

# Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na primeru Vrnjačke banje

Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović, Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na primeru Vrnjačke banje | Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović, Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković | Zbornik radova XVI srpskog Simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007018>

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](http://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](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

UNIVERZITET U BEOGRADU  
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM  
O HIDROGEOLOGIJI  
sa međunarodnim učešćem  
**ZBORNİK RADOVA**



ZLATIBOR  
28. septembar - 02. oktobar  
2022. godine



**XVI 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  
Rudarsko-geološki fakultet

**UREDNIK:**

Doc. dr Ana Vranješ

**TIRAŽ:**

100 primeraka

**ŠTAMPA:**

Štamparija Grafolik, Beograd

**GODINA IZDANJA: 2022.**

Na 12/19-oj. sednici Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVI srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 30.12.2019.

Naslovna strana: Sušičko vrelo, Zlatibor

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)  
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (16 ; 2022 ; Златибор)  
Зборник радова / XVI Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним  
учешћем, Златибор 28. септембар - 02. октобар 2022. године ; [уредник Ана  
Вранјеш]. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2022  
(Београд : Графолік). - [18], 514 стр. : илустр. ; 30 cm

Na врху насл. стр.: Департаман за хидрогеологију. - Радови ћир.и лат. -  
Тираж 100. - Стр. [5-6]: Уводна рећ / Дејан Миленић. - Abstracts. -  
Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-7352-380-4

а) Хидрогеологија - Зборници б) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 74364937

## ORGANIZACIONI ODBOR:

### Predsjednik:

*Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.*

### Članovi:

*Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.*

*Doc. dr Ljiljana Vasić, dipl. inž.*

*Dr Tanja Petrović Pantić, dipl. inž.*

*Natalija Radosavljević, mast. inž.*

*Velizar Nikolić, dipl. inž.*

*Vukašin Vučević dipl.inž.*

*Andrej Pavlović, dipl. inž.*

*Dejan Drašković, dipl. inž.*

*Branko Ivanković, dipl. inž.*

*Nenad Toholj, dipl. inž.*

*Boban Jolović, dipl. inž.*

*Uroš Jurošević, dipl. inž.*

## NAUČNI ODBOR:

### Predsjednik:

*Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*

### Članovi:

*Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.*

*Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.*

*Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.*

*Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.*

*Prof. dr Vladimir Živanović, dipl.inž.*

*Prof. dr Dragoljub Bajić, dipl. inž.*

*Doc. dr Jana Štrbački, dipl.inž*

*Doc. dr Saša Milanović, dipl. inž.*

*Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.*

*Prof. dr Milan Radulović, dipl. inž.*

*Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž*

*Doc. dr Nenad Marić, dipl. inž.*

*Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.*

## PROGRAMSKO-UREĐIVAČKI ODBOR:

### Predsjednik:

*Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.*

### Članovi:

*Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*

*Prof. dr Nevenka Đerić, dipl. inž.*

*Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.*

**ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:**

*UNIVERZITET U BEOGRADU*

*RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET*

*DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU*

*u saradnji sa*

*DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE*

*SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM*

*NACIONALNIM KOMITETOM IAH*

***POKROVITELJ:***

**REHAU d.o.o.**

***SPONZORI:***

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

BeoGeoAqua d.o.o.

Opština Čajetina

Turistička organizacija Opštine Brus

Hotel Zlatibor Mountain Resort&Spa

Knjaz Miloš

***DONATOR:***

Gold Gondola

Ibis-Inženjering

## SADRŽAJ

### PLENARNA PREDAVANJA

*Ljiljana Vasić, Dušan Polomčić, Saša Milanović, Vesna Ristić Vakanjac, Branislav Petrović, Veljko Marinović, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo-Ilić, Jelena Ratković*

Vodosnabdevanje podzemnim vodama - pregled aktuelnog stanja i mogućnosti održivog korišćenja..... 1

*Dejan Milenić, Ana Vranješ*

Stanje i perspektive geotermalne energije u Republici Srbiji..... 11

*Vladimir Živanović*

Postojeće stanje i budući trendovi u preventivnoj zaštiti podzemnih voda Srbije..... 29

*Tanja Petrović Pantić, Zoran Popović, Ljiljana Popović, Mihajlo Mandić, Katarina Atanasković Samolov*

Dinamika izrade Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) 1:100.000 na teritoriji Srbije..... 47

### VODOSNABDEVANJE I UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODNIM RESURSIMA

*Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković, Đoržije Božović*

Šematizacija hidrograma i nivograma radnog nivoa kod bunara sa horizontalnim drenovima..... 57

*Petar Begović, Branko Ivanković*

Hidrogeološki potencijal aluvijalnih naslaga rijeke Bosne sa aspekta vodosnabdevanja u Doboju, Republika Srpska..... 63

**Ivica Nikolić, Milan Tripković i Jovana Nikolić**

Stanje monitoringa i određivanje kvantitativnog statusa vodnih tela podzemnih voda u Srbiji.....	69
---	----

**Gardijan Sunčica, Živanović Vladimir, Magazinović Sava, Mandić Đorđe,  
Stojadinović Saša**

Režim izvorskih voda iz kristalastih stena u planinskim područjima na primeru Toplog Dola na Vlasini (Jugoistočna Srbija).....	77
---	----

**Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac**

Analiza hidrauličke veze između reke Save i podzemnih voda na izvoristu za vodosnabdevanje Obrenovca.....	85
--	----

**Dejan Drašković, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ljupka Mrkonja,  
Ivana Đinđić, Ivana Obradović**

Primena nove metode u sanaciji bunara sa horizontalnim drenovima kroz uporednu analizu dobijenih rezultata.....	91
--	----

**Ranko Vukićević, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ivana Obradović,  
Dejan Drašković, Ljupka Mrkonja**

Novi prilozi poznavanju režima podzemnih voda na izvoristu „Petrovaradinska ada“ u Novom Sadu na primerima rada bunara BHD-5, BHD-6, BHD-7 i BHD-8.....	99
---	----

**Maksim Matović, Milan Radulović, Ana Vojinović, Marina Međedović  
i Marija Matović**

Rezultati hidrogeoloških istraživanja aluvijalne izdani rijeke Tare (Mateševo, Kolašin).....	105
---	-----

**Milan Radulović**

Hidrogeološke karakteristike i stanje monitoringa podzemnih voda u Crnoj Gori.....	113
---	-----

**Ermedin Halilbegović**

Dugoročno rješenje problema vodosnadbjevanja grada Sarajevo iz akumulacije Crna Rijeka.....	115
--	-----

**Ermedin Halilbegović**

Hidrogeološka istraživanja terena za izgradnju brane Crna Rijeka..... 121

**Dragan Despotović**

Režim voda karstnog hidrogeološkog sistema Ribnik  
sa prijedlogom mjera zaštite..... 127

**Romeo Eftimi, Kastriot Shehu, Aferdita Mamaj**

Hydrogeological aspects of water supply of the settlements of Albania;  
Experience and problems..... 133

**Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Aleksandar Avramović,  
Branko Mijatović**

Kvalitativne karakteristike podzemnih voda izvorišta „Ključ“ u Požarevcu..... 139

**Ivana Obradović, Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer,  
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja, Sonja Drobac**

Rezultati analize monitoringa režima podzemnih voda priobalja Save u  
"Severozapadnoj radnoj zoni" Šapca..... 147

**Nataša Biočanin, Aleksandar Šmit**

Eksploatacija i prerada vode - sistem javnog vodosnabdevanja grada Vršca..... 155

**GEOTERMALNA ENERGIJA I TERMOMINERALNE VODE****Ana Vranješ, Dejan Milenić**

Održiva proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa na osnovu  
proračuna bilansnih troškova..... 159

**Ana Vranješ, Dejan Milenić**

Doprinos poznavanju distribucije geotermalnih rezervoara na delu  
Panonskog basena, Srbija – DARLINGE projekat..... 165



**Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadljer, Sonja Drobac,  
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja**

- Analiza režima termomineralnih voda "Nove obrenovačke banje"  
i mogućnost njihove upotrebe..... 171

**Boban Jolović, Andrijana Stevanović i Nenad Toholj**

- Povećan sadržaj fluorida u podzemnim vodama opštine Srebrenica  
– uzroci i moguće posledice dugotrajnog konzumiranja..... 179

**Tena Bilić, Sanja Živković, Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec i Dražen Tumara**

- Trenutno stanje korišćenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj..... 187

**Ćazim Šarić, Ferid Skopljak, Izet Žigić i Dinka Pašić - Škripić**

- Fizičko-hemijske i izotopske karakteristike termalnih voda  
u slivu rijeke Krivaje..... 195

**Dejan Milenić, Petar Dokmanović, Ana Vranješ, Milan Vukićević**

- Podzemna voda kao subgeotermalni resurs na primeru klimatizacije  
prodajnog kompleksa "Ikea" u Beogradu ..... 205

**Nebojša Stanić**

- Primena petrogeotermalne energije za grejanje i hladjenje industrijskih  
objekata velikih kapaciteta..... 211

**Ana Vranješ, Dejan Milenić**

- Perspektive eksploatacije litijuma iz geotermalnih voda na  
području Republike Srbije..... 213

**Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Marinko Toljić,  
Veselin Dragišić, Sava Magazinović**

- Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda  
na delu Valjevsko – mioničkog basena..... 221

**Nenad Toholj, Boban Jolović I Uroš Jurošević**

- Termalne vode područja Višegrada – trenutno stanje I perspektive..... 227

**Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,  
Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković**

Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na  
primeru Vrnjačke banje..... 233

**Tanja Petrović Pantić, Milan Tomić, Jovan Kovačević**

Radioaktivnost podzemnih voda na južnoj padini Cera..... 239

**Jana Štrbački**

Litijum u mineralnim vodama Srbije – potencijalna lekovita svojstva..... 245

**Spasoje Glavaš i Uroš Jurošević**

Pojave termomineralnih voda u području Kakmuž - Petrovo..... 251

**Mihail Tarassov, Eugenia Tarassova, Milen Stavrev, Aleksei Benderev,  
Mila Trayanova**

Seasonal variations in chemical compositions of mine drainage waters and  
precipitates in the grantcharitsa tungsten deposit,  
Western Rhodopes, Bulgaria..... 257

**Dejan Milenić, Ana Vranješ**

Integracija geotermalne energije u daljinske sisteme grejanja  
i hlađenja (COST CA18219) ..... 259

**HIDROGEOLOGIJA I ŽIVOTNA SREDINA****Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Katarina Atanasković Samolov i  
Žarko Veljković**

Uticaj klimatskih promena na podzemne vode u Posavini..... 263

**Milovan Rakijaš**

Hidrogeološka istraživanja sa izradom mreže pijezometara u zoni  
„Regionalne sanitarne komunalne deponije Piroć“, u cilju vršenja monitoringa  
podzemnih voda..... 267

**Violeta Čolaković, Vladan Čanović i Aleksandar Avramović**

Hidrodinamički model površinskog kopa gline "Garajevac istok"..... 273

**Đorđije Božović, Dušan Polomčić i Dragoljub Bajić**

Metodologija izrade 3D konceptualnog hidrogeološkog modela za potrebe hidrodinamičkog modeliranja bunara sa horizontalnim drenovima..... 279

**Zlatko Ilijovski i Vojo Mirchovski**

Metodologija ocene kvantitativnog stanja podzemnih voda..... 285

**Mihajlo Mandić i Tanja Petrović Pantić**

Sažetak rezultata dobijenih izradom Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000, list Pirot..... 291

**Vojislav Tomić**

Rezerve podzemnih voda u većim intruzivnim masivima Srbije sa pukotinskom strukturom poroznosti..... 297

**Katarina Atanasković Samolov, Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Saša Todorović**

Primena AQUIMOD-a pri oceni uticaja klimatskih promena na podzemne vode..... 299

**Vaso Mrvaljević i Milan Radulović**

Podzemni karstni oblici duž trase autoputa Smokovac– Mateševo (Crna Gora)..... 305

**Milan Vlahović, Gojko Nikolić i Vaso Mrvaljević**

Negativni aspekt antifiltracionih radova na akumulaciji Slano..... 311

**Petar Milanović**

Vodni režim karsta jugoistočnih Dinarida..... 319

**Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Ivana Cvejić,  
Saša Stojadinović, Ivana Jocić**

- Rudničke vode olovo-cinkovih ležišta u rudnom polju „Blagodat“  
u jugoistočnoj Srbiji..... 325

**Zoran Popović i Ljiljana Popović**

- Hidrogeološke karakteristike Poljaničkog tercijarnog basena..... 331

**Igor Jemcov, Zoran Stevanović, Vladimir Živanović, Saša Milanović,  
Dušan Polomčić, Veselin Dragišić**

- Novi koncept izrade Osnovne hidrogeološke karte Srbije..... 337

**Stojan Mihailovski, Zlatko Ilijovski, Marija Makešoska, Ivica Andov**

- Hidrogeološke karakteristike prostora industrijske deponije „Jugohrom“  
i rizici od zagađenja izvora Rašče..... 345

**Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić**

- Prilog poznavanju hidrogeoloških svojstava ultramafitskog kompleksa  
Maljena u zoni Divčibara..... 347

**Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić**

- Stanje resursa podzemnih voda u sklopu komunalnog vodosnabdevanja  
Valjeva (Zapadna Srbija) ..... 349

**Saša Milanović i Ljiljana Vasić**

- Prikaz ponašanja karstne izdani uslovljene funkcionisanjem površinske  
akumulacije u karstu na primeru akumulacije Bileća (Istočna Hercegovina)..... 355

**Milan Vukićević, Marija Milanović, Marina Popovac, Miloš Pavlović, Ivana Levajić**

- Prilog novog poznavanja kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika  
podzemnih voda formiranih u okviru krečnjaka tortonsko-sarmatske  
starosti u oblasti Umke..... 359

**Branislav Petrović, Zoran Stevanović, Veljko Marinović i Snežana Ignjatović**

- Prostorna analiza epikarsta u okviru karstnog sistema istočnog  
dela Suve planine..... 365

**Milenko Pušić, Goran Jevtić, Vladimir Lukić i Vesna Tripković**

- Predlog standardizacije hidrogeološkog kartiranja bušotina u  
nevezanim sedimentima..... 371

**Zoran Stevanović**

- Kompleksno alogeno prihranjivanje karstne izdani aluvijalnim  
i rečnim vodama – tri primera sa Balkana..... 377

**Marijana Petrović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić**

- Osnove nove litostratigrafske sistematizacije zapadnog dela  
Kolubarskog basena..... 383

**Branislav Petrović**

- Model migracije nitrata u epikarstu: laboratorijski eksperiment..... 389

**Đorđe Momirov, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić,  
Bojan Hajdin, Marina Čokorilo**

- Prilog poznavanju režima podzemnih voda leve obale reke Save na potezu  
Obrenovac - Beograd..... 395

**MULTIDISCIPLINARNOST U  
HIDROGEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA****Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,  
Jakov Andrijašević**

- Pregled hidrogeoloških istraživanja novootkrivenih ležišta metalčnih  
mineralnih sirovina na prostoru Srbije..... 403

**Predrag Pajić, Uroš Urošević, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić**

- Primena hidrodinamičkog modeliranja u rešavanju problema  
zaštite građevinskih objekata od podzemnih voda na primeru  
višenamenske sportske hale u Indiji..... 409

**Zoran Nikić i Nenad Marić**

- Potencijal multidisciplinarnog pristupa u hidrogeološkim istraživanjima  
- primer izvorište "Kraljeva voda", Zlatibor..... 411

**Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov, Maja Todorović**

*Primena hidrodinamičkih i hidrohemijskih metoda istraživanja na primeru brane Lazići (RHE Bajina Bašta) .....* 417

**Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Ferid Skopljak, Dejan Petrović, Miroslav Radić**

Izbor metode i trajanje razrade bunara..... 423

**Amela Greksa i Jasna Grabić**

*Povećanje dopune podzemnih voda u urbanim sredinama primenom bioinfiltracionih–bioretencionih sistema.....* 429

**Nataša Ćuković Ignjatović i Dušan Ignjatović**

Principi projektovanja održivih objekata za korišćenje balneološkog potencijala na području Vojvodine..... 435

**Milica Simonović, Gordana Šekularac, Dragica Stojiljković**

Trend uticaja parametara vodnog bilansa zemljišta različitih područja Srbije..... 441

**Vladimir Beličević i Zlatko Ilijovski**

Kompleksna hidrogeološka istraživanja uzroka procurivanja u zoni brane Uvac..... 443

**Milorad Kličković**

Grafički prilozi istorijatu Resavske pećine..... 449

**Vladimir Lukić, Milenko Pušić, Vesna Tripković, Goran Jevtić, Boban Stojanović, Tomislav Mrđa, Vladimir Bačanin, Anđela Marinković**

Softverska inovacija u prikuljanju, obradi i skladištenju hidrogeoloških podataka..... 455

**Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš**

Projekat RER/7/013 procjena resursa podzemnih voda i interakcije podzemnih i površinskih voda u kontekstu adaptacije na klimatske promjene..... 461

**STUDENTSKI RADOVI****Aleksandra Pešić**

Uslovi zaštite podzemnih voda izvorišta „Lovac“ u Kostolcu..... 465

**Andrijana Drčelić**

Analiza uslova zaštite karstnog vrela Perućac..... 471

**Aleksandra Maksimović**

Analiza režima izdašnosti karstnog vrela Perućac..... 473

**Nikola Milanović, Miloje Vacić, Jovana Nikolić, Vesna Ristić Vakanjac,  
Boris Vakanjac**

Analiza režima i bilans voda reke Lužnice, Vlasine i Jerme..... 475

**Aleksandra Purković**

Hidrogeološke karakteristike aluvijalnog izvorišta „Bataković“ kod Medveđe..... 477

**Ninoslava Mirkov**Mogućnost poboljšanja vodosnabdevanja grada Zrenjanina na bazi  
podzemnih voda aluvijona Tise..... 479**Snežana Kretić, Jana Štrbački**

Hidrohemijske karakteristike termomineralnih voda Mataruške banje..... 481

**Stanisava Arsović**

Ranjivost izvorišta mineralnih voda u Orašju kod Varvarina..... 485

**Aleksandar Bižić**

Mogućnosti višenamenskog korišćenja termomineralnih voda Niške Banje..... 489

**Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić,  
Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić**

Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu.....	495
---	-----

**Marina Mitrašinović, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić  
i Dušan Polomčić**

Prilog poznavanju režima i bilansa voda reke Resave.....	501
--	-----

**Matija Ognjanović**

Geotermalne karakteristike teritorije opštine Gornji Milanovac.....	507
---	-----

**Ljuba Popović**

Zastupljenost amonijum jona u podzemnim vodama Srbije i metode njegovog uklanjanja.....	509
--	-----

**Marko Bogdanović**

Određivanje režima i rezervi podzemnih voda na primeru izvorišta za flaširanje i rekreaciju.....	511
---	-----

**Hristina Petrova**

Hidrogeološke karakteristike šire okoline ležišta bakra „Borov dol“, Severna Makedonija.....	513
---	-----

**Natalija Radosavljević**

Geotermalni potencijal jugozapadnog oboda Kopaonika.....	515
--	-----

**PROSTOR ZA SPONZORE**



## ODRŽIVA EKSPLOATACIJA IZVORIŠTA MINERALNIH VODA NA PRIMERU VRNJAČKE BANJE SUSTAINABLE EXPLOITATION OF MINERAL GROUNDWATER SOURCES – CASE EXAMPLE OF VRNJACKA BANJA

Vladimir Živanović<sup>1</sup>, Veselin Dragišić<sup>2</sup>, Sava Magazinović<sup>3</sup>, Jakov Andrijašević<sup>4</sup>,  
Nebojša Atanacković<sup>5</sup>

1 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vladimir.zivanovic@rgf.bg.ac.rs

2 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: veselin.dragisic@rgf.bg.ac.rs

3 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: sava.magazinovic@rgf.bg.ac.rs

4 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: jakov.andrijasevic@rgf.bg.ac.rs

5 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: nebojsa.atanackovic@rgf.bg.ac.rs

**APSTRAKT:** Jedna od najznačajnijih i najposećenijih banja u Srbiji je Vrnjačka Banja koja je poznata po bogatstvu i dugoj istoriji korišćenja mineralnih voda. Obimna hidrogeološka istraživanja izvedena proteklih nekoliko decenija ukazala su na ograničenost rezervi mineralnih voda u uslovima dosta složene hidrogeološke građe područja pojavljivanja. Poslednjih godina eksploatacija ovog dragocenog resursa zadobija novu dimenziju, naročito nakon privatizacije pojedinih hotelskih kompleksa kada se povećavaju potrebe za mineralnim vodama i od kada počinje izrada novih vodozahvata što dovodi u pitanje održivu eksploataciju ovog resursa.

U cilju održivog korišćenja mineralnih voda izvorišta koja koristi Specijalna bolnica „Merkur“, a koja ujedno predstavljaju i najstarija izvorišta u eksploataciji, započet je njihov kontinualni monitoring u procesu eksploatacije. Na eksploatacionim bunarima ugrađeni su uređaji za kontinualno registrovanje nivoa i temperature mineralnih voda, dok je na samoizlivnim bunarima organizovano dnevno merenje količine isteklih voda. Rezultati dobijeni monitoringom ukazuju na značajne promene u režimu mineralnih voda što je posledica uključivanja u eksploataciju novih vodozahvata mineralnih voda. Ove promene su posebno intenzivne na izvorištima „Topli izvor“ i „Jezero“. Kako bi se obezbedio nesmetan rad svih korisnika ovih voda u Vrnjačkoj Banji, potrebno je uspostaviti kontinualan monitoring količina zahvaćenih mineralnih voda i njihovog nivoa na svim vodozahvatnim objektima.

**Ključne reči:** mineralne vode, izvorišta mineralnih voda, održivo korišćenje mineralnih voda, monitoring mineralnih voda, Vrnjačka Banja.

**ABSTRACT:** One of the most important and most visited spas in Serbia is Vrnjačka Banja Spa, known for its richness and long history of mineral waters exploitation. Extensive hydrogeological research conducted over the past few decades has indicated complex hydrogeological structures and limited mineral water reserves. The exploitation of mineral waters has gained a new dimension in the last few years after the privatization of certain hotel centres, when the needs for mineral waters are increasing and since the pressure on this resource has constantly been increasing.

In order to use mineral waters sustainably at several mineral water sources which are the oldest exploitation sources managed by Special Hospital "Merkur", continuous monitoring of the exploitation of mineral waters has begun. Devices for continuous measurement of groundwater levels and temperature have been installed in wells where water is pumped, while daily measurements of outflow have been organized at artesian wells. The obtained monitoring data indicate significant changes in the regime of mineral waters due to the influence of new or existing wells that were not previously in operation. These changes are especially intense at the "Topli izvor" and "Jezero" sources. To ensure uninterrupted work of all users of mineral waters in Vrnjačka Banja, continuous monitoring of exploitation and groundwater levels at all wells is needed.

**Keywords:** Mineral waters, Mineral water sources, Sustainable mineral water usage, mineral waters monitoring, Vrnjačka Banja Spa.

## UVOD

Područja banjskih centara u Srbiji se veoma često smatraju neiscrpnim izvorima mineralnih i termalnih voda. Ovo je posebno karakteristično za one banjske centre u kojima postoji više izvora ili bunara sa termalnim i/ili mineralnim vodama. Svakako najznačajnija i najposećenija banja u Srbiji je Vrnjačka Banja poznata po bogatstvu i dugoj istoriji korišćenja mineralnih voda. Stanovnici ovog dela Srbije često govore da Vrnjačka Banja „leži“ na mineralnoj vodi, verujući u neiscrpnost ovog resursa.

U proteklih nekoliko decenija, na područje Banje izvedena su obimna hidrogeološka istraživanja koja su potvrdila složenost geološko-hidrogeoloških odnosa područja pojavljivanja mineralnih voda. Iako su na određenim izvorima dobijene nove količine mineralnih ugljikiselihi voda (Dragišić i dr., 2012, Lazić, Kljajić, 2018, Štrbački i dr., 2020), na drugim je uočeno smanjenje izdašnosti i nivoa mineralnih voda u pojedinim vodozahvatnim objektima, što ukazuje na činjenicu da su rezerve ovog resursa u Vrnjačkoj Banji ograničene (Andrijašević, Magazinović, 2020). Eksploatacija mineralnih voda dobija novu dimenziju poslednjih godina nakon privatizacije pojedinih hotelskih kompleksa, kada se povećavaju i potrebe za novim količinama mineralnih voda. Od tog trenutka povećava se i pritisak na ovaj resurs. Problemi u funkcionisanju pojedinih izvorišta kojima gazduje Specijalna bolnica „Mercur“ uslediće kao rezultat prekomerne eksploatacije na pojedinim bunarima novo formiranih izvorišta.

U cilju detaljnije kvantifikacije izmene režima mineralnih voda, na pojedinim vodozahvatnim objektima postavljeni su uređaji za kontinualni monitoring režima mineralnih voda. Podaci koji su dobijeni su iskorišćeni kako bi se ukazao na međusobni uticaj pojedinih izvorišta, ali i za određivanje eksploatacionih mogućnosti bunara kako bi se obezbedila dugotrajna održiva eksploatacija mineralnih voda.

## PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Vrnjačka Banja nalazi se u centralnim delovima Srbije na severoistočnim padinama planine Goč. Ovo područje karakteriše se složenom geološkom građom koja je uslovlila složenost hidrogeoloških uslova. U geološkoj građi učestvuju stene i sedimenti stvarani počev od paleozoika do kvartara (slika 1). Kompleks stena paleozojske starosti čine liskunoviti škriljci, kalkašisti i mermeri, serpentiniti i silifikovane stene i gabrovi (Urošević i dr., 1966b). Ove tvorevine su zastupljene južno od Banje kao i u podini mlađih miocenskih sedimenata. Mezozojske tvorevine su zastupljene istočno od Vrnjačke Banje (Rudno Brdo) i predstavljene su flišnim sedimentima (peščari, laporci i glinci). Stene kenozojske starosti predstavljene su veoma heterogenim kompleksom izgrađenim od glina, lapora, konglomerata, vulkanskih aglomerata i tufova koji bi po starosti trebalo da pripadaju donjem miocenu. Najmlađi, kvartarni, sedimenti predstavljeni su aluvijalnim i terasnim naslagama šljunkova, peskova i glina. Ove tvorevine su značajno prisutne severno od Banje gde prekrivaju starije tvorevine.

Mineralne ugljikisele vode na užem području današnje Vrnjačke Banje korišćene su još u doba starih Rimljana (Arnovljević M., 1938; Stevanović, 1939). Intenzivni razvoj Banje počinje početkom 20. veka kada je kaptirano više izvora mineralnih voda, koji su povezani u sistem kupatila. Od 1932. godine započinju prva istražna bušenja na području današnjeg izvorišta „Topli Izvor“ nakon čega se dolazi do izvođenja hidrogeoloških istraživanja na drugim lokalitetima Banje. Na osnovu rezultata istraživanja, na prostoru Vrnjačke Banje formirano je više izvorišta mineralnih voda kao što su: „Topli izvor“, „Snežnik“, „Slatina“, „Jezero“, „Beli Izvor“, „Borjak“, „Tonanti“, „Fontana“, „Zepter“ i dr (Lazić, Kljajić, 2018, Štrbački i dr., 2020, Andrijašević, Magazinović, 2020).

Za pojavu formiranja i isticanja mineralnih voda na području Banje, posebno su značajne tektonske strukture sa pružanjem duž Vrnjačke i Lipovačke reke, kao i poprečni rasedi između „Slatine“ i „Snežnika“ (slika 1). Sa hidrogeološkog aspekta najznačajnija je pukotinska izdan formirana u serpentinskim stenama i paleozojskim mermerima. Za ove stenske komplekse vezane su i najvažnije pojave mineralnih voda.

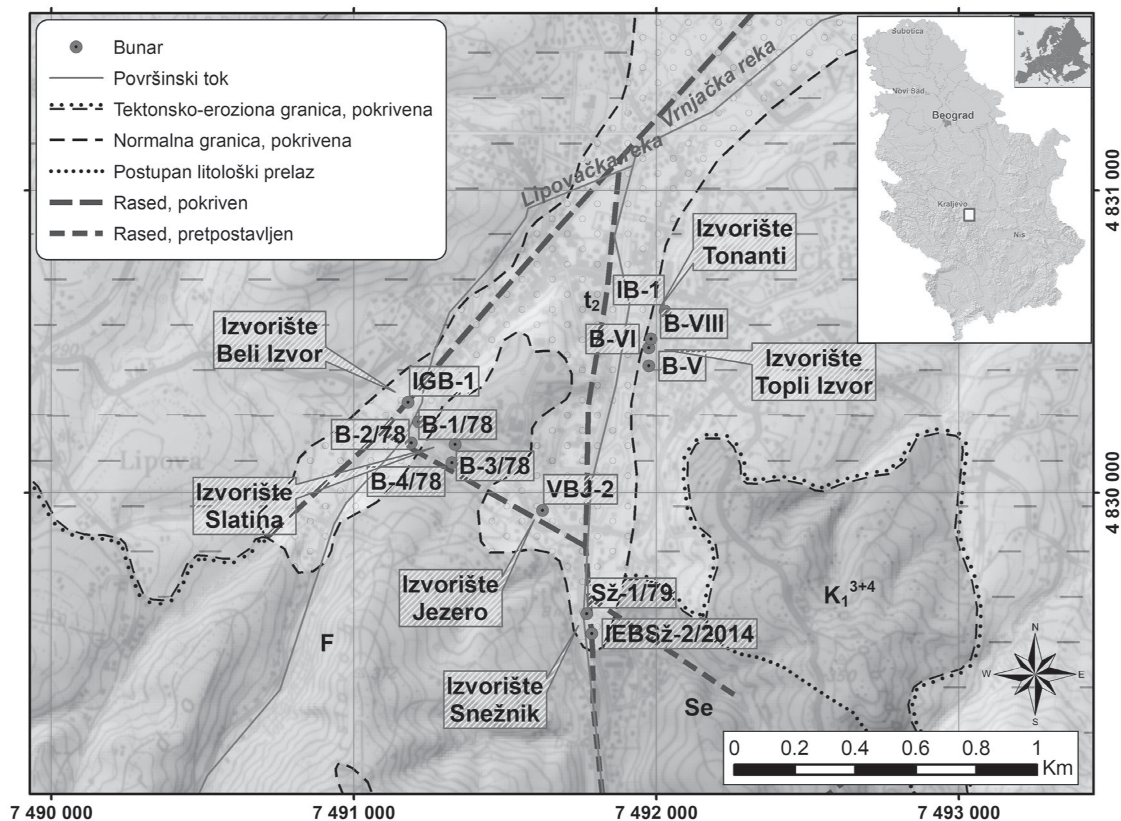
Serpentiniti predstavljaju najznačajniju vodonosnu sredinu sa aspekta formiranja značajnijih rezervi mineralnih ugljikiselihi voda, kako toplih, tako i hladnih. U okviru pukotinske izdani formirane u ovim intenzivno ispućalim stenama formirano je nekoliko značajnih izvorišta mineralnih voda (Topli izvor, Snežnik i Borjak).

Mermeri su značajan litološki član paleozojskog kompleksa u kome su formirane mineralne ugljikisele vode, što je i dokazano na primeru izvorišta „Jezero“ (Slika 2). U okviru paleozojskih škriljaca mogu biti formirane manje rezerve uglavnom hladnih mineralnih ugljikiselihi voda, što je dokazano bušenjem plitkih istražnih bušotina (sondi) na lokaciji izvorišta „Slatina“.

Kredna flišna serija, po svojim hidrogeološkim svojstvima, predstavlja slabo vodopropusnu sredinu i kao takva često se klasifikuje kao „bezvodna“

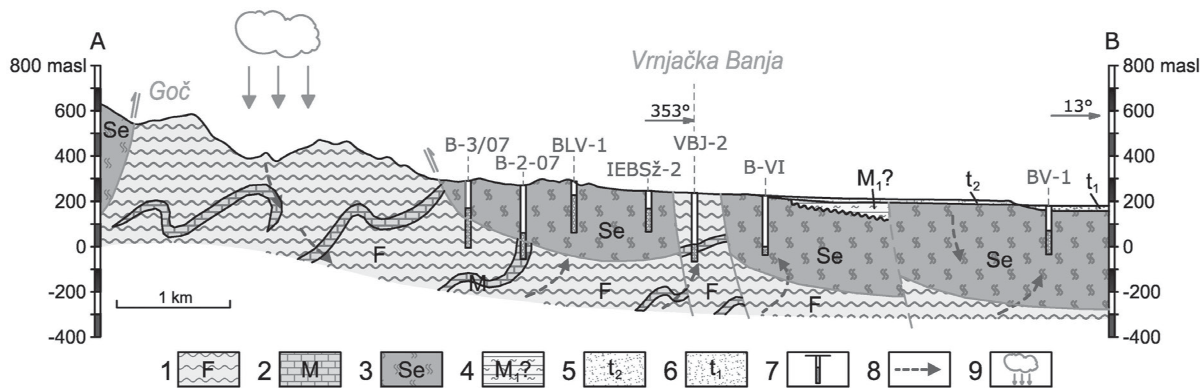
Svakako najstarija i najznačajnija izvorišta mineralnih voda su ona kojim gazduje Specijalna bolnica „Mercur“ („Slatina“, „Jezero“, „Snežnik“ i „Topli izvor“), a koje se koriste pre svega za potrebe balneologije. Održavanje i korišćenje voda sa ovih izvorišta je povereno Specijalnoj bolnici za lećenje i rehabilitaciju „Mercur“. Mineralne vode drugih izvorišta se uglavnom eksploatišu za potrebe kupanja i toplifikacije hotelskih i spa centara.

Prekomerna eksploatacija mineralnih voda u okviru novo formiranih izvorišta prouzrokovala je zadnjih nekoliko godina značajne promene u eksploatacionim kapacitetima pojedinih vodozahvata izvorišta Specijalne bolnice „Mercur“. Podaci kontinualnog monitoringa promena nivoa, temperature i kapaciteta mineralnih voda, omogućili su sagledavanje obima ovih promena i uticale na izbor rešenja kako bi eksploatacija mineralnih voda bila održiva na svim izvorištima u Vrnjačkoj Banji.



**Slika 1.** Geološka karta područja Vrnjačke Banje (Urošević i dr., 1966a). Legenda: F - Sericit-hloritski škriljci i metamorfisani peščari; Se – Serpentiniti;  $K_1^{3,4}$  - Fliš: alevroliti, glinci i peščari;  $M_1?$  - Sedimentno-vulkanogena serija;  $t_2$  - Viša rečna terasa

**Figure 1.** Geological map of Vrnjačka Banja Spa (Urošević et al. 1966a). Legend: F - Chlorite-epidot schists; Se – Serpentinite;  $K_1^{3,4}$  - Flysch complex;  $M_1?$  - Miocene volcanogenic sediments;  $t_2$  - Terrace sediments



**Slika 2.** Geološki profil područja Vrnjačke Banje (Štrbački i dr., 2020, modifikovano). Legenda: 1. Sericit-hloritski škriljci (F); 2. Mermeri (M); 3. Serpentiniti (Se); 4. Sedimentno-vulkanogena serija ( $M_1?$ ); 5. Niža rečna terasa ( $t_1$ ); 6. Viša rečna terasa ( $t_2$ ); 7. Bunar; 8., Pravac kretanja podzemnih voda; 9. Oblast prihranjivanja

**Figure 2.** Geological section of Vrnjačka Banja Spa area (Štrbački et al., 2020, modified). Legend: 1. Chlorite-epidot schists (F); 2. Marble (M); 3. Serpentinite (Se); 4. Miocene volcanogenic sediments ( $M_1?$ ); 5. Terrace sediments ( $t_1$ ); 6. Terrace sediments ( $t_2$ ); 7. Well; 8. Groundwater flow direction; 9. Recharge area

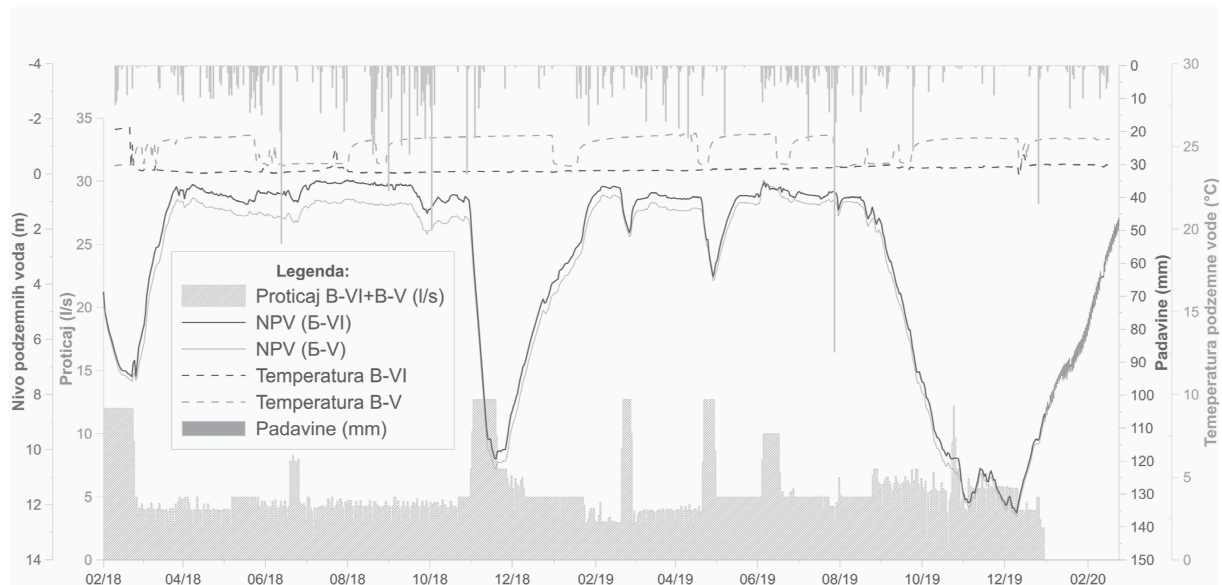
## METODLOGIJA

Kontinualni monitoring mineralnih voda na izvorištu „Topli izvor“ je započeo 2017. godine. Tada su eksploatacioni bunari B-V i B-VI opremljeni sondama za kontinualni monitoring promena nivoa i temperature mineralnih voda. U bunarima su ugrađene sonde holandskog proizvođača Eijkelkamp (MicroDiver). Sonda na bunaru B-VI je kasnije povezana sa GPRS modemom tipa GDT-S Prime, što je omogućilo svakodnevno slanje podataka na predefinisane mail adrese, kao i na WEB portal proizvođača opreme u cilju što jednostavnijeg praćenja svih promena parametara rada bunara. Kasnije je u monitoring program uključen i bunar B-VIII, kao i bunar VBJ-2 na izvorištu „Jezero“ nakon što je tokom, 2021. godine ugrađena potapajuća pumpa. Eksploatacioni kapacitet meren je putem vodomera (izvorišta "Jezero" i "Topli izvor"), dok se na izvorištu „Slatina“ samoizliv svakodnevno meri zapremskom metodom. Kontinualni monitoring uspostavljen je i na izvorištu „Beli Izvor“ (bunar IGB-1) gde su merenja povremeno vršena tokom 2019. i 2020. godine, a kasnije kontinualno od aprila 2021. godine.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Značajan međusoban uticaj pojedinih izvorišta i smanjenje izdašnosti pojedinih eksploatacionih bunara su zabeležena na izvorištima "Topli izvor", "Slatina" i "Jezero". Hidrogeološka istraživanja koja su vršena tokom 2010. i 2011. godine za potrebe overe rezervi na izvorištu „Topli Izvor“ pokazala su stabilan režim mineralnih voda sa malim oscilacijama nivoa vode tokom rada bunara B-V i B-VI. Dugotrajnim testom crpenja na bunaru B-VI kapacitetom od 12 l/s u trajanju od 21 dan konstatovano je sniženje nivoa od svega 1,5 m ( $NPV_{din}=2,7$  m) na bunaru B-VI i 1,0 m na bunaru B-V ( $NPV_{din}=1,7$  m).

Značajne promene nivoa mineralnih voda na izvorištu „Topli izvor“ nastaju krajem 2018. i tokom 2019. godine nakon izrade bunara IEB-1 za potrebe snabdevanje vodom hotela Tonanti. Bunar je urađen na svega 100 m od bunara B-VI do dubine od oko 300 m pri čemu je kaptirana ista vodonosna sredina iz koje se zahvataju i termomineralne vode izvorišta „Topli Izvor“ (ispucale serpentinske stene). Prva značajnija obaranja nivoa mineralnih voda na bunarima B-V i B-VI nastaju tokom vršenja testa crpenja kapacitetom od 12 l/s krajem oktobra i početkom novembra 2019. godine, što se poklapa sa izradom i inicijalnim testiranjem bunara IEB-1. Kasnija testiranja bunara na izvorištu „Topli Izvor“ kapacitetom od 12 l/s su prouzrokovala znatno manja obaranja (period kada bunar IEB-1 još uvek nije bio u funkciji). Značajna obaranja nivoa mineralnih voda nastaju u periodu oktobar-decembar 2019. godine (Slika 3). U tom periodu, nivo mineralnih voda u bunarima B-V i B-VI prelazi 12 m ispod površine terena i pored toga što prosečna eksploatacija u pomenutom periodu iznosi oko 5 l/s. Ovakve promene se u potpunosti poklapaju sa početkom rada bunara IEB-1 na izvorištu „Tonanti“ čime je potvrđena uzajamna hidraulička veza ova dva izvorišta.



**Slika 3.** Uporedni dijagram nivoa mineralnih voda u bunarima B-V i B-VI i veličine zahvata mineralnih voda na izvorištu „Topli Izvor“ u periodu od 02.2018. do 02.2020. godine

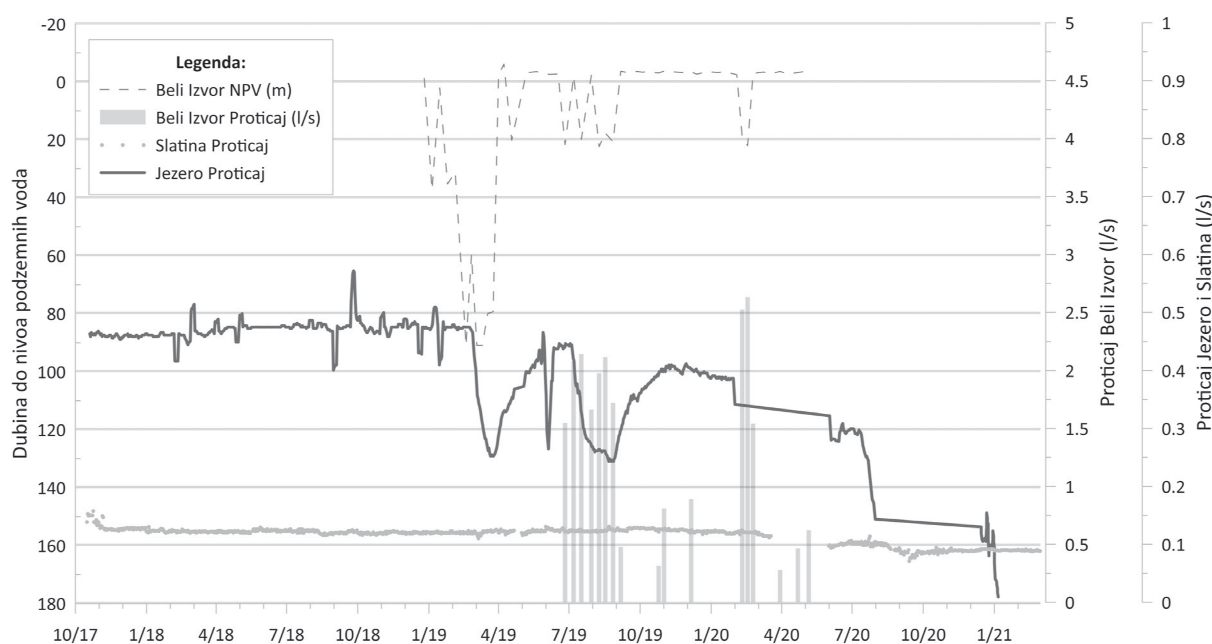
**Figure 3.** Comparative diagram of groundwater levels in wells B-V and B-VI and exploitation capacities at mineral water source „Topli Izvor“ in the period 01.12.2017. – 31.12.2019.

Podaci o eksploatacionom kapacitetu i nivou mineralnih voda na izvorištu „Tonanti“ nam nisu bili dostupni, pa samim tim nije poznato koji je su to kapaciteti crpenja prouzrokovali ovakvo obaranje nivoa mineralnih voda. Nakon što je problem detektovan, napravljen je dogovor sa predstavnicima hotela „Tonanti“ da se optimizuje potrošnja vode i time smanji eksploatacija. Kao rezultat ovog dogovora, počinje period postepenog povraćaja nivoa

mineralnih voda na izvorištu „Topli Izvor“ u trajanju od 3 meseca i nakon toga oba izvorišta nastavljaju sa zajedničkim radom pri čemu je ostvareno održivo korišćenje mineralnih voda na oba izvorišta.

Znatno veći problem javio se na izvorištima „Jezero“ i „Slatina“. Smanjenje izdašnosti, pa čak i potpuni prestanak rada ovih izvorišta je rezultat prekomerne eksploatacije na bunaru IGB-1 izvorišta „Beli Izvor“. Uzajamni uticaj pomenutih izvorišta detektovan je početkom 2019. godine kada je vršeno testiranje bunara IGB-1 (slika 4). Tom prilikom je došlo do obaranja nivoa mineralnih voda do dubine od 90 m ispod površine terena što je direktno prouzrokovalo smanjenje samoizliva na izvorištu „Jezero“. Interesantno je da rad bunara IGB-1 nije inicijalno uticao na rad izvorišta „Slatina“ koje je znatno bliže izvorištu „Beli Izvor“. Razlog ovome je što bunar VBJ-2 izvorišta „Jezero“ kaptira dublju pukotinsku izdan za razliku od bunara izvorišta „Slatina“ pa je samim tim hidraulička veza sa bunarom IGB-1 znatno intenzivnija.

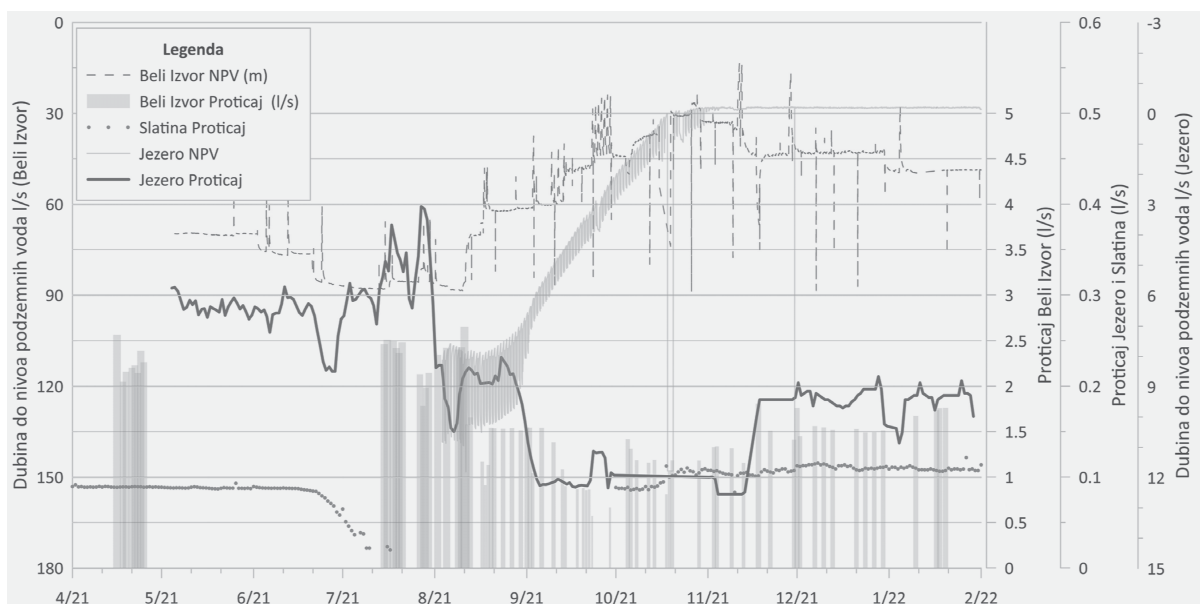
Još veće smanjenje izdašnosti na izvorištu „Jezero“ je detektovano tokom 2020. godine kada izvorište „Beli Izvor“ počinje kontinualno da radi. Smanjenje izdašnosti i temperature mineralne vode izvorišta „Jezero“ se nastavlja do januara 2021. godine kada samoizliv u potpunosti prestaje (slika 4). Kao jedno od mogućih rešenja koje se u tom trenutku nametnulo bila je ugradnja potapajuće pumpe u bunar VBJ-2. Nakon ugradnje pumpe i inicijalnog testa crpenja, izvorište „Jezero“ ponovo uspostavljanja svoj rad od maja 2021. godine. Ovakav promenjen režim rada izvorišta „Jezero“ uz kontinualni rad bunara IGB-1 su prouzrokovali obaranja nivoa u bunaru VBJ-2 do 11-tog metra uz postepeno smanjenje eksploatacionog kapaciteta oba izvorišta. Direktna hidraulička veza između pomenuta dva izvorišta, ostvarena je i sa trećim izvorištem mineralnih voda („Slatina“) što je za posledicu imalo postepeno smanjenje izdašnosti na izvorištu „Slatina“ (slika 5), a tokom jula 2021. godine i prestanak samoizliva i obustavu eksploatacije ovog izvorišta.



**Slika 4.** Upporedni dijagram izdašnosti na izvorištima „Beli Izvor“, „Slatina“ i „Jezero“ i nivoa mineralnih voda u bunaru IGB-1 (Beli Izvor) u periodu od 10.2017. do 02.2021. godine

**Figure 4.** Comparative diagram of exploitation capacities at mineral water sources „Beli Izvor“, „Slatina“ and „Jezero“, and groundwater levels in well IGB-1 in the period 10.2017. – 02.2021.

Kako bi se vratio samoizliv i normalna eksploatacija izvorišta „Slatina“ i „Jezero“, u periodu od avgusta do septembra 2021. godine smanjeni su kapaciteti crpenja na izvorištima „Beli Izvor“ (1 l/s) i Jezero (0,1 l/s). Ovakva kontrolisana eksploatacija omogućila je postepeni povratak nivoa mineralnih voda kao i povratak samoizliva na izvorištima „Slatina“ i „Jezero“. Nakon ovog perioda uspostavljen je kontinualni režim eksploatacije sa prosečnim kapacitetima: 0,2 l/s za „Jezero“, 0,1 l/s za „Slatinu“ i 1,5 l/s za „Beli Izvor“. Podaci monitoringa od oktobra 2021. godine pokazuju da sa pomenutima kapacitetima sva tri izvorišta mogu nesmetano da budu u eksploataciji. Budući monitoring podaci će potvrditi da li je ovakva eksploatacija održiva ili da li će biti neophodna dodatna ograničenja u eksploataciji kako bi se sprečio negativan uticaj na rad svih izvorišta.



**Slika 5.** Uporedni dijagram izdašnosti na izvorištima „Beli Izvor“, „Slatina“ i „Jezero“ i nivoa mineralnih voda u bunarima VBJ-2 i IGB-1 u periodu od 04.2021. do 02.2022. godine

**Figure 5.** Comparative diagram of exploitation capacities at mineral water sources „Beli Izvor“, „Slatina“ and „Jezero“, and groundwater levels in wells VBJ-2 and IGB-1 in the period 04.2021. – 02.2022.

#### ZAKLJUČAK

Izvedena istraživanja ukazala su na kompleksnost eksploatacije mineralnih voda na prostoru Vrnjačke Banje. Podaci kontinualnog monitoringa na najvažnijim izvorištima u Banji, pokazali su da rezerve mineralnih voda na ovom prostoru nisu neograničene i da pojedina izvorišta svojom prekomernom eksploatacijom utiču na kapacitet drugih izvorišta. U cilju očuvanja kapaciteta i kvaliteta mineralnih voda postojećih izvorišta ukazala se potreba za nastavak kontinualnog monitoringa izvorišta u kome je već postojao, kao i za uspostavljanje monitoringa na novo formiranim izvorištima mineralnih voda u Vrnjačkoj Banji. Kontinualni monitoring podrazumeva ugradnju sondi za merenje pritiska odnosno nivoa mineralnih voda kao i ugradnja vodomera sa dnevnim praćenjem količine zahvaćenih mineralnih voda. Jedino se zajedničkim monitoringom na svim vodozahvatnim objektima može sagledati međusobni uticaj postojećih, ali i novo izvedenih bunara. Monitoring podacima se mogu definisati optimalni eksploatacioni kapaciteti za svaki bunar čime se omogućava dugotrajna i održiva eksploatacija mineralnih voda na ovom prostoru.

#### Literatura:

- ANDRIJAŠEVIĆ J., MAGAZINOVIĆ S., 2020: *Elaborat o rezervama prirodnih mineralnih voda izvorišta „Slatina“, „Jezero“ i „Topli Izvor“ u Vrnjačkoj Banji*, Fond Departmana za Hidrogeologiju, Rudarsko–geološki fakultet, Beograd.
- ARNOVLJEVIĆ M., 1938: *Nešto, što treba znati o vrnjačkoj mineralnoj vodi*, Todorović M. (urednik): *Vrnjačka Banja i njene lekovite mineralne vode*, Društva Prijatelja Vrnjačke Banje, br.7., Beograd.
- DRAGIŠIĆ V., ŽIVANOVIĆ V., KRMPOTIĆ M., ATANACKOVIĆ N., TADIĆ D., NEŠKOVIĆ D., MAGAZINOVIĆ S. 2012: *Hidrogeotermalni resursi Vrnjačke Banje*, III Kongres banja sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka Banja, 2012, p 148-160
- LAZIĆ M., KLJAJIĆ Ž., 2018: *Stopedeset godina termomineralnih voda Vrnjačke Banje*. Zbornik radova XVII Kongresa geologa Srbije, 17-20 Maj 2018, Vrnjačka Banja, Srbija, pp 30-42, ISBN: 978-86-86053-20-6.
- STEVANOVIĆ, S.P., 1939: *Vrnjačka banja – Geološki sastav terena, poreklo, pojavljivanje i sastav mineralnih voda*, Štamparija Dragoslava Gregorića, Beograd.
- ŠTRBAČKI J., ŽIVANOVIĆ V., ĐUROVIĆ MČ, ATANACKOVIĆ N., DRAGIŠIĆ V., 2020: *Origin, diversity and geothermal potentiality of thermal and mineral waters in Vrnjačka Banja*, Serbia, Environmental Earth Sciences, 79, Article number: 309 (2020) doi 10.1007/s12665-020-09050-y. ISSN: 1866-6280
- UROŠEVIĆ M., PAVLOVIĆ Z., KLISIĆ M., BRKOVIĆ T., MALEŠEVIĆ M., TRIFUNOVIĆ S., 1966a: *OGK SFRJ list Vrnjci 1:100000*, Savezni geološki zavod; Beograd;
- UROŠEVIĆ M., PAVLOVIĆ Z., KLISIĆ M., MALEŠEVIĆ M., STEFANOVIĆ M., MARKOVIĆ O., TRIFUNOVIĆ S., 1966b: *Tumač za OGK SFRJ list Vrnjci 1:100000*, Savezni geološki zavod; Beograd;