

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

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



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Rudničke vode olovo-cinkovih ležišta u rudnom polju „Blagodat“ u jugoistočnoj Srbiji | Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Ivana Cvejić, Saša Stojadinović, Ivana Jocić | Zbornik radova XVI srpskog Simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007020>

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.: Departman 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:**

### **Predsednik:**

*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:**

### **Predsednik:**

*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:**

### **Predsednik:**

*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**

## RUDNIČKE VODE OLOVO-CINKOVIH LEŽIŠTA U RUDNOM POLJU „BLAGODAT“ U JUGOISTOČNOJ SRBIJI MINE WATER OF LEAD-ZINC DEPOSITS IN THE "BLAGODAT" ORE FIELD IN SOUTH-EAST SERBIA

**Nebojša Atanacković<sup>1</sup>, Veselin Dragišić<sup>2</sup>, Vladimir Živanović<sup>3</sup>, Ivana Cvejić<sup>4</sup>, Saša Stojadinović<sup>5</sup>, Ivana Jocić<sup>6</sup>**

1 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: [nebojsa.atanackovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:nebojsa.atanackovic@rgf.bg.ac.rs)

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

3 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: [vladimir.zivanovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:vladimir.zivanovic@rgf.bg.ac.rs)

4 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: [ivana.cvejic@rgf.rs](mailto:ivana.cvejic@rgf.rs)

5 Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: [sasa.stojadinovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:sasa.stojadinovic@rgf.bg.ac.rs)

6 Rudnik olova i cinka „Grot“ AD, 17543 Kriva Feja. E-mail: [ivanajocic@grotad.rs](mailto:ivanajocic@grotad.rs)

**APSTRAKT:** Rudno polje Blagodat sa više ležišta i pojava olovo-cinkovih ruda nalazi se u krajnjem jugoistočnom delu Srbije, blizu granica sa Bugarskom i Severnom Makedonijom. Eksploatacija ovog resursa vrši se podzemno u okviru rudnika Grot, ranije Blagodat.

Prilivi podzemnih (rudničkih) voda u jamske radove rudnika Grot su visoki i iznose oko 130 l/s (septembar 2019), što ga trenutno svrstava u najvodnjenije rudnike sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji. Nezavisno od njih, iz obližnjeg potkopa P-1 u ležištu Kula, ističe još 25 l/s. Prilivi se najvećim delom formiraju na račun isticanja iz intenzivno ispucalih kristalastih stena Lisinske serije, sa značajnim učešćem mermera i kalkšista.

Kvalitativne osobine rudničkih voda razlikuju se od drugih rudnika olova i cinka u Srbiji, i odstupaju od sastava očekivanog za rudna ležišta u čijoj mineralnoj paragenezi preovlađuju sulfidni minerali. U pitanju su ultra malomineralizovane vode (TDS < 150 mg/l), hidrokarbonatno-kalcijumskog tipa, koje se jednim delom bez dodatnih tretmana koriste za vodosnabdevanje naselja i rudničkog kompleksa u Krivoj Feji. Izuzetno, u delovima jame gde se trenutno odvija eksploatacija, rudničke vode mogu biti zamućene sa povećanim sadržajem suspendovanih čestica.

**Ključne reči:** rudničke vode, ovodnjenost rudnika, prilivi rudničkih voda, kvalitet rudničkih voda.

**ABSTRACT:** The Blagodat ore field with several deposits and the occurrence of lead-zinc ores is located in the far south-eastern part of Serbia, near the borders with Bulgaria and Northern Macedonia. The exploitation of this resource is done underground within the „Grot“ mine, formerly „Blagodat“.

The inflows of groundwater (mine water) into the adits of the Grot mine are high and amount to about 130 l/s (September 2019), which currently ranks it among the highest inflow mines with underground exploitation in Serbia. Regardless of them, another 25 l/s is discharging from the nearby P-1 adit in the Kula deposit. The inflows are mostly related to the intensely fractured crystalline rocks of the Lisina series, with a significant participation of marble and kalkshists.

The qualitative properties of mine waters differ from other lead and zinc mines in Serbia, and deviate from the composition expected for ore deposits whose mineral paragenesis is dominated by sulfide minerals. These are low-mineralized waters (TDS <150 mg/l) of bicarbonate-calcium type, which are used for the water supply of the settlement and the mining complex in Kriva Feja without prior treatment. Exceptionally, in the parts of the mine where the exploitation is currently ongoing, the mine waters may be turbid with an increased content of suspended particles.

**Keywords:** mine water, dewatering, groundwater inflow, quality of mine waters.

## UVOD

Rudno polje Blagodat sa više ležišta olova i cinka, od kojih su najznačajnija Blagodat, Đavolja vodenica I, Đavolja vodenica II, Vučkovo i Kula, nalazi se na padinama Besne Kobile (**Slika 1**). Eksploatacija olovo-cinkane rude vrši se podzemno u okviru rudnika Grot na više horizontata, počev od najnižeg IX-og. Trenutno se eksploatišu rudna tela Đavolja vodenica I, Đavolja vodenica II i Vučkovo, a u pripremi je ležište Kula, dok je eksploatacija ležišta Blagodat završena. Površina rudnog polja iznosi oko 120 km<sup>2</sup> i prostire se između Doganice i Donje Ljubate na JI do Krive Feje i Nesvrta na SZ (Simić, 2001).

Sva pomenuta ležišta se prostorno nalaze iznad 1100 *mnv*, a odvodnjavaju se gravitaciono, najvećim delom preko potkopa na nivou IX-og horizonta sa izlaskom u Krivoj Feji, Hajdučkom Osoju i Crnoj reci. Na taj način drenira se više od 90 % rudničkih voda. Ležište Kula koje se trenutno ne eksploatiše, odvodnjava se takođe gravitaciono, preko potkopa P-1 i P-2.

Ukupni prilivi podzemnih, tj. rudničkih voda u sistem rudarskih radova rudnika „Grot“ (Blagodat, Vučkovo, Đavolja vodenica I, Đavolja vodenica II i Vučkovo), u sušnim mesecima iznose i do 130 l/s, a u ležištu Kula oko 25 l/s. Prilivi su uglavnom vezani za tektonski izlomljene škrljice, mermere i kalkšiste lisinske serije.

## OPŠTE KARAKTERISTIKE

Teren u području rudnog polja Blagodat izrazito je planinski, sa nizom vrhova preko 1000 *mnv*, među kojima dominira Besna Kobilica (1.923 m). Ka istoku prema Bosilegradskoj i zapadu prema Vranjskoj kotlini, nadmorske visine se smanjuju. Planinski masiv Besne Kobile ujedno predstavlja razvođe egejskog i crnomorskog sliva.

Hidrografska mreža u području rudnog polja dobro je razvijena. Egejskom slivu pripadaju rečni tokovi koji teku prema istoku (sliv Strume; Ljubatska reka i Dragovištica), a crnomorskom slivu tokovi koji od Besne Kobile teku prema zapadu (sliv Južne Morave; Banjska, Korbevačka i Jelašnička reka). Konkretno, rudno polje se nalazi u gornjim delovima pomenutih slivova (slivovi Crne, Barske i Barisovačke reke i Seliškog potoka). Rečni tokovi imaju široke strme čelenke i često klisuraste doline. Odlikuje ih kišno-snežni režim proticaja sa maksimalnim proticajima nakon otapanja snega (maj) i minimalnim u septembru mesecu.

Maksimalni višegodišnji proticaji Banjske reke su po pravilu u prolećnom periodu nakon otapanja snega i prolećnih kiša, i to u periodu maj-jun, a minimalni u periodu avgust-septembar.

Područje rudnog polja karakteriše umereno-kontinentalna klima sa prelazom u planinsku. Kratka i sveža leta i dosta duge i hladne zime sa obilnim padavinama su glavne karakteristike ove klime. Prosečna godišnja temperatura vazduha u terenima iznad 1100 *mnv*, pa sve do najvišeg vrha (1923 *mnv*) kreće se između 5 i 6 °C (Atanacković et al., 2019). Srednje mesečne temperature pokazuju tendenciju blagog porasta od najhladnijeg januara do najtoplijeg avgusta.

Raspodela padavina na istražnom prostoru je takođe u tesnoj vezi sa nadmorskom visinom. Počev od Krive Feje (1100 *mnv*) pa do najviših delova Besne Kobile, prosečne godišnje padavine rastu od 1004,9 mm pa do preko 1200 mm. Maksimalne količine padavina vezane su za prolećne (april i maj), a minimalne za zimske mesece (januar, februar). Veliki deo pripada snežnim padavinama koje se izlučuju već tokom oktobra i traju do kraja aprila (Atanacković et al., 2019).

## GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Rudno polje Blagodat formirano u metamorfnim stenama gornjeg kompleksa srpsko-makedonske mase, na jugoistočnom obodu surduličkog granodiorita. Najvećim delom je izgrađeno od kristalastih stena, metamorfisanih i deformisanih utiskivanjem i izdizanjem paleozojskih (božički i jarešnički) i tercijarnih granitoida (surdulički i doganički) i naknadno probijenih kvarclatitima tercijarne starosti (**Slika 1**).

Metamorfiti su predstavljeni heterogenim i različito metamorfisanim stenama stvaranim počev od rifeo-kambrijuma do silura. Od pet serija gornjeg kompleksa (jarešnička, lisinska, božička, serija Vranjske banje i stajevačka serija), samo prve dve su konstatovane u rudnom polju Blagodat (Pavlović, 1962, Babović et al., 1997). Kristalaste stene jarešničke serije imaju rasprostranjenje jugoistočno od rudnika Grot, gde izgrađuju delove planine Dukat. Čine ih liskunske parastene, dvoliskunski gnajsevi, mikašisti, leptinoli, kvarciti i izuzetno mermeri. Prelaz prema lisinskoj seriji je postepen. Lisinsku seriju izgrađuju sericit-grafitični, biotit-sericitski i muskovit-hloritski škrljci i kvarciti, kalkšisti i mermeri. U rudarskim radovima, konstatovano je da kristalaste stene lisinske serije leže preko jarešničkih metamorfita (Babović et al., 1977).

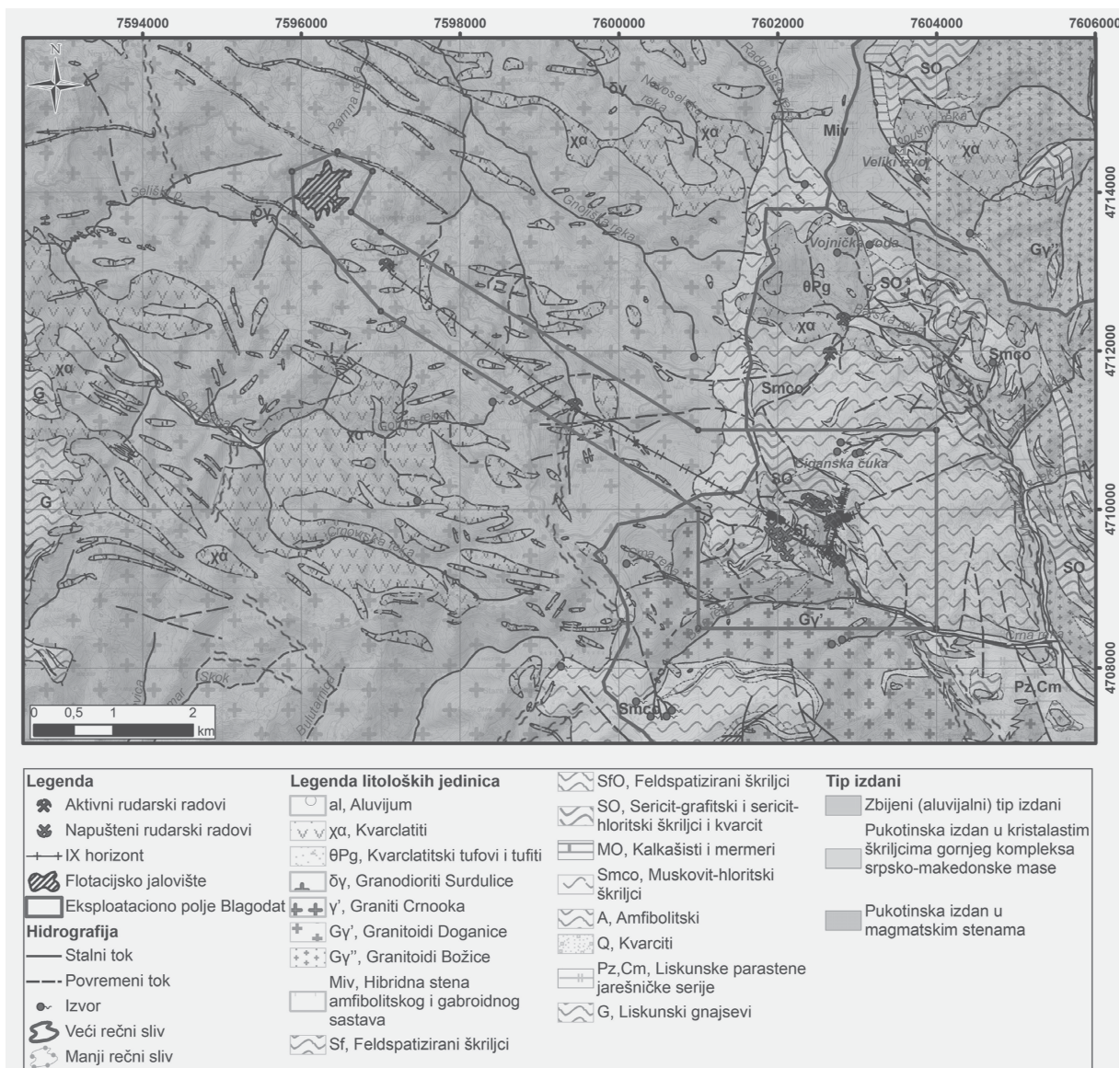
Rudno polje sastoji se od više rudnih tela prostorno lokalizovanih u seriji kristalastih stena (biotit-sericitski škrljci, mermeri i kalkšisti). Prema morfostrukturnim karakteristikama izdvajaju se slojevito-sočivasta, gnezdasta, stubasto-prizmatična i rudna tela nepravilnog oblika (Simić, 1991). Nastala su iz hidrotermalnih rastvora, skarnovsko-hidrotermalnog tipa (galenit i sfalerit, neznatne koncentracije pirotina, magnetita, halkopirita, pirita), sa sadržajima olova u rudi do 8% i cinka oko 7% (Janković, 1990).



## HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Dominantno mesto u rudnom polju zauzima pukotinska izdan, formirana u u magmatskim (granitoidnim i kvarclatitskim stenama) i kristalastim stenama lisinske i jarešničke serije. U zoni raspadanja kristalastih i magmatskih stena, prisutna je pukotinsko-zbijena izdan.

Ispucalost kristalastih i magmatskih stena je značajna. Na intenzitet ispucalosti uticala je tektonska i magmatska aktivnost koja se odvijala u više faza počev od paleozoika pa do tercijara. Poseban značaj za ispucalost kristalastih stena ima izdizanje surduličkog granitoida, praćeno tercijarnim vulkanizmom (Mijović, 1997). Pored stepena ispucalosti, na hidrogeološke karakteristike magmata utiče i njihova starost. Starije magmate (Božički i Doganički granitoidi) karakteriše manja vodonosnost u odnosu na mlađe granitoide (surdulički granitoid i granitoid Crnooka), pošto je njihova ukupna poroznost dosta mala kao kod gnajseva (Čubrilović i Palavestrić, 1976). U okviru rudnog polja Blagodat, granitoidi i gnajs-graniti najčešće predstavljaju barijeru kretanju podzemnih voda iz kristalastih škrljaca lisinske serije (Atanacković et al., 2019).



Slika 1. Hidrogeološka karta 1 : 100.000, (Atanacković i Živanović, 2019)  
 Figure 1. Hydrogeological map 1: 100,000, (Atanacković and Živanović, 2019)

Glavne akumulacije podzemnih voda u rudnom polju Blagodat, vezane su za rasedne i pukotinske sisteme u biotit-sericitskim i hlorit-muskovitskim škrljcima, mermerima i kalkašistima. Glavne strukture razlamanja praćene otvorenim tenzionim pukotinama imaju pravce pružanja SZ-JI i ZSZ-IJI. Izradom podzemnih rudarskih radova, ispod pojedinih manjih vodotoka, dolazilo je do njihovog presušivanja i usmeravanje vode u jamu, upravo duž pomenutih razloma (Pejčić i Radović, 1997).

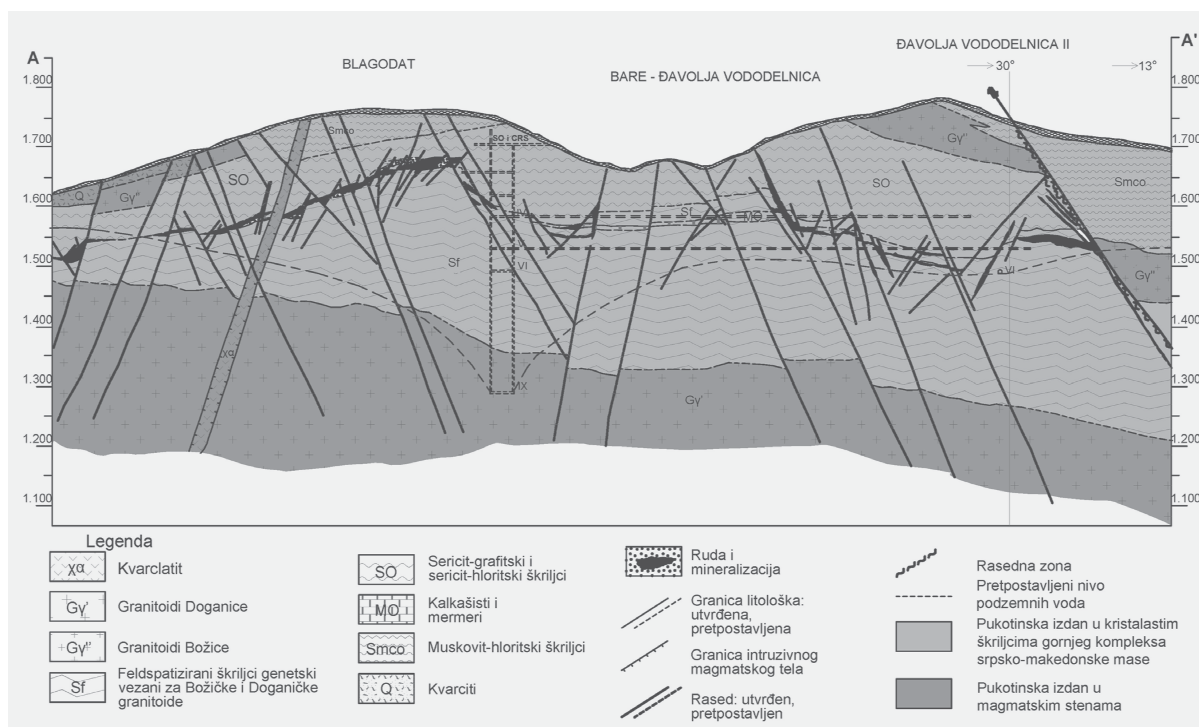
Pored tektonske ispucalosti, na veličinu vodonosnosti utiče i tip kristalastih škrljaca. Na osnovu dosadašnjih iskustava u jami rudnika Grot, konstatovano je da su kristalasti škrljaci jarešničke serije slabije

vodopropusni u odnosu na stene lisinske serije. Osim u rudarskim radovima, ove različitosti su zapažene analizom izdašnosti izvora i istražnim bušenjem u okviru rudnog polja i šire u domenu rasprostranjenja lisinske serije. Uočeno je da podzemne vode u prirodnim uslovima, kao i u rudarskim radovima, ističu iz škriljaca, mermera i kalkšista upravo na kontaktu sa slabije propusnim granitima, gnajns-granitima, ili kvarclatitima (Atanacković et al., 2019).

Kako se predmetna ležišta olova i cinka i rudarski radovi nalaze na kotama terena iznad 1100 *mnv* (iznad erozionog bazisa - Crna reka), to na prihranjivanje pukotinske i pukotinsko-zbijene izdani veliku ulogu ima infiltracija atmosferskih padavina, sa srednje godišnjim prosekom 1000 do 1200 *mm*. Za prihranjivanje izdani, posebno je značajno postepeno topljenje visokog snežnog pokrivača, koji je na ovim prostorima prisutan skoro polovinu kalendarske godine.

Dreniranje izdani u prirodnim uslovima je dosta izmenjeno u odnosu na početak rudarske aktivnosti, obzirom da je izradom potkopa IX došlo do presušivanja brojnih izvora i kraćih površinskih vodotokova. U području rudnog polja do sada su opstala dva veća izvora; izvor razbijenog tipa u lokalnosti Ciganska Čuka izdašnosti 4 *l/s* (Atanacković et al., 2019) i izvor Barske reke izdašnosti 5 *l/s* (Lazić, 2014).

U prirodnim nenarušenim uslovima deo podzemnih voda nalazi se pod pritiskom. Bušenjem istražnih bušotina ispod lokalnih erozionih bazisa (Crna i Barska reka), dolazilo je do isticanja pod pritiskom, izdašnosti do 1 *l/s* (Pejić & Radović., 1997; Zlatanović & Radović., 2006). Podzemne vode pod pritiskom (izdašnosti do 0,5 *l/s*), konstatovane su i ležištu Kula bušenjem iz podine potkopa P-1 (Lazić, 2014).



**Slika 2.** Generalizovan uzdužni hidrogeološki profil kroz ležišta Blagodat, Đavolja Vodenica I i Đavolja Vodenica II, (Atanacković i Živanović, 2019)

**Figure 2.** Generalized longitudinal hydrogeological profile through the Blagodat, Đavolja Vodenica I and Đavolja Vodenica II deposits (Atanacković and Živanović, 2019)

## VELIČINA PRILIVA U RUDARSKIM RADOVIMA

Prilivi rudničkih voda formiraju se na račun isticanja podzemnih voda iz intenzivno ispucalih kristalastih stena lisinske serije (biotit-sericitskih i hloritsko-muskovitskih škriljaca, mermera, kalkšista), manjim delom iz granitoida i kvarclatita.

U novonastalim uslovima posle višedecenijske izrade rudarskih radova i eksploatacije rude olova i cinka, masiv Besne Kobile ispresecan je mnogobrojnim rudarskim radovima izvedenim počev od nivoa 1290 *mm* pa do 1720 *mm* (Zlatanović & Radović, 2006). Izradom rudničkih prostorija omogućeno je isticanje podzemnih voda iz različitih litoloških sredina (kristalasti škriljci, mermeri, granitoidi, kvarclatiti i sl.). Rudničke (podzemne) vode u rudnom polju Blagodat trenutno se formiraju u dve nezavisne lokalnosti; u aktivnoj jami rudnika Grot i potkopima (P-1 i P-2) u ležištu Kula.

Količine priliva podzemnih voda u rudniku Grot su velike i iznose oko 130 *l/s*, mereno početkom septembra 2019. godine (Tabela 1), što ga svrstava u najvodnjenije podzemne radove u Srbiji. Isticanje podzemnih voda uglanom je vezano za preseke rudarskih radova sa pukotinskim i rasednim sistemima.

Izradom glavnog izvoznog potkopa (GIP) na nivou 1290 *m* (horizont IX) sa izlazom u Krivoj Feji i Crnoj reci ukupne dužine 6,82 *km* i njegovim povezivanjem sa Hajdučkim Osojem, probijen je kompletan masiv Besne Kobile,



pri čemu je presečen veliki broj otvorenih pukotina i raseda. Nakon njegove izrade drastično je smanjena količina vode u delu izdani iznad nivoa horizonta 1290 m. Zaostali deo podzemnih voda drenira se gravitaciono preko radova na višim horizontima (VIII, VII, VI, V). Ovakav način odvodnjavanja doprineo je smanjenju priliva u rudarske radove, tako da oni ne predstavljaju problem u eksploataciji.

Trenutno su kompletni prilivi rudničkih voda na nivou IX-og horizonta raspodeljuju i usmeravaju u tri pravca; Kriva Feja, Crna reka i Hajdučko Osoje (**Tabela 1**). Ostale rudničke vode koje ističu iz radova na VIII, VII i VI-om horizontu, kao i manje količine voda iz starih radova, usmeravaju se u Crnu reku nakon prethodnog taloženja suspendovanih čestica.

**Tabela 1.** Katastar isticanja rudničkih voda u rudarskim radovima rudnog polja „Blagodat“ (Atanacković et al., 2019)  
**Table 1.** Cadastre of mine water discharge from mining works of the Blagodat ore field (Atanacković et al., 2019)

Objekat/pojava	X	Y	Q (l/s)
IX horizont-Kriva Feja	4 713 089	7 597 067	93,4
IX horizont – Crna reka	4 709 346	7 602 761	2,4
IX horizont – Hajdučko Osoje	4 711 323	7 599 455	24,8
VIII horizont – Crna reka	4 709 845	7 602 657	0,15
VII horizont – Crna reka	4 709 874	7 602 718	0,15
VI horizont – Crna reka	4 710 041	7 602 603	9,1
Potkop P-1 (Kula)	4 712 405	7 602 657	23,8
Potkop P-2 (Kula)	4 711 970	7 602 661	Povremeno isticanje

Podzemne (rudničke) vode u ležištu Kula dreniraju se gravitaciono preko potkopa P-1 (25 l/s), koji je hipsometrijski niži u odnosu na pokop P-2, i iz koga se isticanje ostvaruje samo u periodu intenzivnog topljenja snega (**Tabela 1**).

Treba istaći da u dosadašnjem periodu nisu vršena sistematska merenja priliva rudničkih voda iz jame rudnika „Grot“, tako da se ne može preciznije govoriti o režimu njihovog isticanja. Ono što je neosporno, to je da se nakon topljenja snežnog pokrivača, prilivi povećavaju i da se oni po podacima geološke službe rudnika Grot više nego udvostručuju.

## FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE RUDNIČKIH VODA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

Rudničke vode koje ističu na nivou IX-og horizonta u Krivoj Feji i Hajdučkom Osoju, kao i vode koje ističu iz potkopa P-1 (Kula) su bistre i prozirne. Njihova elektroprovodljivost je manja od 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Po hemijskom sastavu to su ultra malo mineralizovane vode ( $\text{TDS} < 150 \text{ mg/l}$ ) hidrokarbonatno-kalcijumskog tipa ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ), bez povećanog sadržaja pojedinih hemijskih sastojaka iznad granice MDK, što je neuobičajeno za rudničke vode sulfidnih ležišta.

Pod uticajem aktivnosti na eksploataciji i transportu otkopane rude u pojedinim delovima jame rudnika Grot, dolazi do zamućenja vode usled povećanih sadržaja suspendovanih čestica.

U odnosu na druga olovo-cinkana ležišta u okruženju, degradacija sulfidnih minerala je neznatna, a kvalitet rudničkih voda izuzetno dobar, pa se one bez ikakvog tretmana koriste za vodosnabdevanje naselja Kriva Feja i rudarskog kompleksa „Grot“.

## ZAKLJUČAK

Sve značajnije akumulacije podzemnih voda u području rudnog polja „Blagodat“ vezane su za rasedne i pukotinske sisteme u kristalastim škriljcima, mermerima i kalkšistima lisinske serije. Prilivi podzemnih voda u jamske radove rudnika Grot su visoki i u sušnim periodima godine (septembar 2019), iznose oko 130 l/s što ovaj rudnik svrstava u najvodnjenije u Srbiji. Pored toga, iz potkopa u ležištu Kula koje je u pripremi za eksploataciju ističe oko 25 l/s.

Odvodnjavanje jamskih radova vrši se gravitaciono, pri čemu se najveći deo podzemnih voda sakuplja na nivou najnižeg (IX-og) horizonta sa izlazima u Krivoj Feji, Hajdučkom Osoju i Crnoj reci, a koji preseca kompletni masiv Besne Kobile. Preostali deo rudničkih voda se gravitaciono drenira isticanjem na nivou VI, VII i VIII-og horizonta sa izlazima u lokalnosti Crna reka.

Rudničke vode su ultra malomineralizovane ( $\text{TDS} < 150 \text{ mg/l}$ ), hidrokarbonatno-kalcijumskog tipa ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ). U kontaktu podzemnih voda sa aktivnim rudarskim radovima, dolazi do povećanja suspendovanih čestica i fizičkog zamućenja, dok su ostali parametri hemijskog sastava u propisanim granicama i ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija.

## Literatura:

- ATANACKOVIĆ N., ŽIVANOVIĆ V., CVEJIĆ I., STOJADINOVIĆ S., 2019: *Hidrogeološka studija eksploatacionog polja Blagodat, rudnika Grot*. Fond Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- BABOVIĆ M., CVETKOVIĆ D., ROGLIĆ Č., AVRAMOVIĆ V., MARIĆ S., 1977: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 i Tumač za list „Trgovište sa Radomirom“ K 34-57*, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, 1-59, Beograd.
- DIMITRIJEVIĆ M.D., 1995: *Srpsko-makedonska masa*, U: *Geologija Jugoslavije*, Posebna izdanja Geoinstituta, 115-128, Beograd.
- JANKOVIĆ S., 1990: *Rudna ležišta Srbije*, Regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta, Beograd.
- LAZIĆ M., 2014: *Ovodnjenost ležišta olova i cinka „Kula“ rudnik „Grot“ A.D. Kriva Feja*. XVI Kongres geologa Srbije, 453-461, Donji Milanovac.
- MIJOVIĆ D., 1997: *Hidrogeologija granodiorita Srbije*, Monografija, Zadužbina Andrejević, 136, Beograd.
- PEJČIĆ M., RADOVIĆ V., 1997: *Sinteza osnovnih geoloških istraživanja u rudnom polju Blagodat*, Geozavod-IMS, Beograd, FSD Rudnik GROT AD, Kriva Feja.
- PAVLOVIĆ P., 1962: *Nalazak fosila u metamorfnom terenu u oblasti Bosiljgrada*. Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1959 godinu, 249 - 250, Beograd.
- SIMIĆ M., 2001: *Metalogenija zone Mačkatica-Blagodat-Karamanica*, Posebna izdanja Geoinstituta, knjiga 28, Beograd.
- ZLATANOVIĆ G., RADOVIĆ V., 2006: *Elaborat o rezervama Pb-Zn rude u rudnom polju Blagodat (Ležišta; Blagodat, Đavolja Vodenica 1, Vučkovo, Đavolja Vodenica 2 i Kula)*, Geološki institut Srbije, Beograd.