

# Режим изворских вода из кристаластих стена у планинским подручјима на примеру Топлог Дола на Власини (Југоисточна Србија)

Сунчица Гардијан, Владимир Живановић, Сава Магазиновић, Ђорђе Мандић, Саша Стојадиновић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Режим изворских вода из кристаластих стена у планинским подручјима на примеру Топлог Дола на Власини (Југоисточна Србија) | Сунчица Гардијан, Владимир Живановић, Сава Магазиновић, Ђорђе Мандић, Саша Стојадиновић | Zbornik radova XVI srpskog Simpozijum o hidrogeologiji sa међународним учешћем | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007016>

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 vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -  
Tiraž 100. - Str. [5-6]: Uvodna reć / Dejan Milenić. - Abstracts. -  
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-380-4

a) Хидрогеологија - Зборници b) 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

<b><i>Violeta Čolaković, Vladan Čanović i Aleksandar Avramović</i></b>	
Hidrodinamički model površinskog kopa gline “Garajevac istok”.....	273
<b><i>Đorđije Božović, Dušan Polomčić i Dragoljub Bajić</i></b>	
Metodologija izrade 3D konceptualnog hidrogeološkog modela za potrebe hidrodinamičkog modeliranja bunara sa horizontalnim drenovima.....	279
<b><i>Zlatko Ilijovski i Vojo Mirchovski</i></b>	
Metodologija ocene kvantitativnog stanja podzemnih voda.....	285
<b><i>Mihajlo Mandić i Tanja Petrović Pantić</i></b>	
Sažetak rezultata dobijenih izradom Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000, list Pirot.....	291
<b><i>Vojislav Tomić</i></b>	
Rezerve podzemnih voda u većim intruzivnim masivima Srbije sa pukotinskom strukturom poroznosti.....	297
<b><i>Katarina Atanasković Samolov, Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Saša Todorović</i></b>	
Primena AQUIMOD-a pri oceni uticaja klimatskih promena na podzemne vode.....	299
<b><i>Vaso Mrvaljević i Milan Radulović</i></b>	
Podzemni karstni oblici duž trase autoputa Smokovac– Mateševo (Crna Gora).....	305
<b><i>Milan Vlahović, Gojko Nikolić i Vaso Mrvaljević</i></b>	
Negativni aspekt antifiltracionih radova na akumulaciji Slano.....	311
<b><i>Petar Milanović</i></b>	
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**

## РЕЖИМ ИЗВОРСКИХ ВОДА ИЗ КРИСТАЛАСТИХ СТЕНА У ПЛАНИНСКИМ ПОДРУЧЈИМА НА ПРИМЕРУ ТОПЛОГ ДОЛА НА ВЛАСИНИ (ЈУГОИСТОЧНА СРБИЈА) REGIME OF SPRINGS WATER FROM CRYSTAL ROCKS IN MOUNTAIN AREAS - CASE EXAMPLE OF „ТОПЛИ ДОЛ“ ON VLASINA (SOUTHEASTERN SERBIA)

Гардијан С<sup>1</sup>., Живановић В<sup>1</sup>., Магазиновић С<sup>1</sup>., Мандић Ђ<sup>1</sup>., Стојадиновић С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију, Београд,  
E-mail:suncica.gardijan@rgf.bg.ac.rs

**Апстракт:** Терени изграђени од кристаластих стена се у домаћој хидрогеолошкој пракси, најчешће сматрају безводним и као такви на хидрогеолошким картама издвајају као терени „сиромашни“ подземним водама. Да то није правило говоре резултати хидрогеолошких истраживања кристаластих стена тзв. Власинског комплекса у сливу Врле и Лисине, из којих истиче више извора минималне издашности веће од 10 l/s, а да поједини извори достижу и преко 50 l/s у максимуму. Поменути извори су најбоље изучени у подручју Топлог Дола, где је део њих укључен у процес флаширања воде познате под називом „Роса“.

Подручје Топлог Дола налази се у крајњем делу југоисточне Србије у планинском подручју познатом као Власина са надморским висинама од 1100 до 1900 m н.в. Ово подручје је у потпуности изграђено од кристаластих стена, палеозојске старости (тзв. серије Божице и Лисине) у које су утиснуте млађе гранитоидне стене, а које су касније пробијене млађе дацитске и кварцлатитске стене терцијарне старости.

Значајније резерве подземних вода формиране су превасходно, у оквиру испуцалих гранитоида, као и у делу приповерхинске зоне њиховог распадања изнад нивоа локалних ерозионих базиса. Међутим, извори са највећим издашностима истичу из калкшиста и мермера. По хемијском саставу припадају хидрокарбонатно-калцијумском типу ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ), изузетно ниске минерализације, мање од 100 mg/l.

За потребе овог рада извршена је анализа режима истицања са 2 извора означена бројевима 2 и 7 за период 2007-2017. година. Извор број 7 истиче из издани формиране у гранитном грусу, док је истицање извора број 10 везано за калкшисте и мермере.

**Кључне речи:** власински комплекс, кристаласте стене, режим истицања извора, ултра мало минерализоване воде.

**Abstract:** In hydrogeological practice, terrains built of crystalline rocks are considered limited and even „poor“ in terms of significant groundwater reserves. Hydrogeological research of crystalline rocks at the so-called Vlasina complex in the Vrla and Lisina basins does not support the aforementioned fact. Research results show that several springs have minimal discharge rates of more than 10 l/s, and that some springs reach over 50 l/s at the maximum. These springs are best studied in the area of Topli Dol, where part of them is involved in bottling water known as „Rosa“.

The area of Topli Dol in the south-eastern part of Serbia is known as Vlasina, with terrain altitudes ranging from 1100 to 1900 m a.s.l. The terrain is entirely built of crystalline rocks, or crystalline shales of the Palaeozoic era that are part of the Božica series, where granitoids are penetrated, and the whole terrain is intersected by dacites and quartzites of the Tertiary era.

Significant groundwater reserves are formed primarily within fractured granitoids and the near-surface zones of their physicochemical decay above the levels of local erosion bases. However, the springs with the highest yields discharge from the calcschists and marbles. Groundwater is characterized by extremely low mineralization with a dry residue below 100 mg/l.

For this paper, an analysis of the discharge regime from two sources (spring No 7 and spring No 10) was performed for the period from 2007 to 2017. Spring No. 7 was formed within the granite grus, while groundwater discharge of Spring No. 10 is related to the calcschist.

**Keywords:** Vlasina complex, crystalline rocks, spring discharge regime, low-mineralisation spring water

## Увод

Подручје истраживања налази се у југоисточној Србији у локалности Топли До у сливу реке Врле, где административно припада општини Сурдулица. У Топлом Долу налази се изворишни део реке Врле, која се формира од већег броја повремених и сталних водоотокова на падинама Великог (1875 m) и Малог Стрешера (1757 m) у оквиру планинског масива Варденик.

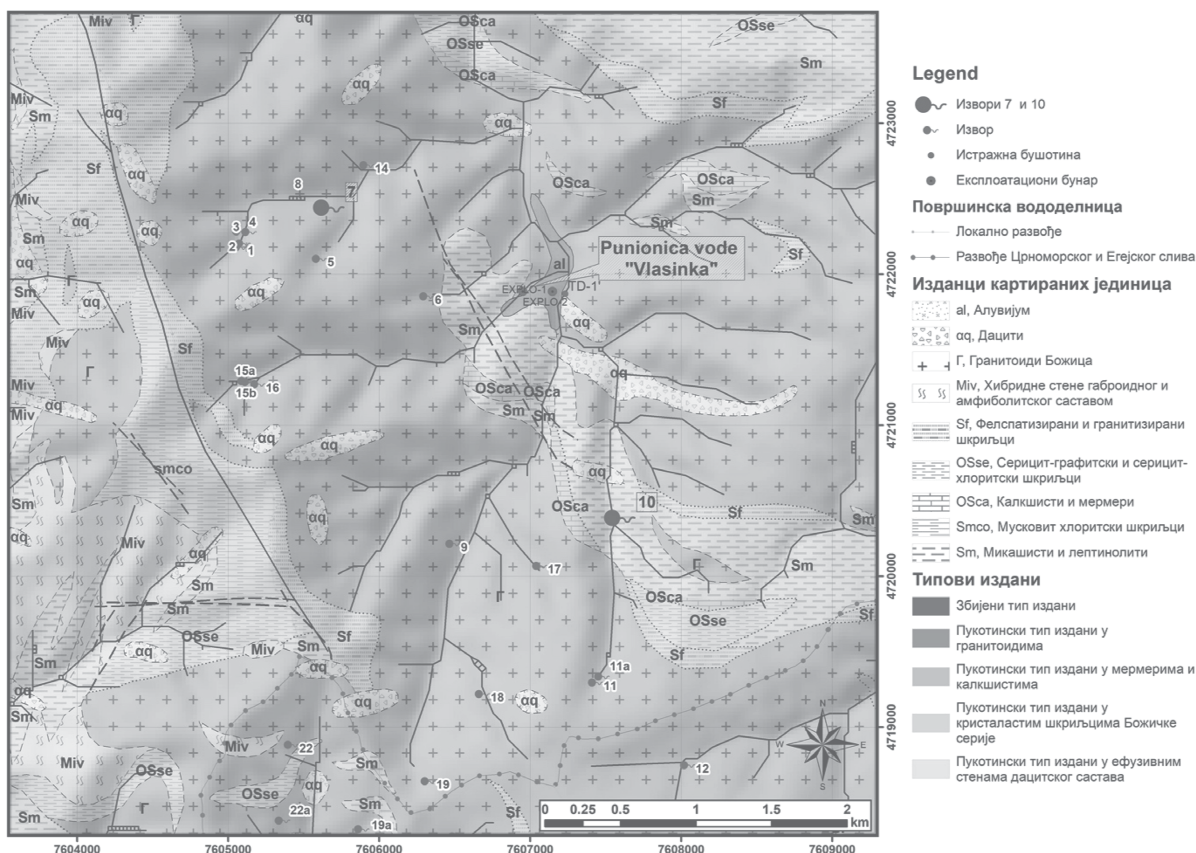
Због великог распрострањења слабије водопрпусних стенских комплекса и великих нагиба долинских страна у сливу, врло је изражено површинско отицање атмосферских талога као и ерозионо деловање водотока, што за последицу има појачано еродовање растреситог-дробинског материјала.

Разуђености терена доприносе и бројни изворишни краци реке Врле, са изворима непосредно испод планинских гребена, на падинама и у самим долинама (јаругама). Од изворишних притока реке Врле, посебно се издвајају: Јаков До, Виљеколска, Дебелска, Турска и Крива Долина. Извори истичу на надморским висинама изнад 1300 m н.в.

Мониторинг одабраних извора указује на веома специфичан режим извора, где су у резултату савремених климатских фактора њихове минималне издашности везане за зимске месеце (децембар, јануар и фебруар), а максималне за пролећне месеце (март-јун).

## Основне геолошке и хидрогеолошке карактеристике истражног простора

Подручје истраживања изграђују кристаласте стене тзв. серија Божице и Лисине, које припадају горњем власинском комплексу. У питању су различите врсте шкриљаца, калкшиста, мермера, хибридних стена габроидног и амфиболитског састава, метаморфисани габрови, хидротермални кварцити и гранитоиди палеозојске старости. Кристаласте стене Божице и Лисине пробијене су дацитима и кварцлатитима терцијарне старости (слика 1). Према суперпозиционим односима, стене Божичке серије леже изнад Лисинске (Бабовић и др., 1977; Димитријевић 1995)



Слика 1. Геолошка карта ширег подручја истраживања (према ОГК СФРЈ 1: 100 000, лист Трговиште са Радомиром, Бабовић и др., 1977)

Figure 1. Geological map of study area (after Basic Geological Map of SFRY 1:100 000 sheet Trgoviste with Radomir, Babović et al., 1977)



Хидрогеолошки веома интересантне појаве у оквиру власинског комплекса везане су за мермере, калкшисте и гранитоиде. Реализацијом истражних радова у фосфоритском лежишту „Лисина“ у сливу Лисинске реке (Драгишић и др., 2012), као и радова за потребе захватања ултра мало минерализованих вода за потребе флаширања (Злоколица 1996, 2003; Маринковић, 2008; Поповић Љ, 2009; Поповић З, 2009; Живановић и др, 2014,2015; Магазиновић и др., 2018 ) добијени су значајни подаци о хидрогеолошким карактеристикама поменутих стенских комплекса.

Пукотинска издан формирана у гранитоидима има значајно распрострањење на подручју истраживања. У односу на степен и карактер испуцалости, у оквиру гранитоида издвајају се зона површинског физичко-хемијско распадања изнад нивоа ерозионог базиса, тзв. гранитни грус, и друго, матична стена испод ерозионог базиса.

У оквиру зоне површинског распадања гранитоида формиране су значајне резерве подземних вода које се природно дренажу преко бројних извора, и које су захваљујући свом квалитету нашле примену за флаширање у фабрици „Власинка“. Прихрањивање издани се одвија инфилтрацијом воде од атмосферских талога, што је потврђено и изотопским анализама (Маринковић, 2008). Дренаже подземних вода врши се преко извора, на контакту стена различитог степена водопропусности.

Пукотинска издан у кварцлатитским и дацитским стенама има релативно ограничено распрострањење, па су и могућности за формирање значајнијих резерви подземних вода у њима мале, о чему говори и издашност извора која је мања од 0,01 l/s.

Пукотинска издан формирана у мермерима и калкшистима нема веће распрострањење на површини терена. Често се налази у оквиру серије серицит-хлоритских шкриљаца у облику издужених сочива различите дебљине. За мермере и калкшисте везано је истицање извора бр. 10 у Топлом Долу. Прихрањивање издани у метаморфисаним карбонатима се највећим делом, врши инфилтрацијом вода од атмосферских талога. Мермери и калкшисти се понашају као главни дренажи за кретање подземних вода ка појединим изворима. Иначе, у подручју тзв. горњег комплекса кристаластих шкриљаца, извори са највећом издашношћу везани су за издан у калкшистима и мермерима.

Кристаласте шкриљци у истражном подручју су тектонски јако оштећени, али су слабије оводњени и у њима нису констатоване значајније резерве подземних вода. Истражним бушењем на Варденику, констатовано је да они чине баријеру подземним водама из мермера и калкшиста.

#### **Карактеристике и режим истицања извора број 7**

**Извор број 7** истиче у Јаковом Долу на надморској висини од 1.374,5 m н.в., на падинама гребена Занога. Извор истиче из интензивно испуцалих гранита Божичке серије. Велика издашност и стабилан режим истицања били су аргументи за неке истраживаче да поменути извор повежу са серијом шкриљаца, калкшиста и мермера Божичке серије (Поповић Љ, 2009).

Његово истицање везано је за раседну структуру правца пружања И-3 (приближно), које су управне на расед правца пружања СЗ-ЈИ. Иако је ово извор са најмањом сливном површином (0,078 km<sup>2</sup>), има врло стабилан режим истицања (Поповић Љ, 2009).

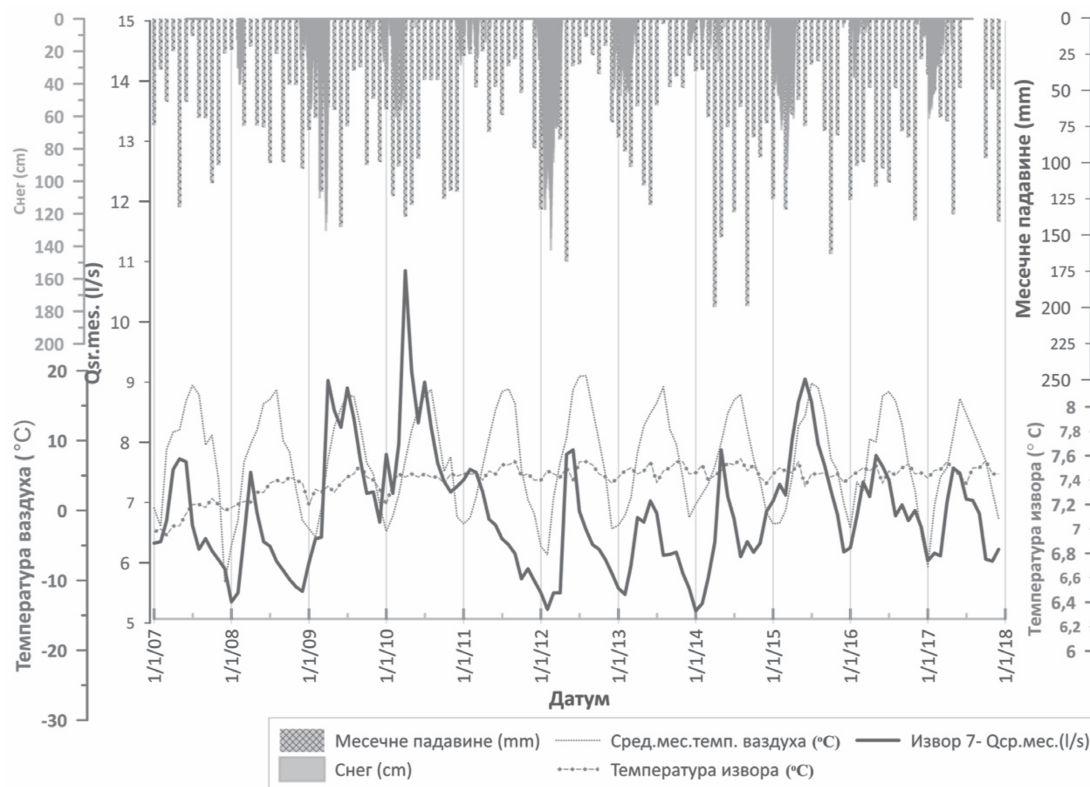
На основу мерених вредности протицаја, на овом извору, у периоду 2007-2017. године (са учесталашћу осматрања једном седмично), забележен је максималан средњемесечни протицај од 10,9 l/s у априлу 2010. године, и минималан средњемесечни протицај од 5,2 l/s у фебруару 2012. године. Минимална забележена вредност протицаја је износила 5,0 l/s (27.02.2012., 28.01.2014. и 03.02.2014.године), док је максимална забележена вредност протицаја износила 13,3 l/s (25.04.2010.године) (Живановић и др., 2015). Просечни вишегодишњи однос минималних и максималних издашности  $Q_{min} : Q_{max}$  износи 1 : 1,6 што овај извор сврстава у групу постојане издашности (табела 1).

**Табела 1.** Максималне и минималне издашности и вредности коефицијената пражњења извора број 7 у периоду 2007-2017. год.

**Table 1.** Maximum and minimum discharges and recession coefficients of Spring No 7 in the period from 2007 to 2017

Година	Q min (l/s)	Qmax (l/s)	Qmax/ Q min	Трајање рецесије (дан)	Коефицијент пражњења $\alpha_1$ (dan <sup>-1</sup> )
2007	5,5	7,8	1,4	208	0,002
2008	5,3	8,7	1,6	220	0,002
2009	5,6	9,4	1,7	167	0,002
2010	7,0	13,3	1,9	142	0,002
2011	5,5	8,5	1,5	363	0,0015
2012	5,0	8,5	1,7	248	0,002
2013	5,2	7,5	1,4	236	0,0015
2014	5,0	8,2	1,6	112	0,002
2015	6,0	9,2	1,5	217	0,002
2016	6,2	8,0	1,3	227	0,0015
2017	6,0	7,7	1,3	224	0,001
Просек			1,6		0,0018

Из података вишегодишњег праћења издашности извора број 7 може се закључити да је хидрограм извора идентичан у току хидролошких година, те се тренд пораста издашности извора током маја месеца може везати за топљење снега у марту и почетком априла (слика 2). Изузетак од овог правила представља изразито сушна 2011.год. када се период рецесије из 2010.год. наставио практично кроз целу 2011.год. У периоду од марта 2014.год. можемо приметити да је дошло до поновног „пуњења“ издани где у другој половини 2014. год. немамо праву рецесију, већ капацитет извора наставља да расте и свој максимум достиже током јуна 2015.год (9,1 l/s) што је последица интензивних падавина током 2014.год. (укупно 1218,8 mm). Интензивно прихрањивање издани се наставља до краја периода осматрања те се сада читавају више вредности минималне средњемесечне издашности издани (6,2 l/s – децембар 2015., 6,3 l/s- јануар 2016., 6 l/s-јануар 2017.године).



**Слика 2.** Упоредни дијаграм протицаја извора, дневних падавина, висине снежног покривача и температура ваздуха у периоду од 01.01.2007. до 31.12.2017. године

**Figure 2.** Correlation diagram of Spring No 7 discharge, temperature, snow height and monthly precipitation from 01.01.2007. to 31.12.2017.

Генерално гледано, део хидролошке године средина маја – средина јула представља период интензивног прањења издани и наглог смањивања издашности извора, док у периоду од средине јула па све до средине марта наредне године издашност извора се устаљује и има тренд благог пада. Из података се види да падавине које се јављају у периоду почетка јесени немају неки већи утицај на издашност извора, односно не долази до повећања количине истицања воде већ се само ублажава тренд рецесије. Другим речима, површински отицај од падавина је много већи него део од падавина који одлази на прихрањивање издани.

Треба истаћи да повећање издашности извора почиње тек месец дана од почетка наглог топљења снега, што говори о постепеном прихрањивању издани након засићења тла водом и расходовања на површински отицај. Овакав режим истицања указује и на већу дебљину распаднутог, растреситог материјала у коме је акумулиран део подземних вода.

#### Карактеристике и режим истицања извора број 10

**Извор број 10** налази се у Топлом Долу на десној обали Дебелске реке која представља десну притоку Врле. Извор истиче из калкшиста на надморској висини нешто вишој од 1300 m н.в. Каптиран је за потребе рибњака који се налази непосредно поред извора. Топографска површина слива извора број 10 износи око 1,4 km<sup>2</sup>. На основу анализе расположивих података о падавинама и протицајима за дате (топографске и хидрогеолошке) сливне површине извора, констатовано је да, теоретски, овај извор дренира хидрогеолошку структуру знатно веће издашности (Злоколица, 2003).

У периоду осматрања 2007-2017. год (са учесталом осматрања једном седмично) забележен је минималан протицај  $Q_{\min} = 5,5$  l/s (08.01.2008.године), а максималан протицај  $Q_{\max} = 22,3$  l/s



(25.04.2010.године). На основу амплитуде колебања односно просечног вишегодишњег односа минималних и максималних издашности  $Q_{\min} : Q_{\max}$ , који износи 1 : 2, припада изворима променљиве до постојане издашности (табела 2). Ово указује на то да се циркулација подземних вода одвија у калкшистима и мермерима који имају већу порозност у односу на гранитоидне стене.

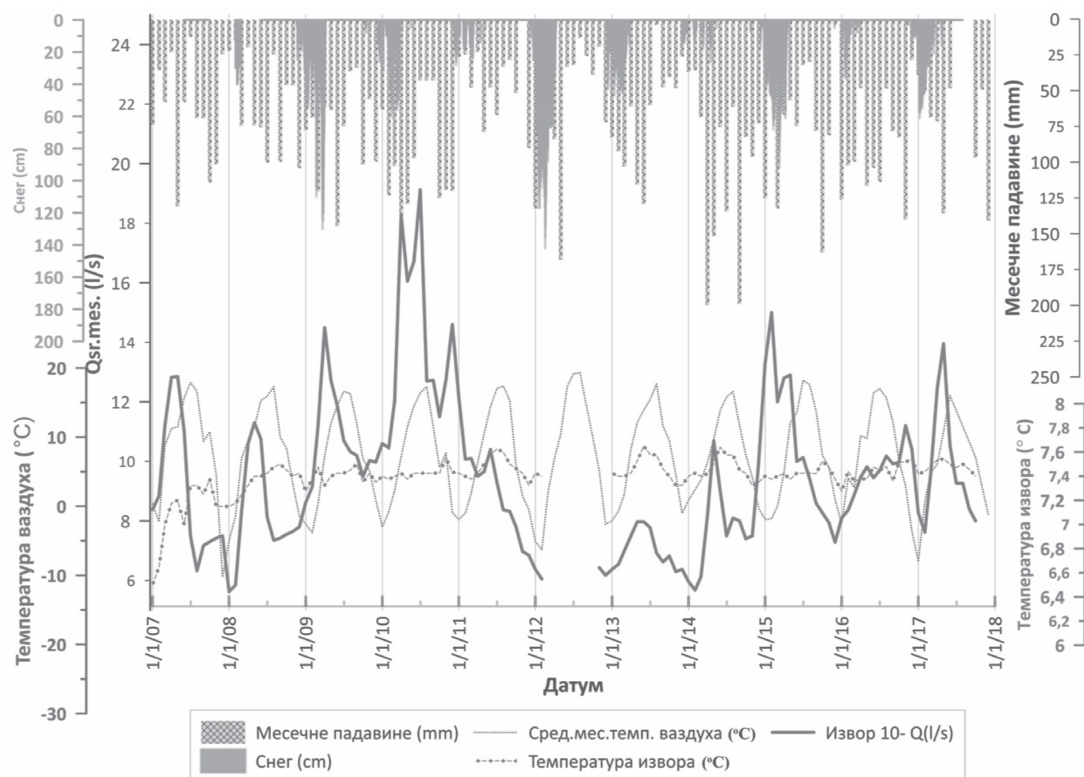
Максимуми протицаји јављају се најчешће крајем априла и у мају када почиње благи тренд рецесије који траје отприлике око 3 месеца. Нпр. У току 2007, 2008.год. максимуми падавина су били и до два месеца после максимума издашности извора, док је рецесија издани заустављена у 2007, 2008 и 2010.год. после скоро два месеца од интензивних падавина (слика 3).

**Табела 2.** Однос максималних и минималних регистрованих издашности и вредности коефицијента пражњења извора број 10 у периоду 2007-2017. год.

**Table 2.** Maximum and minimum discharges and recession coefficients of Spring No 10 in the period from 2007 to 2017

Година	Q min (l/s)	Qmax (l/s)	Qmax/Q min	Трајање рецесије (дан)	Коефицијент пражњења $\alpha_1$ (dan <sup>-1</sup> )
2007	6,2	13,8	2,2	223	0,004
2008	5,5	11,8	2,1	123	0,004
2009	7,6	15,2	2,0	169	0,003
2010	10,1	22,3	2,2	297	0,003
2011	6,7	12,9	1,9	270	0,002
2012					
2013	5,9	8,3	1,4	182	0,002
2014	5,6	13,3	2,4	168	0,0035
2015	7,0	15,0	2,1	238	0,003
2016	8,0	12,1	1,5	136	0,004
2017	7,5	14,4	1,9	223	0,003
Просек			2,0		0,0035

\*-у одређеном периоду током 2012.године није било дозвољено осматрање извора



**Слика 3.** Упоредни дијаграм протицаја и температуре извора број 10, дневних падавина, висине снежног покривача и температура ваздуха у периоду од 01.01.2007. до 31.12.2017. године

**Figure 3.** Correlation diagram of Spring No 10 discharge, temperature, snow height and monthly precipitation

Генерални закључак о тренду рецесије овог извора се веома тешко може извући јер ниједна од анализираних година није иста у погледу издашности извора у периодима хидролошких минимума. У току 2009. и 2011.год. рецесија је била веома блага. У периоду 2007, 2008 и 2009.год. рецесија је практично заустављена, да би у августу 2009.год. почело повећање издашности извора.

2010.год. је била изразито неуједначена када је долазило до наглих промена у издашности извора у току целе хидролошке године, а за период рецесије би се могао апроксимирати период од краја јула до средине септембра.

2011.година је забележена као изузетно сушна година, где као последица малих количина падавина изостаје максимум издашности у јуну месецу. Рецесија се продужава у даљем периоду што резултује нижим вредностима издашности извора у 2013.год. када највећи део воде настале од атмосферских падавина одлази на прихрањивање издани.

Током 2014.године забележене су интензивне падавине, део тих вода одлази као површински отицај, а највећи део на прихрањивање издани, што условљава повећање издашности извора у 2015. години. Интензивне падавине у јесен 2015. године и почетком 2016.године утичу на непрекидно прихрањивање издани, те период рецесије започиње тек средином новембра након интензивних јесењих падавина.

У периоду осматрања може се закључити да је повећање издашности извора везано за периоде топлеења снега. Први значајнији пораст регистрован је у фебруару када је снежни покривач још увек био присутан и када је при порасту температуре ваздуха долазило до његовог топлеења и брзог повећања издашности извора. Оваква брза реакција на топлеење снега може се објаснити већом порозношћу калкшиста и самим тим добрим условима инфилтрације.

Период од почетка јула до децембра, представља период рецесије или пражњења издани. Са упоредног дијаграма види се да падавине почетком јесени имају утицај на издашност извора, када долази до повећања издашности извора, што иде у прилог констатацији да се инфилтрација кроз испуцале калкшисте одвија много брже и интензивније (слика 3).

### Рецесиона анализа извора 7 и 10

На основу хидрограма издашности извора број 7 и број 10 за период 2007-2017.године урађена је анализа рецесионих периода методом Tarisman-a:  $Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$  где су  $Q_t$  - издашност извора ( $m^3/s$ ) у периоду  $t-t_0$ ,  $Q_0$  - издашност извора ( $m^3/s$ ) у периоду  $t_0$ ,  $t_0$  - почетак рецесионог периода, а  $t$  - крај рецесионог периода;  $\alpha$  - коефицијент пражњења издани током рецесије.

Коефицијенти пражњења издани величине  $10^{-3}$  указују на лагано пражњење ситних пукотина и прслина. Ниски просечни коефицијент пражњења од  $\alpha_1=0,0018 \text{ dan}^{-1}$  за извор број 7 указује на ламинарни режим пражњења система преко ситнијих прслина и пукотина које заједно са гранитним грусом чине јединствену целину интергрануларно-пукотинског типа порозности, код које се задржава водена маса и уз рецесију оцеђује преко извора на падинама.

Знатно веће вредности просечног коефицијента пражњења извора број 10 ( $\alpha_1=0,0035 \text{ dan}^{-1}$ ) могу да укажу на додатну циркулацију и дренарање подземних вода из калкшиста и мермера који имају већу порозност и омогућавају брже кретање, па самим ти и пражњење преко поменутог извора.

### ХЕМИЈА ВОДЕ

Температура подземних вода креће се од  $T_{\min}=6,5 \text{ }^\circ\text{C}$  (извор број 10) односно  $T_{\min}=6,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (извор број 7) до  $T_{\max}=7,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , при чему средња годишња температура воде са извора износи  $T_{sr}=7,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . На основу температура вода, која се налази у опсегу од 6 до 8  $^\circ\text{C}$ , извор се према скали Толстихина, сврстава у групу хладних извора, са стабилним температурним режимом, с обзиром да разлика у температури не прелази 2 – 3  $^\circ\text{C}$ .

На самом почетку периода осматрања, забележене су ниже вредности температуре воде на изворима, што се може приписати начину читавања података.

То су воде мале минерализације, тзв. олигоминералне или ултра мало минерализоване подземне воде са минерализацијом 50  $\text{mg/l}$  до 60  $\text{mg/l}$ . Минерализација воде и хемијски састав указују на релативно брзи процес водозамене.

На основу резултата хидрохемијских режимских испитивања квалитета тј. хемијског састава изданских вода може се рећи да испитиване воде припадају хидрокарбонатној класи - калцијумској групи. У хемијском саставу се уочавају повећани садржаји јона  $\text{Na}+\text{K}$ . Режимска испитивања указују на изузетно постојан хемијски састав.

И поред сличног хемијског састава, мале разлике у односу основних компоненти могу да укажу на карактер издани која се дренара преко извора 7 и 10. Повећи садржај  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$ , као и смањени садржај  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  такође потврђују присуство калкшиста и мермера у сливу извора 10.

Коришћењем формуле Курлова хемијски састав испитиваних вода се може приказати на следећи начин:



## ЗАКЉУЧАК

У периоду осматрања извора број 7 може се закључити да је период повећања његове издашности везан за топљење снега у периоду март – април након чега започиње период интензивног пражњења издани. Анализирани режим истицања указује и на већу дебљину распаднутог, растреситог материјала у коме је акумулиран део подземних вода.

У периоду осматрања извора број 10 може се закључити да је повећање издашности извора највише везано за топљење снега, па је тако први значајнији пораст регистрован у фебруару када је снежни покривач још увек био значајан и када је при сваком порасту температуре ваздуха долазило и до топљења снега и затим брзо повећања издашности извора. Оваква брза реакција на топљење снега може се објаснити већом порозношћу калкшиста и самим тим бољим условима инфилтрације. Са упоредног дијаграма се такође види да падавине које се јављају почетком јесени имају утицај на издашност извора број 10, што иде у прилог тврдњи да се инфилтрација кроз испуцале калкшисте одвија нешто брже и интензивније.

Оба извора се карактеришу са ниским односном минималних и максималних издашности, што заједно са ниским вредностима коефицијената пражњења потврђују стабилност протицаја, температурног режима, као и квалитета изворских вода

## ЛИТЕРАТУРА

- БАБОВИЋ М, ЦВЕТКОВИЋ Д, РОГЛИЋ Ч, АВРАМОВИЋ В, МАРИЋ С., 1977: *Основна геолошка карта СФРЈ 1:100.000 и Тумач за лист „Трговиште са Радомиром“ К 34-57, Завод за геолошка и геофизичка истраживања, 1-59, Београд.*
- ДИМИТРИЈЕВИЋ МД, 1995: *Српско-македонска маса. У: Геологија Југославије. Посебна издања Геоинститута, 115-128, Београд.*
- ДРАГИШИЋ В, ЖИВАНОВИЋ В, АТАНАЦКОВИЋ Н, 2012: *Претходна хидрогеолошка студија лежишта фосфорита „Лисина“. Рударско-Геолошки факултет, Београд*
- ЖИВАНОВИЋ В, АТАНАЦКОВИЋ Н, 2014: *Елаборат о резервама изворских вода „Б“ и „Ц“ категорије на простору Топлог Дола на Власини (општина Сурдулица), Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију, Београд*
- ЖИВАНОВИЋ В, АТАНАЦКОВИЋ Н, МАГАЗИНОВИЋ С, 2015: *Елаборат о резервама изворских вода „А“ категорије изворишта „Власинка Роса – Извор број 7“ на простору Топлог Дола на Власини. Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију, Београд .*
- ЗЛОКОЛИЦА М, 1996: *Елаборат о резервама изворских вода за флаширање на простору Топлог Дола - Власина. Геозавод, Завод за хидрогеологију и инжењерску геологију, Београд*
- ЗЛОКОЛИЦА М, 2003: *Други Елаборат о резервама изворских вода за флаширање на простору Топлог Дола - Власина. Геозавод, Завод за хидрогеологију и инжењерску геологију, Београд*
- МАГАЗИНОВИЋ С., ГАРДИЈАН С., АНДРИЈАШЕВИЋ Ј., 2018: *Елаборат о резервама изворских вода изворишта „Власинка“ на простору Топлог Дола на Власини (извори број 1,3,6,8,10,13 и 24), Рударско-геолошки факултет, Београд*
- МАРИНКОВИЋ Г, 2008: *Елаборат о резервама природних минералних вода извора (бр. 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 и 11) у експлоатационом пољу број 396 (Е-7) на Власини - „Б“ категорије, Геолошки институт Србије, Београд*
- ПОПОВИЋ Љ, 2009: *Елаборат о резервама „А“ категорије изворских вода за флаширање на простору Топлог Дола – Власина. Геолошки Институт Србије, Београд*
- ПОПОВИЋ З, 2009: *Елаборат о резултатима геолошких истраживања за утврђивање геопотенцијала Топлог Дола – Власина. Геолошки институт Србије, Београд.*