

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XIV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
17-20. maj 2012. godine



XIV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Vladica Cvetković, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Nevena Savić, dipl. inž.
Marina Jovanović, dipl. inž.

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafik Centar

Na 123. sednici Nastavno-naučnog veća Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 24.05.2011.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd
556.3(082)

SRPSKI simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem (14 ; 2012 ; Zlatibor)
Zbornik radova XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem,
Zlatibor, 17-20. maj 2012. godine /
[organizator Rudarsko-geološki fakultet ... et al.]. - Beograd : #Univerzitet,
#Rudarsko-geološki fakultet, 2012 (Beograd : Grafik centar).
- [18], 642 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 150. - Str. [7-8]:
Uvodna reč organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-236-4

a) Hidrogeologija - Zbornici
COBISS.SR-ID 190619660

SADRŽAJ

UVODNA PREDAVANJA

Petar Dokmanović, Zoran Nikić

| | |
|---|---|
| Resursi podzemnih voda i hidrogeološka istraživanja u kontekstu aktuelne zakonske regulative u Srbiji..... | 1 |
|---|---|

Milan Dimkić

| | |
|---|---|
| Procesi u aluvijalnim podzemnim vodama i njihov značaj..... | 5 |
|---|---|

Zoran Stevanović

| | |
|--|----|
| Izazovi edukacije hidrogeologa u 21. veku – domaći i internacionalni kontekst..... | 11 |
|--|----|

1. VODOSNABDEVANJE I MENADŽMENT PODZEMNIH VODA

Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Petar Dokmanović, Vesna Ristić Vakanjac, Bojan Hajdin, Saša Milanović, Dragoljub Bajić

| | |
|---|----|
| Optimizacija vodosnabdevanja podzemnim vodama u Srbiji..... | 15 |
|---|----|

Milenko Pušić, Milan Dimkić, Dragan Vidović, Milan Dotlić, Ilija Oparušić

| | |
|--|----|
| Hidrodinamička analiza kapaciteta bunara sa horizontalnim drenovima na primeru beogradskog izvorišta..... | 21 |
|--|----|

Ivana Obradović, Ranko Vukićević, Ljupka Mrkonja, Ivana Špadijer, Benno Grassl, Milan Lazarević, Dejan Drašković

| | |
|---|----|
| Proširenje kapaciteta izvorišta utiskivanjem horizontalnih drenova-primer novosadskog izvorišta..... | 27 |
|---|----|

Igor Jemcov, Dušan Polomčić, Rastko Petrović, Marina Ćuk

| | |
|--|----|
| Prilog poznavanju režima rada i uslova eksploatacije neogene izdani na području Centralnog Pomoravlja – izvorište Ribare..... | 33 |
|--|----|

Nenad Toholj, Spasoje Glavaš, Boban Jolović

| | |
|--|----|
| Pitka voda kao značajan obnovljivi mineralni resurs Republike Srpske..... | 39 |
|--|----|

Ivica Nikolić, Vladan Kocić, Vesna Ristić-Vakanjac

| | |
|---|----|
| Monitoring podzemnih voda u državnoj mreži Stanica Srbije..... | 45 |
|---|----|

Brankica Majkić-Dursun, Stevan Prohaska, Anđelija Koprivica, Vanja Vukelić

| | |
|--|----|
| Uloga baznog oticaja na ključnim profilima vodomernih stanica reke Dunav i njenih pritoka u Srbiji..... | 51 |
|--|----|

Miloš Zorić, Tibor Slimak, Nenad Vrvic

| | |
|---|----|
| Metodologija izrade hidrogeološkog modela na primeru bunara sa horizontalnim drenovima RB-16 na Adi Ciganliji..... | 57 |
|---|----|

Dušan Đurić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

| | |
|--|----|
| Mogućnost proširenja izvorišta „Petrovaradinska Ada“ izgradnjom vodozahvata pored reke..... | 63 |
|--|----|

Neda Dević, Dragan Radojević, Stanka Filipović, Veselin Blečić

| | |
|--|----|
| Prilog poznavanju veze između voda sliva Gornje Morače i vodozahvata Mareza..... | 69 |
|--|----|

Ilija Oparušić, Đorđije Božović

| | |
|--|----|
| Definisanje devijacije drenova na bunarima beogradskog izvorišta podzemnih voda..... | 75 |
|--|----|

Dušan Đurić, Tibor Slimak, Anđelka Petković

| | |
|---|----|
| Ocena statusa podzemnih voda na primeru vodnog tela Pančevački rit..... | 81 |
|---|----|

Brankica Majkić-Dursun, Ljiljana Popović, Dušan Miolski, Oliver Anđelković

| | |
|--|----|
| Efekti promene režima podzemnih voda na izvorištu „Trnovče“ u periodu 2010-2011..... | 87 |
|--|----|

Branko Hlevnjak, Željko Duić

| | |
|--|----|
| Prilagođavanje konstrukcije i održavanje zdenaca u vodonosnicima s povišenim sadržajem željeza..... | 93 |
|--|----|

Vladimir Filipović, Milenko Vasiljević, Goran Rašula, Budimir Filipović, Srđan Filipović

| | |
|---|-----|
| Hidrogeološke osnove održivog razvoja eksploatacije podzemnih voda Severnog Srema..... | 101 |
|---|-----|

Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Dragoljub Bajić, Katarina Hajdin

| | |
|--|-----|
| Ocena perspektivnosti izvorišta “Vić bare” za vodosnabdevanje Obrenovca..... | 107 |
|--|-----|

Bojan Nikolić, Sibela Nuhović, Gordana Letić, Vlade Čanić

| | |
|--|-----|
| Potencijalnost Ribarskog neogenog basena sa aspekta vodosnabdevanja naselja u opštini Kruševac..... | 113 |
|--|-----|

Risto Milošević, Boško Vuković

| | |
|--|-----|
| Mogućnost zahvatanja podzemnih voda iz karstne izdani ispod neogenih naslaga u gatačkom ugljenom basenu za vodosnabdevanje Gacka..... | 119 |
|--|-----|

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

| | |
|---|-----|
| Izrada hidrogeoloških dubleta kao optimalnog načina eksploatacije i korišćenja subhidrogeotermalnih resursa..... | 125 |
|---|-----|

Neven Miošić, Natalija Samardžić, Hazim Hrvatović

| | |
|---|-----|
| Stanje istraživanja i korišćenja geotermalne energije Bosne i Hercegovine..... | 131 |
|---|-----|

Boban Jolović, Spasoje Glavaš, Nenad Toholj

| | |
|---|-----|
| Geotermalni potencijali Republike Srpske..... | 137 |
|---|-----|

Ivan Matić, Slobodan Vujasinović, Stanko Sorajić, Nenad Marić, Dejan Drašković, Slobodan Ćurčić, Nikola Vulić

Očuvanje podzemnih vodnih resursa kod korišćenja subgeotermalne energije na Novom Beogradu..... 145

Ana Vranješ

Procena hidrogeotermalnog potencijala uže teritorije grada Beograda..... 149

Ana Vranješ, Bojan Dončev

Uticao efekta toplotnog ostrva na podzemne vode Novog Beograda..... 157

Vladimir Vuličević

Primer dobre prakse: pasivno hlađenje i aktivno grejanje Viessmann toplotnom pumpom..... 163

Nebojša Stanić

Korišćenje hidrogeotermalne energije u sistemima instalacija grejanja i hlađenja sa Rehau toplotnim pumpama..... 167

Josip Papeš, Josip Bać, Dragoslav Đorđević, Natalija Samardžić, Neven Miošić

Višegradska banja – determinacija geologije ofiolitske zone Bosne i Hercegovine..... 175

Ferid Skopljak

Prvo otkriće mineralne vode na Ilidži kod Sarajeva..... 181

Tamara Marković, Ozren Larva

Hidrokemijska obilježja termalne vode na području Daruvara..... 187

Tamara Marković, Josip Terzić, Jasmina Lukač-Reberski

Određivanje trendova kakvoće vode pomoću geokemijskih pokazatelja u krškom vodonosniku Blatskog polja na otoku Korčuli..... 193

Irena Grujić, Vladimir Stojadinović, Dušan Stojadinović

Termalne vode Ribarske banje i njihova svojstva..... 199

Mića Martinović, Sava Magazinović, Dragana Dimitrijević, Dragana Đurđanović

Mogućnost proizvodnje električne energije iz hidrogeotermalnih resursa na području surduličkog granitoidnog masiva..... 203

Mihailo Milivojević, Mića Martinović, Nenad Malović, Sava Magazinović

Problematika bušenja dubokih hidrotermalnih bušotina na području Semberije na primeru bušotine GD-2 u Slobomiru (Bijeljina)..... 209

Vojislav Tomić, Predrag Milanović, Dragan Simić

Geotermalni potencijal bunara PK-1/H u Smederevskoj Palanci..... 215

Vlade Čanić, Ivan Đokić, Mirko Čekić, Marina Stojić

Novi prilog poznavanju hidrogeotermalne potencijalnosti područja grada Bečeja..... 221

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Daniela Radoš

Energetski potencijal termalnih voda specijalne bolnice "Termal" iz Vrdnika..... 227

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Dragan Milovanović, Stefan Stratimirović

Prilog poznavanju termomineralnih voda Sijarinske banje..... 233

Goran Marinković, Petar Papić, Jana Stojković, Veselin Dragišić

Faktori formiranja sistema ugljikiselih mineralnih voda Srbije..... 239

Olivera Krunić, Srđan Parlić, Marina Jovanović

Geneza ugljikiselih voda Kučevskog neogenog basena..... 245

Ivana Demić

Detaljna hidrogeološka istraživanja termalnih voda na području Bačkog Petrovca 253

Žarko Veljković

Potencijalnost grada Kruševca sa aspekta korišćenja mineralnih i termomineralnih voda..... 259

3. HIDROGEOLOGIJA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA**Veselin Dragišić, Gordana Milentijević, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Dejan Nešković**

Rudničke vode napuštenih rudarskih radova i životna sredina u području Srbije..... 265

Goran Jevtić, Miloš Zorić

Hidrogeološki model prostora projektovanog podvodnog rudnika uglja Kovin..... 271

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamički model površinskog rudnika uglja „Drmno“ – Srbija..... 277

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamičke karakteristike zapadnog kostolačkog ugljonosnog basena, sa konceptom otvaranja rudnika i ocenom uticaja na režim podzemnih voda..... 283

Dušan Mikavica

Vodni bilans akumulacije Kladnica u sistemu zaštite PK „Tamnava – Zapadno Polje“ od podzemnih voda..... 289

Ivana Demić, Rastko Pešalj

Mogućnost otkrivanja ležišta visoko temperaturnih voda u Vojvodini, za potrebe proizvodnje električne energije..... 295

Boris Vakanjac, Vesna Ristić-Vakanjac

Uzorkovanje vode kod istraživanja urana u jugoistočnoj Mongoliji..... 301

Milovan Rakijaš

Hidrogeološke karakteristike šire zone ležišta krečnjaka površinskih kopova
"Beli kamen" i "Mutalj" kod Beočina..... 309

4. KVALITET I ZAŠTITA PODZEMNIH VODA**Olivera Krunić, Srdjan Parlić**

Mikrokomponente u mineralnim vodama Srbije..... 317

Adam Dangić, Jelena Dangić

Karsno izvorište Zeleni Vir kod Olova (Bosna): hidrogeohemija olova..... 323

Tanja Petrović-Pantić, Milena Zlokolica-Mandić

Kakvu vodu pijemo?..... 329

Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Nebojša Atanacković

Primena metoda za ocenu ranjivosti podzemnih voda u zaštiti
vodnih resursa nacionalnih parkova i parkova prirode Srbije..... 335

Tibor Slimak, Uroš Urošević, Milan Dimkić, Đorđije Božović

Analiza ranjivosti podzemnih voda na delu prostora beogradskog izvorišta..... 341

Spasoje Glavaš, Boban Jolović, Nenad Toholj

Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće na karstnim područjima
Republike Srpske..... 347

Ivana Špadijer, Slavko Špadijer, Ivana Obradović, Dejan Drašković

Hidrogeološka istraživanja za potrebe zaštite izvorišta javnog vodosnabdevanja-
primer izvorišta za vodosnabdevanje opštine Lazarevac..... 353

Zoran Nikić, Petar Dokmanović

Kvalitet ujezerene vode sa aspekta geološke građe slivnog područja
na primeru akumulacije "Grište"..... 359

Zoran Radenković, Miloš Zorić

Uticaj dugogodišnje eksploatacije na režim podzemnih voda na području Leskovca..... 365

Miroslav Krmpotić, Dejan Tadić, Dejan Nešković, Andrijana Grujić

Hydrohemijske karakteristike podzemnih voda vulkanogenih masiva Srbije..... 371

Vladan Kocić, Ivica Nikolić, Tatjana Dopuđa-Glišić, Dejan Ćosić

Rezultati monitoringa podzemnih voda u projektu DREPR
(smanjenje zagađenja u slivu reke Dunav)..... 377

Tanja Petrović-Pantić, Marina Jovanović, Milena Zlokolica-Mandić

| | |
|--|-----|
| Uporedni prikaz pravilnika o kvalitetu pijaćih voda Srbije sa propisima EU, WHO i FAO..... | 383 |
|--|-----|

Dejan Milenić, Nevena Savić

| | |
|--|-----|
| Kvalitet podzemnih voda i zemljišta u zoni bombardovanih rezervoara 1999. godine na prostoru toplane Novi Beograd..... | 389 |
|--|-----|

Nevena Savić, Đuro Milanković, Petar Papić

| | |
|---|-----|
| Analiza uticaja različitih vegetacionih pokrivaca na režim i kvalitet podzemnih voda-primer Bojčinske šume..... | 395 |
|---|-----|

Branislav Petrović, Stanko Sorajić

| | |
|--|-----|
| Mesto i uloga hidrogeologa u studijama procene uticaja na životnu sredinu..... | 401 |
|--|-----|

Nevena Savić

| | |
|--|-----|
| Podloge za razmatranje mogućnosti uticaja klimatskih promena na podzemne vode..... | 407 |
|--|-----|

Bojana Dabić, Marko Radaković, Mirjana Ristić

| | |
|---|-----|
| Kvalitet podzemnih voda koje se zahvataju na teritoriji grada Kragujevca..... | 413 |
|---|-----|

Dragoslav Banjak

| | |
|--|-----|
| Hydrohemijski režim i kvalitet voda Dabarskog polja..... | 419 |
|--|-----|

Milan Tomić, Miloško Lazić

| | |
|---|-----|
| Prilog poznavanju podzemnih lekovitih voda Vojvodine..... | 425 |
|---|-----|

Zdravko Pantelić, Mithat Eminović

| | |
|---|-----|
| Kvalitet vode tutinskog vodovoda u period od 2007. do 2011 god..... | 429 |
|---|-----|

5. RAZNOVRSNA HIDROGEOLOŠKA TEMATIKA (INFORMACIONE TEHNOLOGIJE, OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, SPECIFIČNE TEME)

Vasilije Radulović

| | |
|---|-----|
| Uticaj projektovanih, višenamjenskih akumulacija voda - jezera u kanjonu rijeke Morače na izmjenu režima voda u okolnim terenima..... | 433 |
|---|-----|

Vladimir Beličević

| | |
|--|-----|
| Izrada karte resursa podzemnih voda Severnog Alžira..... | 439 |
|--|-----|

Vojislav Tomić

| | |
|--|-----|
| Vodonosnost stena sa pukotinskom strukturom poroznosti i metodologija određivanja rezervi podzemnih voda u pukotinskim izdanima..... | 447 |
|--|-----|

Igor Jemcov, Rastko Petrović

Režim i karakteristike karstnog vrela Perućac primenom analize vremenskih serija..... 453

Milenko Pušić, Ilija Oparušić, Dušan Đurić

Hidrodinamička analiza koegzistencije regionalnog izvorišta i rudnika uglja u Kovinskoj depresiji..... 459

Djulija Boreli-Zdravković, Goran Jevtić, Marina Babić-Mladenović

Istraživanje hidrauličkog kontakta reke Save i izdani u zoni beogradskog izvorišta..... 465

Dragan Kaluđerović

Uticaj neodređenosti parametara matematičkog modela na prognozni kapacitet izvorišta na potezu Trnovče-Miloševac-Lozovik..... 471

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Milorad Kličković

3D model karstnih kanala u zoni isticanja Malog vrela..... 477

Petar Papić, Jana Stojković

Primena multivarijantne statističke analize u hidrogeohemiji..... 483

Mirko Čekić, Ivan Đokić, Sibela Nuhović

Pukotinsko-karstna izdan u donjotrijaskim krečnjacima u Gostilju (Zlatibor)..... 489

Milan Radulović

Mogućnosti prikazivanja stepena karstifikacije u visoko karstifikovanim terenima..... 493

Milan Radulović

Lociranje zona podvodnog isticanja izdanskih voda korišćenjem daljinske detekcije..... 499

Đuro Milanković

Osnovna hidrogeološka karakterizacija karstnih vrela planinskog masiva Zlatibora..... 505

Petar Begović, Branko Ivanković, Željko Zubac, Vladimir Petrović

Katastar vodnih pojava na području rijeke Trebišnjice..... 513

Dejan Milenić, Đuro Milanković

Novi osvrt na vodonosnost ultramafita zlatiborskog planinskog masiva..... 519

Milovan Rakijaš, Slobodan Vujasinović, Ivan Matić, Marija Đedović, Jelena Zarić

Hidrogeološka problematika kod zatvaranja postojećih i otvaranja novih sanitarnih komunalnih deponija u Srbiji..... 525

Milovan Rakijaš

Analiza povoljnih i nepovoljnih terena za izgradnju sanitarnih komunalnih deponija čvrstog otpada u Srbiji, sa hidrogeološkog aspekta..... 531

Goran Jevtić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

Uticaj režima u kanalu tehnološke vode na režim podzemnih voda u okruženju..... 539

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Nestor Miković

Uslovi zahvatanja i flaširanja "Moja voda" kod Vršca i mogućnost proširenja kapaciteta... 545

Vesna Zuber-Radenković, Zoran Radenković

Hidrodinamička modelska ispitivanja u cilju određivanja zona zaštite izvorišta „Garevina“ u Lapovu..... 551

Vojislav Tomić, Milan Tomić

Predlog novog načina prikazivanja hidrogeoloških svojstava stena (terena) na osnovnoj hidrogeološkoj karti (OHGK)..... 557

Željko Zubac, Matko Uljarević, Željko Bošković

Sanacija problema procjednih voda iz akumulacije „Gorica“-HE Trebinje II..... 561

Nikola Elez

Prognozni proračun filtracije podzemnih voda oko tela brane MHE „Dub“ na reci Prači u Republici Srpskoj..... 567

Rastko Petrović

Određivanje kontura topografskih vododelnica analizom dem-a - primer izvorišta u Gornjoj Lisini..... 573

Milan Tomić, Vuk Kasalica

Ovodnjenost ležišta krečnjaka «Zborište» kod Guče..... 579

6. STUDENTSKI RADOVI**Nenad Doroslovac**

Primena softverskog paketa Aquachem u određivanju geneze termomineralnih voda Jošaničke Banje (Centralna Srbija)..... 585

Nela Petronijević, Ivan Matić, Slobodan Vujasinović

Određivanje zona sanitarne zaštite na primeru izvorišta Opštine Kikinde..... 591

Marina Jovanović, Bojan Dončev

Termomineralne vode Čačansko-kraljevačkog neogenog basena i terena oboda..... 597

Tijana Vinčić

Kvalitet flaširanih voda Srbije..... 603

Maja Todorović, Marina Ćuk

Nitrati u podzemnim vodama Srbije..... 607

Marina Ćuk, Maja Todorović, Jana Stojković

Arsen u podzemnim vodama za vodosnabdevanje Vojvodine..... 611

Darko Tonić

Mogućnost korišćenja geotermalne energije u Srbiji..... 617

Jovana Milosavljević

Ponašanje pesticida u intergranularnoj poroznoj sredini..... 621

Marina Čokorilo

Simulacija dnevnih isticanja iz karstnog vrela Vape (Jugozapadna Srbija)..... 627

Katarina Samolov, Vladimir NovakovićRudničke vode ležišta urana i kvalitet životne sredine
na području Stare planine (Istočna Srbija)..... 633**Strahinja Marković, Dragan Milovanović**Hemijske karakteristike podzemnih voda u ofiolitimskim masivima
Dinarida i Vardarske zone..... 637**PROSTOR ZA SPONZORE**

OCENA PERSPEKTIVNOSTI IZVORIŠTA "VIĆ BARE" ZA VODOSNABDEVANJE OBRENOVCA ASSESSING PROSPECT OF GROUNDWATER SOURCE "VIC BARE" FOR OBRENOVAC'S WATER SUPPLY

Bojan Hajdin¹, Dušan Polomčić¹, Zoran Stevanović¹, Dragoljub Bajić¹,
Katarina Hajdin²

¹ Rudarsko-geološki fakultet, , Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: hajdiboj@eunet.rs
dupol2@gmail.com, : zstev_2000@yahoo.co.uk, osljane@orion.rs

² JKP "Vodovod i kanalizacija", Cara Lazara 3/1, 11500 Obernovac, E-mail: izvorfvz@magnetplus.net

APSTRAKT: Razvoj grada Obrenovca i planovi budućeg priključenja novih naselja opštine na postojeći vodovodni sistem zahtevaju ispitivanje perspektivnosti postojećeg glavnog izvorišta „Vić bare“ prvenstveno u pogledu mogućnosti obezbeđenja dopunskih količina podzemnih voda. Na ovom izvorištu formiranom u meandarskom području Save danas se pomoću 30 bušenih i dva bunara sa horizontalnim drenovima zahvata prosečno 260 l/s vode. Problemi na izvorištu javljaju se zbog specifičnih prirodnih uslova sredine sa povišenim koncentracijama gvožđa i mangana u vodi, ali i sve izraženijih perioda suša sa niskim vodostajima Save koja je osnovni izvor prihranjivanja izdani. Značajne probleme u vodosnabdevanju stvaraju i veoma veliki gubici u mreži koji iznose preko 40 % ali i neracionalna potrošnja u letnjem periodu. Proteklih godina izvedena su hidrogeološka istraživanja kojima su prikupljeni podaci za izradu hidrodinamičkog modela izvorišta. Određene su rezerve podzemnih voda na izvorištu, a simulacijama rada izvorišta kvantifikovane su vrednosti količina podzemnih voda za slučaj povećanja kapaciteta bušenjem novih bušenih bunara. Istraživanja su pokazala da se nakon pola veka eksploatacije na ovom izvorištu postojećim sistemom vodozahvata ne mogu obezbediti značajnije dopunske količine vode. Preliminarne analize pokazuju da na području postojećeg izvorišta postoje veoma povoljni uslovi za primenu veštačkog prihranjivanja izdani. Buduća istraživanja trebalo bi usmeriti u iznalaženje najpogodnije varijante veštačkog prihranjivanja (manjim infiltracionim basenima ili kanalima) kao rešenja kojim bi se obezbedilo dugoročnije održivo vodosnabdevanje Obrenovca

Ključne reči: vodosnabdevanje, veštačko prihranjivanje, aluvijon Save

ABSTRACT: Urban development of the Obrenovac city (30 km west from Belgrade) and plan to connect smaller settlements to the main waterworks system have initiated hydrogeological research and creation of hydrodynamical model of the existing source „Vić bare“ located in Sava River alluvium. The source consists of 30 vertical drilled wells and the two collector wells (with horizontal drains), which tapping in average 260 l/s of groundwater. The main problems to expanding existing source are the following: higher concentration of Fe and Mn ions in alluvial aquifer waters which stimulate wells' ageing, reduced summer/autumn Sava riverflows which are the main recharge source, and nevertheless current losses in water distribution system (over 40%). Simulations made on created hydrodynamical model confirmed that no additional amount of groundwater could be pumped at that source without serious drawdown and negative environmental consequences. It is therefore evaluated an option to introduce artificial recharge of the alluvial aquifer by constructing small ponds or canals. Positive results obtained at the tested model supported that idea which finally being suggested to the local authorities and waterworks managers.

Key words: water supply, artificial recharge, Sava alluvium

UVOD

Istraživanja koja je Departman za hidrogeologiju realizovao poslednjih godina na izvorištu "Vić bare" za vodosnabdevanje Obrenovca omogućila su potpunije sagledavanje aktuelne hidrogeološke problematike i realniju procenu perspektivnosti ovog izvorišta.

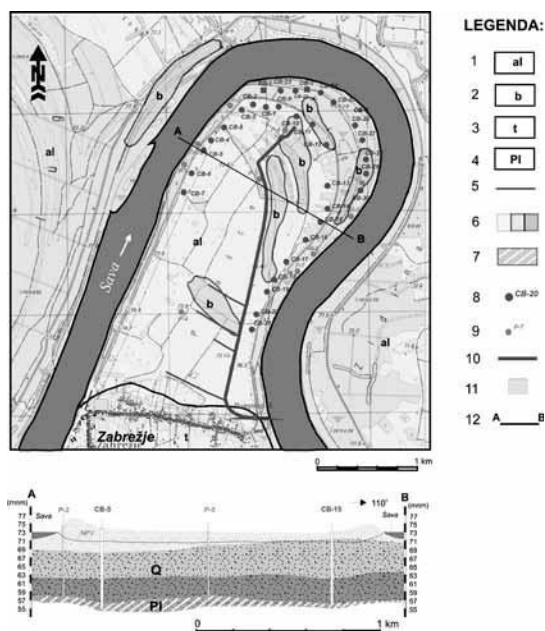
JKP "Vodovod i kanalizacija" u poslednjoj deceniji rada suočava se sa problemom smanjenja kapaciteta izvorišta i obezbeđenja eksploatacije na dosadašnjem nivou. U radu su analizirani uzroci ovakvog stanja i prikazana moguća rešenja.

U skladu sa temom koja je povezana sa budućim rešenjima perspektivnog vodosnabdevanja, autori rada ukazali su i na potrebu da se u planskim dokumentima opštine detaljnije prikažu rešenja i uslovi pod kojima je sa ovog izvorišta moguće zahvatiti količine vode koje su gotovo trostruko veće u odnosu na prosečno dobijene tokom 2011. godine.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA I AKTUELNA PROBLEMATIKA

Izvorište "Vić bare" formirano je u aluvijalnoj ravni reke Save u meandarskom području koje izgrađuju kvartarne aluvijalne naslage do dubine od oko 20 m (sl. 1). Površinski deo terena pretežno izgrađuju gline mestimično peskovite sa prelazima u glinovite peskove koje se često označavaju kao uslovno „bezdvodni“ (koeficijenti filtracije 1.0×10^{-8} m/s do 7.0×10^{-7} m/s).

Izdan je formirana u dobro sortiranim naslagama od sitnozrnih do srednjozrnih peskova debljine do 15 m, u gornjem delu serije i šljunkovitih peskova i šljunkova u podini. Sedimenti se karakterišu dobrim filtracionim svojstvima, sa srednjim vrednostima koeficijenta filtracije u rasponu od $2.0-3.5 \times 10^{-4}$ m/s, pri čemu donji deo odlikuju i bolje filtracione karakteristike u rasponu od 6×10^{-4} m/s do 2×10^{-3} m/s. Ispod kvartarnih naslaga su tercijarne gline koje su praktično vodonepropusne sa vrednostima koeficijenta filtracije manjim od 1×10^{-8} m/s.

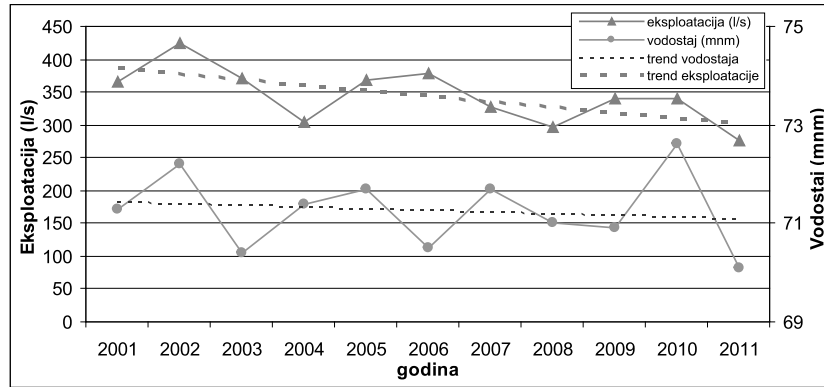


Slika 1. Hidrogeološka karta i profil A-B na izvorištu "Vić bare". Legenda: 1. glina i pesak sa glavnim vodonosnim slojem od šljunkova (Q), 2. pesak i alevrolit, 3. lesoidne gline i supeskovi, 4. gline (PI), 5. geološka granica, 6. zbijeni tip izdani, vrlo mala, male i veće izdašnosti, 7. uslovno „bezdvodni“ delovi terena, 8. bunari na izvorištu, 9. istražne bušotine, 10. drenažni kanal, 11. pogon za preradu vode FV „Zabrežje“, 12. profilna linija.

Figure 1. Hydrogeological map and sections A-B of groundwater sources "Vić Bare". Legend: 1. clay and sand with the main water bearing layer in gravel (Q), 2. sand and alevrite, 3. loess clay and fine sand, 4. clay (PI), 5. geological boundary, 6. intergranular porosity, 7. impermeable sediments, 8. wells, 9. piezometers, 10. drainage system, 11. water treatment WF "Zabrežje", 12. profile line

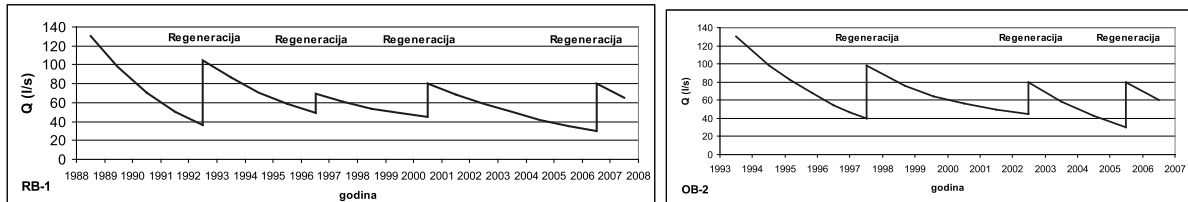
Osnovni vid prihranjivanja izdani predstavlja infiltracija rečnih voda što pospešuje i položaj izvorišta u meandru Save koja sa tri strane okružuje ovo područje.

Zahvatanje podzemnih voda danas se vrši sa 30 bušenih i dva bunara sa horizontalnim drenovima - jedan tipa "Ranney" i drugi izrađen po tehnologiji "Preussag". U proteklom desetogodišnjem periodu prosečno je eksploatisano 345 l/s podzemne vode, ali je ovu količinu sve teže obezbediti. Smanjenje produktivnosti posledica je prirodnih uslova, pre svega nepovoljne hidrološke situacije u proteklom periodu (sl. 2) ali i problema ubrzanog



Slika 2. Uporedni dijagram srednjih vrednosti eksploatacije i vodostaja Save tokom jesenjih meseci (sept-dec.) u periodu 2001-2011. godine
Figure 2. Comparative diagram of mean values of groundwater extraction and Sava river water levels during the autumn months (Sept.-Dec.) in the period 2001-2011

starenja bunara usled procesa kolmatacije koji su intenzivirani povišenim koncentracijama gvožđa (i preko 5 mg/l) i mangana (i preko 0.2 mg/l) u podzemnoj vodi. Proces se manifestuje propadanjem bunarske konstrukcije i za posledicu imaju značajno smanjenje izdašnosti bunara. Problem se prevazilazi izradom novih bunara i primenom fizičko-hemijske regeneracije bunara (sl. 3).

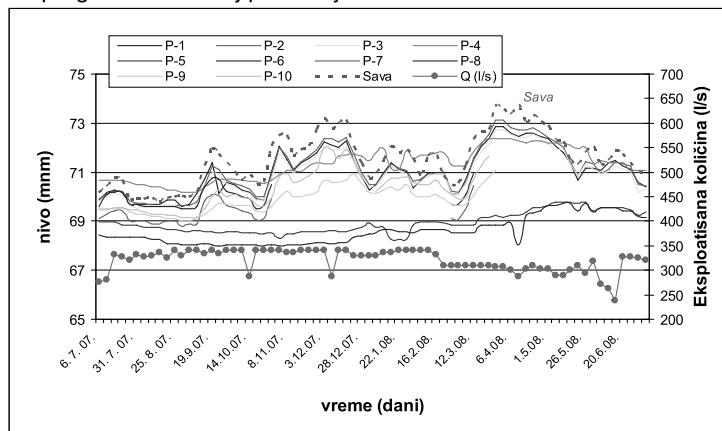


Slika 3. Dijagrami opadanja izdašnosti bunara RB-1 i OB -1 i efekti njihove regeneracije
Figure 3. Diagrams of declining well capacities RB-1 and OB-1 and effects of their regeneration

REZULTATI MODELSKIH ISPITIVANJA

Od 2007. godine Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološkog fakulteta izvodi obimnija hidrogeološka istraživanja sa ciljem da se utvrde rezerve podzemnih voda (Stevanović Z., Hajdin B., 2008) na izvorištu "Vić bare", nakon čega su 2010. godine istraživanja nastavljena kako bi se na izvorištu uspostavile zone sanitarne zaštite (Stevanović Z., Hajdin B., 2011).

Jednogodišnjim istraživanjima u periodu 2007-2008. godine izvršena su režimska osmatranja i prikupljeni podaci za izradu hidrodinamičkog modela izvorišta koji je poslužio za ocenu rezervi podzemnih voda, a simulacijama su izvršene prognoze za slučaj proširenja izvorišta.



Slika 4. Uporedni dijagram oscilacija nivoa podzemnih voda, vodostaja reke Save i eksploatisanih količina voda na izvorištu u periodu jul, 2007-jul,2008
Figure 4. Comparative diagram of fluctuations of groundwater levels, Sava river water levels and the exploited amount of water at the groundwater source during the period July 2007-July 2008

Hidrodinamičkom analizom utvrđene su rezerve podzemnih voda od 320 l/s svrstane u B kategoriju i određeni elementi bilansa odnosno veličine doticaja u ukupno pet izdvojenih zona izvorišta.

Jedan od ciljeva ovih istraživanja bio je da se izrađenim hidrodinamičkim modelom ispituju i mogućnosti povećanja kapaciteta izvorišta izradom dodatnih bušenih bunara, pri čemu je vrednost kapaciteta uslovljavalo povećanje depresije tj. generalno opadanje dinamičkog nivoa podzemnih voda na izvorištu.

Na osnovu poznavanja hidrogeoloških karakteristika sredine postavljeno je ukupno pet novih bunara u linijskom rasporedu sa Savom. Proračuni su sprovedeni u nestacionarnim uslovima strujanja podzemnih voda.

Simulacijama je utvrđeno da se pri eksploataciji od 320 l/s, puštanjem u rad novih pet bunara ukupnog kapaciteta 46 l/s generalno ostvaruje opadanje nivoa podzemnih voda za dodatnih 2 m u odnosu na postojeću eksploataciju. Zahvatanje podzemnih voda većim kapacitetom od 366 l/s uslovljavalo bi dalje povećanje depresije na izvorištu. Rezultati ispitivanja ukazuju da se crpenjem oko 370 l/s pri datim uslovima prihranjivanja i postojećim sistemom eksploatacije dostižu maksimalne mogućnosti eksploatacije na ovom izvorištu.

PERSPEKTIVNOST IZVORIŠTA “VIĆ BARE”

Razloge opadanja izdašnosti na izvorištu “Vić bare” tokom protekle decenije prvenstveno treba tražiti u smanjenju prirodnog prihranjivanja izdani rečnim vodama usled koje su glavni izvor hranjenja.

Pored ovoga, kada se razmatra uticaj prirodnih faktora, treba imati u vidu da dalje intenziviranje eksploatacije uslovljava i dalje intenziviranje procesa kolmatacije zbog povišenih sadržaja gvožđa i mangana u vodi. Iako fizičko-hemijska regeneracija bunara daje dobre rezultate, ipak kapaciteti bunara posle regeneracije ponovo opadaju, ubrzano stare i potrebno je bušiti nove da bi se održala produktivnost izvorišta.

Navedene činjenice predstavljaju prirodna ograničenja zbog kojih će u budućnosti, dodatne količine podzemnih voda morati da se obezbede na novim lokacijama ili primene druga rešenja. Postojeće izvorište, međutim, i u narednim godinama može da ima primarni značaj, ukoliko se izvrše analize drugih segmenata sistema, pre svega problema enormnih gubitaka u mreži, i ukoliko se razmotri primena novih tehničkih rešenja. Ukoliko bi se saniranjem cevovoda gubici smanjili na 20 %, koliko iznose prihvatljive vrednosti gubitaka, uzimajući prosečnu višegodišnju vrednost eksploatacije od 345 l/s, dobija se ušteda vode od 130 l/s.

Ako se u obzir uzme da se između dva popisa stanovništva, od 2002. do 2011. godine, broj stanovnika u gradu i 17 naselja koja su povezana na vodovodni sistem ovog izvorišta povećao za svega 629 stanovnika, ovakvim trendom porasta broja stanovnika uz uštedu od 130 l/s na račun smanjenja gubitaka, izvorište “Vić bare” i u narednim godinama, postojećim režimom eksploatacije, može da obezbedi dovoljne količine vode za sve potrošače.

U Prostornom planu opštine i nekim drugim strateškim dokumentima glavno izvorište u sistemu vodosnabdevanja ostaje izvorište „Vić bare“ navodeći rezultate ranijih istraživača koji su konstatovali da se sa izvorišta može zahvatiti i do 750 l/s podzemnih voda. Iako je to verovatno fizički moguće, u ovim dokumentima ne govori se o načinu na koji se ove količine vode mogu zahvatiti i o održivoj eksploataciji.

Dosadašnje analize ukazuju da položaj izvorišta i intenzitet prihranjivanja izdani infiltracijom voda Save stvaraju veoma povoljne uslove za primenu metoda veštačkog prihranjivanja izdani, čime bi ovo izvorište i u budućnosti zadržalo primarni značaj. Obzirom na specifičnosti rešenja, realizacija zahteva sprovođenje kompleksnih istraživanja većeg obima i znatno veća materijalna ulaganja u odnosu sredstva koja su u proteklom periodu izdvajana uglavnom za bušenje bunara.

Ovakva rešenja već su ranije razmatrana (Soro A., Radovanovic M., 1997) , a na Departmanu za hidrogeologiju u toku je ispitivanje mogućnosti veštačkog prihranjivanja pri čemu je jedno varijantno rešenje izrada kanalskog sistema kojim bi se premostio meandar i povezao istočnu i zapadnu obalu. Cilj je da se i u centralnim delu izvorišta kanalskim dotokom rečne vode i infiltracijom kroz korito kanala izvrši dodatno prihranjivanje izdani. Preliminarni rezultati ohrabruju i upućuju na potrebu nastavka ovih istraživanja in situ.

Veštačko prihranjivanje izdani predstavlja veliki investicioni projekat kojim bi se u slučaju povoljnih rezultata dugoročno moglo rešiti pitanje budućeg vodosnabdevanja Obrenovca.

ZAKLJUČAK

Opadanje eksploatacije podzemnih voda na izvorištu “Vić bare” tokom poslednje decenije posledica je nepovoljnog hidrološkog stanja i prirodnih uslova geološke sredine, ali i velikih gubitaka u vodovodnom sistemu.

Rezultatima hidrodinamičkih ispitivanja utvrđene su ograničene mogućnosti dobijanja dodatnih količina zahvatanjem voda postojećim sistemom vodozahvata. Eksploatacijom iznad 370 l/s u postojećim uslovima prihranjivanja izdani prognozira se značajnije opadanje nivoa podzemnih voda sa pojavama efekata preforsirane eksploatacije

Zahvaljujući položaju i uticaju Save u prihranjivanju izvorišta postoje svi preduslovi za primenu metoda veštačkog prihranjivanja izdani, što predstavlja dugoročno rešenje vodosnabdevanja za Obrenovac i naselja opštine.

LITERATURA

- HAJDIN B., DOKMANOVIĆ P., STEVANOVIĆ Z., HAJDIN K., (2007): *State of art of Vić Bare Source for Obrenovac Water Supply*, Regional IWA Conference on groundwater management in the Danube river basin and other large river basins, Beograd p.p. 217-225.
- SORO A., RADOVANOVIĆ M., (1997): *Studija optimizacije rada i perspektive korišćenja podzemnih voda izvorišta "Vić bare"*. Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Zavod za hidrogeologiju i izučavanje režima podzemnih voda, Beograd.
- STEVANOVIĆ Z., HAJDIN B., (2008): *Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta „Vić bare“ u Zabrežju za vodosnabdevanje Obrenovca*. Fond RGF, Departman za hidrogeologiju, Beograd.
- STEVANOVIĆ Z., HAJDIN B., (2011): *“Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta “Vić bare” i FV “Zabrežje” (postrojenje za preradu vode)”*. Fond RGF, Departman za hidrogeologiju, Beograd.