

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

Efekte 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 izвориšte 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

Uticao 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**

PRILOG POZNAVANJU TERMOMINERALNIH VODA SIJARINSKE BANJE A CONTRIBUTION TO KNOWLEDGE OF SIJARINSKA BANJA SPA THERMOMINERAL WATERS

Saša Milanović¹, Ljiljana Vasić², Dragan Milovanović³, Stefan Stratimirović⁴

^{1,2} Departman za hidrogeologiju, RGF, Beograd

³ Katedra za petrologiju i geochemiju, RGF, Beograd

⁴ Energoprojekt - Oprema AD, Beograd

APSTRAKT: Sijarinska banja se nalazi oko 52 km jugozapadno od Leskovca, u zapadnom obodu Srpsko-Makedonske mase. Teren je izgrađen od visoko metamorfisanih stena: gnajseva, mikašista i amfibolita koji su isprobijani mladim, miocenskim vulkanitima andezitsko dacitskog sastava, a javlja se i značajno prisustvo mermernog oniksa. Sa hidrogeološkog aspekta, u području Sijarinske banje javlja se desetak termomineralnih izvora, koji su najverovatnije formirani u korenim delovima izliva vulkanskih stena dacito andezitskog sastava ili mikašistima na dubinama od preko 1200 m. Izvori se karakterišu hidrokarbonatno-natrijumskim vodama različitih temperatura, prisustvom gasova, velikom mineralizacijom (3 do 5 g/l), kao i prisutnom radioaktivnošću. Najveće količine termomineralnih voda (temperature 72 °C) zahvataju se bunarom B-4 (dubina 1232 m), koji prema poslednjim merenjima ima izdašnost od 33 l/s. Definisane uslova prihranjivanja i cirkulacije podzemnih voda, odnosno njihovo obogaćivanje karbonatima i zagrevanje, značajan je aspekt u razumevanju geneze termomineralnih voda Sijarinske banje. Hemijski sastav termomineralnih voda iz bušotine B-4 i njena izotopska starost, koja iznosi oko 40 000 godina (određena metodom izotopa ¹⁴C), potvrđuju pretpostavku o veoma dugoj cirkulaciji podzemnih voda od mesta prihranjivanja do područja blizine korenih delova mladih vulkanskih stena, andezita i dacita, gde se ona zagreva. Prisustvo uklopaka hidrotermalno promenjenih dacita i andezita u mermernom oniksu potvrđuje pomenutu pretpostavku. Petrološke karakteristike mermernog oniksa, mineralni sastav, struktura, tekstura i način pojavljivanja ukazuju da je ova stena nastala cirkulacijom termomineralne voda kroz postojeće karbonatne stene (verovatno mermere).

Ključne reči: termomineralne vode, mermerni oniks, geneza

ABSTRACT: The Sijarinska banja spa is located about 60 km southwest from Leskovac, in the western part of the Serbo-Macedonian mass. The terrain consist of highly metamorphosed rocks: gneisses, amphibolites and micashist which are pierced with young, Miocene dacite - andesite composition volcanic rocks, and significant presence of marble onyx. From the hydrogeological point of view, in the Sijarinska banja spa, there are a dozen mineral springs, which are probably formed in the root parts of the effusive volcanic rocks, consists of dacite - andesites or micashists at depths over 1200 m. Thermomineral springs are characterized with the hydrocarbonate-sodium waters with different temperatures, the presence of gases, the high mineral content (3 - 5 g/l), and the radioactivity present. The largest amount of mineral water (temperature 72 °C) occur in a B-4 well (1232 m depth), which, according to recent measurements, has a capacity of 33 l/s. Defining the recharge and circulation of groundwater conditions, or their enrichment with carbonates and heating, is an important aspect in understanding the genesis of thermomineral water of Sijarinska banja spa. Chemical composition of thermomineral water from B-4 well and its isotopic age, aproximatly 40 000 years (determined by the method of isotope ¹⁴C), confirming the assumption of a very long circulation from the groundwater recharge area to the area of young andesite and dacite volcanic rocks, where the water is heated. The presence of hydrothermaly altered andesite and dacite fitted into the onyx marble, confirms the mentioned assumption. Petrological characteristics of marble onyx, it's mineral composition, structure, texture, appearance and manner of appearance indicate that this rock is formed with thermomineral water circulation through the existing carbonate rocks (probably marble).

Key words: termomineral water, marble onyx, genesis

UVOD

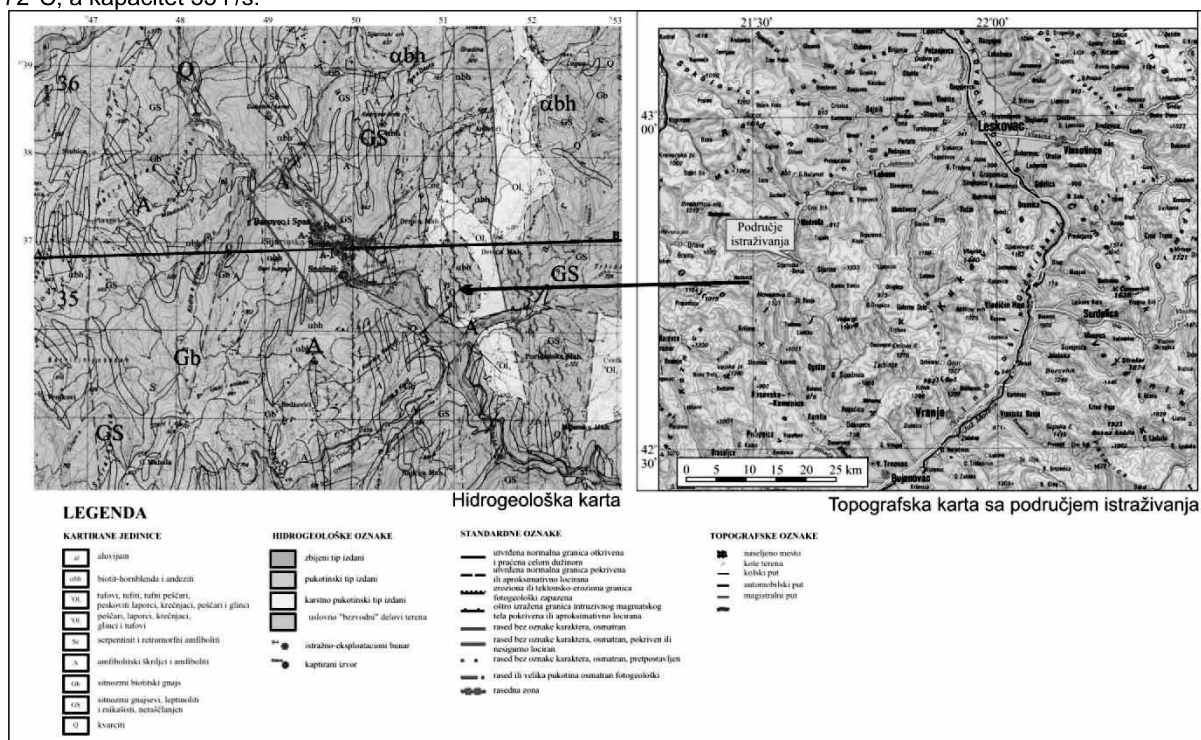
Sijarinska banja predstavlja izuzetan potencijal, kako u hidrogeološkom, tako i u geološkom pogledu. Značajne količine termomineralnih voda, kao i mermernog oniksa, učinile su ovu banju posebnom, te je već duži niz godina predmet istraživanja velikog broja naučnika, počevši od J. Žujovića, M.T.Lukovića, N. Milojević, Ž. Kapetanović, pa sve do novijih istraživanja izvedenih od strane M. Milivojevića, Geozavoda i dr.

Termomineralni izvori ove oblasti se karakterišu različitim temperaturama, karakterističnim hemijskim sastavom, prisustvom gasova i velikom mineralizacijom, kao i povišenom radioaktivnošću. U pogledu balneologije, vode Sijarinske banje koriste se za piće, inhaliranje i kupanje, a pored ovoga koristi se i peloid u vidu obloga, Protić (1995).

OPŠTE KARAKTERISTIKE SIJARINSKE BANJE

Sijarinska banja se nalazi 52 km jugozapadno od Leskovca, u zapadnom obodu Srpsko–Makedonske mase. Pripada oblasti koju karakteriše subalpska klima, sa suvim i veoma toplim letima i relativno blagom zimom. Najveći tok u oblasti banje je Banjska reka, koja izvire na severnim obroncima Goljaka, a sastaje se sa Tularskom rekam, od čega nastaje reka Jablanica.

Područje Sijarinske banje pripada zapadnom obodu Srpsko – Makedonske mase, isprobijane perifernim vulkanitima, RGF (2011). Teren je izgrađen od kompleksa kristalastih škrljaca, gornje oligocenskih sedimenata, dacito-andezita i mlađih stena, kao što su mermerni oniks, aragonit i aluvijalni rečni nanos (slika 1.). U okviru dacitsko andezitskog kompleksa, kao i u gnajsevima formirana je pukotinska izdan, za koji se vezuju i značajne količine termalnih voda, od kojih se najveće količine zahvataju bušenim bunarom B-4, čija temperatura iznosi 72°C, a kapacitet 33 l/s.



količine voda sa količinom od 60 l/s i najvišom zabeleženom temperaturom od 77.8 °C. Na većoj dubini dobijene su količine od 33 l/s vode, temperature 72 °C, pod pritiskom. Zone dotoka su konstatovane u okviru kataklaziranih (tektonski intenzivno oštećenih) zona. Kao i u plićim bušotinama, ovde je utvrđeno da se cirkulacija voda odvija duž pukotina i raseda, čiji se karakter menja sa dubinom. Na mestu isticanja iz buština izrađenih u zoni Sijarinske banje prisutan je problem intenzivnog izlučivanja aragonita, čije prisustvo (inkrustacija) znatno menja uslove isticanja: povećava pritisak, smanjuje i uravnjava amplitude proticaja.

Za definisanje geneze voda Sijarinske banje naučnici su u prošlosti postavili tri hipoteze o prihranjivanju i cirkulaciji termomineralnih voda. Hipoteza "rezervoari u mermerima", Milivojević & Perić (1990), ukazuje da vode potiču iz paleozojskih mermera Srpskog kristalastog jezgra, čije su debljine procenjene na oko 1500 m, na prostranstvu od oko 1000 km², a samim tim i prihranjivanje u okolini Prokuplja. Hipoteza se zasniva na izotopskim analizama ¹³C, kojim se dokazuje poreklo CO₂ geotermičkim razlaganjem karbonatnih stena, kao i paleo i savremenim naslagama mermernog oniksa na površini terena.

Druga hipoteza "paleovulkanskih kaldera" ukazuje na vezu banje sa Leckim andezitskim masivom, Protić (1993). Izvori u banji vezani su za veliku regionalnu tektonsku dislokaciju - Tupalsku dislokaciju, za koju se predpostavlja da je presečena bušotinom B-4 na 362 m. Smatra se da je Tupalska dislokacija otvorila put Leckim andezitima, Milovanović (1992). Sa vulkanitima Lecke kaldere potonule su i značajne mase krednih krečnjaka, čime se objašnjava da je došlo do geotermičkih i hidrolitičkih razlaganja karbonatnih stena što je uzrok visokog sadržaja CO₂ u gasnom sastavu voda, Milivojević & Perić (1990), Protić (1995).

Treću hipotezu "hidrogeološkog kompleksa" iznosi Zlokolica, koja navodi da je kompleks formiran u okviru škrljaca u koje su utisnuti andeziti, sa postojanjem karbonatnih stena u podini. Duž Tupalske dislokacije vršeno je prodiranje andezitske magme kroz nataloženu sedimentnu seriju gornjeg oligocena, Petrović (2010).

Hemijski sastav podzemnih voda takođe može da ukaže na zone prihranjivanja i vreme boravka voda u podzemlju. Obzirom da se vode Sijarinske banje odlikuju izuzetno bogatim hemijskim sastavom, kao i povišenom mineralizacijom usled značajne i dugotrajne interakcije vode i stene, može se zaključiti da je vreme zadržavanja voda u stenama veoma dugačko, što i potvrđuje činjenicu slabe povezanosti površinskih i dubokih izdanskih voda, što je naročito izraženo kod voda u bušotini B-4.

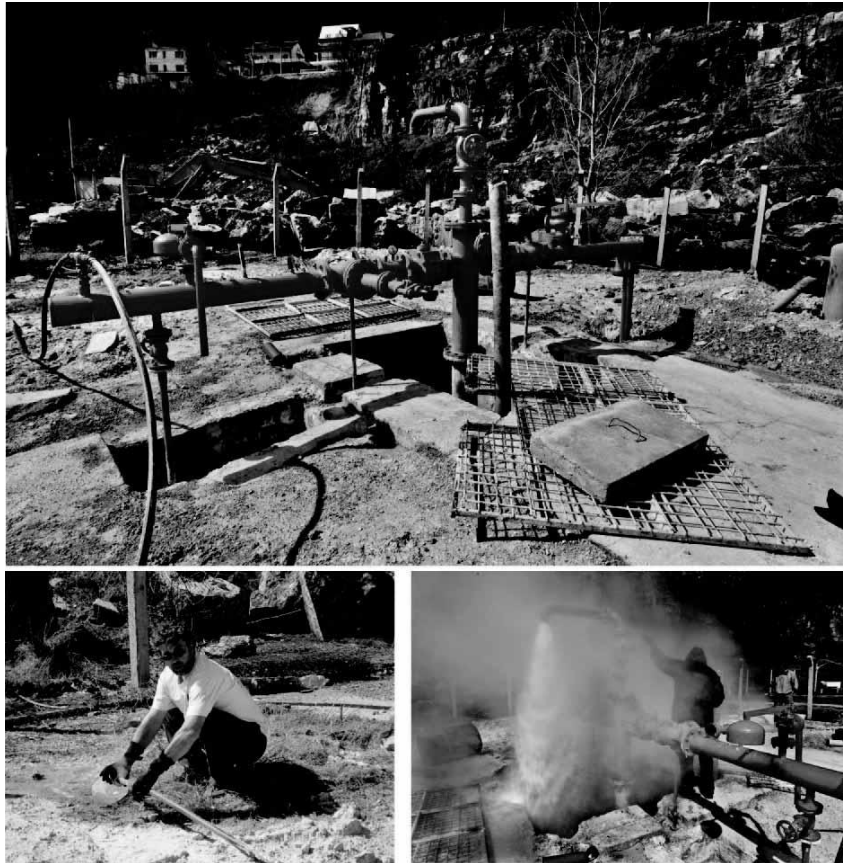
Najnovijim istraživanjima izvedenim na prostoru Sijarinske banje, potvrđena je postojanost kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika pukotinske izdani formirane u dacito andezitskom kompleksu. Kako bi se odredila brzina cirkulacija površinskih ka podzemnim vodama, odnosno zone prihranjivanja i infiltracija do grejnog tela urađena je izotopska analiza starosti voda (određena metodom izotopa C¹⁴) bušotine B-4 (slika 2.).

Utvrđena starost izdanske vode Sijarinske banje (prema analizi ¹⁴C koja je urađena u Beta Analytic Inc., Miami, Florida), prema Internacionalnoj konvenciji određivanja starosti (International convention reported as radiocarbon years before present (RCYBP)), iznosi **42160 + / - 1630 godina** pre današnjice. Sadržaj radioaktivnog ugljenika u uzorku je veoma nizak (Fmdn - fraction modern carbon = 0.0053). Ovaj sadržaj može se transformisati u procenat savremenog ugljenika (PMC) pomoću formule:

$$pMC=fM \times 100$$

tako da vrednost savremenog ugljenika iznosi PMC = 0,53.

Međutim, vrednost $\delta^{13}C$ rastvorenog neorganskog ugljenika u uzorku vode je veoma obogaćena i iznosi -0.4 ‰. Obzirom da većina geohemijskih procesa koji se odvijaju u podzemlju ima tendenciju da smanji sadržaj ¹⁴C i ublaži "veštačku starost" voda, jako obogaćen sadržaj odnosa stabilnih ugljenika ¹³C/¹²C ($\delta^{13}C$) ukazuje na povećanu reakciju karbonata unutar izdani, obzirom na dugačak period boravka u podzemlju. Iz tog razloga, starost voda dobijena metodom RCYBP treba da se koriguje za vreme raspadanja ugljenika. U zavisnosti od hidrogeoloških uslova postoje različiti modeli (npr. Statistički korekcioni STAT model, Model ¹³C mešanja, ...).



Slika. 2. Uzorkovanje voda na bušotini B-4 za potrebe izrade izotopske analize C^{14}
Figure 2. Water sampling on B-4 borehole for C^{14} isotopic analyze

Zbog nedostatka informacija o hidrogeološkim uslovima, primenjen je pomenuti STAT model. STAT model daje relativnu starost godina u rasponu od 40000 godina, dok model mešanja izračunava mnogo mlađu starost oko 10000 do 12500 godina. Na osnovu ovako grubog proračuna, možemo zaključiti da se vrednost starosti voda nalazi u rasponu od $>10\ 000 <40\ 000$ godina.

Starost utvrđena izotopskom analizom ^{14}C , koja iznosi oko 40 000 godina ukazuje na veoma dugu cirkulaciju podzemnih voda od mesta prihranjivanja do dubokog grejnog tela, odnosno kasnije do površine terena, gde kroz bušotinu dubine 1232 m izbija na površinu pod pritiskom.

Za potrebe boljeg poznavanja geneze termomineralne vode zahvaćene bunarom B-4, izveden je i niz petroloških istraživanja na ležištu mermernog oniksa, kao stene čija je geneza direktno povezana se genezom ispitivanih voda. Petrološke karakteristike mermernog oniksa, mineralni sastav, struktura, tekstura i način pojavljivanja ukazuju da je ova stena nastala cirkulacijom termomineralne voda kroz postojeće karbonatne stene (verovatno mermere), koji grade zonu (zone) ili paket (pakete) u gnajsevima i mikašistima, odakle „uzimaju“ tj. rastvaraju kalcijum karbonat, koji iznose i obaraju na površini terena kao hemiski sediment, mermerni oniks. Prisustvo uklopaka andezita u mermernom oniksu koji su hidrotermalno promenjeni ukazuje da voda iz koje je deponovan kalcit prolazi blizu ili duž tektonskih struktura koje seku ove stene. Takođe, prisustvo ovih uklopaka u mermernom oniksu ukazuje da je pritisak zagrejane vode koja dolazi sa velike dubine dovoljan da "otkine" komade vulkanita i metamornih stena kroz koje prolazi. Imajući u vidu da su andeziti mlade vulkanske stene one mogu biti izvori toplote, pa i mineralizacije koja se javlja u izvorima u Sijarinskoj Banji.

ZAKLJUČAK

Na osnovu pregleda geološke i hidrogeološke dokumentacije, terenskih observacija i obavljenih detaljnih hidrogeoloških ispitivanja može se zaključiti da se termomineralne vode Sijarinske banje uzorkovane sa bušotine B-4 odlikuju velikom starošću, odnosno da je sistem cirkulacije od prihranjivanja do isticanja veoma spor i da se odvija na velikim dubinama. Takođe, zbog prisustva relativno mladih vulkanskih stena u neposrednoj blizini i u samoj banji, deo voda verovatno pripada juvenilnim vodama sa složenim uslovima cirkulacije.

Najznačajniji dotoci vode su dubokoj bušotini B-4 i to na dubinama 360 m i 840 m. Na 360 m dubine je presečena produktivna pukotinska zona iz koje je dobijena erupcija termalne vode sa 60 l/s i izlaznom temperaturom $77.8\ ^\circ C$, što je ujedno i najveća količina i najviša registrovana temperatura vode u bušotini. Sa većih dubina dobijeno je 33 l/s vode, temperature $72\ ^\circ C$ pod pritiskom.

Na osnovu novih istraživanja (2011), utvrđena je starost termomineralne vode Sijarinske banje (bušotina B-4) (na osnovu analize ^{14}C koja je urađena u Beta Analytic Inc., Miami, Florida), prema Internacionalnoj konvenciji određivanja starosti (international convention reported as radiocarbon years before present (RCYBP)), koja iznosi **42160 ± 1630 godina** pre današnjice.

Radi boljeg razumevanja funkcionisanja ovog geotermalnog resursa i geneze termomineralnih voda zahvaćene bušotinom B-4, neophodno je izvesti i dodatna izotopska ispitivanja same stene mermernog oniksa. Izotopska ispitivanja mermernog oniksa koji se stvara oko bušotine B-4 mogu značajno doprineti razumevanju porekla hidrotermalnih rastvora, uključujući i vezu sa mermernim oniksom. Osim odredbe hemijskog sastava, potrebna su i rengenska ispitivanja, kako bi se utvrdilo da li je kalcijumkarbonat oboren kao aragonit i klacit. Ovim novim ispitivanjima će se dobiti podaci o vremenu njihovog stvaranja i poređenjem istih analiza na vodama utvrdiće se njihova međusobna veza.

LITERATURA

- DIMITRIJEVIĆ, M., PETROVIĆ, B., ČIKIN, M., BABOVIĆ, A., SRDIĆ, A., ATIN, B. 1964. *Osnovna geološka karta SFRJ*, list Leskovac 1 : 100 000, sekcije Leskovac 54 i 52 (južni deo). Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd.
- ĐORĐEVIĆ, V., ĐORĐEVIĆ, P., MILOVANOVIĆ I DR, D., 1991. *Osnovi petrologije*. Nauka, Beograd
- LUKOVIĆ M, 1939: *Termalni izvori Sijarinske banje*, Zbornik radova RGF-a, Beograd
- MILOJEVIĆ N, 1954: *Termalni izvori Sijarinske banje*, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. XXII, Beograd
- MILIVOJEVIĆ M., MARTINOVIĆ M., 1996. „Korišćenje geotermalnih resursa u svetu“. Ecologica, Posebno izdanje, br.3.
- PROTIĆ, D., 1995. *Mineralne i termalne vode Srbije*, Geoinstitut, Beograd
- PETROVIĆ T., 2010: *Termalne vode tercijarnih magmatita Južne Srbije*, Magistarski rad, RGF, Beograd
- STANKOVIĆ S, ZLOKOLICA M, 1993: *Elaborat o eksploatacionim rezervama termomineralnih voda izvora Sijarinske banje*, Fond Geozavod-a, Beograd
- STRATIMIROVIĆ S. 2005: *Elaborat o rezervama mermernog oniksa kao arhitektonsko-građevinskog kamena južnog otkopnog polja ležišta "Sijarinska banja" kod Medveđe stanje 31.12.2004*, Energoprojekt - Oprema AD, Beograd