

*Medicinska edukacija/*  
*Medical education*

PRILOG PROUČAVANJU USLOVA  
FORMIRANJA, RASPROSTRANJENOSTI I  
KORIŠĆENJA LEKOVITIH VODA SRBIJE

Correspondence to:

**Dr Atila Klimo**

Specijalna bolnica za rehabilitaciju  
„Banja Kanjiža“ Kanjiža  
24420 Kanjiža, Narodni park b.b.  
Srbija AP Vojvodina

Mobtel: +38162713669  
e-mail: petik@stcable.net

CONTRIBUTION TO STUDY CONDITIONS  
OF FORMATION, DISTRIBUTION AND USE  
OF HEALING WATERS IN SERBIA

Atila Klimo

Specijalna bolnica za rehabilitaciju „Banja Kanjiža“ Kanjiža, R. Srbija  
AP Vojvodina

*Key words*

mineral waters, classification,  
balneotherapy, utilization

*Ključne reči*

mineralna voda, klasifikacija,  
balneoterapija, iskorišćenost

Rad usmeno prezentovan na 120.  
Balneološkom kongresu održanog u Banji  
Harkány u Mađarskoj 18-20. novembra  
2011.

*Apstrakt*

UVOD: Republika Srbija srazmerno teritoriji koju zauzima (88.361 km<sup>2</sup>) spada u red zemalja bogatih mineralnim, termalnim i termomineralnim vodama. Njen vrlo složen i heterogen litofacijalni geološki stub je obezbedio povoljne uslove za formiranje, rasprostiranje i dugoročnu eksploataciju podzemnih voda kvalitetnog hemijskog sastava i zadovoljavajuće izdašnosti (4000 l/sec). Tome je doprinela istanjenost zemljine kore (prosečno 33 km), gustina geotermalnog toplotnog toka (83-111 mW/m<sup>2</sup>) i visoki geotermalni gradijent (najviši u Vojvodini, prosečno 5,26 °C/100 m), čije su vrednosti dva puta veće od Evropskog proseka.

CILJ: Cilj ovog revijalnog rada je da ponovno ukaže na ogroman značaj postojećeg prirodnog bogatstva.

METODE: Dosadašnja saznanja o uslovima formiranja, genezi, kvalitetu i mogućnostima iskorišćavanja mineralnih voda, dopunjena su u ovom radu sa novim raspoloživim podacima. Na osnovu vrlo egzaktno i racionalne klasifikacije mineralnih voda po Quentinu-u prihvaćene u balneološkoj praksi zemlje, izvršena je jedinstvena kategorizacija lekovitih voda po banjskim lečilištima, odnosno rehabilitacionim centrima u kojima se danas upotrebljava u cilju balneoterapije. Prikazan je i analitički pregled pojava, ležišta i osobina najzastupljenijih grupa mineralnih voda prema hidrogeološkim reonima u aktivnim banjama Srbije.

ZAKLJUČAK: Hidrogeološki potencijal države još uvek nije dovoljno pouzdano definisan u pogledu racionalnog, planskog i održivog korišćenja. Odsustvo makro-ekonomskog podsticaja za multidisciplinarnu, sveobuhvatnu i organizovanu upotrebu i potrošnju voda iz termomineralnih nalazišta osnovni je razlog simbolične iskorišćenosti podzemnih voda, iako rezultati istraživanja ukazuju da je stvarni potencijal geotermalnih izvora bar pet puta veći od ostvarenog (toplotna snaga 180,6 MW<sub>t</sub>, proizvedena toplota 2415 TJ/godina, iskorišćenost za balneoterapiju i rekreaciju 36%).

*UMESTO UVODA*

*Svako ima pravo na zdravu životnu sredinu i na blagovremeno i potpuno obaveštavanje o njenom stanju.*

*Svako, a posebno Republika Srbija i autonomna pokrajina, odgovoran je za zaštitu životne sredine.*

*Svako je dužan da čuva i poboljšava životnu sredinu.*

*Član 74. Ustava Republike Srbije, 2006 godine*

*U ostvarivanju cilja održivog razvoja kroz Načelo očuvanja prirodnih vrednosti, kao što su i obnovljivi prirodni resursi, potrebno je da se koriste pod uslovima i na način kojima se obezbeđuje njihova vrednost, trajna i efikasna obnova i stalno unapređenje kvaliteta.*

*Nacionalni program zaštite životne sredine*

*Odluka Vlade Republike Srbije*

*05 broj 353-459/2010-1*

*Beograd, 21. januar 2010. godine*

## Geološke i geotektonske odlike

Sa stanovišta hidrogeologije, za svaku stensku masu jednog područja, kao nosioca podzemnih voda, važno je, pre svega, poznavati strukturni odnosno prostorni odnos geološke formacije, koji rezultiraju sve važnije odlike vodnog tela (akvifera) akumuliranog u njemu: prihranjivanje, smer cirkulacije, mogućnost akumuliranja i pražnjenja, fizičke i hemijske osobine, zaštićenost...

Površina teritorije Srbije je mala u odnosu na globalne razmere Evropskog kontinenta, svega 88.361 km<sup>2</sup>, međutim sastav i sklop terena je formiran od vrlo raznovrsnog i složenog litofacijalnog kompleksa. Geohronološki najstariji morfološki reljef naše zemlje sačinjava Srpsko-makedonska masa izdvojena kao posebna geotektonska jedinica prvog reda (Dimitrijević, 1959). Od donjeg kambrijuma do danas masiv je bio izložen višefaznom i dugotrajnom oblikovanju, nabiranju i uzdužnom razlamanju. Poprečnim i dijagonalnim rasedima Srpsko-makedonska masa je raskomadana na brojne blokove: izdignute (horstove) i spuštene (rovove). Zbog toga sadašnji tektonski plan i podseća na šahovsku tablu. Izgrađena je pretežno od regionalno metamornih stena, a prema teksturi karakterišu je kriptokristalasti (litografski) jasno uslojeni škriljci – mikašisti, dvoliskunski gnajsevi i zeleni kristalin (hloritski, hloritski-muskovitski i amfibolski). Od masivnih metamornih stena najzastupljeniji su kvarciti [1,2,3].

- Istočno od Srpsko-makedonske mase navlačenjem tektonskih ploča i nabiranjem zemljine kore razvio se planinski venac Karpato-Balkanida istočne Srbije. Savremena geotektonska koncepcija u ovom momentu najrealnije se oslanja na prisustvo: 1. lužičke navlake, 2. paketa getskih navlaka, 3. paketa infraget-skih navlaka i 4. jedinica dunavskog autohtona. Karpato-Balkanidi istočne Srbije imali su dugu geološku istoriju. Najstarije i najviše metamorfisane stene su kristalasti škriljci amfibolitske grupe - hornblende, amfiboli i plagioklas. Nalazimo i tragove aktivnog vulkanizma u obliku „velikog andezitskog masiva“ iako je u piroklastičnom toku riolit zastupljeniji. Sledeći kompleks tvorevina u magmatskim žicama predstavljen je različitim vulkanogeno-sedimentnim stenama kao što su: crveni peščari, ultramafiti i tufovi. U kasnijoj fazi one su sve ubrane i metamorfisane do zelenih škriljaca [1,2,4,5,6].

Dok geotektonsku jedinicu istočne Srbije karakteriše izolovana krečnjačka površina prošarana sa neogenim basenima i stenama tercijarnog vulkanizma, karst u Dinaridima zapadne Srbije je veće moćnosti a razbijena je najčešće dubokim kanjonskim dolinama. Drinsko - Ivanjički element odnosno Unutrašnji Dinaridi se sastoje od paleozojske podloge vrlo intenzivne hercinske tektogeneze i od trijaske karbonatne platforme proklizene u ofiolitski pojas prema Vardarskoj

zoni. Zastupljena je sa svim tipovima krečnjaka uz sporadični prelaz u dolomite. Krečnjaci su na istoku zaplavljani jezerskim i flišolikim sedimentima sa čestim probojima i intruzijama magmatskih stena, dok je njihov položaj ka krajnjem zapadu u složenim strukturno tektonskim odnosima prema starijim stenama, ofiolitskom melanžu [2,3,5,7].

Vardarska zona je nakmarkantniji i najsloženiji pojas Balkanskog poluostrva, koji se sastoji od više blokova različitog sastava, geološke istorije i porekla, sa karakterističnim okeanskim elementima. Sremski blok karakteriše kredni fliš odnosno plitkovodni sedimenti i ofioliti. Trijas Jadarskog bloka nosi porfirit-rožnačku formaciju, gornja kreda fliš a karakteristični su i tercijarni magmatiti, granitoidi kao i metamorfiti. Tri subzone južnog dela Vardarske zone sadrže blokove vrlo različite građe sa mnogo ultramafita, granitoida, vulkanita, pojas donjokrednog parafliša preko jurskog melanža; metamorfizam različite starosti i škriljce nepoznate starosti [1,2,3,4,5].

Geološke karakteristike Panonskog basena kao južne obodne teritorije Panonske nizije na prostoru Srbije imaju sva obeležja ove specifične geotektonske jedinice Centralne Evrope. Generalno, izdvajaju se tri velika kompleksa:

- osnovno gorje sa granitima, gnajsevima pre-kambrijske starosti, kristalastim škriljcima paleozojske epohe, koji su pokriveni klastičnim (terigenim) sedimentnim stenama tipa peščara, laporca i glinaca sa naizmeničnim smenjivanjem krečnjaka i dolomita,
- neogene tvorevine mestimične debljine i preko 3000 metara najvećim delom čine peščari, glinci, laporci, krečnjaci, glina, peskovi i šljunkovi,
- kvartarni sedimenti su predstavljeni eolskim (peskovi i les) i fluvijalnim (peskovito-glinoviti alevriti, gline, peskovi, šljunak) nizom.

Panonski basen ujedno predstavlja i posebnu geotermalnu provinciju (Milivojević, 1989) i jedan složen hidrogeotermalni konduktivni sistem sa četiri međusobno odvojena rezervoara podzemnih voda. Prvi hidrogeološki sistem obuhvata sedimente od površine do podine gornjeg ponta debljine oko 2000 metara u severnom Banatu do nekoliko desetina metara u obodnim delovima basena. Kolektori su peskovi i šljunkovi, a izolatori su gline. Ostala tri hidrogeološka sistema zbog male izdašnosti vode i nedovoljne istraženosti nemaju veći ekonomski značaj za eksploataciju [2,3,4,9,10,11].

## Hidrogeološke osobine

Prikazani heterogeni litofacijalni geološki stub dubine do nekoliko kilometara na teritoriji Srbije obezbedio je vrlo različite, ali povoljne uslove za formiranje, rasprostiranje i dugoročnu eksploataciju podzemnih voda kvalitetnog mineraloškog sastava i zadovoljavajuće izdašnosti (4000 l/sec). Raznovrsna i složena geološka građa, geomorfološki i hidrografsko-

hidrološki-hidrometeorološki uslovi naše zemlje su ukazali na određene zakonitosti na osnovu čega je izvedeno hidrogeološko reoniranje teritorije Srbije, koje se uglavnom poklapa sa navedenim geotektonskim jedinicama [11,12]. Mineralne, termalne i termomineralne vode nalazimo po sledećim izdvojenim reonima:

1. Dakijski basen,
2. Reon Karpato - balkanida,
3. Reon Srpskog kristalastog jezgra,
4. Šumadijsko - kopaonički reon,
5. Reon Dinarida zapadne Srbije i
6. Reon Panonskog basena.

Prirodne pojave odnosno izvori podzemnih voda nastaju na mestima uzdužnog razlamanja planinskih venaca. Bušenih bunara i dubokih istražnih bušotina vidamo po ravničarskom terenu, pretežno na području Panonskog basena. Danas u stručnoj literaturi srećemo podele podzemnih voda prema klasifikaciji različitih autora (Sulin, Ščukarev, Slavjanov, Tolstihin, Alekin, Ivanov, Quentin, Valaška itd.), koje se najčešće baziraju na opštoj mineralizaciji, na prisustvu prevladavajućih jona i određenih specifičnih komponenti. Nijedna klasifikacija nije sveobuhvatna, imaju niz nedostataka. Jedne uopštavaju predstavu o sastavu vode nekog regio-

Класа вода по анјонском саставу	Подкласе вода по катјонском саставу	Подела по минерализацији (gr/l)
1	2	3
I Различитог састава	I Различитог састава	до 1
II HCO <sub>3</sub>	1. Ca 2. Ca - Mg 3. Ca - Mg - Na 4. Ca - Na 5. Mg - Na 6. Na	1-5 >> >> 1-5, 5-10 1-10 1-5, 5-10, 10-35
III HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>	1. Ca 2. Ca - Mg 3. Ca - Mg - Na 4. Ca - Na 5. Mg - Na 6. Na	1-5 >> 1-5, 5-10 1-5 1-10 1 - 5, 5-10, 10-35
IV SO <sub>4</sub>	1. Ca 2. Ca - Mg 3. Ca - Mg - Na 4. Ca - Na 5. Mg - Na 6. Na 7. Fe (Al - Na) 8. H - Al - Na и др.	1-5 >> >> >> 1-5, 5-10, 10-35 1-5, 5-10, 10-35, 35-150 1-5, 5-10, 10-35, 35-150 1-5, 5-10
V Cl - SO <sub>4</sub>	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg) 4. H - Al - Fe - Na и др.	1-5, 5-10, 10-35 >> 1-5, 5-10 1-5, 5-10, 10-35, 35 -150
VI Cl - SO <sub>4</sub> - HCO <sub>3</sub>	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg)	1-5, 5-10, 10-35 >> 1 - 10, 10 - 35
VII Na	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg)	1-5, 5-10, 10-35 >> 1 - 10, 10 - 35
VIII Cl	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg)	1-5, 5-10, 10-35 >> 1-5, 5-10
IX Cl (расоли)	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg) 4. Ca - Mg 5. Ca или (Mg)	35 - 150
X Cl (јаки и ултра јаки расоли)	1. Na 2. Na - Ca 3. Na - Ca - Mg (Na - Mg) 4. Ca - Mg 5. Ca или (Mg)	150-350 150-350, 350-450 150-500 150-350, 350-550 150-350, 350-650

Tabela 1. Podela mineralnih voda po jonskom sastavu i mineralizaciji (Ivanov V.V, 1977)

Filipović B. Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije. Beograd: Udruženje banjskih i klimatskih mesta Srbije, Vrnjačka Banja, Institut za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu; 2003.

na, dok su druge prilagođene svrhama (mineralne vode, naftne vode, rasoli i sl.). Prema klasifikaciji lekovitih voda po hemijskom sastavu možemo steći uvid u različite geohemijske i geološke uslove njihovog formiranja u zemljinoj kori, jer različite sredine su genetski povezane samo sa određenim grupama i tipovima voda. U Srbiji se primenjuje genetska klasifikacija Ivanova V.V. (1977) prihvaćena od strane Komisije za mineralne vode Svetske Hidrogeološke Asocijacije (I.A.H, International Association of Hydrogeologists) -Tabela 1. [11,12]. Prema ovoj kategorizaciji, najveći broj analiziranih mineralnih voda (227) po jonskom sastavu i mineralizaciji pripada II, III, VI i VII klasi, odnosno hidrokarbonatnim vodama, i to:

- hidrokarbonatno-natrijumskom ( $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ),
- hidrokarbonatno-kalcijumsko-magnezijumskom ( $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ ) i
- hidrokarbonatno-natrijumsko-kalcijumskom ( $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ ) tipu.

Pojave i ležišta navedenih klasa mineralnih voda nalazimo u oblastima mladih dubokih magmatskih i termometamorfnih procesa. Genetski su vezane za strukture različitog petrološkog sastava, kao što su kristalasti škriljci, magmatske stene, morske terigene i karbonatne stene normalnog saliniteta. Za teritoriju Srbije je karakteristično značajno rasprostranjenje ugljikiselih voda u gornjim horizontima zemljine kore. Mala mineralizacija ovih voda (61% ispod 2g/l) prirodno se objašnjava njihovim formiranjem u uslovima otežanog ispiranja stena od vodorastvorljivih soli (Tabela 2.).

U balneološkoj praksi u upotrebi je klasifikacija mineralnih voda Quentin-a (NRS, 1958). Ona sadrži tipizaciju mineralnih voda kao lekovitih po određenim grupama na osnovu jonskog sastava. Vrlo je pojednostavljena i prilagođena je autohtonim potrebama date teritorije [12,13].

Карактеристика		1	2	3	4	5	6	7	8
		Реон I	Реон I	Реон I	Реон I	Реон I	Реон I	УКУПНО	у %
Температура (°C)	< 15		-	14	30	20	-	64	23,70
	15-20		9	5	15	11	4	44	16,29
	20-35		17	10	44	27	21	119	44,07
	> 35		7	7	10	10	9	43	15,92
рН вредност	<5,5		-	1	1	-	-	2	0,85
	5,5-6,8		1	14	44	20	2	81	34,32
	6,8-7,2		7	7	15	15	3	47	19,91
	7,2-8,5		17	5	21	27	27	97	41,10
	> 8,5		-	5	4	-	-	9	3,81
Минерализација (g/l)	< 1		25	13	26	37	3	104	41,93
	1-2		-	9	27	15	8	59	23,79
	2-3		-	4	19	6	5	34	13,70
	3-5		-	6	11	2	5	24	9,67
	> 5		-	4	6	5	12	27	10,88
Гасни састав	$\text{CO}_2$		1	19	48	22	3	93	38,75
	$\text{N}_2$		24	12	37	43	15	131	54,58
	$\text{CH}_4$		-	1	-	-	15	16	6,67

Tabela 2. Pojedine karakteristike mineralnih voda po reonima

Filipović B. Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije. Beograd: Udruženje banjskih i klimatskih mesta Srbije, Vrnjačka Banja, Institut za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu; 2003.

Kategorizacija banjskih lečilišta Srbije na osnovu hemijskog sastava termomineralnih voda po Quentinu

### I GRUPA

#### a. Hidrokarbonatne vode

● **Alkalne (Na-HCO<sub>3</sub>):** Rajčinovića banja (F, J, HBO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>)\*, Banja Kanjiža (F, Br, J, HBO<sub>2</sub>), Vrnjačka banja (F, SiO<sub>2</sub>, Sr, Li), Bukovička banja (F, SiO<sub>2</sub>=110 mg/l, Sr, Li), Bujanovačka banja (F=12 mg/l), Prolom banja (oligomineralna stona voda), Palanački kiseljak (F, Br), Prilički kiseljak, Slatinski kiseljak (Li, Sr=13 mg/l), Banja Ljig (F, SiO<sub>2</sub>, Zn=0,5 mg/l)

● **Zemno-alkalne (Ca-Mg):** Sokobanja, Niška banja, Bogutovačka banja, Jošanička banja (F, SiO<sub>2</sub>), Gornja Trepča, Lukovska banja (SiO<sub>2</sub>, 681m nadmorske visine, 37 izvora sa 100 l/sec.), Gamzigradska banja, Banja Vrujci, Pribojska banja (akratoterma, t=37°C, 70 l/sec), Zvonačka banja (630 m nadmorske visine)

#### b. Sulfatne:

● **Salinične (Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>):** Brestovačka banja (SiO<sub>2</sub>, 550 m nadmorske visine), Sijarinska banja (F, Fe, HBO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>), Ribarska banja (F, SiO<sub>2</sub>), Banja Vrdnik (F, SiO<sub>2</sub>), Vranjska banja (F, SiO<sub>2</sub>, S=1,9 mg/l, t=94-110°C, 10 izvora 140 l/sec)

● **Gorke (Mg-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>):** Veluće (Mivela – stona voda, Mg 333,2 mg/l)

#### c. Hloridne

● **(murijatične, Na-Cl):** Banja Stari Slankamen (J, SiO<sub>2</sub>, Li=7,2 mg/l), Mladenovačka "Selters" banja (F, Br, J, HBO<sub>2</sub>=76 mg/l, Sr, Li)

### II GRUPA

a. **Sulfidne (sumporovite, mg/l):** Mataruška banja (13,6/25, J, F, SiO<sub>2</sub>, Li, Mg), Banja Koviljača (12,0), Novopazarska banja (6,2), Ovčar banja

b. **Jodne (mg/l):** Banja Junaković (3,5, Br=6,0 mg/l, F, HBO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>), Banja Stari Slankamen (2,7), Banja Melenci (2,0, F, Br, SiO<sub>2</sub>), Jodna banja Bečej (1,05), Banja Kanjiža (0,9), Mladenovačka "Selters" banja (0,9)

c. **Gvožđevite (Fe, mg/l), arsenske:** Sijarinska banja (60, F), Prilički kiseljak (22,6, F, HBO<sub>2</sub>, Li), Bujanovačka banja (15, F), Banja Badanja

### III GRUPA

a. **Ugljikisele (vol%):** izvori Vrnjačke banje (83), Veluće (81), Palanački kiseljak (78,9), Lukovska banja (75), Sijarinska banja (62,6), Bujanovačka banja, Bukovička banja, Prilički kiseljak, Slatinski kiseljak, Rajčinovića banja, Banja Koviljača

b. **Radonske (Bq/l):** Sokobanja (370), Niška banja (148), Sijarinska banja (93), Bogutovačka banja (44), Prilički kiseljak (37), Gornja Trepča (30)

### IV GRUPA

**Oligomineralne vode:** Banja Vrdnik, Sokobanja, Niška banja, Jošanička banja, Prolom banja

\*naveden je samo biološki (balneološki) aktivan hemijski, mineralni sastav

#### Geotermalne karakteristike

Debljina i litološki sastav kore i litosfere, karakter, vrste i starost tektonskih pokreta i magmatizma odlučujuće utiču međuostalom i na hidrogeološke osobine terena, koji određuju geotermalne karakteristike određenog područja. Spoljni stenski sloj zemljine kore na teritoriji Srbije je istanjen u proseku na 33 km, na području Panonskog basena iznosi svega 25,5-29 km (Dragašević, 1989). Najmanja, anomalna debljina kore na čitavom prostoru bivše Jugoslavije, od 25,5-26 km registrovana je na potezu koji se pruža pravcem jugozapad-severoistok od Ripnja kod Beograda preko Uljme do Vršca i dalje prema Rumuniji<sup>[9]</sup>. Geotermalna energija na ovom prostoru je akumulirana u vidu podzemnih termalnih izdanskih voda sa vodenom parom ili bez nje očekivane temperature do 160°C. Gustina geotermalnog toplotnog toka od 83-111 mW/m<sup>2</sup> je približno dva puta veća od prosečne Evropske vrednosti, koja iznosi 60-62 mW/m<sup>2</sup>. U sličnoj proporciji se nalaze i vrednosti geotermalnog gradijenta od 5-5,6°C/100 m (prosečno 5,26°C/100 m) prema Evropskim vrednostima od 3°C/100 m <sup>[9]</sup>. U hidrogeotermalnom sistemu Panonskog basena dominiraju izdanske hiperterme uslovljene navedenom stratigrafijom terena. Do sada najtoplija voda od 92°C je pronađena 1967 godine na lokalitetu 3 km udaljeno od Banje „Rusanda“ u Melencima. Bušotina Me-1/H dubine 1967 metara sa vodoizdašnošću od 21,7 l/sec na žalost je van upotrebe <sup>[14,15]</sup>. Termomineralna voda temperature od 72°C i vodoizdašnosti 20,8 l/sec bušotine Kž-3/H dubine 1140 metara u Banji Kanjiži je trenutno najtoplija voda ovog reona. Bušotina je u eksploataciji od 1996 godine <sup>[16]</sup>. Slično visoke vrednosti gustine toplotnog toka preko 100 mW/m<sup>2</sup> nalazimo u južnom delu Srpsko-makedonskog masiva i u susjednom graničnom delu Dinarida, u područjima neogene magmatske aktivacije (bušotina VG-2 temperature vode od 112°C u Vranjskoj banji, zatim 4 izvora kaptiranog intervala od 121-394 m temperature vode od 76-80°C u Jošaničkoj banji i bušotina B-4 kaptirana na 1232 m sa temperaturom vode od 75°C u Sijarinskoj banji). Vode ovih izvora predstavljaju najvećim delom "poslednje minijaturne znakove nekadašnje vulkanske aktivnosti" (N. Milojević). Mnoge magmatske eruptivne žice, odnosno duboke pukotine stenskog sloja predstavljaju najpovoljnije mesto za sakupljanje, kao i za vertikalno kretanje podzemnih voda. Oslobađanjem para i gasova u velikim dubinama se

obrazuje juvenilna voda, koja pod pritiskom izbija na površinu zemlje (M.Vasović). Usput, ona se meša sa običnom podzemnom vodom, koja cirkuliše po velikim pukotinama u rasednoj zoni obrazujući na taj način termomineralne izvore, pa čak i gejzire Sijarske banje (R.Ilić) [17,18].

Drugi vid akumulacije toplote predstavljaju vrele, suve granitoidne i metamorfne stene (petrogeotermalna energija) i usijana magma (magmogeotermalna energija), međutim mogućnosti njihove eksploatacije se nalaze još u eksperimentalnoj fazi istraživanja.

Vrlo povoljan geološki sastav terena uslovljava relativno veliki broj samoizliva, odnosno izvora termomineralnih voda na teritoriji Srbije (Tabela 3.). Zbog toga je i temperatura podzemne vode od 20°C postavljena za graničnu vrednost klasifikacije hladnih od toplih voda kod samoizliva. Zato se 60% podzemnih voda Srbije ubraja u terme (Tabela 2.).

Često se navodi podatak da „Francuska ima banja koliko samo Kopaonik vrela“! Istraživanje koje je sprovela Food and Agriculture Organization (FAO) pri Ujedinjenim Nacijama, uvrstila je Srbiju na 47. mesto od 180 zemalja po količini i kvalitetu resursa

vode [19]. Prema tome, Srbija ne spada u zemlje siromašne vodom, ali ni u onoliko bogate koliko se prethodnih decenija mislilo - prema najsmelijim procenama registrovano je između 1050 i 1300 izvora, bunara i bušotina. Međutim, nizak stepen istraženosti (374) i aktivne eksploatacije nalazišta (51) ukazuje na neracionalnu i nedovoljnu iskorišćenost značajnih prirodnih rezervi (Tabela 3.). Procenjuje se da gubitak u smislu nepovratnog oticanja neiskorišćene vode iznosi čak 5-10 m<sup>3</sup> svake sekunde. Drugim rečima, termomineralna nalazišta u Srbiji poseduju 180,6 MW<sub>t</sub> toplotne snage. Od toga u Vojvodini postoje 78 bušotine toplotne snage od 72,6 MW<sub>t</sub> (iskorišćenost je samo 23%), a u delu Srbije južno od Save i Dunava nalaze se još 48 bušotine sa procenjenom snagom od 108 MW<sub>t</sub>. Radi upoređenja, susedna Mađarska, koja spada u prvih 5 zemalja na svetu prema eksploataciji geotermalne energije prema površini njene teritorije, raspolaže sa geotermalnim potencijalom od 654,6 MW<sub>t</sub>. Velesila u termalnim vodama, kao što je Japan poseduje 1166 MW<sub>t</sub>, a Island čak 1469 MW<sub>t</sub> od akumulirane energije. U našoj zemlji na godišnjem nivou od nave-

Redni broj	hidrogeološki reon	bunari, bušotine	samoizlivi	dominantne klase	kompletna analiza	aktivna banjska lečilišta
1	Dakijski basen	6	nema	murijatične >85 g/l	1	nema
2.	Reon Karpatobalkanida	37	70	zemno-alkalne (15) salinične (5)	25	8
3.	Reon Srpskog kristalastog jezgra	73	33	alkalne (15) zemno-alkalne (9) salinične (6)	35	10
4.	Šumadijsko-kopaonički reon	135	113	alkalne (32) zemno-alkalne (25) HCO <sub>3</sub> -Cl-Na (8)	83	17
5.	Reon Dinarida zapadne Srbije	45	66	alkalne (22) zemno-alkalne (19)	64	8
6.	Reon Panonskog basena	78	nema	alkalne (13) HCO <sub>3</sub> -Cl-Na (9) murijatične (9)	78	8
<b>ukupno</b>		<b>374</b>	<b>282</b>		<b>286</b>	<b>51</b>

Tabela 3. Pregled nalazišta\* termomineralnih voda Srbije

\*numeričke vrednosti su samo približne tačnosti zbog nepouzdanosti podataka prikupljenih sa raznih lokaliteta

denih prirodnih toplotnih izvora se proizvede i upotrebi 1150 TJ toplote za balneoterapiju i rekreativne ciljeve, odnosno 36% od ukupne proizvodnje, koja iznosi 2415 TJ (na primer u Mađarskoj od 5356 TJ 58,3% se koristi za iste ciljeve).

Mada je eksploatacija i iskorišćenost hidrogeotermalne energije u Srbiji samo delimično ostvarena, a sa koliko značajnim prirodnim potencijalom ona raspolaže, u prilog tome govori i činjenica da procenjena ukupna količina toplote sadržane u nalazištima geotermalnih voda, oko dva puta je veća od ekvivalentne količine toplote koja bi se dobila sagorevanjem svih naših rezervi uglja. Energetski potencijal postojećih geotermalnih izvora u Srbiji, iznosi blizu 0,2 M t.en (kategorija nosioca energije iskazuje se u tonama ekvivalentne nafte, skraćeno t.en; jedna tona ekvivalentne nafte iznosi 41.868 GJ, tj. 41.868 milijardi Joula, odnosno Ws, ili 11,63 MWh) [9,20,21,22].

Saglasno promovisanim ciljevima energetske politike Srbije i osnovnim premisama za utvrđivanje Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, odabrano je pet osnovnih Prioritetnih programa, koji su raznorodni po programskim sadržajima, ali komplementarni sa stanovišta usklađivanja rada i razvoja celine energetske sistema i doslednog u ostvarivanju promovisanih ciljeva u zadatom periodu. *Treći - posebni Prioritet korišćenja NOIE (novih obnovljivih izvora energije) i novih energetski efikasnijih i ekološko prihvatljivih energetskih tehnologija i uređaja/opreme za korišćenje energije obuhvata i Program selektivnog korišćenja novih obnovljivih izvora energije, gde spada i geotermalna energija, kojim bi se uspostavio Programski usmereni okvir za sve aktivnosti koje bi se sprovodile u cilju povećanog i efikasnog korišćenja termalnih i termomineralnih izvora u periodu do 2015. godine [23].*

Međutim, najveća ograničenja proističu iz trenutno nepovoljnih privredno-ekonomskih aktivnosti.

### ZAKLJUČAK

Kompleksna, ali selektivna ponuda banjskog mesta, pre svega zavisi od uslova sveobuhvatnog i svestranog organizovanja banjskog lečenja, oporavka, odnosno rekreacije uslovljene postojanjem prirodnog činioca. Osnovne, primarne i glavne vrednosti jednog banjskog lečilišta – termomineralni izvori, nalazišta peloida ili lekovitog gasa i prirodni pejzaž sa klimatskim obeležjem, međusobno povezani i uslovljeni, čine jedinstvenim i neponovljivim ovaj vizuelni prostorni entitet. Različitost prirodnog faktora postavlja banje nekonkurentne jedne prema drugoj sa težnjom da se postigne individualno prepoznatljiv ambijent, koji treba da bude imidž svake banje. Dalji razvoj unikatnih vrednosti banja zahteva maksimalno poštovanje i zalaganje države za bezbednom, trajnom zaštitom nabrojanih faktora, kao resursa i kao prirodnog dobra uz racionalno korišćenje, odnosno usklađen, održivi razvoj uvažavajući pri tome ekonomske interese, ekološke postulate zdrave životne sredine, te socijalne i kulturne ciljeve. Dakle, da bi banje mogle uspešno razvijati svoje osnovne funkcije, obnavljanje uma, tela i duše, definisane kao subjektivno blagostanje (subjective wellbeing, SVB) zahteva se veća odgovornost i svestraniji pristup svih relevantnih činioca naše države.

### Abstract

**INTRODUCTION:** The Republic of Serbia, in proportion with the territory it covers (88,361 square kilometers), is among the countries rich in mineral, thermal and thermomineral waters. Its very complex and heterogeneous lithofacial geological column has provided favorable conditions for the establishment, spread and long-term exploitation of underground waters which are of quality chemical composition and satisfactory amount (4000 l/sec). It was contributed by the thinned out Earth crust (33 km in average), the geothermal heat flow density (83-111 mW/m<sup>2</sup>), and the high geothermal gradient (which is the highest in Vojvodina, 5.26 °C/100 m) which values are twice the European average. **OBJECTIVE:** The objective of this review is to point to the huge significance of existing natural resources again.

**METHODS:** Present knowledge about the conditions of formation, genesis, quality and capabilities of exploitation of mineral waters, is supplemented in this paper with new available data. Based on a very exact and rational classification of mineral waters by Quentin accepted in the balneological practice of the country, a unique categorization of the healing waters was performed in spa resorts, or rehabilitation centers in which they are now used for the purpose of balneotherapy. The analytical review of the phenomena, reservoirs and properties of the most common group of mineral waters is shown, by the hydrogeological areas in the active spas of Serbia.

**CONCLUSION:** The hydrogeological potential of the state has not yet been reliably defined in terms of rational, planned and sustainable use. The absence of macro-economic impulse for multidisciplinary, comprehensive, and organized use and consumption of water from the mineral deposits is the main reason for symbolic utilization of underground waters, although survey results indicate that the real potential of geothermal wells is at least five times higher than the implemented (180.6 MWt thermal power, produced heat 2415 TJ/year, utilization for balneotherapy and recreation 36%).

### REFERENCES

1. Rabrenović D. Geologija Srbije: Srpsko-makedonska masa, Karpatobalkanići, Vardarska zona. Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, Beograd; Apr. 2011.
2. Dimitrijević M.D, chief editor. Geological Atlas of Serbia 1 : 2.000.000. Belgrade: Republic Foundation for Geological Investigations and Chair for Methods of Geological Mapping, Faculty of Mining and Geology; 1996.
3. Vasković N. Petrografske karakteristike kontaktnih metamorfih stena [homepage on the internet]. updated 2011.Mar.5. cited 2011.Nov.25. Available from: <http://www.rgl.bg.ac.rs>.
4. Perović I. Upotreba stena [homepage on the internet]. updated 2011.Feb.23; cited 2011.Dec.5. Available from: <http://www.pmf.ni.ac.rs>
5. Monthel J. Vadala P. Leistel J.M. Cottard F. Ilic M, Strumberger A. et al. Mineral deposits and mining districts of Serbia Compilation map and GIS databases. BRGM/RC-51448-FR; March 2002.
6. Momirović M.D. Termomineralni izvori u funkciji razvoja zdravstvenog turizma u timočkom regionu. Istorija medicine i zdravstvene kulture. 2007;32(4):205-15.
7. Krstić N. Some ostracodes from the Dinaric Alps Neogene and its paleoecology. – "Geology and metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone". Proc. Internat. Symp. 2000; 207-17.
8. Karamata S. Knežević V. Cvetković, V. Vasković N. Upper Cretaceous Paleogene magmatism of the Southern margin of the Pannonian Basin and their metallogeny. The Third International Geological Symposium; 1993. Baia Mare (Romania), p. 35
9. Martinović M, Zlokolica Mandić M, Vukićević Z. Geotermalni Atlas Vojvodine. Novi Sad: Republika Srbija Autonomna Pokrajina Vojvodina, Pokrajinski Sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine; 2010.
10. Izvorišta vode za piće u Vojvodini [homepage on the internet]. updated 2011.Mar.5. cited 2011.Dec.21. Available from: <http://www.eko.vojvodina.gov.rs>
11. Dragišić V. Opšta hidrogeologija. Beograd: Rudarsko geološki fakultet Univerziteta u Beogradu; 1997.
12. Filipović B. Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije. Beograd: Udruženje banjanskih i klimatskih mesta Srbije Vrnjačka Banja, Institut za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu; 2003.
13. Jovanović T, editor. Balneoklimatologija. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu CIBIF; 1994.
14. Milosavljević S, Agošton F. Lekovite vode i banje Vojvodine. XII Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji; 1999 Nov 23-25; Novi Sad, Zbornik referata, knjiga II; 1999.
15. Kompletna fizičko-hemijska analiza mineralne vode iz bušotine Me-1/H u Melencima i stručno mišljenje o njenoj terapijskoj vrednosti. Beograd (Srbija): Institut za Rehabilitaciju Beograd, Sokobanjska 17, Služba za Balneoklimatologiju; 23.jul 2001.
16. Izveštaj o ispitivanju termomineralne vode Kž-1/H, Kž-2/H i Kž-3/H (Kanjiža) 2009. Novi Sad (Srbija): Centralna laboratorija Naftne Industrije Srbije; 23.jun 2009. Br.analize: 30-8330-368/09.
17. Barac M. Vitas N. Heat exchange calculation of geothermal waters of Josanicka Spa in the plastic greenhouse pilot project realization. Istraživanja i projektovanja za privredu, 2009;7 (25):77-85.
18. Stojiljkovic D.T. Stojiljkovic S.T. Mitic N.C. Pejic D.M. Djurović-Petrovic M. Pilot plant for exploitation of geothermal waters, Thermal Science. 2006;10(4):195-203 .
19. Vodič kroz banje Srbije – Spa i Wellnes [homepage on the internet]. updated 2011. Apr. 25. cited 2011.Dec.10. Available from: <http://www.banjasrbija.com>
20. Milivojević M. Martinović M. Geothermal energy possibilities, exploration and future prospects in Serbia, Proceedings of the World Geothermal Congress; 2005 Apr 24-29; Antalya, Turkey.
21. Janković V. Geotermalna energija: Kako iskoristiti skriveni potencijal Srbije, Jefferson Institute, Beograd Nov. 2009
22. Rybach L. A geotermia fellendítése és azon túl. VII. Nemzetközi Geotermikus Konferencia: "A geotermia hasznosítás szakpolitikai helyzete"; 2011 Jun 16; Budapest, Magyarország
23. Nacionalni program zaštite životne sredine [homepage on the internet]. Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine [updated 2010.Mar. 23. cited 2012.Jan.10.]. Available from: <http://www.srbija.gov.rs>