

# HIDROGEOTERMALNI RESURSI SRBIJE NEISKORIŠĆENO BOGATSTVO

*Mihailo MILIVOJEVIĆ<sup>1</sup>,  
Mića MARTINOVIĆ<sup>1</sup>,  
Nataša ĐOKIĆ<sup>2</sup>*

---

*Na teritoriji Srbije van Panonskog basena, u terenima izgrađenim od tvrdih stena nalazi se 159 prirodnih izvora termalnih voda sa temperaturom većom od 15°C. Rezultati dosad izvedenih istraživanja pokazuju da korišćenje geotermalne energije u Srbiji u energetske svrhe može biti dragoceno u njenom energetskom bilansu.*

---

*Ključne reči:* izvor termalne vode, istraživanja, temperatura, korisna energija

*IAKO JE POVRŠINA SRBIJE RELATIVNO MALA (oko 88.000 km<sup>2</sup>) njen geološki i geotektonski sastav je veoma složen. Posledica svega toga su interesantne geotermalne karakteristike njene teritorije. Prvi prikaz nekih vrsta geotermalnih resursa na teritoriji Srbije dao je krajem 19. veka u knjizi „Izdanske vode” Svetolik Radovanović (1897). Radovanović je bio jedan od prvih srpskih geologa i hidrogeologa i može se smatrati „ocem” srpske hidrogeologije i geotermologije. Pomenuta knjiga je jedna od najstarijih iz ove oblasti u svetu. Geotermalna istraživanja u Srbiji su započeli hidrogeolozi 1974. godine. Do danas ona su vršena samo za hidrogeotermalne resurse.*

## *Geološke karakteristike*

Na teritoriji Srbije se nalaze velike geotektonske jedinice koje pripadaju Alpском orogenu: Dinaridi, Srpsko-makedonski masiv, Karpato-balkanidi i Panonski basen, i mali deo Mezijske platforme (Grubić, 1974). Dinaridi imaju najveće prostranstvo na teritoriji Srbije. Njih sačinjavaju najvećim delom stene mezozojske starosti od kojih su najznačajnije: debele naslage karstifikovanih trijaskih krečnjaka i dolomita; ofiolitski melanz jurske starosti i naslage krednog fliša. Rodopi, odnosno Srpsko-Makedonski masiv je sačinjen od metamorfnih

<sup>1</sup> Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>2</sup> Gradska uprava Grada Beograda, Sekretarijat za zaštitu životne sredine

stena proterozojske starosti velike debljine: gnajsevi, mikašisti, različiti škriljci, mermeri, kvarciti, granitoidi, magmatiti, itd. Proterozijски kompleks Srpsko-makedonskog masiva pruža se preko istočne Makedonije i severne Grčke do Turske, i dalje na istok. Srpsko-makedonski masiv predstavlja u stvari gornje delove „granitnog” sloja zemljine kore na teritoriji Srbije. Unutar Srpsko-makedonskog masiva prisutne su i magmatske, odnosno intruzivne-granitoidne i vulkanske stene tercijarne starosti (Milivojević, 1992). Karpato-balkanidi su formirani u toku mezozoika kao karbonatna platforma odvojena Srpsko-makedonskim masivom od Dinarida. Najveći deo ove jedinice čine trijaski, jurski i kredni krečnjaci. Panonski basen, tj. njegov jugoistočni deo na teritoriji Srbije je sačinjen od sedimenata paleogene, neogene i kvartarne starosti čija ukupna maksimalna debljina dostiže oko 4.000 metara.

### *Hidrogeotermalni resursi*

Na teritoriji Srbije van Panonskog basena, tj. u terenima izgrađenim od tvrdih stena nalazi se 159 prirodnih izvora termalnih voda sa temperaturom većom od 15°C. Najveću temperaturu od njih imaju termalne vode izvora u Vranjskoj banji (96°C), zatim u Jošaničkoj banji (78°C), Sijarinskoj banji (72°C), Kuršumlijskoj banji (68°C), Novopazarskoj banji (54°C) itd. (tabela 1). Ukupna izdašnost svih prirodnih izvora je oko 4.000 kg/s. Najveću izdašnost imaju termalni izvori iz karstifikovanih krečnjaka mezozojske starosti, a zatim termalni izvori u granitoidnim i vulkanskim stenama tercijarne starosti. Najveći broj termalnih izvora nalazi se u Dinaridima, zatim u Karpato-balkanidima, pa u Srpsko-makedonskom masivu. Najmanji broj je u Panonskom basenu i u području Mezijske platforme, samo po jedan. U odnosu na nadmorsku visinu najveći broj termalnih izvora nalazi se u intervalu od 200–300 m, odnosno ispod nadmorske visine od 600 m nalazi se više od 90 odsto svih termalnih izvora. Prema sadašnjem stepenu poznavanja geološkog sastava i hidrogeotermalnih karakteristika terena do dubine od 3.000 m, na teritoriji Srbije postoji 60 konvektivnih hidrogeotermalnih sistema. Od tog broja 30 se nalazi u Dinaridima, 20 u Karpato-balkanidima, i po pet u Srpsko-makedonskom masivu i u području Panonskog basena, tj. u podlozi njegovih tercijarnih sedimenata. U sedimentnim basenima koji su ispunjeni stenama paleogene i neogene starosti prisutni su konduktivni hidrogeotermalni sistemi. Najveći broj njih pripada Panonskom basenu na teritoriji Vojvodine, tj. severne Srbije. Ostali su manjeg značaja i uglavnom su međusobno slabo povezani, a ima ih 14.

**Panonski Basen.** U području ove geotektonske jedinice, koja ujedno predstavlja i posebnu geotermalnu provinciju (Milivojević, 1989), i jedan složen hidrogeotermalni konduktivni sistem sa više međusobno odvojenih rezervoara, izdvojene su četiri grupe rezervoara po dubini.

Prva grupa se nalazi u kvartarnim i gornjopliocenskim sedimentima ukupne maksimalne debljine do 2.000 m. Rezervoare predstavljaju peskovi i šljunkovi. Maksimalna temperatura termalnih voda u njima je do 120°C. Prosečna izdašnost bušotina pri samoizlivu je 1–13 kg/s. Ukupna mineralizacija termalnih voda je od 1–9 g/kg, najčešće 3–5 g/kg. Po

hemijskom sastavu termalne vode su  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  tipa. Izlazna temperatura vode pri samoizlivu je najčešće  $40\text{--}55^\circ\text{C}$ , a maksimalna  $82^\circ\text{C}$  (Tonić i dr, 1989).

Druga grupa rezervoara se nalazi u sedimentima donjeg pliocena i panona. Rezervoare predstavljaju peščari čija je poroznosti manja nego rezervoara prve grupe. Termalne vode u njima su  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$  tipa sa ukupnom mineralizacijom  $4\text{--}20$  g/kg, najčešće  $5\text{--}12$  g/kg. Maksimalne temperature termalnih voda u ovoj grupi rezervoara su do  $160^\circ\text{C}$ . Izdašnost termalnih voda iz bušotina pri samoizlivu je prosečno od  $2,5\text{--}5$  kg/s, a izlazna temperatura pri samoizlivu iz bušotina je prosečno  $50\text{--}65^\circ\text{C}$ .

Treća grupa rezervoara nalazi se u bazalnom (najdonjem) delu neogenih ili paleogenih sedimenata. Njih čine miocenski krečnjaci, peščari, bazalni konglomerati i bazalne breče. Termalne vode u njima imaju visoku mineralizaciju (do  $50$  g/kg). Po hemijskom sastavu termalne vode su  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  tipa. Izdašnost termalnih voda iz bušotina pri samoizlivu je prosečno  $5\text{--}10$  kg/s, a izlazna temperatura  $40\text{--}50^\circ\text{C}$ .

Četvrtu grupu rezervoara predstavljaju stene mezozojske i paleozojske starosti u podlozi paleogenih i neogenih sedimenata. Najvažnije rezervoare ove grupe predstavljaju karstifikovani i ispucali trijaski krečnjaci i dolomiti. Daleko od oboda basena i na dubinama većim od  $1.500$  m termalne vode u trijaskim krečnjacima su  $\text{Cl-Na}$  tipa. U obodnom delu basena, gde je debljina neogenih sedimenata preko trijaskih krečnjaka do  $1.000$  m i gde je vodom zamena aktivna termalne vode su  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  tipa sa ukupnom mineralizacijom do  $1$  g/kg. Prosečna izdašnost bušotina pri samoizlivu je  $12$  kg/s, a iz delova rezervoara bliže obodnom delu basena do  $40$  kg/s. Izlazna temperatura termalnih voda je  $40\text{--}60^\circ\text{C}$ .

**Dinaridi.** U ovoj geotermalnoj provinciji hidrogeotermalni sistemi su različiti po tipu, vrsti rezervoara i njegovom prostranstvu, itd. To je posledica raznovrsnog geološkog sastava terena. Najveće prostranstvo imaju stene mezozojske starosti: 1) karsni tereni od trijaskih krečnjaka i dolomita; 2) ofiolitski melanž sa velikim peridotitskim masivima jurske starosti čije je poreklo vezano za subdukciju Dinaridske ploče pod Panonsku i Rodopsku ploču; 3) kredni fliš; 4) paleozojske metamorfne stene; 5) granitoidne i vulkanske stene paleogene i neogene starosti, i 6) izolovani sedimentni baseni neogene starosti. Hidrogeotermalni sistemi su formirani u područjima: 1) neogenih sedimentnih basena sa rezervoarima od trijaskih krečnjaka u njihovoj podlozi; 2) u područjima peridotitskih masiva i ofiolitskog melanža sa rezervoarima od trijaskih krečnjaka; 3) u područjima granitoidnih intruzija i njihovih vulkanita sa rezervoarima od istih stena, i 4) u područjima paleozojskih metamorfita sa rezervoarima od mermera i kvarcita. Najbolji rezervoari su trijaski krečnjaci. Termalne vode u njima su male mineralizacije ( $< 1$  g/kg),  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  ili  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  tipa. Izdašnost izvora je velika, do  $400$  kg/s, a istražnih bušotina do  $60$  kg/s. Maksimalna izlazna temperatura termalne vode pri samoizlivu je do  $80^\circ\text{C}$ . Drugi po značaju su rezervoari u granitoidnim intruzijama i njihovim obodnim termometamorfisanim ispucalim zonama. Termalne vode u njima su male ukupne mineralizacije ( $> 1$  g/kg),  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  tipa, sa maksimalnom izdašnošću do  $15$  kg/s. Maksimalna izlazna temperatura termalnih voda je do  $78^\circ\text{C}$ . Termalne vode u paleozojskim metamorfita su retke. Izvori su male izdašnosti ( $< 1$  kg/s), niske tem-

perature ( $< 20^{\circ}\text{C}$ ), ukupne mineralizacije 5–7 g/kg,  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  tipa i sa velikim sadržajem slobodnog  $\text{CO}_2$  gasa.

**Srpsko-Makedonski masiv.** U ovoj geotermalnoj provinciji prisutna su dva tipa hidrogeotermalnih sistema. Prvi od njih je sistem formiran u metamorfnom kompleksu protezojske starosti sa rezervoarom u mermerima i kvarcitima debljine do 1.500 m.

*Tabela 1. Osnovni podaci o najvažnijim hidrogeotermalnim lokalnostima i rezervoarima hidrogeotermalnih sistema*

Lokacija	Geografske koordinate (do najbližeg 0,5 stepena)		Rezervoar		Stepen istraženosti <sup>3</sup>	Temperatura u rezervoaru $^{\circ}\text{C}$	
	X	Y	Litološki sastav <sup>1)</sup>	MIN <sup>2)</sup> mg/kg		Posredno određena	Izmerena
Bogatić	45° 00'	19° 30'	L	860	P	90	80
Debrč	44° 30'	20° 00'	L	740	P	70	57
Indija	45° 00'	20° 00'	L	953	P	70	60
Kupinovo	45° 00'	20° 00'	L	835	P	70	54
Vrdnik	45° 00'	20° 00'	L	1040	N	60	38
Metković	45° 00'	19° 30'	S	1436	R	90	63
Dublje	45° 00'	19° 30'	L	986	P	85	50
Koviljača	44° 30'	19° 00'	L	1412	F,U	40	30
Radalj	44° 30'	19° 00'	G	152	P	60	28
Mladenovac	44° 30'	21° 00'	L	7182	F,U	90	54
Arandelovac	44° 00'	20° 30'	L	4293	F,U	60	34
Vranjska banja	42° 30'	22° 00'	G,M	1418	P,U	150	96
Sijarinska banja	43° 00'	21° 00'	M	4753	P,U	130	76
Jošanička banja	43° 30'	21° 00'	G,M	326	P,U	130	78
Lukovska banja	43° 00'	21° 00'	L	1980	P,U	90	67
Kuršumlijska banja	43° 00'	21° 00'	L,M,V	3142	F,U	140	68
Banjska	43° 00'	21° 00'	L,V	1780	N,U	120	50
Šarbanovac	44° 00'	22° 00'	V	313	R	100	29
Sumrakovac	44° 00'	22° 00'	V	425	R	100	24
Sisevac	44° 00'	21° 30'	L	545	R	40	26
Kravlje	43° 30'	22° 00'	L	562	R	40	33
Miljkovac	43° 30'	22° 00'	L	586	N	40	33
Suva česma	43° 00'	21° 30'	M	4275	P	60	24
Zvonačka banja	43° 00'	22° 30'	L	416	N	60	28
Rgošte	43° 30'	22° 00'	L	508	F	45	30
S. Palanka	44° 30'	21° 00'	L	7960	P,U	75	56

Lokacija	Geografske koordinate (do najbližeg 0,5 stepena)		Rezervoar		Stepen istraženosti <sup>3</sup>	Temperatura u rezervoaru °C	
	X	Y	Litološki sastav <sup>1)</sup>	MIN <sup>2)</sup> mg/kg		Posredno određena	Izme-rena
N. Pazar	44° 00'	20° 30'	L	1614	P,U	120	52
Mataruge	44° 00'	20° 30'	V	1495	F,U	110	43
Ribarska banja	43° 30'	21° 30'	M,G	418	F,U	110	44
Pećka banja	43° 00'	20° 30'	L	851	R,U	80	48
Bujanovačka banja	42° 30'	22° 00'	S,G	4839	F,U	70	43
Gamzigradaska banja	44° 00'	22° 00'	L	651	F,U	80	42
Ovčar banja	44° 00'	20° 00'	L	713	P,U	60	38
Vrnjačka banja	43° 30'	21° 00'	M	2870	F,U	120	36
Niška banja	43° 00'	22° 00'	L	430	F,U	60	37
Pribojska banja	43° 30'	19° 30'	L	405	P,U	60	36
Klokot banja	42° 30'	21° 30'	V,M	3480	P,U	80	34
Brestovačka banja	44° 00'	22° 00'	V	714	F,U	100	40
Soko banja	44° 00'	22° 00'	L	562	F,U	55	40
Rajčinovića banja	43° 00'	20° 00'	L	2910	P,U	100	36
Prolom banja	43° 00'	21° 30'	V	245	P,U	60	31
G. Trepča	44° 00'	20° 30'	V	570	P,U	50	30
Palić	46° 00'	20° 00'	S	3380	F,U		48
Kanjiža	46° 00'	20° 00'	S	3640	F,U		41
Prigrevica	46° 00'	19° 00'	S	6045	F,U		54
Kula	45° 30'	19° 30'	S	3619	F,U		53
Kikinda	46° 00'	20° 30'	S	3910	F,U		50
Srbobran	45° 30'	20° 00'	S	3633	F,U		63
B. Petrovac	45° 30'	19° 30'	S	842	F,U		46
Mokrin	46° 00'	20° 30'	S	2928	F,U		51
Melenci	45° 30'	20° 30'	S	2680	F,U		33
Vrbas	45° 30'	20° 00'	S	4520	F,U		51
Temerin	45° 30'	20° 00'	S	3640	F,U		41
B. P. Selo	46° 00'	20° 00'	S	1718	F,U		43
Bečej	45° 30'	20° 00'	S	4012	F,U		63

(<sup>1)</sup> L – krečnjaci; S – peskovi; D – dolomiti; G – graniti; M – metamorfiti; V – vulkaniti; <sup>2)</sup> Ukupna mineralizacija termalne vode: MIN; <sup>3)</sup> N – Identifikovan lokalitet, neoce-njen; R – Regionalna ocena; P – Započeta detaljna istraživanja; F – završena istraživanja; U – Komercijalno korišćenje)

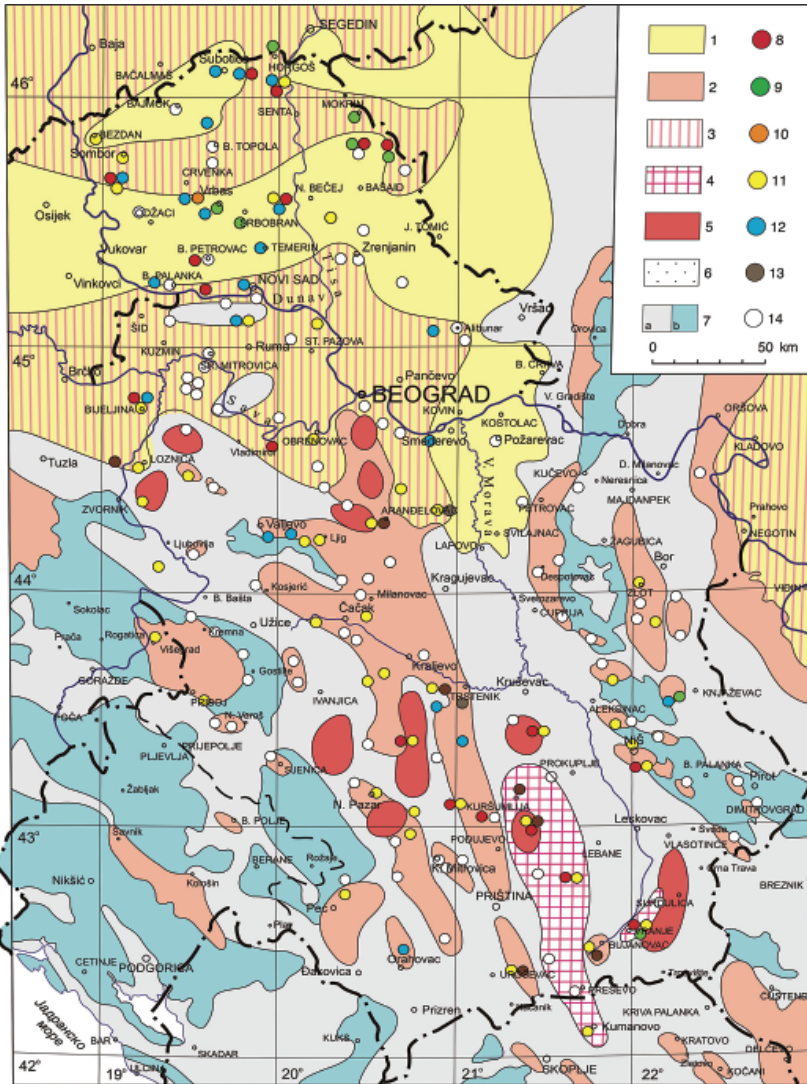
Termalne vode u njima imaju ukupnu mineralizaciju od 5–6 g/kg. Po hemijskom sastavu to su  $\text{HCO}_3\text{-Na-Cl}$  vode sa veoma velikim sadržajem slobodnog  $\text{CO}_2$ . Gas  $\text{CO}_2$  nastaje termolizom mermera na temperaturi iznad  $100^\circ\text{C}$  u prisustvu vode što je dokazano izotopskim ispitivanjima (Milivojević, 1990). Temperatura termalnih voda na izvorima je od  $24\text{--}72^\circ\text{C}$ , a isticanje se vrši po mehanizmu „gas-lift” usled visokog sadržaja gasa  $\text{CO}_2$ . Drugi tip hidrogeotermalnih sistema je formiran u kontaktnim i obodnim zonama granitoidnih intruzija neogene starosti. Rezervoare predstavljaju granitoidne stene, metamorfne i kontaktno-metamorfne stene intenzivno ispucale usled zagrevanja i hlađenja. Termalni izvori Vranjske banje pripadaju ovom tipu sistema i imaju najveću temperaturu u Srbiji,  $80\text{--}96^\circ\text{C}$ . Mineralizacija termalnih voda je od 0,1–1,2 g/kg. Po tipu, termalne vode su  $\text{HCO}_3\text{-Na-SO}_4\text{-Cl}$ . Izdašnost izvora je do 80 kg/s.

**Karpato-Balkanidi.** U ovoj geotermalnoj provinciji ima mnogo hidrogeotermalnih sistema. Većina njih je formirana u područjima izolovanih sedimentnih jezerskih basena neogene starosti. Njihove rezervoare predstavljaju karstifikovani trijaski, jurski i kredni krečnjaci. Termalni karsni izvori imaju izdašnost i do 100 kg/s a temperaturu do  $38^\circ\text{C}$ . Ukupna mineralizacija je do 0,7 g/kg a tip voda  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ . Drugi tip hidrogeotermalnih sistema u ovoj geotermalnoj provinciji formiran je u području gornjokrednog paleorifta istočne Srbije u kome su mezozojski krečnjaci isprobijani i prekriveni andezitskim lavama i piroklastitima velike debljine. Termalne vode imaju mineralizaciju do 0,8 g/kg a po tipu su  $\text{SO}_4\text{-Na-Cl}$  ili ako su iz krečnjaka  $\text{HCO}_3\text{-Na-SO}_4\text{-Cl}$ . Temperatura termalne vode na izvorima je do  $43^\circ\text{C}$ . Izdašnost izvora se kreće do 10 kg/s.

### *Glavni rezultati hidrogeotermalnih istraživanja*

Geotermalna istraživanja u Srbiji su započela 1974. godine. Godinu dana kasnije izvršena je prva preliminarna ocena geotermalnog potencijala njene teritorije (Milivojević i dr., 1975; Alimpić, 1975). Izrada druge, detaljnije regionalne ocene geotermalnih resursa započela je 1981, a završena 1988. godine (Milivojević, 1989). Uporedo sa ovim regionalnim ocenama vršena su istraživanja pojedinih poznatih hidrogeotermalnih sistema. U srpskom delu Panonskog basena prva bušotina dubine 1.454 m izbušena je 1969. godine, a druga do dubine 2.509 m izbušena je 1974. godine. Od 1977. do 1988. izbušeno je ukupno 58 bušotina ukupne dubine oko 50.000 m. Ukupna izdašnost svih ovih bušotina je oko 550 kg/s a toplotna snaga oko 48 MW (računato za  $T = T - 25^\circ\text{C}$ ) (Tonić i dr., 1989). U ostalim geotermalnim provincijama izbušeno je do 1992. godine 45 istražinih bušotina ukupne dubine oko 40.000 m. Od njih su samo tri do dubine 1.800 m, četrnaest dubine 1.000 – 1.500 m, trinaest dubine 500 – 1.000 m i petnaest dubine 300 – 500 m. Većina od ovih istražinih bušotina su sa samoizlivom termalnih voda i služe kao eksploatacione. Ukupna izdašnost ovih bušotina je oko 500 kg/s. Ukupna toplotna snaga svih ovih bušotina je oko 108 MW, odnosno ukupna toplotna snaga svih pozitivnih istražinih bušotina na teritoriji Srbije pri





Slika 1. Karta geotermalnih resursa (1 – hidrogeotermalna nalazišta u stenama kenozojske starosti; 2 – hidrogeotermalna nalazišta u stenama mezozojske starosti; 3 – hidrogeotermalna nalazišta u stenama mezozojske starosti ispod stena kenozojske starosti; 4 – hidrogeotermalna nalazišta u stenama prepaleozojske starosti; 5 – petrogeotermalna nalazišta u granitoidnim stenama tercijarne starosti; 6 – hidro-petrogeotermalna nalazišta do dubine 200 m za eksploataciju geotermalne toplote pomoću toplotnih pumpi; 7 – područja bez značajnih hidrogeotermalnih nalazišta: a – tereni od stena paleozojske i prepaleozojske starosti, b – karstni tereni; Korišćenje resursa: 8 – za grejanje; 9 – za proizvodnju hrane; 10 – u industriji; 11 – za balneoterapiju; 12 – za rekreaciju i sport; 13 – za proizvodnju pakovane vode; 14 – pojave koje se ne koriste)

samoizlivu termalnih voda je oko 156 MW. Ukupna toplotna snaga svih prirodnih izvora i bušotina je oko 320 MW (računato za  $\Delta T = T - 12^{\circ}\text{C}$ ).

### *Korišćenje hidrogeotermalne energije*

Korišćenje geotermalne, odnosno hidrogeotermalne energije ili termalnih voda u Srbiji se obavlja uglavnom na tradicionalan način, tj. najviše u balneološke i sportsko-rekreacione svrhe (tabela 2). Postoje arheološki dokazi da je to činjeno i od strane Rimljana na lokacijama danas najpoznatijih banja: Vrnjačke, Niške i Gamzigradske. U Srbiji danas ima 59 banja gde se termalne vode koriste za balneološke, sportsko-rekreacione i turističke svrhe. U njih 15 postoje veoma moderni rehabilitacioni centri. Korišćenje geotermalne energije za grejanje i druge energetske svrhe je u početnoj fazi i veoma skromno u odnosu na potencijalnost i resurse. U hidrogeotermalnom sistemu Panonskog basena koriste se termalne vode iz 23 bušotine. Energetsko korišćenje je počelo 1981. godine. Vode iz dve bušotine se koriste za proizvodnju povrća u staklenicima. Tri bušotine se koriste u stočarstvu za zagrevanje farmi za uzgoj svinja, dve u fabrikama kože i tekstila u proizvodnom procesu, tri za zagrevanje poslovnih prostorija, a vode iz trinaest bušotina se koriste u banjaskim i sportsko-rekreacionim i turističkim centrima. Ukupna toplotna snaga svih ovih bušotina koje se aktivno koriste je 24 MW (Tonić i dr., 1989). Van Panonskog basena termalne vode se koriste za grejanje na nekoliko lokaliteta. Prvo korišćenje za te svrhe je započelo pre 40 godina u Vranjskoj banji. Tu se termalnom vodom zagreva staklenik za proizvodnju cveća, živinarska farma, jedna industrijska tekstilna hala i prostorije banjaskog rehabilitacionog centra. Veliki hotelski i rehabilitacioni centar sa plivačkim bazenom zagreva se u Kuršumlijskoj banji. U Niškoj banji izgrađen je sistem za grejanje hotelsko-turističkog i rehabilitacionog centra sa toplotnim pumpama snage šest megavata, koji koristi termalne vode temperature  $25^{\circ}\text{C}$ . Na isti način koriste se termalne vode sa temperaturom od  $30^{\circ}\text{C}$  u Prolom banji. U Sijarinskoj banji se termalnim vodama direktnim korišćenjem zagreva hotel i rehabilitacioni centar. Isto to se čini i u Ribarskoj banji. U Lukovskoj banji termalne vode se koriste za zagrevanje fabrike tepiha i nekoliko drugih manjih objekata. U Debrcu se termalne vode koriste za zagrevanje plastenika od 4,5 ha. Ukupna instalisana toplotna snaga na svim lokacijama iznosi  $74 \text{ MW}_t$  (tabela 3), a sa toplotnim pumpama  $86 \text{ MW}_t$ . Za intenzivno korišćenje termalnih voda u agro i akvakulturi, i za toplifikaciju naselja najbolje su mogućnosti na području zapadno od Beograda, do reke Drine, tj. u Posavini, Sremu i Mačvi. Rezervoar su trijaski krečnjaci i dolomiti debljine  $> 500 \text{ m}$ , koji leže ispod neogenih sedimenata. Naročito su povoljne mogućnosti u Mačvi, jer je dubina do rezervoara  $400 - 600 \text{ m}$ , a temperatura vode  $80^{\circ}\text{C}$ . Pored toga, izrađene studije pokazuju da je na bazi eksploatacije termalnih voda u Mačvi moguća toplifikacija gradova: Bogatić, Šabac, Sremska Mitrovica i Loznica sa ukupno 150.000 stanovnika.



Tabela 2. Stanje korišćenja hidrogeotermalne energije u Srbiji

Lokacija	Vrsta korišćenja	Izdašnost kg/s	Temperatura °C		Iskorišćena energija TJ/god.
			Ulazna	Izlazna	
Kanjiza – 1	D/B	5.0	41	26	9.89
Kanjiza – 2	D/B	14.0	65	26	72.02
Kula – 1	B	9.5	50	25	46.16
Kula – 2	I	8.3	53	25	30.65
Kula – 4	I	8.5	51	26	28.03
B. Petrovac – 1	G	16.7	46	25	46.26
B. Petrovac – 2	A	7.8	45	24	21.60
Prigrevica	D/B	21.0	54	25	80.33
Srbobran	G	11.7	63	24	60.18
Kikinda – 1	D	6.2	50	27	18.81
Kikinda – 2	F	15.2	51	26	50.12
Mokrin	F	10.5	51	26	34.62
Vrbas	B	4.3	51	23	13.26
Temerin	B	20.0	41	25	39.57
B. P. Selo	F	10.0	43	26	34.29
Bečej	D	19.4	65	24	104.91
Vranjska banja	I/F/D/B/G	77.0	96	50	467.20
Sijarinska banja	D/B	7.4	76	25	49.78
Jošanička banja	D/B	17.0	78	40	85.21
Lukovska banja	D/B	12.0	67	35	50.65
Kuršumlija	D/B	20.0	68	25	113.43
Mladenovac	B	19.0	53	25	70.17
Palanka	B	13.0	56	25	53.16
N. Pazar	B	10.0	52	28	31.65
Mataruge	B	47.0	43	24	117.79
Ribarska banja	D/B	37.0	44	25	92.73
Pečka banja	B	4.0	36	25	5.80
Ilidža (Peć)	B	17.5	48	26	50.78
Bujanovačka banja	D/B	7.0	43	24	17.54
Gamzigrad	D/B	10.0	42	24	23.74
Ovčar banja	D/B	50.0	38	27	72.54
Vrnjačka banja	B	5.0	36	25	7.25
Niška banja	D/B	60.0	37	25	94.97
Pribojska banja	B	70.0	36	30	55.40
Klokot	B	15.0	34	25	17.80
Koviljača	B	130.0	30	24	102.88
Brestovačka banja	B	3.0	40	30	3.96
Rajčinovića banja	B	8.0	36	28	8.44
Bukovička banja	B	15.0	34	28	11.87
Prolom banja	B	15.0	31	24	13.84
G. Trepča	B	20.0	30	24	15.82
Debrč – 1	D	15.0	53	48	9.89
UKUPNO					2335

(Vrsta korišćenja: I = Industrija; A = Sušenje poljoprivrednih proizvoda; F = uzgoj riba, svinja i živine; D = grejanje stanova; B = Rekreacija i balneologija; G = Staklenici;

### *Mogućnosti korišćenja hidrogeotermalne energije*

Rezultati dosad izvedenih istraživanja pokazuju da korišćenje geotermalne energije u Srbiji u energetske svrhe može biti značajno u njenom energetskom bilansu. Rezerve geotermalne energije u rezervoarima hidrogeotermalnih sistema se procenjuju na oko  $400 \times 10^6$  tona termalno ekvivalentne nafte. Postoje velike mogućnosti primene toplotnih pumpi na podzemne vode iz aluvijalnih naslaga pored većih reka. Rezerve geotermalne energije u tom resursu su za 50 odsto veće od ekvivalentne toplotne energije rečnih tokova Srbije (Milivojević, 2005).

*Tabela 3. Stanje korišćenja hidrogeotermalne energije po vrsti primene*

Vrsta korišćenja	Instalisana toplotna snaga MWt	Proizvedena toplota TJ/god
Zagrevanje prostorija (direktno korišćenje)	18,5	575
Balneologija i rekreacija	36,0	1.150
Sušenje žitarica	0,7	22
Staklenici	8,4	256
Ribarstvo i stočarstvo	6,4	211
Procesi u industriji	3,9	121
Zagrevanje toplotnim pumpama	12,0	80
UKUPNO	86,0	2.415

### *Mogućnosti korišćenja drugih geotermalnih resursa*

Pored navedenih geotermalnih resursa, na teritoriji Srbije postoje i veoma povoljne mogućnosti za eksploataciju geotermalne energije iz izdanskih voda u aluvijalnim i neogenim sedimentima, i geotermalne energije u onim delovima terena do dubine od 150 m gde nema značajnih hidrogeotermalnih kolektora i izdanskih voda. Eksploatacija tih geotermalnih resursa može se vršiti samo pomoću toplotnih pumpi. Broj korisnika ovih resursa procenjuje se na 500 do 800 hiljada. Značaj korišćenja ovih resursa je u tome što se njima oslobađaju najmanje dve trećine sadašnje potrošnje električne energije za grejanje individualnih potrošača, tj. domaćinstava. Po našoj proceni oslobodilo bi se najmanje 2.000 MW<sub>e</sub> od sadašnje ukupne snage svih elektrana, koja iznosi oko 8.200 MW<sub>e</sub>.

### *Zaključak*

Geotermalna energija u Srbiji može da odigra značajnu ulogu u povećavanju potrošnje rentabilne energije, koja je prihvatljiva sa stanovišta očuvanja životne sredine. Da bi se to postiglo, geotermalna energija mora da se uvrsti u primarne energetske resurse, tj. mora da dobije ravnopravan status sa ugljem, naftom, gasom i drugim fosilnim izvorima energije.

Eksploatacija i korišćenje geotermalne energije mora da postane imperativ, jer se radi o najvrednijoj prirodnoj energiji za čije korišćenje nije potrebna nikakva konverzija. Ona ne povećava prirodni efekat staklene bašte, ne dovodi do promena klime, ne razara ozonski omotač i ne dovodi do pojave kiselih kiša. Sve te veoma štetne efekte za okolinu, od kojih će značajno zavisiti opstanak ljudske vrste, izazivaju otpaci nastali sve većim sagorevanjem fosilnih goriva ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ).

## *Literatura*

- Alimpić, S., 1985. Geotermalna potencijalnost i korišćenje geotermalne energije u Vojvodini. Zbornik radova Simpozijuma o geotermalnoj energiji, Beograd, str. 35–41.
- Grubić, A., 1980. Geologija Jugoslavije. 26. Svetski geološki kongres, Pariz, Zbornik radova, str. 49.
- Milivojević, M., 1985. Geotermalna istraživanja granitoidnog masiva Kopaonika i korišćenje geotermalne energije za zagrevanje prostora. Projekat, RGF, nepublikovano, Beograd.
- Milivojević, M., 1989. Ocena geotermalnih resursa teritorije SRS van SAP. Doktorska disertacija. RGF. Univerzitet u Beogradu, str. 458.
- Milivojević, M., 1990. Assessment of The Geothermal Resources of Serbia. Geothermal Resources Council Transactions, Vol. 14, Part II, p. 933–936.
- Milivojević, M., 1992. Age of Tertiary Magmatism Rocks in the „Vardar Zone” on Serbian Territory using K/Ar Method and its Geothermal Importance. In: Abstracts, Vol. 3/3, 29th Intern. Geological Congress, Kyoto, Keirin Assoc., Kyoto, str. 844–845.
- Milivojević, M. & Martinović, M., 2005. Geothermal energy possibilities, exploration and future prospects in Serbia. Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, April 24–29, 2005, Antalya, Turkey.
- Radovanović, S., 1897. Podzemne vode: kolektori, izvori, bunari, termalne i mineralne vode. Srpska književna zadruga 42, Beograd, str. 152.
- Tonić, S., Milosavljević, S., Vidović, S. and Agatonović, V., 1989. Rezultati istraživanja i korišćenja geotermalnih voda u Vojvodini. Žurnal YU Komiteta Svetskog naftnog kongresa, Nafta (40), Br. 10, Zagreb, str. 593–600.

---

### ***Abstract: Serbia's Hydrothermal Resources – Untapped Riches***

*In the territory of Serbia, outside the Panonian Basin, i.e. in terrain made up of hard rock foundations, there exist 159 natural thermal water springs with temperatures exceeding 15°C. Geothermal energy in Serbia can play a significant role in increasing the consumption of profitable energy which is acceptable in view of preserving the environment.*

---

**Keywords:** natural thermal water, temperatures, research, profitable energy