

HIDROGEOTERMALNI RESURSI I TOPLOTNE PUMPE – TOPLIFIKACIONA ALTERNATIVA SRBIJE

HYDROGEO THERMAL RESOURCES & HEAT PUMPS – DISTRICT HEATING ALTERNATIVE OF SERBIA

M. MARTINOVIĆ, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd,
S. ANDREJEVIĆ, "Klima", Smederevo,

A. SALJNIKOV, M. KOMATINA, N. RUDONJA, Mašinski fakultet, Beograd, i
Z. STEVANOVIĆ, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Iako relativno mala zemlja (oko 88.000 km²), Srbija ima složen geološki i geotektonski sastav, a to je uslovalo interesantne geotermalne i hidrogeološke karakteristike njene teritorije. To je bio dovoljan preduslov da se na teritoriji Srbije stvore brojni hidrogeotermalni sistemi i savremene hidrogeotermalne pojave u vidu izvora termalnih i termomineralnih voda. Termalne i termomineralne vode se u Srbiji koriste još uvek u nedovoljnoj meri. Najveći značaj za Srbiju u bliskoj budućnosti imaće korišćenje geotermalnih resursa termalnih i termomineralnih voda za potrebe rekreacije, grejanja i toplifikacije ruralnih i urbanih populacija i akvakulture. Jedno od ekonomski i ekološki prihvatljivih i opravdanih rešenja – korišćenje kaskadne toplotne pumpe za eksploataciju toplote niskotemperaturnih geotermalnih izvora, u cilju visokotemperaturnog grejanja – analizirano je sa tehno-ekonomskog gledišta, a isto tako i sa aspekta zaštite čovekove okoline.

Although a relatively small country (approx. 88.000 km²), Serbia has a complex geological and geotectonic structure, resulting in interesting geothermal and hydro-geological characteristics of its territory. This was a sufficient precondition for creation of numerous hydro-geothermal systems and modern hydro-geothermal phenomena in the form of thermal and thermomineral water springs. Thermal and thermomineral water in Serbia is still insufficiently used. The use of geothermal resources of thermal and thermomineral waters for recreation, heating and district heating of rural and urban populations and environmentally feasible solutions is to use a cascade heat pump for exploitation of low-temperature geothermal springs in order to provide high-temperature heating. This solution was analyzed from the aspect of technology and economy as well as from the aspect of the environment protection.

Ključne reči: geotermalni izvor; toplotna pumpa; hidrogeotermički sistem; Srbija
Key words: geothermal resource; heat pump; hydrogeothermal system; Serbia

1. Uvod

Na teritoriji Srbije van Panonskog basena nalazi se preko 160 prirodnih izvora termalnih voda sa temperaturom višom od 20°C. Najvišu temperaturu 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.

Ukupna izdašnost svih prirodnih izvora je oko 4000 l/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 (slika 1). 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 do 300 m, odnosno ispod nadmorske visine +600 m nalazi se >90% od svih termalnih izvora. Uzimajući u obzir stepen istraženosti i obim korišćenja, najznačajnije nalazište geotermalne energije u Srbiji trenutno se nalazi u Vranjskoj Banji, gde se koristi u balneoterapiji i za zagrevanje kompleksa staklenika. Registrovana temperatura termalnih voda u bušotini VG-2 je 112°C. Ukupna izdašnost iznosi 80 l/s. Na osnovu dosadašnjih hidrogeotermalnih istraživanja, najperspektivnije nalazište geotermalne energije nalazi se u Mačvi i predstavlja energetski resurs čijim bi se korišćenjem mogla u značajnijoj meri supstituisati uvozna nafta i uglj. Ukupna izdašnost dosad izvedenih istražnih bušotina iznosi 170 l/s samoizliva, uz prosečnu temperaturu termalnih voda od 70°C. Geotermalna energija je čista i obnovljiva energija koja se stepenasto i višenamenski koristi. Ona se na teritoriji Srbije javlja u više vidova: u vidu toplotne energije akumulirane u izdanima, tj. prirodnim akumulacijama podzemnih termalnih voda sa temperaturom od 10°C do 90°C; u vidu toplote akumulirane u vrelin izdanskim vodama sa vodenom parom i bez nje, sa temperaturom višom od 80°C (80°C–200°C); u vidu toplote akumulirane u toplim i vrelin suvim stenama.

2. Hidrogeotermalni potencijal Srbije

Prema sadašnjem stepenu poznavanja geološkog sastava i hidrogeotermalnih karakteristika terena do dubine od 3000 m, na teritoriji Srbije postoji 60 konvektivnih hidrogeotermalnih sistema. Od tog broja, 30 se nalazi u Dinaridima, 20 u Karpato-Balkanidima, 5 u Srpsko-makedonskom masivu i 5 u području Panonskog basena, tj. u podlozi njegovih tercijarnih sedimenata (slika 1). U sedimentnim basenima koji su ispunjeni sedimentnim stenama paleogene i neogene starosti, prisutni su konduktivni hidrogeotermalni sistemi. Najveći broj od njih pripada Panonskom basenu na teritoriji Vojvodine. Ostali su manjeg značaja i uglavnom su međusobno slabo povezani, i ima ih 14.

Panonski basen. U području ove geotektonske jedinice, koja ujedno predstavlja i posebnu geotermalnu provinciju i jedan složen hidrogeotermalni konduktivni sistem, izdvojene su četiri grupe rezervoara po dubini. Prva grupa se nalazi u kvartarnim i gornjopliocenskim sedimentima ukupne maksimalne debljine do 2.000 m. Predstavljani su peskovima i šljunkovima. Maksimalna temperatura termalnih voda u njima je do 120°C. Izdašnost bušotina pri samoizlivu je 1–13 l/s. Mineralizacija termalnih voda je od 1 do 9 g/l, najčešće 3–5 g/l. Po hemijskom sastavu termalne vode su tipa HCO₃-Na. Izlazna temperatura vode pri samoizlivu iz bušotina je najčešće 40°C–55°C, a maksimalna 82°C.

Druga grupa rezervoara se nalazi u sedimentima donjeg pliocena i panona predstavljeni su pešćarima. Termalne vode u njima su tipa HCO₃-Cl-Na sa ukupnom mineralizacijom 4–20 g/l, najčešće 5–12 g/l. Maksimalne temperature termalnih voda u ovoj grupi rezervoara očekuju se do 160°C. Izdašnost termalnih voda iz bušotina pri

samoizlivu je prosečno od 2,5 do 5 l/s, a izlazna temperatura pri samoizlivu iz bušotina je prosečno 50–65°C. Treća grupa rezervoara nalazi se u bazalnom 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/l). Po hemijskom sastavu termalne vode su tipa HCO₃-Na. Izdašnost termalnih voda iz bušotina pri samoizlivu je prosečno 5–10 l/s, a izlazna temperatura geotermalnih voda je 40°C–50°C (tabela 1).

Dinaridi. U ovoj geotermalnoj provinciji najveće prostranstvo imaju stene mezozojske starosti, tj. karsni tereni od trijaskih krečnjaka i dolomita. Termalne vode u njima su male mineralizacije (<1 g/l), tipa HCO₃-Na ili HCO₃-Ca-Mg. Izdašnost izvora je velika, do 400 l/s, a istražnih bušotina do 60 l/s. Maksimalna izlazna temperatura termalne vode pri samoizlivu je do 80 °C. Drugi po značaju su rezervoari u granitoidnim intruzijama i njihovim obodnim termometamorfisanim ispućalim zonama. Termalne vode u njima su male ukupne mineralizacije (>1 g/l), tipa HCO₃-Na, sa maksimalnom izdašnošću do 15 l/s. Maksimalna izlazna temperatura termalnih voda je do 78°C.

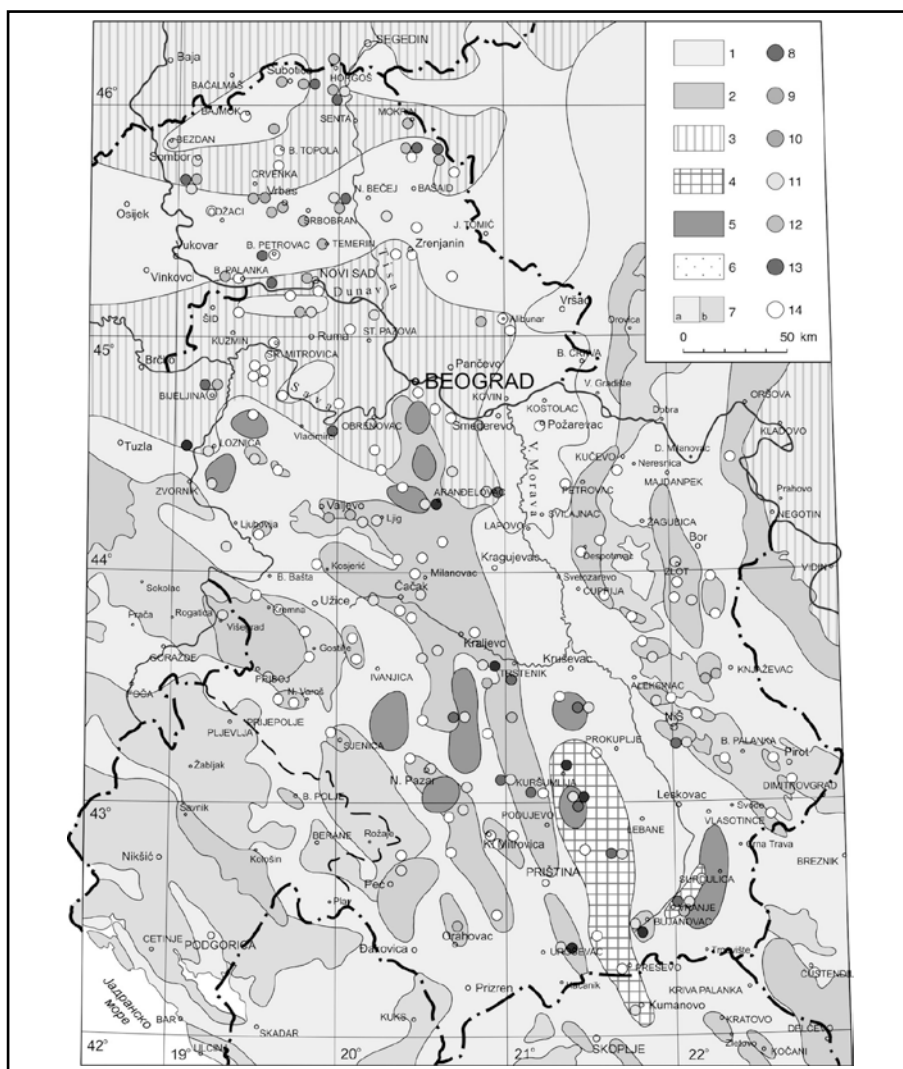
Srpsko-makedonski masiv. U ovoj geotermalnoj provinciji prisutna su dva tipa hidrogeotermalnih sistema. Prvi sistem formiran u metamorfnom kompleksu protezojske starosti sa rezervoarom u mermerima i kvarcitima debljine do 1500 m. Termalne vode u njemu imaju ukupnu mineralizaciju od 5 do 6 g/l. Po hemijskom sastavu, one su tipa HCO₃-Na-Cl. Temperatura termalnih voda na izvorima je od 24°C–72°C. Drugi tip hidrogeotermalnih sistema je formiran u kontaktnim i obodnim zonama granitoidnih intruzija neogene starosti. Rezervoare predstavljaju granitoidne stene, metamorfne i kontaktnometamorfne stene intenzivno ispućale usled zagrevanja i hlađenja. Termalni izvori Vranjske Banje pripadaju ovom tipu sistema i imaju najveću temperaturu u Srbiji, 80°C–96°C. Mineralizacija termalnih voda je od 0,1 do 1,2 g/l. Termalne vode su tipa HCO₃-Na-SO₄-Cl. Izdašnost izvora je do 80 l/s.

3. Sadašnje stanje korišćenja hidrogeotermalne energije

Korišćenje geotermalne, odnosno hidrogeotermalne energije ili termalnih voda u Srbiji vrši se uglavnom na tradicionalan način, tj. najviše u balneološke i sportsko-rekreacione svrhe (tabela 1). U Srbiji danas ima 59 banja gde se termalne vode koriste za balneološke, sportsko-rekreacione i turističke svrhe. U 15 njih postoje veoma moderni rehabilitacioni centri. Korišćenje geotermalne energije za grejanje i druge energetske svrhe je u početnoj fazi i veoma skromno u odnosu na potencijal i resurse. U hidrogeotermalnom sistemu Panonskog basena termalne vode se koriste na 23 lokalitet uglavnom u balneološke svrhe i sporadično u energetske svrhe. Van Panonskog basena termalne vode se koriste za grejanje na nekoliko lokaliteta (Vranjska Banja, Niška Banja, Kuršumlijska banja, Sijarinska banja itd.). Ukupna instalisana toplotna snaga na svim lokalnostima gde se vrši direktno korišćenje iznosi 74 MW_t, a sa toplotnim pumpama 86 MW_t [1].

4. Najperspektivnija područja za intenzivno korišćenje hidrogeotermalne energije

Rezultati dosad izvedenih istraživanja pokazuju da korišćenje geotermalne energije u Srbiji u energetske svrhe može biti značajno u njenom energetskom bilansu i



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

Tabela 1. Stanje korišćenja hidrogeotermalne energije u Srbiji (vrsta korišćenja: I = industrija; A = sušenje poljoprivrednih proizvoda; F = uzgoj riba, svinja i živine; D = grejanje stanova; B = rekreacija i balneologija; G = staklenici)

Lokalnost	Vrsta korišćenja	Izdašnost, kg/s	Temperatura, °C		Iskorišćena energija, TJ/god.
Kanjiža – 1	D/B	5,0	41	26	9,89
Kanjiža – 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

da zbog toga država treba da izradi strategiju i politiku prema ovom resursu. Pojedina područja u Srbiji posebno su interesantna u pogledu korišćenja geotermalne energije kao što su sledeća.

Područje Mačve. Za intenzivno korišćenje termalnih voda u poljoprivrednoj kulturi i akvakulturi i za toplifikaciju naselja najbolje su mogućnosti na područjima Posavine, Srema i Mačve. Rezervoar su trijaski krečnjaci i dolomiti debljine >500 m, koji leže ispod neogenih sedimenata. Na osnovu hidrogeotermalnog modela procenjuje se da je termalni potencijal Mačve oko 500 MWt [2].

Područje Niške kotline. Geotermalnim istraživanjima za potrebe proširenja kapaciteta lečilišta u Niškoj Banji utvrđeno je prisustvo nalazišta termalnih voda na dubini od 470 do 500 m sa prosečnom temperaturom od oko 40°C u Niškoj kotlini istočno od Niša prema Sićevu. Prostranstvo nalazišta iznosi oko 65 km². Rezerve termalnih voda i geotermalne energije nisu egzaktno utvrđene, ali prema prvoj preliminarnoj oceni iznose oko 60 MW termalne snage. Toplifikacija istočnog dela grada Niša može se vršiti sa termalnim vodama iz pomenutog nalazišta. Za ove potrebe na lokacijama za korišćenje može se obezbediti najmanje 25 MW.

Područje Vranja. Geotermalna energija sa lokaliteta Vranjska Banja može se veoma uspešno koristiti za toplifikaciju naselja Vranjska Banja i Vranje. Termalne vode koje ističu u Vranjskoj Banji na prirodnim izvorima i dosada izvedenim bušotinama imaju termalnu snagu od oko 30 MW. Velika je verovatnoća da se novim geotermalnim istraživanjima mogu dobiti još znatno veće eksploatacione količine geotermalne energije.

Područje Debrca. U Debrcu je otkriveno geotermalno nalazište termalnih voda sa temperaturom od 55°C. To nalazište se prema postojećim saznanjima prostire na celom području Posavo-Tamnave i južnog Srema. Na području Debrca one se procenjuju na oko 50 MW termalne snage. Otkrivene količine termalnih voda od 50 l/s u Debrcu sa temperaturom od 55°C mogu se koristiti u PIK "7. juli" za sušenje poljoprivrednih proizvoda i za zagrevanje staklenika i plastenika, kao i za toplifikaciju naselja Debrac.

Područje banje Vrujci. Banja Vrujci se nalazi unutar geotermalnog nalazišta termalnih voda koje se prostire između Valjeva i Ljiga. Rezerve termalnih voda u banji Vrujci iznose 60 l/s sa temperaturom od 26°C. One se mogu koristiti za proširenje kapaciteta sportsko-rekreativnih objekata, kao i za toplifikaciju celog naselja uz primenu toplotnih pumpi sa toplotnom snagom od 27 MW uključujući i termalne vode koje ističu na prirodnim izvorima u količini do 400 l/s.

Područje Ljiga. Ljig se nalazi na istočnom delu velikog gore pomenutog nalazišta termalnih voda, koje se prostire preko Vrujaca i Mionice sve do Valjeva. Otkrivene količine termalnih voda u Ljigu koriste se za balneološke i sportsko-rekreativne svrhe. Rezultati započetih istraživanja ukazuju da se može koristiti oko 25 MW termalne snage za potrebe toplifikacije celog Ljiga i za potrebe višestrukog povećanja sadašnjih balneoloških i sportsko-rekreativnih kapaciteta.

Područje Beograda. Procenjuje se da se ispod Beograda nalaze nalazišta termalnih i termomineralnih voda sa temperaturom višom od 80°C. Perspektivne lokacije na teritoriji grada za korišćenje geotermalne energije su Novi Beograd i Zemun,

Višnjica, dolina Topčiderske reke i Kalemegdan. Posebno atraktivne lokacije za korišćenje geotermalne energije su Veliko ratno ostrvo i Ada ciganlija.

Područje Kuršumlijske banje. Geotermalna istraživanja u Kuršumlijskoj banji dala su veoma dobre rezultate, jer su dobijene količine termomineralnih voda od 21 l/s temperature 68°C. Danas se termomineralne vode koriste za balneološke svrhe i za grejanje velikog zdravstveno-banjskog centra. Toplotna snaga termomineralnih voda iznosi 4,5 MW. U okolini banje postoje mogućnosti za iznalaženje termalnih voda sa temperaturom od 120°C do 140°C.

Područje Jošaničke banje. Termalne vode prirodnih izvora i izvedenih bušotina u Jošaničkoj Banji imaju ukupnu toplotnu snagu od 7,5 MW. Ocena nalazišta nije završena. Ove vode se koriste simbolično samo za balneološke potrebe. Postojeća toplotna snaga može se koristiti za toplifikaciju celog naselja Jošanička banje. Geotermalne indikacije su takve da se nakon izvedenih geotermalnih istraživanja iz ovog nalazišta može eksploatisati geotermalna energija sa termalnom snagom od 20 MWt. Ta energija se može ekonomično koristiti za toplifikaciju hotelsko-turističko-smučarskog centra na Kopaoniku. U području njenog nalazišta postoje mogućnosti iznalaženja termalnih voda temperature do 130°C.

Prikazani su potencijali samo nekih područja u Srbiji koji su se na osnovu dosadašnjih istraživanja pokazali kao najinteresantniji.

Prognozne minimalne rezerve toplotne energije u termalnim vodama Srbije iznose kao termalni ekvivalent oko 420 miliona tona nafte, tj. ista količina toplotne energije bi se dobila sagorevanjem te iste količine nafte. Ako se uzmu u obzir i geotermalni potencijali teritorija Vojvodine i Kosova, onda ukupne ekvivalentne prognozirane minimalne rezerve iznose više od 550 miliona tona nafte.

5. Zaključak

Potencijal hidrogeotermalnih resursa Srbije izuzetno je veliki. Dosadašnje korišćenje potencijala je minorno u odnosu na mogućnosti. U najvećem broju slučajeva geotermalna energija se koristi u balneoterapeutske svrhe. Industrijsko korišćenje i korišćenje geotermalne energije u toplifikacione svrhe je vrlo malo. Imajući u vidu samo istražene i dokazane hidrogeotermalne resurse moguće je proizvesti oko 1000 MWt.

Literatura

- [1] **Milivojević, M. & M. Martinović,** 2005, *Geothermal energy possibilities, exploration and future prospects in Serbia*, Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, April 24–29, 2005, Antalya, Turkey.
- [2] **Martinović, M. & M. Milivojević,** 1998, *Hidrogeotermalni model Mačve*, XIII kongres geologa Jugoslavije, Herceg Novi, knj. V, Hidrogeologija i inženjerska geologija, Crnog. geol. dr. & Savez geoloških društava Jugoslavije, str. 625–636.

kggh