

Dragan T. STOJILJKOVIĆ¹, Nebojša Č. MITIĆ²,
Andrija ŠMELCEROVIĆ³, Biljana KALIČANIN⁴

GEOTERMALNE VODE SIJARINSKE I VRANJSKE BANJE, SKLONOST KA STVARANJU NASLAGA U INSTALACIJAMA

Sažetak: Geotermalne vode Sijarinske i Vranjske banje imaju značajan energetski potencijal. Bušotina B–4 u Sijarinskoj banji ima mogućnost za iskorišćenje do 30 L/s vode temperature 75 oC. U Vranjskoj banji je bušotina VG–2 sa protokom do 27 L/s temperature od 95 oC. Ispitivan je njihov sastav i sklonost ka stvaranju naslaga u cijevnim instalacijama. Ispitivanje sastava vršeno je standardnim fizičko-hemijskim metodama. Određen je Lanželijeov indeks zasićenja (L. I.) i Riznerov indeks stabilnosti (R. I.) kao mjera sklonosti ka stvaranju naslaga. Vrijednosti L. I. i R. I. za geotermalnu vodu iz bušotine B–4 su 1.45 i 4.6. Za bušotinu VG–2 vrijednosti L. I. i R. I. su 0.44 i 6.42. U eksperimentalnim uslovima ispitivanja prolaskom kroz cijevnu instalaciju geotermalne vode iz VG–2, nije došlo do stvaranja naslaga. Dobijene vrijednosti pokazuju da je geotermalna voda Vranjske banje (VG–2) povoljnija za korišćenje u cijevnim instalacijama, jer pokazuje malo izraženu sklonost ka stvaranju naslaga.

Ključne riječi: stvaranje naslaga, geotermalna voda, smanjenje naslaga, L. I., R. I.

1. UVOD

Geotermalna energija kao obnovljivi izvor energije očekuje se da ima sve značajniju ulogu usljed dostupnosti i neškodljivosti po životnu sredinu. Geotermalna energija ima brojne prednosti u odnosu na tradicionalne izvore energije, koji su bazirani na fosilnim, neobnovljivim gorivima. Najveća prednost geotermalne energije je što su njene zalihe praktično neiscrpane kao i mali uticaj na okolinu.

¹ Prof. dr Dragan T. Stojiljković, Tehnološki fakultet, Bul. oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija

² Mr Nebojša Č. Mitić, Tehnološki fakultet, Bul. oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija

³ Dr Andrija Šmelcerović, Medicinski fakultet, Bul. Z. Đinđića 81, 18000 Niš, Srbija

⁴ Dr Biljana Kaličanin, Medicinski fakultet, Bul. Z. Đinđića 81, 18000 Niš, Srbija

Veliki problem većem korišćenju ovog vida energije predstavlja stvaranje naslaga-depozita proticanjem geotermalne vode kroz cijevne instalacije [1–3]. Stvaranjem naslaga smanjuje se protok, unutrašnji prečnik cijevi a smanjuje se i prenos toplote sa vode na zid cijevi. Time se smanjuje i efikasnost iskorišćenja ukupnog potencijala geotermalne energije. Kao mjera sklonosti ka stvaranju naslaga može da se koristi Lanželijeov indeks zasićenja i Riznerov indeks stabilnosti [4–6].

Sijarinska i Vranjska banja se nalaze na jugu Srbije. U Sijarinskoj banji ima 15 izvora mineralne vode različitog hemijskog sastava i temperature [7,8]. Pored primjene u liječenju različitih oboljenja, geotermalna voda Sijarinske banje se koristi za zagrijavanje tamošnjeg hotela „Gejzer” i za zagrijavanje otvorenog bazena.

Vranjska banja posjeduje 4 veća izvora geotermalne vode, različite temperature i sastava, čija izdašnost se kreće od 6 do 44 L/s.

Oni se koriste se za zagrijavanje Centra za rehabilitaciju i liječenje, hotela, zdravstvenog centra, škole kao i za zagrijavanje staklenika za uzgoj cvijeća.

U ovom radu korišćene su geotermalna voda Sijarinske banje bušotina B–4 (sa dubine od 1232 m, temperature 75 °C i izdašnosti 6 L/s) i iz Vranjske banje bušotina VG–2 (sa dubine 867 m, temperature 95 °C i izdašnosti do 27 L/s).

2. SASTAV GEOTERMALNE VODE

Ispitivane su fizičko-hemijske karakteristike geotermalne vode Sijarinske banje, bušotine B–4, i Vranjske banje, bušotine VG–2, standardnim metodama a rezultati su dati u Tabeli 1.

Tabela 1. Usporedni pregled ispitivanja geotermalne vode bušotine B–4 iz Sijarinske banje i VG–2 iz Vranjske banje

	Komponenta	B–4 Sijarinska banja	VG–2 Vranjska banja
		16. 09. 2009.	05. 11. 2010.
Sastojak, mg/L	Natrijum	1042,6	880,5
	Kalcijum	43,8	20,9
	Magnezijum	13,4	2,08
	Kalijum	43	339,9
	Gvožđe	0,2	0,12
	Bikarbonati	2812	408,7
	Hloridi	85,1	42,4
	Sulfati	89,1	60
	Amonijak	0,10	0,10
	Suvi ostatak	2979	1053
Veličina	pH	7,5	7,3
	Ukupna tvrdoća, °DH	9,24	3,41
	Stalna tvrdoća, °DH	0,95	0,61
	m-alkalitet, cm ³ 0,1 M HCl /dm ³	461	67
	Elektroprovodljivost, μS /cm	4370	1240
	Mutnoća, NTU	3	1,3

3. SKLONOST GEOTERMALNE VODE KA TALOŽENJU

U pogledu sklonosti ka taloženju i korozijskog dejstva vode za karakterizaciju se koriste Lanželijeov (*Langelier*) indeks zasićenja i Riznerov (*Ryzner*) indeks stabilnosti (procjena o sklonosti ka taloženju kalcijum-karbonata na metalnim materijalima) [4, 5].

Pozitivna vrijednost Lanželijeovog indeksa (0,44–1,45) ukazuje da ispitivana voda nije agresivna, ne rastvara zaštitni sloj kalcijum-karbonata (koji je istaložen po zidovima cijevi), nema sklonost ka korozijski. Riznerov indeks (4,60–6,42) pokazuje da ispitivana voda ima izraženu sklonost ka taloženju karbonata. Ovi rezultati su upoređivani sa stvarnim ponašanjem geotermalne vode tokom protoka kroz cijevnu instalaciju u eksperimentalnim uslovima.

Tabela 2. Vrijednosti pH, Lanželijeovog (L. I.) i Riznerovog indeksa (R. I.) geotermalne vode bušotine B–4 i VG–2

Bušotina (naziv lokacije)	B–4, Sijarinska banja.	VG–2, Vranjska banja
Temperatura, °C	75	95
pH vrijednost	7,5	7,3
pHs	6,05	6,86
L. I.	1,45	0,44
R. I.	4,60	6,42

U ovom radu laboratorijski eksperimenti su izvođeni pri protoku geotermalne vode od 0,015 L/s i temperaturi vode od 60(±0,1)°C kroz staklenu cijev „zmijastog” oblika dužine 230 cm i prečnika cijevi 10 mm u periodu od 6 h, i na instalaciji geotermalne vode u Sijarinskoj banji.

Strujanje geotermalne vode je omogućeno pomoću peristaltne pumpe Tesa S. A. (Renens, Švajcarska). Broj obrtaja peristaltne pumpe je bio regulisan potenciometrom Symmetry SK 313 karakteristika: max snaga 400 W, napon 230 V i učestanosti 50 Hz. Termoregulacija je vršena pomoću aparata SYMMETRY Termoregulator SK 302 (Leskovac, Srbija), sljedećih karakteristika: temperaturni opseg 1–200 °C, napajanje 230 V i 50 Hz, izlaz 230–2000 V, senzor Pt 100.

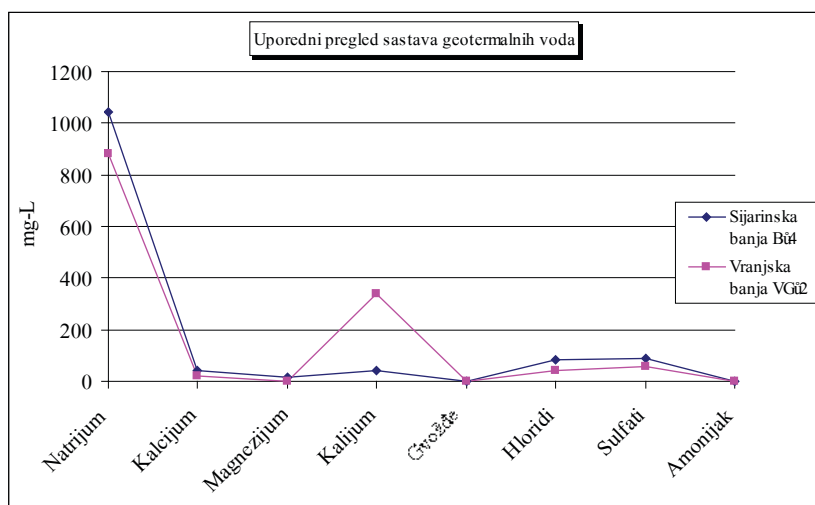
Određivanje sadržaja kalcijuma u ukupnom depozitu:

Sadržaj kalcijuma u ukupnom depozitu je određivan potenciometrijskom titracijom na aparatu 848 Titrimo plus (Metrohm ion analysis, Switzerland) pri sljedećim parametrima: minimalno injektiranje 10 µL, signal drift 10 mV/min, vrijeme ujednačavanja 52 s, temperatura 25°C, granica detekcije 1 10⁻⁶ g/L.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Geotermalna voda Sijarinske (bušotina B–4) i Vranjske banje (VG–2) imaju veličinu pH vrijednosti (7,5 odnosno 7,3) koje pokazuju slabo alkalnu reakciju. Prema temperaturi (75 i 95°C) spadaju u hipertermne geotermalne vode.

Elektroprovodljivost (4370 i 1240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 20°C) i ukupan suvi ostatak (2979 i 1053 mg/L) svrstava ih u mineralne vode sa visokom mineralizacijom. Po ukupnoj tvrdoći (9,24 i 3,41°dH) ove vode spadaju u umjereno tvrde. Od katjona najzastupljeniji je natrijumov Na^+ (1042,6 i 880,5 mg/L), a od anjona bikarbonatni HCO_3^- (2812 i 408,7 mg/L). Razlika prema ukupnoj tvrdoći može se objasniti razlikom u sadržaju bikarbonata.



Slika 1. Uporedni prikaz hemijskog sastava geotermalnih voda

Razlika u koncentraciji kalijuma (43 i 339,9 mg/L) i m-alkalitetu (461 i 67 cm^3/L) je jedan od pokazatelja različitog ponašanja geotermalnih voda B–4 i VG–2.

U laboratorijskim uslovima, pri protoku geotermalne vode Sijarinske banje (B–4), kroz staklenu cijev „zmijastog” oblika, došlo je do stvaranja naslaga-depozita. Naime, sadržaj ukupnog depozita u navedenoj cijevi je iznosio 2,07 g. Srednja vrijednost sadržaja kalcijuma u depozitu koji se nataložio tokom izvođenja eksperimenata iznosila je 43,24 mg.

U laboratorijskim uslovima pri protoku geotermalne vode Vranjske banje (VG–2) kroz staklenu cijev nije došlo do stvaranja naslaga-depozita.

Na instalaciji geotermalne vode u Sijarinskoj banji, pri strujanju vode kroz prohromsku nemagnetičnu cijev prečnika 1”, protoka od 0,15 L/s i temperature 75 °C

u periodu od 10 dana u cijevi dužine 1 m, ustanovljen je sadržaj ukupnog depozita od 157 g. Srednja vrijednost sadržaja kalcijuma u depozitu iznosila je 1422,2 mg.

ZAKLJUČAK

U radu su ispitivane geotermalne vode Sijarinske i Vranjske banje, njihov fizičko-hemijski sastav i sklonost ka stvaranju naslaga u cijevnim instalacijama. Najprisutnije komponente su Na^+ , Ca^{2+} , K^+ i Mg^{2+} od katjona i HCO_3^- , SO_4^{2-} i Cl^- od anjona. Vrijednosti L. I. i R. I. za geotermalnu vodu iz bušotine B-4 su 1.45 i 4.6. Za bušotinu VG-2 vrijednosti L. I. i R. I. su 0.44 i 6.42. Pri protoku geotermalne vode iz B-4 došlo je do obrazovanja naslaga, što se poklapa sa ponašanjem geotermalne vode i u realnim uslovima na instalaciji. U eksperimentalnim uslovima ispitivanja prolaskom kroz cijevnu instalaciju geotermalne vode iz VG-2, nije došlo do stvaranja naslaga. Dobijene vrijednosti pokazuju da je geotermalna voda Vranjske banje (VG-2) povoljnija za korišćenje u cijevnim instalacijama, jer pokazuje malo izraženu sklonost ka stvaranju naslaga.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta koji finansira Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, TR-33034.

LITERATURA

- [1] Alimi, F., Tlili, M., Amor, M. B., Gabrielli, C., Maurin, G., Influence of magnetic field on calcium carbonate precipitation, *Desalination*, 206 (2007), 1-3, pp. 163-168.
- [2] Fathi, A., Mohamed, T., Claude, G., Maurin, G., Mohamed, B. A., Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate, *Water Research*, 40 (2006), 10, pp. 1941-1950.
- [3] Kronenberg, J. K., Experimental evidence for effects of magnetic fields on moving water, Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) Conference: Transactions on Magnetism, Vol. 21, No. 5, 1985, pp. 2059-2061.
- [4] Milanović P., 2002, „Materijali i oprema za korišćenje geotermalne energije”, Monografija, IHTM, Beograd, s. 53-59.
- [5] Кулийски, М. А., Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды, Наукова Думка, Киев 1980.
- [6] Işık, L. C., Dobersek, D., Influence of magnetic field on the aragonite precipitation, *Chemical Engineering Science*, 62 (2007), 7, pp. 2089-2095.
- [7] Stojiljković T. D., Stojiljković T. S., Mitić Č. N., Pejić M. D., Đurović-Petrović M., 2006, „Pilot plant for exploitation of geothermal waters”, „Thermal Science”, 10 (2006), 4, s. 195-203.

- [8] Stojiljković T. D., Stojiljković T. S., Mitić Č. N., Pejić M. D., Đurović-Petrović M., 2005, „Analiza fizičko-hemijskih parametara geotermalne vode Sijarinske banje sa aspekta iskorišćenja toplotne snage”, IV ENEKO, *Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene*, Budva, s. 231–236.

SIJARINSKA AND VRANJSKA SPA GEOTHERMAL WATERS, TENDENCY TO DEPOSIT FORMATION IN INSTALATIONS

Abstract: Geothermal water is Sijarinska and Vranjska Spa was having a significant energy potential. Well B–4 in Sijarinska spa is able to exploit to 30 L/s of water temperature 75 oC. The Vranjska spa was well VG–2 with flow up to 27 L/s temperature of 95°C. This worked there are structure and tendency to create deposits in the pipe installation. Investigation of the composition was performed by standard physical and chemical methods. Was determined by the saturation index (L. I.) and Ryzner stability index (R. I.) and measure of the tendency to create deposits. Values R. I. and R. I. wells B–4 and VG–2 for this geothermal water are 1.45 and 4.6, and 0.44 and 6.42, respectively.

The experimental conditions of test tube passing through the installation of geothermal water from VG–2 did not come to the deposits. The obtained values show that the geothermal water of Vranjska Spa (VG–2) was more favorable for use in pipe installations, since it shows a little strong preference towards the creation of deposits.

Key words: *deposits formation, geothermal water, deposits decrease, L. I., R. I.*