

PILOT POSTROJENJE ZA KORIŠĆENJE GEOTERMALNE VODE SIJARINSKE BANJE

*Dragan T. Stojiljković,¹ Staniša T. Stojiljković,¹ Nebojša Č. Mitić,¹
Dragan T. Pejić,¹ Maja Đurović-Petrović²*

SAŽETAK:

Geotermalna voda Sijarinske banje, bušotina B-4, sa temperaturom 75⁰C i protokom od 25 l/s iscrpljivanjem vode do 37⁰C može da se koristi za rad postrojenja za sušenje (šargarepe, jabuke, peršuna, celera) zagrejanim vazduhom.

Ključne reči: *geotermalna voda, toplotna energija, sušenje, pilot postrojenje.*

1. UVOD

Pod geotermalnom energijom podrazumevamo energiju akumuliranu u fluidima i masama stena u zemljinoj kori. Postojanje geotermalnih fluida i mogućnosti njihovog korišćenja poznati su u svetu još od davnina. Osnovne prednosti pri korišćenju geotermalne energije u odnosu na klasične izvore energije su manje zagađenje prirodne sredine i znatno niži troškovi eksploatacije.

Geotermalni izvori Sijarinske banje bili su poznati i korišćeni još iz doba Rimljana i Sasa. U ovoj banji postoji oko 15 izvora mineralne vode. Sa stanovišta korišćenja toplotne energije najpovoljniji izvor je bušotina B-4.

Danas se geotermalni potencijal duboke bušotine B4 koristi na sledeći način. Ka hotelu se, cevovodom od PVC cevi, odvodi 5 do 6 litara u sekundi geotermalne vode temperature od 75-76⁰C. U izmenjivačkoj podstanici (pločasti razmenjivači) deo energije geotermalne vode predaje se vodi sistema centralnog grejanja hotelskog

¹ Tehnološki fakultet, Bulevar oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija

² Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine

objekta. Napred pomenut protok geotermalne vode dovoljan je za grejanje celog hotela. Samo u izuzetno hladnim danima potrebno je dogrevanje.

Treba napomenuti da je ceo primarni deo hotelskog grejanja izveden u varijanti duplirane instalacije – u datom trenutku aktivan je samo jedan cevovod i jedan razmenjivač, dok je drugi u rezervi ili se na njemu vrše remontni radovi. Analizom hemijskog sastava i temperature geo vode, a s obzirom na dužinu primarnog cevovoda, razumljiv je razlog dupliranja instalacije. Geotermalna voda pokazuje izuzetnu sklonost ka zaprljanju cevovoda. Iskustvo službe održavanja ovog sistema nam govori da se godišnje na zidove instalacija taloži od par pa do dvadesetak centimetara kalcijum-karbonata – aragonita.



Slika 1: Bušotina B-4 (izgled iz 1991. god.)



Slika 2: Bušotina B-4 danas

2. GEOTERMALNA ENERGIJA

Geotermalna voda sa bušotine B-4 je temperature 75-78⁰C, protoka oko 30 l/s, pH-vrednosti 7,13 - 7,8. Od katjona najzastupljeniji je natrijumov, Na⁺ (1083,17 - 1050 mg/l), a od anjona bikarbonatni, HCO₃⁻ (3050 - 3000 mg/l). Sa-drži i čitavu paletu mikroelemenata i to: Li, Rb, Sr, Mn, Ni, Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Al, As, Hg, Be, Se. Litijum (Li) je prisutan sa 1,26 mg/dm³, stroncijum (Sr) sa 2,4 mg/ dm³, a rubidijum (Rb) sa 0,34 mg/dm³ [1].

Tabela 1: Izvori/bušotine geotermalne vode Sijarinske banje

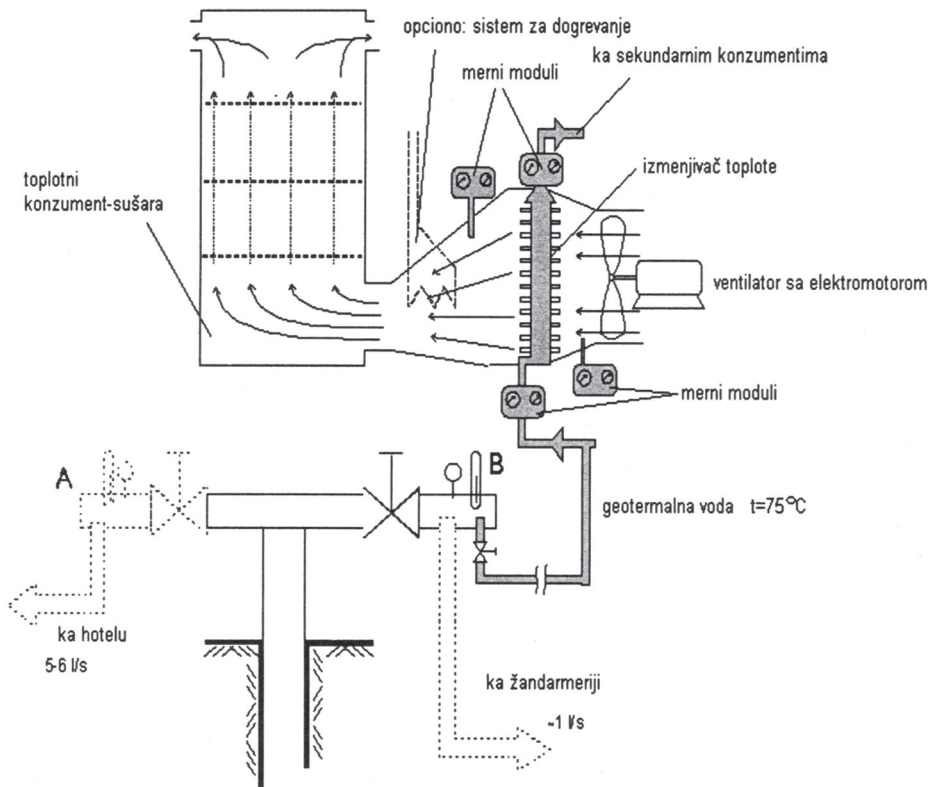
Izvor/bušotina	Temperatura, °C	Izdašnost, l/s
Snežnik	21	0,013
Suzica	28	0,0054
Zdravlje	24	0,009
Jablanica	34	0,103
Veliki Gejzer	71	2,8
Glavni izvor	63	0,007
Inhalator	65	0,8
Sn-2a	65,5	0,08
Borovac	42	0,24
Spas	31,2	0,013
Raj	26	0,013
Aragon	64	0,02
Bunar A-1	65	1,75
Bunar A-2	61	1,0
Bušotina B-4	75	30
UKUPNO		36,8334

Za pretpostavljenu stabilnu izdašnost od 25 litara u sekundi i temperaturu od 75 °C hlađenjem vode iz bušotine B-4 do temperature od 37 °C moglo bi se dobiti oko 8MW. Pri ovim vrednostima protoka prigušenje bušotine bi bilo reda 1,5 bar. Minimalna temperatura na izlazu iz izmenjivača toplote iznosi 37⁰C da bi se očuvala biološka stabilnost geotermalne vode, odnosno da ne bi došlo do biozaprljanja sistema.

3. TEHNOLOŠKA SHEMA PILOT POSTROJENJA

Kako se sa slike 3 vidi geotermalna voda se sa bušotine vodi u izmenjivač toplote, gde geotermalna voda predaje deo toplotne energije. Izmenjivač toplote

je cevastog tipa sa lamelastom ispunom. Vazduh pogonjen ventilatorom opstrujava oko lamela i cevi, zagreva se i odvodi toplotu do toplotnog konzumenta (npr. sušare). Radi upravljanja procesom sušenja materijala potrebno je praćene fizičkih karakteristika vazduha (temperatura, relativna vlažnost, protok) ispred i iza izmenjivača, kao i praćenje parametara geotermalne vode na ulazu i izlazu iz izmenjivača. Zbog relativno niske temperature geotermalne vode limitirana je i maksimalna temperatura toplotnog vazduha koja se u izmenjivaču može postići. Kako funkcionalnost i primenljivost sušare ne bi bila dovedena u pitanje predviđeno je i mesto za ugradnju elemenata za dogrevanje suvog vazduha, ukoliko se za tim bude ukazala potreba.



Slika 3: Shema postrojenja

Kako se sa slike 1 vidi, geotermalna voda se sa bušotine vodi u izmenjivač toplote, gde geotermalna voda predaje deo toplotne energije. Izmenjivač toplote je cevastog tipa sa lamelastom ispunom. Vazduh pogonjen ventilatorom opstrujava oko lamela i cevi, zagreva se i odvodi toplotu do toplotnog konzumenta (npr. sušare). Radi upravljanja procesom sušenja materijala potrebno je

praćenje fizičkih karakteristika vazduha (temperatura, relativna vlažnost, protok) ispred i iza izmenjivača, kao i praćenje parametara geotermalne vode na ulazu i izlazu iz izmenjivača. Zbog relativno niske temperature geotermalne vode limitirana je i maksimalna temperatura toplog vazduha koja se u izmenjivaču može postići. Kako funkcionalnost i primenljivost sušare ne bi bila dovedena u pitanje, predviđeno je i mesto za ugradnju elemenata za dogrevanje suvog vazduha, ukoliko se za tim bude ukazala potreba.

4. PRETHODNI PRORAČUN CEVASTOG IZMENJIVAČA TOPLOTE SA LAMELARNIM ISPUNAMA

Za pretpostavljene parametre sušenja šargarepe:

- temperatura sušenja - $t_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- vreme (ciklus) sušenja - $\tau = 4 \text{ cara}$
- kapacitet robe (sušare) - oko 20 kg/ciklusu
- procenat vlage u sirovom materijalu - šargarepi: 85%,
- procenat vlage u materijalu na kraju sušenja: 6 %.
- potreban protok geotermalne vode za rad pilot postrojenja iznosi oko 0.03 l/s.

U toku jednog ciklusa sušenja odvedena količina vlage, m_r :

$$m_r = 20 \cdot (0.85 - 0.06) = 15.8 \text{ kg}_w$$

Odvedena količina vlage za 1 sat/1 sekundu:

$$\dot{m}_r = \frac{m_r}{\tau} = \frac{15.8}{4} = 3.95 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 0.001097 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Latentna toplota potrebna da vlaga napusti materijal, po Rebinderu, Krišeru i Kiju:

$$r = 4000 \div 10000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Usvajamo latentnu toplotu šargarepe: $r = 4000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Potrebna količina toplote: $Q = \dot{m}_r \cdot r = 0.001097 \cdot 4000 \cdot 10^3 = 4388 \text{ W}$.

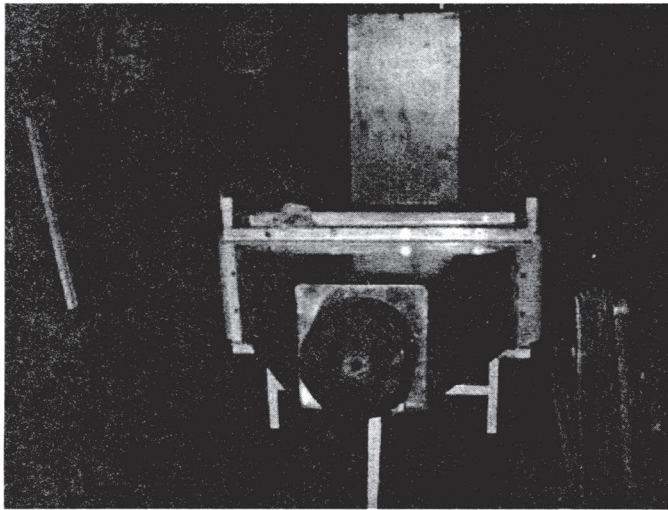
Specifična toplota vazduh: $C_p = 1200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Temperatura spoljnjeg vazduha: $t_1'' = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta t'' = 50 - 15 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$.

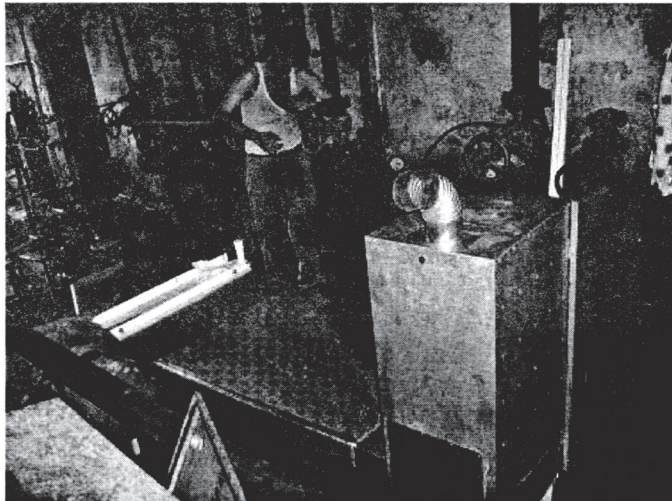
Potreban protok vazduha: $m = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t''} = 0.1505 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 541.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$.

$$\text{Potreban protok geotermalne vode } \dot{V} = \frac{Q}{\rho \cdot c_{pgv} \cdot \Delta t_{gv}} = \frac{5000}{1 \cdot 4186 \cdot 40} = 0.029 \frac{l}{s}.$$

Potreban protok geotermalne vode za rad pilot postrojenja iznosi oko 0.03 l/s.



Slika 4: Frontalni izgled postrojenja



Slika 5: Još jedan izgled postrojenja

Tabela 2: Uperedni pregled teorijskih prinosa različite robe za sušenje korišćenjem geotermalne vode, očekivani rezultati

Roba za sušenje	Šargarepa	Jabuka	Malina	Šljiva	Peršun (list)	Celer (list)
Početni sadržaj vlage, %	85	86,30	80,33	85	91	92
Krajnji sadržaj vlage, %	6	18	18	20	6	6
Latentna toplota, kJ/kg	4000	7000	7000	7000	5000	5000
Potrebna količina toplote, W	4388	6650	6062	6321	5905	5970
Potreban protok vazduha, kg/h	376,1	570	516	541,8	506,14	511,7
Prinos u odnosu na 20 kg robe	4,2	3,23	4,64	3,60	1,91	1,70

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu proračuna izmenjivača toplote sa protokom geotermalne vode od samo 0.03 l/s ostvaruje se toplotna snaga od oko 5000 W, sniženjem temperature geotermalne vode na izlazu iz izmenjivača na 30°C. Za industrijsko postrojenje pod istim uslovima razmene toplote korišćenjem protoka geotermalne vode od npr. 15l/s, raspoloživa toplotna snaga od 2,5 MW. U slučaju da se ide sa maksimalnom izdašnošću (protokom) or 30 l/s, pod istim uslovima dobila bi se raspoloživa snaga od 5 MW.

Na osnovu ovoga izvodi se zaključak de se u Sijarinskoj banji može urditi industrijsko postrojenje za korišćenje geotermalne vode.

Postoji ideja da se pored same bušotine B-4 uradi zmenjivačka stanica sa maksimalnim kapacitetom, odakle bi se toplotna energija do daljih potrošača transportovala hemijski pripremljenom vodom, kako bi se izbeglo stvaranje velikih naslaga u cevovodima.

Ako se uzme u obzir i mogućnost eksploatacije i CO₂ koga ima u odnosu 1:4.4 u odnosu na vodu, onda su efekti znatno veći.

Pošto geotermalna voda napušta izmenjivačku stanicu hotela Gejzir sa relativno visokom temperaturom, koja se kreće preko 65°C, tu vodu je moguće temički još iscrpsti. Toplotna snaga koja na ovaj način odlazi u kanal iznosi oko 0.62 MW za protok od 6l/s i pad temperature u izmenjivaču sa 65°C na 40°C.

6. LITERATURA

- [1] Milanović, P.: „*Materijali i oprema za korišćenje geotermalne energije*”, Monografija, IHTM, Beograd 2002, 53-59.
- [2] „*Elaborat o eksploatacionim rezervama termomoneralnih voda izvora Sijarinske banje*”, Geozavod, Leskovac-Beograd 1993.
- [3] Robert & Roberta H.L.H.: „*Combining Indexes for Cooling Water Evaluation*”, C. E., USA, 1991.
- [4] Stojiljković, T.D., Pejić, D., Stojiljković, T.S., Stanković, S., Đurović-Petrović, M., „*Mogućnosti iskorišćenja geotermalnih potencijala Srbije sa osvrtom na Sijarinsku banju*”, ELECTRA III, H. Novi 2004, 135-139.
- [5] Ristić, V., „*Sijarinska banja izvor zdravlja i života*”, drugo dopunjeno izdanje, Leskovac 2002.
- [6] Rodier, J., „*Analysis of Waters*”, John Willey and Sons, New York 1975.
- [7] Кулийски, М. А., „*Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды*”, Наукова Думка, Киев 1980.
- [8] Mitić, Č. N., Stojiljković, T.D., Stojiljković, T. S., Đurović-Petrović, M., „*Geotermalna energija Sijarinske banje*”, ENERGETIKA 2005, Zlatibor 2005, 144-146.