



STROJARSTVO
OD IZAZOVA DO RJEŠENJA
MECHANICAL ENGINEERING
FROM CHALLENGE TO SOLUTION

7. MEĐUNARODNI KONGRES
DANI INŽENJERA STROJARSTVA

7TH INTERNATIONAL CONGRESS
MECHANICAL ENGINEERS DAYS



Geotermalna elektrana Legrad 1

Ivan Tomac
Goran Vuleta

EKONERG - institut za energetiku i zaštitu
okoliša, d.o.o.



Hrvatska komora inženjera strojarstva
Croatian chamber of mechanical engineers





Sažetak:

Područje sjeverozapadne Hrvatske bogato je geotermalnim resursima pogodnim za proizvodnju električne energije korištenjem energije Zemlje. Geotermalni potencijal je utvrđen tijekom istražnih bušenja u tijeku 1960-ih i 1970-ih u svrhu eksploatacije nafte i prirodnog plina. Istražna bušotina Legrad-1J (LEG-1J) nalazi se oko 1,5 km južno od naselja Legrad te se u njenoj neposrednoj okolini planira izgradnja geotermalne elektrane (u daljnje tekstu GTE) Legrad 1. Planira se bušenje dvije proizvodne bušotine te dvije utisne bušotine koje će se koristiti za eksploataciju geotermalne vode. Očekuje se da će u vremenskom periodu duljem od 20 godina temperatura geotermalne vode na ušću bušotina biti konstantna i iznositi će oko 185 °C. Geotermalna voda neće dolaziti u dodir s okolinom, jer će cirkulirati u primarnom krugu postrojenja i nakon predaje topline radnom ORC fluidu vraćati će se u ležište. GTE Legrad 1 će koristiti geotermalnu vodu iz proizvodnih bušotina za proizvodnju električne energije. Geotermalna elektrana koristi dva kruga radnog medija. Geotermalna voda u izmjenjivačima topline predaju svoju energiju organskom mediju koji se zagrijava i isparava. Ohlađena geotermalna voda se utisnim bušotinama vraća u ležište. Organski medij ekspandira u ORC (eng. *Organic Rankine Cycle*) turbini i proizvodi električnu energiju. Planirana električna snaga na stezaljkama generatora iznosi 25 MW, od kojih bi se 19,9 MW plasirati u prijenosu mrežu RH na naponskoj razini od 110 kV.

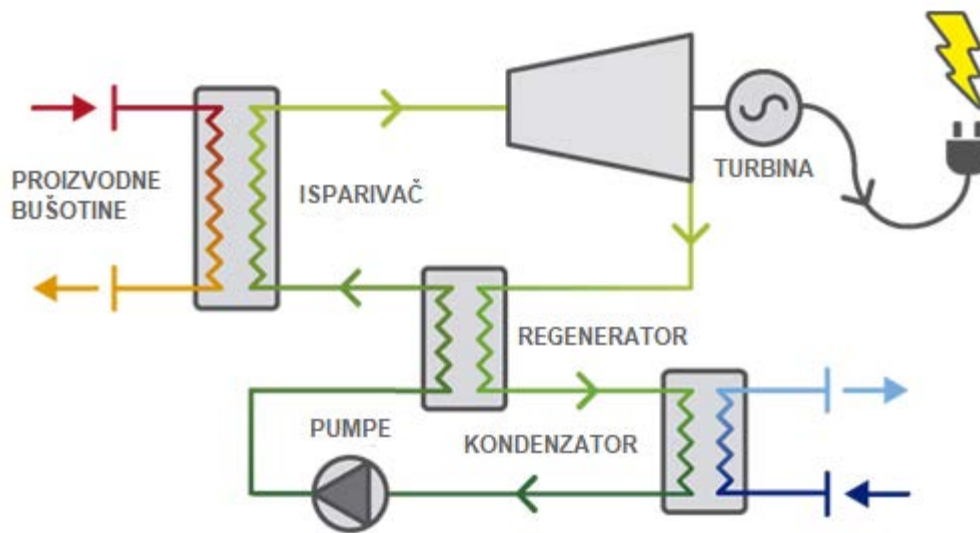
Ključne riječi: geotermalna energija, geotermalna elektrana, ORC modul, obnovljiva energija

Organic Rankine Cycle



Rad geotermalne elektrane (GTE) baziran je na eksploataciji izvora geotermalne vode kapaciteta 2 x 600 t/h i temperature 185 °C (tlak samoizljevanja 25 bar), u posebnom postrojenju koje radi na principu konvencionalnog Rankine-ovog termodinamičkog kružnog procesa (eng. *Organic Rankine Cycle/ORC*).

U ovom procesu postoje dva kruga radnih medija. Prvi medij je geotermalna voda koja se crpi iz proizvodnih bušotina, provodi kroz izmjenjivače topline i ohlađena vraća natrag u Zemlju putem utisnih bušotina. Drugi krug čini organski medij koji u izmjenjivačima topline koristi toplinu geotermalne vode za predgrijavanje i isparavanje, potom u obliku pare dolazi do ORC turbine gdje se obavlja ekspanzija, u kondenzatoru se kondenzira i u ukapljenom stanju se vraća u predgrijač. ORC turbina s generatorom ima električnu snagu od 25 MW.



Tehnološki opis i procesni podaci



Geotermalna voda u ležištu je jednofazni medij – sadrži samo tekuću fazu. Plin prvenstveno CO_2 (zatim CH_4 , N_2 , C_2H_6 i H_2S) je otopljen u vodi, a njegovo izdvajanje iz geotermalne vode počinje tijekom proizvodnje u kanalu bušotine kao posljedica pada tlaka.

Po izlasku iz proizvodnih bušotina geotermalna voda se prvo vodi u separator gdje se razdvaja na plinsku i tekuću fazu. Tekuća faza geotermalne vode predaje svoju toplinu organskom radnom mediju prolaskom kroz isparivač 1.

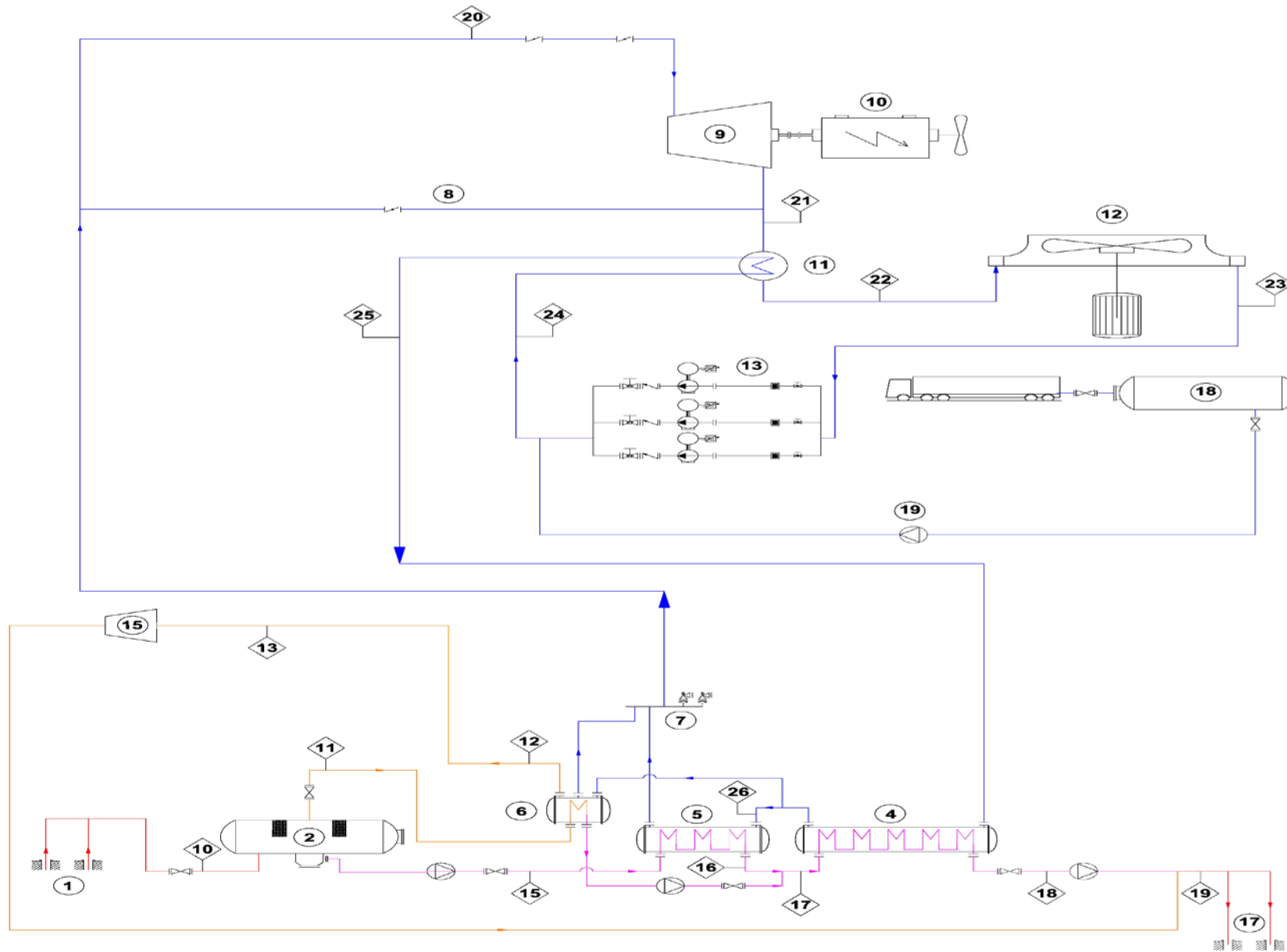
Nakon izlaska iz isparivača 1 tekuća faza geotermalne vode se još dodatno hladi prolaskom kroz predgrijače ORC MODUL-a (ukupno 5 predgrijača).

Plinovita faza geotermalne vode (vodena para i CO_2) se po izlasku iz separatora odvodi u isparivač 2 gdje se hladi i kondenzira predajući toplinu organskom radnom mediju ORC MODUL-a, a nekondenzirajući dio i kondenzat plinovite faze geotermalne vode se nakon izlaska iz isparivača 2 komprimiraju i miješaju s ohlađenom tekućom fazom geotermalne vode iz predgrijača 1 te se zajedno vraćaju natrag u podzemlje kroz utisne bušotine.

Organski radni medij ORC MODUL-a koristi toplinsku energiju tekuće faze geotermalne vode za predgrijavanje u predgrijačima i isparavanje u isparivaču 1. Para radnog medija expandira u ORC turbini i proizvodi električnu energiju, a potom se vodi u zračni kondenzator gdje kondenzira. Kondenzat organskog radnog medija se pomoću cirkulacijskih crpki vraća natrag u predgrijače.



Blok shema GTE Legrad 1



LEGENDA:

- GV TEKUĆA FAZA / GV LIQUID PHASE
- IZOBUTAN / ISOBUTANE
- GEOTERMALNA VODA (GV) – DVOFAZNA / GEOTHERMAL WATER – TWO-PHASE
- PLINSKA FAZA GV / GV GASEOUS PHASE

Veličine stanja geotermalne vode (GV) i izobutana (IB) u dijelovima procesa



Oznaka	Stanje	TLAK	Temperatura	Protok	Medij	Entalpija
		p (bar)	t (°C)	m (kg/s)	----	kJ/kg
1x	Krug geotermalne vode (GV)					
10	Izlaz dvofazne GV iz bušotine	25	185	333,14	Dvofazna GV	787,56
11	Izlaz parne faze iz Separatora 1	25	185	29,98	Parna faza GV	2833
12	Izlaz parne faze iz Isparivača 2	24,6	139,7	29,98	Parna faza GV	2582
13	Ulaz parne faze u kompresor	24,6	139,7	29,98	Parna faza GV	2582
15	Izlaz tekuće faze iz Separatora 1	25	185	303,15	Tekuća faza GV	770,26
16	Izlaz tekuće faze iz Isparivača 1	24	148	303,15	Tekuća faza GV	612,34
17	Ulaz tekuće faze u Predgrijač	24	148	306,15	Tekuća faza GV	612,34
18	Izlaz tekuće faze iz Predgrijača	23	75,6	306,15	Tekuća faza GV	311,94
19	Ulaz dvofazne GV u bušotinu	30,7	75,6	306,15	Tekuća faza GV	312,55
2x	Krug izobutana (IB)					
20	Ulaz u ORC turbinu	33,6	143,9	352,19	Izobutan	621
21	Izlaz iz ORC turbine	4,01	68,8	352,19	Izobutan	545
22	Ulaz u kondenzator	3,92	37,9	352,19	Izobutan	488
23	Izlaz iz kondenzatora	3,87	25,8	352,19	Izobutan	137
24	Ulaz u regeneratorski	38,1	28,9	352,19	Izobutan	146
25	Ulaz u predgrijače	37,5	51,8	352,19	Izobutan	203
26	Ulaz u isparivač 1	34	129,6	352,19	Izobutan	471

Popis objekata i opreme GTE Legrad 1



1. Proizvodne bušotine GTE Legrad
2. Separator
4. Predgrijač
5. Isparivač 1
6. Isparivač 2
7. Razdjelnik izobutana
8. Mimovod ORC turbine
9. ORC turbina
10. Generator ORC turbine
11. Regenerator
12. Zračni kondenzator
13. Cirkulacijske pumpe izobutana
15. Kompresor plinovite faze geotermalne vode
17. Utisne bušotine
18. Spremnik izobutana
19. Pumpe za nadopunu izobutana



Fotografija 1. Geotermalna elektrana Velika 1, lokacija: Ciglena, Hrvatska

Rudarski dio postrojenja

Rudarski dio postrojenja sastojati će se od: proizvodnih bušotina, separatora tekuće i plinovite faze geotermalne vode, cjevovoda, kompresora plinovite faze, utisnih pumpi, utisnih bušotina, sustava za sprečavanje nastanka kamenca, atmosferskog separatora i bazena geotermalne vode.



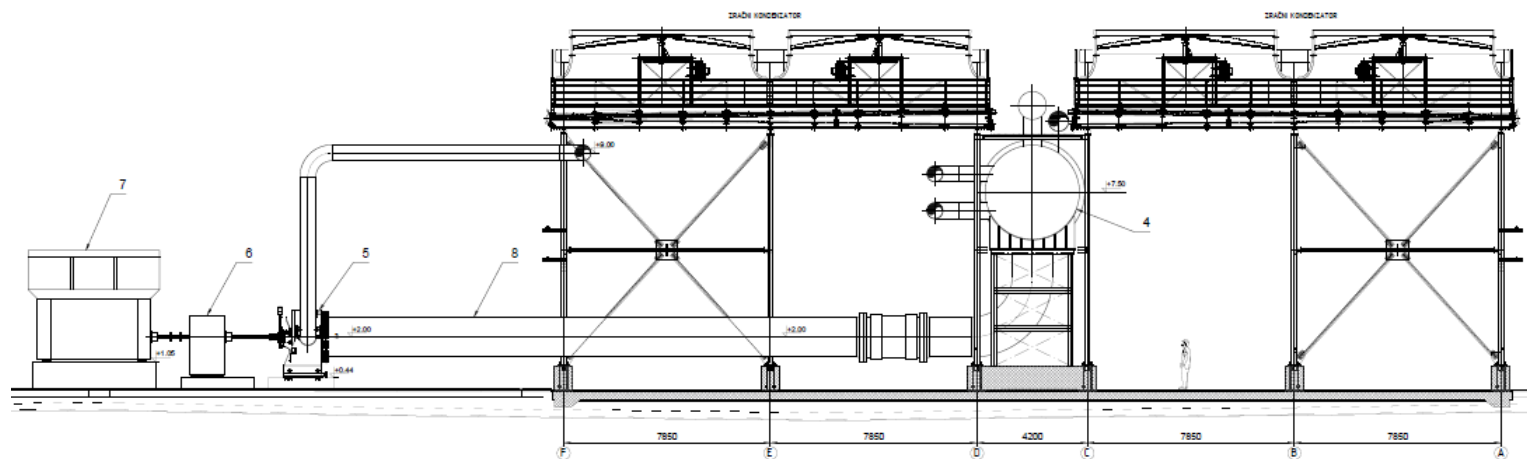
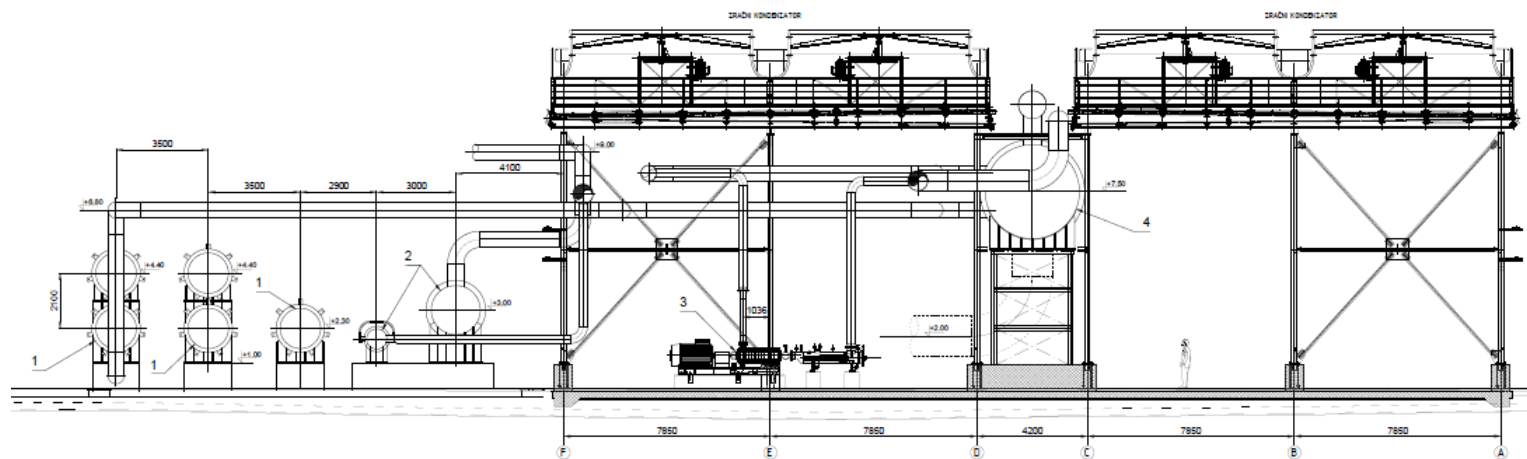
Fotografija 2. Primjer rudarskog dijela postrojenja, lokacija: Geotermalna elektrana Velika 1, Ciglena

Proizvodni dio postrojenja



Proizvodni dio postrojenja sastoji se od opreme za pretvorbu toplinske energije u mehaničku energiju, tzv. ORC MODUL.

1. Predgrijači
2. Isparivači
3. Pumpe radnog medija
4. Regenerator
5. ORC Turbina
6. Reduktor
7. Generator
8. Cjevovodi plinovite faze radnog medija



Proizvodni dio postrojenja



Fotografija 3. Dio proizvodnog dijela postrojenja, lokacija: Geotermalna elektrana Velika 1, Ciglana



Zaključak

Kao izvor geotermalne vode za potrebe geotermalne elektrane predviđene su dvije proizvodne bušotine te dvije utisne bušotine koje će biti u neposrednoj blizini elektrane. Za GTE Legrad 1 predviđeno je tehničko rješenje na bazi konvencionalnog Rankin-ovog kružnog procesa (ORC) kod kojeg se kao radni medij koristi ugljikovodik (izobutan C_4H_{10}). Rad dobiven ekspanzijom radnog medija u turbini koristi se za proizvodnju električne energije koja će se predavati u prijenosu mrežu, a ohlađena geotermalna voda utiskivat će se natrag u podzemlje.

Hrvatska ima veliki potencijal za iskorištavanje geotermalne energije, naročito na području Panonskog bazena. Dodatna prednost Hrvatske u iskorištavanju geotermalnog potencijala je duga tradicija i iskustvo u istraživanju i eksploataciji podzemnih ležišta. Naime, u kontinentalnom dijelu zemlje izbušeno je oko 4.500 istražnih i razradnih bušotina tako da već imamo kvalitetne podatke koji će olakšati daljnji razvoj sektora. Prednost GTE u odnosu na druge obnovljive izvore energije je mogućnost proizvodnje električne energije neovisno o vremenskim uvjetima i dobu dana. S obzirom na bogat geotermalni potencijal kontinentalne Hrvatske očekujemo daljnje investicije u ovakav tip proizvodnje električne energije te razvoj projekata u koje će biti uključene hrvatske tvrtke i stručnjaci.



HVALA
THANK YOU

**KONTAKT PODATCI AUTORA
AUTHORS CONTACT**

Ivan Tomac, mag.ing.mech.

e-mail: ivan.tomac@ekonerg.hr ; mob. 098 180 4444

Od 2012. godine zaposlen u EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o., u Odjelu za projektiranje, na izradi projektne dokumentacije, provođenju projektantskog nadzora i konzalting usluga, posebice u energetici, sektoru nafte i plina, komunalnim infrastrukturnim sustavima, prehrambenoj i farmaceutskoj industriji i mnogim drugim procesnim i energetske postrojenjima.

Goran Vuleta, mag.ing.mech.

e-mail: goran.vuleta@ekonerg.hr ; tel. 01 6000 129

Zaposlen u EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o. od 2012. u Odjelu za energetiku. Sudjelujem u izradi studija izvodljivosti, tehničke dokumentacije i pružanju konzalting i inženjering usluga na energetske objektima i drugim procesnim postrojenjima.



Hrvatska komora inženjera strojarstva
Croatian chamber of mechanical engineers



EKONERG
Institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o.



STROJARSTVO
OD IZAZOVA DO RJEŠENJA
MECHANICAL ENGINEERING
FROM CHALLENGE TO SOLUTION

