

Geotermalni izvori energije



Učenci koji su sudjelovali u projektu:

Kristina Božić, Gimnazija Vukovar

Marija Jelić, Srednja škola Lovre Montija, Knin

Antonio Parunov, V. gimnazija, Zagreb

Domagoj Paša, Gimnazija Vukovar

Matej Petrović, V. gimnazija, Zagreb

Dominik Sič, V. gimnazija, Zagreb

Luka Strunje, Srednja škola Lovre Montija, Knin

Petar Zekušić, V. gimnazija, Zagreb

Riječ geotermalno ima porijeklo u dvjema grčkim riječima geo (zemlja) i therme (toplina) i znači toplina zemlje, pa se prema tome toplinska energija Zemlje naziva još i geotermalna energija. Toplina u unutrašnjosti Zemlje rezultat je formiranja planeta iz prašine i plinova prije više od četiri milijarde godina, a radioaktivno raspadanje elemenata u stijenama kontinuirano regenerira tu toplinu, pa je prema tome geotermalna energija obnovljivi izvor energije. Osnovni medij koji prenosi toplinu iz unutrašnjosti na površinu je voda ili para, a ta komponenta obnavlja se tako da se voda od kiša probija duboko po raskupinama, tamo se zagrijava i cirkulira natrag prema površini, gdje se pojavljuje u obliku gejzira i vrućih izvora.

Podrijetlo geotermalne energije

Zemlja je stvorena prije gotovo pet milijardi godina od prašine i plinova koji su sačinjavali tadašnji Sunčev sustav. Materijali koji su bombardirali Zemlju svojim padom su oslobađali toplinu i povećavali promjer Zemlje. Teži materijali (metali, npr. željezo i bakar) tonuli su u unutrašnjost, dok su lakši materijali, poput stijena, formirali Zemljinu koru. U kori su se zadržavali i prirodno radioaktivni kemijski elementi, kao što su uranij i torij.

Prema tome, geotermalna energija potječe od topline u unutrašnjosti, zarobljene pri stvaranju Zemlje, i od raspada radioaktivnih materijala u Zemljinoj kori. U unutrašnjosti Zemlje temperatura iznosi oko 4 200 °C (slika 1.). Toplina iz unutrašnjosti struji prema površini i gubi se isijavanjem u svemir.



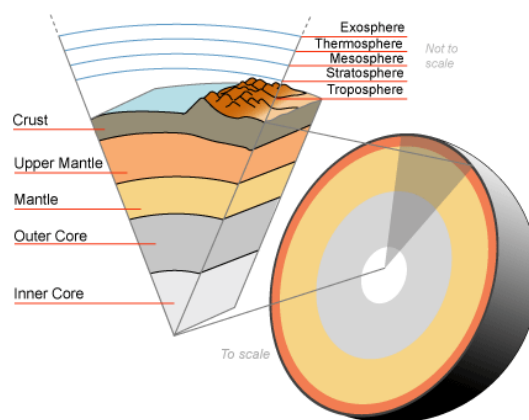
Slika 1. Temperaturna raspodjela unutar Zemlje

Zemljina toplina se može koristiti kao izvor energije na puno načina, od golemih i složenih električnih centrala pa sve do malih i relativno jednostavnih sistema pumpi. Ta toplinska energija, poznata i kao geotermalna energija može se naći skoro svugdje – od udaljenih dubokih bunara u Indoneziji pa sve do zemlje iz našeg dvorišta.

Ispod Zemljine kore, nalazi se sloj rastopljenih stijena zvan magma. Toplina se tamo kontinuirano proizvodi, većinom zbog raspada radioaktivnih elemenata kao što su uranij i kalij. Toplina na dubini od 10 km sadrži 50 000 puta više energije nego sva nafta i zemni plin na svijetu.

Područja s najviše podzemne topline su regije s aktivnim ili mladim vulkanima. Ti „hot-spot“-ovi se nalaze na granicama litosfernih ploča ili na mjestima gdje je kora dovoljno tanka da propušta toplinu. Ta su područja, također, seizmički aktivna (potresi, izljevi magme, gejziri).

Hot-spot nisu jedina mjesta na kojima možemo naći geotermalnu energiju. Postoji i konstantna opskrba umjerenije topline (korisne za izravno grijanje) od nekoliko do nekoliko stotina metara ispod površine skoro svugdje u svijetu. Čak i zemlja ispod vašeg vlastitog dvorišta ili škole sadrži dovoljno topline za kontrolu temperature vašeg doma i ostalih građevina u zajednici. Nadalje, 4 – 10 km ispod površine nalazi se golema količina energije. Pomoću poboljšanog geotermalnog sistema (EGS), mogli bismo iskoristiti tu toplinu za proizvodnju energije u puno većim količinama nego konvencionalnim metodama.



Slika 2. Osnovni slojevi Zemlje

Vrste geotermalne energije

Zalihe geotermalne energije su goleme, približno 35 milijardi puta više od trenutne godišnje potrošnje energije u svijetu. No, zbog ekonomskih je razloga njezino iskorištavanje ograničeno na pet kilometara dubine, pa najveći dio zaliha ostaje neiskorišten. Unutar tog sloja, temperatura Zemlje raste za 3 °C na svakih 100 m dubine, tako da na dubini od 2 km iznosi 70 °C. Na nekim mjestima, zahvaljujući tektonskoj aktivnosti, vruće rastaljeno stijenje iz dubine dopire bliže površini i postane lakše dostupno za iskorištavanje.

Razlikujemo četiri vrste geotermalnih resursa:

- **Vruće izvore (gejzire)** koji nastaju zbog vruće vode ili pare, zarobljene u razlomljenim ili poroznim stijenkama, na manjim do srednjim dubinama (100 – 4 500 m). Vrući izvori nalaze se u tektonski aktivnim područjima i za sada su jedini geotermalni resurs koji se komercijalno iskorištava.
- **Vruće suho stijenje** čine nepropusne stijene vrlo visoke temperature i zanemarivog sadržaja vlage. Da bi se njihova toplina mogla izvući na površinu, u stijenkama se buše duboki kanali kroz koje cirkulira voda, medij za prenošenje topline. Ta tehnologija još uvijek nije u potpunosti razvijena niti komercijalno opravdana.

- **Stlačeni vrući plin** je u vodi otopljeni metan pod visokim tlakom, u sedimentnim stijenama na dubini od 3 do 6 km. Temperatura metana je 90 – 200 °C. Ispitivanja na terenu su provedena, ali iskorištavanje još nije započelo.
- **Magma** je rastopljeno stijenje temperature 700 – 1 200 °C. područja s magmom većinom se nalaze preduboko u unutrašnjosti Zemlje, pa način iskorištavanja ovog resursa nije razvijen.

Korištenje geotermalne energije

Geotermalni izvori (resursi), nalaze se u širokom spektru dubina, od plitkih površinskih pa do najdubljih dijelova vruće vode i pare, koje se mogu dovesti na površinu i na kraju iskoristiti. Od geotermalnih izvora izdvajamo gejzire i toplice. U nekim zemljama geotermalna energija se gospodarski iskorištava, u obliku toplica (rekreacijsko-ljekovitog kupanja), dok se, pak, u drugim zemljama gejziri koriste u turističkom smislu jer su rijedak i prirodni fenomen. Najpredvidljiviji gejzir je u Yellowstoneu (slika 3.), gdje prosječna erupcija traje oko 64 minute.



Slika 3. Gejzir u Yellowstoneu

Geotermalna energija se koristi i u drugim gospodarskim djelatnostima: proizvodnji papira, plivačkim bazenima, u procesu isušivanja drva, planskom stočarstvu, te pasterizaciji mlijeka. Najveći geotermalni sustav koji služi za grijanje, nalazi se u glavnom gradu Islanda, Reykyaviku. Geotermalna energija se uvelike iskorištava i u poljoprivredi, jer zagrijavanjem staklenika pogoduje boljem razvitku cvijeća i povrća. Podno grijanje se uzima u obzir jer grijanjem tla pogoduje rastu biljaka. Ovakav se

način koristi stoljećima u Italiji, a Mađarska trenutno pokriva 80 % geotermalnim zagrijavanjem staklenika.



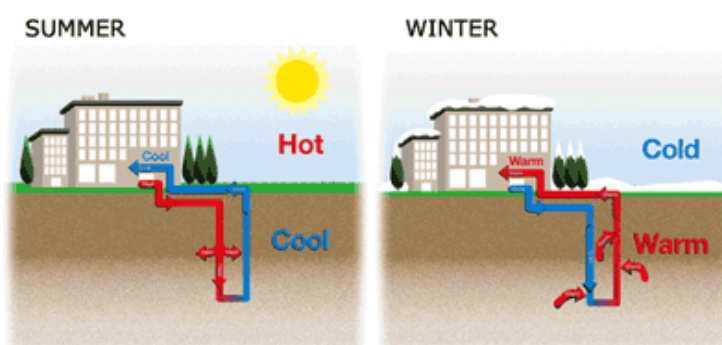
Prva geotermalna elektrana je izgrađena davne 1904. god. (pod nazivom Larderello, slika 4.) u talijanskoj Vražjoj dolini, te potom elektrana u Wairekei na Islandu.

Slika 4. Elektrana Larderello

Uz elektrane, toplinske pumpe su još jedna od upotreba geotermalne energije koje troše električnu energiju za cirkulaciju geotermalne tekućine, koja se kasnije koristi za grijanje, kuhanje i pripremu tople vode i na taj način smanjuje potrebu za električnom energijom. Glavni faktori o kojima ovisi iskorištavanje geotermalnih izvora su: investicije, istraživanja i nadogradnja sustava za korištenje (kogeneracijski sustavi).

Princip iskorištavanja geotermalne energije

Izravno korištenje geotermalne energije se zasniva na principu toplinske pumpe (slika 5.). Koristi činjenicu da je nekoliko metara ispod površine temperatura cijelu godinu stalna (oko 15 °C). Ispod objekta se iskopa duboka rupa, u nju se umetne niz cijevi u kojima je zrak ili antifreeze tekućina. Tekućina se pumpa iz građevine u zemlju tijekom ljeta (tako toplinu objekta na zemlju), a iz zemlje u građevinu tijekom zime (tako prenosi toplinu zemlje na objekt).



Slika 5. Princip rada toplinske pumpe

Proces iskorištavanja geotermalne energije za grijanje zgrada i dobivanje struje počinje ekstrakcijom geotermalne energije iz pare, vruće vode, odnosno iz vrućih kamenih slojeva Zemljine unutrašnjosti. Uspjeh tog procesa ovisi o tome koliko će se voda zagrijati, a što ovisi o tome koliko je vruće kamenje bilo u startu te o tome koliko vode ispumpamo prema tom kamenju. Nakon toga se voda pumpa, odnosno ispušta kroz tzv. injection well (odnosno otvor za ubrizgavanje), te na taj način prolazi kroz pukotine vrućih slojeva Zemljine unutrašnjosti te se zatim kroz tzv. „recovery well“ (odnosno povratni otvor) vraća natrag na površinu pod velikim pritiskom te se pritom pretvara u paru kada dođe do površine.

Tako dobivenu paru potrebno je odvojiti od slane vode što se obično odvija u centralnom postrojenju za odvajanje. Kada proces odvajanje slane vode od pare bude dovršen para se provodi do tzv. heat exchanger (odnosno transferatora topline) koji se nalaze u unutrašnjosti elektrane. Kada se para provede do transferatora topline moguće ju je provesti do parnih turbina gdje se može generirati u struju, a istovremeno se kroz ispušne ventile oslobađa neiskorištena energija. U transferatorima topline para se pod pritiskom hladi u kondenzate da bi se nakon toga toplina transferirala u hladnu vodu u kondenzacijskim transferatorima topline. Tako dobivena hladna voda pumpa se se iz izvora u skladišne spremnike iz kojih se provodi u transferatore topline gdje se vodi podiže temperatura za 85 – 90 °C. Tako zagrijana voda prolazi kroz deaeratore te se ključanjem vode odvajaju otpušten kisik i ostali plinovi koji bi mogli uzrokovati koroziju nakon što se zagriju te je zbog toga potrebno rashladiti vodu na 82 – 85 °C.

Potencijal geotermalne energije je ogroman, ima je 50000 puta više od sve energije koja se može dobiti iz nafte i plina širom svijeta. Geotermalni resursi nalaze se u širokom spektru dubina, od plitkih površinskih do više kilometara dubokih rezervoara vruće vode i pare koja se može dovesti na površinu i iskoristiti. U prirodi se geotermalna energija najčešće pojavljuje u formi vulkana, izvora vruće vode i gejzira. U nekim zemljama se geotermalna energija koristi već tisućljećima u obliku toplica odnosno rekreacijsko-ljekovitog kupanja. No razvoj znanosti nije se ograničio samo na područje ljekovitog iskorištavanja geotermalne energije već je iskorištavanje geotermalne energije usmjerio i prema procesu dobivanja električne energije te grijanju kućanstava i industrijskih postrojenja.

Geotermalna energija se može koristiti izravno (kao toplinska energija) ili za proizvodnju električne energije. Proizvodnja električne energije je najvažniji način iskorištavanja visoko temperaturnih geotermalnih izvora. Elektrane mogu imati vrlo malu instaliranu snagu od samo približno 100 kW, dok se uobičajeno kreću u rasponu od 1 – 5 MW, ali postoje i jedinice od 100 MW. Geotermalne elektrane većinom su elektrane baznog tipa što znači da su u pogonu 8760 sati godišnje (24 h x 365 dana). Većina projekata geotermalnih elektrana kombiniraju proizvodnju električne energije i izravnu primjenu topline u neke druge svrhe, kako bi se poboljšala ekonomičnost projekta, ali i iskoristivost elektrane.

„Geotermalni fluid u obliku vruće vode ili pare, temperature iznad 120 °C, svoju latentnu toplinu pretvara u mehanički rad, odnosno električnu energiju. Ovisno o termodinamičkim svojstvima geotermalnih fluida, moguće je primijeniti nekoliko tehnoloških procesa za pretvorbu toplinske u električnu energiju. Najjednostavniji i najekonomičniji proces proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora je tzv. Jednostavni proces, a postoje još i Clausius – Rankine proces, Flash proces, Binarni proces, Stirling proces. Ekonomičnost procesa pretvorbe toplinske u električnu energiju ovisi o radnoj temperaturi i količini protoka geotermalnog fluida, za koje je optimalno da budu što veći. Proizvode se postrojenja od veoma malih, kapaciteta 100 do 100 kW do velikih postrojenja do 135 MW. Prednosti navedene kod upotrebe geotermalne energije su ekologija, smještaj, pouzdanost i prilagodba te sigurnost“.

Karakteristika korištenja obnovljivih izvora energije, pa tako i geotermalne energije jest ograničenost na područje koje je bogato određenim energentom tako da je i utjecaj na okoliš prvenstveno lokalnog značaja. Utjecaj geotermalnih elektrana na okoliš očituje se upotrebom relativno velikih površina zemljišta, pojavom slijeganja terena, emisijom plinova i otpadnih voda te emisijom topline u buke. Intenzitet tih djelovanja ovisi o nizu faktora, kao što su geološko-strukturne i hidrogeološke značajke ležišta, fizičko-kemijska obilježja geotermalnog fluida u ležištu, tehničko-tehnološke karakteristike postrojenja te ekološke odlike i kvaliteta promatranog područja.

Prednosti i nedostaci geotermalne energije

Geotermalna energija ima prednost pred tradicionalnim izvorima energije baziranim na fosilnim gorivima. Glavna prednost geotermalne energije je to što je čista i sigurna za okolinu, te metoda kojom se dobiva električna energija, ne stvara emisije štetne za okolinu. Za razliku od hidroelektrana, čije brane uzrokuju potapanje polja, te zatvaranje prirodnih tokova, geotermalni izvori zauzimaju mali prostor. Također, geotermalni su izvori vrlo pouzdani te ne ovise o meteorološkim utjecajima, za razliku od hidroelektrana (ovise o količini vode) ili vjetroelektrana (ovise o vjetru, koji često varira, te se ne zna točno kada će se pojaviti ili prestati djelovati). Uz ove čimbenike, najbitniji čimbenik je taj što geotermalni izvori smanjuju utjecaj efekta staklenika, odnosno ispuštanja velikih količina ugljikova(IV) oksida u atmosferu. Geotermalne elektrane se grade direktno na području gdje je izvor takvog oblika energije, te pružaju brzo i učinkovito 24-satno opskrbljivanje električnom i toplinskom energijom. Potencijal ove energije je jako razvijen, te se može dodati kako je ima 50 000 puta više od bilo koje druge energije koja se može dobiti iz nafte i plina širom svijeta.

Od nedostataka geotermalne energije može se izdvojiti njezina slaba rasprostranjenost zbog malog broja lokacija prikladnih za iskorištavanje geotermalne energije, te gradnje geotermalnih elektrana. Najbolje lokacije su one koje imaju dovoljno vruće stijene na dubini pogodnoj za bušenje i koje su dovoljno mekane. Geotermalnu energiju je nemoguće transportirati, stoga se može koristiti samo za opskrbu obližnjih mjesta toplinom i električnom energijom. Jedan od glavnih problema je ispuštanje materijala i štetnih plinova iz dubine zemlje kao što je sumporovodik koji je vrlo korozivan, te ga je vrlo teško odložiti. Statističkim podacima utvrđeno je da se veći broj potresa pojavljuje na područjima gdje se iskorištava geotermalna energija. Nedostaci geotermalnih postrojenja možda se najbolje očituju u visokim investicijskim troškovima te vrlo skupoj tehnologiji i održavanju.

Nedostatak geotermalne energije jest i to da nema dovoljno ulaganja u ovaj način dobivanja električne energije. Ljudi su još uvijek okrenuti prema fosilnim gorivima i sve dok ne bude nekih ozbiljnih posljedica nećemo shvatiti prednosti drugih izvora električne energije.

Geotermalni izvori u Hrvatskoj

Geotermalna energija u Hrvatskoj uglavnom se koristi iz prirodnih izvora i za kupanje. U prošlosti se proizvodnja geotermalne vode vršila kroz prirodne izvore, a danas se uz taj prirodni protok koristi i geotermalna voda iz plitkih bušotina (1). Ukupno postoji 28 nalazišta, od kojih je 18 u upotrebi.

Kada je INA-Naftaplin 70.-tih godina XX. stoljeća započela s istraživanjem rezervi nafte i zemnog plina u kontinentalnoj Hrvatskoj, bušotine su pokazale prisutnost izvora tople vode. Najviše su istraženi izvori Kutnjak-Lunjkovec (pokraj Koprivnice) i Velika Ciglena (kod Bjelovara).

Geotermalna istraživanja u Hrvatskoj

1976. INA je započela rad na ispitivanju geotermalnih ležišta, i postignuti su odlični rezultati uz vrlo mala financijska ulaganja. Ta istraživanja temeljila su se na studijama razvijenim iz istražnih bušotina

KEMIJSKI SASTAV I FIZIKALNA SVOJSTVA VODE (Bušotina Bizovac-4)				
1 litra vode sadrži	mg	mmol	mval	mval%
KATIONA:				
Litija (Li+)	0,328	0,047	0,047	0,01
Natrija (Na+)	8528	370,948	370,948	90,41
Kalija (K+)	226,305	5,788	5,788	1,41
Magnezija (Mg+)	79,535	3,272	6,545	1,6
Kalcija (Ca++)	503,6	12,565	25,131	6,13
Stroncija (Sr++)	40,037	0,457	0,914	0,22
Barija (Ba++)	47,437	0,345	0,691	0,17
Mangan (Mn++)	0,08	0,001	0,003	0
Željeza (Fe++)	1,749	0,031	0,063	0,02
Aluminija (Al+++)	1,217	0,045	0,135	0,03
		393,499	410,265	100
ANIONA:				
Fluorida (F-)	0,243	0,013	0,013	0
Klorida (Cl-)	14750	416,044	416,044	96,16
Bromida (Br-)	69,972	0,876	0,876	0,2
Jodida (J-)	4,391	0,035	0,035	0,01
Hydrogenkarbonata (HCO3-)	949,32	15,558	15,558	3,6
Sulfata (SO4-)	5,926	0,062	0,123	0,03
		432,588	432,649	100
NEDISOCIRANO:				
Silicijeve kiseline (H2SiO3)	86,062	1,102		
MINERALIZACIJA:				
	25294,2	827,189	842,914	
Ugljičnog dioksida (CO2)	16			
Sumporovodika (H2S)	0,34			
Temperatura °C	87-90			
Radioaktivnost (Rn) Bq/lit	9,29	(=0,69 MJ/lit=0,25 nCi/lit)		
Električna vodljivost µS cm-1	33366	pH 6,2		
Isparni ostatak (105°C)	25278	mg/lit		
Isparni ostatak (180°C)	24915	mg/lit		
Isparni ostatak (računski)	24812	mg/lit		
Sulfatna kontrola (analizom)	28798	mg/lit		
Sulfatna kontrola (računski)	29185	mg/lit		
Utrošak KMnO4	46,72	mg/lit		

Tablica 1. Rezultati analize tople vode u Bizovcu

koje su bušene s ciljem pronalaska nafte i zemnog plina. Najznačajnija istražna bušenja vršena su u Bizovcu, na području Koprivnice, Legrada i Ludbrega, te u jugozapadnom dijelu grada Zagreba.

Bušotine u Bizovcu bile su temelj osnivanja hotelskog kompleksa „Termia“.U Bizovcu se pri otkriću izvora vrela vode odmah proširila vijest o njezinoj ljekovitosti, što je potkrijepljeno i detaljnom analizom koju je 12. prosinca 1979. izvršio Radovan Čepelak (tablica 1.)

U jugozapadnom dijelu Zagreba ispitano je više bušotina koje daju vrlo veliku količinu vode temperature 80 °C – jedan dio zagrijava Sveučilišnu bolnicu, a drugi dio Sportsko-rekreacijski centar „Mladost“. Sve projekte izvršile su domaće tvrtke.

Geotermalni gradijent

Geotermalni je gradijent jedan od prvih pokazatelja potencijalnog ležišta. Na kartama gradijenata mogu se uočiti područja anomalija. Srednja je vrijednost gradijenta u Europi 0,03 °C m⁻¹, a u Hrvatskoj se izdvajaju dva različita područja. Prvo od njih je područje Dinarida i Jadrana (gradijent od 0,015 do 0,025 °C m⁻¹) i tu se ne mogu očekivati značajna ležišta, iako postoje vode kojima je površinska temperatura prikladna za rekreativne svrhe kao primjerice u Istarskim Toplicama, Omišu, Splitu, Sinju... Drugo je područje područje Panonsko – peripanonske Hrvatske s gradijentom većim od 0,04 °C m⁻¹ u kojem se zbog većeg gradijenta mogu očekivati i neki još neotkriveni geotermalni izvori. Što se tiče hrvatskog geotermalnog potencijala, možemo ga podijeliti u tri skupine:

- srednjetemperaturni rezervoari 100 – 200 °C
- niskotemperaturni rezervoari 65 – 100 °C
- geotermalni izvori s vodom hladnijom od 65 °C.

SREDNJETEMPERATURNI POTENCIJALI HRVATSKE

S ovih ležišta može se iskorištavati geotermalna energija u elektranama pomoću binarnog procesa, a pogodna su i kao grijanje za određene prostore.

- 1) Lunjkovac – Kutnjak: Ležište se ispitivalo s dvije naftne bušotine te je otkrivena geotermalna voda (5 grama minerala po litri vode) i plinovi (ugljičkov(IV) oksid, ugljikovodici i sumporovodik). Izdašnost bušotina na ovom geotermalnom polju jest 58 litara u sekundi, a područje je vrlo pogodno za iskorištavanje geotermalnom elektranom (binarnim procesom).
- 2) Velika Ciglena: Izvori vode visoke temperature (172 °C) otkriveni su 1990. Ovdje vertikalni gradijent iznosi 0,062 °C m⁻¹. U jednoj sekundi, iz dvije postojeće bušotine, moguće je proizvesti 115 litara tople vode.

NISKOTEMPERATURNI POTENCIJALI HRVATSKE

Mogu biti korišteni kao grijači prostora i za tehnološke procese.

- 1) Bizovac (slika 6.): Radi se o dva rezervoara (Biz-gnajs i Biz- pješčenjak) s gore prikazanom analizom vode. Voda se rabi za grijanje hotela i bazena, a plin iz bušotina kao gorivo u hotelskoj kuhinji. Taloženje kamenca se za sada uspješno suzbija inhibitorima.



Slika 6. Bizovac

- 2) Zagreb: Iskapanjem je otkriven veliki vapnenački vodonosnik, ali je propusnost u najvećem dijelu nedovoljna za proizvodnju geotermalne energije. Dijelovi s velikom propusnošću nazivaju se Blato (sveučilišna bolnica) i Mladost. Predviđena snaga bušotina na Blatu iznosi 7 MW, a uz toplinske je pumpe vjerojatno i veća. Što se tiče Mladosti, tamo se nalazi nekoliko objekata koji iskorištavaju geotermalnu vodu u zatvorenom sustavu cjevovoda. Instalirana snaga na Mladosti iznosi 6,3 MW.

POTENCIJALI S TEMPERATUROM VODE MANJOM OD 65 °C

Ovakvi izvori najviše su se razvili kao toplice i rehabilitacijski centri. Često se u javnosti govori o nekim toplicama specijaliziranim za određene vrste liječenja. Pa tako u Hrvatskoj imamo: Daruvarske toplice, Bolnicu Naftalan u Ivanić-Gradu, Krapinske toplice, Lipičke toplice, Istarske toplice, Terme Tuhelj, Terme Topusko, Toplice Sveti Martin, Rehabilitacijski centar Zelina...



Slika 7. Toplice

U Hrvatskoj je u planu izgradnja prve geotermalne elektrane na lokaciji Lunjkovac – Kutnjak u Koprivničko–križevačkoj županiji. Nakon korištenja u elektrani voda bi se dalje preusmjeravala u sušare voća i povrća za grijanje staklenika.

Osim navedenih toplica u Hrvatskoj je uz djelatnost istraživanja nafte i plina razvijena i tehnika i tehnologija za pridobivanje geotermalne energije iz dubokih geotermalnih ležišta.

Geotermalna energija u drugim zemljama

Geotermalna energija se iskorištava u preko 20 zemalja u svijetu: Island, SAD, Italija, Njemačka, Francuska, Litva, Novi Zeland, Meksiko, Nikaragva, Kostarika, Rusija, Filipini Indonezija, Kina, Japan i St. Kitts i Nevis (tablica 2.).

Grupa zemalja	Instalirana snaga elektrana MW	Proizvodnja električne energije GWh/god
Europska Unija	754	3 822
Ostatak Europe	112	471
Ukupno Europa	866	4 303
Sj. Amerika	2 849	16 249
Srednja i Južna Amerika	959	6 869
Ukupno Amerika	3 808	23 118
Azija	2 937	13 045
Oceanija	365	2 901
Afrika	45	390
Ukupno svijet	8 021	43 756

Tablica 2. Instalirane snage elektrana koje koriste geotermalnu energiju i proizvodnja električne energije u tim elektranama 1997. godine

Afrika

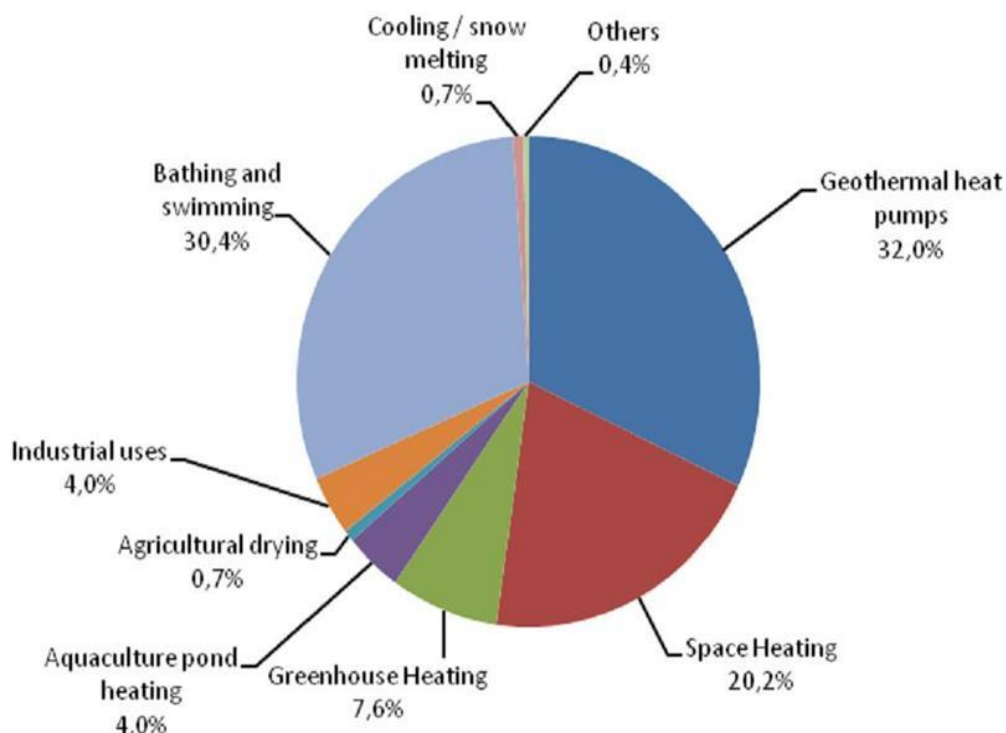
Kenija je prva afrička zemlja koja je počela iskorištavati geotermalne potencije. KenGen je izgradio dvije elektrane, Olkaria I (45 MW) i Olkaria II (65 MW), s trećom privatnom elektranom Olkaria III (48 MW). Planovi su da se proizvodni kapaciteti povećaju za dodatnih 576 MW do 2017., što bi pokrivalo 25 % potreba Kenije za električnom energijom. Vrući izvori su pronađeni diljem kontinenta.

Čile

Trenutno nemaju izgrađenih elektrana, ali geotermalni potencijal je 16 000 MW kroz 50 godina.

Island

Najveći geotermalni sustav koji služi za grijanje nalazi se na Islandu, odnosno u njegovom glavnom gradu Reykjavik-u u kojem gotovo sve zgrade koriste geotermalnu energiju, te se čak 89 % islandskih kućanstava grije na taj način. Iako je Island uvjerljivo najveći iskorištavač geotermalne energije po glavi stanovništva sa spomenutih 89 % svih islandskih kućanstava koja se griju na taj način, nije usamljen na području iskorištavanja geotermalne energije. Island je smješten na području s visokom koncentracijom vulkana što ga čini idealnom lokacijom za iskorištavanje geotermalnih potencijala. 19.1 % električne energije na Islandu se dobiva iz geotermalnih izvora^[7]. Geotermalna toplina se koristi za grijanje 87 % domova na Islandu. Islandčani planiraju u bliskoj budućnosti u potpunosti izbaciti fosilna goriva.



Slika 8. Korištenje geotermalne energije na Islandu

Novi Zeland

Novi Zeland ima geotermalne elektrane. Geotermalna energija se uvelike iskorištava i u područjima Novog Zelanda od 1950-tih godina.

Filipini

Filipini su druga zemlja (iza SAD-a) po količini energije dobivene iz geotermalnih izvora. Krajem 2003., SAD je imao kapacitet od 2020 MW, dok se na Filipinima generiralo 1930 MW energije iz geotermalnih izvora. Na Filipinima je ostvaren najbrži rast u korištenju geotermalne energije za proizvodnju električne energije. Do 2008. godine planiralo se izgraditi dodatnih 580 MW elektrana s tim izvorom energije. Danas oko 19 % proizvedene električne energije na Filipinima otpada na elektrane koje koriste geotermalnu energiju.

Geotermalni potencijal visokotemperaturnih resursa, prikladnih za proizvodnju električne energije, procjenjuje se na 80 000 MW u svijetu. Prema prognozama WEC-a (Svjetskog energetskog savjeta), u svijetu će se do 2020. godine proizvoditi 134 – 330 TWh električne energije iz geotermalnih izvora. Donja granica odnosi se na umjereni scenarij WEC-a, a gornja na ekološki orijentirani scenarij. Umjereni scenarij pretpostavlja da će geotermalno tržište nastaviti rast po sadašnjoj stopi od 3-4% godišnje, dok ekološki orijentirani scenarij pretpostavlja da bi poticajne mjere omogućile rast geotermalnih primjena po stopi od 6 – 8 % godišnje od 1995. nadalje. pretpostavke obaju scenarija je da će se i nadalje komercijalno iskorištavati samo vrući izvori. Od predviđenih 134 TWh, odnosno 330 TWh, SAD bi ostvarivao oko 50 %, a Pacifik i Kina gotovo 20 %.

Zemlja	1990.	1995.	1998.
Argentina	0,7	0,7	0
Australija	0	0,2	0,4
Kina	19	29	32
Kostarika	0	55	120
El Salvador	95	105	105
Guatemala	0	0	5
Island	45	50	140
Indonezija	145	310	590
Italija	545	632	769
Japan	215	414	530
Kenija	45	45	45
Meksiko	700	753	743
Novi Zeland	283	286	345
Nikaragua	70	70	70
Filipini	891	1191	1848
Rusija	11	11	11
Tajland	0,3	0,3	0,3
Turska	20	20	20
SAD	2 775	2 817	2 850

Tablica 3. Instalirana snaga elektrana (MW) koje koriste geotermalnu energiju u pojedinim zemljama u razdoblju 1990. – 1995.

Veće iskorištavanje geotermalnih izvora energije Japan, Italija, i neki dijelovi SAD-a kao što je San Bernardino u Kaliforniji, te glavni grad Idaho-a Boise.

Potencijal i budućnost geotermalne energije

Geotermalni potencijal visoko temperaturnih resursa, prikladnih za proizvodnju električne energije, procjenjuje se na 80 000 MW u svijetu. Prema prognozama WEC-a (Svjetskog energetskog savjeta) , u svijetu će se do 2020. godine proizvoditi 134 – 330 TWh električne energije iz geotermalnih izvora. Donja granica odnosi se na umjereni scenarij WEC-a, a gornja na ekološki orijentirani scenarij. Umjereni scenarij pretpostavlja da će geotermalno tržište nastaviti rast po sadašnjoj stopi od 3 – 4 % godišnje, dok ekološki orijentirani scenarij pretpostavlja da bi poticajne mjere omogućile rast geotermalnih primjena po stopi od 6 – 8 % godišnje od 1995. nadalje. Pretpostavke obaju scenarija je da će se i nadalje komercijalno iskorištavati samo vrući izvori. Od predviđenih 134 TWh, odnosno 330 TWh, SAD bi ostvarivao oko 50 %, a Pacifik i Kina gotovo 20 %.

Karakteristika korištenja obnovljivih izvora energije, pa tako i geotermalne energije jest ograničenost na područje koje je bogato određenim energentom tako da je i utjecaj na okoliš prvenstveno lokalnog značaja. Utjecaj geotermalnih elektrana na okoliš očituje se upotrebom relativno velikih površina zemljišta, pojavom slijeganja terena, emisijom plinova i otpadnih voda te emisijom topline u buke. Intenzitet tih djelovanja ovisi o nizu faktora, kao što su geološko-strukturne i hidrogeološke značajke ležišta, fizičko-kemijska obilježja geotermalnog fluida u ležištu, tehničko-tehnološke karakteristike postrojenja te ekološke odlike i kvaliteta promatranog područja.

Literatura:

1. Marijan Grošelj, *Velika ilustrirana dječja enciklopedija*, prevedeno s eng. jezika, 2003. god.
2. Šime Anić, Nikola Klaić, Želimir Domović, *Rječnik stranih riječi*,
3. D. Feretić, Ž. Tomšić, D. Škanata, N. Čavlina, D. Subašić, *Elektrane i okoliš*, Element, Zagreb 2000.

Linkovi:

4. http://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Yellowstone_Grand_Geysir_01.jpg
5. http://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija_u_Hrvatskoj
6. <http://www.energetika-net.com/>
7. http://www.izvorienergije.com/geotermalna_energija.html
8. http://www.izvorienergije.com/other/geotermalna_energija_upotreba_i_principi.html
9. <http://www.obnovljivi.com/geotermalna-energija/67-iskoristavanje-geotermalne-energije-u-energetici?showall=1>
10. http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE#Geotermalne_elektrane
11. http://hr.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija
12. http://www.daviddarling.info/encyclopedia/B/AE_binary_cycle_geothermal_plant.html
13. <http://energyalmanac.ca.gov/renewables/geothermal/types.html>
14. <http://www.alternative-heating.com/geothermal-heating-systems.html>
15. http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-geothermal-energy-works.html#.VHI1dlvN8VB
16. Internetske stranice Bizovačkih toplica, Toplica Sveti Martin
- Energetski institut Hrvoje Požar (<http://eihp.hr>) – „Korištenje geotermalne energije“, 2011.

IPA prekogranični projekt: Geotermalna energija EU 2013.g.