

Poročila

4. Svetovni geotermalni kongres na Baliu (Indonezija) 25.–30. april 2010

Dušan RAJVER

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul.14, SI-1000 Ljubljana; e-mail: dusan.rajver@geo-zs.si

V mestu Nusa Dua na otoku Bali se je odvijal 4. Svetovni geotermalni kongres z geslom: »Geothermal: The Energy to Change the World« (»Geotermalna: energija za spremembo sveta«). Bali, ki je pretežno gorat otok vulkanskega izvora, je gosto naseljen, saj na površini 5561 km² živi 3,5 milijona prebivalcev. Svetovni geotermalni kongresi se organizirajo vsakih pet let. Leta 2005 se je odvijal v Turčiji (Antalya), leta 2000 na Japonskem (Beppu in Morioka), prvi pa leta 1995 v Italiji (Firence). Pred letom 1995 so se prav tako odvijali vsakih 5 let Mednarodni simpoziji o razvoju in izkoriščanju geotermalnih virov pod okriljem Združenih narodov. Prvi tovrsten simpozij je bil leta 1970 v Italiji (Pisa). Naslednji simpoziji so postali za svetovno javnost že zanimivejši, saj so sledili prvemu svetovnemu naftnemu šoku leta 1973. Tako je leta 1975 sledil drugi simpozij v San Franciscu. Leta 1980 tovrstnega svetovnega simpozija ni bilo. Leta 1985 in 1990 pa so pod okriljem ameriškega sveta za geotermalne vire (Geothermal Resources Council) organizirali Mednarodni simpozij o geotermalni energiji, obakrat na Havajih.

Tokratni kongres je bil sklican s strani Mednarodnega geotermalnega združenja (IGA) skupaj z Indonezijskim geotermalnim združenjem (INAGA). Kot tretja po vrsti v proizvodnji elektrike iz geotermalne energije in s svojim ogromnim potencialom je Indonezija danes najprimernejša država za predstavitev sodobnega stanja v razvoju in uporabi geotermalne energije. Program kongresa je bil sestavljen iz naslednjih dogodkov: otvoritvena seja, 130 tehničnih sej in zaključna seja s podpisom Balijske deklaracije. Vmes sta bili še dve panelni diskusiji – o mednarodnih naporih o privabljanju investicij za geotermalno energijo in o mednarodnem obetu za podporo geotermalnemu razvoju v Indoneziji. Otvoritve sta se udeležila tudi indonezijski predsednik Susilo Bambang Yudhoyono, ki je kongres odprl s tradicionalnim gongom, in islandski predsednik Olafur Ragnar Grimsson. Oba sta v svojih govorih fascinirala kongres s temeljitim geotermalnim znanjem in jasnovidnimi ugotovitvami. Če geotermalna energija pridobi svetovno podporo, potem bi resnično lahko »spremenila svet«. V primerjavi s kongresom leta 2005 je bil Balijski rekorden v vseh pogledih (tabela 1), saj je bilo udeležencev 2500, referatov pa preko tisoč.

Tabela 1. Statistika zadnjih treh kongresov WGC (World Geothermal Congress)

Kongres	WGC 2000	WGC 2005	WGC 2010
Država	Japonska	Turčija	Indonezija
Kraj	Beppu & Morioka	Antalya	Nusa Dua, Bali
Udeleženci	1700	1350 (od tega 350 sprem. oseb)	2500 (od tega 500 sprem. oseb)
Države	61	80	85
Referati (papers)	670	706	1039
Govorne predstavitve	320	330	650
Posterji	350	376	350
Tehnične seje	64	65	130
Tématike sej	44	26	40
Razstavljalci	54	43	47

Če primerjamo stanje geotermalnega razvoja v obdobju teh treh mejnikov, lahko rečemo, da je bil kongres na Baliu priča ponovnega geotermalnega zagona (tabela 2). Od kongresa WGC 2000 dalje je skupno 78 držav prikazalo oz. poročalo o izkoriščanju geotermalne energije: za proizvodnjo elektrike, za direktno rabo ali oboje (BERTANI, 2010; LUND et al., 2010; VUATAZ, 2010).

Tabela 2. Stanje izkoriščanja geotermalne energije v svetu (BERTANI, 2010; LUND et al., 2010)

leto	2000	2005	2010
Proizvodnja elektrike			
Inštalirana kapaciteta (MW _e)	7972	8933	10716
Proizvedena elektrika (GWh/leto)	49261	55709	67246
Koeficient izkoristka	0,71	0,71	0,72
Število držav	21	23	24
Direktna raba			
Inštalirana kapaciteta (MW _t)	15145	28269	50583
Izkoriščena energija (TJ/leto)	190699	273372	438071
Koeficient izkoristka	0,40	0,31	0,27
Število držav	58	72	78

Glede na število referatov v predlaganih 40 témah med 130 tehničnimi sejami, je zanimivo pogledati, kam so osredotočeni glavni napor (VUATAZ, 2010). Dejansko predstavlja osem od 40 tém točno 50 % vseh referatov Zbornika (tabela 3).

Tabela 3. Najpomembnejše tematike po številu referatov na CD Zborniku (≥ 50 referatov)

Glavne teme	Št. referatov	Št. sej
Geofizika	73	9
Raziskave	71	8
Sedanje stanje izkoriščanja po državah	67	7
Inženiring rezervoarjev	64	9
Geologija	64	7
Geokemija	63	6
Izboljšani geotermalni sistemi (EGS)	61	9
Okoljski in družbeni vidiki	50	7
Skupno	513	62

Izkaže se, da so indirektne in površinske metode (geofizika, geokemija in geologija) še vedno zelo pomembne v raziskavah in upravljanju geotermalnih virov. Številni referati o raziskavah kažejo kako dejavno je iskanje novih virov. Še nikoli ni bilo na kongresu toliko referatov in sej osredotočenih na »Izboljšane geotermalne sisteme« (Enhanced Geothermal Systems). Čeprav so potekali v zadnjih petih letih številni projekti na več celinah, so poglavitne težave, vezane na vrtnanje in stimulacijo rezervoarja, nekako zavlekle razvoj te tehnologije. Kot rezultat sta danes v obratovanju le dve majhni pilotni elektrarni (Soultz-sous-Forêts, Francija in Landau, Nemčija), obe se nahajata v Renskem tektonskem jarku.

Med mnogimi zanimivimi in pomembnimi projekti posebej izstopa raziskava za superkritičnimi fluidi, osupljiv islandski globoki vrtalni projekt, katerega cilj je izkoriščati superkritični fluid v globini 4–5 km in pri temperaturi 400–600 °C. Pri danem pretoku bi bila količina s takim fluidom proizvedene elektrike dvakrat tolikšna kot jo proizvaja klasično visokotemperaturno geotermalno polje. Po prvem poskusnem vrtnanju so morali 2,1 km globoko vrtino na geotermalnem polju Krafla (SV Islandija) na žalost zaustaviti, ko so naleteli na staljeno magmo. Projekt bodo nadaljevali z novimi vrtinami na drugih krajih.

Izkoriščanje geotermalne energije v letu 2010

Številke o proizvodnji elektrike (tabela 2) so precej točne, medtem ko so tiste o direktni rabi manj zanesljive in so mogoče podcenjene do 20 % (LUND & BERTANI, 2010). Avtorji LUND in sodelavci (2010) se zavedajo, da je še vsaj pet držav, ki izkoriščajo geotermalno energijo za neposredno rabo toplote, toda niso poslale poročila za zbornik tega kongresa. Zanimivo je, da je na vsaki pomembni celine razmerje med instalirano močjo geotermalnih elektrarn in proizvedeno elektriko iz le teh približno enako. Obe Ameriki in Azija proizvedejo preko 75 % vse geotermalne elektrike. Glede direktne rabe pa je znatno padlo razmerje instalirane kapacitete glede na izkoriščeno energijo za Ameriko (28,9 % instalirane moči vsega sveta in le 18,4 % izkoriščene energije vsega sveta), kar je posledica visokega deleža geotermalnih toplotnih črpalk z nizkim faktorjem izkoristka za te enote v ZDA in Kanadi.

Proizvodnja električne energije

Električno energijo proizvajajo iz geotermalnih virov v 27 državah, vendar pa so Grčija, Tajska in Argentina zaprle svoje elektrarne zaradi okoljskih in ekonomskih razlogov (zato 24 držav v tabeli 2). Parno-prevladujoči (suha para) vir se lahko izkorišča neposredno, medtem ko se mora vir vroče vode z znižanjem tlaka bliskovito upariti, da se proizvaja para. Nizkotemperaturni viri, na splošno pod 150 °C, zahtevajo uporabo sekundarnega fluida z nizkim vreliščem za ustvarjanje pare, v binarni ali ORC (angl. organic Rankine cycle) elektrarni. Potem ko para zapusti turbino, se navadno uporablja mokri ali suhi hladilni stolp za kondenzacijo pare, da se do skrajnosti poveča temperaturni padec med prihajajočo in odhajajočo paro ter tako poviša učinkovitost delovanja. Svetovna instalirana kapaciteta elektrarn je porazdeljena glede na tip elektrarn takole (BERTANI, 2010): 27 % na suho paro, 41 % na enojno uparitev, 20 % na dvojno uparitev, 11 % binarni / kombinirani cikel / hibridni in 1% na znižani tlak.

Tabela 4. Vodilne države v proizvodnji elektrike iz geotermalne energije (> 100 MW_e) (BERTANI, 2010)

Država	Instalirana kapaciteta (MW _e)	Delujoča kapaciteta* (MW _e)	Letna proizvedena energija (GWh/yr)	Faktor izkoristka z delujočo kapaciteto	Število delujočih enot elektrarn
ZDA	3093	2024	16603	0,94	209
Filipini	1904	1774	10311	0,66	56
Indonezija	1197	1197	9600	0,92	22
Mehika	958	958	7047	0,84	37
Italija	843	843	5520	0,75	33
Nova Zelandija	628	628	4055	0,74	43
Islandija	575	575	4597	0,91	25
Japonska	536	422	3064	0,83	20
El Salvador	204	192	1422	0,85	7
Kenija	167	167	1430	0,98	10
Kostarika	166	166	1131	0,78	6

* Opomba: nekatere številke o delujoči kapaciteti niso bile dostopne in so torej (predpostavljeno) enake instalirani kapaciteti.

Eden od pomembnejših vidikov razvoja geotermalnih elektrarn je delež njihovega prispevka v nacionalni in regionalni kapaciteti in proizvodnji električne energije določenih držav. Naslednje države ali regije vodijo v tem prispevku z več kot 5 % električne energije iz geotermalne (tabela 5).

Direktno izkoriščanje geotermalnih virov

Neposredna raba geotermalnih virov se primarno odvija za ogrevanje in hlajenje prostorov. Navadno zajema temperature virov pod 150 °C. Glavna prednost izkoriščanja geotermalne energije za projekte direktne rabe v tem nizko do srednje temperaturnem razponu je, da so ti viri bolj razširjeni in obstajajo v vsaj 80 državah v ekonomsko dosegljivih globinah. Tipična oprema za sistem direktne rabe vsebuje: črpalke v vrtini in obtočne črpalke, toplotne izmenjevalce, cevovode

Tabela 5. Nacionalni in regionalni prispevek geotermalne elektrike v celotni proizvodnji električne energije države ali regije

Država ali regija	Delež (%) državne ali regionalne kapacitete (MW _e)	Delež (%) državne ali regionalne energije (GWh/leto)
otok Lahir,		
Papua Nova Gvineja	75	ni dostopno
Tibet	30	30
otok San Miguel, Azori	25	ni dostopno
Toskana, Italija	25	25
Islandija	22	27
El Salvador	15	26
Kenija	12	17
Filipini	12	17
Nikaragva	11	10
Guadalupe (franc. Karibi)	9	9
Kostarika	8	12
Nova Zelandija	6	10

za prenos in porazdelitev termalne vode, opremo za odvzem toplote, vršne in pomožne energetske obrate (običajno na fosilna goriva) za znižanje izrabe geotermalnega fluida in znižanje števila potrebnih vrtin, ter sisteme za odstranitev izrabljenega fluida (reinjekcijske vrtine). Poleg 78 držav, ki so poslale podatke o direktni rabi (6 držav več kot leta 2005), se LUND in sodelavci (2010), ki so obdelali podatke, zavedajo, da so še vsaj 3 države (Malezija, Mozambik, Zambija) z direktno geotermalno rabo, ki pa niso poslale poročila za ta kongres.

Druga znatna sprememba od leta 2005 je velik porast v postavljenih geotermalnih toplotnih črpalkah (geothermal heat pumps-GHP) na vir toplote tal oz. plitvega podzemlja. Sedaj GHP tvorijo največji delež v skupni instalirani kapaciteti direktne rabe (69,7%) in v letni direktni rabi geotermalne energije (49,0%). Skupno število ekvivalentnih 12-kWt postavljenih enot teh toplotnih črpalk (povprečna velikost) je okrog 2.940.000 v 43 državah, največ v ZDA, Kanadi in Evropi, seveda pa so podatki pomanjkljivi (LUND & BERTANI, 2010). Povzetek instalirane kapacitete direktne rabe in letne izkoriščene energije kaže naslednje (brez GHP z 69,7% in 49,0% od skupnega): bazeni v zdraviliščih 43,6% in 48,8%, ogrevanje prostorov 35,1% in 28,2% (daljinsko ogrevanje zajema 85% vsega ogrevanja prostorov), ogrevanje rastlinjakov 10,1% in 10,4%, akvakultura 4,3% in 5,2%, industrijska raba 3,5% in 5,3%, sušenje v kmetijstvu 0,8% in 0,7%, hlajenje in taljenje snega 2,4% in 1,0%, drugo 0,2% in 0,4%.

Glede prispevka geotermalne direktne rabe k nacionalnemu energetskemu proračunu se dve državi izdvajata: Islandija in Turčija. Na Islandiji geotermalna energija pokriva 89% državnih potreb po ogrevanju prostorov, kar je pomembno, saj je ogrevanje nuja skoraj vse leto, poleg tega pa privarčujejo 100 mil. USD za uvoz goriv. Turčija je povečala svojo instalirano moč v zadnjih petih letih od 1495 MW_t na 2084 MW_t, večinoma za sisteme daljinskega ogrevanja (tabela 6).

Tabela 6. Vodilne države v direktni (iz)rabi geotermalne energije

država	GWh/leto	MW _t	Najvažnejša uporaba
Kitajska	20932	8898	kopanje/daljinsko ogrevanje
ZDA	15710	12611	GHP
Švedska	12585	4460	GHP
Turčija	10247	2084	daljinsko ogrevanje
Japonska	7139	2100	kopanje (t.i. onsen topli izviri)
Norveška	7001	3300	GHP
Islandija	6768	1826	daljinsko ogrevanje
Francija	3592	1345	daljinsko ogrevanje
Nemčija	3546	2485	kopanje/daljinsko ogrevanje
Nizozemska	2972	1410	GHP
Italija	2762	867	zdravilišča/ogrevanje prostorov
Madžarska	2713	655	zdravilišča/rastlinjaki
Nova Zelandija	2654	393	industrijska procesna raba
Kanada	2465	1126	GHP
Švica	2143	1061	GHP

In kje smo glede izkoriščanja geotermalne energije v Sloveniji? Skupna instalirana kapaciteta za direktno rabo pri nas znaša 115,6 MW_t, letna izkoriščena geotermalna energija pa je 1015,1 TJ ali 282 GWh (posodobljeno po RAJVER et al., 2010), vključno z geotermalnimi toplotnimi črpalkami. Prispevek geotermalnih toplotnih črpalk znaša 49,9 MW_t oziroma 243,5 TJ/leto. Različne vrste uporabe zajemajo: individualno ogrevanje prostorov, daljinsko ogrevanje, klimatizacijo/hlajenje, ogrevanje rastlinjakov, kopanje in plavanje z balneologijo ter geotermalne toplotne črpalke.

Obeti geotermalne energije, njeni izzivi in bodoče usmeritve

Porast in razvoj proizvodnje elektrike iz geotermalne energije se je znatno povečal v zadnjih 40 letih, skoraj 11% letno v začetnem delu tega obdobja, nato pa je padel na 3% letno v zadnjih desetih letih zaradi cene konkurenčnih goriv. Direktna raba je ostala pretežno stalna v tem 40-letnem obdobju z 10% letnim porastom. Večina porasta se pripisuje geotermalnim toplotnim črpalkam. Razvoj v bodoče bo vseboval večji poudarek na obratih (elektrarnah) za kombinirano toploto in elektriko, posebno na tistih, ki bodo uporabljale nižje temperaturne fluide do 100°C. Ta nizko-temperaturna kaskadna izraba bo izboljšala ekonomičnost in učinkovitost teh sistemov, kakršni so se izkazali v Nemčiji in Avstriji ter na Aljaski (Chena Hot Springs). Povečano je zanimanje za sušenje kmetijskih pridelkov in zamrzovanje v tropskih podnebjih, kar bo rešilo te pridelke, ki bi se normalno sicer zavrgli. Največji porast bo zajemala instalacija in uporaba GHP, ker se te lahko uporabljajo kjerkoli v svetu, kot se je pokazalo v Švici, v Skandinaviji, v Avstriji, Nemčiji, Kanadi in ZDA.

Čeprav je geotermalna energija dobro uveljavljena med obnovljivimi viri in je geotermalna proizvodnja elektrike še leta 2008 več kot 3-krat pre-

segla tisto iz sončne fotovoltaike (PV), pa je njen porast stalen, vendar počasen. Medtem, ko vetrna in sončna fotovoltaika kažeta eksponenten porast, se kapaciteta geotermalnih elektrarn razvija precej linearno. Do danes postavljene enote delujejo skoraj izključno na hidrotermalnih virih, ki se nahajajo v posebnih geoloških okoljih. Univerzalno razvita tehnologija izboljšanih geotermalnih sistemov (EGS) bi lahko pospešila porast moči geotermalnih elektrarn, čeprav so potrebni znatni napor v raziskavah in razvoju za rešitev še vedno odprtih problemov (RYBACH, 2010). Da bi se univerzalno in globalno izrabili velikanski viri, ki jih predvidoma zajemajo sistemi EGS, se moramo dotakniti zanimivih problemov raziskav in razvoja: 1) razvoj tehnologije za proizvodnjo elektrike in/ali toplote iz v osnovi vsepovsod prisotnega vira, neodvisno od podzemnih pogojev lokacije (»EGS tehnologija«); 2) pridobivanje izkušenj o možnih spremembah v delovanju toplotnega EGS izmenjevalca s časom; 3) povečanje kapacitete EGS elektrarn od sedanjih nekaj MW_e na nekaj 10–100 MW_e. Eden od glavnih bodočih ciljev bo doognati kako naj bi se kapaciteta EGS elektrarn povišala, kajti do sedaj obstajajo samo nekateri teoretični izračuni. V vsakem primeru bo po RYBACHU velikopotezna širitev EGS tehnologije zahtevala znaten čas, predvidoma nekaj desetletij.

Iz Slovenije se je kongresa udeležil le pisec tega članka, ki je predstavil dva posterja (RAJVER et al., 2010; RMAN et al., 2010), na eni seji pa je bil rezervni govornik. Pred kongresom se je odvijalo pet kratkih tečajev, kjer so predavali priznani strokovnjaki za geotermalne raziskave in njen razvoj ter izkoriščanje. Prvi štirje so bili v angleščini, peti tečaj pa je bil namenjen le poslušalcem iz Indonezije:

1. Vrtanje, dovršitev in testiranje geotermalnih vrtin (Ungemach, Antics, Hole, Danielsen)
2. Načrt, gradnja in delovanje geotermalnih elektrarn (Campbell, Walenciak)
3. Geotermalne toplotne črpalke (Lund, Andersson, Bjelm)
4. Financiranje geotermalnih projektov (Bloomquist, Quinlivan, Christen)
5. Uvod v geotermalno energijo (Sudarman, Daud, Saptadji).

Pred in po kongresu so bili organizirani tudi trije strokovni izleti. Ti so vodili udeležence po geografsko, geološko in geotermalno zanimivih predelih Jave z obiskom ene od večjih geotermalnih elektrarn, četrti izlet na otok Sulawesi pa je bil odpovedan. Svetovni geotermalni kongres je postal tako v zadnjih 15 letih precej obsežen, na tem kongresu so predavanja namreč potekala v desetih vzporednih sekcijah. Posterska sekcija je bila

umeščena sredi tedna, tako da so bili posterji na ogled skoraj 3 dni.

Organizacijski komite kongresa je vseh pet dni izdajal uradni, dnevni 8-stranski časopis WGC 2010 Daily News, ki je poročal o dogajanju na kongresu, s povzetki zanimivih mnenj prejšnjega dne. V časopisu so bili komentarji posameznih funkcionarjev, bodisi iz vlade, ali iz raziskovalnih ustanov ter univerz ter vodij mednarodnih organizacij, dejavnih v geotermiji. Razstava najbolj znanih razvojnih inštitucij ter proizvajalcev in serviserjev raziskovalne in proizvodne opreme (za vrtine, cevovode, toplotne postaje, itd.) v geotermalnih raziskavah in razvoju ter izkoriščanju geotermalne energije je potekala prav tako v mednarodnem konvencijskem centru. Kot družabne dogodke lahko izpostavim izjemno prijateljsko dobrodošlico domačinov kongresa, spektakularno Indonezijsko kulturno noč z zanimivimi indonezijskimi plesi (in popestreno z dežjem) v izjemnem okolju kamnitih stolpov in strmih pobočij kraja Lotus Pond & Jendela pod kipom Garuda orla, balijskega božanstva življenja in miru (Garuda Wisnu Kencana) ter nazadnje vroč zaključni večer. Naslednji svetovni geotermalni kongres bo aprila 2015 v Melbourneu.

Viri

- BERTANI, R. 2010: Geothermal power generation in the World, 2005-2010 Update Report. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 1-41.
- LUND, J. W. & BERTANI, R. 2010: Worldwide geothermal utilization 2010. IGA News No. 80, 7-11.
- LUND, J. W., FREESTON, D. H. & BOYD, T. L. 2010: Direct utilization of geothermal energy 2010 Worldwide review. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 1-23.
- RAJVER, D., LAPANJE, A. & RMAN, N. 2010: Geothermal development in Slovenia: Country update report 2005-2009. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 1-10.
- RMAN, N., LAPANJE, A. & PRESTOR, J. 2010: Hydrogeological expert basis to water permitting in the low temperature geothermal system in the Mura-Zala basin in the NE Slovenia. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 1-5.
- RYBACH, L. 2010: »The Future of Geothermal Energy« and Its Challenges. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-30 April 2010, 1-4.
- VUATAZ, F.-D. 2010: WGC 2010 in Bali: a Record-Breaking Congress. IGA News No. 80: 5-6.