

Novi atlas geotermalnih virov v Evropi

New Atlas of Geothermal Resources in Europe

Dušan RAJVER¹ & Danilo RAVNIK²

¹Geološki Zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija; e-mail: dusan.rajver@geo-zs.si

²Univerza NTF, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: geofizika, geotermalni viri, Evropa, Slovenija

Key-words: Geophysics, Geothermal resources, Europe, Slovenia

Kratka vsebina

Naftna kriza leta 1973 je povzročila hitro naraščajoče zanimanje za geotermalno energijo kot ene izmed morebitnih nadomestil fosilnih energetskega virov. To je zahtevalo solidno poznavanje njenega nastanka, eksploatacije in praktične izrabe. Evropska komisija za raziskave in razvoj v Bruslju je ta vir energije podpirala, vendar je bilo zato potrebno veliko osnovnih podatkov za praktično realizacijo. Zadnje raziskovalno delo predstavlja novi *Atlas geotermalnih virov v Evropi*, kjer je prikazana tudi Slovenija. Poleg kart temperatur v raznih globinah, opisov geoloških, hidroloških in fizikalnih svojstev kamnin, je zastopana z opisom geotermalnih virov na dveh najbolj obetavnih območjih. To sta jugozahodni del Panonskega bazena v severo-vzhodni Sloveniji in Krška kotlina v njenem vzhodnem delu.

Abstract

The oil crisis in 1973 caused rapidly increasing interest in geothermal energy as one of the eventual substitutes for fossil energy resources. This interest required a solid knowledge of the origin, exploitation and practical use of geothermal energy. European Commission for Research and Development in Brussels has supported this source of energy, however, for the practical realization was necessary a large amount of fundamental data. The last research work is presented with the new *Atlas of Geothermal Resources in Europe* with Slovenia included as well. Slovenia is therefore presented with description of geothermal resources in the two most promised areas besides the temperature maps in different depths, and descriptions of geological, hydrological and physical characteristics of rocks. These areas are the southwestern part of the Pannonian basin in northeastern Slovenia and the Krško basin in the eastern part.

Preteklo leto je izšel *Atlas geotermalnih virov v Evropi* urednikov S.Hurter-jeve in R.Haenela z *Leibniz-ovega inštituta uporabnih znanosti Zemlje* iz Hannovra (Nemčija). Koordinacijo je izvajal *Deželni urad za raziskave tal*, pravtako iz Hannovra, tiskala pa je firma *Lovell Jones Ltd.* iz Oxfordshire-a (Velika Britanija). Atlas je objava urada

Evropske komisije (EC) za uradne publikacije iz Luxemburga. Format Atlasa je 32 x 47 cm, obsega 91 strani teksta s tabelami in 89 dvostranskih kart in profilov. Delo je na področju geotermalnih raziskav velik skupni dosežek 156 geoznanstvenikov iz 31 evropskih držav. Kljub temu, da naj bi to delo izšlo že preje, smo ga zaradi finančno-

organizacijskih težav dobili šele septembra leta 2002. V njem je sodelovala tudi Slovenija z ekipo petih strokovnjakov raznih področij geologije, hidrogeologije in geofizike.

Pri raziskavah geotermalne energije je pomembno poznavanje razdelitve temperature pod površjem. Takó je zbiranje zanesljivih temperaturnih podatkov pogojeval program Evropske komisije *Geothermal Energy Research and Development* od njegovega zametka v letu 1975 dalje, ki je nastal kot posledica naftne krize leta 1973. Rezultati so bili zbrani v *Atlasu podzemeljskih temperatur v Evropski skupnosti*, katero je uredil Haenel (1980). Karte so obsegale temperature do globine 5 km. Države, ki jih je atlas zajel, so bile Belgija, Danska, Francija, Italija, Nizozemska, Velika Britanija in Zahodna Nemčija. To je bil uporaben dokument ne le za strokovnjake, ki jih zanima geotermalna energija, temveč tudi za industrijo nafte in plina, rudarstvo, družbe za vodooskrbo in geološke inštitute.

Omeniti moramo še prve podatke o površinskem toplotnem toku Evrope v *Predhodni karti toplotnega toka Evrope* (Čermák in Hurtig, 1977) in kmalu za tem še v *Karti toplotnega toka Evrope* (Čermák & Hurtig, 1979). Že na prvi karti so bile na severnem delu nekdanje Jugoslavije na obrobju Panonskega bazena vrisane izolinijske izmerjene gostote toplotnega toka.

Leta 1988 je izšel prvi *Atlas geotermalnih virov v Evropski skupnosti s Švico in Avstrijo* (Haenel & Staroste, 1988). Kasneje pa so objavili še obsežni *Geotermalni atlas Evrope* (Hurtig in sodel., 1992). V njem je poudarek na temperaturnih kartah do globin 5 km in na gostotah toplotnega toka za celotno Evropo. Tu se je prvič pojavila tedanja Jugoslavija (Ravnik s sodel., 1992) in v njenem okviru tudi Republika Slovenija z do takrat zbranimi podatki v tabelah in na ustreznih kartah.

Sedanji Atlas je skupno s prvim *Atlasom geotermalnih virov* (Haenel & Staroste, 1988) dopolnjen še s poročili novih trinajstih držav. Vključeni so še podatki za Belorusijo, Bosno in Hercegovino, Hrvaško, Islandijo in Ukrajino. Norveška nima geotermalnih virov, kot so definirani v tem Atlasu. Finančno podporo je Evropska komisija dodelila večini evropskih držav, tudi Sloveniji. Finska, Rusija in Švica so se financirale same, medtem ko so Belorusija,

Hrvaška in Ukrajina prostovoljno prispevale le temperaturne podatke. Strokovnjaki iz Srbije s Črno Goro, Makedonije in Turčije pa so skušali dobiti podporo v svojih državah. Za triletni potek vseh priprav je Evropska komisija dala na razpolago okoli 1,1 milijon evrov sredstev (Hurter & Haenel, 1998).

Atlas 2002 kaže rezultate večletnega dela in je poskus predstaviti podatke geotermalnih virov Evrope na primerjalni osnovi tako znotraj kot tudi zunaj državnih meja. Podaja pregled ugotovljenih geotermalnih virov v skoraj vseh državah Evrope, predstavlja pa razširjeni atlas urednikov Haenel-a in Staroste-jeve (1988). Oba atlasa prikazujeta oceno geotermalne energije, ki bi jo lahko ekonomično izrabljali takoj ali v bližnji prihodnosti. To je temeljni dokument za nadaljnje raziskave geotermalne energije v času, ko zahteve za zmanjšanje negativnih učinkov na okolje postajajo vse ostrejšje. Obravnava tudi one količine teh virov, ki še niso v eksploataciji, ampak jih bodo z izboljšano tehnologijo in pri ugodnih ekonomskih pogojih še izkoriščali. Atlas obsega za vsako posamezno državo splošni tekst, tabele in karte. V tabelah so zbrani podatki o termalnih izvirih, o gostoti toplotnega toka in o izvedenih geotermalnih inštalacijah. Glavni del pa predstavljajo po štiri karte v opisu geotermalnih vodonosnikov: globine do vodonosnika, temperatura na vrhu vodonosnika, debeline vodonosnika in njegovi geotermalni viri ali rezerve.

Pri opisovanju geotermalnih nahajališč uporabljamo nekatere točno določene pojme. *Geotermalne vire (resurse)* nekega področja, ki so nakopičeni v kamninah in tekočinah pod Zemljino površino, bi lahko pridobivali v bližnji bodočnosti, dočim so njihove *zaloge (rezerve)* izkoristljive takoj. Številčno jih izračunamo po enotnih enačbah Evropske skupnosti s pomočjo temperatur, globin in prostornin podzemnih vodonosnikov ter toplotnih kapacitet kamnin in vode. Poleg teh podatkov, ki so prikazani na kartah, so za temeljitejše razumevanje predstavljeni še geološki profili, ponekod tudi s podatki o efektivnih porznostih, prepustnostih, slanostih podtalnih voda ter z njihovimi piezometričnimi višinami.

Vsekakor ima določitev geotermalnih virov neko prehodno vrednost in jo je treba

občasno dopolnjevati glede na tehnološki razvoj, politične okoliščine, okoljevarstvene ozire in socialno politiko.

Za oceno potencialov geotermalne energije je poleg podzemeljskih temperatur potrebno tudi poznavanje količine prenešene toplote na površino v enoti časa in na enotno površino, to je *gostote toplotnega toka*. Razen tega so za možnosti ekonomske izrabe geotermalne energije koristne hidrogeološke, litološke in stratigrafske značilnosti kamnin skupno z njihovimi toplotnimi parametri, t.j. geotermičnim gradientom, toplotno difuzijo, specifično toploto ali toplotno prevodnostjo kamnin in tekočin v njih in vsebnosti izotopov. Vse te podatke posredujejo razne geofizikalne raziskave v vrtninah (karotaža) in laboratorijih, dopolnjenih s hidrogeološkimi, geokemičnimi in inženirsko-geološkimi preiskavami.

Glavna načina prenosa toplotne energije na površje Zemlje sta *kondukcija* in *konvekcija*. Velikost *konduktivnega* prenosa toplote določa gostota toplotnega toka, ki kaže tudi na višino podzemeljskih temperatur, vendar je tak način zelo neučinkovita oblika transporta toplote na površino. *Konvektivni* prenos toplote pa oskrbijo podzemne tekočine, predvsem voda. Ta je zaradi svojih specifičnih lastnosti (mobilnost, visoka specifična toplota) najbolj pomemben za izkoriščanje geotermalnih nahajališč. Konvektivni način prenosa toplote je omejen na globoke prelome, vulkanska območja in na robove tektonskih plošč.

Atlas 2002 obsega posodobljene podatke, vendar se nekatere, v prejšnjih atlasih veljavne informacije, v tem Atlasu ne pojavljajo več. Za popoln pregled vseh znanih geotermalnih podatkov je potrebno zato ustrezno upoštevati še vse dosedanje atlase (1980, 1988, 1992). Skrbna spremljava teh podatkov omogoča razviti in izboljšati izrabo in izdatnost doslej uporabljenih virov. S primernim modeliranjem, izkoristljivostjo virov in ustrezno optimizacijo tehnologij pri zajetju na površju, lahko dobimo več energije brez povečevanja števila vrtin. To je važno, kajti posebno vrtine predstavljajo največji strošek geotermičnih naprav.

Atlas pa olajšuje tudi identifikacijo geotermalnih razmer možnim partnerjem za mednarodne skupne projekte v regijah s podobnimi geološkimi razmerami, kar vzpodbuja Evropska komisija. Informacije v Atla-

su ne nadomeščajo detajlnih lokalnih študij, čeprav objavljene karte sicer dopuščajo primarno oceno geotermalnega potenciala v smislu njegove tehnološke in ekonomske življenjske dobe.

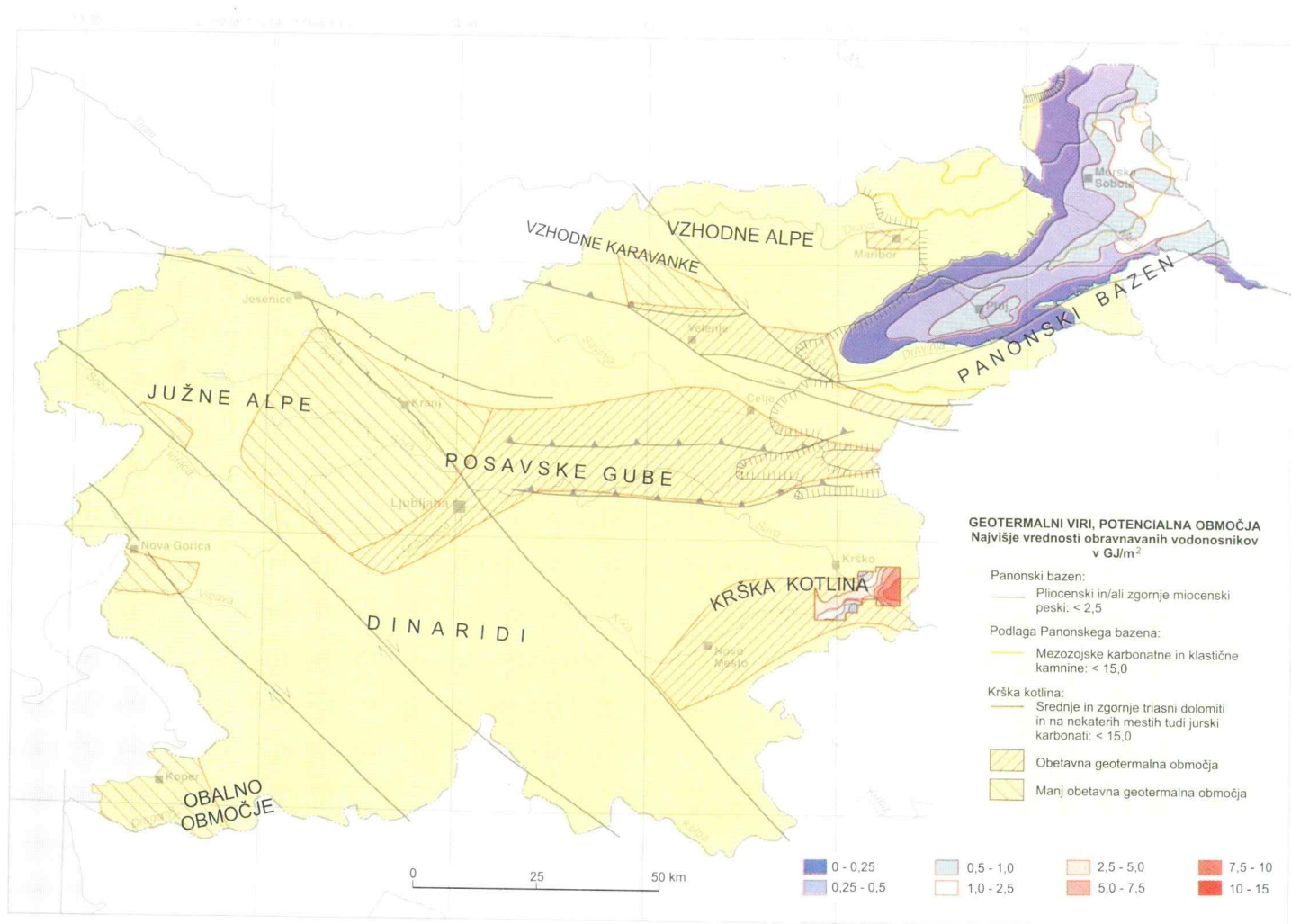
Osnova za oceno geotermalnih virov v Atlasu 2002 je model eksploatacije geotermalne tekočine z dvema vrtninama (dublet): po eni prihaja geotermalna voda na površje, po drugi pa navadno isto, toda ohlajeno vodo na 25 °C vračamo nazaj v geotermalni vodonosnik. Vendar ta Atlas ni pripomoček za določitev lokacij vrtanja za geotermalne instalacije. Bolj služi za omejitev perspektivnih ozemelj za nadaljnje raziskave in nakazuje številne možnosti za uporabo različnih geotermalnih naprav, toplotnih izmenjevalcev in toplotnih črpalk.

Geotermalno energijo izrabljamo lahko z različnimi tehnologijami, ki v glavnem vključujejo vrtanje in črpanja geotermalne vode iz globin. Perspektivna je tehnologija HDR (angl. *Hot Dry Rock* = vroča suha kamnina) kot ena uspešno razvijajočih se sistemov EGS (angl. *Enhanced Geothermal System* = ojačani geotermalni sistem). Tako je na primer nahajališče Soultz-sous-Forêts v francoskem delu Renskega jarka.

V Evropi je doslej geotermalno instaliranih že okoli 1000 MW električne in preko 8000 MW toplotne moči za ogrevanje, rekreacijo in balneologijo, za industrijske procese in v poljedelstvu. Vendar stremijo k povečanju teh kapacitet, nižanju obratovalnih temperatur za ekonomično izkoriščanje in k razširitvi produkcije električne energije hidrogeotermalnih virov tudi na nevulkanskih območjih.

Slovenija je v Atlasu 2002 predstavljena s kratkim splošnim tekstom, spiskom meritev gostot toplotnega toka, preglednico naravnih termalnih izvirov, geotermalnih instalacij in z najbolj značilnimi geotermalnimi kartami in profili. Kot eden od rezultatov dosedanjih raziskav pa so na priloženi karti (slika 1) prikazani geotermalni viri in njihova potencialna območja.

Na kartah geotermalnih parametrov je opazno njihovo naraščanje v smeri proti severovzhodu in delno proti vzhodu. Temu so vzrok geološke in tektonske posebnosti na prehodu od Vzhodnih Alp in Dinaridov na območje Panonskega bazena. Za prvo področje so značilne nizke gostote toplotnega



toka in s tem pogojene tudi nizke podzemelske temperature, na drugem pa vladajo razmeroma visoki toplotni tokovi in s tem v zvezi povišane temperature. To je še jasneje razvidno v Atlasu 2002 na preglednih geotermalnih kartah celotne Evrope.

Zaradi take situacije in še ne preiskanih delov Slovenije smo na detajlnih kartah in profilih naše države pokazali le dvoje najbolj preverjenih in značilnih geotermalnih lokacij. Obe ležita vzhodno od meridiana petnajstih stopinj vzhodne dolžine, to sta Štajerska s Pomurjem in Krška kotlina. So pa še druga, sicer posamezna, toda ekonomsko uspešna geotermalna nahajališča (Topolšica, Laško, Rimske toplice, Dobrna, Zreče, Snovik, Podčetrtek, Rogaška Slatina, Dolenjske toplice, Medijske toplice in druga). Osrednji del Slovenije je sicer potencialno zanimiv, vendar je še premalo raziskan.

Pregled geotermalnih razmer v Sloveniji, kot ga kaže Atlas 2002, daje osnovo za nadaljnji razvoj tega energetskega vira. Vzhodna Slovenija je sicer sposobna razvijati geotermalna nahajališča tako, kot jih izvajajo pri podobnih geotermalnih pogojih v večini Evrope. V zadnjih desetih letih so razvili tudi izrabo nizkoentalpijskih virov geotermalne energije. Ti so uspešni zlasti tam, kjer ni večjih geotermalnih nahajališč in se jih uporablja za ogrevanje ali razne industrijske procese. Zato bi se bilo treba tudi pri nas osredotočiti na plitvo geotermijo z različnimi tehnologijami, ki jih uspešno razširjajo v Švici, Avstriji, Nemčiji, na Švedskem in v ZDA.

Zahvala

Avtorja sva hvaležna Duški Živanović za pomoč pri obdelavi slike.

Literatura

Čermák, V., Hurtig, E. 1977: Preliminary Heat Flow Map of Europe (1:5.000.000). Explanatory Text – Geofys. Ust. Czechosl. Acad. Sci., Praha and Zentralinst., Phys.Erde, Potsdam, 58 p.

Čermák, V., Hurtig, E. 1979: Heat Flow Map of Europe. V: Čermák, V. in Rybach, L., Terrestrial Heat Flow in Europe, colour enclosure – Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Haenel, R. (urednik) 1980: Atlas of Subsurface Temperatures in the European Community. – Commission of the European Communities of the EC, Directorate-General for Science and Education, Energy Research and Development Programme, Luxembourg, 36p., 43 maps.

Haenel, R., Staroste, E. (urednika) 1988: Atlas of Geothermal Resources in the European Community, Austria and Switzerland. – Commission of the EC, Directorate-General for Science, Research and Development, Geothermal Energy Research, Publ.No. EUR 11026, Brussels-Luxembourg, 74 p., 110 plates.

Hurter, S., Haenel, R. 1998: European Atlas of Geothermal Resources (Poster), V: 5. Geothermische Fachtagung, Straubing, 214–215.

Hurter, S., Haenel, R. (urednika) 2002: Atlas of Geothermal Resources in Europe. – European Commission, Research Directorate-General, Publ.No. 17811, Luxembourg, 92 p., 89 plates.

Hurtig, E., Čermák, V., Haenel, R. & Zui, V. (uredniki) 1992: Geothermal Atlas of Europe. – GeoForschungsZentrum Potsdam, Publ. Nol, 156 p., 25 maps.

Ravnik, D., Jelić, K., Kolbah, S., Miličević, M., Miošić, N., Tonic, S. & Rajver, D. 1992: Yugoslavia. V: Hurtig, V., Čermák, V., Haenel, R. & Zui, V. (uredniki). Geothermal Atlas of Europe – GeoForschungsZentrum Potsdam, Publ. No.1, 102–104 in 152–153.