

WYKORZYSTANIE WÓD i ENERGII GEOTERMALNEJ NA ŚWIECIE i w EUROPIE

Beata Kępińska

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Polskie Stowarzyszenie Geotermiczne, Kraków, Polska

STRESZCZENIE

Przedstawiono stan i perspektywy wykorzystania energii geotermalnej na świecie. Energia geotermalna jest stosowana bezpośrednio w 78 krajach, podczas gdy produkcja prądu elektrycznego ma miejsce w 24 krajach. Odnotowuje się stały wzrost wykorzystania energii geotermalnej na świecie, w czym istotną rolę odgrywają rozwój i wzrost efektywności technologii, względy ekologiczne i ekonomiczne. Wskazano na główne dziedziny wykorzystania geotermii w nadchodzących latach, a także na perspektywiczne technologie, które będą przedmiotem rozwoju. Podkreślono niektóre czynniki, które przemawiają za szerszym stosowaniem energii geotermalnej, w tym odpowiednia zasoby, niezależność od warunków zewnętrznych, całoroczną dostępność, przyczynianie się do zrównoważonego rozwoju gospodarczego i ograniczanie zależności od importowanych paliw.

ŚWIAT

Zgodnie z danymi prezentowanymi podczas Światowego Kongresu Geotermalnego w 2010 r. na Bali (Indonezja), energię geotermalną wykorzystuje się w sposób bezpośredni w 78 krajach (Lund et al. 2010), natomiast produkcja prądu elektrycznego ma miejsce w 24 krajach (Bertani, 2010). Odnotowuje się stały wzrost wykorzystania energii geotermalnej na świecie, w czym istotną rolę odgrywają rozwój i wzrost efektywności technologii, względy ekologiczne i ekonomiczne.

Wykorzystanie bezpośrednie

W końcu 2009 r. całkowita moc zainstalowana dla potrzeb bezpośredniego wykorzystania wynosiła 50 583 MW_t, a zużycie ciepła 438 071 TJ (121 696 GWh). w porównaniu do sytuacji w 2005 r. (kiedy odbył się poprzedni Światowy Kongres), liczby te wzrosły odpowiednio o 79% i 60% (w latach 2000-2005 było to odpowiednio 50% i 40%). Znaczący udział w tym wzroście miały pompy ciepła (Lund et al. 2010), których stosowanie rozwija się dynamicznie w wielu krajach, m.in. w Kanadzie, USA, Japonii w wielu krajach europejskich (szczególnie dynamicznie w Szwecji, Szwajcarii, Austrii, Niemczech, Norwegii). Największy udział na świecie pod względem zainstalowanej mocy i zużycia ciepła w bezpośrednich zastosowaniach ma ogrzewanie pomieszczeń (przy użyciu pomp ciepła oraz ciepła wód wydobywanych z głębszych otworów wiertniczych), a na drugim miejscu są rekreacja i lecznictwo.

Pozostałe zastosowania obejmują ogrzewanie szklarni, upraw pod osłonami i podgrzewanie glebowe, hodowlę wodne, suszenie produktów rolnych, zastosowania przemysłowe, topienie śniegu i odładzanie ciągów komunikacyjnych (jezdni, chodników, mostów, parkingów), inne (Lund et al. 2010). Biorąc pod uwagę zużycie ciepła, w pierwszej piątce krajów stosujących energię geotermalną w sposób bezpośredni znajdują się Chiny, USA, Szwecja, Turcja i Japonia, na które przypada łącznie 55% całkowitego rocznego zużycia ciepła geotermalnego na świecie. Pod względem zainstalowanej mocy do pierwszej piątki krajów należą USA, Chiny, Szwecja, Norwegia i Niemcy. Jeśli natomiast odnieść zużycie ciepła geotermalnego na jednego mieszkańca, to w czołówce znajdują się Islandia, Norwegia, Szwecja, Dania i Szwajcaria (Lund et al. 2010).

Generacja prądu elektrycznego

Generacja prądu elektrycznego przy zastosowaniu par geotermalnych odbywa się w 24 krajach. w 2010 r. całkowita moc zainstalowana osiągnęła 10 715 MW_e, a produkcja prądu wyniosła 67 246 GWh. Było to około 20% więcej w porównaniu z 2005 r. Do krajów generujących w elektrowniach geotermicznych najwięcej prądu należą USA, Filipiny, Indonezja, Meksyk i Włochy (Bertani, 2010).

Wzrasta zainteresowanie instalacjami binarnymi, w których w cyklu generacji elektryczności można stosować wody geotermalne o temperaturach rzędu 80 – 100°C (służą one do odparowania czynnika roboczego, którym jest plyn organiczny lub mieszanina wody i amoniaku). Pierwsze instalacje stosujące wody o temperaturach rzędu 100°C pracują od niedawna w Austrii i Niemczech. w niektórych krajach trwają badania i prace zmierzające do uruchomienia następnych instalacji binarnych o niewielkiej mocy.

EUROPA

Warunki termiczne powodują, że w Europie dominują złoża wód o temperaturach poniżej 150°C. Największe eksploatowane złoża wód geotermalnych na kontynencie europejskim znajdują się w basenie paryskim, w basenie panońskim, w obszarze Niżu Europejskiego, przedpola Alp, w Karpatach wewnętrznych, w strukturach geologicznych Europy południowej. w niektórych obszarach znajdują się złoża przegrzanych wód i par: we Włoszech, w Turcji,

Grecji, na kilku wyspach (Azory, Wyspy Kanaryjskie), a przede wszystkim na Islandii.

Wykorzystanie bezpośrednie

Energia geotermalna jest stosowana w 37 krajach europejskich, na różną skalę i do różnych celów. w 2009 r. całkowita moc zainstalowana dla wykorzystania bezpośredniego wynosiła 23 469,308 MW_t, a zużycie ciepła 233 736,7 TJ (Lund et al. 2010), co stanowiło odpowiednio 46,7% i 53,4% udziału w świecie, plasując Europę na pierwszym miejscu spośród wszystkich kontynentów: w pierwszej piątce krajów świata o największej zainstalowanej mocy i zużyciu ciepła geotermalnego są bowiem, obok Chin, USA i Japonii, dwa kraje tego kontynentu: Szwecja i Turcja. w czołówce światowej znajduje się także kilka innych państw europejskich. Wzrost wykorzystania energii geotermalnej w Europie w latach 2005 – 2009 był związany głównie z rozwojem instalowania pomp ciepła.

Generacja prądu elektrycznego

Całkowita moc zainstalowana wszystkich elektrowni geotermalnych w Europie w 2009 r. wynosiła 1 553 MW_e, a produkcja 12 371,8 GWh, co stanowiło odpowiednio 14,5 % i 18,4% udziału geotermii w skali świata (Bertani, 2010). Generacja prądu elektrycznego przy zastosowaniu par geotermalnych prowadzona jest w czterech krajach europejskich: na Islandii, we Włoszech, w Turcji, a także w Portugalii (na Azorach). w statystykach dotyczących Europy ujmuje się zwykle także Rosję (elektrownie na Kamczatce) i Francję (Gwadelupa – terytorium zamorskie tego kraju). Od kilku lat pracuje także sześć instalacji binarnych stosujących wody geotermalne o temperaturach 98 – 122°C w cyklu generacji prądu elektrycznego: w Altheim, Bad Blumau i Simbach/Braunau w Austrii oraz w Neustadt-Glewe, Unterhaching i Landau w Niemczech. Mają one niewielką moc (180 - 500 kW_e), jedynie instalacje w Unterhaching i Landau posiadają moc ok. 3 MW_e, i pracują w skojarzeniu z instalacjami stosującymi na dużą skalę ciepło geotermalne (c.o. i c.w.u., kąpieliska, balneoterapia).

Główne dziedziny wykorzystania wód i energii geotermalnej w Europie

Wody i energia geotermalna są w Europie stosowane przede wszystkim w ciepłownictwie – w systemach centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz w instalacjach indywidualnych, w rekreacji i balneoterapii, w rolnictwie, w mniejszym udziale także w hodowlach wodnych, w procesach przemysłowych - m.in. do suszenia i pasteryzacji, a niekiedy do topienia śniegu i lodu z chodników i jezdnii, podgrzewania pasów startowych lotnisk. z wód geotermalnych odzyskuje się dwutlenek węgla i inne związki chemiczne. Stosuje się je do produkcji kosmetyków, czy też butelkuje jako wody lecznicze i mineralne.

W najbardziej wszechstronny i znaczący *per capita* sposób korzysta z wód i energii geotermalnej

Islandia: w ciepłownictwie - zaopatrującym ponad 98% populacji, do ogrzewania szklarni, w kąpieliskach i balneoterapii, w akwakulturach, do suszenia glonów, wełny, ziemi okrzemkowej, ryb, w procesach technologicznych przemysłu spożywczego, do odzysku dwutlenku węgla, produkcji kosmetyków, itd.

Do innych krajów przodujących w Europie pod względem stosowania energii geotermalnej należą: w ciepłownictwie - Turcja, Francja, Niemcy i Rosja; w rolnictwie (ogrzewanie szklarni i upraw pod osłonami) – Rosja, Turcja, Węgry, Włochy; Grecja; w rekreacji i balneoterapii – Węgry, Turcja, Słowacja, Włochy, Austria (ten sposób wykorzystania ma miejsce w wielu innych krajach Europy, także w Polsce). w niektórych krajach ciepło geotermalne stosuje się do suszenia produktów rolnych, drewna, materiałów budowlanych, z wód geotermalnych odzyskiwane są sole mineralne, inne związki chemiczne, dwutlenek węgla. Wody są butelkowane, są też podstawą produkcji wysokiej jakości kosmetyków. Ciepłem geotermalnym podgrzewane są pasy startowe kilku lotnisk.

Również w Polsce, dzięki zwiększeniu produkcji i sprzedaży ciepła w istniejących ciepłowniach geotermalnych (w 2010 r. pracowało ich cztery), otwarciu kilku geotermalnych ośrodków rekreacyjnych oraz rozwojowi sektora pomp ciepła, wzrasta zainstalowana moc i produkcja ciepła geotermalnego: w końcu 2008 r. wyniosły one odpowiednio ok. 281 MW_t (w tym ok. 180 MW_t mocy cieplnej reprezentowały sprężarkowe pompy ciepła) i ok. 1501 TJ (w 2004 r. było to odpowiednio 170, MW_t i 838,3 TJ; Kępińska, 2010, 2011).

Oprócz ciepła wód wydobywanych z głębokich odwiertów, coraz częściej dostarczane jest ono przez pompy ciepła bazujące na odzysku ciepła płytkich partii skorupy ziemskiej. w niektórych krajach – Szwecji, Norwegii, Szwajcarii, Finlandii, Holandii, Austrii, Niemczech – zdominowały one ogrzewanie geotermalne. Coraz częściej pompy ciepła stosowane są także do chłodzenia pomieszczeń, co wydłuża okres ich pracy i zwiększa efektywność ekonomiczną, a ciepło usuwane z chłodzonych pomieszczeń może być wykorzystane do podgrzewania wody albo kierowane do gruntu (magazynowanie ciepła – regeneracja dolnego źródła).

Dzięki dynamicznemu rozwojowi stosowania pomp ciepła pod względem całkowitej ilości zużywanej energii geotermalnej Szwecja zajmuje pierwsze miejsce w Europie; kraj ten po 2000 r. wyprzedził pod względem całkowitej ilości wykorzystywanego ciepła geotermalnego Turcję i Islandię (!). Również Norwegia, Finlandia, Szwajcaria, Niemcy zawdzięczają wysokie pozycje szerokiemu stosowaniu pomp ciepła odzyskujących ciepło płytkich partii górotworu i poziomów wodonośnych.

W kilku krajach prowadzi się badania dotyczące odzysku ciepła z gorących suchych skał. Znane są one m.in. z podłoża rowu Górnego Renu, gdzie zalegają na głębokościach poniżej 3 – 5 km. Międzynarodowy pilotowy projekt prowadzony jest od kilkunastu lat w Soultz-sous-Forets we Francji (w 2008 r. oficjalnie

uruchomiono instalację o mocy około 3 MWe), a od niedawna również w Niemczech (Landau, Bruchsal).

KIERUNKI ROZWOJU GEOTERMII NA ŚWIECIE i w EUROPIE

W nadchodzących latach spodziewany jest dalszy rozwój wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie. Dotyczy to różnych technologii i różnych dziedzin wykorzystania, z których niektóre wymieniono poniżej.

W zakresie technologii:

- pompy ciepła;
- instalacje binarne do produkcji prądu elektrycznego bazujące na wodach o temperaturach przynajmniej 80 – 100°C pracujące w skojarzeniu z produkcją ciepła (do takich należy m.in. uruchomiona w 2007 r. w miejscowości w Unterhaching elektrociepłownia o mocy cieplnej 40 MWt i mocy elektrycznej około 3 MWe). Spodziewany jest m.in. wzrost efektywności instalacji, transfer technologii generacji prądu przy zastosowaniu metody EGS (co zainicjowała w 2008 r. instalacja w Soultz-sous-Forets) do innych miejsc w Europie oraz wzrost efektywności metod eksploracji systemów EGS, niezawodności technologii i instalacji;
- budowa kolejnych systemów c.o., optymalizacja istniejących. Wykorzystanie energii geotermalnej w ciepłownictwie w niektórych krajach europejskich zwiększyłoby bezpieczeństwo dostaw ciepła do sieci c.o. bazujących na importowanym gazie ziemnym (w niektórych krajach jest to nawet 100%);
- wzrost zastosowań w rolnictwie, akwakulturach, suszarnictwie, rekreacji, balneoterapii, w innych dziedzinach (odładzanie jezdnii, pasów startowych, odsalanie wody morskiej, itd.).

W zakresie zastosowań bezpośrednich i rozwoju geotermii „tradycyjnej” (otwory wiertnicze do głębokości 3-4 km) spodziewane są (www.egec.org):

- postęp w metodach badań i oceny zasobów złóż;
- wzrost jakości technologii i instalacji;
- transfer najlepszych rozwiązań do innych lokalizacji.

W ostatnich kilku latach środowisko naukowców i praktyków podjęło kilka istotnych inicjatyw europejskich wspierających rozwój geotermii:

- opracowanie propozycji dyrektywy UE dot. wzrostu wykorzystania OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie (25% udziału w 2020 r.): inicjatywa zgłoszona przez *European Renewable Energy Council* w 2004 r. była jednym z impulsów do opracowania Dyrektywy 2009/28/WE w sprawie promowania rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii („3x20%”) – kluczowego elementu tzw. pakietu klimatyczno-energetycznego. w inicjatywie znalazło się m.in. stwierdzenie, że „szczególne znaczenie dla rzeczywistego rozwoju OZE w Europie ma wprowadzenie ram prawnych

i ekonomicznych sprzyjających ich wykorzystaniu w ciepłownictwie i chłodnictwie” (www.egec.eu);

- „Deklaracja z Kistelek” („*The Kistelek Declaration*”) przyjęta w 2005 r. na Węgrzech podczas konferencji „Narzędzia prawne i ekonomiczne dla przyspieszenia wykorzystania energii geotermalnej w UE”. Dokument wskazywał m.in. że „UE powinna naciskać na kraje członkowskie, aby szybko wprowadziły spójny system prawny oraz wskazały instytucje i organa odpowiedzialne za ułatwienie wykorzystania geotermii” (www.egec.org);
- projekty współfinansowane przez UE dotyczące problemów prawnych i ekonomicznych rozwoju geotermii, będące praktyczną realizacją „Deklaracji z Kistelek” - m.in. „*Geothermal Regulations – Heat, GTR-H*” (www.gtrh.eu) oraz „*Geothermal Finance and Awareness in European Regions, GEOFAR*” (www.geofar.eu);
- Deklaracja z Brukseli („*The Brussels Declaration*”) - przyjęta w lutym 2009 r. określa działania, jakie należy bezzwłocznie podjąć w kilku obszarach (badania, technologie, prawo, ekonomia, edukacja, przygotowanie kadr), aby przyspieszyć rozwój geotermii w Europie, czemu sprzyjają zainteresowanie inwestorów oraz użytkowników, Dyrektywa „3x20%”, inne zobowiązania międzynarodowe podjęte przez kraje europejskie i pilna konieczność zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego, niezawodności dostaw energii (www.egec.org);
- powołanie Europejskiej Geotermalnej Platformy Technologicznej („*European Geothermal Technology Platform*”) w czerwcu 2009 jako jednej z europejskich platform technologicznych OZE. Celem Platformy jest określanie priorytetów badań i prac rozwojowych w dziedzinie geotermii, które doprowadzą do jej rozwoju w stopniu odzwierciedlonym znaczącym udziałem w 20-procentowym celu indykatorywnym UE dla OZE w bilansie energetycznym w 2020 r. (www.egec.org).

Energia geotermalna powinna stanowić jedno z wiodących źródeł energii, zaspokajając w istotnym udziale zapotrzebowanie na czystą ekologicznie i lokalnie dostępną energię w wielu krajach i regionach, co przyczyniłoby się do zrównoważonego rozwoju gospodarczego i poprawy poziomu życia społeczeństw. Na te aspekty wskazuje dobitnie Deklaracja z Bali uroczyste przyjęta i podpisana podczas Światowego Kongresu Geotermalnego 2010 na Bali (Indonezja) (www.wgc2010.org, www.energia-geotermalna.org.pl).

LITERATURA CYTOWANA

- Bertani R., 2010, *Geothermal power generation in the world 2005 – 2010 update report*. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali (Indonesia), paper No. 0008 (CD)

- Kępińska B., 2010, *Geothermal energy country update report from Poland, 2005 – 2009*. Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali (Indonesia), paper No. 0108 (CD)
- Kępińska B., 2011, *Energia geotermalna w Polsce – stan wykorzystania, perspektywy rozwoju*, Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia. Zrównoważony Rozwój, nr 1-2/2011, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków
- 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), paper No. 0007 (CD)
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/EU z dn. 23.04.2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych*, Dz. Urz. UE. L. 140/16. 5.6.2009
- The Brussels Declaration*, 2009 (www.egec.org)
- The Kistelek Declaration*, 2005 (www.egec.org)
- European Geothermal Energy Council: www.egec.org
- Polskie Stowarzyszenie Geotermiczne: www.energia-geotermalna.org.pl
- Geothermal Finance and Awareness in European Regions: www.geofar.eu
- Geothermal Regulations in Europe: www.gtrh.eu
- Światowy Kongres Geotermalny 2010 na Bali: www.wgc2010.org