

MAPY POTENCJAŁU GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ: CELE OPRACOWANIA, TYPY I PRZYKŁADY Z POLSKI I EUROPY

STRESZCZENIE

Mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej (pot. płytkiej) stanowią nowoczesny sposób prezentacji warunków termicznych podłoża skalnego i mogą być używane, po uwzględnieniu innych uwarunkowań geologicznych i środowiskowych, jako narzędzie planistyczne dla regionalnego i lokalnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz indywidualnej oceny efektywności energetycznej pomp ciepła z otworowym wymiennikiem ciepła. Mapy geotermiczne, o charakterze jakościowym lub ilościowym (ukazujące rozkład średniej wartości przewodnictwa cieplnego skał lub wskaźnika mocy cieplnej do określonej głębokości) są powszechnie stosowane w krajach Europy zachodniej. Pierwsze przykłady ich opracowania w Polsce powinny stać się zachętą dla ich szerszego zastosowania, zwłaszcza w kontekście przygotowywania (lub zmiany) planów rozwoju OZE lub planów ochrony powietrza i zwalczania „niskiej emisji”.

SŁOWA KLUCZOWE

Geotermia niskotemperaturowa, mapy potencjału geotermicznego, pompy ciepła z otworowym wymiennikiem ciepła

* * *

WPROWADZENIE

W ostatnim dwudziestoleciu, w związku z polityką klimatyczną Unii Europejskiej wspierającą zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE), obserwuje się silny rozwój rynku pomp ciepła z otworowym wymiennikiem ciepła (zwanymi dalej pompami ciepła) wykorzystującymi zasoby niskotemperaturowej (płytkiej) geotermii. Pod względem technologicznym wyróżnia się dwie ich odmiany: (1) pompy ciepła działające w systemie „zamkniętym” (ang. *ground source heat pumps*), w którym wymienniki ciepła umieszczone są w otworach

wiertniczych lub poziomo ułożonych kolektorach zakopanych w gruncie oraz (2) pompy ciepła systemu „otwartego” oparte na wykorzystaniu wód podziemnych, najczęściej studziennych, jako medium do przenoszenia ciepła (Banks 2008; Sanner 2009; Kapuściński, Rodzoch 2010; Igliński i in. 2010). W Polsce system „zamknięty” stanowi obecnie najbardziej popularną formę wykorzystania geotermii niskotemperaturowej. Praktyczną wiedzę pomocną w zastosowaniach tego typu pomp ciepła dostarczają liczne zagraniczne (np. VDI 2010) i krajowe poradniki fachowe (Wytyczne...).

W rozwiniętych państwach Europy zachodniej, stosowanie pomp ciepła promuje się z myślą o znaczącym zastąpieniu przez OZE wytwarzania energii z paliw kopalnych celem redukcji emisji gazów cieplarnianych. Aktualnie, w Polsce i innych krajach Europy centralnej i wschodniej jako pierwszoplanowe zadanie zastosowania pomp ciepła wysuwa się bardzo zły stan powietrza zanieczyszczonego w przeważającej mierze przez szkodliwe pyły i gazy pochodzące ze starego typu pieców grzewczych. Problem smogu („niskiej emisji”) w Polsce jest powszechny, szczególnie na obszarach wiejskich i w aglomeracjach miejskich województw południowych (np. Kraków, Wrocław). Niebezpieczne dla zdrowia i życia przekroczenia norm zapylenia i szkodliwych gazów spotyka się nawet w miejscowościach o statusie uzdrowisk. Polepszenie stanu powietrza można osiągnąć poprzez zastąpienie przestarzałych pieców węglowych przez ich technologicznie bardziej zaawansowane modele, piece gazowe, ciepło sieciowe lub – najbardziej przyjazne środowisku – pompy ciepła zasilane energią geotermalną z płytkiego podłoża. Urządzenia te można zainstalować w prawie każdym miejscu, niemniej, w zależności od warunków geologicznych, da się wyróżnić obszary bardziej lub mniej korzystne dla efektywności ich działania.

1. MAPY POTENCJAŁU GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

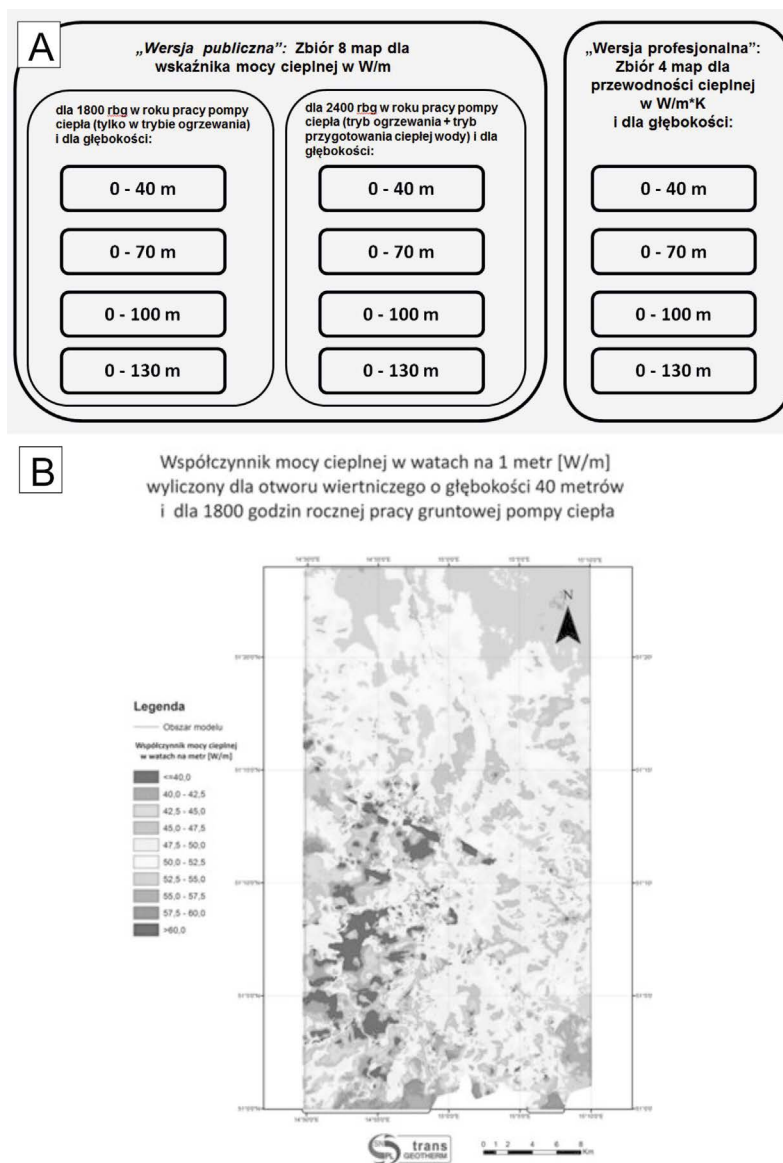
Mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej (zwane dalej mapami potencjału) stanowią kartograficzny obraz odpowiednio zinterpretowanych właściwości fizykotermicznych skał podłoża lub wód podziemnych na określonym obszarze i umożliwiają poprawną ocenę wybranej lokalizacji dla zaplanowania instalacji pomp ciepła wykorzystujących niskotemperaturową energię geotermalną. Służą one oszacowaniu warunków zarówno pod kątem technicznej przydatności skał dla montażu pomp ciepła jak również identyfikacji ograniczeń lub barier wynikających np. z innych uwarunkowań geośrodowiskowych, istniejącej infrastruktury lub przepisów formalno-prawnych. W takim znaczeniu mapy potencjału stanowią istotną pomoc dla (i) podmiotów gospodarczych i inwestorów indywidualnych wstępnie obliczających moc i efektywność pomp ciepła, (ii) organów administracji geologicznej w podejmowaniu decyzji dotyczących projektów geologicznych sporządzonych w celu wykorzystania ciepła Ziemi oraz dla (iii) władz samorządowych w tworzeniu lokalnych strategii rozwoju odnawialnych źródeł energii bądź planów ochrony powietrza i ograniczania niskiej emisji.

Wyróżnia się dwa podstawowe typy map potencjału geotermii niskotemperaturowej. Typ pierwszy to przeglądowe mapy opisowe (jakościowe) powstałe poprzez przetworzenie infor-

macji z istniejących map geologicznych, hydrogeologicznych i geośrodowiskowych. Mapy opisowe biorą pod uwagę litologiczny charakter odsłaniających się na powierzchni skał, warunki hydrogeologiczne i rozmieszczenie obszarów z ograniczeniami lub wyłączonych dla montażu pomp ciepła, np. złóż i obszarów górniczych, stref ochrony ujęć wód podziemnych. Wynikowe mapy przedstawiają w różnym ujęciu kategoryzację skał podłoża, np. z podziałem na obszary o właściwościach korzystnych / dobrych / słabych lub złych dla zastosowań pomp ciepła uzupełnionych o położenie stref warunkowo dopuszczających lub prawnie zabronionych dla ich posadowienia. Mapy tego typu mogą także zawierać rozróżnienie rejonów zalecanych dla instalacji pomp ciepła systemów „otwartych” i/lub „zamkniętych”.

Drugi typ map potencjału geotermii niskotemperaturowej stanowią mapy ilościowe, które prezentują przestrzenny rozkład średnich wartości parametrów termicznych ośrodka skalnego dla ustalonych wcześniej przedziałów głębokościowych, np. do 10 m – stosowane zwykle dla pomp ciepła z wymiennikiem poziomym lub wymienników w kształcie kosza (ang. *geothermal heat basket*; np. <http://ost.hu/angolgeolagos.html>) – oraz do 40, 70, 100 i 130 m służące optymalizacji wymienników pionowych, umieszczanych w otworach wiertniczych (przykładowe mapy tego typu wykonano dla pogranicza polsko-niemieckiego w rejonie Zgorzelca / Görlitz w ramach projektu TransGeotherm, rys. 1). Mapy ilościowe przedstawiają, według odpowiednio ustalonych klas, średnie wartości: (i) przewodnictwa cieplnego / przewodności cieplnej (λ) wyrażonej w [W/m \times *K], (ii) współczynnika jednostkowej mocy cieplnej [W/m] lub (iii) ilości jednostek energii [kWh/m] możliwej do uzyskania z 1 m bieżącego otworu w zadanej lokalizacji w ciągu roku. Dwa ostatnie rodzaje map opracowuje się najczęściej przy założeniu 1600, 1800, 2000 lub 2400 godzin pracy sprężarki pompy ciepła w ciągu roku, co odpowiada jej pracy tylko na potrzeby ogrzewania (dwie pierwsze opcje) lub ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej (dwie drugie opcje). Ważnym czynnikiem podczas konstruowania map wartości przewodnictwa cieplnego jest uprzednie określenie głębokości zalegania zwierciadła pierwszego poziomu wód podziemnych i odpowiednie uwzględnienie wartości λ dla skał w stanie suchym i w stanie nawodnionym (czyli ponad i poniżej zwierciadła). W kalkulacjach map ilościowych dla pomp ciepła systemów zamkniętych z reguły nie uwzględnia się prędkości i kierunku przepływu wód podziemnych, co może mieć wpływ na efektywność pomp szczególnie w przypadku silnie nawodnionych, bardzo grubych serii osadów klastycznych. Czynniki te uwzględnia się natomiast podczas numerycznej symulacji wieloletniej pracy planowanej pompy ciepła, np. za pomocą oprogramowania FEFLOW.

Mapy ilościowe dla zastosowania pomp ciepła systemów zamkniętych, oprócz określenia rejonów najbardziej dogodnych dla ich energetycznej wydajności, umożliwiają też wstępne zaplanowanie liczby i głębokości odwiertów potrzebnych do zasilania instalacji pompy ciepła o wymaganych parametrach temperaturowych (wartość efektywność COP) i mocy grzewczej dla danego odbiorcy ciepła (chłodu). Należy przy tym pamiętać, że mapy rozkładu przewodnictwa cieplnego skał przeznaczone są dla profesjonalistów zajmujących się projektowaniem GPC, a odczytane z map wartości mogą być praktycznie wykorzystane dopiero po ich wprowadzeniu do specjalistycznego oprogramowania (np. EED – *Earth*



Rys. 1. (A) Zbiór dwunastu map potencjału geotermii niskotemperaturowej projektu TransGeoTherm z podziałem na „wersję publiczną” i „wersję profesjonalną” opartych odpowiednio na wskaźniku mocy cieplnej lub przewodności cieplnej; (B) Przykładowa mapa „wersji publicznej” dla przedziału głębokościowego 0–40 m i dla 1800 roboczogodzin pracy instalacji pompy ciepła w ciągu w roku. (Uwaga: mapy w wersji kolorowej dostępne na stronie www.transgeotherm.eu)

Fig. 1. (A) A collection of twelve maps of low-temperature geothermal potential from project TransGeoTherm divided into “public version” and “professional version” based respectively on the heat extraction rate or thermal conductivity; (B) Sample map from the “public version” for the depth interval 0–40 m and for 1,800 working hours of a heat pump over a year. (Note: the map in color is available on the page: www.transgeotherm.eu)

Energy Designer) pozwalającego m.in. na uwzględnienie dodatkowych parametrów, np. technicznej charakterystyki pompy ciepła i wymiennika otworowego, miesięcznego zapotrzebowania odbiorcy na energię, średniej temperatury gruntu, wartości strumienia cieplnego czy pojemności cieplnej skał. Uwzględnienie tych danych w modelowaniu za pomocą programu EED pozwala uzyskać obraz symulacji wieloletniej, np. do 25 lat pracy pompy ciepła. Wykonanie takiej symulacji ma istotne znaczenie w przypadku planowania dużych instalacji GPC składających się z wielu sąsiadujących ze sobą wymienników otworowych co pozwala uwzględnić ich wzajemne oddziaływanie i zmianę temperatury otaczających skał. W celu jeszcze bardziej precyzyjnej oceny warunków termicznych podłoża, zwłaszcza w przypadku dużych, wielootworowych instalacji GPC, zaleca się wykonanie przynajmniej jednego testu reakcji termicznej (TRT: *Thermal Response Test*), dzięki któremu można określić wartość efektywnej przewodności cieplnej w wymienniku otworowym, co w przybliżeniu odpowiada przewodnictwu skał dla badanej lokalizacji. Wszystkie te działania umożliwiają dokładniejsze zaprojektowanie wielkości rezerwuaru ciepła dla wymaganej mocy i pozwalają na ograniczenie błędu niedoszacowania lub przeszacowania instalacji.

Mapy potencjału geotermicznego obrazujące rozkład wskaźnika mocy cieplnej i jednostek energii mogą być stosowane do przybliżonej optymalizacji pompy ciepła z pionowym wymiennikiem także przez osoby nieposiadające profesjonalnej wiedzy z zakresu geotermii. Ograniczenie ich użyteczności polega na tym, że za ich pomocą powinno się projektować jedynie małe instalacje, o mocy do 30 kW. Zalecenie takie wynika z wytycznych VDI 2010, które wyznaczają taki pułap mocy dla standardowego domu jednorodzinnego, pozyskującego ciepło z podłoża skalnego o w miarę prostej budowie geologicznej, możliwej do rozpoznania przy wykorzystaniu z łatwo dostępnych danych geologicznych i przy założeniu braku interakcji z inną, potencjalnie blisko położoną instalacją GPC.

Ważną cechą ilościowych MPPG jest sposób wykorzystania źródłowych danych geologiczno-hydrogeologicznych. Mapy MPPG, których konstrukcję oparto na parametrycznej kodyfikacji profili otworów wiertniczych i stworzeniu modelu 3D podłoża skalnego są bardziej wiarygodne od map przedstawiających jedynie izoliny wartości parametrów termicznych ekstrapolowane z wyliczeń uzyskanych dla pojedynczych otworów. Istnieją też mapy przedstawiające tylko punktowe wartości przewodności cieplnej lub wskaźnika mocy cieplnej wyliczone dla poszczególnych otworów z wyróżnieniem przedziałów klasyfikacyjnych dla poszczególnych przedziałów głębokości.

W większości przypadków przypisane wartości przewodności cieplnej dla poszczególnych odmian litologicznych i petrograficznych skał opisanych w wierceniach i wykorzystanych do produkcji map potencjału geotermii niskotemperaturowej opierają się na wcześniej wykonanych pomiarach i służą jako wielkości standardowe przedstawione w publikacjach naukowych lub poradnikach metodycznych (np. Banks 2008; VDI 2010; Wytyczne...). Rzadko spotyka się mapy potencjału oparte na nowych pomiarach przewodności dla rzeczywiście występujących na danym terenie skał lub też mapy zweryfikowane o uśrednione wartości przewodnictwa pozyskane z testów TRT. Badania tego typu powinny stać się standardem podczas opracowania nowych map lub w przypadku dokonywania ich korekty.

Mapy ilościowe potencjału geotermii niskotemperaturowej dla optymalizacji pomp ciepła systemów otwartych, wykorzystujących płytko zalegające wody gruntowe z ujęć studziennych, są konstruowane dla poszczególnych poziomów wodonośnych. Przedstawiają one waloryzację obszarów opartą na kompilacji zmiennych wartości szeregu czynników, z których najważniejsze to: wydajność źródła, temperatura ujmowanych wód oraz głębokość zalegania danego poziomu wodonośnego. Dobrym przykładem wizualizacji tego typu map są specjalne raporty dotyczące potencjału płytkiej geotermii wód podziemnych opracowane przez francuską służbę geologiczną (BRGM) dla poszczególnych departamentów.

Opracowane w krajach europejskich mapy potencjału dla płytkiej geotermii są publicznie udostępniane w przeglądarkach internetowych typu web-GIS zarządzanych przez odpowiednie służby geologiczne lub władze lokalne (tab. 1).

Tabela 1

Przykłady internetowych portali geośrodowiskowych zawierających mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej

Table 1

Examples of geo-environmental web portals containing low-temperature geothermal potential maps

PAŃSTWO / MIASTO	INSTYTUCJA / PROJEKT	STRONA WWW
Polska i Niemcy	EU projekt TransGeoTherm	http://www.transgeotherm.eu/mapy_geoter.html
obszar Europy	EU projekt ThermoMap	http://www.thermomap-project.eu/tools/
Polska / Warszawa	Serwis Urzędu miasta stołecznego Warszawy, mapa odnawialnych źródeł energii	http://www.mapa.um.warszawa.pl/mapaApp1/mapa?service=mapa_oze
Niemcy (Bawaria)	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (IOG)	http://www.bis.bayern.de/bis/initParams.do
Niemcy (Saksonia)	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Geothermieatlas Sachsen – Karten des oberflächennahen geothermischen Potenzials 1 : 50 000	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/weboffice101/synserver?project=geologie-gtk50&language=de&view=gtk50
Niemcy (Dolna Saksonia)	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), NIBIS® KARTENSERWER	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=545.314
Niemcy (Nadrenia - Palatynat)	Landesamt für Geologie und Bergbau / Kartenviewer	http://mapclient.lgb-rlp.de/
Francja	Bureau de Recherches Géologiques Et Minières (BRGM), Atlas géothermiques des ressources aquifères superficielles	http://www.geothermie-perspectives.fr/cartographie
Belgia	projekt Smart Geotherm, Geothermische Screeningstool	http://tool.smartgeotherm.be/geo/alg

Mapy te są zwykle częścią składową portali geośrodowiskowych (np. wykonanych dla niemieckich krajów związkowych) zawierających oprócz dodatkowych danych geologicznych, hydrogeologicznych i informacji o złożach surowców mineralnych, także mapy potencjału innych rodzajów OZE (wiatru, słońca) oraz elementy infrastruktury i zagospodarowania przestrzennego. Większość portali zawierających mapy potencjału zamieszcza też pomocnicze informatory dotyczące płytkiej geotermii z opisem konstrukcji i zasad działania pomp ciepła oraz poradniki odnośnie ścieżki formalno-prawnej związanej z ich instalacją obowiązującą na danym terenie.

ZAKOŃCZENIE

W Polsce mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej są bardzo słabo rozpowszechnione. Oprócz wspomnianych wcześniej map sporządzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny (projekt „Transgeotherm”) znana jest tylko mapa OZE z określeniem potencjału geotermii i słońca wykonana dla Warszawy, upubliczniona na portalu urzędu miejskiego (tab. 1). Sytuacja braku map potencjału dla płytkiej geotermii w naszym kraju nie sprzyja promocji i rozwojowi pomp ciepła wykorzystujących ciepło Ziemi i wymaga zwiększenia wysiłków informacyjnych wobec władz samorządowych o potrzebie i korzyściach wynikających z ich opracowania. Zastosowanie pomp ciepła w celach grzewczych jest szczególnie wskazane na terenach wiejskich oraz zurbanizowanych, pozostających poza zasięgiem sieci ciepłowniczej i gazowej. Podjęcie decyzji o instalacji pomp ciepła w nowych lub modernizowanych budynkach powinno być poprzedzone wiarygodnym audytem energetycznym, uzasadniającym określone rozwiązania techniczne również pod względem ekonomicznym. Składanie przez Jednostki Samorządu Terytorialnego (JST) wniosków o dofinansowanie z funduszy UE w nowej perspektywie finansowej 2014–2020 przedsięwzięć mających na celu wykorzystanie OZE wiąże się z koniecznością posiadania przez gminy *Planów gospodarki nisko-emisyjnej*. Wymóg ten wynika m.in. z zapisów projektu Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020 (Program...). Elementem takiego planu (lub aneksu do planu gdy taki dokument już istnieje) mogą być mapy prezentujące obszary o najkorzystniejszych warunkach do instalacji różnych rodzajów OZE, w tym także mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej. Mapy te mogą więc pełnić rolę narzędzia wspierającego planowanie przestrzenne na terenie gminy, a także stanowić rodzaj audytu energetycznego dla oceny możliwości zastosowania pomp ciepła z gruntowym wymiennikiem w budynkach użyteczności publicznej i przez inwestorów indywidualnych. Bogate zasoby danych geologicznych i hydrogeologicznych PIG-PIB oraz materiały archiwalne Narodowego Archiwum Geologicznego z zapisem licznych otworów wiertniczych stanowią doskonały materiał wyjściowy do numerycznego przetworzenia zgromadzonej informacji o podłożu skalnym naszego kraju i wykonania seryjnych map potencjału geotermii niskotemperaturowej.

LITERATURA

- BANKS D., 2008 — An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling, Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.
- EED: Earth Energy Designer V3.16, Software for dimensioning of BHE, www.buildingphysics.com
- IGLIŃSKI B., BUCZKOWSKI R., CICHOSZ M., PIECHOTA G., 2010 — Technologie geoenergetyczne, monografia. Wydawnictwo Naukowe, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń.
- KAPUŚCIŃSKI J., RODZUCH A., 2010 — Geotermia niskotemperaturowa w Polsce i na świecie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Uwarunkowania techniczne, środowiskowe i ekonomiczne. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko, 2014–2020. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju. 2014, Warszawa [www.pois.gov.pl].
- SANNER B., 2009 — Development of geothermal heat pumps. International Geothermal days, Slovakia 2009, Conference and Summer school. Session VI Geothermal heat pumps. A prospective direction for development of Central European Regions, 1–12. Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła. Część 1, Dolne źródła do pomp ciepła. Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła. Wydanie pierwsze, 01/2013.
- VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE) 2010 — Thermal use of the underground Fundamentals, approvals, environmental aspects .Richtlinie 4640, Blatt 1, 33 pp. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.

MAPS OF THE POTENTIAL OF SHALLOW GEOTHERMAL ENERGY: PURPOSES OF PREPARATION, TYPES AND EXAMPLES FROM POLAND AND EUROPE

ABSTRACT

Maps of the potential of low-temperature (shallow) geothermal energy represent a modern way of presenting thermal conditions of bedrock and can be used, taking other geological and environmental conditions into account, as a planning tool for local and regional use of renewable energy sources as well as for an individual assessment of the energy efficiency of ground source heat pumps. Geothermal maps, qualitative or quantitative (showing the distribution of the average value of the thermal conductivity of rocks or the heat extraction ratio to a specified depth) are widely used in Western Europe. The first examples of similar studies in Poland should become an incentive for their wider use, especially in the context of the preparation (or changes) of plans for RES development and air quality protection schemes aimed to combat “low emission”.

KEYWORDS

Shallow geothermics, maps of geothermal potential, ground source heat pumps