

Geotermia niskotemperaturowa – informacja geologiczna i procedury prawne

Grzegorz Ryżyński¹, Edyta Majer¹



G. Ryżyński



E. Majer

Low temperature geothermal energy – geological information and legal proceeding.
Prz. Geol., 63: 1388–1396.

A b s t r a c t. In the article legal proceeding for design and implementation of ground source heat exchangers for low temperature geothermal systems were presented and the role of geological authorities in the process was emphasized. The article was focused only on closed loop systems as such are the most popular systems in Poland. The main sources of geological information necessary for the design of ground source heat exchangers were presented. The geological information sources dedicated for low temperature geothermal energy systems (heat pumps) such as GIS geothermal potential maps were identified.

Keywords: shallow geothermal energy, heat pumps, geological data bases, geological information

Polska jako kraj członkowski UE jest zobowiązana do wdrażania Dyrektywy 2009/28/WE w sprawie promowania energii ze źródeł odnawialnych. Głównym celem tego rozporządzenia jest realizacja „pakietu klimatycznego 3×20”, co oznacza 20% redukcję emisji CO₂, 20% zmniejszenie zużycia energii oraz 20% wzrost zużycia energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w całej Unii Europejskiej. Nasz kraj jest zobowiązany do zapewnienia wzrostu wykorzystania energii z OZE w finalnym zużyciu do wartości 15% w 2020 r. Obecny udział OZE w miksie energetycznym wynosi 8,5%.

Prognozy zawarte w Krajowym planie działania (KPD) w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, opublikowanym w 2010 r., wskazują, że znaczącą rolę w wypełnianiu wymagań dyrektywy może odegrać energia geotermalna, zwłaszcza niskotemperaturowa, wykorzystująca pompy ciepła.

Dokument ten, określający cele na 2020 r. w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w sektorach transportowym, energii elektrycznej oraz ogrzewania i chłodzenia zakłada, że moc zainstalowanych pomp ciepła będzie systematycznie wzrastać, przekraczając 1400 MW w 2020 r.

Pompy ciepła, jako rozwiązanie techniczne, mogą wykorzystywać nie tylko energię geotermalną, ale opierać się też na takich nośnikach energii jak: powietrze atmosferyczne, wody powierzchniowe oraz ciepło odpadowe z procesów produkcyjnych. Jednak znaczący udział mają systemy wykorzystujące energię cieplną zawartą w gruncie. Istnieją dwa rodzaje tych systemów – zamknięte (kolektory gruntowe, otworowe wymienniki ciepła i termoaktywne elementy posadowienia budowli) oraz otwarte, wykorzystujące warstwy wodonośne, studnie zasilające i chłonne.

Branża pomp ciepła w Polsce rozwija się bardzo dynamicznie, notując średnio 10% wzrostu rocznie. Przykładowo w latach 2011 i 2012 (Kepińska, 2013), na krajowym rynku sprzedano około 11 100 pomp ciepła, opartych na wymiennikach gruntowych. Mając w perspektywie 2020 r., czyli termin realizacji KPD (Krajowy plan działania..., 2010), należy spodziewać się utrzymania tego wzrostu w najbliższych latach. W celu dalszego zrównoważonego rozwoju tej technologii jest konieczna współpraca specjalistów z różnych dziedzin, tj. producentów, projektantów, instalatorów pomp ciepła i systemów klimatyzacyjno-grze-

wczych, geologów projektujących dolne źródła ciepła, pracowników administracji geologicznej i samorządowej oraz inwestorów.

Gruntowe pompy ciepła to atrakcyjne i stabilne źródło energii odnawialnej, jednak ich dynamiczny rozwój powoduje znaczącą ingerencję w masyw gruntowo-skalny, która jest związana z wykonywaniem dużej liczby wierceń dochodzących nieraz do ponad 200 m p.p.t. Masowe nawiercanie górotworu może nieść ze sobą liczne zagrożenia dla zasobów użytkowych poziomów wód podziemnych (łączenie poziomów wodonośnych, nieszczelne instalacje i wycieki czynnika roboczego, źle prowadzone iniekcje przestrzeni pierścieniowej odwiertów) oraz powodować przyszłe problemy związane z niekorzystną interakcją sąsiadujących ze sobą systemów geotermalnych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie procedur postępowania przy projektowaniu i wykonawstwie dolnych źródeł ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej oraz omówienie zagadnienia dostępności informacji geologicznej, a także możliwości jej wykorzystania. Autorzy wskazują również na problemy, jakie są związane z istniejącymi uwarunkowaniami prawnymi.

SYSTEMY ZAMKNIĘTE W GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

Za geotermię niskotemperaturową uznaje się te źródła energii geotermalnej, których temperatura nie jest wystarczająca, żeby dokonać odzysku energii cieplnej bez zastosowania technologii pomp ciepła. Geotermalne systemy niskotemperaturowe, potocznie zwane gruntowymi pompami ciepła, składają się z trzech zasadniczych elementów:

– dolne źródło ciepła (wymiennik, dzięki któremu pobierane jest ciepło Ziemi),

– pompa ciepła (urządzenie umożliwiające bezpośrednie wykorzystanie niskich temperatur ze środowiska gruntowo-skalnego i podniesienie pobranej energii na wyższy poziom termodynamiczny, np. maszyna grzewcza, która dzięki dostarczeniu niewielkiej ilości energii mechanicznej lub elektrycznej umożliwia transport ciepła w kierunku odwrotnym niż naturalny – od strefy o niższej do strefy o wyższej temperaturze; dzięki temu jest możliwe odzy-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa; grzegorz.ryzynski@pgi.gov.pl, edyta.majer@ pgi.gov.pl.

skanie energii ze stosunkowo chłodnej wody i podgrzania cieczy roboczej rozprowadzającej ciepło w obiekcie, w uproszczeniu jest to odwrotność lodówki),

– górne źródło ciepła, będące systemem rozprowadzania ciepła w ogrzewanych pomieszczeniach (np. ogrzewanie podłogowe, klimakonwektory itp.).

Gruntowe pompy ciepła mogą wykorzystywać cały szereg rozwiązań poboru ciepła z górotworu lub wód podziemnych. Główny podział niskotemperaturowych instalacji geotermalnych wyróżnia dwa zasadnicze systemy. Pierwszym z nich są systemy otwarte, w których medium przenoszącym ciepło z górotworu jest woda podziemna pompowana ze studni. Po oddaniu ciepła jest ona odprowadzana do kanalizacji, wód powierzchniowych lub podziemnych. W tego typu systemach jest możliwe także wykorzystanie wód pochodzących z odwodnień kopalniowych albo z zatopionych wyrobisk górniczych.

Drugim rodzajem rozwiązań są systemy zamknięte, w którym medium przenoszące ciepło krąży w zamkniętym układzie rurek z tworzywa sztucznego, zabudowanych pod powierzchnią ziemi, bez bezpośredniego kontaktu z otaczającym masywem gruntowo-skalnym.

Systemy otwarte, mimo ich znacznej efektywności, nie są szeroko rozpowszechnione w naszym kraju (Kapuściński & Rodzoch, 2010). Wynika to głównie z problemów technicznych związanych z ich instalacją, a także ze względu na skomplikowaną procedurę formalno-prawną, obejmującą wykonanie specjalistycznych badań i analiz hydrogeologicznych, konieczność opracowania operatu oraz uzyskania pozwolenia wodno-prawnego i decyzji środowiskowej. Zdecydowaną większość stanowią systemy zamknięte. Mogą one wykorzystywać szereg rozwiązań instalacji dolnego źródła ciepła, obejmujących odmienne sposoby zabudowy oraz zróżnicowaną głębokość. Główne rodzaje dolnego źródła ciepła to instalacje poziome (ZH), instalacje spiralne w otworach o niewielkiej głębokości (ZK), instalacje w palach fundamentowych i elementach posadowienia budowli (ZF) oraz instalacje w otworach wiertniczych (ZO), zwane również otworowymi wymiennikami ciepła (OWC). Stosowany w literaturze przedmiotu termin gruntowe wymienniki ciepła (GWC) jest używany w odniesieniu do każdego z dolnych źródeł systemów zamkniętych, niezależnie od ich rodzaju.

Instalacje w otworach wiertniczych (ZO), są znane również jako otworowe wymienniki ciepła (OWC). Funkcjonuje jeszcze jedna nazwa tego systemu, mianowicie pionowe sondy geotermalne. Jest to najpopularniejsze rozwiązanie, które polega na umieszczeniu w otworze wiertniczym jednej lub dwóch rur z tworzywa sztucznego, wygiętych w kształcie litery U. Przestrzeń pierścieniowa otworu wiertniczego dookoła u-rurki, jest wypełniana masą cementowo-bentonitową, co ma na celu zamknięcie poziomów wodonośnych i zabezpieczenie przed zanieczyszczeniem. Tak wykonane otworowe wymienniki ciepła mają zazwyczaj średnicę ok. 132–165 mm, a średnia głębokość odwiertów, w których są montowane, mieści się w przedziale 50–100 m. Minimalne odległości między sąsiednimi wymiennikami są zależne od głębokości ich instalacji – w przybliżeniu wynoszą 10% głębokości odwiertu. Otworowe wymienniki ciepła charakteryzują się wysoką efektywnością w porównaniu z systemami horyzontalnymi czy spiralnymi. W zależności od rodzaju gruntów ich jednostkowa wydajność cieplna wynosi od 20 do nawet 70 W/mb. W przypadku większych obiektów wykonuje się zespoły otworowych wymienników ciepła, zwane polami geoter-

malnymi, liczącymi od kilkunastu do nawet kilkuset odwiertów.

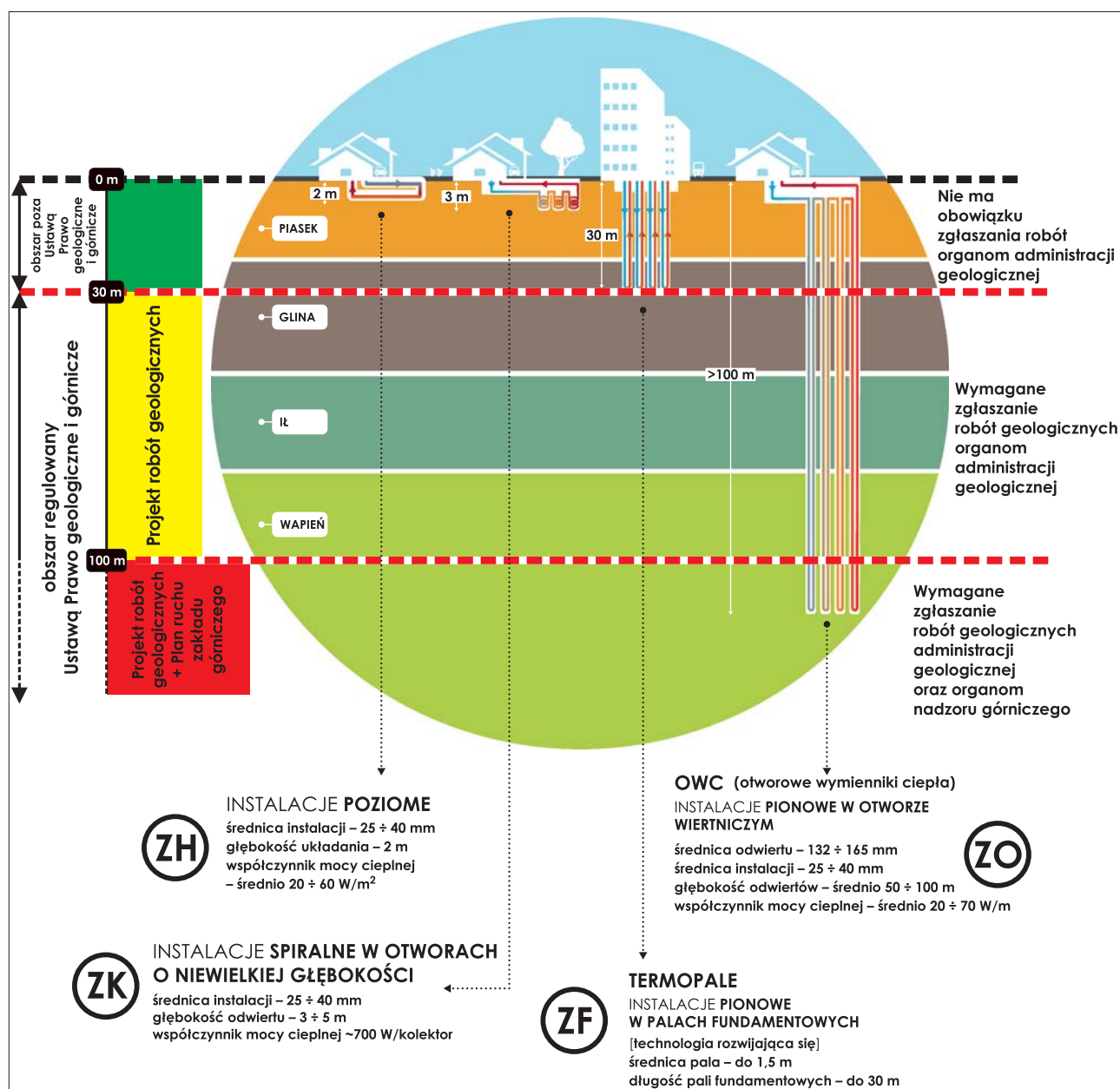
Instalacje poziome (ZH), zwane też poziomymi kolektorami ciepła, są to horyzontalnie rozmieszczone wymienniki ciepła, zwykle wykonane z tworzywa sztucznego i ułożone poziomo w gruncie, co najmniej 20 cm poniżej głębokości przemarzania, z reguły na głębokości 1,2–1,5 m. Rury są układane równolegle, w odstępach 0,5–0,8 m. Na metr kwadratowy powierzchni grzewczej przypada w przybliżeniu 1,3–3,0 mb przewodu. Nośnikiem ciepła jest solanka, która pochłania ciepło z gruntu i przekazuje je do pompy ciepła (Kozdrój & Kłonowski, 2014). Wydajność instalacji poziomych wynosi średnio 20–60 W/m² w zależności od warunków geologicznych i stopnia zawodnienia.

Instalacje spiralne są montowane w wykopach o niewielkiej głębokości (ZK). Ten typ instalacji jest nazywany także koszowymi gruntowymi wymiennikami ciepła (GWC). Wykorzystywane są w nich rury z polietylenu sieciowanego PE-X, który umożliwia spiralne ich skrócenie, przy małym promieniu gięcia. Instalacje tego typu układa się w wykopach o głębokości nie przekraczającej 5,0 m, bez konieczności stosowania wyspecjalizowanego sprzętu wiertniczego. Ich zaletą jest możliwość stosowania w trudnych warunkach geologicznych oraz tam, gdzie ze względu na kształt działki zabudowa innego typu wymienników ciepła jest niemożliwa. Według (PORT PC, 2013) wydajność wymienników koszowych wynosi, w zależności od warunków geologicznych i stopnia zawodnienia, od 240 do 560 W na wymiennik.

Instalacje pionowe w palach fundamentowych (ZF) to tzw. termicznie aktywne elementy budowlane. Są to przeważnie elementy posadowienia obiektów wielkokubaturowych (np. budynki wysokościowe, stacje i tunele metra, terminale lotniskowe) obejmujące pale fundamentowe, ściany szczelinowe, płyty fundamentowe czy elementy okładzinowe tuneli, wyposażone w wymienniki ciepła w postaci rur z tworzyw sztucznych, przytwierdzonych do koszu zbrojeniowych. Beton posiada bardzo korzystne właściwości cieplne, zatem termicznie aktywne elementy budowlane stają się idealnymi wymiennikami ciepła oraz mogą służyć, wraz z otaczającym je gruntem, jako magazyn energii cieplnej. Ten typ instalacji jest intensywnie rozwijany w niektórych krajach Europy, np. Szwajcarii i Austrii. W Polsce rozwiązanie nie jest jeszcze stosowane. Główną zaletą tych systemów jest czynnik ekonomiczny – elementy posadowienia są koniecznym elementem każdego obiektu, zatem przy niewielkich dodatkowych kosztach inwestycyjnych można je wyposażyć w wymienniki ciepła i uzyskać efektywny system geotermalny. Głębokość zabudowy termicznie aktywnych elementów budowlanych może przekraczać nawet 30 m, np. w przypadku budynków wysokościowych.

Na rycinie 1 przedstawiono w sposób schematyczny zasięg głębokościowy, ogólne informacje dotyczące wymienionych rozwiązań oraz skrótkowe oznaczenia literowe poszczególnych typów instalacji, zgodnie z opracowaniem Kapuścińskiego & Rodzocha (2010).

Uwarunkowania formalno-prawne są różne dla poszczególnych typów systemów dolnego źródła ciepła. Wykonywanie instalacji poziomych (ZH), instalacji spiralnych w otworach o niewielkiej głębokości (ZK) oraz instalacji w palach fundamentowych (ZF) nie jest regulowane ustawą Prawo geologiczne i górnicze (Pgg; Dz. U. 2015 poz. 196). Zgodnie z art. 3, ust. 2 przepisów ustawy nie stosuje się do wykonywania wykopów oraz otworów wiertniczych o głębokości do 30 m w celu wykorzystania ciepła



Ryc. 1. Rodzaje gruntowych wymienników ciepła dla systemów zamkniętych i odpowiadające im uwarunkowania formalno-prawne (dla lokalizacji poza obszarem górnictwa)

ziemi, poza obszarami górnictwami. Spośród powszechnie stosowanych dolnych źródeł ciepła w systemach zamkniętych, jedynie wykonywanie otworowych wymienników ciepła o głębokości większej niż 30 m jest robotą geologiczną i jako taka podlega przepisom Pgg. W przedziale głębokościowym 30–100 m jest sporządzany projekt robót geologicznych, który powinien być zgłaszany odpowiednim miejscowo organom administracji geologicznej. Przy głębokościach przekraczających 100 m jest konieczne wykonanie dodatkowo planu ruchu zakładu górnictwa, który należy zatwierdzić w odpowiednim miejscowo Okręgowym Urzędzie Górniczym. W przypadku, kiedy planowane wiercenia pod otworowe wymienniki ciepła będą zlokalizowane na terenie górnictwa, projekt robót geologicznych należy sporządzać w każdym przypadku, niezależnie od głębokości, a od 30 m należy opracować i zatwierdzić plan ruchu zakładu górnictwa.

W praktyce prowadzenie działań pod powierzchnią terenu, związane z pozyskiwaniem ciepła ziemi, w strefie

do głębokości 30 m poza obszarami górnictwa nie wymaga zgłaszania tych działań organom administracji geologicznej oraz nie mają zastosowania przepisy Pgg.

Systemy zamknięte, niezależnie od głębokości zabudowy, również nie podlegają przepisom ustawy Prawo wodne (Dz.U. 2015 poz.469). Wyjątkowo mogą one dotyczyć gruntowej pompy ciepła w systemie zamkniętym, kiedy otwór wiertniczy będzie wykonywany w strefie ochrony pośredniej ujęcia wód, a realizacja takiego otworu mogłaby być uznana za czynność powodującą zmniejszenie przydatności ujmowanej wody lub wydajności ujęcia. Prawo wodne ma zastosowanie przede wszystkim do gruntowych pomp ciepła w systemach otwartych, które nie są przedmiotem niniejszego artykułu.

Systemy zamknięte typu ZH i ZK podlegają przepisom ustawy Prawo budowlane (Dz. U. 2013 poz. 1409) i należy je interpretować jako przyłącze ciepłe do budynku, które nie wymaga pozwolenia na budowę (art.29, ust 1 pkt. 20) (PORT PC, 2013).

UWARUNKOWANIA FORMALNO-PRAWNE I PROCEDURY POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKTOWANIU ROBÓT GEOLOGICZNYCH WYKONYWANYCH W CELU POZYSKIWANIA CIEPŁA ZIEMI

Zawartość projektu robót geologicznych wykonywanych w celu pozyskiwania ciepła Ziemi określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. z 2011 r., nr 298, poz. 1696 wraz ze zmianami z Dz.U. 2015, poz. 964). Projekt taki musi być sporządzony przez geologa posiadającego odpowiednie uprawnienia. W przypadku otworowych wymienników ciepła muszą to być kwalifikacje IV lub V kategorii. Projekt musi zawierać m.in. opis konstrukcji otworu, informacje dotyczące zamykania poziomów wodonośnych, opis budowy geologicznej, syntetyczny profil geologiczny w miejscu projektowanych odwiertów, opis i uzasadnienie przewidywanej liczby, lokalizacji i rodzaju projektowanych otworów, opis obszarów i obiektów chronionych, określenie wpływu zamierzonych robót geologicznych na obszary chronione, w tym Natura 2000. Określenie liczby i głębokości projektowanych odwiertów jest szacowane na podstawie przewidywanego profilu geologicznego w rejonie projektowanych otworów wiertniczych oraz wielkości parametrów stosowanych do wymiarowania sond pionowych, przyjętych z danych literaturowych (np. Rubik, 2011) lub z wytycznych (PORT PC, 2013). W przypadku instalacji o dużej mocy (powyżej 100 kW łącznej mocy grzewczej pomp ciepła wg wytycznych PORT PC) projekt powinien również zawierać informację o możliwej zmianie liczby projektowanych otworów, w zależności od wyników badania metodą testu reakcji termicznej (TRT).

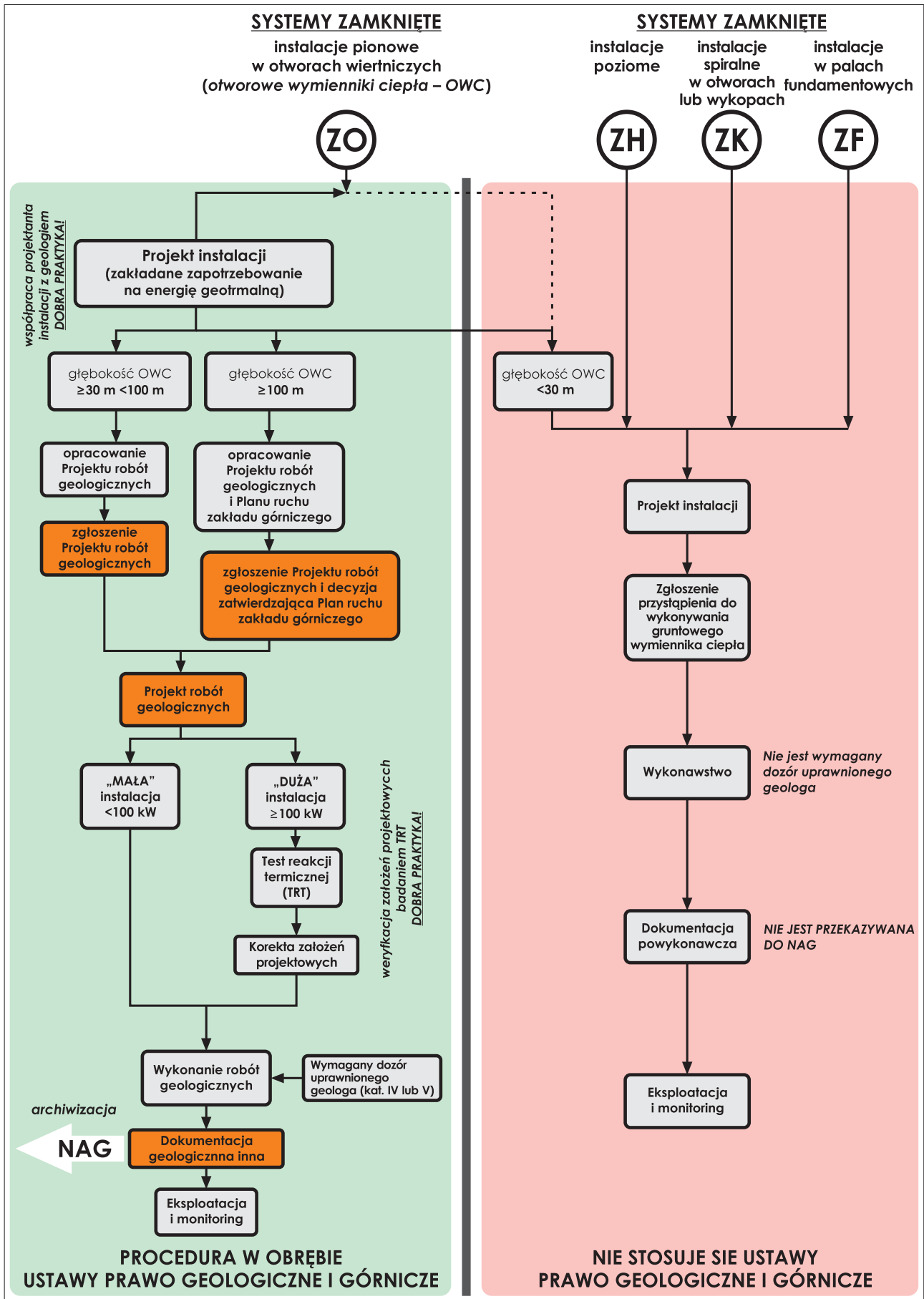
Badanie TRT jest testem *in situ*, wykonywanym w odwiercie pilotażowym – pierwszym z serii przewidzianych do wykonania w planowanej inwestycji geotermalnej otworowym wymienniku cieplnym. Wartość przewodnictwa cieplnego otrzymywana w wyniku badania jest bardzo wiarygodna, ponieważ oblicza się ją w rzeczywistych warunkach pracy wymiennika ciepła. Badanie TRT jest przeprowadzane w celu uniknięcia niedoszacowania lub przeszacowania zdolności gruntu do przekazywania ciepła, zwłaszcza w przypadku projektowania dolnego źródła pomp ciepła do zasilania dużych obiektów. Metoda polega na iniekcji do otworu ładunku energii cieplnej o znanej wartości i pomiarze na powierzchni terenu temperatury zasilania oraz powrotu czynnika, dostarczającego ciepło do urządzenia pomiarowego. Medium wypełniające wymiennik krąży w obiegu zamkniętym, a iniekcja ciepła drogą podgrzewania płynu roboczego jest prowadzona przez cały czas trwania testu. Mierzona wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego jest wartością efektywną, tj. uwzględniającą reakcję całego ośrodka gruntowo-wodnego, a także materiału wypełniającego przestrzeń pierścieniową otworu (iniektu). Warunkiem otrzymania poprawnych wyników jest odpowiednio długi czas prowadzenia testu. Minimalny, zalecany w literaturze, wynosi 48 godzin. Badanie TRT jest powszechnie stosowane w krajach, gdzie wykonuje się masowe ilości otworowych wymienników ciepła (np. Niemcy, Szwecja, Francja). W związku z dynamicznym rozwojem gruntowych pomp ciepła coraz częściej stosuje się je także w Polsce.

Zgodnie z art 85, ust. 1. pkt. 1. ustawy Pgg projekt robót geologicznych wykonywanych w celu pozyskiwania ciepła Ziemi nie wymaga zatwierdzenia. Rozpoczęcie robót geologicznych może nastąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia przedłożenia projektu robót starosta nie wnieśli do niego sprzeciwu w drodze decyzji. Zgodnie z art 85, ust. 3. pkt. 1 i 2 Pgg, może on zgłosić sprzeciw, jeżeli projekt nie odpowiada przepisom prawa (tj. jego zawartość nie jest zgodna z wytycznymi Rozporządzenia w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych), a także jeżeli sposób wykonania zamierzonych robót zagraża środowisku. Zagrożenie może wystąpić np. w sytuacji, gdy roboty zostały zaprojektowane w obrębie obszaru zasobowego ujęcia wód podziemnych i istnieje prawdopodobieństwo negatywnego oddziaływania na jakość ujmowanych wód lub gdy roboty geologiczne planuje się prowadzić na obszarze górniczym, wyznaczonym na terenie koncesji na wydobywanie wód leczniczych współwystępujących z wodami podziemnymi lub koncesji na wydobywanie torfów leczniczych (Kapuściński & Rodzoch, 2010).

Również wykonywanie dużej ilości wierceń geotermalnych w rejonach o niekorzystnych warunkach hydrogeologicznych może zagrazić środowisku (Kozdrój & Kłonowski, 2014). Takie rejony to m.in. miejsca, w których mogą występować poziomy wodonośne o warunkach naporowych, a w szczególności artezyjskich. W takich przypadkach może dochodzić do samoistnego wypływu wód podziemnych, a także ich zanieczyszczenia, spowodowanego przebiciami hydraulicznymi. Może również dojść do zakłócenia naturalnego reżimu hydrologicznego. Kolejnym zagrożeniem związanym z wykonywaniem otworów pod pionowe wymienniki ciepła jest przewiercanie utworów słabo przepuszczalnych, które chronią leżące niżej warstwy, poziomy lub piętra wodonośne o znaczących ekonomicznie zasobach.

W praktyce wniesienie przez starostę sprzeciwu do projektu robót geologicznych jest jedynym momentem, w którym organy administracji geologicznej mają możliwość wpływu na proces wykonywania odwiertów pod otworowe wymienniki ciepła. Na rycinie 2 oznaczono kolorem pomarańczowym te etapy procesu projektowania i wykonywania otworowych wymienników ciepła, w których biorą udział organy administracji geologicznej. Istotną kwestią jest również przekazywanie informacji geologicznej, czyli dokumentacji geologicznej z wykonanych robót, opracowywanej jako dokumentacja geologiczna inna (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. z 2011 r. Nr 282, poz. 1656) do Narodowego Archiwum Geologicznego, prowadzonego przez Państwową Służbę Geologiczną. Gromadzenie informacji geologicznej o otworowych wymiennikach ciepła jest konieczne dla opracowywania i weryfikacji map potencjału płytkiej geotermii.

Na rycinie 2 oznaczono także w celu porównania schemat postępowania przy projektowaniu gruntowych wymienników ciepła typu ZH, ZK i ZF, które nie podlegają przepisom ustawy Prawo geologiczne i górnicze. Zgodnie z wytycznymi (PORT PC, 2013) na etapie projektowania takich instalacji nie jest konieczne pozwolenie na budowę. Wymienniki gruntowe typu ZH, ZK i ZF, zgodnie z Prawem budowlanym (Pb), należy interpretować jako przyłącze cieplne do budynku, które nie wymaga pozwolenia na budowę (art. 29 ust. 1 pkt. 20 Pb). Zamiar przystąpienia do wykonywania poziomego gruntowego wymiennika ciepła



Ryc. 2. Schematyczne przedstawienie formalno-prawnych uwarunkowań projektowania i wykonywania gruntowych wymienników ciepła w systemach zamkniętych geotermii niskotemperaturowej dla lokalizacji znajdujących się poza obszarami górniczymi. Kolorem pomarańczowym zaznaczono etapy procesu, w których udział biorą organy administracji geologicznej

należy zgłosić wójtowi, burmistrzowi lub prezydentowi, właściwemu ze względu na miejsce prowadzenia prac. Zgłoszenie powinno być dokonane najpóźniej na 30 dni przed zamierzonym terminem rozpoczęcia prac (art.30 ust. 5 Pb). Zgłoszenie przystąpienia do rozpoczęcia wykonywania wymiennika powinno zawierać takie informacje jak: rodzaj, zakres i sposób wykonania wymiennika ciepła oraz planowany termin rozpoczęcia prac (art. 30 ust. 2–4 Pb). Do robót geologicznych można przystąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia doręczenia zgłoszenia właściwy organ nie wniesie w drodze decyzji sprzeciwu (art. 30 ust. 5 Pb). Zalecane jest uzgodnienie lokalizacji wymiennika w Powiatowym Zespole Uzgadniania Dokumentacji Projektowej. W tej procedurze nie przewidziano udziału zarówno organów administracji geologicznej, jak i geologów z uprawnieniami kategorii IV i V, nie ma też archiwizacji informacji geologicznej, a dokumentacja powykonawcza nie jest przekazywana do Narodowego Archiwum Geologicznego.

Z przedstawionego na rycinie 2 schematu wynika, że w projektowaniu gruntowych wymienników ciepła biorą udział głównie specjaliści, nie będący geologami. W związku z tym występuje spore zapotrzebowanie na informację geologiczną, przeznaczoną specjalnie do projektowania gruntowych wymienników ciepła, nie tylko otworowych, ale także instalacji poziomych ZH i spiralnych ZK, wykorzystujących energię cieplną z płytkich warstw gruntowo-skalnych. Taką informację mogą zapewnić dedykowane mapy potencjału geotermalnego oraz popularyzowanie i zwiększanie dostępności do otworowych baz danych państwowej służby geologicznej i hydrogeologicznej. Dane powinny być przedstawione lub objaśnione w taki sposób, żeby mogły być zrozumiałe dla osób nie posiadających specjalistycznego wykształcenia geologicznego czy geotechnicznego.

DOSTĘPNOŚĆ INFORMACJI GEOLOGICZNEJ NA POTRZEBY PROJEKTOWANIA GRUNTOWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

W celu poprawnego zaprojektowania otworowych wymienników ciepła należy wykorzystywać wszystkie dostępne źródła informacji geologicznej. W tabeli 1 zestawiono pozycje, których uwzględnienie jest konieczne w projektach robót geologicznych, wykonywanych w celu pozyskiwania ciepła Ziemi. Są to mapy geologiczne publikowane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, Mapa Hydrogeologiczna Polski i Mapa Geośrodowiskowa Polski) oraz bazy danych geologicznych obejmujące Centralną Bazę Danych Geologicznych, Centralną Bazę Danych Hydrogeologicznych oraz Bazę Danych Geologiczno-Inżynierskich. Źródła informacji wymienione w pozycjach od 1 do 6 w tabeli 1, wraz z pozyskanymi przez autora projektu robót geologicznych opracowaniami archiwalnymi z rejonu projektowanych prac, stanowią podstawę do opracowania opisu budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych oraz sporządzenia przewidywanych profili geologicznych projektowanych otworów. Szczególną uwagę należy poświęcić Centralnej Bazie Danych Hydrogeologicznych, w której zgromadzono m.in. dane o profilach ujęć wód podziemnych i studni. Baza ta jest podstawowym źródłem informacji przy opracowywaniu projektów robót geologicznych pod zabudowę otworowych wymienników ciepła. Należy zaznaczyć, że dobrze opracowany przewidywany profil geologiczny umożliwia dokładniejsze oszacowanie wydajności projektowanego

otworowego wymiennika ciepła. Część danych zestawionych w tabeli 1 jest możliwa do pobrania bezpośrednio ze stron internetowych i geoportali (np. arkusze SMGP lub karty wierceń z Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich), inne wymagają wypełnienia odpowiednich wniosków i formularzy (Baza CBDH – Bank HYDRO) lub zakupu materiałów kartograficznych (Mapy MHP i MGŚP).

Kluczowe dla bezpieczeństwa wód podziemnych są informacje dostępne w przeglądarce mapowej Państwowej Służby Hydrogeologicznej e-PSH. Dane z warstwy przestrzennej GZWP – Główne Zbiorniki Wód Podziemnych są jedną z podstawowych informacji, która musi się znaleźć w projekcie robót geologicznych. Z kolei podstawowym źródłem informacji o lokalizacji terenów górniczych jest System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS.

W tabeli zestawiono trzy źródła informacji geologicznej dedykowanej potrzebom geotermii niskotemperaturowej. Są to dwa międzynarodowe projekty mapowe – ThermoMap, TransGeoTherm oraz mapa geotermii niskotemperaturowej na terenie miasta stołecznego Warszawy.

Istotnym czynnikiem, mogącym powodować upowszechnienie i zwiększenie wykorzystania niskotemperaturowej energii geotermalnej, są mapy potencjału geotermalnego. Są one z powodzeniem stosowane w krajach przodujących w wykorzystaniu tego źródła energii (np. Niemcy, Francja). Mapy takie są doskonałym narzędziem do planowania lokalizacji instalacji geotermalnych, opartych na otworowych wymiennikach ciepła. Informacje na mapach, w czytelny i zrozumiały sposób przedstawiają możliwą do uzyskania jednostkową wydajność cieplną z planowanych w danym miejscu wierceń, przyczyniają się do zwiększenia wykorzystania OZE i stymulacji zrównoważonego rozwoju gospodarczego regionu. Szeroki zakres odbiorców tak przedstawionej informacji geologicznej obejmuje m.in. lokalną administrację rządową i samorządową, odpowiedzialną za rozwój regionalny i planowanie przestrzenne terenu. Należy jednak pamiętać, że mapy potencjału geotermalnego mogą jedynie wspomagać proces wstępnego planowania instalacji, jednak w żadnym razie nie mogą zastąpić indywidualnego procesu tworzenia poprawnego projektu (dokumentacji) i wykonania obliczeń parametrów cieplnych skał.

W tabeli 1, w pozycjach 9, 10 i 11 przedstawiono trzy przykładowe źródła danych, zawierające mapy potencjału płytkiej energii geotermalnej.

Projekt Trans GeoTherm to pilotażowe mapy potencjału geotermalnego na pograniczu niemiecko-polskim, w rejonie Zgorzelca i Görlitz. Mapy te zostały wygenerowane dzięki zastosowaniu nowatorskiej technologii analizy i interpretacji danych geologicznych, hydrogeologicznych oraz geotermalnych do wykonania trójwymiarowego modelu numerycznego właściwości geotermalnych podłoża. Jest to pierwszy model tego typu w Polsce. Na rycinie 3 przedstawiono przykładową mapę potencjału geotermalnego, będącą efektem realizacji pilotażowego projektu TransGeoTherm. Mapy geotermiczne opracowane w ramach tego projektu są dostępne w dwóch wariantach: jako tzw. wersja publiczna (*public version*) oraz wersja profesjonalna (*professional version*). W wersji publicznej pokazano rozkład przestrzenny średniej wartości współczynnika mocy cieplnej [W/m] dla czterech różnych poziomów głębokości (stopni geotermicznych): 40, 70, 100, 130 m i dla dwóch zakresów czasu pracy pompy ciepła w roku: 1800 roboczogodzin tylko dla trybu ogrzewania lub 2400 roboczogodzin w przypadku ogrzewania i przygotowania ciepłej wody.

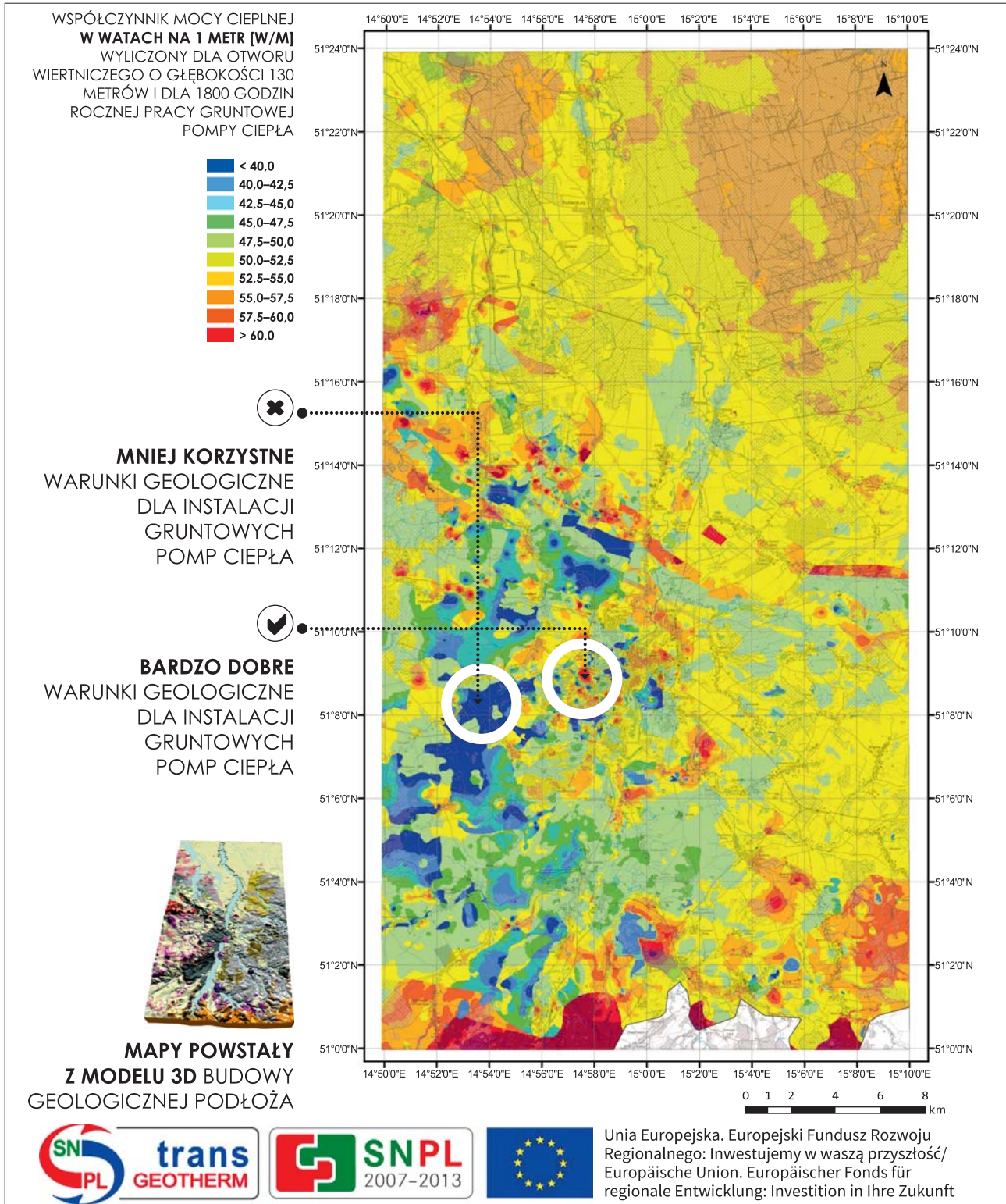
Tab. 1. Zestawienie źródeł informacji geologicznej do projektowania otworowych wymienników ciepła

Lp.	Źródło danych	Skala	Adres internetowy	Treść	Instytucja	Przydatność do projektowania dolnych źródeł ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej
1	Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski (SMGP)	1 : 50 000	http://www2.pgi.gov.pl/wydawnictwa/atlas-y-i-mapy.html (możliwość pobrania z przeglądarki mapowych CBDG)	podstawowa mapa geologiczna kraju, główne źródło informacji geologicznej	PIG-PIB (PSG)	jeden z podstawowych załączników do Projektu robót geologicznych
2	Mapa Hydrogeologiczna Polski (MHP)	1 : 50 000	http://www2.pgi.gov.pl/wydawnictwa/atlas-y-i-mapy.html	kartograficzny obraz warunków występowania, hydrodynamiki, zasobności i jakości głównego użytkowego poziomu wodonośnego	PIG-PIB (PSH)	jeden z podstawowych załączników do Projektu robót geologicznych
3	Mapa Geośrodowiskowa Polski MGSP	1 : 50 000	http://www2.pgi.gov.pl/wydawnictwa/atlas-y-i-mapy.html	przedstawia stan i zasoby środowiska naturalnego, w tym obszary chronione	PIG-PIB (PSG)	jeden z podstawowych załączników do Projektu robót geologicznych
4	Centralna Baza Danych Hydrogeologicznych (BANK HYDRO)	różna	http://www.psh.gov.pl/bazy_danych_mapy_i_aplikacje/bazy_danych_mapy/bankhydro.html	otwory hydrogeologiczne (dostępne po złożeniu wniosku i uiszczeniu opłaty za udostępnienie informacji geologicznej)	PIG-PIB (PSH)	profile otworów z bazy CBDH są podstawą do opracowania przewidywanego profilu geologicznego w projekcie robót geologicznych; główne źródło informacji do projektowania OWC
5	Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG)	różna	http://baza.pgi.gov.pl/	baza otworowa Polski, mapa geologiczna w skali 1 : 500 000, badania geofizyczne	PIG-PIB (PSG)	profile otworów z bazy CBDG są podstawą do opracowania przewidywanego profilu geologicznego w projekcie robót geologicznych
6	Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI)	1 : 10 000	http://atlas-y.pgi.gov.pl	atlasy geologiczno-inżynierskie dla miast w tym otwory i mapy tematyczne (możliwość pobierania map i kart otworów z przeglądarki mapowych CBDG)	PIG-PIB (PSG)	profile otworów z bazy BDGI są podstawą do opracowania przewidywanego profilu geologicznego w projekcie robót geologicznych; baza użyteczna do systemów typu ZH, ZK i ZF
7	Przeglądarka mapowa Państwowej Służby Hydrogeologicznej e-PSH	różna	http://epsh.pgi.gov.pl/epsh/	dane hydrogeologiczne, m.in. Główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP), Jednolite części wód podziemnych (JCWPD), otwory z bazy CBDH, Monitoring Wód Podziemnych	PIG-PIB (PSH)	podstawowe źródło informacji o Głównych zbiornikach wód podziemnych
8	System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS	różna	http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web	złoża, obszary i tereny górnicze	PIG-PIB (PSG)	podstawowe źródło informacji o złożach, obszarach i terenach górniczych
9	Serwis mapowy m. st. Warszawy	różna	http://www.maps.um.warszawa.pl/	kompozycja „Mapa OZE” zawiera m.in. mapę geotermii niskotemperaturowej dla obszaru m. st. Warszawy oraz kalkulator energetyczny OZE	Urząd Miasta Stołecznego Warszawa	mapa sporządzona dla głębokości 80 m i 2400 godzin pracy pompy ciepła rocznie
10	TansGeoTherm	siatka modelu 3D 25×25 m	www.transgeotherm.eu	energia geotermalna dla transgranicznego rozwoju regionu Nysy; projekt pilotażowy PL-DE, w rejonie Zgorzelca i Görlitz; mapy i model geologiczny 3D; broszura informacyjna na temat stosowania płytkiej geotermii	PIG-PIB (PSG) Saksońska służba geologiczna (LfULG)	mapy geotermalne współczynnika mocy cieplnej [W/m] oraz wartości przewodności cieplnej skał podłoża [W/m*K]
11	Thermo Map	1 : 250 000 (obszary szczegółowe w skali od 1 : 5 000 do 1 : 50 000)	http://www.thermomap-project.eu/	poglądowa mapa potencjału niskotemperaturowej energii geotermalnej do głębokości 10 m; obejmuje obszar całej Europy	projekt międzynarodowy (Francja, Islandia, Węgry, Rumunia, Wielka Brytania, Belgia, Niemcy, Austria, Grecja)	dane tylko do głębokości 10 m; przydatne dla projektowania systemów ZH i ZK; zawiera informacje o obszarach z ograniczeniami w wykorzystaniu energii geotermalnej

Wersja profesjonalna została opracowana dla biur projektowych, architektonicznych, inżynierskich, przedsiębiorstw wiertniczych i urzędów. W tym przypadku, podstawę dla oceny potencjału geotermicznego danej lokalizacji stanowi średnia wartość przewodności cieplnej skał podłoża, wyrażona w watach na metr i kelwin [W/m·K] dla czterech wyżej wspomnianych poziomów głębokości. Wartość ta służy do planowania i projektowania instalacji geotermicznych, w połączeniu z innymi szczegółowymi parametrami, jak bilans energetyczny budynku lub dane techniczne pom-

py cieplnej. Może być wykorzystywana do obliczeń za pomocą specjalistycznego oprogramowania (np. EED – *Earth Energy Designer*). Szacunków można dokonać jeszcze przed pierwszym wierceniem, służącym precyzyjnemu wyznaczeniu wartości przewodności cieplnej za pomocą testu TRT.

Projekt ThermoMap to międzynarodowa inicjatywa, w ramach której stworzono mapę w skali 1 : 250 000, pokazującą potencjał „bardzo płytkiej” energii geotermalnej, obejmującej warstwę gruntu do głębokości 10 m. Opraco-



Ryc. 3. Projekt TransGeoTherm. Przykład dedykowanej mapy potencjału płytkiej energii geotermalnej

wanie obejmuje całą Europę. Mapa, oprócz informacji o przewidywanej wydajności cieplnej w trzech interwałach głębokościowych, zawiera również podstawowe dane o obszarach z ograniczeniami w użytkowaniu energii geotermalnej. Ma ona zastosowanie do projektowania instalacji poziomych ZH i spiralnych ZK.

Uzupełnieniem mapowych warstw informacyjnych GIS jest „kalkulator geotermalny”, który umożliwi wprowadzenie dodatkowych danych o projektowanej instalacji. Pozwala to na uzyskanie dokładniejszej, prognozowanej wydajności cieplnej.

Kolejnym przykładem dedykowanych map potencjału płytkiej energii geotermalnej, jest mapa geotermii niskotemperaturowej umieszczona w kompozycji „Mapa OZE” na serwisie mapowym m.st. Warszawy. Mapa obrazuje szacunkowy potencjał energii Ziemi, który może być wykorzystany przez gruntowe pompy ciepła z wymiennikami pionowymi. Opracowanie zostało wykonane na podstawie analizy ponad trzystu archiwalnych profili otworów wiertniczych, zlokalizowanych na terenie Warszawy. Informacje na temat warstwy geologicznej na głębokości 80 m od powierzchni terenu oraz dane o typowej dla niej wartości współczynnika mocy cieplnej Ziemi posłużyły do wyznaczenia rozkładu potencjału geotermii niskotemperaturowej. Również w tym przypadku uzupełnieniem mapy jest kalkulator energetyczny, pozwalający wyciągnąć wstępne wnioski na temat opłacalności instalacji pompy ciepła.

PODSUMOWANIE

Znaczącą rolę w rozwoju sektora gruntowych pomp ciepła w skali krajowej odgrywają przedstawiciele administracji geologicznej, biorący udział w zatwierdzaniu projektów geologicznych otworowych wymienników ciepła oraz państwowa służba geologiczna i państwowa służba hydrogeologiczna, jako główni dostawcy informacji geologicznej. Poprawne i bezpieczne projektowanie oraz wykonawstwo otworowych wymienników ciepła powinno być oparte na pełnym wykorzystaniu dostępnej informacji geologicznej oraz egzekwowaniu przepisów ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2015 poz. 196).

Należy zauważyć, że do głębokości 30 m na obszarach poza terenami górniczymi wykonywanie gruntowych wymienników ciepła, niezależnie od ich typu, nie podlega przepisom Pgg. Wszystkie działania podejmowane poniżej głębokości 30 m wymagają sporządzenia projektu robót geologicznych i jego zgłoszenia. W tym przypadku rola administracji geologicznej to sprawdzenie poprawności przygotowanego projektu, a przy stwierdzeniu nieprawidłowości, zgłoszenie sprzeciwu przez starostę. Taka sytuacja ma miejsce jeżeli zgłoszony projekt nie odpowiada przepisom prawa (tj. jego zawartość nie odpowiada wytycznym Rozporządzenia Min. Środ. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych) oraz jeżeli sposób wykonania zamierzonych robót zagraża środowisku.

Współpraca geologa, projektującego roboty geologiczne wykonywane na potrzeby zabudowania otworowych wymienników ciepła, z projektantem instalacji pomp ciepła, zwłaszcza w przypadku dużych instalacji, powinna odbywać się już na etapie prac studialnych. Poprawne założenia warunków geologicznych mają kluczowe znaczenie dla zaprojektowania wydajnej instalacji geotermalnej, która będzie w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepło i chłód planowanego obiektu. W celu zwyminiowania pól geoter-

malnych dla dużych instalacji stosuje się obliczenia, korzystając z programów numerycznych (np. Earth Energy Designer lub FEFLOW), w których są wykorzystywane dane z badania TRT. Obliczenia takie uwzględniają zagadnienie zwane *life cycle assesment* (LCA), tj. ocenę cyklu życia. Istotą metody LCA jest nie tylko ocena wydajności energetycznej projektowanej instalacji geotermalnej, ale także określenie wpływu jej działania (w zakresie ogrzewania i chłodzenia) na środowisko naturalne. Metoda ta pozwala m.in. na sprawdzenie, czy nie będzie występować zjawisko nadmiernego wychładzania gruntu, powodujące spadek wydajności instalacji w czasie eksploatacji. Okres działania niskotemperaturowych instalacji geotermalnych o dużej mocy zainstalowanych pomp ciepła obejmowany analizami LCA powinien mieć perspektywę minimum 50 lat (według zaleceń PORT PC, 2013). W przypadkach instalacji o dużej mocy (np. centra handlowe, terminale lotnisk, budynki wysokościowe, obiekty użyteczności publicznej) przeprowadzanie analizy LCA jest konieczne dla zapewnienia efektywnej i bezpiecznej eksploatacji oraz zminimalizowania niekorzystnego oddziaływania instalacji na środowisko.

LITERATURA

- DYREKTYWA Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca w następstwie dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30WE.
- KAPUŚCIŃSKI J. & RODZUCH A. 2010 – Geotermia niskotemperaturowa w Polsce i na świecie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Uwarunkowania techniczne, środowiskowe i ekonomiczne. Min. Środ., Warszawa.
- KEPIŃSKA B. 2013 – Geothermal energy use, country update for Poland. Proceedings of European Geothermal Congress 2013, Pisa, Italy, 3–7 June 2013.
- KOZDRÓJ W. & KLONOWSKI M. 2014 – TransGeoTherm. Energia geotermalna dla transgranicznego rozwoju regionu Nysy – Projekt pilotażowy. Broszura informacyjna na temat stosowania płytkiej geotermii. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy we współpracy z Ladesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freistaat Sachsen. Wrocław 2014 r.
- KRAJOWY PLAN DZIAŁANIA w zakresie energii ze źródeł odnawialnych. Minister Gospodarki, Warszawa 2010 r.
- PORT PC. 2013 – Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła. Część 1. Dolne źródła do pomp ciepła. Wyd. 01/2013. Kraków.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. Dz.U. z 2011 r. Nr 288, poz. 1696.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. zmieniające w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. Dz.U. z 2015 r. poz. 964.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych. Dz.U. z 2011 r. Nr 282, poz. 1656.
- RUBIK M. 2011 – Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej. Monografia. Ofic. wyd. Multico, Warszawa.
- USTAWA z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. Dz.U. z 2013 r. poz. 1265, ze zm.
- USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. z 2015 r., poz. 933, ze zm.
- USTAWA z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Dz.U. z 2015 r. poz. 199 tekst jednolity.
- USTAWA z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. Dz. U. z 2013 r. poz. 1235, ze zm. tekst jednolity.
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2015 r. Nr 196 tekst jednolity.
- USTAWA z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz.U. z 2015 r. poz. 469 tekst jednolity.