

Marek HAJTO¹, Wiesław KOZDRÓJ², Urszula WYRWALSKA²

IDENTYFIKACJA KONFLIKTOWOŚCI I WRAŻLIWOŚCI ŚRODOWISKOWYCH ZWIĄZANA Z WYKORZYSTANIEM CIEPŁA ZIEMI NA PRZYKŁADZIE KRAKOWA I REGIONU WAŁBRZYCHA: MIĘDZYNARODOWY PROJEKT GEOPLASMA-CE (INTERREG-CE)

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia częściowe wyniki prac przeprowadzonych w ramach projektu *Opracowanie zasad planowania, strategii wykorzystania oraz metod oceny i wykonywania map potencjału płytkiej geotermii w Europie Środkowej* (oryg. *Shallow Geothermal Energy Planning, Assessment and Mapping Strategies in Central Europe – GeoPLASMA-CE*), który realizowany jest w latach 2016–2019, przez 11 partnerów z 6 krajów, w ramach programu współpracy międzynarodowej INTERREG Central Europe 2014–2020. Projekt dotyczy różnych aspektów zastosowania płytkiej geotermii do ogrzewania i chłodzenia budynków na obszarach zurbanizowanych i pozamiejskich w sześciu wybranych obszarach pilotażowych: region Vogtland-Zachodnie Czechy (pogranicze D-CZ), region Wałbrzych–Broumov (pogranicze PL-CZ), oraz miasta: Kraków, Wiedeń, Bratysława i Lublana. Dzięki współpracy służb geologicznych, uniwersytetów, organizacji non-profit, jednostek administracji samorządowej oraz firm prywatnych opracowane zostaną mapy potencjału energetycznego podłoża skalnego oraz nowe strategie zarządzania i zrównoważonego zagospodarowania zasobów płytkiej geotermii. Jednym z elementów działań pilotażowych jest ocena ryzyka związanego z wykorzystaniem geotermalnych/gruntowych pomp ciepła, zarówno dla systemów obiegu otwartego, jak i zamkniętego, uwzględniającego specyficzne uwarunkowania środowiskowe, w tym: geogeniczne, hydrogeologiczne i antropogeniczne. Uwarunkowania te mają zróżnicowany charakter, występują z jednej strony w gęsto zabudowanych obszarach miejskich, takich jak Kraków, gdzie związane są w dużym stopniu z istniejącą infrastrukturą podziemną, a z drugiej na obszarach pozamiejskich, gdzie ograniczenia środowiskowe związane są np. z rozległymi terenami górniczymi, zdegradowanymi wskutek dawnej eksploatacji węgla kamiennego, jak ma to miejsce w przypadku wałbrzyskiego obszaru pilotażowego. Identyfikacja powyższych zagrożeń, wstępna ocena

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel./fax. +48 12 617 38 39; e-mail: mhajto@agh.edu.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław, tel. +48 71 337 20 91 wew. 126, fax: +48 71 337 20 89; e-mail: wieslaw.kozdroj@pgi.gov.pl, udom@pgi.gov.pl

ich istotności oraz wizualizacja w formie „mapy świateł drogowych” pozwoli uzyskać informacje o możliwości wykonania w danej lokalizacji instalacji pompy geotermalnej (wg kategorii: montaż dozwolony, z ograniczeniami, niedozwolony) dla wybranego systemu wykorzystania ciepła Ziemi (otwartego i/lub zamkniętego). Dodatkowo sporządzone warstwy tematyczne wskażą na istnienie i pozwolą na uszczegółowienie innych zagrożeń/konfliktów związanych np. ze specyfiką zagospodarowania gruntów (wynikającym z MPZP), lokalizacją obszarów chronionych (np. w zakresie wód gruntowych), infrastrukturą podziemną, osuwiskami itp. Identyfikacja powyższych elementów oraz zebranie informacji w jednym miejscu (na platformie internetowej) ułatwi, zarówno odbiorcy indywidualnemu, jak i ekspertowi, przyszłe planowanie inwestycji w zakresie instalacji geotermalnych pomp ciepła.

SŁOWA KLUCZOWE

Płytką geotermia, geotermalne/gruntowe pompy ciepła, konflikty środowiskowe, Interreg-CE

* * *

WPROWADZENIE

Projekt GeoPLASMA-CE (www.geoplasma-ce.eu) realizowany jest w latach 2016–2019 przez 11 partnerów z sześciu krajów, w ramach programu współpracy międzynarodowej INTERREG Central Europe. Instytucje współpracujące obejmują służby geologiczne Polski, Austrii, Słowenii, Czech, Słowacji i Niemiec (Saksonii), szkołę wyższą (AGH), jednostkę administracji samorządowej (zarząd miasta Lublana) oraz dwie firmy prywatne, a także szereg partnerów stowarzyszonych projektu (w tym Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła – PORT PC). Projekt realizowany jest w sześciu wybranych obszarach pilotażowych, w tym dla dwóch regionów transgranicznych: Vogtland–Zachodnie Czechy (pogranicze D/CZ) oraz Wałbrzych–Broumov (pogranicze PL-CZ), oraz na obszarach zurbanizowanych obejmujących miasta: Kraków, Wiedeń, Bratysławę i Lublanę.

Celem projektu GeoPLASMA-CE jest promocja i zwiększenie wykorzystania w Europie Środkowej płytkiej geotermii, określanej też mianem geotermii niskotemperaturowej. Energia ta pozyskiwana z podłoża skalnego ma głównie genezę endogeniczną, w mniejszym stopniu – w strefie przypowierzchniowej – jest pochodną promieniowania słonecznego. Urządzenia pozyskujące energię ciepła Ziemi określa się jako geotermalne pompy ciepła (GPC). W powszechnym użyciu jest też nazwa gruntowe pompy ciepła (ang. *ground source heat pumps*), obejmujące zarówno GPC tzw. systemów zamkniętych (pionowe, otworowe wymienniki ciepła oraz kolektory poziome), jak i GPC systemów otwartych wykorzystujących wody podziemne. Kluczowym czynnikiem dla osiągnięcia zamierzonego celu projektu jest dostępność narzędzi planistycznych służących optymalizacji GPC oraz ich praktycznego wdrożenia (instalacji) i użytkowania. Podstawowym zadaniem projektu jest więc dostarczenie wzorcowych narzędzi reprezentowanych przez: (i) mapy potencjału energetycznego

plytkiej geotermii, (ii) mapy konfliktowości i zagrożeń geośrodowiskowych oraz (iii) lokalne strategie wspomagające planowanie i zrównoważony rozwój rynku geotermalnych pomp ciepła.

Głównym zadaniem polskich partnerów projektu GeoPLASMA-CE, tj. PIG-PIB i AGH jest przetworzenie danych geologicznych i hydrogeologicznych, a następnie opracowanie zestawu map potencjału płytkiej geotermii oraz powiązanych z nimi tematycznie map konfliktowości geośrodowiskowych odpowiednio dla obszaru pilotażowego Wałbrzych (obejmuje w całości powiat wałbrzyski i gminę – miasto Wałbrzych) oraz miasta Krakowa. Dzięki powstałym mapom będzie możliwe wskazanie dla obu obszarów miejsc o najbardziej korzystnych warunkach podłoża skalnego dla montażu GPC z pionowym, otworowym wymiennikiem ciepła, a w Krakowie także dla GPC systemów otwartych typu woda/woda. Na podstawie wykonanych map zostaną opracowane strategie przyszłego rozwoju instalacji wykorzystujących naturalne ciepło Ziemi na badanych obszarach. Strategie te będą mogły być użyte m.in. do tworzenia nowych lub uzupełniania lokalnych planów rozwoju odnawialnych źródeł energii, planów gospodarki niskoemisyjnej, planów ograniczania niskiej emisji (tzw. PONE), planów zaopatrzenia gmin w ciepło, planów ochrony powietrza i innych.

Pozyskanie ciepła Ziemi przy pomocy geotermalnych pomp ciepła, realizowane w systemach zamkniętych (ang. *closed loop*) oraz otwartych (ang. *open loop*) wymaga przeprowadzenia robót geologicznych z zachowaniem wysokiej jakości technicznej oraz dbałości o środowisko naturalne (Banks 2012; DGGV & DGGT 2016). W Polsce problematyka związana z projektowaniem i instalacją pomp ciepła znajduje swe regulacje w szeregu aktach prawnych, w tym: Prawie geologicznym i górnictwem, Prawie ochrony środowiska, Prawie wodnym, Prawie budowlanym, a także w Ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Zgodnie z przepisami prawa geologicznego i górnictwa (Dz.U. 2011, Nr 163 poz. 981), projektowanie i wykonywanie badań na potrzeby wykorzystania ciepła Ziemi wymaga sporządzenia projektu prac geologicznych, który podlega zgłoszeniu właściwemu organowi administracji geologicznej. Dla otworów o głębokości powyżej 100 m, wymagane jest sporządzenie „Planu ruchu zakładu górnictwa”. Dodatkowo dla ujęć wód (otworów) eksploatujących wody z wydajnością powyżej 5 m³/dobę wymagane jest „Pozwolenie wodnoprawne”, do którego, poza decyzją o warunkach zabudowy, należy dołączyć „Operat wodnoprawny”. Pozwolenie wodnoprawne jest wydawane w drodze decyzji przez starostę na czas określony. Zgodnie z art. 80.1. pkt 7 (PGG) organ administracji geologicznej (zwykle geolog powiatowy) może odmówić zatwierdzenia projektu robót geologicznych, jeżeli: projektowane roboty geologiczne naruszałyby wymagania ochrony środowiska lub projekt robót geologicznych nie odpowiada wymaganiom prawa.

W świetle powyższych, licznych, uwarunkowań formalno-prawnych informacja o zagrożeniach środowiskowych wydaje się kluczowa dla oceny możliwości oraz warunków technicznych wykonania i eksploatacji instalacji dolnych źródeł dla pomp ciepła. Przeprowadzone w ramach działań pilotażowych projektu GeoPLASMA-CE analizy tych uwarunkowań, a także dodatkowy wywiad oraz identyfikacja zapotrzebowania interesariuszy, obejmująca

zarówno lokalne służby geologiczne (geolog powiatowy), jak i przedstawiciele środowiska producentów i instalatorów pomp ciepła (PORT PC), wskazują na znaczący deficyt informacji w tym zakresie. Lokalne organy administracji geologicznej oczekują wsparcia w postaci udostępnienia narzędzi, w tym interaktywnych, pozwalających na zidentyfikowanie rodzaju zagrożenia dla konkretnych lokalizacji i technologii zagospodarowania ciepła Ziemi (systemy otwarte/zamknięte). Wychodząc naprzeciw przytoczonym oczekiwaniom w ramach projektu GeoPLASMA-CE wykonano wstępne studium występowania ryzyk i konfliktów środowiskowych związanych z wykorzystaniem geotermalnych pomp ciepła dla obszaru Krakowa i regionu Wałbrzycha.

1. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA OBSZARÓW PILOTAŻOWYCH KRAKOWA I WAŁBRZYCHA

1.1. Rejon Krakowa

Obszar pilotażowy Krakowa położony jest w obrębie granic administracyjnych i obejmuje powierzchnię 327 km². Na koniec 2016 roku Kraków liczył 726 448 mieszkańców. Jest to drugie co do wielkości miasto w Polsce, pod względem liczby mieszkańców, co wpływa na duże zapotrzebowanie na dobra podstawowe, w tym na energię – potrzebną zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia. Dostawcami ciepła do miejskiego systemu ciepłowniczego są cztery przedsiębiorstwa energetyczne: PGE Energia Ciepła SA (EDF Polska SA) (69,3% udziału w rynku ciepła sieciowego), CEZ Skawina SA (23,4% udziału w rynku ciepła sieciowego) ZTPO (5,5% rynku ciepła sieciowego) i ArcelorMittal Poland SA (1,8% udziału w rynku ciepła sieciowego). Wszystkie podmioty dostarczają ciepło, którego nośnikiem jest gorąca woda.

Krakowski oddział EDF Polska SA jest największym producentem ciepła i energii elektrycznej dla miasta, z roczną produkcją około 7000 TJ ciepła i 1600 GWh energii elektrycznej zaspokaja 60% potrzeb Krakowa. Całkowite produkcja ciepła w Krakowie to ponad 9000 TJ/rok.

Kraków posiada rozległą sieć ciepłowniczą o długości ponad 861 km, jednakże sieć ta wciąż nie dociera do wszystkich mieszkańców, włączając szereg budynków i kamienic zlokalizowanych w centrum miasta. W 2017 roku MPEC* określił potencjalne obszary rozwojowe obejmujące swym zasięgiem Kraków i Skawinę. Zdefiniowano 30 obszarów rozwojowych o łącznym docelowym zapotrzebowaniu mocy 610,3 MW (MPEC 2017). Obecnie krakowski MPEC ma 65% udział w rynku grzewczym na terenie Krakowa, pozostałe 35% obiektów korzysta z ogrzewania indywidualnego (głównie węgiel lub gaz) oraz z lokalnych kotłowni. W celu doprowadzenia energii cieplnej do poszczególnych obszarów konieczne

* MPEC – Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej SA w Krakowie (100% własności posiada Gmina Miasta Krakowa).

jest wybudowanie nowych odcinków sieci ciepłych, a w niektórych obszarach zwiększenie przepustowości części istniejących sieci. Obszary rozwojowe zlokalizowane są głównie w centrum miasta, sieć dotrze także na nowe tereny na Prądniku Białym tuż przy granicy z gminą Zielonki, rozwój sieci nastąpi też w rejonie kampusu w Pychowicach, przy ulicy Bohomolca, a także w Skawinie. Nie dotrze natomiast do osiedli peryferyjnych, takich jak Kostrze, Tyniec, Bielany czy Pleszów (Łoginow 2017). Brak sieci ciepłowniczej w powyższych lokalizacjach stwarza potencjalne możliwości dla rozwoju geotermalnych pomp ciepła. Z punktu widzenia zaopatrzenia mieszkańców w ciepło wydaje się stosowne, aby właśnie w tych miejscach rozważyć wykorzystanie instalacji geotermalnych pomp ciepła, tym bardziej, że większość z nich zlokalizowana jest w obrębie wydajnych zbiorników wód wglębnych. Wody podziemne, chłodne i termalne, w Krakowie, występują w utworach: paleozoiku i jury (wapienie krasowe), kredy (spękane margle i wapienie), miocenu i eocenu (drobnoziarniste piaszkowce i piaski) oraz czwartorzędu (piaski i żwiry). Dominującą rolę odgrywały poziomy wodonośne: jurajski, neogenu (piaski bogucickie) oraz czwartorzędowy – plejstocenijski poziom wodonośny. Pomimo powszechnie występujących w rejonie Krakowa wód podziemnych, na relatywnie niewielkich głębokościach, dominującym sposobem wykorzystania zasobów tzw. płytkiej geotermii są pompy ciepła stosujące poziome dolne źródła ciepła oraz podrzędnie wymienniki otworowe, a systemy tzw. otwarte, wykorzystujące jako dolne źródło ciepła poziomy wód wglębnych należą wciąż do rzadkości (Hajto i in. 2017).

Gęsta zabudowa i specyficzna lokalizacja geograficzna – w dolinie Wisły, sprawiają, że emisje zanieczyszczeń powietrza są szczególnie uciążliwe, zwłaszcza gdy ich stężenie często przekracza dopuszczalne normy. Należy tutaj wspomnieć, że Rada Miasta Krakowa w 2017 r. podjęła Uchwałę Nr LXXIII/1759/17 w sprawie przyjęcia aktualizacji „Planu gospodarki niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej Kraków”, który od 1 września 2019 roku wprowadza zakaz spalania paliw stałych na terenie Krakowa.

Według najnowszej bazy danych o jakości powietrza w miastach (WHO 2018), 20 polskich miast znajduje się wśród 50 najbardziej zanieczyszczonych miast w UE, biorąc pod uwagę PM_{2,5}. Kraków z poziomem zanieczyszczeń PM_{2,5}, na poziomie 37 µg/m³, znajduje się na pierwszym miejscu, a uwzględniając PM₁₀ (55 µg/m³), plasuje się na piątym miejscu wśród krajów EU.

1.2. Rejon Wałbrzycha

Badany w ramach projektu GeoPLASMA-CE rejon Wałbrzycha o powierzchni ok. 767 km² stanowi północną część transgranicznego, polsko-czeskiego obszaru pilotażowego Wałbrzych–Broumov (Kozdrój i in. 2017). Polska część tego obszaru, zamieszkała łącznie przez ok. 250 000 osób, obejmuje: miasto/gminę Wałbrzych, cały powiat wałbrzyski, w tym: gminy miejskie: Boguszów-Gorce, Jedlina-Zdrój, Szczawno-Zdrój, gminy miejsko-wiejskie: Głuszycza i Mieroszów, gminy wiejskie: Czarny Bór, Walim i Stare Bogaczowice, oraz fragmenty gmin należące do powiatów sąsiednich. Obszar ten wchodzi w skład

większej struktury – tzw. Aglomeracji Wałbrzyskiej (AW) – obejmujący 15 gmin, dla której został opracowany Plan Gospodarki Niskoemisyjnej (PGN) na lata 2014–2020 z perspektywą do 2030 r. (Stępień 2015). Z podanych w tym planie danych na temat struktury nośników energii cieplnej dla sektora mieszkaniowego w AW wynika, że w ogólnym zużyciu energii cieplnej wynoszącym ok. 1 003 794 MWh, największy udział ma węgiel – 50,8%, a następnie: ciepło sieciowe 19,3%, energia elektryczna – 16,2%, gaz ziemny – 11,5%, biomasa – 1,6% i olej opałowy – 0,6%. Udział odnawialnych źródeł energii nie został odnotowany w przytoczonej statystyce. Największym i jedynym dostawcą ciepła sieciowego jest Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej SA (MPC) w Wałbrzychu, które dostarcza ciepło do ok. 600 odbiorców w północnej części miasta, w dzielnicach Podzamecze i Piaskowa Góra za pomocą ciepłociągów o długości ok. 36 km (dane wg MPC – www.pecsa.pl i Planu Ograniczania Niskiej Emisji (PONE) dla miasta Wałbrzycha; Zastrzeżyńska i in. 2014). Ciepło wytwarzane jest w dwóch ciepłowniach (jedna zasilana miałem węglowym z domieszką granulatu gumowego, a druga gazem ziemnym) oraz w 37 mniejszych kotłowniach lokalnych (w tym 36 gazowych). Zamówiona aktualnie w MPC przez odbiorców moc wynosi ok. 90 MW, a sprzedaż ciepła za rok 2012 osiągnęła 460 466 GJ, w tym c.w.u. 90 000 GJ. W bezpośrednim zasięgu miejskiej sieci ciepłowniczej znajdują się 144 budynki, w tym 94 mieszkalne, które potencjalnie mogą stać się przyszłymi odbiorcami energii z tego źródła. Istotnym czynnikiem warunkującym aktualne zastosowanie nośników energii cieplnej na obszarze AW jest wiek budynków. Stare, wybudowane przed 1945 r. budynki, stanowią 58,7% zasobów mieszkaniowych w AW. Charakteryzują się one często złym stanem technicznym (szczególnie budynki komunalne), niskim stopniem termomodernizacji i ogrzewaniem pochodzącym z indywidualnych pieców węglowych. Taki stan rzeczy skutkuje dużą emisją kominową i znaczącym zanieczyszczeniem powietrza (pył PM10, PM2,5, benzo(a)piren), zwłaszcza w sezonie zimowym. Dlatego też jednym z ważnych zadań priorytetowych zapisanych w planach PGN i PONE jest termomodernizacja budynków (głównie publicznych) często stowarzyszona z wymianą źródeł ciepła. Przewidywana realizacja tych planów może stać się szansą na znaczące zwiększenie w rejonie Wałbrzycha wykorzystania geotermalnych pomp ciepła (GPC) jako (odnawialnych) źródeł energii cieplnej (a także chłodu w sezonie letnim, przy zastosowaniu pomp rewersyjnych). Obecną liczbę GPC na obszarze pilotażowym Wałbrzycha można określić na ok. 50 instalacji, wyłącznie typu zamkniętego z otworowym wymiennikiem ciepła. Większość GPC jest wykorzystywana do ogrzewania domów jednorodzinnych, a tylko nieliczne do budynków publicznych. Całkowita moc tych instalacji to około 700 kWt, z których największa osiąga 117 kWt. Przewiduje się, że największe szanse rozwoju rynku GPC na badanym obszarze związane są właśnie z budową lub remontem domów jednorodzinnych, budynków publicznych i biurowych.

Rejon Wałbrzycha buduje kilka jednostek geologicznych składających się z różnych rodzajów skał i odznaczających się skomplikowaną tektoniką. Główną jednostką jest niecka śródsudecka wypełniona górnopaleozoicznymi i mezozoicznymi skałami osadowymi. Niecka ta graniczy na północy i wschodzie z kompleksami metamorficznymi dolnego paleozoiku Gór Kaczawskich i Gór Sowich rozdzielonych dewońskimi i karbońskimi skałami osado-

wymi basenu Świebodzic. Mniejsze pokrywy osadów wieku neogeńskiego i czwartorzędowego mają niewielki zasięg, a występujące w nich wody podziemne odznaczają się niskimi wydajnościami. Większe są zasoby wód zalegające w głębszych zbiornikach skał mezozoicznych, które stanowią rezerwar wód pitnych. Z geologicznego i hydrogeologicznego punktu widzenia w regionie Wałbrzycha istnieją preferencje głównie dla zastosowań GPC systemów zamkniętych.

2. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA INSTALACJI GEOTERMALNYCH POMP CIEPŁA W REJONACH ZURBANIZOWANYCH ORAZ NA OBSZARACH POZAMIEJSKICH

Badania w zakresie identyfikacji konfliktów geosrodowiskowych o charakterze geogenicznym, hydrogeologicznym i antropogenicznym, mających wpływ na planowanie instalacji GPC przeprowadzone w ramach projektu GeoPLASMA-CE (zadania projektu: D.T2.3.2, D.T2.3.3; D.T2.3.4) umożliwiły ich usystematyzowanie z podziałem na poszczególne grupy ryzyk, specyfikację czynników i sposoby ich oddziaływania (tab. 1).

Tabela 1

Czynniki ryzyka i konfliktów środowiskowych związane z wykorzystaniem geotermalnych pomp ciepła (na podst. zadań projektu GeoPLASMA-CE: D.T2.3.2, D.T2.3.3 & D.T2.3.4)

Table 1

Risk and environmental conflict factors for the use of geothermal heat pumps (based on the GeoPLASMA-CE deliverables: D.T2.3.2, D.T2.3.3 & D.T2.3.4)

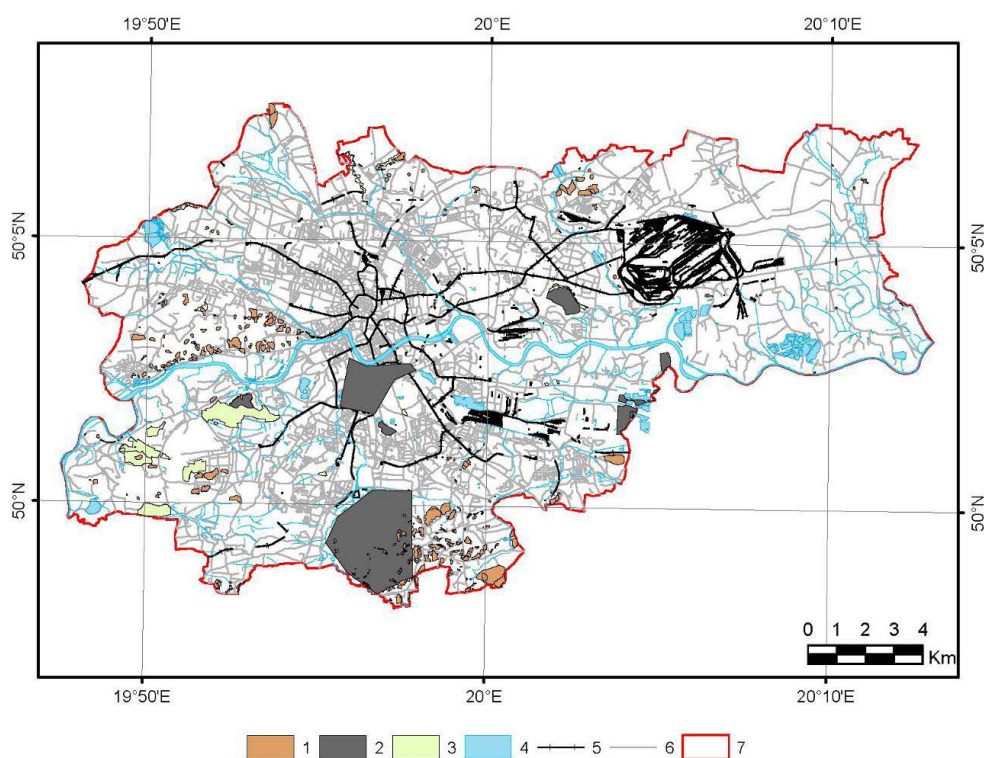
Grupa ryzyka	Czynnik	Efekt / Oddziaływanie
1	2	3
Strefy ochronne	strefy ochronne ujęć wód pitnych	wody gruntowe mogą zostać zanieczyszczone w trakcie wiercenia lub przez płyny używane w instalacji dolnego źródła GPC
	ochrona wód leczniczych	
	otwory udostępniające wody pitne/lecznicze	
	woda przemysłowa (woda mineralna, browary, przemysł chemiczny i tekstylny)	
	obszar zalewowy	
	rezerваты przyrody	region, który powinien rozwijać się niezależnie od wpływu człowieka
Geologia / hydrogeologia	tworzenie i przekształcanie minerałów, np. pęczniące skały (anhydryt, glina)	płyny używane podczas wiercenia oraz funkcjonowania instalacji GPC mogą zainicjować przemiany minerałów i doprowadzić do uszkodzenia domów i infrastruktury
	warstwa wodonośna o minimalnej miąższości i wydajności jest nieobecna	instalacja GPC w „systemie otwartym” nie jest możliwa

tab. 1 cd.

tab. 1 cont

1	2	3
Geologia/ hydrogeologia	możliwa znaczna zmiana poziomu zwierciadła wód	możliwe ruchy gruntu w wyniku zmian hydrostatycznych, powodowanych przez układy „systemu otwartego”, możliwe uszkodzenia w otoczeniu instalacji geotermalnej
	warstwa wodonośna w systemie naporowym lub artezyjska	zagrożenie erupcji wody w otworze, możliwe trudności w uszczelnieniu odwiertu
	kilka hydraulicznie oddzielonych poziomów wodonośnych	niebezpieczeństwo połączenia hydraulicznego poziomów wodonośnych (zasolenie wód słodkich)
	mineralizacja wód, np. zawartość agresywnych składników np. siarka itp.	zawartość agresywnych składników może zakłócić lub zniszczyć system eksploacyjny, możliwość zmniejszenia wydajności systemu grzewczego
	kras, pustki skalne	problemy w „systemach zamkniętych”, jeśli nie można właściwie przeprowadzić cementowania, co może utrudniać wymianę ciepła w instalacji geotermalnej
	emanacje gazów: CO ₂ , radon, metan itp.	podczas wiercenia może nastąpić nagła emanacja gazów i spowodować erupcję wody lub skał. Obecność radonu i CO ₂ to zagrożenie zdrowia podczas wiercenia, a odwiert może wytworzyć ścieżki migracyjne dla gazu. Metan to niebezpieczeństwo wybuchu
	strefy uskoków i szczelin w skałach krystalicznych	podczas wiercenia mogą wystąpić problemy geotechniczne, głównie z cementowaniem
	ruchome piaski	brak stabilności otworu
	nachylenie powierzchni ziemi – osuwiska	możliwe problemy geotechniczne ze stabilnością otworu
Inne uwarunkowania (w tym infrastrukturalne i formalno- -prawne)	istniejące instalacje geotermalne w sąsiedztwie	możliwe zmniejszenie wydajności instalacji
	wymóg korzystania z sieci ciepłowniczej	zakaz wykorzystania instalacji wykorzystujących ciepło Ziemi
	rurociągi i sieci przesyłowe	możliwość destrukcji sieci podczas wiercenia
	metro, tunel	możliwe zakłócenia w ruchu, możliwe problemy z cementowaniem
	własność publiczna	wykorzystanie energii geotermalnej może być zabronione
	koncesje górnicze	
	zakończona działalność wydobywcza oraz jej efekty w postaci pustek skalnych i wyrobisk	możliwe problemy z cementowaniem, możliwa migracja zanieczyszczeń, możliwe zanieczyszczenie wód gruntowych w wyniku prac wiertniczych
	obszary zanieczyszczone	
	stare złoża, zaniechana eksploatacja złóż	możliwa migracja zanieczyszczeń, w tym zanieczyszczenie wód gruntowych w wyniku prac wiertniczych
inne uwarunkowania/ograniczenia formalne	np. ograniczenie głębokości wiercenia dla określonych jednostek geologicznych	

Na podstawie przedstawionego powyżej zestawienia zostały zidentyfikowane elementy konfliktowości geosrodowiskowych występujące na obszarze Krakowa (rys. 1) oraz regionu Wałbrzycha (rys. 2). Wykorzystano w tym celu szereg materiałów źródłowych, m.in., seryjne mapy geologiczne i hydrogeologiczne, geologiczno-gospodarcze, geosrodowiskowe, geologiczne bazy danych i materiały archiwalne, mapy topograficzne, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, jak również inne dane pozyskane w ramach realizacji projektu GeoPLASMA-CE.

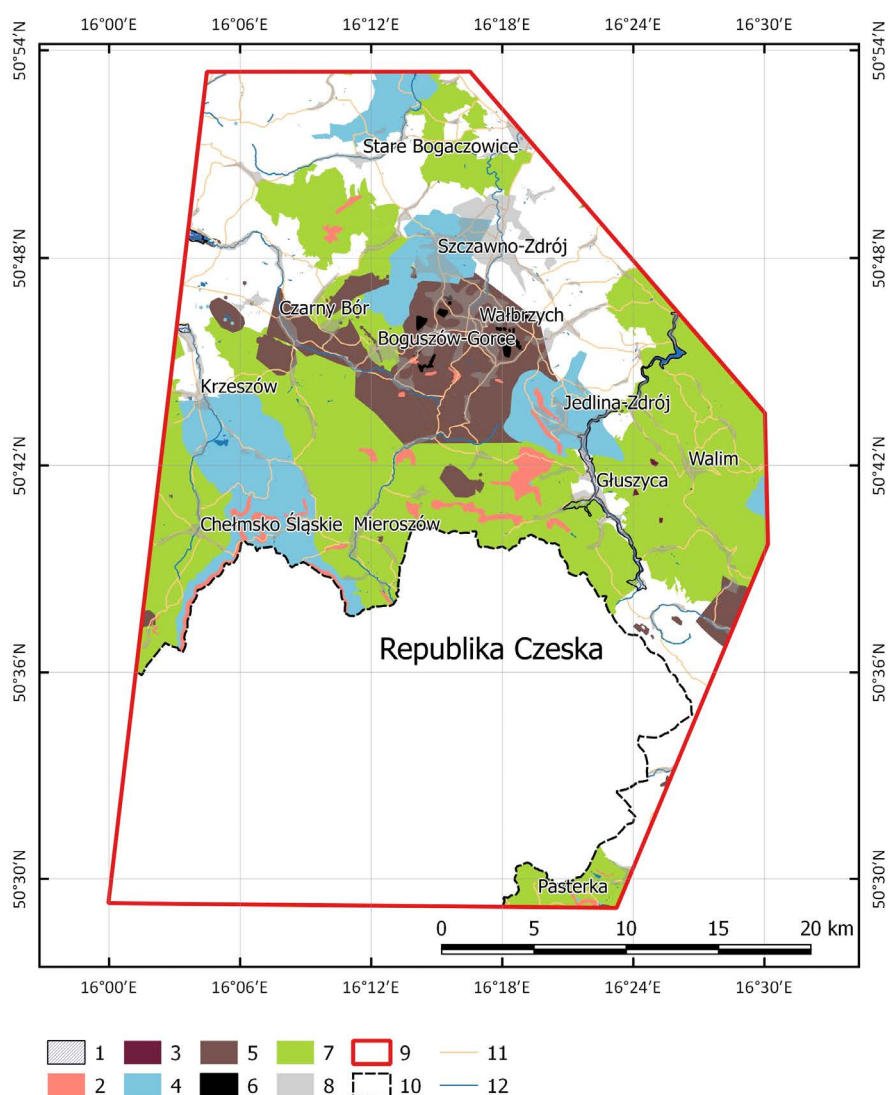


Rys. 1. Przykładowe obszary konfliktów środowiskowych dla instalacji pomp geotermalnych w rejonie Krakowa (1 – osuwiska, 2 – obszary górnicze, 3 – rezerwaty przyrody/obszary chronione, 4 – rzeki, 5 – torowiska, 6 – drogi, 7 – obszar pilotażowy Krakowa)

Fig. 1. Sample areas of environmental conflicts for the use of SGE in the region of Kraków (1 – active landslides, 2 – mining areas, 3 – natural reserves, protection areas, 4 – rivers, 5 – railroads, 6 – roads, 7 – Kraków pilot area)

Na powyższym rysunku przedstawiono przykładowe lokalizacje obszarów, po jednej z każdego typu (wg tab. 1), gdzie możliwe jest występowanie konfliktów środowiskowych dla instalacji dolnego źródła GPC w Krakowie. Takie ograniczenia obejmują strefy ochrony przyrody, w tym np.: obszar Natura 2000: Dębnicko-Tyniecki obszar łąkowy, rezerwat Skołczanka, Skawiński obszar łąkowy oraz Łąki Nowohuckie, a także: rezerwat

przyrody nieożywionej – Bonarka, rezerwat krajobrazowy – Skałki Przegorzalskie oraz Panieńskie Skały. Uwarunkowania dla lokalizacji wierceń oraz instalacji GPC w obszarze pilotażowym Krakowa mogą wynikać również z elementów związanych z budową geologiczną, w tym np. występowaniem obszarów zagrożonych osuwiskami, które to występują w rejonie: Zwierzyńca, Dębnik, Swoszowic, Prokocimia–Bieżanowa oraz na północy miasta, w rejonie Wzgórz Krzesławickich oraz Prądnika Białego (rys. 1). W rejonie miasta zlokalizowano również obszary górnicze, objęte ochroną na podstawie koncesji na prowadzenie działalności górniczej, które regulowane są zapisami PGG (Dz.U. z 2011 r. Nr 163, poz. 981). W tym zakresie zlokalizowano tutaj złoża wód leczniczych, które wy-



stępują w rejonie: Matecznego (Mateczny I – kod 7328 WL) oraz w rejonie Swoszowic (Swoszowice – kod 7333 WL). W Krakowie, na niewielką skalę, eksploatuje się również kruszywa naturalne, a obszary górnicze związane z tą działalnością występują w rejonie Brzegi–Grabie (centralna i południowo-wschodnia część Krakowa). Wyszczególnione powyżej, przykładowe rejonu występowania konfliktów środowiskowych dla instalacji GPC obejmują łącznie powierzchnię ok. 21 km², co stanowi ok. 7% powierzchni Krakowa, w jego granicach administracyjnych. Należy tutaj dodać, że nie są to jedyne czynniki, które powinny być uwzględnione na etapie lokalizacji miejsc budowy instalacji obejmujących wiercenia i wykonanie GPC. Szczegółowa inwentaryzacja oraz walidacja obszarów potencjalnych konfliktów środowiskowych w Krakowie pozwoli na wskazanie rejonów oraz dodatkowych uwarunkowań dla planowanych prac geologicznych związanych z budową instalacji GPC. Walidacja rejonów dla konkretnych lokalizacji będzie zrealizowana poprzez wykorzystanie „mapy świateł drogowych”, co pozwoli na uwzględnienie różnych uwarunkowań środowiskowych i udostępnienie dodatkowych wskazówek dotyczących sposobu postępowania w razie identyfikacji konkretnego typu ryzyka i/lub konfliktu środowiskowego, w tym konieczność uzyskania dodatkowych zezwoleń, kontakt z organami administracji geologicznej, ochrony środowiska lub innymi stosownymi podmiotami.

W rejonie Krakowa zlokalizowano również trzy główne zbiorniki wód podziemnych (Kleczkowski 1990a,b – z późniejszymi zmianami; Hajto i in. 2017), a mianowicie: zbiornik Częstochowa E (GZWP nr 326), zbiornik doliny Rzeki Wisły (GZWP nr 450) oraz zbiornik Bogucice (GZWP nr 451). Na obszarach ochronnych zbiorników wód podziemnych obowiązują zakazy, nakazy oraz ograniczenia w zakresie użytkowania gruntów lub korzystania z wody w celu ochrony zasobów tych wód, a przede wszystkim przed degradacją ich jakości



Rys. 2. Przykładowe obszary konfliktów środowiskowych dla instalacji geotermalnych pomp ciepła w rejonie Wałbrzycha (1 – obszary dolinne zagrożone podtopieniami; 2 – obszary predysponowane do występowania ruchów masowych; 3 – infrastruktura podziemna – podziemne „miasta” z czasów II wojny światowej; 4 – strefy ochrony wód, w tym: strefy ochrony bezpośredniej ujęcia wody, strefy ochrony pośredniej ujęcia wody, obszary i tereny górnicze eksploatacji wód leczniczych, mineralnych i termalnych, granice złoża wód leczniczych, mineralnych i termalnych, strefa ochronna „A+B+C” uzdrowiska, granica Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (nr 342); 5 – obszary związane z górnictwem, w tym: czynne kopalnie odkrywkowe, nieczynne kopalnie odkrywkowe; czynne kopalnie głębinowe, nieczynne kopalnie głębinowe, udokumentowane złoża, haldy; 6 – obszary nielegalnej eksploatacji węgla kamiennego tzw. „biedaszyby”; 7 – obszary ochrony przyrody (narodowe parki krajobrazowe i rezerваты), NATURA 2000; 8 – obszary zabudowane; 9 – granica obszaru pilotażowego; 10 – granica Państwa; 11 – drogi; 12 – rzeki)

Fig. 2. Examples of areas of environmental conflicts for the installation of geothermal heat pumps in the Wałbrzych region (1 – Valley areas threatened by floods; 2 – Areas predisposed to occur of mass movements; 3 – Underground infrastructure – underground “cities” from the IIW; 4 – Water protection zones, including: direct water intake protection zones, intermediate water protection zones, mining areas and areas for the exploitation of curative, mineral and thermal waters, boundaries of curative, mineral and thermal water, protection zone “A+B+C” of the spa, boundary of the Main Underground Water Reservoir (No – 342); 5 – Areas related to mining, including: active opencast mines, closed opencast mines, active deep mines, inactive deep mines, documented deposits, heaps; 6 – Areas of illegal exploitation of hard coal; 7 – Nature protection areas (national, landscape parks and natural reserves), NATURA 2000; 8 – Built – up areas; 9 – Border of the pilot area; 10 – State border; 11 – Roads; 12 – Rivers)

(stanu chemicznego), które wynikają m.in. z Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW 2000). Ograniczenia te mogą mieć również wpływ na możliwości budowy instalacji geotermalnych pomp ciepła, realizowanych w systemie otwartym woda–woda (ang. WSHP).

Obszar pilotażowy Wałbrzycha charakteryzuje się odmiennymi uwarunkowaniami środowiskowymi, wynikającymi głównie z innego charakteru zagospodarowania terenu, obejmującego rejonów zarówno miejskie, jak i wiejskie. Ważnym czynnikiem jest fakt, że na dużej części tego obszaru od dziesięcioleci prowadzona była działalność górnicza Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego (Kozdrój i in. 2017). Przykładowe obszary konfliktów środowiskowych dla instalacji geotermalnych pomp ciepła w rejonie Wałbrzycha przedstawiono na rysunku 2.

Zebrane dane obrazujące konflikty geosrodowiskowe dla regionu Wałbrzycha wskazują, że jedynie dla ok. 1/4 powierzchni tego obszaru nie zostały zidentyfikowane żadne przeciwwskazania lub ograniczenia dla montażu GPC. Obszary o takim statusie będą zaznaczone na przygotowywanej finalnej mapie konfliktowości typu „światła drogowych” kolorem zielonym. Tereny, dla których przewiduje się pełny zakaz montażu GPC, oznaczone na tej mapie kolorem czerwonym, będą obejmowały: ściśle rezerwy przyrody, obszary objęte osuwiskami, strefy ochrony bezpośredniej i pośredniej ujęcia wód podziemnych, rejonów eksploatacji wód leczniczych, mineralnych i termalnych, uzdrowiskowe strefy ochronne „A”, udokumentowane złoża surowców z kopalniami odkrywkowymi oraz obszary nielegalnej eksploatacji węgla kamiennego tzw. biedaszyby. Pozostałe obszary, zaznaczone kolorem żółtym, zostaną zakwalifikowane jako tereny objęte uwarunkowaniami w zakresie wykorzystania GPC. Instalacja GPC dla tych lokalizacji będzie możliwa po uzyskaniu zgody ze strony organu administracji geologicznej. W wystosowanej do inwestora decyzji powinien znaleźć się opis zidentyfikowanych dla danej lokalizacji ryzyk i konfliktów geosrodowiskowych oraz sposobu postępowania w przypadku zaistnienia niekorzystnych zdarzeń mogących mieć wpływ na prawidłowe wykonanie otworów wiertniczych dla GPC. Przykładowo, takim zdarzeniem może być natrafienie na terenie górnicznym na stare, nieprawidłowo zlikwidowane wyrobisko dawnej kopalni węgla kamiennego i możliwą, niekontrolowaną ucieczkę płuczki wiertniczej lub płynnego, betonowego uszczelniacza dla otworowego wymiennika ciepła.

Ze wstępnej analizy obszarów konfliktowości dla rejonu Wałbrzycha wynika, że z uwagi na duży zasięg parków krajobrazowych, obszarów chronionego krajobrazu i NATURA 2000, stref ochrony wód oraz terenów górnicznych Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego znacząca część obszaru pilotażowego Wałbrzycha będzie zakwalifikowana do obszarów o warunkowej dopuszczalności zastosowań GPC systemów zamkniętych. Z uwagi na górski charakter tego obszaru i nieduże wydajności wód podziemnych uzyskiwane z przypowierzchniowych utworów czwartorzędowych, technologia GPC systemów otwartych nie jest zalecana dla tego obszaru i nie będzie brana pod uwagę przy opracowaniu map konfliktowości.

WNIOSKI

Proces postępowania związany z wyborem lokalizacji dla instalacji GPC, a następnie spełnieniem formalnej procedury legalizacyjnej określonej m.in. przez Prawo geologiczne i górnicze (PGG) i inne ustawy, wymaga, zarówno od inwestora, firmy wykonującej odwierty jak i reprezentantów lokalnej administracji geologicznej, odpowiedniej wiedzy na temat geologii i hydrogeologii podłoża skalnego, jak również znajomości innych, potencjalnych konfliktów i ryzyk geosrodowiskowych mających wpływ na podjęcie prawidłowych decyzji. Ważne jest też, aby na etapie projektowania urządzeń do pozyskiwania ciepła Ziemi uwzględnić indywidualne potrzeby użytkownika oraz wymagania wynikające z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, na którym planowana jest inwestycja. Spełnieniu tych potrzeb będą służyć pilotażowe, specjalistyczne mapy konfliktowości wykonane dla rejonów Krakowa i Wałbrzycha w ramach projektu GeoPLASMA-CE, które spotkały się z zainteresowaniem tamtejszych organów administracji geologicznej. Mapy te zostaną upowszechnione poprzez dedykowane portale internetowe projektu, z możliwością interaktywnego pozyskiwania potrzebnych informacji i tworzeniem odpowiednich raportów. Przewiduje się, że podobne mapy, w oparciu o wypracowane wzorce będą tworzone także dla innych miast i regionów w Polsce i Europie.

Artykuł został opracowany w ramach projektu GeoPLASMA-CE (CE-177) z wykorzystaniem środków finansowych: EFRR CP Interreg Central Europe, dotacji dla PIG-PIB nr: 58.8904.1601.03.0, grantu statutowego MNiSW dla PIG-PIB nr: 61.8904.1601.03.0, dotacji dla AGH nr: 04.04.140.70290 oraz środków badań statutowych Katedry Surowców Energetycznych, Akademii Górniczo-Hutniczej: 11.11.140.031. Prezentowana publikacja odzwierciedla poglądy tylko ich autorów i władze programu Interreg CE nie ponoszą odpowiedzialności za jakiegokolwiek ich dalsze wykorzystanie, które może być podjęte na podstawie zawartych w niej informacji.

LITERATURA

- Banks, D. 2012. *An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling*. 2nd Edition, Wiley-Blackwell.
- Dz.U. 2011, Nr 163, poz. 981 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze.
- German Geological Society E.V. (DGGV) and German Geotechnical Society E.V. (DGGT) (Editors), 2016. *Shallow Geothermal Systems: Recommendations on Design, Construction, Operation and Monitoring*. First Edition. Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.
- Görz i in. 2017a – Görz, I., Hofmann, K., Götzl, G., Riedel, P., Steiner, C., Černák, R., Fricovsky, B., Janža, M., Hajto, M., Ciapala, B., Krentz, O., Gabriel, P., Kampe, F., Franek, J., Mydlowski, A. i Hajto M. 2017a. *Harmonized workflows for urban areas*. Deliverable D.T2.3.2 of the GeoPLASMA-CE project (Interreg-ce).
- Görz i in. 2017b – Görz, I., Hofmann, K., Götzl, G., Riedel, P., Steiner, C., Černák, R., Fricovsky, B., Janža, M., Krentz, O., Gabriel, P., Kampe, F., Franek, J., Mydlowski, A. i Hajto, M. 2017b. *Harmonized workflows for non-urban areas*. Deliverable D.T2.3.3 of the GeoPLASMA-CE project (Interreg-ce).

- Görz i in. 2018 – Görz, I., Hofmann, K., Götzl, G., Riedel, P., Steiner, C., Černák, R., Fricovsky, B., Janža, M., Krentz, O., Gabriel, P., Kampe, F., Franek, J., Mydlowski, A. i Hajto, M. 2018. *Extract from: Evaluated guidelines on harmonized workflows and methods for urban and non-urban areas*. Deliverable D.T2.3.4 of the GeoPLASMA-CE project (Interreg-ce).
- Hajto i in. 2017 – Hajto, M., Ciapała, B., Mitan, K., Lachman, P., Starnowska, M., Smuczyńska, M., Koczorowski, J. i Tetlak, T. 2017. *Quantitative report on the data inventory and concepts of field measurements at the pilot area: Kraków*. Deliverable D.T3.1.1 of the GeoPLASMA-CE project (Interreg-ce).
- Kleczkowski, A.S. 1990a. *Objaśnienia mapy obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000*. IHiGI AGH, Kraków.
- Kleczkowski A.S. red. 1990b. *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000*. IHiGI AGH, Kraków.
- Kozdrój i in. 2017 – Kozdrój, W., Ihnatowicz, A., Zawistowski, K., Mydlowski, A., Ziółkowska-Kozdrój, M., Kłonowski, M., Holeček, J., Tasáryová, Z., Lojka, R., Čáp, P., Grundloch, J. i Řihošek, J. 2017. *Quantitative report on the data inventory and concepts of field measurements at the pilot area: Wałbrzych / Broumov (PL-CZ)*. Deliverable D.T3.1.1 of the GeoPLASMA-CE project (Interreg-ce).
- Łoginow, K. 2017. *SMOGLAB.PL. Problem, który Kraków może przekuć w sukces* [Online] <https://smoglab.pl/problem-ktory-krakow-moze-przekuc-sukces/> [Dostęp: 1.06.2018].
- Łoginow, K. 2017. *SMOGLAB.PL. Ile budynków w Krakowie można podłączyć do miejskiej sieci ciepłowniczej?* [Online] <https://smoglab.pl/budynkow-krakowie-mozna-podlaczyz-miejskiej-sieci-cieplowniczej-zainteresowanie-podlaczeniem-sie-miejskiej-sieci-slabe> [Dostęp: 1.06.2018].
- MPEC 2017 – Plan rozwoju MPEC S.A. w Krakowie w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na ciepło. Plan wieloletni na lata 2017–2023. Kraków.
- RDW 2000 — Dyrektywa 2000/60/WE. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z 23 października 2000 r., ustalająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz. Urzędowy UE L 327/1, z dn. 22.12.2000) (Ramowa Dyrektywa Wodna). Bruksela.
- Stępień, P. red. 2015. *Zbiorczy Planu Gospodarki Niskoemisyjnej na lata 2014–2020 z perspektywą do 2030 r. dla 15 gmin Aglomeracji Wałbrzyskiej wraz z przeprowadzeniem konsultacji społecznych planu oraz promocją prowadzonych działań*. Atmoterm. Wałbrzych.
- WHO 2018 – WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (aktualizacja 2018). [Online] <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/content/454533/who-global-urban-ambient-air-pollution-database-update-2018> [Dostęp: 1.06.2018].
- Zastrzeżyńska i in. 2014 – Zastrzeżyńska, J., Jaruszowiec, M., Czełuśniak, M., Kuzior, N. i Sukiennik, A. 2014. *Program Ograniczenia Niskiej Emisji Dla Miasta Wałbrzycha – projekt*. PROJECT ECO, Wałbrzych.

IDENTIFICATION OF CONFLICTS AND ENVIRONMENTAL SENSITIVITIES RELATED TO THE USE OF SHALLOW GEOTHERMAL HEAT ON THE EXAMPLE OF KRAKÓW AND WAŁBRZYCH AGGLOMERATION: THE GEOPLASMA-CE INTERNATIONAL PROJECT (INTERREG-CE)

ABSTRACT

The article presents a partial results of the work carried out within the framework of the project entitled “Shallow Geothermal Energy Planning, Assessment and Mapping Strategies in Central Europe – GeoPLASMA-CE” carried out in 2016–2019, by 11 partners from 6 countries, within the framework of the INTERREG Central Europe 2014–2020 international cooperation program. The project concerns various aspects of the use of shallow geothermal both for heating and cooling purposes in urban and non-urban areas in 6 selected pilot areas: Vogtland-Western Bohemia (borderland D-CZ), Wałbrzych-Broumov (borderland PL-CZ), and the following cities: Kraków, Vienna, Bratislava and Ljubljana. As the results of the cooperation of geological surveys, universities, NGOs, local government administration units and private companies, maps of geothermal potential, as well as new sustainable management strategies of shallow geothermal resources will be developed. One of the elements of the pilot activities is the risk assessment related to the use of geothermal/ground source heat pumps, both for open and closed loop systems, specific environmental conditions, including: geogenic, hydrogeological and anthropogenic issues. These conditions are of a diverse nature, that occur on the one hand, in densely populated urban areas, as Kraków, with well developed underground infrastructure, and on the other, in rural areas, where environmental constraints are related to, for example, extensive mining areas, degraded as a result of the former hard coal mining, as is the case in the Wałbrzych pilot area. Identification of the above hazards, initial assessment of their significance and visualization in the form of a “traffic light map” will allow information on the possibility of installing a geothermal heat pump in a given location to be obtained (by category: allowed installation, with restrictions, not allowed) for a selected open and/or closed loop systems. In addition, the thematic layers drawn up will indicate the existence and allow for the specification of other threats/conflicts related to, for example, the specificity of land development (resulting from the Local Spatial Development Plans), the location of protected areas (ground waters), underground infrastructure, landslides, etc. Identification of the above elements and gathering information in one place (on the internet platform) will facilitate both the individuals and the experts future planning of investments in the field of geothermal heat pump installations.

KEYWORDS

Shallow geothermal, geothermal heat pumps, environmental constraints, Interreg-CE

