

Aspekty środowiskowe wykorzystania geotermii niskotemperaturowej

dr Maciej Kłonowski

Państwowy Instytut Geologiczny -
Państwowy Instytut Badawczy



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



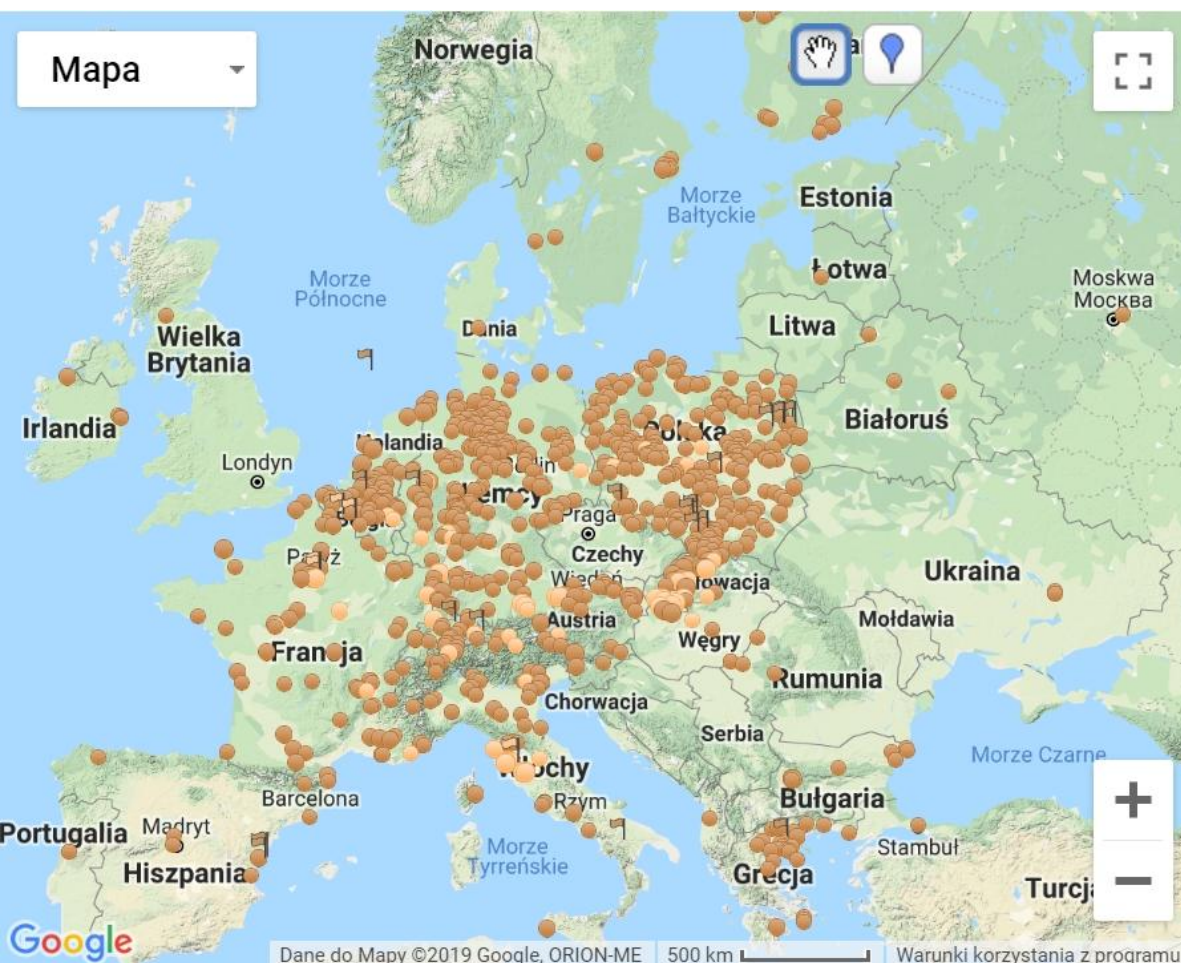
Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



Plan prezentacji

- Wstęp
- Regulacje prawne UE i krajowe w kontekście zagrożeń środowiskowych;
- Typy instalacji geotermii niskotemperaturowej i zasada ich działania;
- Przykłady zagrożeń środowiskowych i środków zapobiegawczych;
- Dobre praktyki;
- Podsumowanie.

Repowermap – 72 357 przykładów na mapie, www.repowermap.org



Technologie

- | | |
|---|--|
| ☐ Instalacje fotowoltaiczne | ☐ Biogaz |
| ☐ Kolektory słoneczne | ☐ Energia biomasy leśnej |
| ☒ Geotermalne pompy ciepła | ☐ Inne instalacje bioenergetyczne |
| ☐ Powietrzne i wodne pompy ciepła | ☐ Energia wodna |
| ☒ Inne instalacje geotermalne | ☐ Energia pływów morskich |
| ☐ Budynek efektywny energetycznie | ☐ Energia wiatrowa |

Kategorie

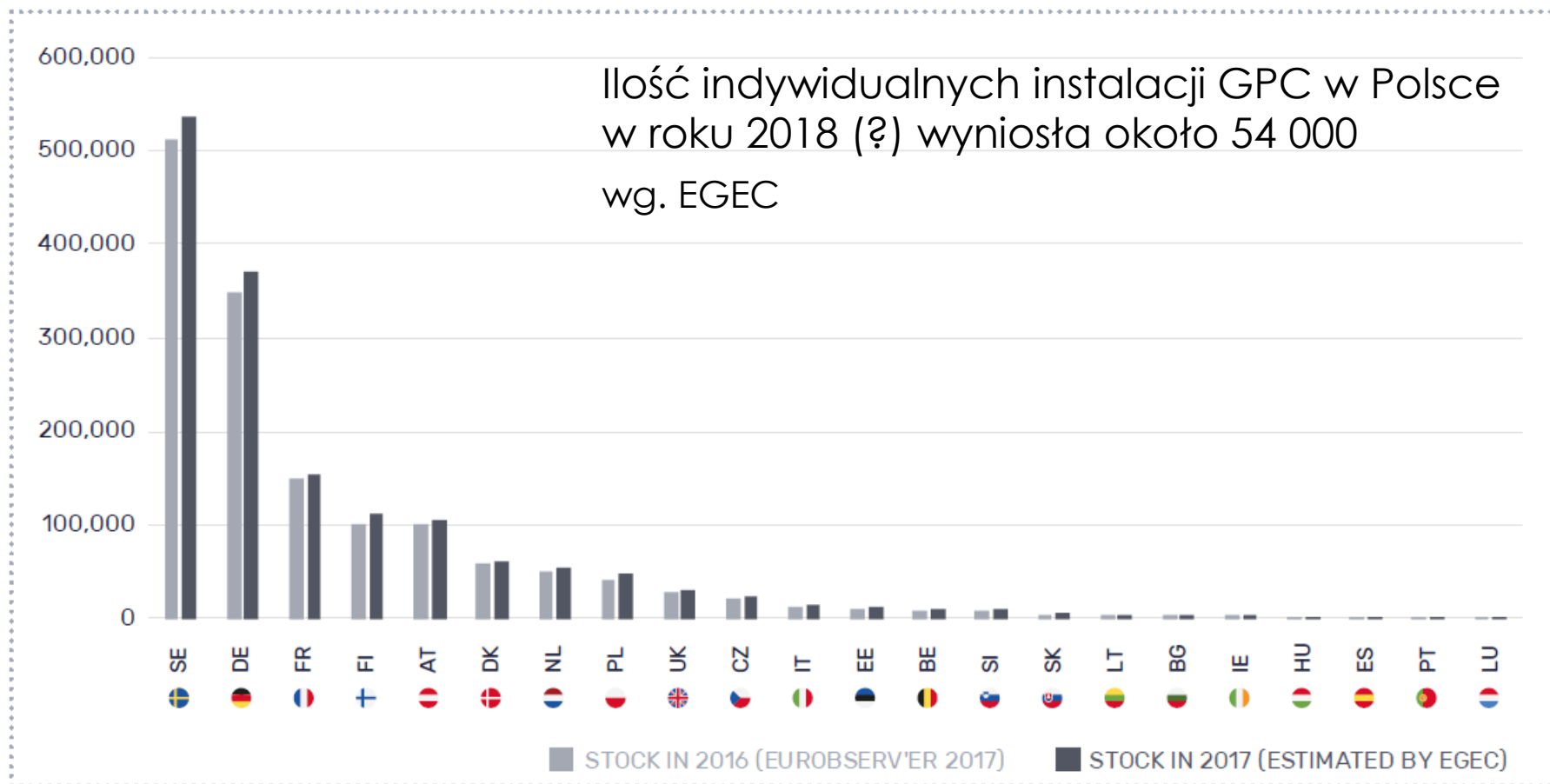
- | | |
|--|---|
| ☒ Istniejące lokalizacje | ☐ Wydarzenia |
| ☒ Planowane projekty | ☐ Organizacje energetyczne |
| ☐ Dostawcy usług | ☐ Gminy energetyczne |
| ☐ Regiony energetyczne | |

Słowo kluczowe

Firma

Uaktualnij mapę

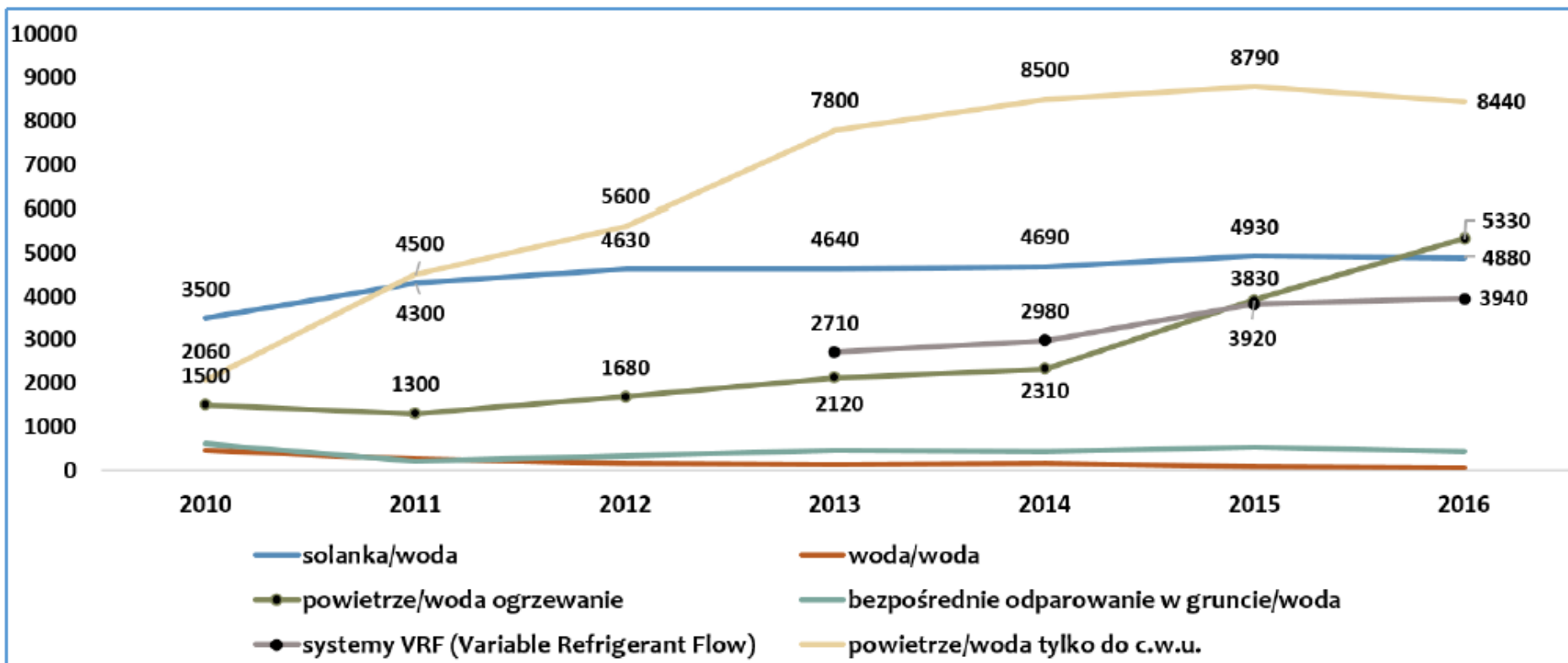
Ilość zainstalowanych jednostek geotermalnych pomp ciepła w UE



wg. EGECE Geothermal Market Report 2017, www.egcec.org

Rynek pomp ciepła w Polsce 2010-2016

Ilość sprzedanych jednostek/rok



wg. Raport rynkowy PORT PC 2017

Regulacje prawne UE

- Prawodawstwo UE reguluje wyłącznie najbardziej istotne zagadnienia związane z geotermią niskotemperaturową;
- Ze względu na **pobór i zrzut wód podziemnych** w UE istnieją szczegółowe regulacje środowiskowe odnoszące się do **systemów otwartych**;
- Instalacja i użytkowanie **systemów zamkniętych** w dużej części regulowane są przez przepisy krajowe państw członkowskich UE ze względu na mniejszy stopień zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Wybrane dyrektywy UE

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, tzw. **Ramowa Dyrektywa Wodna**;
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/118/WE z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie **ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu**;
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie **promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych**, tzw. dyrektywa **OZE**;
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie **efektywności energetycznej**.

Definicje – zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną UE:

Zanieczyszczenie, art. 2, pkt 33:

Zanieczyszczenie oznacza bezpośrednie lub pośrednie wprowadzenie, na skutek działalności człowieka, substancji lub **ciepła** do powietrza, **wody** lub **ziemi**, które mogą być szkodliwe dla zdrowia ludzkiego lub jakości **ekosystemów wodnych** lub **ekosystemów lądowych bezpośrednio zależnych od ekosystemów wodnych**, czego rezultatem są szkody materialne, lub które ogranicza lub zakłóca udogodnienia lub prawnie uzasadnione użytkowanie środowiska.

Definicje – zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną UE:

Substancja zanieczyszczająca, art. 2, pkt 31:

Substancja zanieczyszczająca oznacza **każdą substancję** mogącą **spowodować zanieczyszczenie**, szczególnie te wymienione w załączniku VIII

Załącznik VIII nie wymienia ciepła jako substancji zanieczyszczającej

Polskie regulacje prawne:

Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze* (PGiG)
(tekst jednolity: Dz. U. z 2019 r., poz. 868)

Art. 79.

1. Prace geologiczne z zastosowaniem robót geologicznych mogą być wykonywane tylko na podstawie **projektu robót geologicznych** (PRG).
2. Projekt robót geologicznych określa w szczególności:
 - 5) **przedsięwzięcia konieczne ze względu na ochronę środowiska, w tym wód podziemnych, sposób likwidacji wyrobisk, otworów wiertniczych, rekultywacji gruntów, a także czynności mające na celu zapobieżenie szkodom powstałym wskutek wykonywania zamierzonych robót.**
3. Minister właściwy do spraw środowiska określi, w drodze rozporządzenia, szczegółowe wymagania dotyczące projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji, **kierując się potrzebami ochrony środowiska**, zapewnienia należytego rozpoznania geologicznego oraz wymagań w zakresie bezpieczeństwa.

Ustawa PGiG

Art. 80.

1. PRG, których wykonywanie nie wymaga uzyskania koncesji, zatwierdza organ administracji geologicznej, w drodze decyzji.

7. Organ administracji geologicznej **odmawia zatwierdzenia projektu robót geologicznych**, jeżeli:
 - 1) projektowane roboty geologiczne **naruszałyby wymagania ochrony środowiska**.

Ustawa PGiG

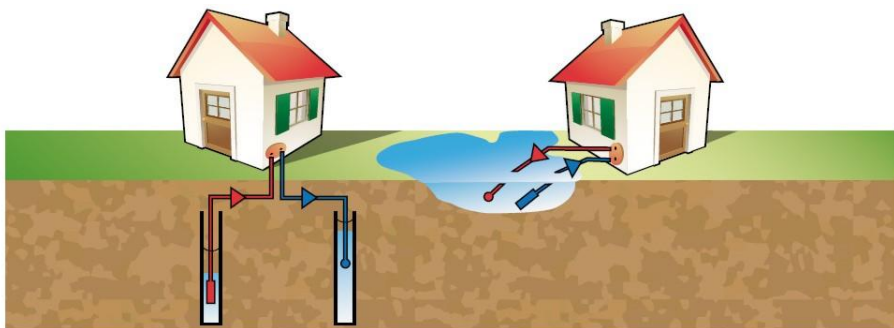
Art. 85.

1. PRG nie wymaga zatwierdzenia, jeżeli roboty geologiczne obejmują:
 - 1) wiercenia w celu **wykorzystania ciepła Ziemi**;
2. PRG podlega zgłoszeniu staroście.
3. Rozpoczęcie robót geologicznych może nastąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia przedłożenia projektu robót geologicznych starosta, w drodze decyzji, nie zgłosi do niego sprzeciwu. Starosta może zgłosić sprzeciw, jeżeli:
 - 1) **sposób wykonywania zamierzonych robót geologicznych zagraża środowisku**;
 - 2) projekt robót geologicznych nie odpowiada wymaganiom prawa.

Instalacje niskotemperaturowej energii geotermalnej:

- System otwarty (woda/woda) – studnia eksploatacyjna i studnia chłonna
- System zamknięty (solanka/woda) – gruntowe pompy ciepła (GPC):
wymyennik poziomy i wymiennik pionowy
- Podziemne magazynowanie energii cieplnej: UTES, ATES, BTES

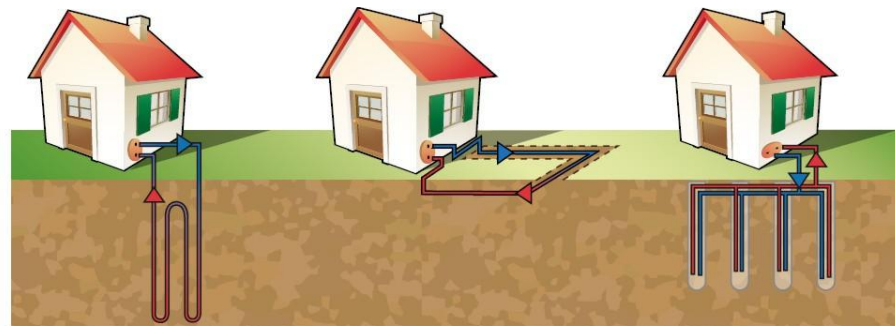
system otwarty



2 studnie

zrzut do wód
powierzchniowych

system zamknięty



pionowy

poziomy

termopale

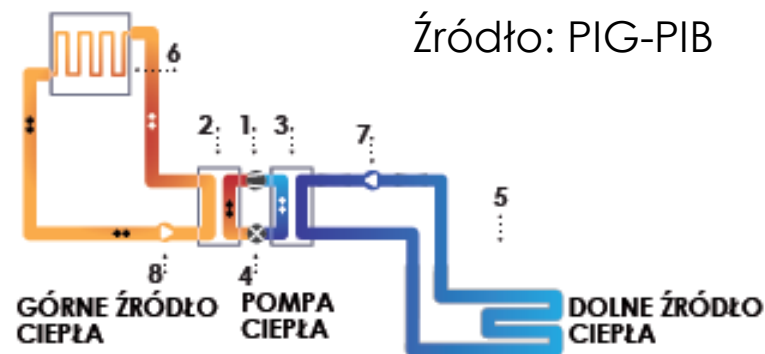
Źródło: Iter Project <http://iter-geo.eu/>

COP - COEFFICIENT OF PERFORMANCE



COP - Stosunek pomiędzy mocą grzewczą pompy ciepła a niezbędną do napędu sprężarki mocą elektryczną. Zwykle w danych technicznych jest on podawany zgodnie z normą EN 255 dla parametrów 0 °C temperatury na wejściu do pompy ciepła z dolnego źródła i 35 °C na zasilaniu systemu grzewczego.

SCHEMAT INSTALACJI GPC GEOTERMALNYCH POMP CIEPŁA



- 1 - sprężarka 2 - skraplacz 3 - parownik
- 4 - zawór rozprężający 5 - dolne źródło ciepła
- 6 - górne źródło ciepła
- 7 - pompa cyrkulacyjna dolnego źródła ciepła
- 8 - pompa obiegowa instalacji c.o. i c.w.u.

COP (coefficient of performance) – współczynnik sprawności pompy

$$COP = \frac{Q}{Q_e}$$

Q – moc grzewcza pompy (energii cieplna oddana)

Q_e – ilość energii elektrycznej dostarczonej

Typowe problemy geośrodowiskowe związane z systemem otwartym:

- osiadanie gruntu na skutek eksploatacji wody;
- wypiętrzanie gruntu na skutek zrzutu wody do górotworu;
- podtopienia na skutek zrzutu wody do górotworu;
- piaszczenie filtra i instalacji na skutek złego doboru obsypki i filtra;
- degazacja na skutek wzrostu temperatury wody spowodowanego zrzutem;
- wytrącanie minerałów żelaza, manganu i wapnia w filtrze, strefie; okołowfiltrowej, studni i instalacji PC;
- kolmatacja studni;
- korozja filtra, studni i instalacji.

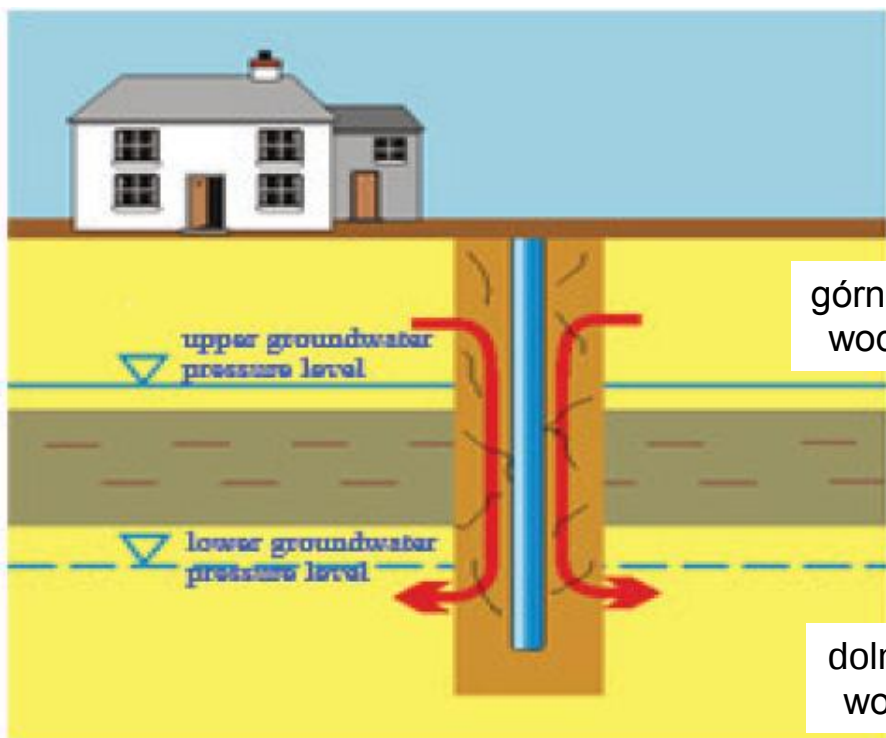


Zagrożenia związane z wierceniem, warunkami hydrogeologicznymi, geotechnicznymi, zanieczyszczeniem

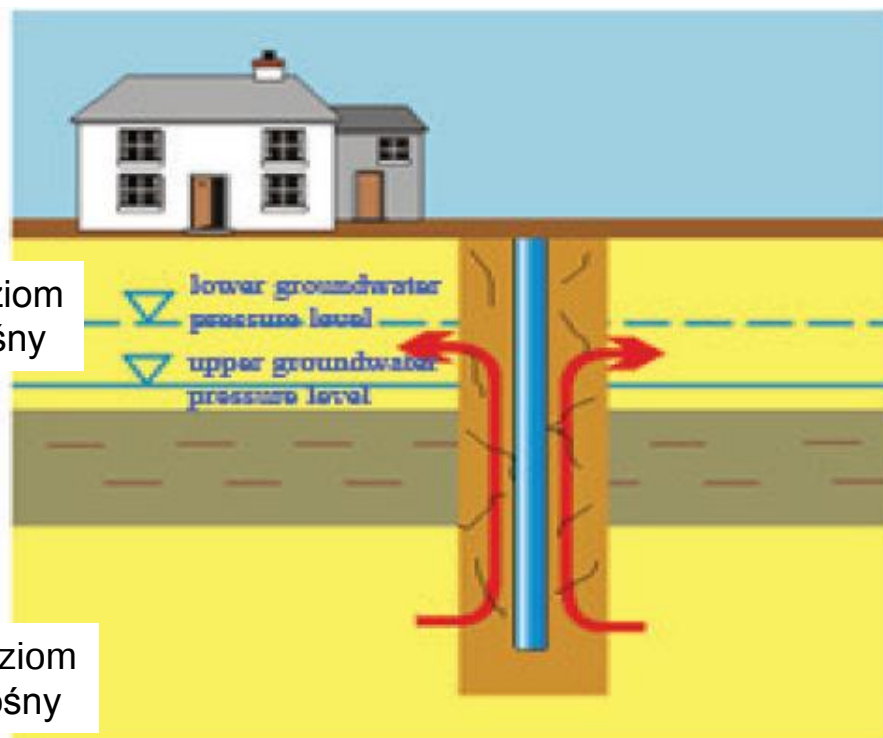
- wiercenie w poziomach naporowych i artezyjskich oraz właściwa izolacja poziomów wodonośnych;
- emanacja i migracja gazów (np. dwutlenku węgla, metanu, radonu) z głębszych partii górotworu wzdłuż otworu wiertniczego;
- wiercenie w ewaporytach – wypiętrzanie powierzchni terenu;
- wiercenie w skałach krasowych – osiadanie powierzchni terenu;
- przemarzanie gruntów (np. na skutek nieprawidłowej optymalizacji instalacji) prowadzące do zmiany ich parametrów geotechnicznych oraz destabilizacji (spękanie) uszczelnienia i całego otworu;
- wiercenie w gruntach i wodach zanieczyszczonych i mobilizacja zanieczyszczeń;
- hałas.

Zagrożenia związane z warunkami hydrogeologicznymi

Brak uszczelnienia, uszczelnienie niepoprawne lub spękanie umożliwiają różnych połączenie poziomów wodonośnych



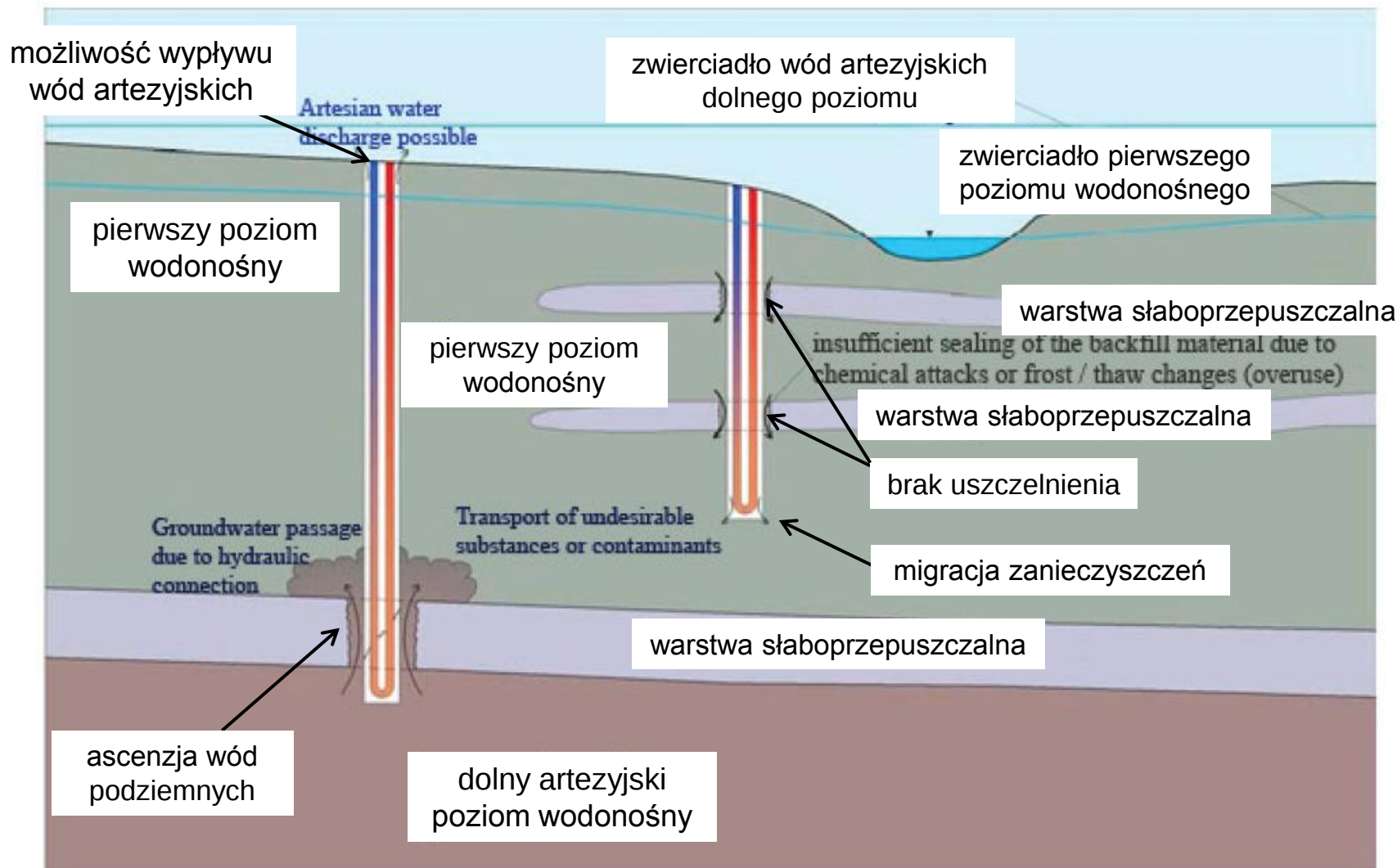
nadmierna eksploatacja dolnego poziomu i przepływ wód podziemnych



ascenzja wód podziemnych z dolnego naporowego poziomu wodonośnego

Źródło: Kompetenz Zentrum Wasser Berlin

Zagrożenia związane z warunkami hydrogeologicznymi



Źródło: Kompetenz Zentrum Wasser Berlin

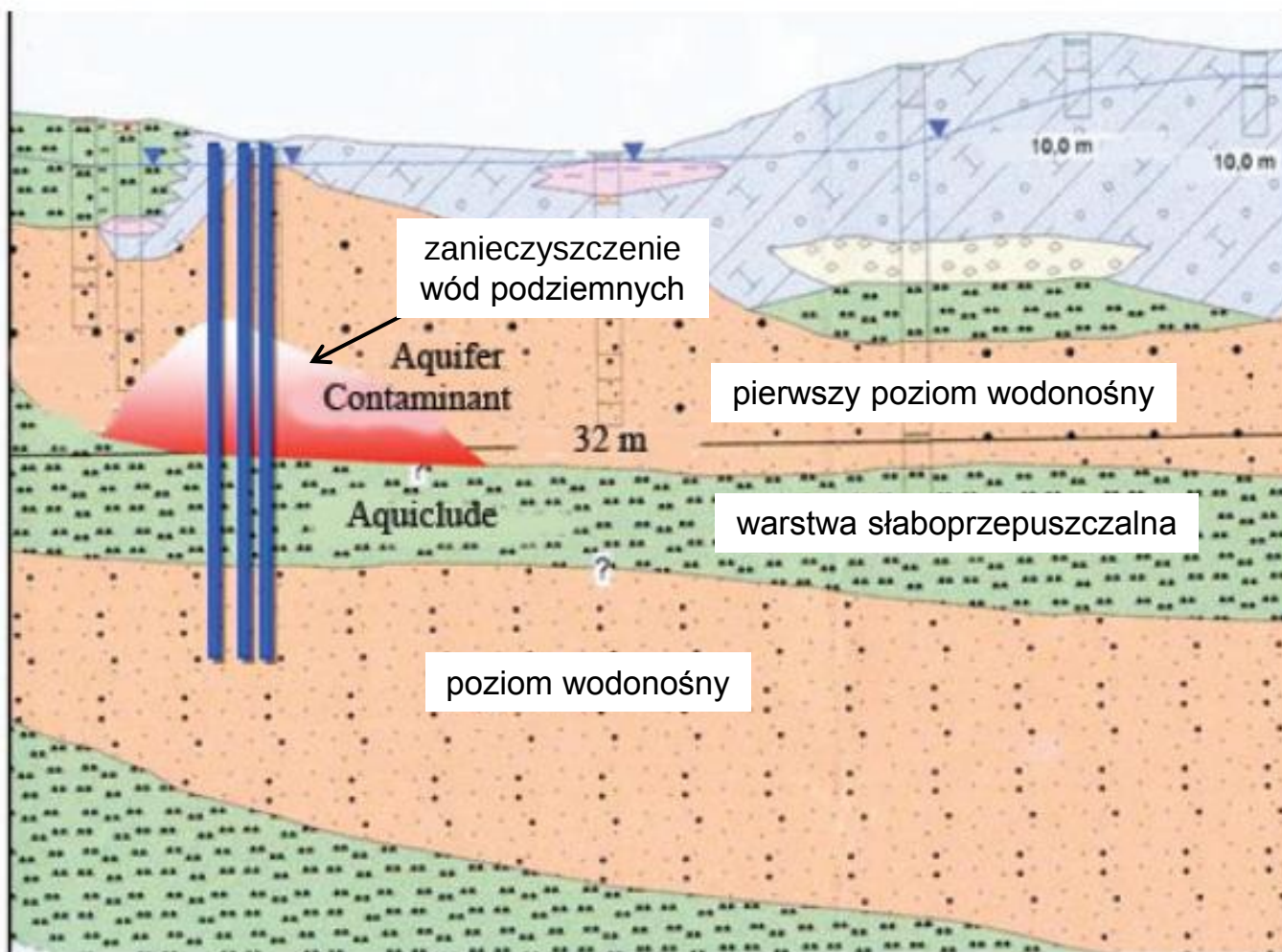
Minimalne wymagania masy wypełniającej (cementacji)

Parametr	Wartość
współczynnik filtracji (przepuszczalności)	$<10^{-9}$ [m/s]
współczynnik przewodzenia ciepła	$>0,8$ [W/m·K]
gęstość	$>1\ 250$ [kg/m ³]
wytrzymałość na ściskanie	$>2,5$ [N/mm ²] po 28 dniach
mrozoodporność	-10°C
odporność na korozję	XA2
odstój wody po 24 godzinach	<2 %
brak składników szkodliwych dla wód podziemnych i środowiska	

Źródło: Lachman i in. 2013



Zagrożenia związane z zanieczyszczeniem wód podziemnych i gruntów



Źródło: Kompetenz Zentrum Wasser Berlin

Instalacja GPC i wiercenie w ewaporytach – przykład Staufen

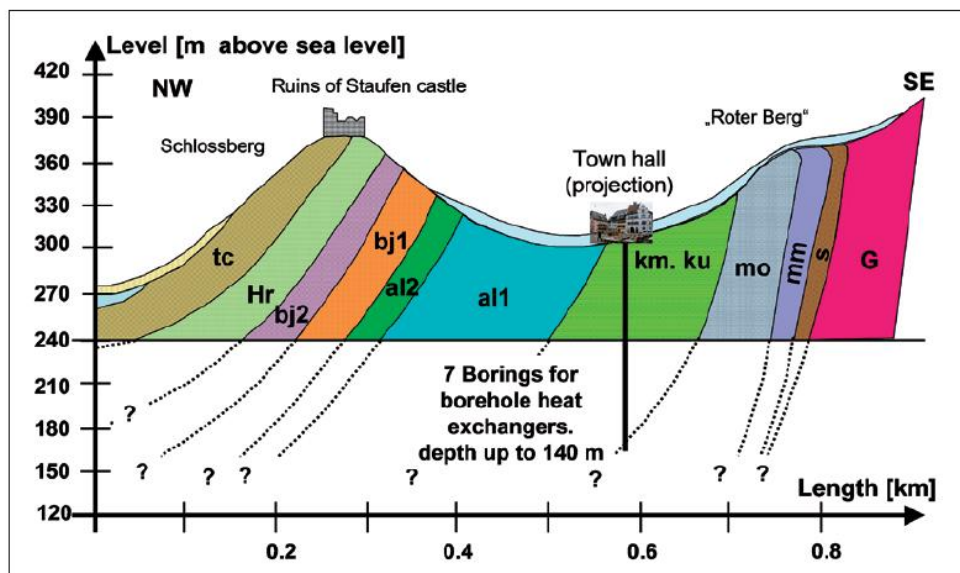
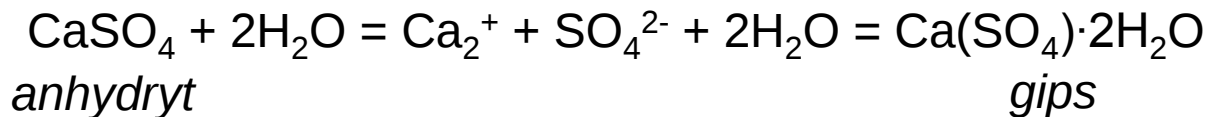


Fig. 7: Geological cross section NW-SE (modified after Schreiner, A. 1991, cited in: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 2005).

tc = Tertiary conglomerate, Hr = Hauptrogenstein, bj2 = Bajocian 2, bj1 = Bajocian 1, al2 = Aalenian 2, al1 = Aalenian 1: Opalinus clay, km = Middle Keuper, ku = Lower Keuper, mo = Upper Muschelkalk, mm = Middle Muschelkalk, s = Buntsandstein, G = Granite.

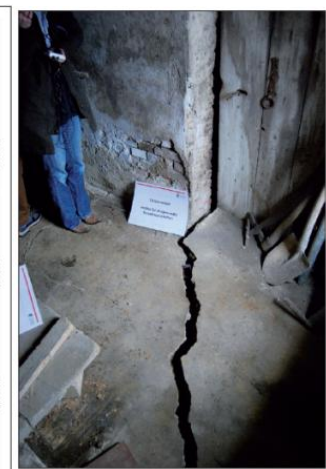
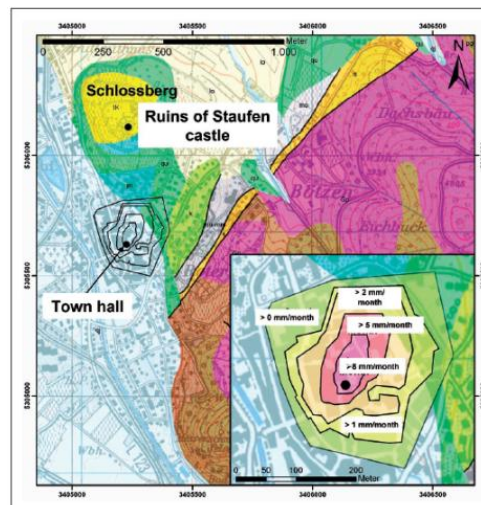


Fig. 3: Tension crack in a baseplate, building Jägergasse, distance to the well field approx. 70 m to the northeast, March 2009 (Photo: U. Burbaum).

Źródło: Sas & Burbaum 2010

Zagrożenia związane z przypadkowymi wyciekami

- zanieczyszczenie płuczką;
- zanieczyszczenie czynnikiem roboczym – tzw. solanką:
 - ✓ glikol etylenowy, toksyczny, biodegradowalny;
 - ✓ glikol propylenowy: niska toksyczność, biodegradowalny;
 - ✓ etanol: niska toksyczność, biodegradowalny.
 - ✓ woda: nietoksyczna (niestosowana w Polsce)

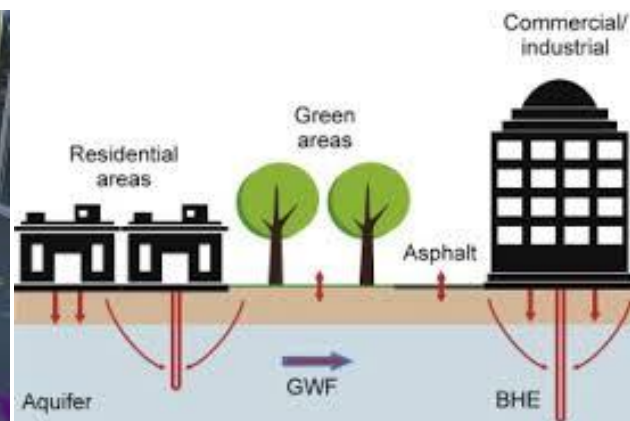
Szczelna i bezpieczna instalacja



Źródło: Internet

Inne zagrożenia

- infrastruktura podziemna w środowisku miejskim;
- miejskie wyspy ciepła;
- migracja plam ciepła i interakcje pomiędzy instalacjami;
- przechłodzenie górotworu i powstanie leja temperaturowego – system zamknięty, zmiany kriogeniczne górotworu;
- ryzyko mikrobiologiczne.



Źródło: Internet

Minimalne odległości pomiędzy otworem, a granicą działki, elementami infrastruktury i drzewami:

- od granicy sąsiedniej posesji 3,0 m;
- od fundamentów budynku 1,5 m;
- od instalacji wodnej i kanalizacyjnej 1,5 m;
- od instalacji elektrycznych, gazowych, ciepłowniczych i telekomunikacyjnych 1,5 m;
- od korony drzew o głębokich korzeniach 1,5 m.

Źródło: Lachman i in. 2013

<http://www.transgeotherm.eu/>



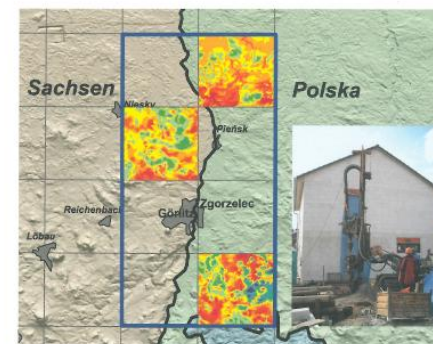
TransGeoTherm
Energia geotermalna dla transgranicznego rozwoju regionu Nysy – Projekt pilotażowy

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



Broszura informacyjna na temat
stosowania płytkiej geotermii



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



geoportal.pgi.gov.pl/geosam



powiaty@pgi.gov.pl



www.pgi.gov.pl/geothermal4pl.html



INSTRUKCJA SZKOLENIOWA GEOTRAINET

DLA

**WIERTACZY PŁYTKICH SYSTEMÓW
GEOTERMALNYCH**



Geo-edukacja dla rynku zrównoważonego ogrzewania i chłodzenia
geotermalnego

Projekt: IEE/07/581/S12.499061



**Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy**



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



INSTRUKCJA SZKOLENIOWA GEOTRAINET DLA PROJEKTANTÓW PŁYTKICH SYSTEMÓW GEOTERMALNYCH



Geo-edukacja dla rynku zrównoważonego ogrzewania i chłodzenia
geotermalnego

Projekt: IEE/07/581/S12.499061

www.geotrainet.eu



geoportal.pgi.gov.pl/geosam



powiaty@pgi.gov.pl



www.pgi.gov.pl/geothermal4pl.html

Geoenergetyka

**Informacje geologiczne dotyczące
instalacji geoenergetycznych -
Podsumowanie**

Mikael Erlström, Claes Mellqvist, Gerhard
Schwarz, Mattias Gustafsson & Peter Dahlqvist

Raport SGU 2016:16



SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden



**Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy**



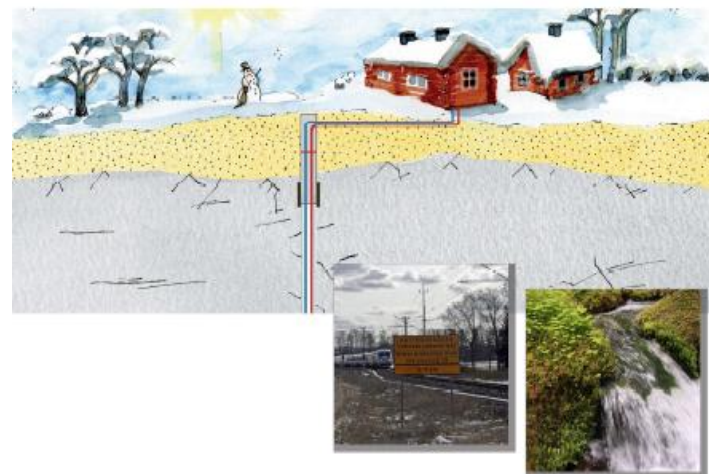
Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



Normbrunn -16

WYTYCZNE DO WIERCENIA STUDNI

Gruztusen 2016



SGU
Sveriges geologiska undersökning



geoportal.pgi.gov.pl/geosam



powiaty@pgi.gov.pl



www.pgi.gov.pl/geothermal4pl.html

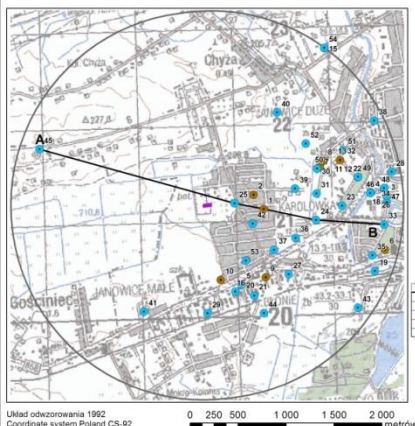
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Załącznik 6.1
Appendix 6.1



Mapa dokumentacyjna
Documentation map



Otwory wiertnicze - bazy danych CBDG i CDBH

Boreholes - Central Geological and Central Hydrogeological Databases

- CBDG (CGD) 45 - numer otworu (pole OBJECTID w tabeli)
- CDBH (CHD) 45 - borehole number (item OBJECTID in table)

A—B Linia przekroju geologicznego
Line of geological cross-section

■ Teren inwestycyjny MIESZKANIE+
Investment area MIESZKANIE+

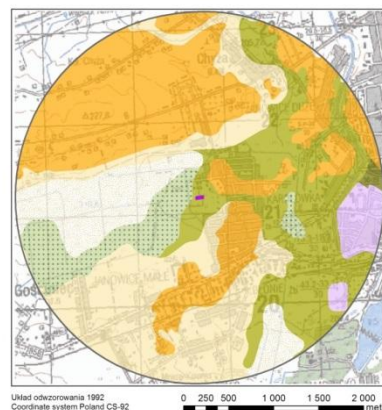
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Załącznik 6.2
Appendix 6.2



Powierzchniowa mapa geologiczna
Superficial geological map



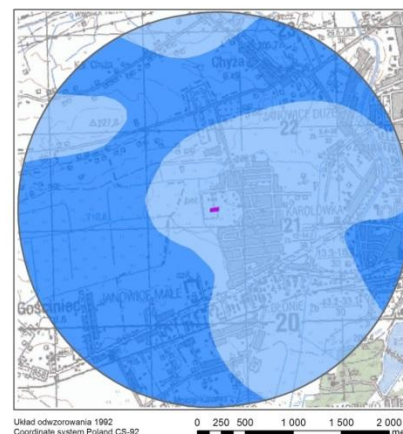
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Załącznik 6.3
Appendix 6.3



Mapa hydrogeologiczna (MHP) i geośrodowiskowa (MGŚP)
Hydrogeological and geo-environmental map



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



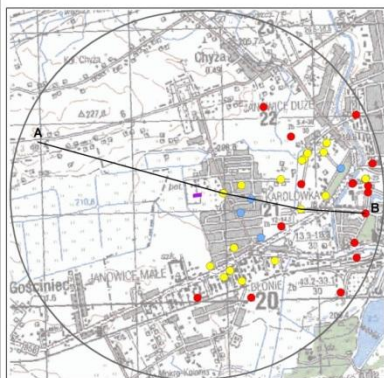
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Załącznik 6.4
Appendix 6.4

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Wartości średnie współczynnika przewodzenia ciepła gruntu (λ) na głębokości 40 m

Average values of thermal conductivity coefficient (λ) at the depth of 40 m



Wartości współczynnika λ
w otworach wiertniczych

- 0,89 - 1,51
- 1,51 - 1,92
- 1,92 - 2,22

A—B Linia przekroju geologicznego
Line of geological cross-section

■ Teren inwestycyjny MIESZKANIE+
MIESZKANIE+ investment area

□ Obszar badań
Research area

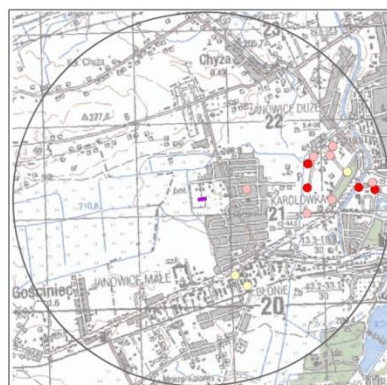
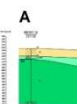
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Załącznik 6.5
Appendix 6.5

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Wartości średnie współczynnika przewodzenia ciepła gruntu (λ) na głębokości 70 m

Average values of thermal conductivity coefficient (λ) at the depth of 70 m



Wartości współczynnika λ
w otworach wiertniczych

- 1,59 - 1,89
- 1,89 - 2,09
- 2,09 - 2,22

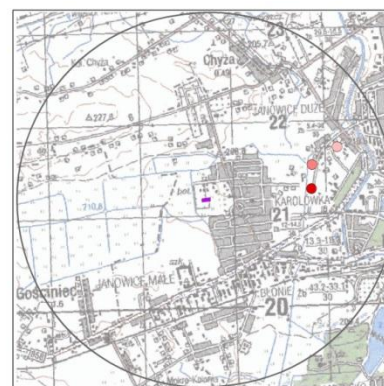
**POTENCJAŁ GEOTERMALNY OBSZARÓW WYZNACZONYCH DO REALIZACJI INWESTYCJI
W RAMACH PROGRAMU "MIESZKANIE +" (ZAMOŚĆ)**

Załącznik 6.6
Appendix 6.6

Geothermal potential for selected areas of MIESZKANIE+ investment program

Wartości średnie współczynnika przewodzenia ciepła gruntu (λ) na głębokości 100 m

Average values of thermal conductivity coefficient (λ) at the depth of 100 m



Wartości współczynnika λ
w otworach wiertniczych

- 2,13
- 2,13 - 2,20
- 2,20 - 2,22

■ Teren inwestycyjny MIESZKANIE+
MIESZKANIE+ investment area

□ Obszar badań
Research area

Liczba otworów - 3
Amount of boreholes



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

GeoPLASMA-CE portal.geoplasma-ce.eu

GEOPLASMA-CE WEB-PORTAL



STRONA GŁÓWNA SŁOWNIK WEB GIS ▼ PLATFORMA WIEDZY STRONA INTERNETOWA PROJEKTU



GeoPLASMA-CE

Płytki energia geotermalna w rejonie Europy Środkowej

Vogtland / W-Bohemia

Walbrzych / Broumov

Krakow

Vienna

Bratislava

Ljubljana



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

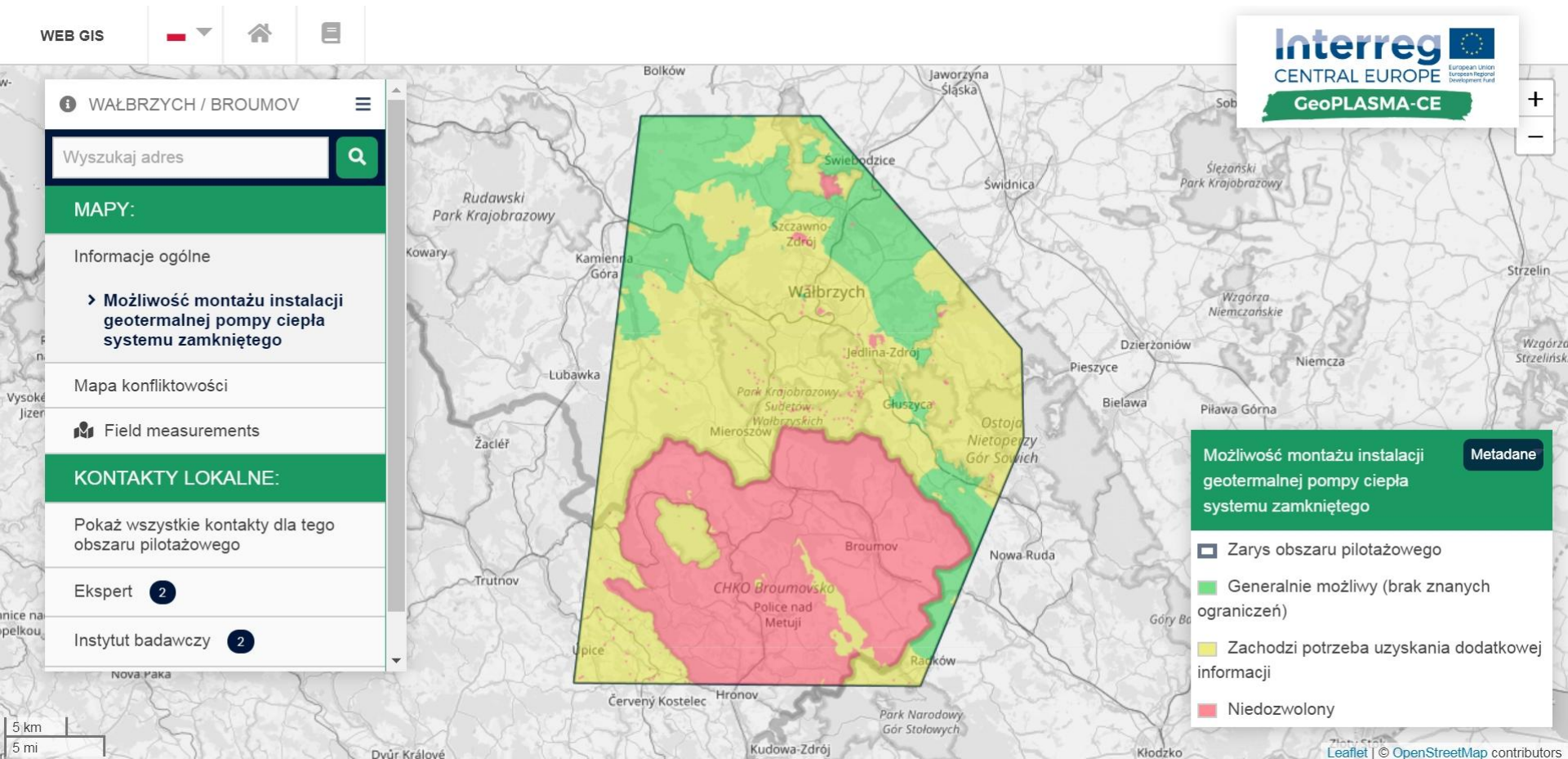


geoportal.pgi.gov.pl/geosam

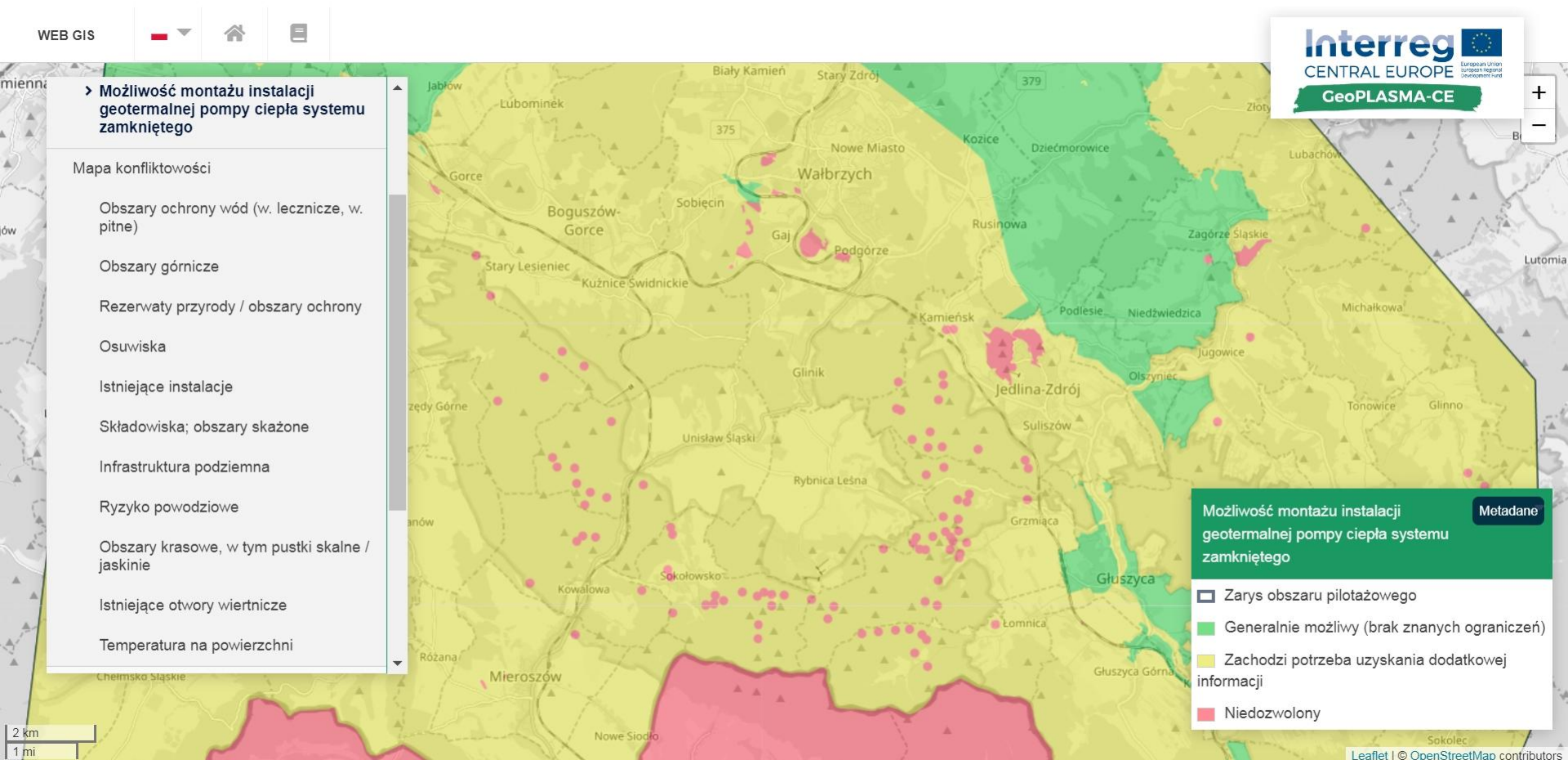


powiaty@pgi.gov.pl

GeoPLASMA-CE – mapy konfliktowości portal.geoplasma-ce.eu



GeoPLASMA-CE – mapy konfliktowości portal.geoplasma-ce.eu



Podsumowanie

- wzrost liczby otworów pod GPC zwiększył zapotrzebowanie na dostęp do fachowej informacji nt. technologii i wymagań dla różnych typów instalacji geotermii niskotemperaturowej oraz danych geologicznych i środowiskowych;
- konieczne jest odpowiednie zrozumienie i interpretacja regulacji prawnych oraz ujednolicenie tzw. dobrych praktyk, w kontekście GPC – technologii wiercenia, działania instalacji i aspektów środowiskowych;
- w kontekście PRG organy administracji geologicznej muszą zwracać szczególną uwagę na analizę możliwości wystąpienia ryzyka i zagrożeń geologicznych oraz ich konsekwencje;
- większość zagrożeń związanych jest z wierceniem i izolacją poziomów wodonośnych, szczególnie naporowych, oraz prawidłową eksploatacją instalacji GPC;
- dobre praktyki powinny zawierać wskazówki co do zakresu i sposobu monitoringu środowiskowego i technicznego instalacji geotermii niskotemperaturowej.

Dziękuję za uwagę

Aspekty środowiskowe wykorzystania geotermii niskotemperaturowej

dr Maciej Kłonowski

e-mail: maciej.klonowski@pgi.gov.pl

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



geoportal.pgi.gov.pl/geosam



powiaty@pgi.gov.pl