Forum Innowacyjności

CIEPŁO ZIEMI:
„Geotermia niskotemperaturowa – innowacyjne rozwiązania, kierunki rozwoju”

dr Wiesław Kozdrój, Grzegorz Ryżyński:
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

XII FORUM INNOWACYJNOŚCI: „Klimat wobec wyzwań XXI wieku”, 17.12.2021
Rola geologii w energetyce niskoemisyjnej i magazynowaniu energii

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Forum Innowacyjności

GEOTERMIA NISKOTEMPERATUROWA

TECHNOLOGIA I INNOWACJE

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

GEOTERMIA NISKOTEMPERATUROWA - DEFINICJA

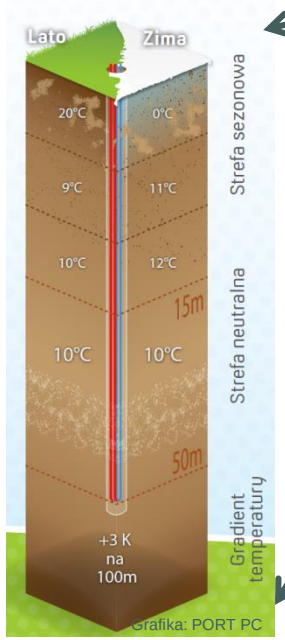
GRUNTOWE POMPY CIEPŁA = GEOTERMALNE POMPY CIEPŁA (GPC)

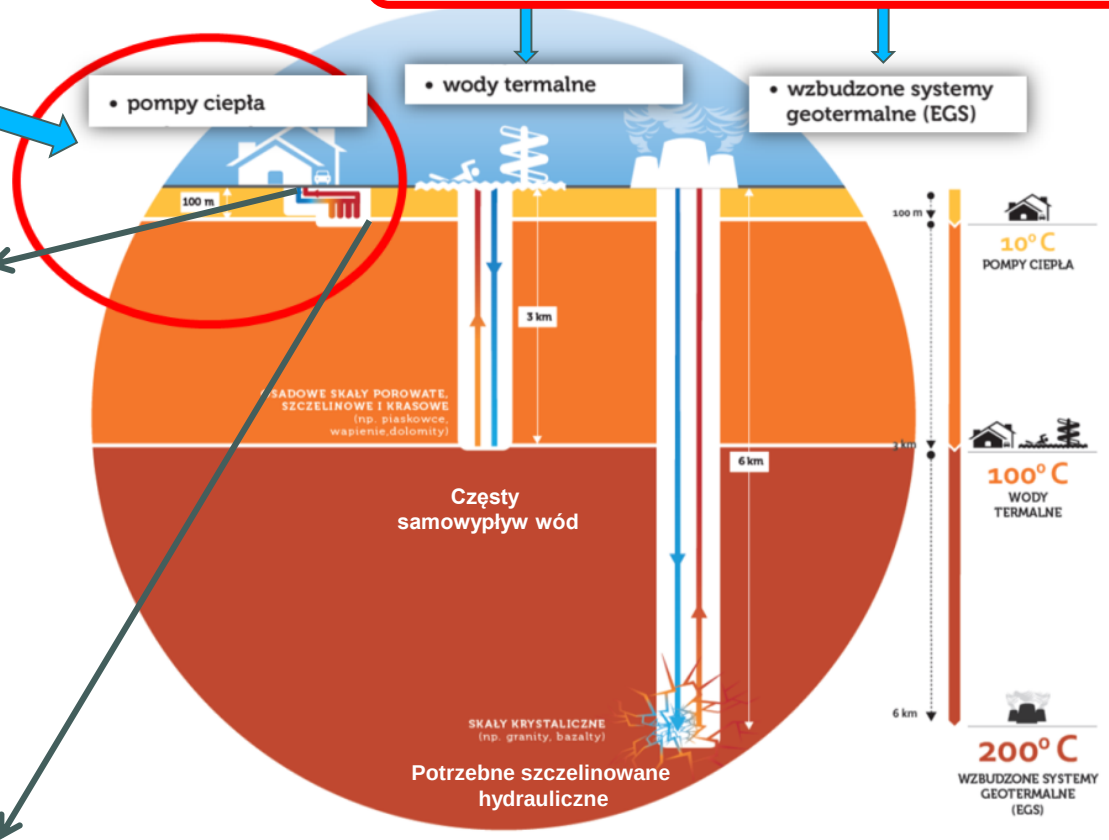
Forum Innowacyjności

Geotermia ŚREDNIO-TEMPERATUROWA + Geotermia WYSOKO-TEMPERATUROWA = **Geotermia GŁĘBOKA**

Geotermia NISKO-TEMPERATUROWA = potocznie **Geotermia PŁYTKA**

- Geotermia płytka to ODNAWIALNE ŹRÓDŁO ENERGII
- Geotermalne/gruntowe pompy ciepła (GPC) wykorzystują naturalne ciepło podpowierzchniowych warstw podłoża skalnego lub wód podziemnych
- W strefie neutralnej skały mają stałą temperaturę ok. 10st.C., a poniżej tej strefy ich temperatura wzrasta zgodnie z lokalnym stopniem geotermicznym





TECHNOLOGIA DZIAŁANIA GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA
SCHEMAT PODSTAWOWY – GRZEWCZY

Forum Innowacyjności

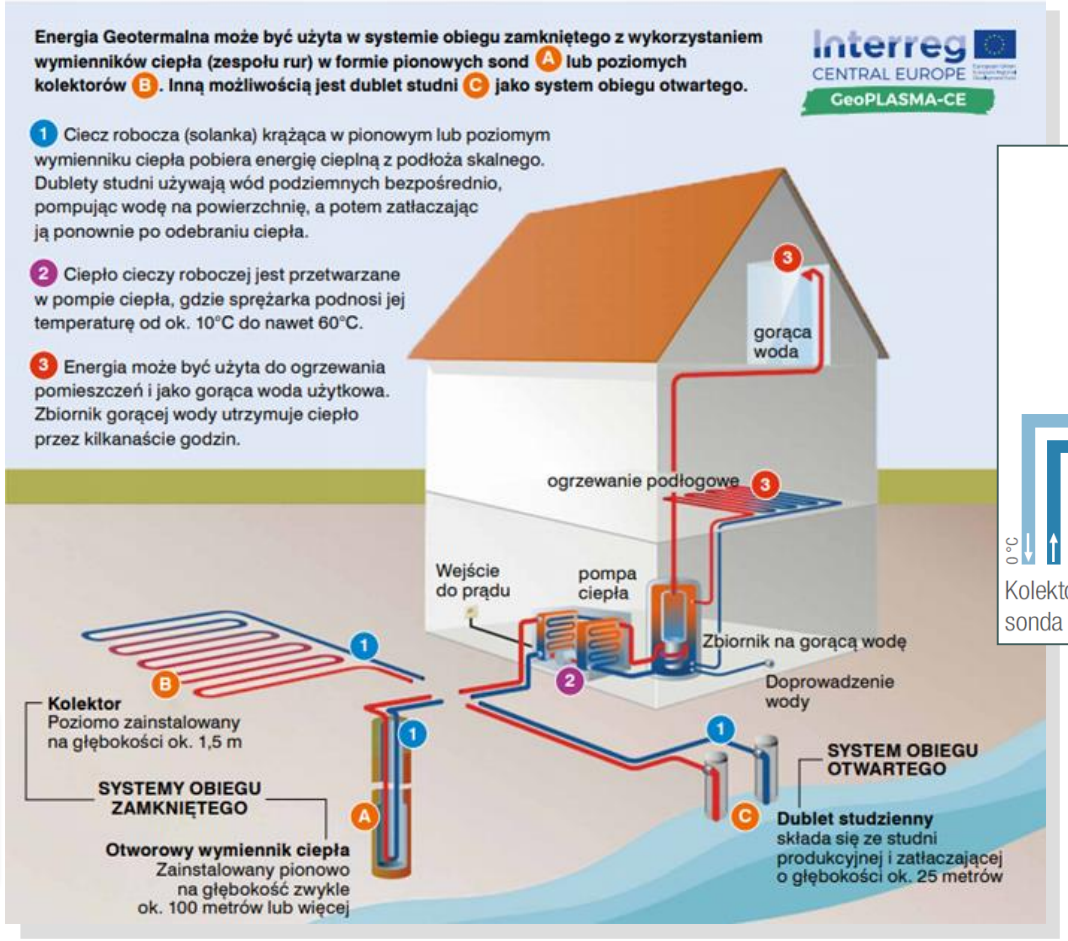
Geotermalne pompy ciepła, w zależności od typu dolnego źródła ciepła (= gruntowego wymiennika ciepła) dzielą się na:

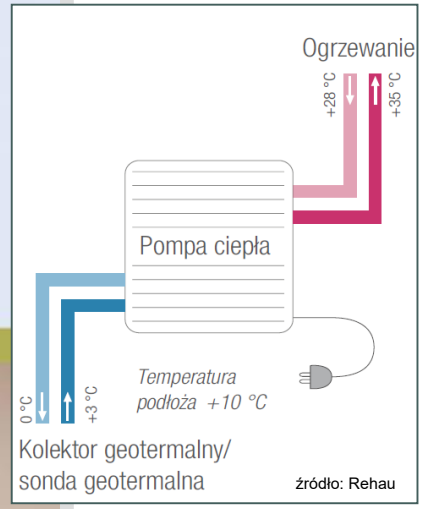
- Systemy obiegu zamkniętego (tzw. solanka/woda), w tym:
  - sondy pionowe (= otworowe wymienniki ciepła) i
  - kolektory poziome oraz
- Systemy obiegu otwartego (tzw. woda/woda)

Miarą energetycznej wydajności GPC jest tzw. współczynnik efektywności - COP (*coefficient of performance*), który jest stosunkiem ilości wyprodukowanej energii cieplnej do ilości energii (elektrycznej, gazowej) zużytej do napędu pompy ciepła

COP dla najnowszych modeli GPC osiąga 4,5 i więcej (wskaźnik ten jest zazwyczaj wyższy dla gruntowych niż dla powietrznych pomp ciepła)

Energia cieplna pobrana przez GPC z ośrodka skalnego jest sukcesywnie regenerowana poprzez dopływ ciepła ze skał położonych głębiej. Zasoby tej energii, przy zrównoważonej pracy GPC są praktycznie niewyczerpalne.



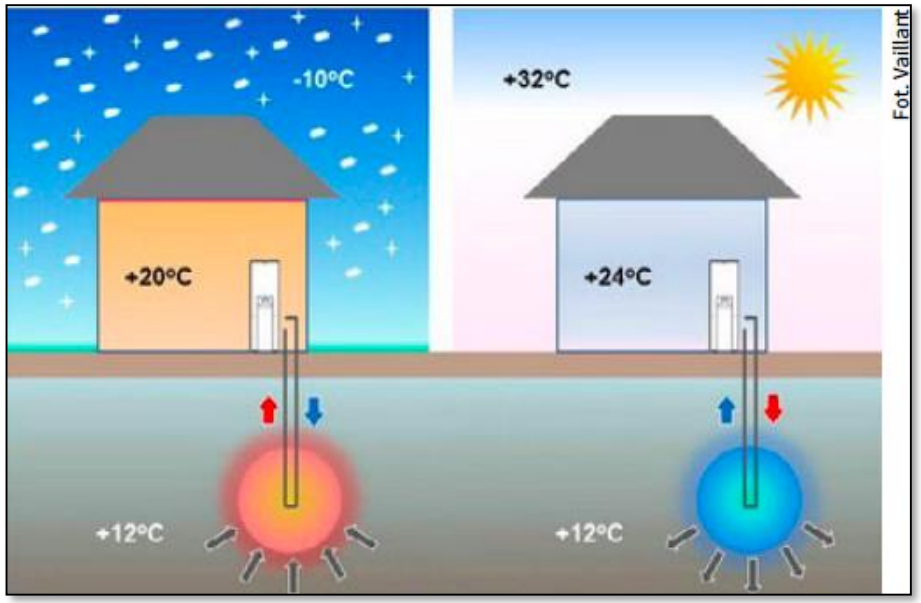


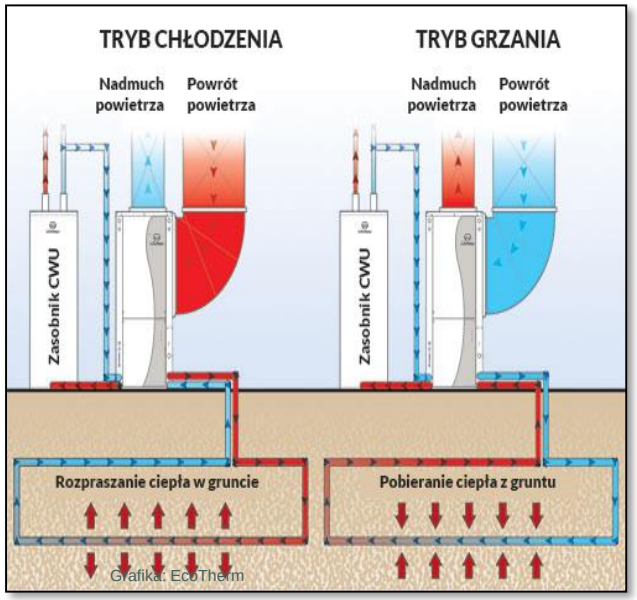
TECHNOLOGIA DZIAŁANIA GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA TYPU INWERSYJNEGO
TRYB CHŁODZENIA AKTYWNEGO I PASYWNEGO

Forum Innowacyjności

- Zmiana trybu GPC polega na automatycznym odwróceniu obiegu cieczy roboczej w otworowym wymienniku ciepła i przestawieniu trybu (kierunku) działania pompy sprężarkowej
- Tryb chłodzenia może mieć charakter aktywny (z wykorzystaniem sprężarki) lub pasywny (tylko z wykorzystaniem pompy obiegowej, tzw. *passive cooling)*
- Podczas pracy GPC w trybie chłodzenia zachodzi proces regeneracji i magazynowania ciepła w ośrodku skalnym, które zostanie wykorzystane w następnym sezonie grzewczym. Nadmiar ciepła usuwany z budynku może być również spożytkowany na podgrzanie ciepłej wody użytkowej (CWU)

Nowoczesne GPC typu INWERSYJNEGO umożliwiają ogrzewanie pomieszczeń zimą i chłodzenie ich latem





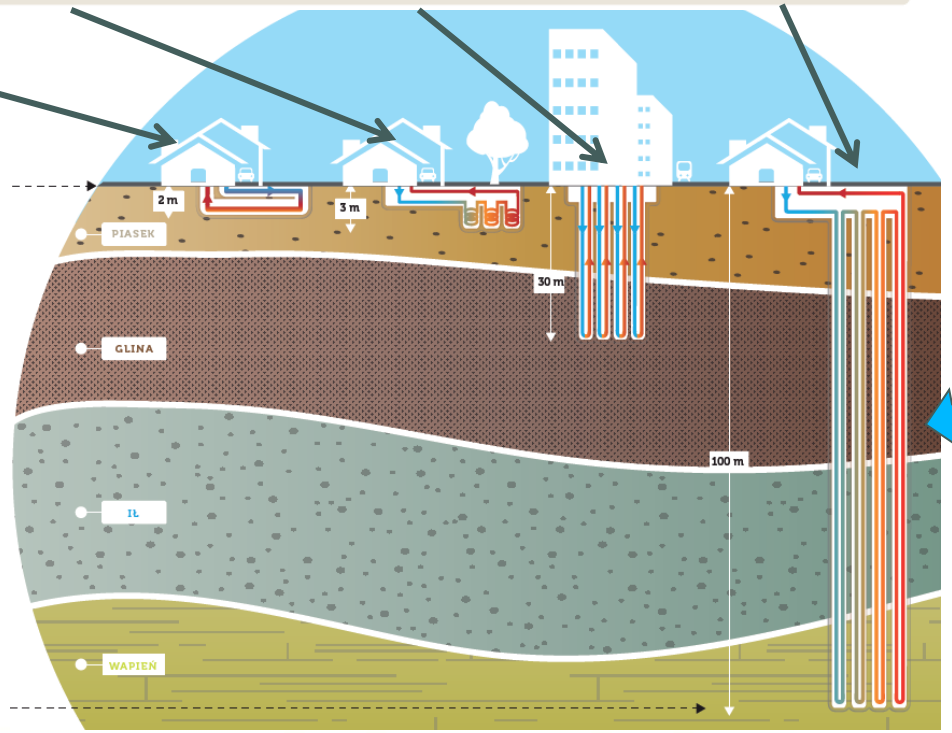
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

TYPY GRUNTOWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA SYSTEMÓW ZAMKNIĘTYCH

TYPY STANDARDOWE

ZH INSTALACJE **POZIOME**	ZK INSTALACJE **SPIRALNE W OTWORACH** O NIEWIELKIEJ GŁĘBOKOŚCI	ZF INSTALACJE **PIONOWE** W PALACH FUNDAMENTOWYCH	ZO INSTALACJE **PIONOWE W OTWORZE WIERTNICZYM**	
średnica instalacji **- 25 ÷ 40 mm -**	średnica instalacji **- 25 ÷ 40 mm -**	średnica pala **- do 1,5 m -**	średnica odwiertu **- 132 ÷ 165 mm -**	średnica instalacji **- 25 ÷ 40 mm -**
głębokość układania **- 2 m -**	głębokość odwiertu **- 3 ÷ 5 m -**	długość pali fundamentowych **- do 30 m -**	głębokość odwiertów **- średnio 50 ÷ 100 m -**	
współczynnik mocy cieplnej **średnio 20 ÷ 60 W/m²**	współczynnik mocy cieplnej **~700 W / kolektor**	technologia rozwijająca się	współczynnik mocy cieplnej **średnio 20 ÷ 70 W/m**	



Metoda najczęściej stosowana w Polsce

Forum Innowacyjności

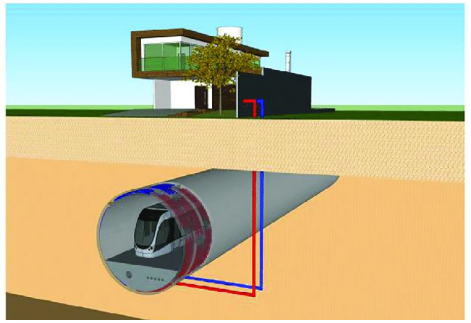
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

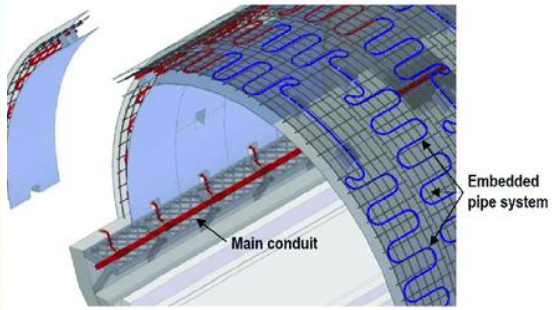
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

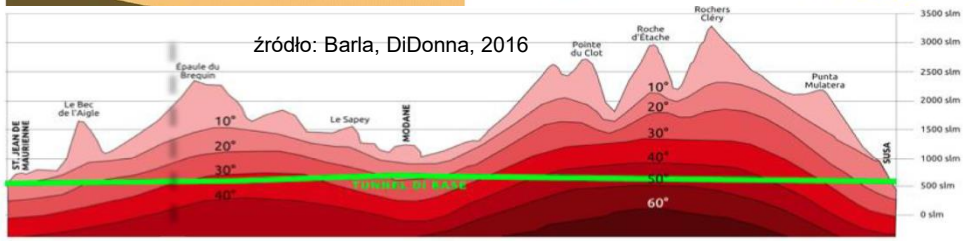
TYPY GRUNTOWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA SYSTEMÓW ZAMKNIĘTYCH
PRZYKŁADY INNOWACJI

Forum Innowacyjności

Wykorzystanie elementów betonowych obudowy tuneli

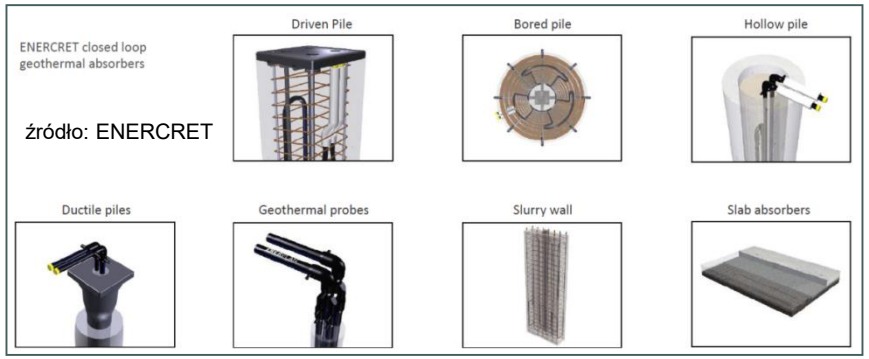




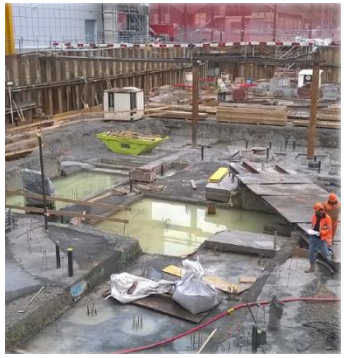


źródło: Barla, DiDonna, 2016

Wykorzystanie betonowych fundamentów, stropów i ścian budynków

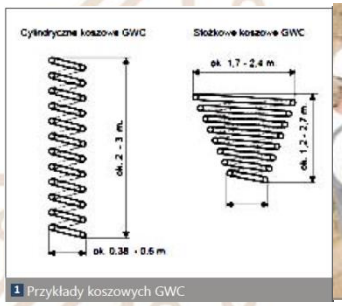


źródło: ENERCRET



Różnokierunkowe wiercenia i ułożenie OWC

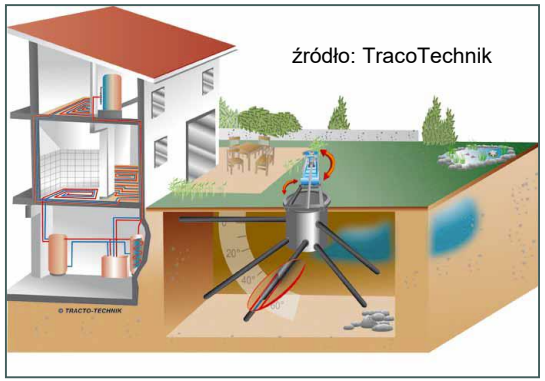
Nowe kształty koszowych wymienników ciepła



źródło: Koczorowski 2014

Gruntowo-powietrzny wymiennik ciepła do mechanicznej wentylacji

źródło: Rehau



źródło: TracoTechnik

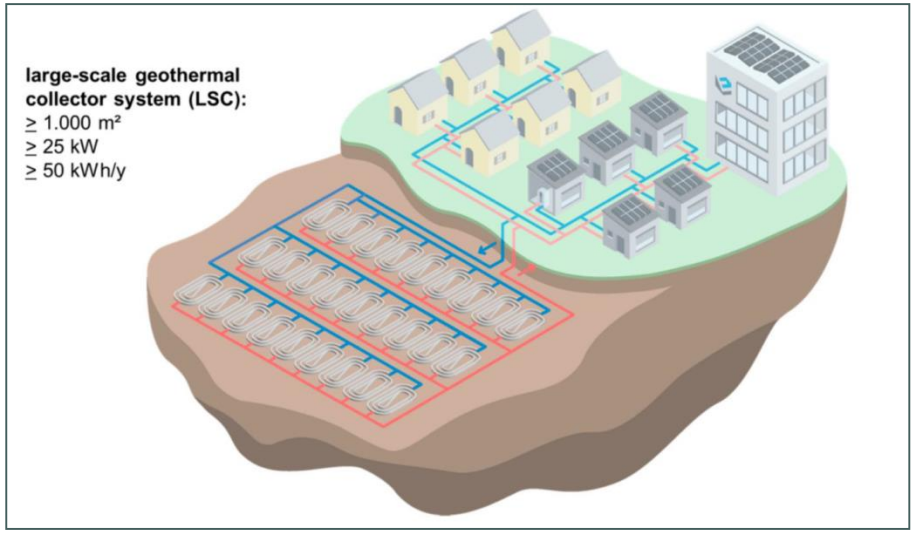
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

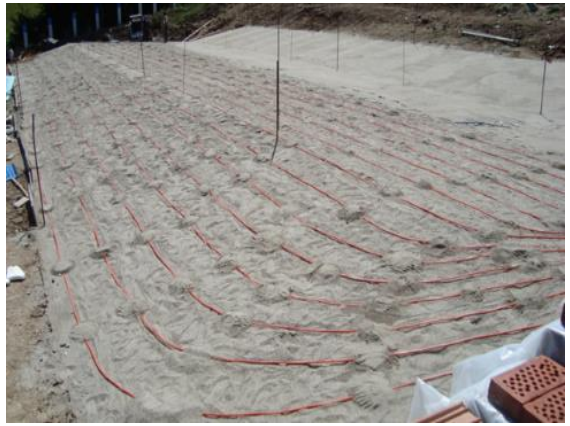
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

TYPY GRUNTOWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA SYSTEMÓW ZAMKNIĘTYCH
PRZYKŁADY INNOWACJI

Forum Innowacyjności

Nisko-temperaturowe sieci grzewcze dużej skali wykorzystujące poziome wymienniki ciepła (tzw. kolektory)





źródło: Bertermann 2021

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z WYKONYWANIEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA: TECHNOLOGIE WIERCENIA

Forum Innowacyjności

- Wykonywanie wierceń dla instalacji GPC w obiektach o gęstej zabudowie (np. historycznych centrach miast) napotyka problemy związane z dostępnością i brakiem wystarczającej przestrzeni na postawienie wiertni i jej wyposażenia
- Nowe, kompaktowe maszyny wiertnicze są bardziej mobile, zajmują mniej powierzchni, pozwalają na wykonywanie otworów nawet we wnętrzach budynków (np. w piwnicach)
- Tradycyjne techniki wierceń (konwencjonalna-obrotowa, ślimakowa) i nowe (młotkowa/udarowa z użyciem powietrza lub wody /***DTH – down the hole***/, dźwiękowa) umożliwiają szybsze wykonywanie otworów i łatwiejszą instalację otworowych wymienników ciepła.
- Nowy patent: bezpośrednie palowanie OWC wykonanych ze stali nierdzewnej za pomocą wiertni z głowicą obrotowo-wibracyjną w skałach/gruntach luźnych

Więcej informacji o innowacjach dotyczących GPC na stronach internetowych projektów:
http://cheap-gshp.eu/
http://www.geotech-project.eu/
http://geocond-project.eu
http://geo4civhic.eu

Mała wiertnica dla wykonywania OWC do 50m gł.
Foto: Alibaba

Foto:Geo-Green sprl

Nowoczesna wiertnica wyposażona w glowicę obrotowo-udarową (wibracyjną)
Foto:Hydra srl

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

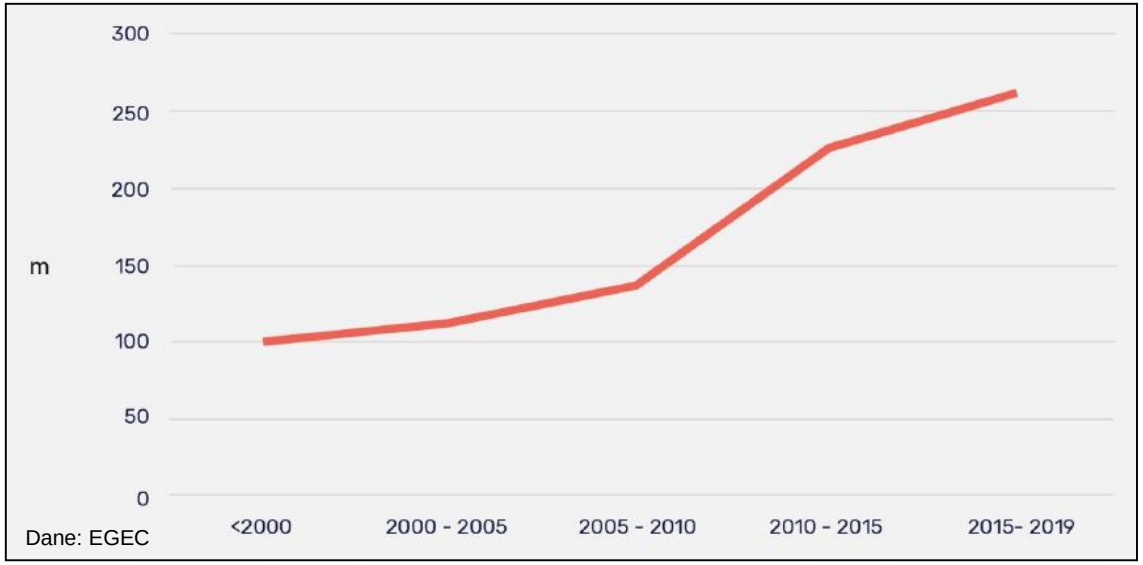
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z WYKONYWANIEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA: ZWIĘKSZENIE GŁĘBOKOŚCI WIERCENIA

Forum Innowacyjności

- Wraz z postępem technik wierceń na potrzeby płytkiej geotermii wzrasta także ich głębokość
- Większa głębokość OWC może wynikać z ograniczonej przestrzeni (jej dostępność pozwala na jeden odwiert zamiast kilku płytszych), ale także być efektem ekonomicznej opłacalności (łatwiej urabialne skały zalegają głębiej)
- Zwiększenie głębokości odwiertu OWC pozwala też na wykorzystanie energii głębiej zalegających, nieco cieplejszych skał, które szybciej podgrzewają ciecz roboczą

Wzrost średniej głębokości wierceń w Europie dla bardzo dużych instalacji GPC



INNOWACJE ZWIĄZNE Z WYKONYWANIEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA:
BARDZO GŁĘBOKIE WYMIENNIKI CIEPŁA

Forum Innowacyjności

- Bardzo głębokie wymienniki ciepła są – jak do tej pory - rzadko stosowaną technologią

- BGWC mogą osiągać głębokość ponad 2000m (Szwajcaria, Niemcy), a ich celem jest praktyczne wykorzystanie energii cieplnej z nieeksploatowanych otworów za ropą i gazem oraz otworów poszukiwawczych za wodami termalnymi, których tradycyjne wykorzystanie okazało się ekonomicznie nieopłacalne (np. z powodu zbyt niskiej wydajności, temperatury lub niekorzystnych właściwości chemicznych)

- Zanotowano techniczne problemy podczas stosowania BGWC:
  - niekorzystne zmiany gęstości materiałów z których wykonane są przewody rurowe; wraz ze wzrostem temperatury powodują wydłużenie rur i ich deformację
  - trudności z wykonaniem betonowego uszczelnienia i konieczność podziału operacji na kilka faz
  - zbyt długie, wzajemne oddziaływanie zatłaczanej (chłodnej) i pobieranej (ciepłej) cieczy roboczej podczas krążenia powodujące obniżenie jej temperatury na wyjściu
  - zbyt duża ilości energii elektrycznej potrzebna do pracy pompy obiegowej

… ale są też nowe, obiecujące rozwiązania…

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

BIULETYN
Urzędu
Patentowego

11

GŁĘBOKI OTWOROWY WYMIENNIK CIEPŁA JAKO ALTERNATYWA DLA NEGATYWNYCH ODWIERTÓW GEOTERMALNYCH – OPATENTOWANE ROZWIĄZANIE OPRACOWANE NA PRZYKŁADZEIE ODWIERTU CZARNY POTOK

Wiesław BUJAKOWSKI[1], Leszek PAJĄK[2], Barbara TOMASZEWSKA[2], Grażyna HOŁOJUCH[1], Bogusław BIELEC[1],

[1]Mineral and Energy Economy Research Institute, Polish Academy of Sciences, Wybickiego 7A str., 31-261 Kraków, Poland

A1 (21) **401721** (22) 2012 11 22

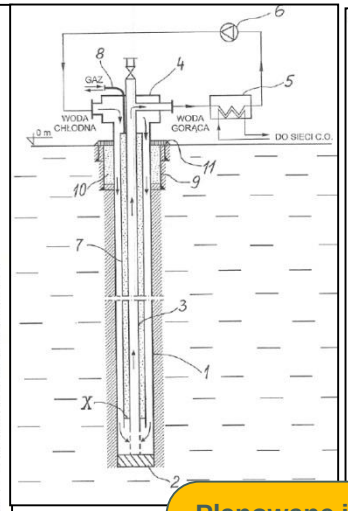
(51) *F24J 3/08* (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)

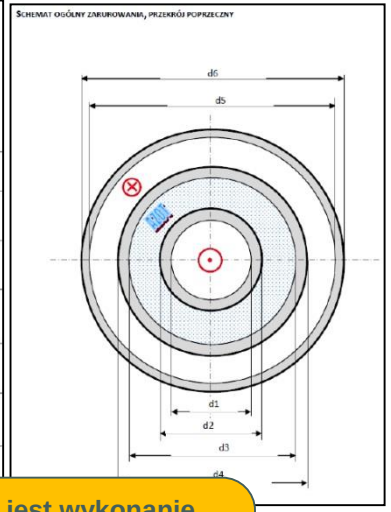
(71) KOLEJ GONDOLOWA JAWORZYNA KRYNICKA SPÓŁKA AKCYJNA, Krynica

(72) BUJAKOWSKI WIESŁAW MARIAN; PAJĄK LESZEK; TOMASZEWSKA BARBARA EWA; HOŁOJUCH GRAŻYNA MARIA; ŁUSZCZEWSKI JAN KAZIMIERZ

(54) **Otworowy wymiennik ciepła**

(57) Otworowy wymiennik ciepła ma płaszcz, który stanowi okładzinowa rura (1) wpuszczona na całą głębokość otworu wiertniczego oraz ma ulokowaną osiowo wewnątrz płaszcza wewnętrzną rurę (3), przy czym dolny koniec wewnętrznej rury jest usytuowany powyżej korka (2) lub formacji geologicznej zamykającej od dołu płaszcz wymiennika. Kanał wyprowadzający z wymiennika ogrzaną wodę stanowi wewnętrzna rura (3), a kanał doprowadzający chłodną wodę stanowi cylindryczna przestrzeń przy okładzinowej rurze (1) otworu wiertniczego, przy czym wewnętrzna rura (3) jest wyposażona w termiczny izolator gazowy, który zawiera otwartą ku dołowi otulinową rurę (7), zaś w cylindrycznej przestrzeni między otulinową rurą (7) i wewnętrzną rurą (3) zawiera sprężony gaz. Pierścieniowa szczelina między wewnętrzną rurą (3) i otulinową rurą (7) jest przy górnym końcu tych rur zasklepiona, a cylindryczna przestrzeń między nimi jest połączona z gazowym króćcem (8). Ponadto wymiennik wyposażony jest w usytuowaną na górnej części głowicę (4), doprowadzającą do niego strumień chłodnej wody i wyprowadzającą z niego strumień wody podgrzanej energią geotermiczną.





Planowane jest wykonanie pierwszej w PL instalacji pilotażowej BGWC w negatywnym otworze geotermalnym w Sękowej

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z WYKONYWANIEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA:
TYPY I MATERIAŁY RUROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA I SONDY GEOTERMALNEJ

Forum Innowacyjności

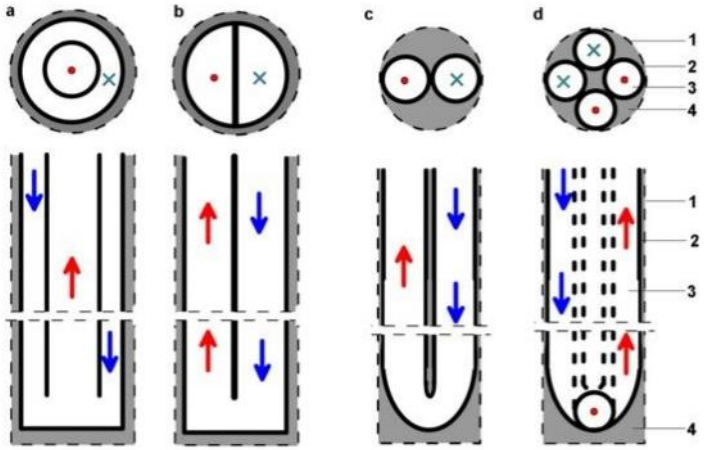
- Wymienniki ciepła wykonane są zwykle z trwałych rur polietylenowych i mają formę:
  - jednej U-rurki,
  - podwójnej U-rurki lub
  - przewodu koaksjanego / symetrycznego
- Analizowane parametry w celu polepszenia pracy OWC to: wielkość natężenia przepływu, opór hydrauliczny i temperatura cieczy roboczej, opór cieplny rur
- Działania innowacyjne polegają na poszukiwaniu nowych konstrukcji rur oraz głowic sond geotermalnych, a także materiałów, z których są wykonane
- Celem jest uzyskanie produktów o najlepszej przewodności cieplnej (najmniejszym oporze) oraz wydajności umożliwiającej swobodny, pozbawiony oporów przepływ cieczy roboczej podczas jej krążenia w wymienniku ciepła

Tabela 1. Zależność oporu cieplnego sondy pionowej od modyfikacji konstrukcyjnych – konfiguracje rur w sondzie [1]

Lp.	Konfiguracja	Opór cieplny Rbh m·K/W
1		0,118
2		0,127
3		0,148
4		0,148
5		0,161
6		0,172
7		0,181
8		0,185
9		0,232
10		0,260

Źródło: Acuna (2010), vide Białko i in. 2014

GEOENERGY MARKETING SERVICES



Przewód koaksjalny | Przewód symetryczny | U-rurka pojedyncza | U-rurka podwójna

Przykładem udanych rozwiązań są produkty firmy Mouvitech (o polskim rodowodzie, obecnie Ernströmgruppen)

Głowica sondy geotermalnej

Foto: HakaGerodur

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z WYKONYWANIEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA:
LEPSZE MATERIAŁY WYPEŁNIAJĄCE (TZW. GRAUTING)

Forum Innowacyjności

- Po zamontowaniu otworowego wymiennika ciepła w odwiercie należy wypełnić wolną przestrzeń materiałem dobrze przewodzącym ciepło i minimalizującym obecność powietrza działającego jak izolator
- Wypełnienie ma również charakter ochronny przed połączeniem hydraulicznym różnych poziomów wodonośnych jak również przez wzrastającym wraz z głębokością naciskiem górotworu na OWC, zwłaszcza gdy otwór wykonano w skałach luźnych lub słabo zwięzłych
- Prace innowacyjne polegają na poszukiwaniu odpowiedniej mieszanki materiałowej, która po zestaleniu będzie zwięzła i wytrzymała oraz będzie mieć dobrą przewodność cieplną

Foto: HakaGerodur

Źródło:

INNOWACJE ZWIĄZNE Z MONTAŻEM OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA:
LEPSZE MATERIAŁY WYPEŁNIAJĄCE (TZW. GRAUTING)

Forum Innowacyjności

- Badane obecnie produkty (zaczyny) wypełniająco-uszczelniające to mieszanki cementu z bentonitem i/lub domieszkami materiałów o b. dobrej przewodności cieplnej: kwarcu, piasku kwarcowego, grafitu lub grafenu

(foto: Paweł Litwin, 2020)

Pożądany kierunek badań:
mineralne materiały odpadowe
propozycja autora: sprawdzić przydatność **odpadów poflotacyjnych rud miedzi KGHM zgromadzone w zbiorniku Żelazny Most (ponad 700mln m³)**

Odpady flotacyjne, opisane kodem 010380, są głównym rodzajem odpadów wytwarzanych w KGHM w procesie flotacyjnego wzbogacania rud miedzi, stanowią one ok. 94% masy tych odpadów. Są to odpady mineralne (bardzo rozdrobniona skała płonna), obojętne dla środowiska, nieszkodliwe dla zdrowia.

Chemiczny i mineralny skład odpadów flotacyjnych zależy od typu rudy. W odpadach powstałych w wyniku procesu flotacji rudy piaskowcowej (Zakłady Wzbogacenia Rud – ZWR „Rudna" i „Lubin") przeważa kwarc – 44,4%, a w mniejszej ilości występują minerały węglanowe, takie jak: dolomit – 29,9% i kalcyt – 7,7%. Odpady piaskowcowe zawierają około: 50% SiO_2, 13% CaO i 5% MgO, natomiast drobnoziarniste odpady węglanowe (ZWR „Polkowice") mają w swym składzie około: 24% CaO, 20% SiO_2 i powyżej 5% MgO [3].

Skład chemiczny odpadów flotacyjnych, w których przeważają tlenki SiO_2 i CaO skłania do tego, aby je wykorzystać w budownictwie. Prowadzone od wielu lat badania wykazały jednak brak opłacalności ich użycia m.in. w produkcji cementu, kruszyw porowatych, betonu komórkowego czy pianobetonu.

Minerały o najwyższej przewodności cieplnej !!

(źródło: Rajczyk, 2016)

WPŁYW WYBRANYCH DODATKÓW NA PRZEWODNOŚĆ CIEPLNĄ STWARDNIAŁYCH ZACZYNÓW USZCZELNIAJĄCYCH

Tomasz ŚLIWA[1], Tomasz KOWALSKI[1], Martyna CIEPIELOWSKA[1], Michał SZCZYTOWSKI[1]

[1]*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Laboratorium Geoenergetyki, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; sliwa@agh.edu.pl*

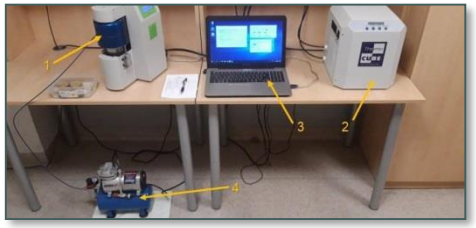


Tabela 2. Wpływ dodatków na przewodność cieplną stwardniałego zaczynu.

Parametry zaczynu	CEM I	CEM I + grafit	CEM I + tlenek grafenu	CEM I +Mikrosfery szklane
Średnia przewodność ciepła zaczynu $[\frac{W}{m \cdot K}]$	0,6336	0,6945	0,7397	0,56888
Procentowa przewodność cieplna zaczynu [%]	100%	Wzrost o 9,5%	Wzrost o 16,7 %	Spadek o 10,2 %

Wnioski
Jak wynika z tabeli 1 dodatek grafitu i tlenku grafenu zwiększa przewodność cieplną stwardniałych zaczynów uszczelniających, natomiast dodatek mikrosfer szklanych obniża ich przewodność cieplną.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z NAPĘDEM GPC

WSPÓŁDZIAŁANIE Z INSTALACJAMI FOTOWOLTAICZNYMI i MAGAZYNAMI ENERGII

Forum Innowacyjności

- Nowoczesne modele pomp ciepła (w tym GPC) oznaczone symbolem **SG Ready** (Smart Grid Ready) są przystosowane do ich połączenia z instalacjami PV
- Zastąpienie energii pobieranej z sieci energetycznej prądem z własnej instalacji PV pozwala na znaczące ograniczenie kosztów pracy GPC, a nawet na uzyskanie całkowitej samodzielności energetycznej
- Włączenie do połączonych systemów GPC + PV magazynów energii elektrycznej i magazynów energii cieplej (bufory co i zbiorniki cwu) pozwoli na maksymalne **wykorzystanie wytworzonej energii na potrzeby własne,** a dodatkowo **obniżyć ryzyko przeciążenia sieci niskiego napięcia !!**
- **Możliwość stworzenia zeroemisyjnych DOMÓW BEZ RACHUNKÓW jest już dziś całkowicie realna !!**

LG Electronics offers hybrid system combining heat pump, PV and storage

The system generates electricity and heat for residential houses and small businesses. An integrated energy management system should guarantee maximum self-consumption of the solar power produced.

FEBRUARY 3, 2021 RALPH DIERMANN

DISTRIBUTED STORAGE | RESIDENTIAL PV | TECHNOLOGY AND R&D | GERMANY

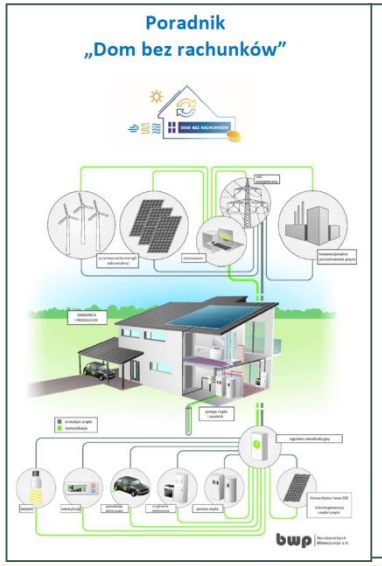
In the future, a charging station for electric cars could also be integrated with the system.

Image: LG Electronics

Przykład zintegrowanego, zarządzanego automatycznie systemu dla domu jednorodzinnego

POMPA CIEPŁA + INSTALACJA PV + MAGAZYN ENERGII ELEKTRYCZNEJ

stworzony przez jednego producenta (firma LG Electronics)
(system jeszcze niedostępny w sprzedaży w Polsce)



Główne korzyści (w skrócie) związane z budową „domu bez rachunków”:

- Optymalne połączenie **ekonomii, komfortu i ekologii** dla mieszkańców
- Indywidualny wkład w **trwałą likwidację smogu i walkę z globalnym ociepleniem klimatu**
- **Wzrost finansowy wartości inwestycyjnej budynku** (łatwiej i drożej można ewentualnie sprzedać budynek w przyszłości)
- **Brak dodatkowych kosztów inwestycyjnych** dot. komina, kotłowni i magazynu opału, znacznie niższe koszty budowy dachów (dwuspadowe, jednospadowe lub płaskie)
- **Koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia budynku i pozostałej energii elektrycznej mogą wynosić ok. 20 zł/miesiąc**
- **Mniejsza wrażliwość rozwiązania na ceny energii elektrycznej** w przyszłości
- Budynek **spełnia wymogi przyszłych warunków technicznych w 2021 r.** (WT 2021) umożliwia skorzystanie z programu Czyste Powietrze
- W budynku produkuje się więcej energii ze źródeł odnawialnych niż się jej zużywa (w bilansie rocznym) czyli jest **plus energetyczny**
- **Rozwiązanie bezobsługowe**
- **Komfort i wygoda** użytkowania
- Zachowanie **czystości** w budynku
- **Brak negatywnego wpływu na zdrowie** mieszkańców i sąsiadów
- **System przygotowany na rozwiązania smart** i na sterowanie w sieciach energetycznych przyszłości.
- Możliwość uzyskania **najwyższego wskaźnika SRI** zgodnie z nową dyrektywą EPBD
- Rozwiązanie **przygotowane na samochód elektryczny** (odpowiednie miejsce na dachu na dodatkowe moduły PV)

INNOWACJE ZWIĄZNE Z POTRZEBAMI ENERGETYCZNYMI OBIEKTU :
SZEROKIE MOŻLIWOŚCI INDYWIDUALNEGO DOSTOWANIA WIELKOŚCI, MOCY i PRZEZNACZENIA GPC; POWSZECHNE STOSOWANIE CYFROWYCH STEROWNIKÓW

Forum Innowacyjności

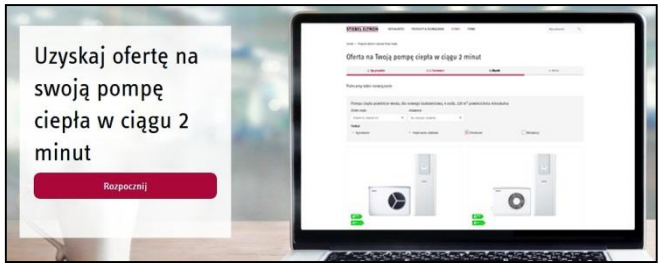
- Nowoczesne GPC mogą być dostosowane do każdego typu obiektu budowlanego pod względem mocy:
  - mikroinstalacje do 8 kW
  - instalacje średniej mocy: 8 – 30 kW
  - instalacje dużej mocy: pow. 30 kW (nawet do 1,2 MW dla jednego urządzenia)

  i sposobu wykorzystania
  - do ogrzewania / chłodzenia
  - do ogrzewania (co) i produkcji ciepłej wody użytkowej (cwu)
  - tylko do produkcji cwu

- Dzięki zastosowaniu cyfrowych sterowników do automatycznej regulacji pracy GPC można w planowy sposób dostosować temperaturę obiegu grzewczego i T pomieszczeń, temperaturę cwu, zaprogramować tryb i czas pracy (np. wykorzystać tańszą taryfę nocną lub energię zgromadzoną w magazynie prądu elektrycznego do podgrzania cwu lub zbiornika buforowego co)

- GPC mogą tworzyć instalacje hybrydowe z innymi urządzeniami produkującymi ciepło (np. kotłami gazowymi, kotłami na biomasę, powietrznymi pompami ciepła). Stare urządzenia grzewcze można zostawić jako źródła rezerwowe (np. w szpitalach)

- GPC najlepiej sprawdzają się w zasilaniu sieci niskotemperaturowych (np. w ogrzewaniu podłogowym), ale powstają też GPC wysokotemperaturowe, które produkują wodę o maksymalnej temperaturze nawet do 80 stopni Celsjusza



(źródło: Galmet)

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE ZWIĄZNE Z POTRZEBAMI ENERGETYCZNYMI :
SZEROKIE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWAŃ GPC DO RÓŻNYCH TYPÓW BUDYNKÓW I BUDOWLI

Forum Innowacyjności

- Geotermalne pompy ciepła znajdują zastosowanie nie tylko w domach jednorodzinnych ale także w budynkach wielorodzinnych, biurowcach, wielkopowierzchniowych obiektach komercyjnych, różnego rodzaju budynkach publicznych: szkołach, szpitalach, dworcach, obiektach kultu religijnego i in.
- GPC mogą być instalowane w budynkach nowych jak i już istniejących - podlegających termomodernizacji (także z wykorzystaniem obecnej instalacji grzewczej)
- Pojedyncze urządzenia GPC pobierające ciepło z wielu OWC (zgrupowanych w tzw. pola geotermalne) osiągają moc ponad 1 MW i mogą, także w połączeniu w zestawy (układy kaskadowe), zasilać b. duże obiekty

Przykłady największych obiektów w Polsce zasilanych przez gruntowe pompy ciepła

EGEC Geothermal Market Report 2020

	LOCATION	NO. BHE	DEPTH BHE (M)	TOTAL BHE (M)	YEAR
	(CONTINUES) POLAND	Liczba OWC	Głęb. OWC	Całk. metraż OWC	Rok wykonania
Centrum Medyczne	Kraszewo-Czubaki (Płońsk County), Medical Center	46	230	10,160	2019
Szpital Kolejowy	Pruszków, Hospital of Railway Industry	100	100	10,000	2012
Zespół klasztorno - pałacowy	Rudy (Racibórz County), The Post-Cistercian Monastery and Palace Complex and Basilica	100	100	10,000	2008
Biurowiec	Warszawa, "ATRIUM SOUTH" Warsaw Office Building	54	185	9,990	2012
Centrum sportowe	Dobczyce (Myślenice County), Sport Center	55	180	9,900	2014
Ośrodek kultu religijnego	Kraków, John Paul II Center "Don't fear!" - Stage I	56	170	9,520	2011
Szkoła ponadpodstawowa	Piastów (Pruszków County), Adam Mickiewicz's Secondary School	69	135	9,315	2020
Pałac zabytkowy	Żyrowa (Krapkowice County), Palace in Zyrowa	42	200	8,400	2018

Moc GPC: 2 x 285 kW

Przewiduje się wykonanie pompy ciepła solanka –woda w kaskadzie pomp ciepła o mocy min. 2x245 kW z przeznaczeniem na zasilanie instalacji c.o. oraz mocy min. 2x285kW na zasilanie instalacji chłodzenia. Kaskada pomp ciepła ma za zadanie pracować przy temperaturze zasilania 70°C i należy podłączyć ją do istniejącej instalacji. Pracę pomp ciepła należy dostosować do parametrów pracy istniejącej instalacji c.o. (Δ20°C).

Gruntowa pompa ciepła do instalacji centralnego ogrzewania – Grupa Zdrowie
Typ pompy ciepła - solanka/woda w wykonaniu ze zintegrowanym układem chłodzenia pasywnego:

- Nominalna moc grzewcza (B0W35 EN 14511) - min. 245 kW w jednym urządzeniu, min. 490kW w dwóch urządzeniach.
- moc elektryczna wg. EN 14511 – max. 61 kW w jednym urządzeniu, max. 122kW w dwóch urządzeniach.
- współczynnik COP wg. EN 14511 B0/W35 - min. 4,1
- moc chłodzenia pasywnego – 163 kW
- czynnik chłodniczy - R 410A
- minimalna temperatura wody grzewczej – 60 °C
- ilość sprężarek - min. 4 hermetyczne, scroll
- ilość stopni mocy / podział stopni mocy - min.4
- konstrukcja samonośna, ramowa
- moc akustyczna zgodnie z ISO 9614 – 82 dB (A)

Dane techniczne GPC dla Centrum Medycznego Kraszewo-Czubaki, wg SIWZ

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

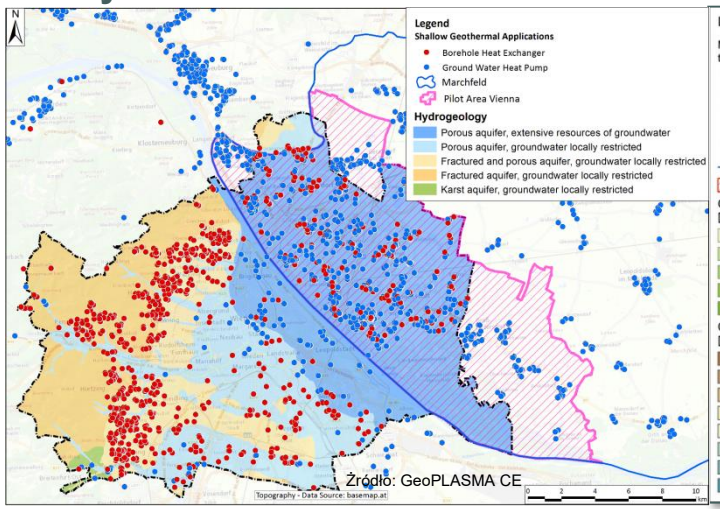
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

INNOWACJE:
DUŻE SYTEMY TYPU OTWARTEGO – WYKORZYSTANIE WÓD PODZIEMNYCH

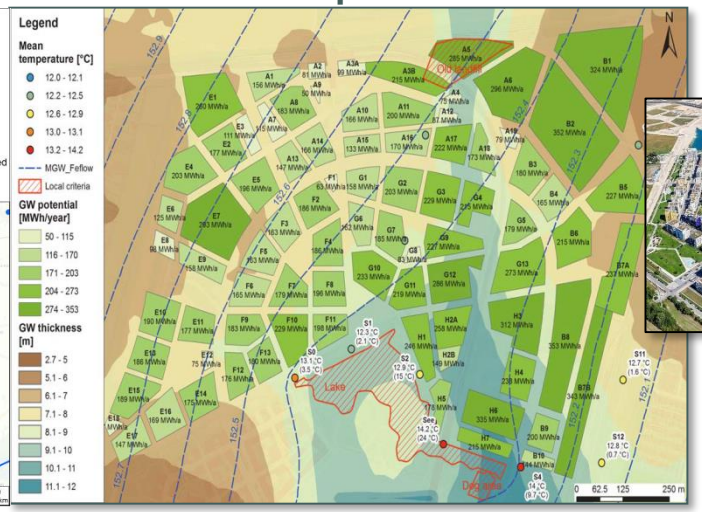
Forum Innowacyjności

- Duże systemy otwarte GPC są bardziej wydajne pod względem energetycznym niż gruntowe pompy ciepła
- Warunkiem ich ekonomicznej opłacalności jest w miarę płytkie zaleganie, oraz bardzo duża przepuszczalność i wydajność warstwy wodonośnej , a także odpowiednia temperatura, chemizm i szybki, ukierunkowany przepływ wód podziemnych
- Podane wyżej uwarunkowania hydrogeologiczne są możliwe do spełnienia tylko dla określonych struktur geologicznych (np., rozległe, przedgórskie stożki piedmontowe, miąższe osady aluwialne, utwory krasowe)

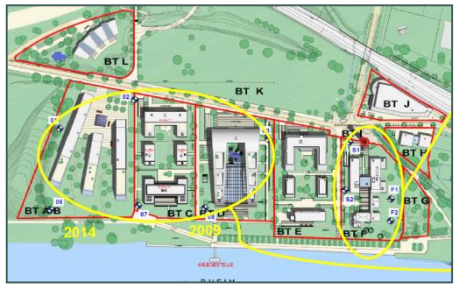
Przykład: dzielnica mieszkaniowo - biurowa Seestadt Aspern w Wiedniu



Źródło: GeoPLASMA CE



Przykład: kompleks biurowo-hotelowy Bonner Bogen k. Bonn



Źródło: Bonn Visio Bonner Bogen, www.sanner-geo.de

Hybrydowy (GPC+gaz) system grzewczo-chłodniczy **~ 1MW**

Heat Pump	heating 919 KW, cooling 625 KW
2 peak boilers (gas)	1,0 MW and 1,9 MW
Groundwater wells	6 wells in total, up to 28 m deep
Groundwater production	50-60 l/s (180-216 m3/h)

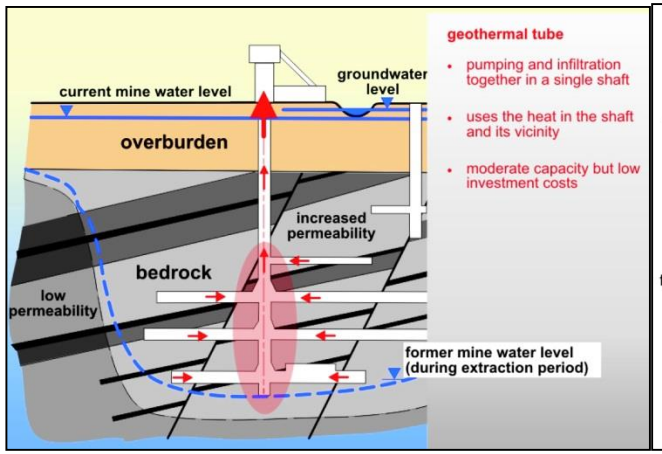
Flow direction of wells is reversed for summer / winter mode

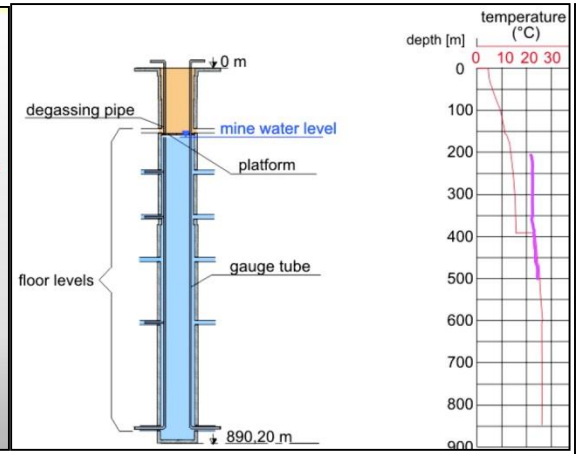
INNOWACJE :
WYKORZYSTANIE WÓD KOPALNIANYCH

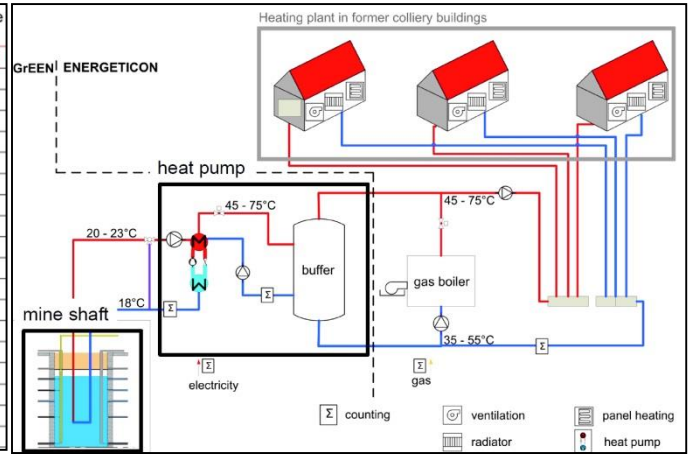
Forum Innowacyjności

- Zalane wodą wyrobiska podziemne po wyłączonych z eksploatacji kopalń węgla kamiennego lub rud metali mogą być wykorzystane jako źródło energii cieplnej
- Pobór wód może mieć charakter bezpośredni jako system GPC sytemu otwartego lub pośredni z użyciem otworowego wymiennika ciepła zatopionego w zalanym wodą szybie

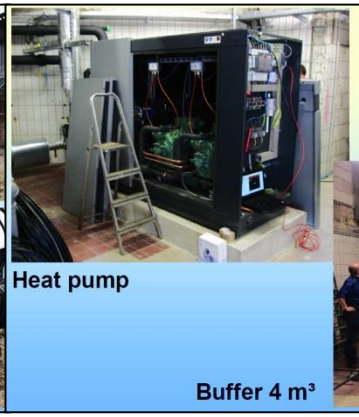
Przykład: otworowy wymiennik ciepła w zalanym szybie dawnej kopalni węgla kamiennego w Aachen

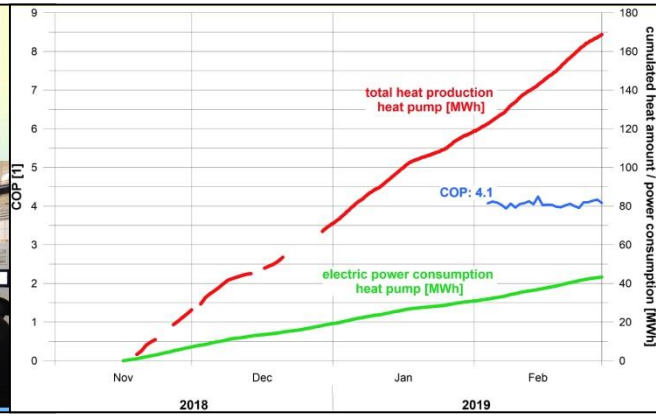






- Probe type: DA 75 double u-tube
- Length: 860 m
- Weight: 5.200 kg (empty) 15.000 kg (filled)
- Mounting: Grouting in the backfill column down to a depth of 150 m
- Temp. monitoring: Fibre optic cable (infinite loop, 1.720 m)





Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Forum Innowacyjności

OCENA ZASOBÓW GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ w POLSCE

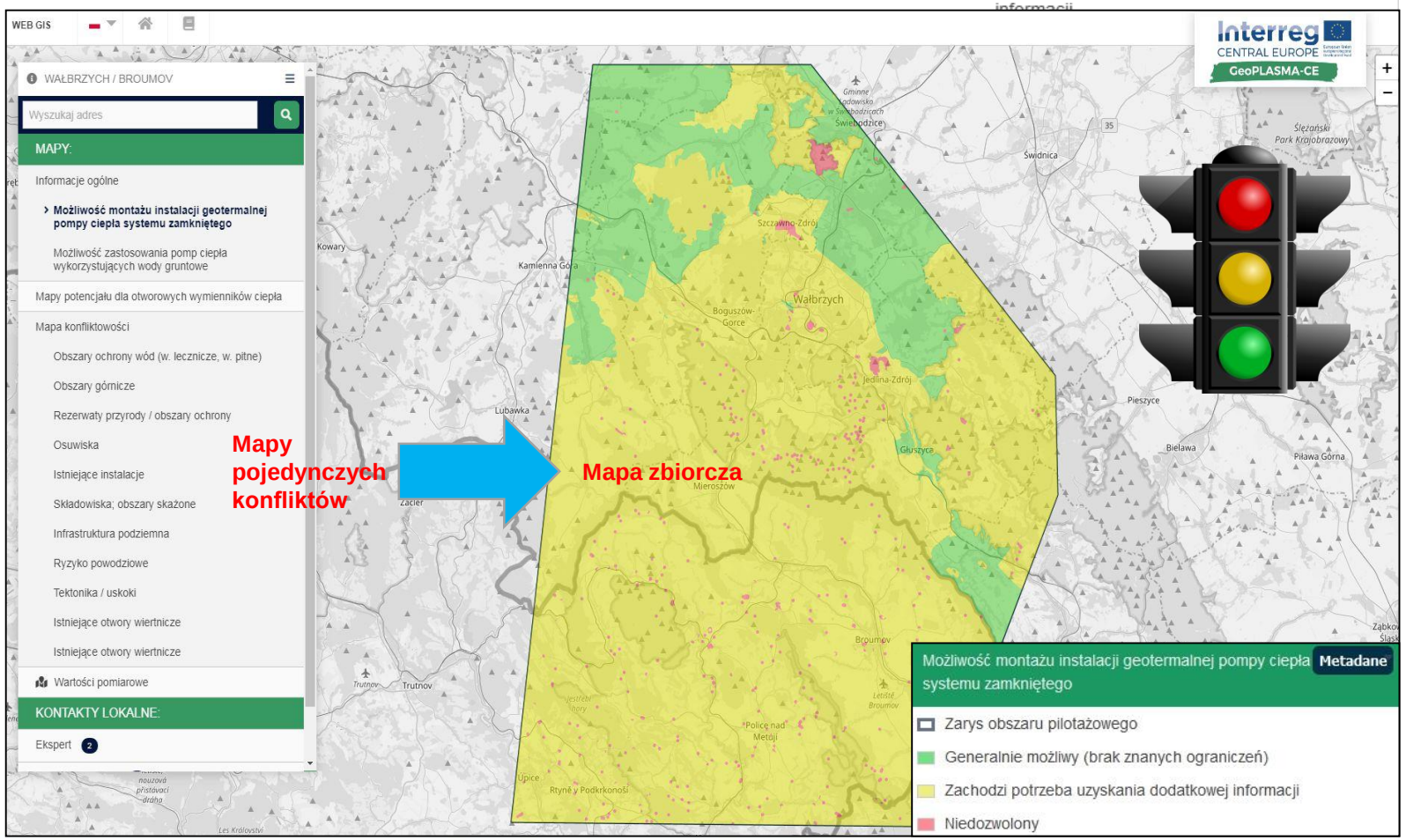
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

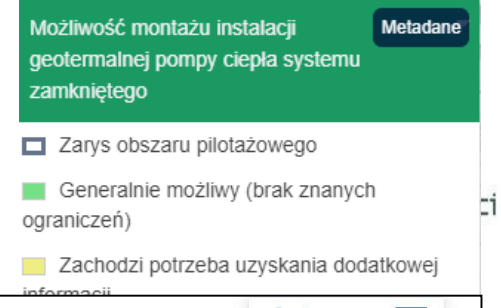
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

CZYNNIKI GEO-ŚRODOWISKOWE I FORMALNO –PRAWNE WPŁYWAJĄCE NA MOŻLIWOŚĆ WYKONANIA GPC

- Wykonywanie wierceń i montaż gruntowych wymienników ciepła jest możliwy na prawie całym obszarze Polski
- Bardzo rzadkie ograniczenia wykluczające zastosowanie GPC powoduje obecność czynników geo-środowiskowych (np. obszar ochrony bezpośredniej wód, duże szkody górnicze, obszary krasowe) lub czynników formalno-prawnych wynikających ze stanu użytkowania gruntów (np. rezerwaty przyrody)
- W celu określenia czy dana lokalizacja/rejon leży w strefie ryzyka odnośnie montażu GPC wykonuje się mapy konfliktowości zwane potocznie mapami świateł ruchu drogowego (*traffic lights maps*)





Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ
CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYDAJNOŚĆ ENERGETYCZNĄ GPC

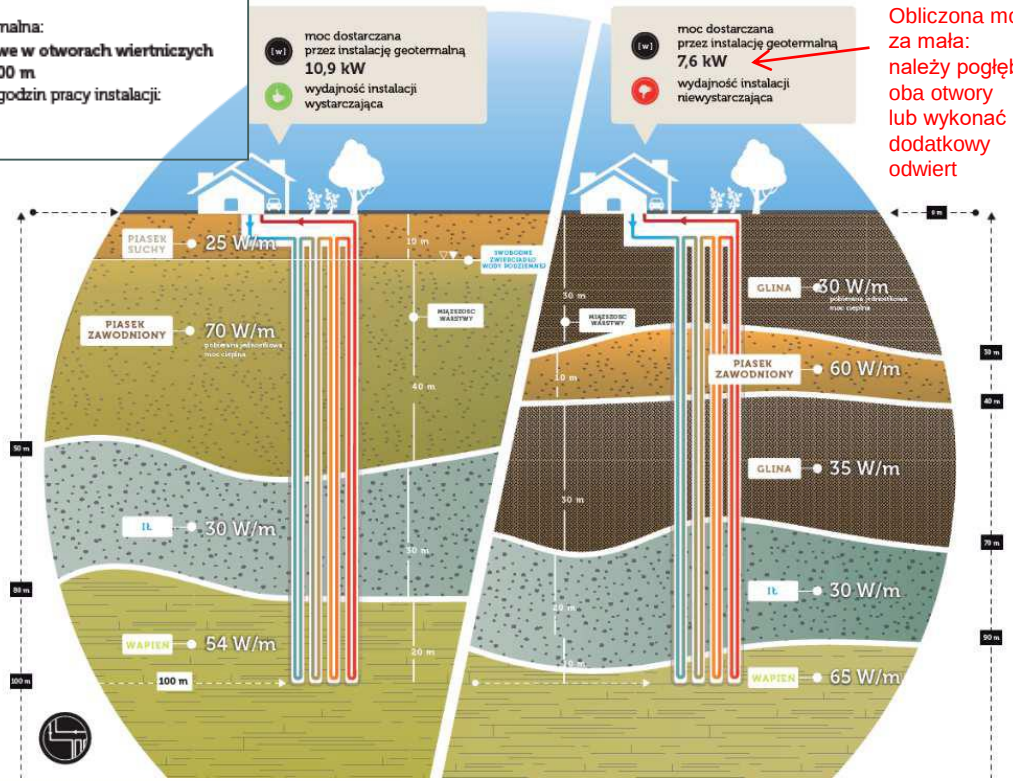
Forum Innowacyjności

- W celu jak najlepszej optymalizacji pracy GPC bierze się pod uwagę warunki geologiczne i hydrogeologiczne, które determinują możliwą do pobrania przez OWC ilość energii cieplnej ze skał otaczających (dla systemów zamkniętych) lub z warstwy wodonośnej (dla systemów otwartych).
- Ilość energii dla OWC systemów zamkniętych podaje się w formie jednostkowego współczynnika mocy cieplej wyrażonego w [W/m], który w największym stopniu zależy od średniej wartości przewodności cieplnej skał podłoża [W/m*K]
- Przewodność cieplna skał jest specyficzna dla różnych typów skał (osadowych, magmowych, metamorficznych) i jest wartością mierzalną za pomocą laboratoryjnych metod pomiarowych lub *in situ* za pomocą testu reakcji termicznej (TRT)
- Skały i grunty w stanie wilgotnym odznaczają się większą wartością przewodności cieplnej niż te same utwory w stanie suchym

BUDYNEK JEDNORODZINNY

Powierzchnia użytkowa:
> 200 m²
Zapotrzebowanie na moc grzewczą:
> 10 kW
Instalacja geotermalna:
> 2 sondy pionowe w otworach wiertniczych o głębokości 100 m
Liczba rocznych godzin pracy instalacji:
> 1800

Wstępne wyliczenie potrzebnej mocy cieplnej GPC dla przykładowego budynku jednorodzinnego w zależności od typu skał podłoża



Obliczona moc za mała: należy pogłębić oba otwory lub wykonać dodatkowy odwiert

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

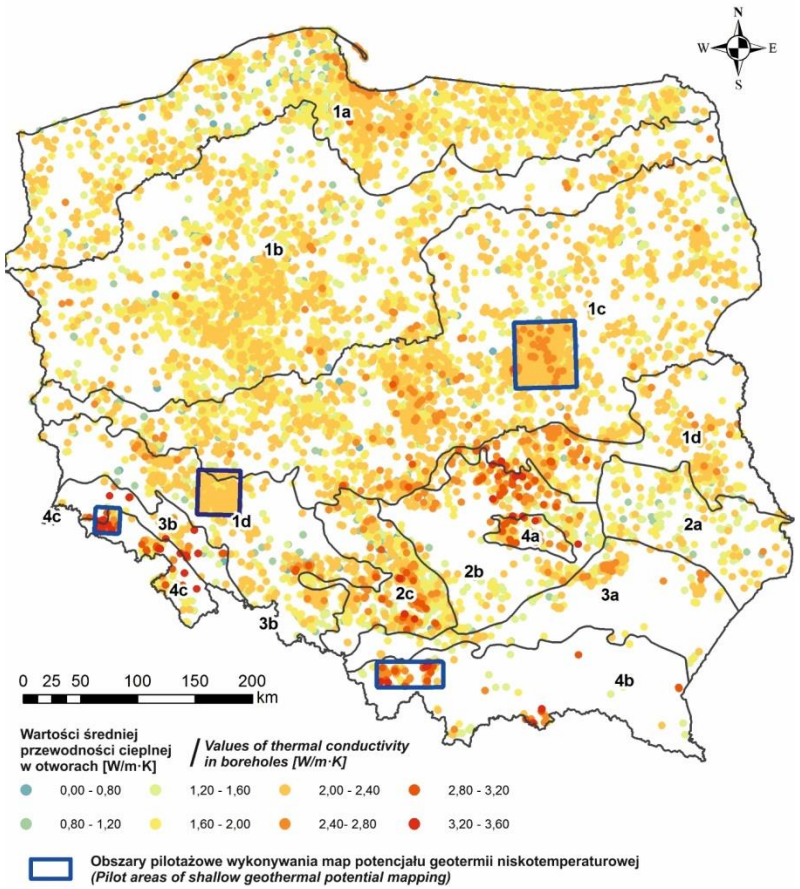
ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

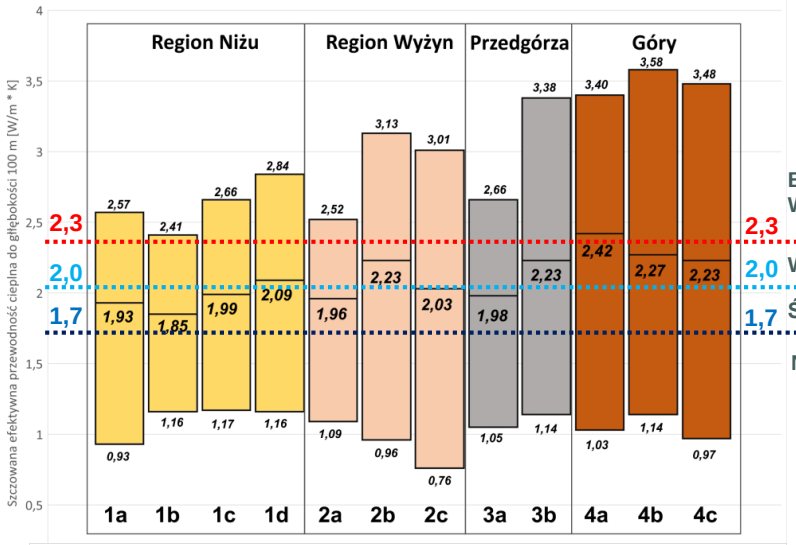
PRZETWARZANIE DANYCH I OCENA ZASOBÓW – MAPY POTENCJAŁU

Forum Innowacyjności

PIERWSZA, PUNKTOWA MAPA POTENCJAŁU PŁYTKIEJ GEOTERMII WYKONANA Dla CAŁEGO KRAJU
ukazuje rozkład średniej efektywnej przewodności cieplnej do głębokości 100 m, na bazie 14 011 otworów wiertniczych o głębokości >100 m z bazy danych CBDH PIG-PIG.

- Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy gromadzi, przetwarza i udostępnia informacje geologiczne niezbędne do oszacowania i prezentacji zasobów płytkiej geotermii w skali lokalnej (np. na potrzeby wykonania projektu robót geologicznych dla wykorzystania ciepła Ziemi) oraz w skali regionalnej i ogólnokrajowej w formie **map potencjału**
- Podstawową mapą potencjału jest mapa średniej przewodności cieplnej skał w zadanym przedziale głębokości np. do 40, 70, 100 i 130 m.
- Mapy potencjału mogą mieć formę mapy punktowej, przedstawiającej średnie wartości przewodności skał wyliczone dla pojedynczych otworów wiertniczych lub mapy przestrzennego rozkładu tej wartości opartej na danych otworowych oraz trójwymiarowym modelu geologicznym





Wniosek: podłoże skalne całego obszaru kraju tworzą utwory o średniej i wysokiej przewodności cieplnej – **korzystne dla działania GPC systemów zamkniętych**

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

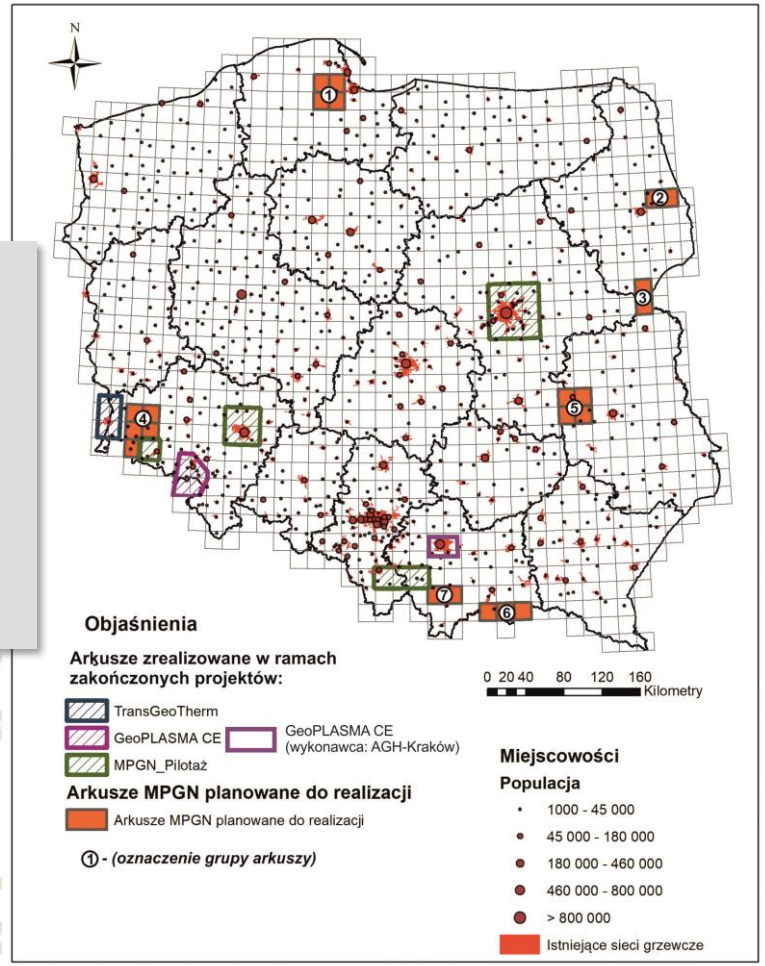
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

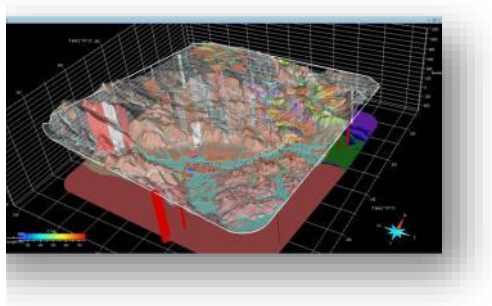
ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

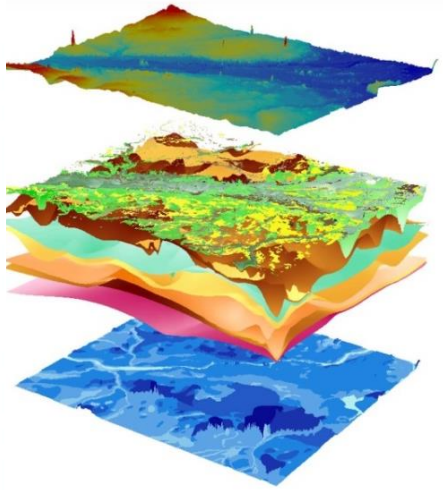
REGIONALNE MAPY POTENCJAŁU OPARTE NA GEOLOGICZNYM MODELOWANIU 3D

Forum Innowacyjności

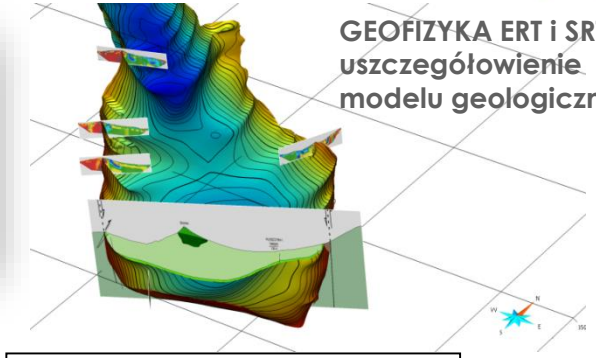
Regionalne mapy potencjału geotermii niskotemperaturowej (MPGN) były opracowane przez PIG-PIB w ramach projektów UE oraz zadań planowych państwowej służby geologicznej





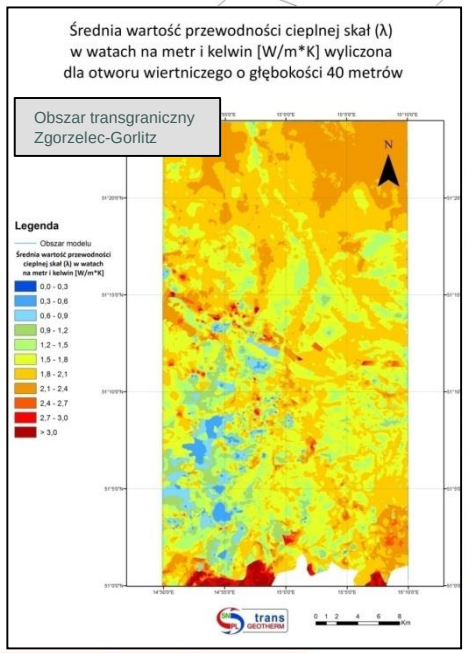


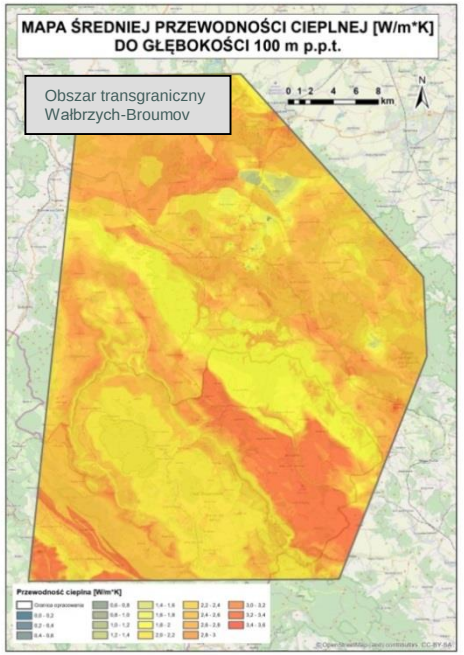
Bazowe i parametryczne modele 3D



GEOFIZYKA ERT i SRT – uszczegółowienie modelu geologicznego

Przykładowe mapy wynikowe





Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE DANYCH MAP POTENCJAŁU DLA OPTYMALIZACJI GPC - TRYB UPROSZCZONY

Forum Innowacyjności

- Średnie wartości przewodności cieplnej odczytane dla danej lokalizacji z map potencjału płytkiej geotermii służą do: **uproszczonego** określenia jednostkowego wskaźnika mocy cieplnej przy użyciu pomocniczych tabel doboru oraz ustalenia ilości i głębokości otworów wiertniczych dla wymaganej mocy i czasu pracy GPC
- Tabele i techniczna pomoc dla poprawnego wykonania instalacji GPC zawierają „Wytyczne projektowania…) opracowane i wydane przez Polską Organizację Technologii Pomp Ciepła (PORT PC)
- Tabele doboru są osobno opracowane dla GPC w formie mikro-instalacji do 8 kW oraz urządzeń o mocy 8-30kW

Wersja poprawiona Wytycznych: 2021

POLSKA ORGANIZACJA ROZWOJU TECHNOLOGII POMP CIEPŁA

WYDANIE PIERWSZE
01/2013

PORT PC

WYTYCZNE PROJEKTOWANIA, WYKONANIA I ODBIORU INSTALACJI Z POMPAMI CIEPŁA

Część 1
Dolne źródła do pomp ciepła

- Pionowe gruntowe wymienniki ciepła
- Poziome gruntowe wymienniki ciepła
- Koszowe gruntowe wymienniki ciepła

© Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszych wytycznych nie może być powielana bez pisemnej zgody Prezesa Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła

Źródło: Koczorowski 2021, Forum PORT PC

Dobór na podstawie tabel w przypadku gdy:

- maksymalna moc grzewcza 30 kW (dla B0W35)
- planowane głębokości otworów 50 m do 200 m
- maksymalnie pięć pionowych gruntowych wymienników ciepła o równej długości
- nie przewiduje się wzajemnego oddziaływania cieplnego z innymi systemami pionowych gruntowych wymienników ciepła w bezpośrednim sąsiedztwie
- minimalna odległość między pionowymi gruntowymi wymiennikami ciepła 6 m oraz brak znaczących odchyleń od konfiguracji liniowej (w jednej linii)
- czas pracy sprężarki pompy ciepła od 1200 h do 2400 h godzin rocznie z pełnym obciążeniem cieplnym
- podwójne U-rurki DN32 lub pojedyncze U-rurki DN40 z materiałem wypełniającym o przewodności cieplnej odpowiednio 0,8 W/(mK) oraz 1,6 W/(mK), co przekłada się na wartość oporu cieplnego otworu 0,12 K/(W/m) (średnica otworu 150 mm)
- przepływ turbulentny w rurach (w przypadku przepływu laminarnego konieczna korekta/obliczenia własne)
- moc chłodnicza (chłodzenie aktywne lub pasywne) nie przekracza 75% mocy grzewczej, maks. czas pracy sprężarki pompy ciepła w trybie chłodzenia 300 h/a z pełnym obciążeniem chłodniczym
- różnica temperatury cieczy niskokrzepnącej między zasilaniem a powrotem wynosi 3 K

Tabela 3.3. Jednostkowe wydajności cieplne pionowego GWC przy działaniu instalacji w trybie „ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej", dla $T_{czynn} \geq -3$ °C przy maksymalnej mocy (obciążenie podstawowe i szczytowe, w W/m.

Godziny pracy sprężarki pompy ciepła przy pełnym obciążeniu rocznie	Liczba wymienników ciepła	Przewodność cieplna otaczającego gruntu, w W/(m·K)			
		Jednostkowa wydajność cieplna przy przepływie turbulentnym, w W/m			
		1,0 W/(m·K)	2,0 W/(m·K)	3,0 W/(m·K)	4,0 W/(m·K)
1500 h/a	1	28,6	41,2	49,7	55,8
	2	25,8	37,9	46,4	52,7
	3	23,9	35,6	44,1	50,4
	4	22,6	33,9	42,3	48,7
	5	21,8	33,0	41,4	47,8
1800 h/a	1	25,3	37,7	46,3	52,6
	2	22,6	34,3	42,8	49,3
	3	21,2	32,1	40,5	46,9
	4	19,6	30,4	38,6	45,1
	5	18,8	29,5	37,6	44,1
2100 h/a	1	22,8	34,9	43,5	50,0
	2	20,2	31,6	39,9	46,4
	3	18,5	29,3	37,5	44,0
	4	17,3	27,7	35,6	42,0
	5	16,7	26,7	34,6	41,0
2400 h/a	1	21,0	32,8	41,3	47,9
	2	18,5	29,4	37,7	44,2
	3	16,9	27,2	35,2	41,6
	4	15,8	25,5	33,3	39,6
	5	15,1	24,5	32,1	38,5

ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ

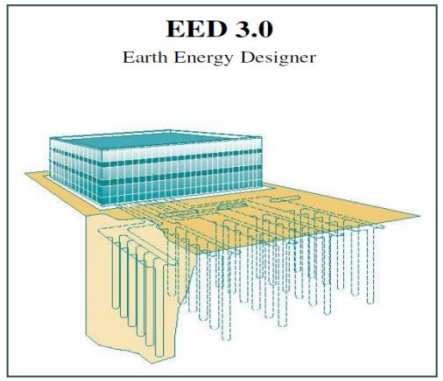
PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE DANYCH MAP POTENCJAŁU DLA OPTYMALIZACJI GPC
TRYB ZAAWANSOWANY – SYMULACJE KOMPUTEROWE

Forum Innowacyjności

- Średnie wartości przewodności cieplnej skał podłoża odczytane dla danej lokalizacji z map potencjału płytkiej geotermii lub obliczone za pomocą testu TRT służą też do:

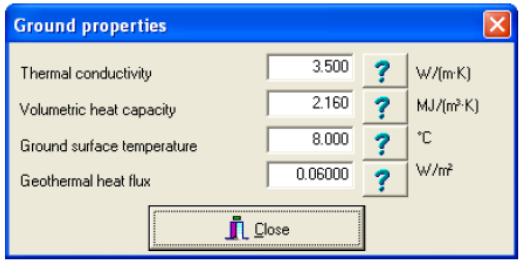
- **profesjonalnego** wymiarowania mocy i wieloletniej (25 -50 lat) symulacji pracy GPC, a także ustalenia ilości i układu OWC za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego

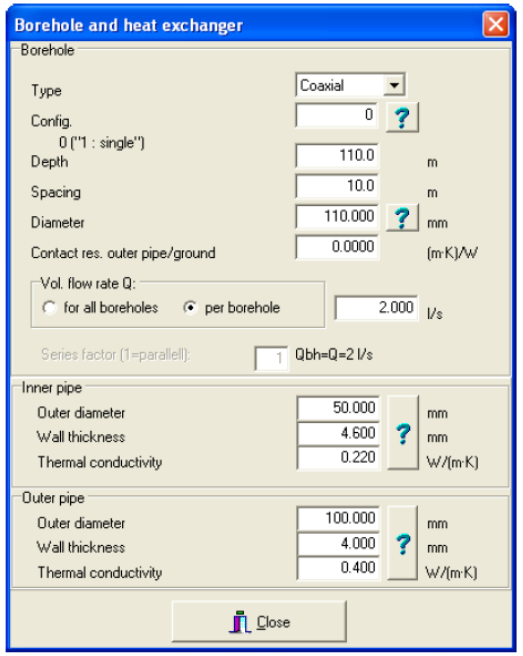
- Symulacje komputerowe powinny być zawsze wykonywane dla dużych GPC (pow. 30kW) pobierających ciepło z wielu - nawet kilkudziesięciu - OWC

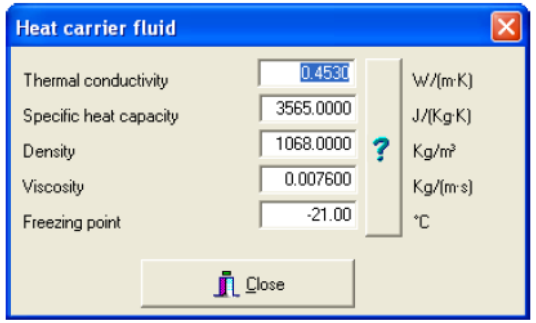


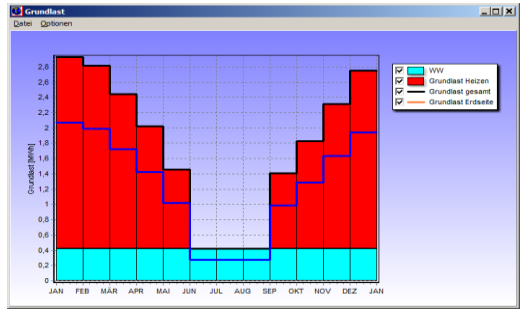
Do wykonania symulacji komputerowej potrzebne są dodatkowe dane techniczne i lokalizacyjne pompy ciepła, m.in..:

- miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną
- parametry przewodności cieplnej wymiennika pompy ciepła i materiałów uszczelniających otworu wiertniczego
- typ OWC,
- Parametry cieczy roboczej
- średnioroczna temperatura powierzchni Ziemi
- przewodność i pojemność cieplna różnych typów skał
- gęstość strumienia cieplnego









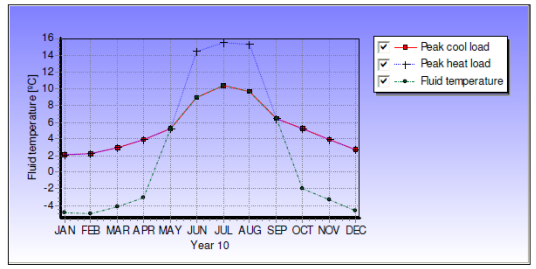


Figure 6.3: Fluid temperature chart.

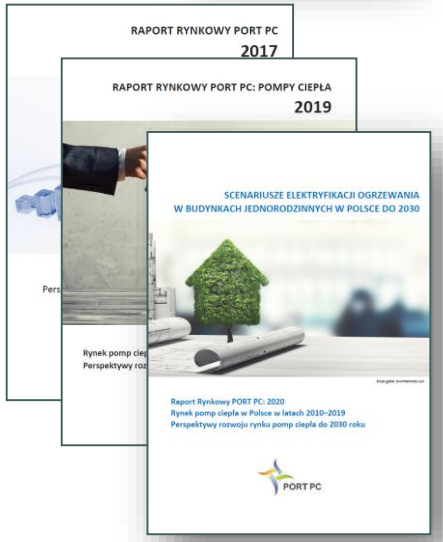
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

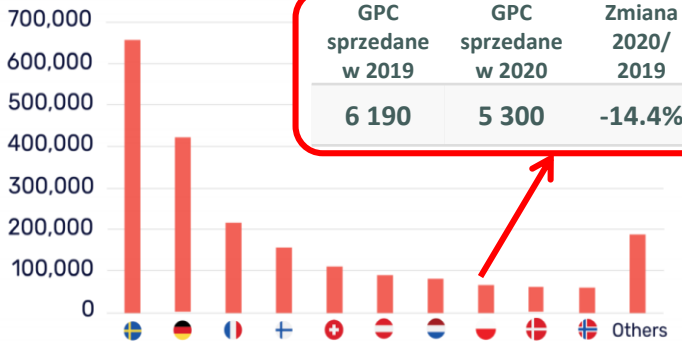
ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

DANE DOTYCZĄCE ILOŚCI INSTALACJI GPC WG RAPORTÓW RYNKOWYCH

- W Polsce nie ma oficjalnego rejestru gromadzącego dane o GPC
- Nowo wprowadzony obowiązek rejestracji źródeł ciepła w Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków tworzonej przez Główny Urząd Nadzoru Budowlanego nie wymaga rozróżnienia typu pompy ciepła
- Informacje o Ilości GPC w Polsce prowadzone przez GUS są pochodną badań statystycznych na wybranej próbie losowej
- Inwestorzy, zwłaszcza osoby fizyczne, powszechnie nie sporządzają i nie przesyłają dokumentacji powykonawczych dla GPC do NAG (co jest łamaniem prawa GG)
- Najbardziej wiarygodnym źródłem wiedzy o ilości i mocy geotermalnych pomp ciepła w Polsce są Raporty rynkowe PORT PC i EGEC oparte na wynikach sprzedaży



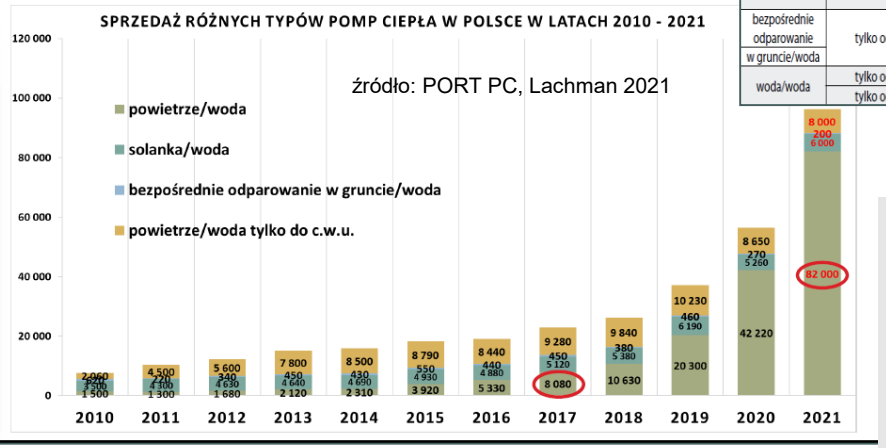
Liczba GPC w Europie i Polsce



GPC sprzedane w 2019	GPC sprzedane w 2020	Zmiana 2020/ 2019	Całkowita ilość GPC wg stanu na rok 2020
6 190	5 300	-14.4%	67 300

Zainstalowane urządzenia (na 1000 mieszkańców)
Szwecja (55,0)
Finlandia (21,5)
Estonia (12,7)
Austria (12,4)
Dania (11,3)
Słowenia (5,7)
Niemcy (4,7)
Holandia (3,5)
Francja (2,4)
Litwa (2,0)
Polska (1,4)

Prognoza 2021 rynku pomp ciepła w Polsce



Dane dla GPC wg typów

			2018	2019	
solanka/woda	ogrzewanie	< 20 kW	2816	3190	+13%
		> 20 kW	866	749	-13%
	rewersyjne	< 20 kW	1555	2055	+32%
		> 20 kW	144	196	+36%
bezpośrednie odparowanie w gruncie/woda	tylko ogrzewanie	< 20 kW	380	450	+18%
woda/woda	tylko ogrzewanie	< 20 kW	60	60	0%
	tylko ogrzewanie	>20 kW	10	10	0%

Wnioski:

- Pompy powietrzne zdominowały rynek
- Pośród GPC zwiększa się udział pomp rewersyjnych i o dużej mocy
- Rynek GPC typu woda -woda jest b. mały (poniżej 100 sztuk /rok)

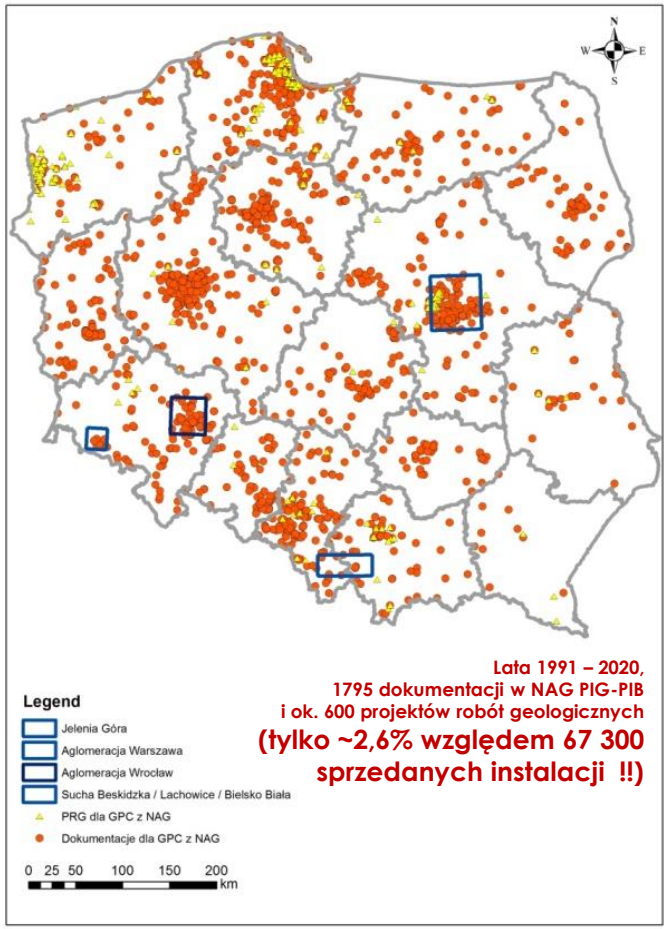
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ZASOBY GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE
AKTUALNA ILOŚĆ I MOC INSTALACJI GPC wg DANYCH NAG

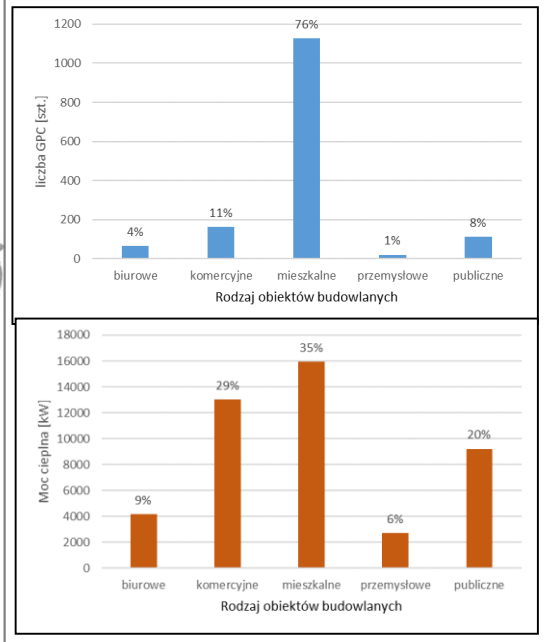
Forum Innowacyjności

Dane o gruntowych pompach ciepła zgromadzonych w NAG (Narodowvm Archiwum Geologicznym)



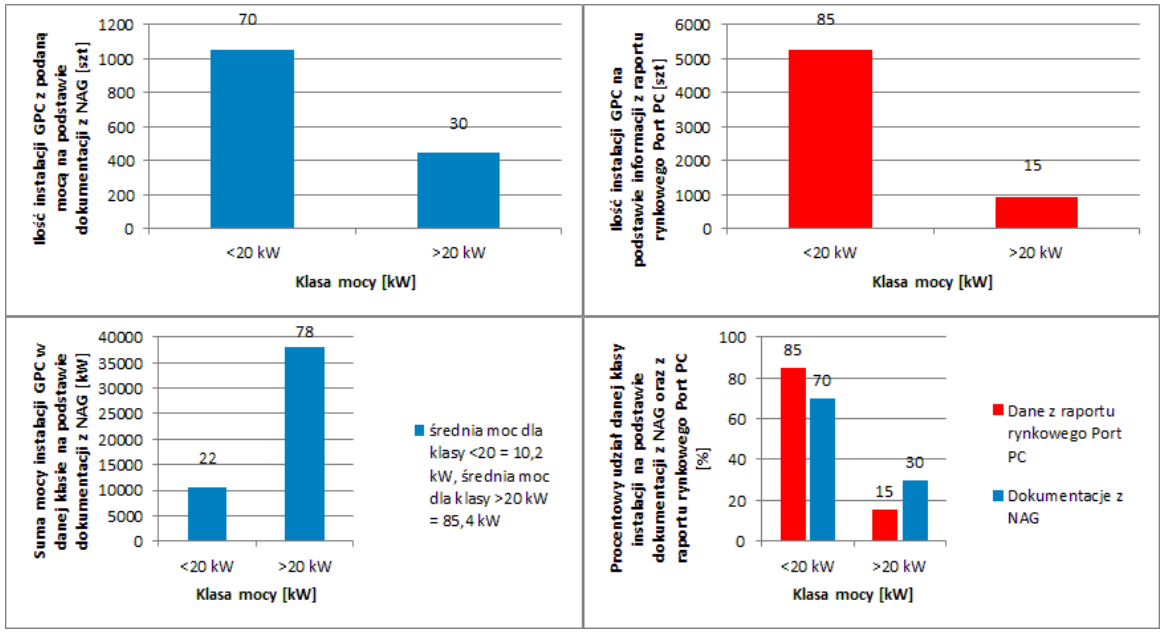
Lata 1991 – 2020,
1795 dokumentacji w NAG PIG-PIB
i ok. 600 projektów robót geologicznych
(tylko ~2,6% względem 67 300 sprzedanych instalacji !!)

- Jedynie 1491 dokumentacji posiada komplet informacji odnośnie typu budynku i zainstalowanej mocy GPC
- Ilość ta została potraktowana jako próba losowa dla dalszej analizy statystycznej



Sumaryczna moc cieplna dla poszczególnych rodzajów obiektów budowlanych (wg danych z dokumentacji geologicznych)

Analiza statystyczna danych NAG (próba losowa) i danych PORT PC



- Po analizie statystycznej przyjęto, że średnia moc małych instalacji GPC **(klasa <20kW) to 10,2 kW**, a średnia moc dużych instalacji GPC **(w klasie >20kW) to 85,4 kW**
- **Szacowana, całkowita zainstalowana moc cieplna GPC w Polsce do roku 2020 (dla 63 700 urządzeń, 85% w klasie do 20kW, 15% w klasie pow. 20kW) wynosi około 1,37 GW**

(wcześniejsze szacunki to ok. 0,65 GW: Kępińska 2021)

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Forum Innowacyjności

GEOTERMIA NISKOTEMPERATUROWA

ROLA W TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ KRAJU I KIERUNKI ROZWOJU

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

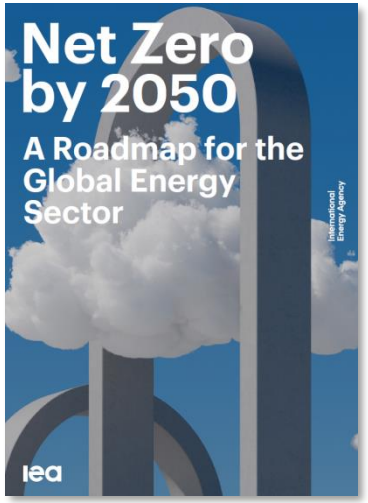
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

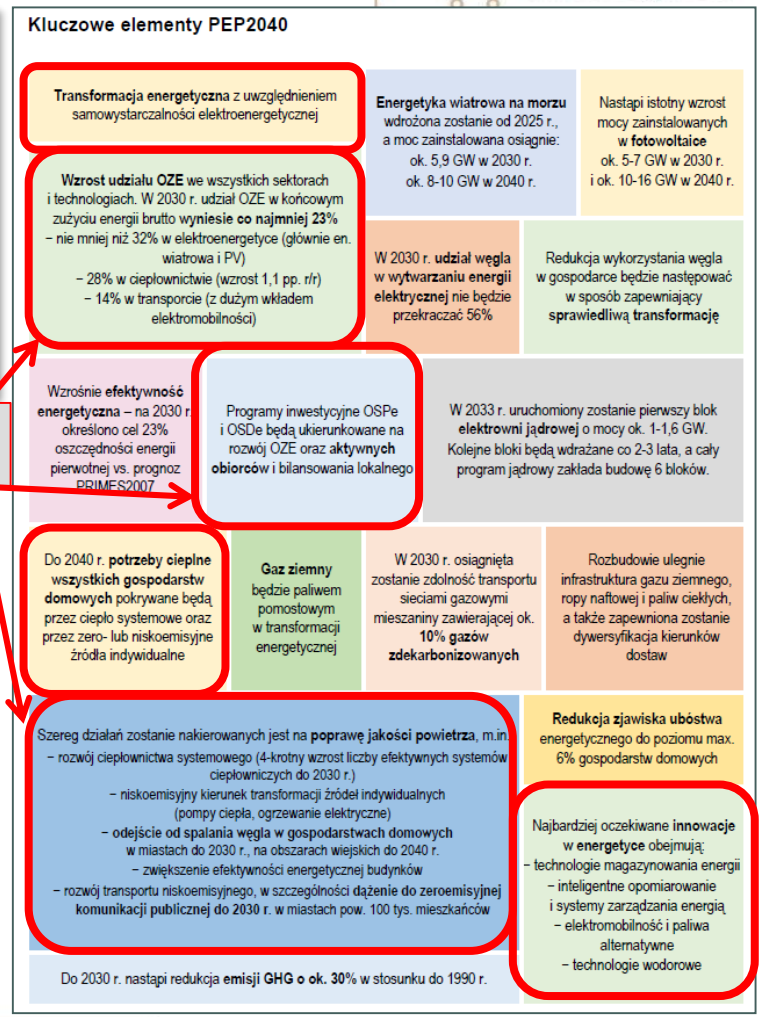
TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA UE i POLSKI
UDZIAŁ GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA

Forum Innowacyjności

- Znacząca rola pomp ciepła (wszystkich rodzajów) w polityce klimatycznej i transformacji energetycznej Unii Europejskiej i Polski w latach 2030-2050 jest podkreślana we wszystkich, aktualnie obowiązujących krajowych i unijnych dokumentach strategicznych (dyrektywach, planach, itp.) np:
  - Zielony Ład
  - Fit for 55
  - Fala Renowacji Budynków
  - Polityka Energetyczna Polski do 2040
  - Krajowy Plan na rzecz energii i klimatu 2021-2030
- jak również w raportach i publikacjach wyspecjalizowanych instytucji oraz organizacji pozarządowych np. IEA, EGEC, RHC, IRENA, POBE

Możliwy udział technologii GPC w realizacji PEP 2040





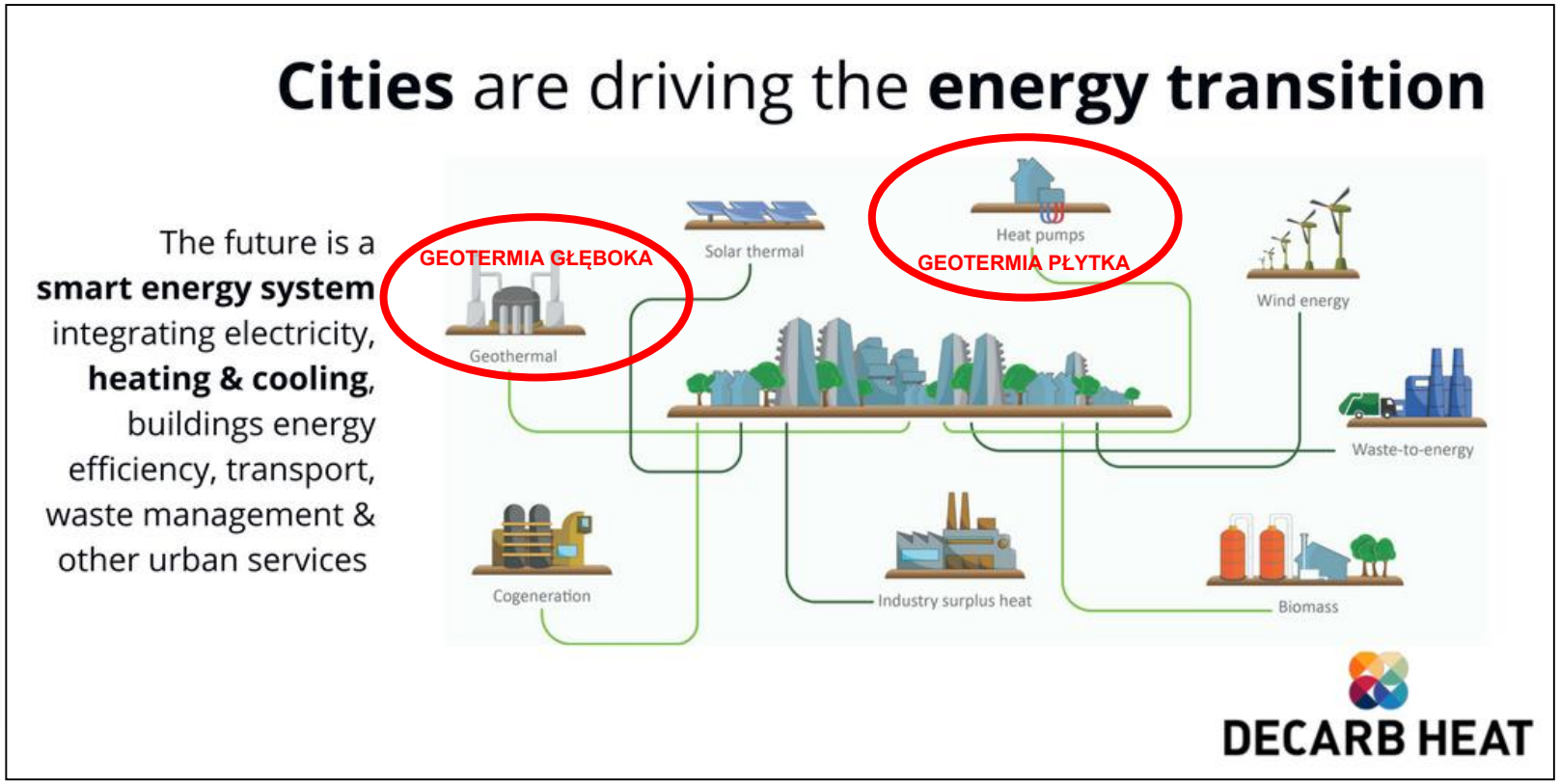
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ROLA GEOTERMALNYCH POMP CIEPŁA JAKO
ELEMENT INTELIGENTNYCH SIECI ENERGETYCZNYCH

Forum Innowacyjności

- Geotermalne pompy ciepła jako najczystsze, prawie zeroemisyjne źródło energii cieplnej i chłodu stanowi ważny element rozwoju inteligentnych sieci energetycznych **(smart grid)** i inteligentnych miast (**smart city**) opartych m.in. na synergii produkcji i wykorzystania różnych form odnawialnych źródeł energii

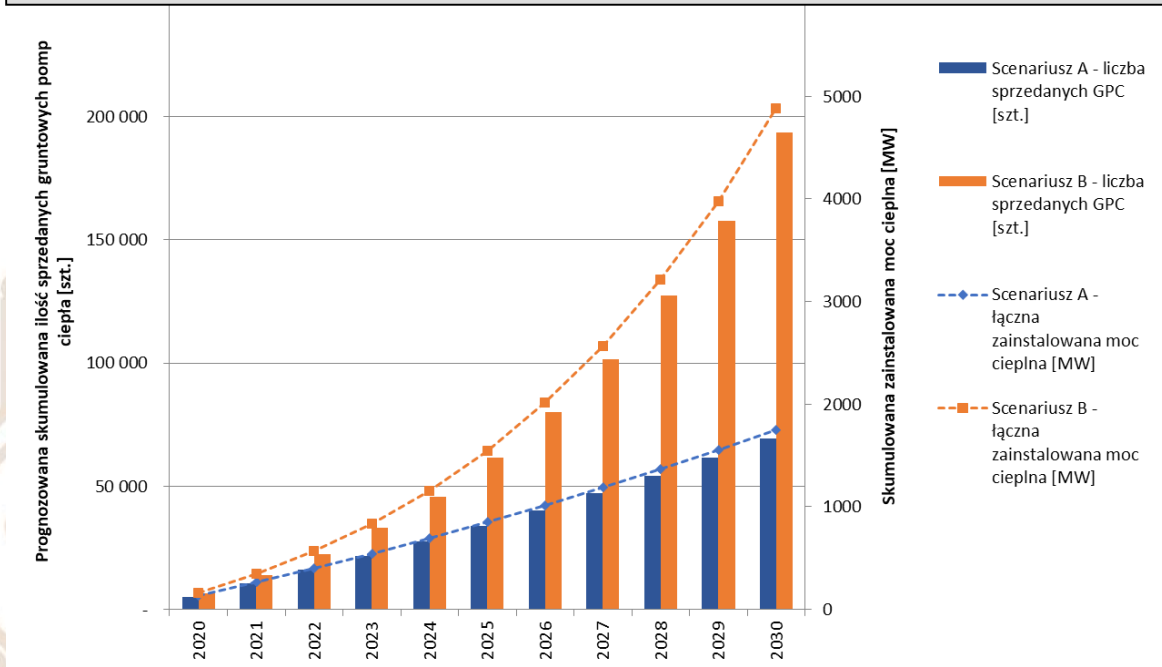


ROZWÓJ GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

PROGNOZOWANA ILOŚĆ I MOC INSTALACJI GPC W LATACH 2020 - 2030

Forum Innowacyjności

Prognoza skumulowanej liczby sprzedanych sztuk gruntowych pomp ciepła i ich mocy cieplnej, na bazie scenariuszy A (bazowym) i B (optymistycznym) wg raportu rynkowego PORT PC na okres 2020-2030 r. oraz danych z NAG. Uwaga: prognozę liczby sztuk GPC opisaną przez PORT PC jako dotyczącą tylko domów jednorodzinnych uznano za liczbę GPC we wszystkich typach budynków



Scenariusz B (optymistyczny)

Łącznie: 193 tys. sztuk GPC (wzrost o prawie 300%)

Łączna moc: 4,15 GW_t

Całk. produkcja ciepła: 8300 GWh (przy średniej 2000 rbg/r dla jednej GPC)

Scenariusz A (bazowy)

Łącznie: 69,5 tys. sztuk GPC (tylko podwojenie)

Łączna moc: 1,78 GW_t

Całk. produkcja ciepła: 3 561GWh (przy średniej 2000 rbg/r dla jednej GPC)

Prognoza dotycząca rozwoju rynku powietrznych i gruntowych pomp ciepła we wszystkich budynkach jednorodzinnych w Polsce od 2020 do 2030 r. (liczba sztuk) – scenariusz zbiorczy **(wariant optymistyczny B)**

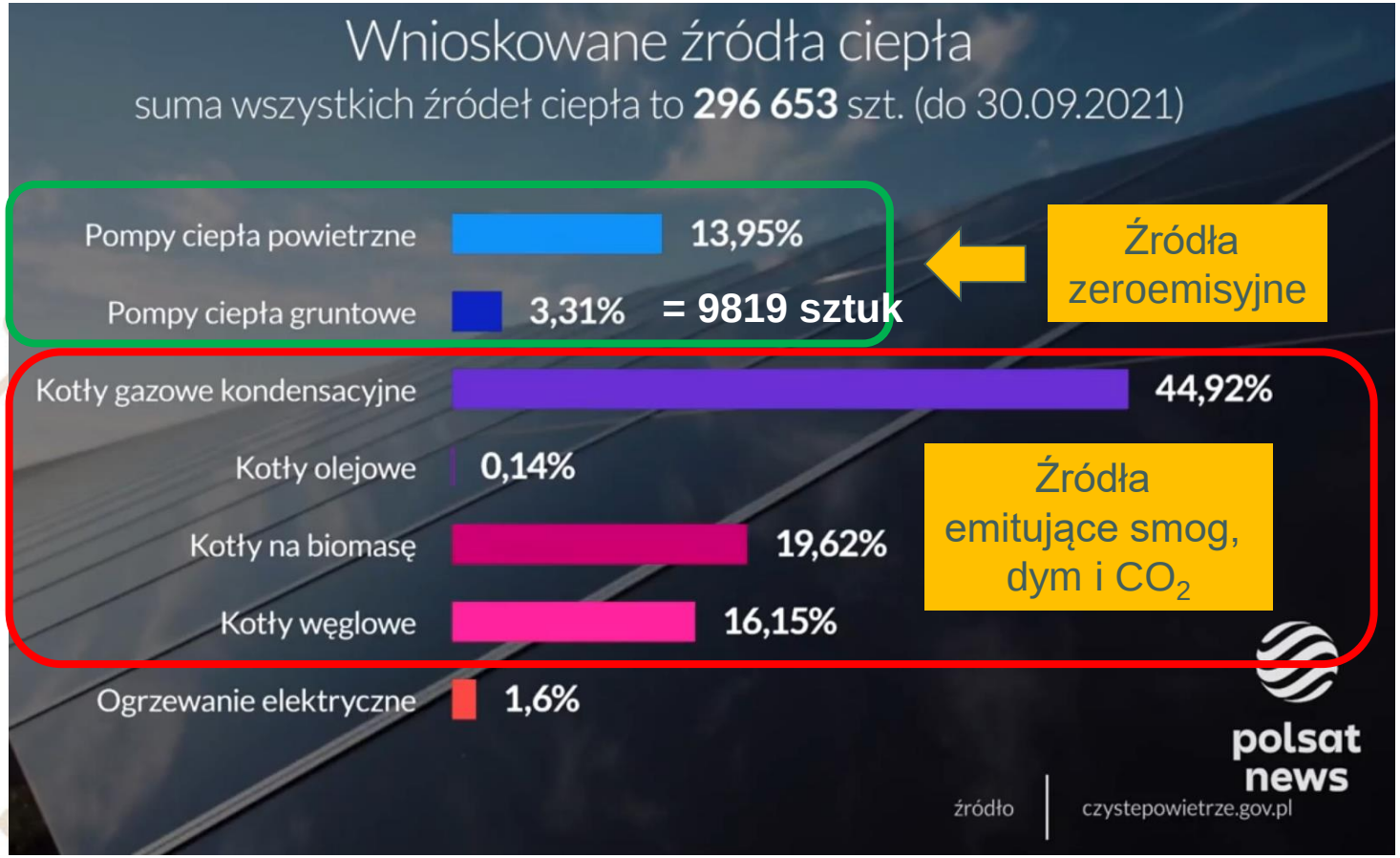
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ROZWÓJ GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

UDZIAŁ GPC W WYMIANIE ŹRÓDEŁ CIEPŁA – PROGRAM „CZYSTE POWIETRZE” 2018-2021

Forum Innowacyjności



- Udział powietrznych i gruntowych pomp ciepła w procesie wymiany źródeł ciepła w budynkach termo-modernizowanych jest zbyt mały tylko ok. 17%)
- **Preferowane przez inwestorów są źródła o niskich kosztach inwestycyjnych i szybkim montażu**
- Najpopularniejsze kotły gazowe choć niskoemisyjne (pod względem produkcji smogu) to wciąż są dużym emitentem CO_2 (są kraje, np. Austria gdzie kotły gazowe są już zastępowane przez pompy ciepła)
- Spalanie biomasy uznawanej za OZE (co jest podważane) obniża jakość powietrza
- Tempo procesu wymiany pieców powolne: wciąż pozostaje ok. **3,5 mln „kopciuchów”**

ROZWÓJ GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE

PORÓWNANIE KOSZTÓW OPERACYJNYCH GPC DO INNYCH ŹRÓDEŁ

Forum Innowacyjności

Koszt roczny ogrzewania domu o powierzchni 150 m2 w zależności od rodzaju paliwa oraz zapotrzebowania na ciepło 10.12.2021 r.

Rodzaj paliwa	Wartość opałowa paliwa	Cena jednostki paliwa (zł)	Sprawność urządzenia (procenty)	Koszt 1 kWh (zł)	DOM ENERGO-OSZCZĘDNY (zapotrzebowanie na ciepło 50 kWh/m2/rok)	DOM NOWY OCIEPLONY (zapotrzebowanie na ciepło 100 kWh/m2/rok)	DOM STARY NIEOCIEPLONY (zapotrzebowanie na ciepło 150 kWh/m2/rok)
Pompa ciepła gruntowa prąd G11	1 kWh	0,63	400	0,158	1 181 zł	2 363 zł	3 544 zł
Pompa ciepła powietrzna prąd G12: noce, 2 godz. dnia: 0,32 zł (70% czasu) reszta: 0,72 zł (30%)	1 kWh	0,44	250	0,176	1 320 zł	2 640 zł	3 960 zł
Drewno opałowe - buk, grab	4 kWh/kg	0,44	60	0,183	1 375 zł	2 750 zł	4 125 zł
Pellet drzewny 6 mm - 15 kg worek	5 kWh/kg	1,15	80	0,288	2 156 zł	4 313 zł	6 469 zł
Węgiel ekogroszek - wysokoenergetyczny	7 kWh/kg	1,42	75	0,270	2 029 zł	4 057 zł	6 086 zł
Węgiel orzech - wysokoenergetyczny	7 kWh/kg	1,39	70	0,284	2 128 zł	4 255 zł	6 383 zł
Gaz ziemny - taryfa W-3 (1201-8000 m3)	10 kWh/m3	2,32	98	0,237	1 776 zł	3 551 zł	5 327 zł
Gaz płynny - propan-butan	7 kWh/litr	2,36	98	0,344	2 580 zł	5 160 zł	7 741 zł
Olej opałowy - ekoterm plus	11 kWh/litr	3,72	90	0,376	2 818 zł	5 636 zł	8 455 zł
Prąd G12w - noce, 2 godz. dnia i weekend: 0,32 zł (90% czasu grzania) reszta: 0,78 zł (10% czasu)	1 kWh	0,36	99	0,364	2 727 zł	5 455 zł	8 182 zł
Prąd - taryfa całodobowa G11	1 kWh	0,63	99	0,636	4 773 zł	9 545 zł	14 318 zł

źródło: http://www.cena-pradu.pl/ogrzewanie.html

GPC to najniższy roczny koszt ogrzewania !!!

- Wielką zaletą gruntowych pomp ciepła jest ich najniższy roczny koszt użytkowania (*opex*), który jest tylko ceną pobranego z sieci prądu elektrycznego służącego do napędu pompy
- Koszt energii elektrycznej zużytej przez GPC można dodatkowo obniżyć przez jej podłączenie do własnej instalacji fotowoltaicznej
- Ostatnie podwyżki cen węgla i gazu czynią GPC jeszcze bardziej konkurencyjną technologią pod względem okresu spłaty zainwestowanego kapitału (*capex*)
- Pomimo dużych, początkowych kosztów inwestycyjnych GPC (50-100 tys. PLN) istnieje możliwość ich znaczącej redukcji poprzez pozyskanie dotacji z programów pomocowych i skorzystanie z podatkowej ulgi termo-modernizacyjnej

ROZWÓJ GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE
PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Forum Innowacyjności

- Geotermalne pompy ciepła (GPC) są sprawdzoną, niezawodną technologią o największym stopniu sprawności energetycznej (pow. 400%)
- GPC można instalować bez ryzyka na prawie całej powierzchni Polski (obszary bez możliwości ich montażu są nieliczne)
- Warunki hydro-geologiczne i termiczne skał podłoża są korzystne dla uzyskania dobrej mocy GPC systemów zamkniętych
- Warunki hydro-geologiczne warstw wodonośnych (generalnie ich słaba wydajność) pozwalają na b. ograniczone zastosowanie GPC systemów otwartych
- Tylko zastosowanie w najbliższej przyszłości dużej ilości zeroemisyjnych pomp ciepła do ogrzewania i chłodzenia budynków pozwoli na znaczącą poprawę stanu powietrza w Polsce, duże oszczędności w zużyciu paliw kopalnych (zwłaszcza z importu) oraz uzyskanie wymaganych wskaźników wzrostu OZE w ciepłownictwie

ROZWÓJ GEOTERMII NISKOTEMPERATUROWEJ W POLSCE
PROPONOWANE KIERUNKI DZIAŁAŃ

Forum Innowacyjności

- Promocja i zwiększenie wsparcia finansowego dla „PROSUMENTA," który wdraża system **łączący GPC z instalacją PV, magazynem energii elektrycznej oraz magazynami energii cieplnej (np. zbiornik buforowy co, zbiorniki cwu);** takie rozwiązanie pozwoli na maksymalne wykorzystanie własnych zasobów energii elektrycznej i odciążenie sieci energetycznych niskiego napięcia oraz duże oszczędności w zużyciu paliw kopalnych
- Szerokie zastosowanie zintegrowanych systemów GPC+PV w budownictwie indywidualnym ale też - przy użyciu cyfrowej technologii inteligentnego zarządzania systemem grzewczo-chłodniczym - w budynkach wielorodzinnych, osiedlach mieszkaniowych (wymiana lokalnych kotłowni węglowych), dużych obiektach publicznych lub komercyjnych
- Włączenie systemów GPC dużej mocy opartych na sieci zasilania niskotemperaturowego lub wysokotemperaturowego (np. w systemie kaskadowym) w zakres działania klastrów energii i spółdzielni energetycznych z koordynującą rolą tzw. agregatorów energii
- Lepsza promocja OZE w uzdrowiskach i na obszarach wiejskich, które stanowią doskonały rejon dla rozwoju rozproszonej energetyki, a szczególnie zastosowań GPC
- Większe zastosowanie i rozwój technologii GPC na obszarach transformacji węgla kamiennego (np. tworzenie nowych miejsc pracy przez przekwalifikowanie górników do wykonywania otworów wiertniczych dla GPC)
- Opracowanie studiów wykonalności GPC systemów otwartych dla przewidzianych do likwidacji kopalni węgla kamiennego

Forum Innowacyjności

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Kontakt:

Dr Wiesław Kozdrój, PIG-PIB, Wrocław, e-mail: wieslaw.kozdroj@pgi.gov.pl

Mgr Grzegorz Ryżyński, PIG-PIB, Warszawa, e-mail: gryz@pgi.gov.pl

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej