



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i
Gospodarki Wodnej



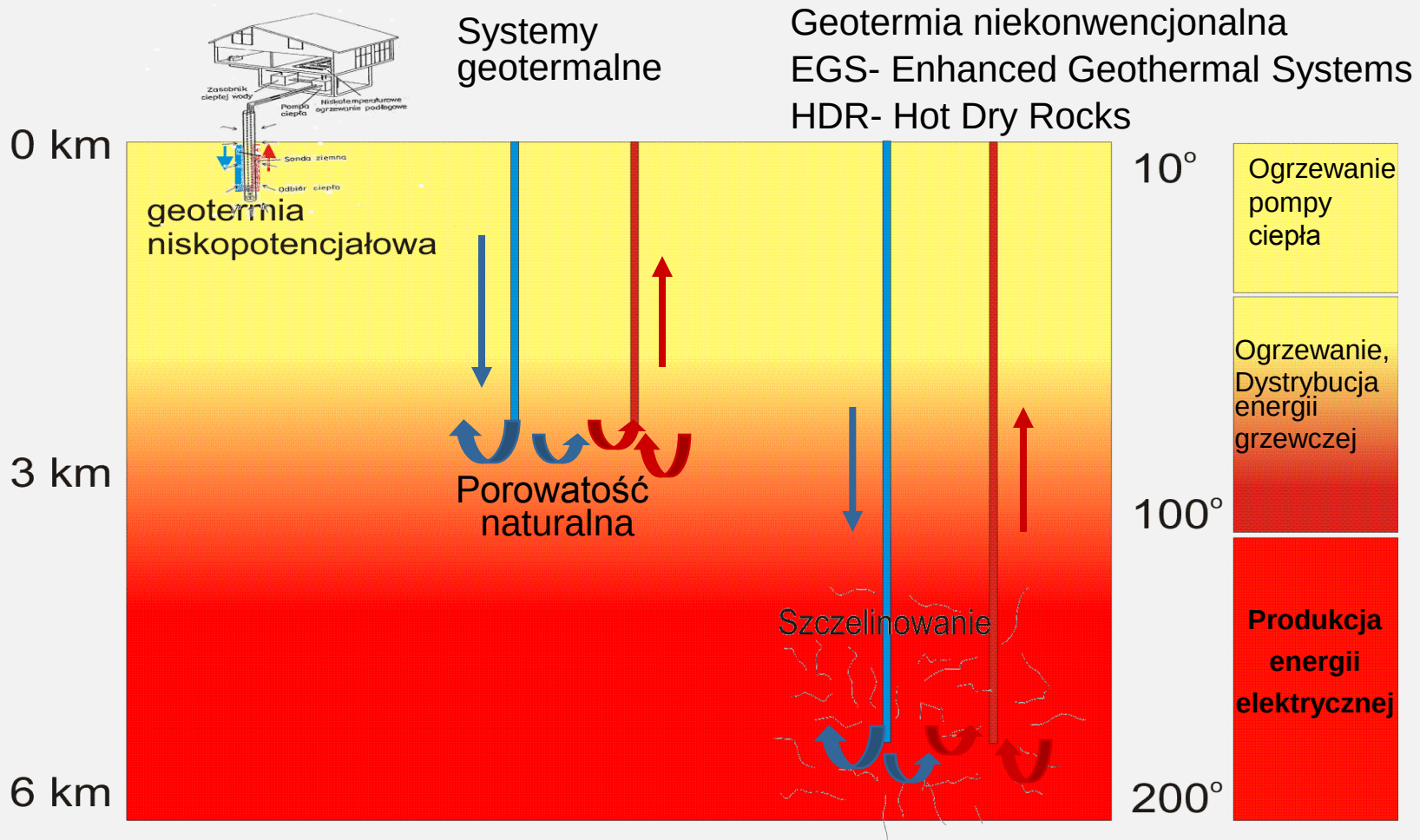
MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce.

Adam Wójcicki & zespół projektu

Warszawa, 11 czerwca 2013 r.

Pozyskiwanie ciepła z Ziemi *(w warunkach naszego kraju)*



Pojęcia

Niekonwencjonalne systemy geotermiczne –

Hot Dry Rocks (HDR) – systemy geotermiczne obejmujące suche skały, szczelinowane

Enhanced Geothermal Systems (EGS) – wzbudzone systemy geotermiczne/hydrotermalne

Czasami uważa się że pojęcie HDR zawiera się w EGS, czasami też EGS jest synonimem HDR (nie bierze się wtedy chyba pod uwagę wzbudzania systemów hydrotermalnych).



Historia (wybrane projekty HDR/EGS)

1974 – 1992 Fenton Hill, NM, USA (granity);

1977 – 1991 Rosemanowes Quarry, Wielka Brytania (granity);

1981 – 1986 Hijiori, Japonia (na skraju wulkanu);

1990 – Soultz, Francja (granity);

1993 – Ogachi, Japonia (granodioryty);

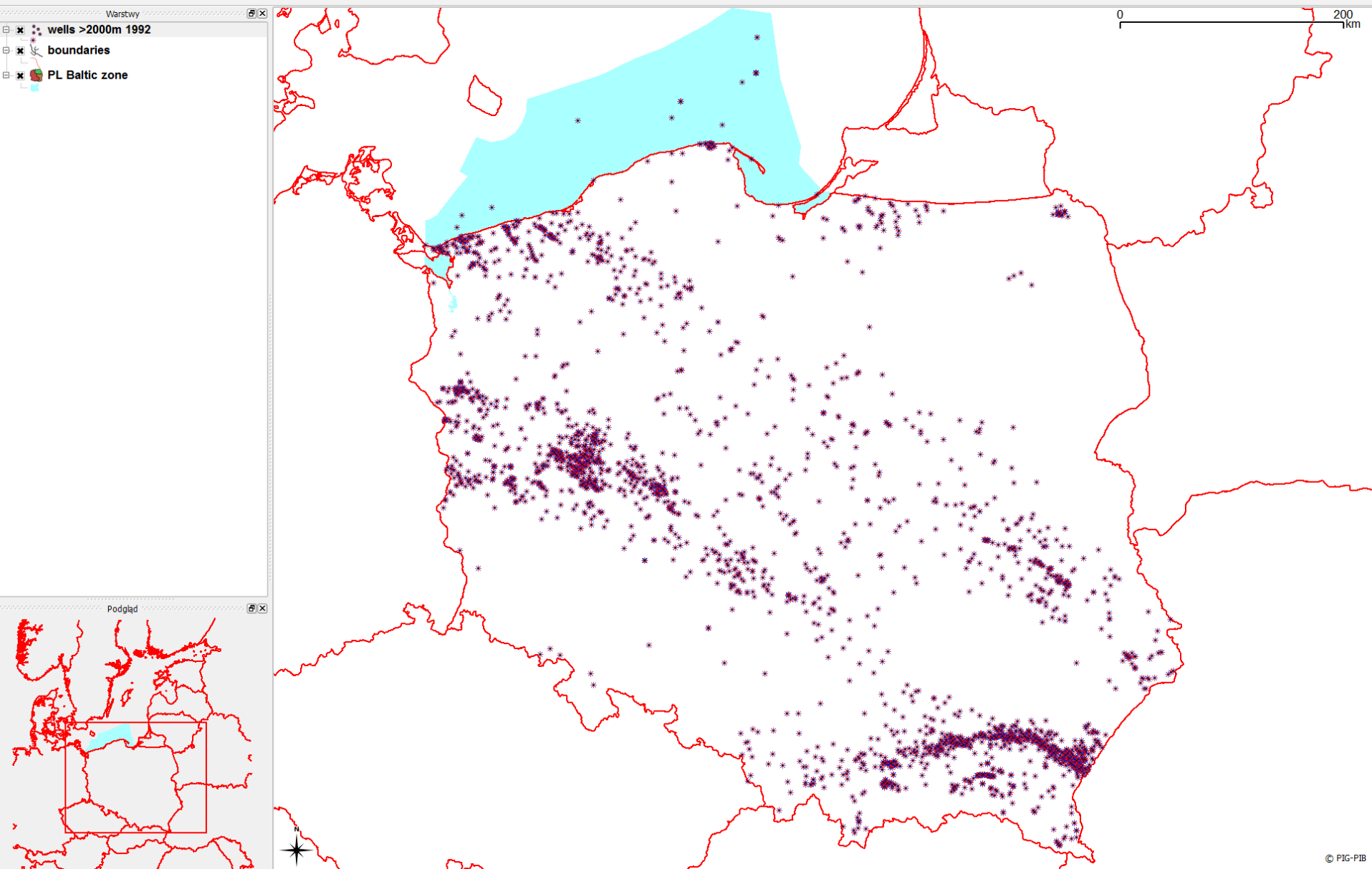
2001 – Gross Schoenebeck, Niemcy (skały osadowe & wulkanity)

2003 – Cooper Basin, Australia (granity)

2007 – Landau, Niemcy (granity & skały osadowe)



Otwory o głębokości ponad 2 km w Polsce



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Cel i ogólny zakres przedsięwzięcia

Celem przedsięwzięcia była ocena możliwości wykorzystania struktur geologicznych do budowy zamkniętych systemów geotermicznych – Hot Dry Rocks (HDR) & EGS na obszarze Polski (w skałach krystalicznych, wulkanicznych i osadowych).

Zakres (bloki tematyczne, etapy)

- Wybór lokalizacji na podstawie materiałów archiwalnych (1.1, 1.2);
- Wykonanie uszczegółowiających, powierzchniowych badań geofizycznych (grawimetria, magnetyka, MT; 1.3, 1.3a, 2.1, 2.2, 2.16, 2.18, 2.19);
- Wykonanie otworu badawczego 200 m (2.9, 2.10, 2.17);
- Analizy laboratoryjne próbek skał (2.5, 2.6, 2.7, 2.15);
- Modele geologiczno-geofizyczne dla wytypowanych obszarów (2.3, 2.4, 2.8, 2.11, 2.12);
- Modelowania potencjału (HDR) i wymiany ciepła (2.13, 3.1, 3.2);
- Pozostałe zagadnienia.



Baza danych (otworowych) projektu

HDR - Hot Dry Rocks

Process for harnessing geothermal energy from hot dry rocks to electricity

Elektryczność do sieci

Lokalizacja otworów

Profile otworów

Turbines and Generator

Heat Exchanger

Analizy

Badania geochemiczne

Badania porowatości i gęstości

Badania petrofizyczne

Petrofizyka - Analizy termiczne

Przeobrażenia magmowe

Skł. mineral. skał magmowych

Badania planimetryczne

Słowniki systemu

Słownik chronostratygraficzny

Słownik litostratygraficzny

Słownik ark. 1:50 000

Słownik ark. 1:100 000

Słownik litologiczny

Fractured reservoir

The project database (wells)

Petrofizyka - analizy termiczne

Szukaj otworu: DĘBNO 1

Nazwa otworu: DĘBNO 1

Głębokość otworu: 3500 Wsp. EU ref. X: 143907.29 Wsp. EU ref. Y: 524557.71

WYDZIELENIA OTWÓI

Strop	Spąg	Kod litologiczny	Dodatk. opis litologiczny	Kod stratygraf.
2 547.00	2 478.00	411	sól najmłodsza górna	P24
2 478.00	2 480.00	100	czerwone iły solne	P24
2 480.00	2 511.00	411	sól najmłodsza dolna	P24
2 511.00	2 512.00	400	anhidryt pegmatytowy	P24
2 512.00	2 513.50	100	czerwone iły dolne	P24
2 513.50	2 516.50	400	anhidryt stopowy	P23
2 516.50	2 648.00	411	sól młodsza	P23
2 648.00	2 683.00	400	anhidryt główny	P23
2 683.00	2 685.00	100	szary ił solny	P23
2 685.00	2 686.00	400	anhidryt kryjący	P22
2 686.00	3 349.00	411	sól starsza	P22
3 349.00	3 351.00	400	anhidryt podstawowy	P22
3 351.00	3 355.00	260	dolomit główny	P22
3 355.00	3 458.00	400		P21
3 458.00	3 500.00	440	tułity	PCS

Rekord: 550 z 635

ANALIZY

Akronim	Głęb. [m]	Przew. ciep. K [W/m²°C]	Pojem. cieplna [C]	Ciep. radiacji [W/m²]
DEB1_02	3 465.20	1.99		
DEB1_03	3 467.20	1.96		
DEB1_04	3 470.00	1.96		
DEB1_05	3 472.00	2.01		
DEB1_06	3 496.10			
DEB1_07	3 497.30	1.98		
DEB1_08	3 499.50	2.01		

OT_petrofiz

Nazwa otworu: Dębno-1

Miejscowość:

Wsp. EU ref. X: 416 006.09 Wsp. EU ref. Y: 354 181.16 Rzędna Z: 94.72 Głęb. otworu: 1 500.00

Zestawienie opróbowień petrofizycznych

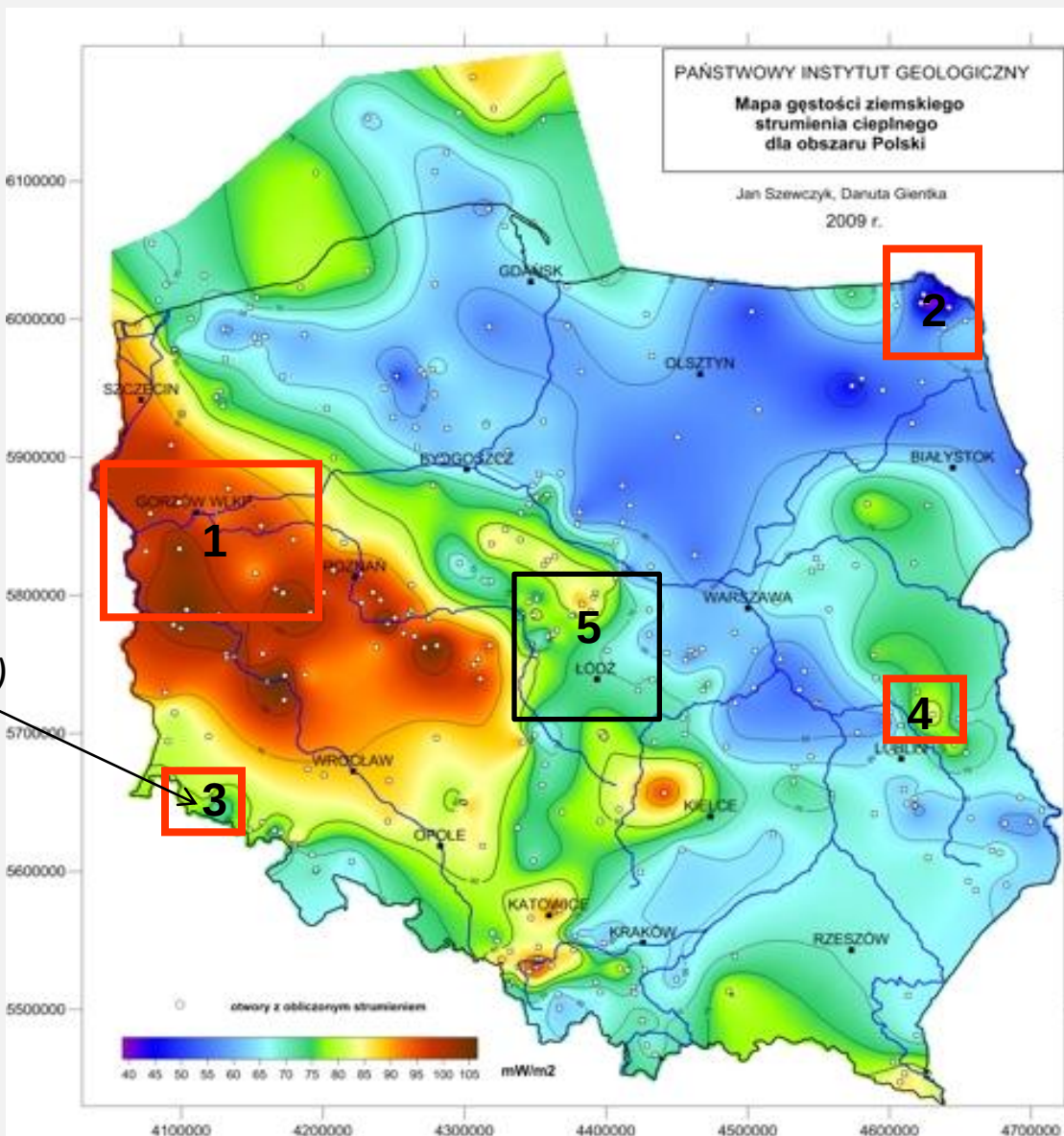
Akronim próbki	Spąg próbki	Strop próbki	Litologia	Gęstość [g/cm³]		Porowatość [%]		CaCO3	CaMg(CO3)2	Przepuszczalność [mdcy]			
				właściwa	objętościowa	objętościowa usredniona	efektywna			całkowita	X	Y	Z
1 255.60	1 255.60	1 255.70		0.00	0.0000		0.45	0.00	0.00	0	0	0	0.39
1 257.60	1 257.60	1 257.70		0.00	0.0000		0.67	0.00	0.00	0	0	0	0.252
1 265.50	1 265.50	1 265.60		0.00	0.0000		0.28	0.00	0.00	0	0	0	1.514
1 268.50	1 268.50	1 268.60		0.00	0.0000		0.40	0.00	0.00	0	0	0	0.158
1 273.60	1 273.60	1 273.70		0.00	0.0000		6.49	0.00	0.00	0	0	0	0.361
1 278.40	1 278.40	1 278.50		0.00	0.0000		7.21	0.00	0.00	0	0	0	0.505



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

1. **Monoklina Przedsudecka** –
rejon Gorzowa Wielkopolskiego:
wulkanity dolnopermskie
(trachyandezyty?)
2. **Kraton wschodnioeuropejski** –
obszar Wigier
3. **Masyw Karkonoski** –
rejon Szklarskiej Poręby
(nowy otwór Czerwony Potok):
górnokarbońskie granity plutonu
Karkonoszy (8-9 km miąższości?)
4. **Kraton wschodnioeuropejski** -
- Obszar Lubelszczyzny (rejon
Busówno-Krowie Bagno):
eokambryjskie intruzje, wizeńskie
dajki (bazalty i diabazy?)
5. **Polska centralna** – skały
osadowe triasu i starsze
(następny slajd)



Analizy systemów geotermicznych w skałach osadowych (dolny trias, dolny perm, ew. karbon)

REJON SZCZECINA - OPIS, RDZENIE

OBSZAR 2 – rejon o warunkach najbardziej zbliżonych do HDR i technologii EGS - warunki korzystne, ale problem z poborem rdzeni i modelowaniem. Jest 5 otworów głębokich w obszarze dowiercających trias lub perm, można próbować na tym coś zrobić. Rdzenie pobierzemy, ale przymierzamy się raczej do opisu niż modelowania

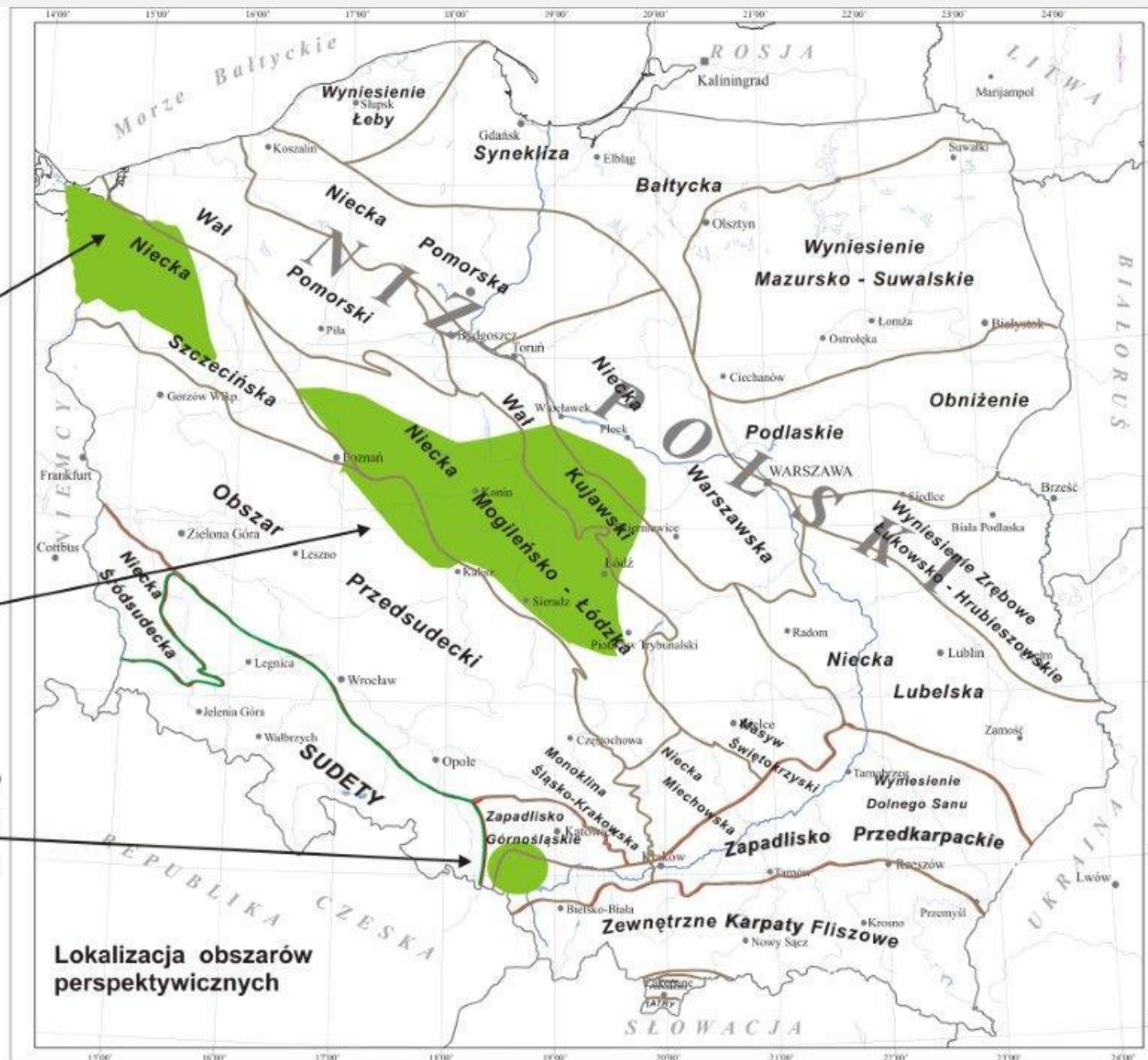
NIECKA MOGILEŃSKO-ŁÓDZKA - MODELOWANIA !!!

OBSZAR 1 do modelowania, ze względu na liczbę otworów która to umożliwi. Perspektywiczny trias o dużej miąższości

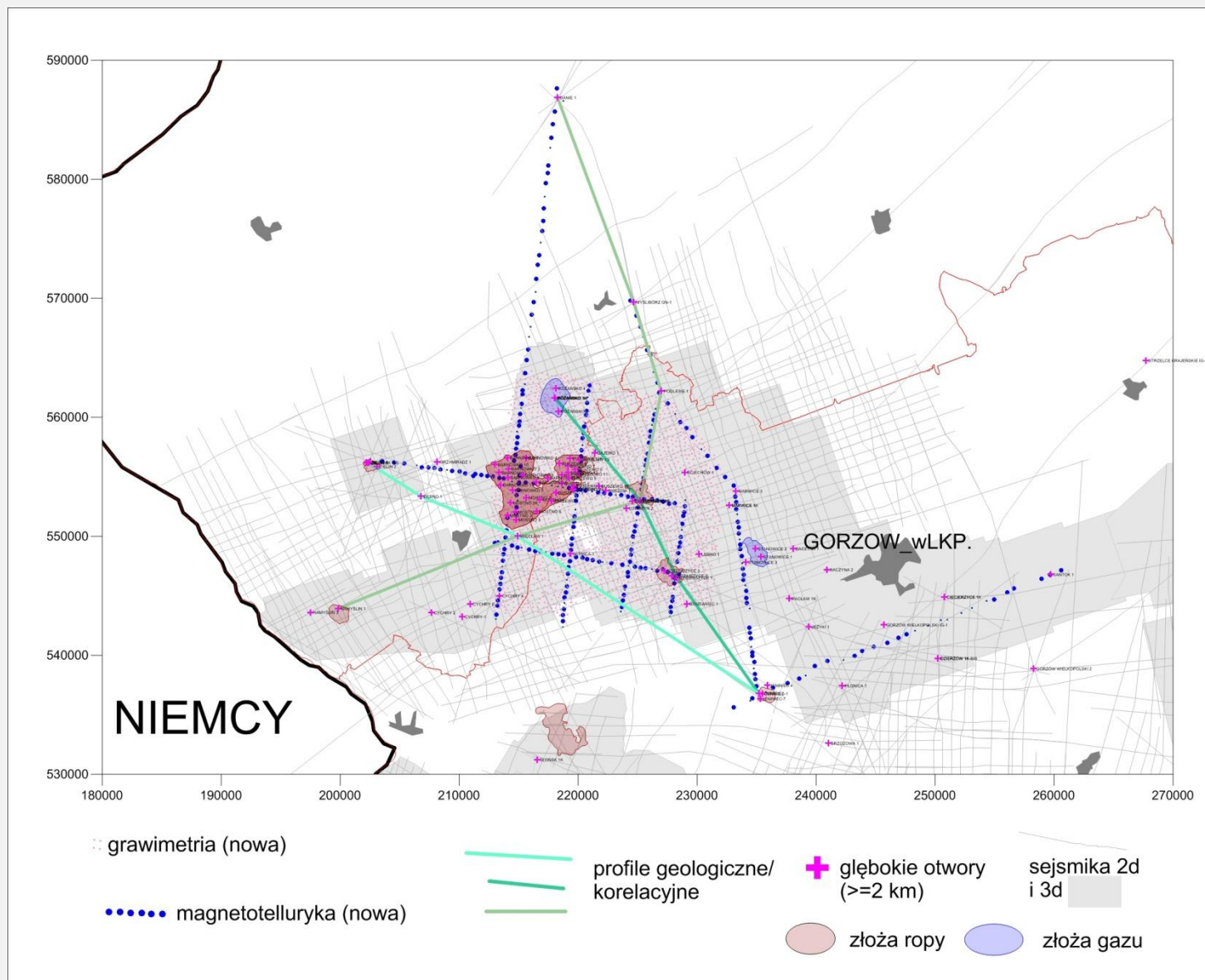
GÓRNY ŚLĄSK - opisowo

Wybrany jako **OBSZAR 3**, ale raczej do części opisowej niż do modelowania. Większość otworów na granicy obszaru, na 3 km powinni być karbon ewentualny do rozważenia, ale zaraz pod nim mogą być już skały krystaliczne (część PIG-u). Natomiast słabo jest to udokumentowane danymi otworowymi.

Lokalizacja obszarów perspektywicznych

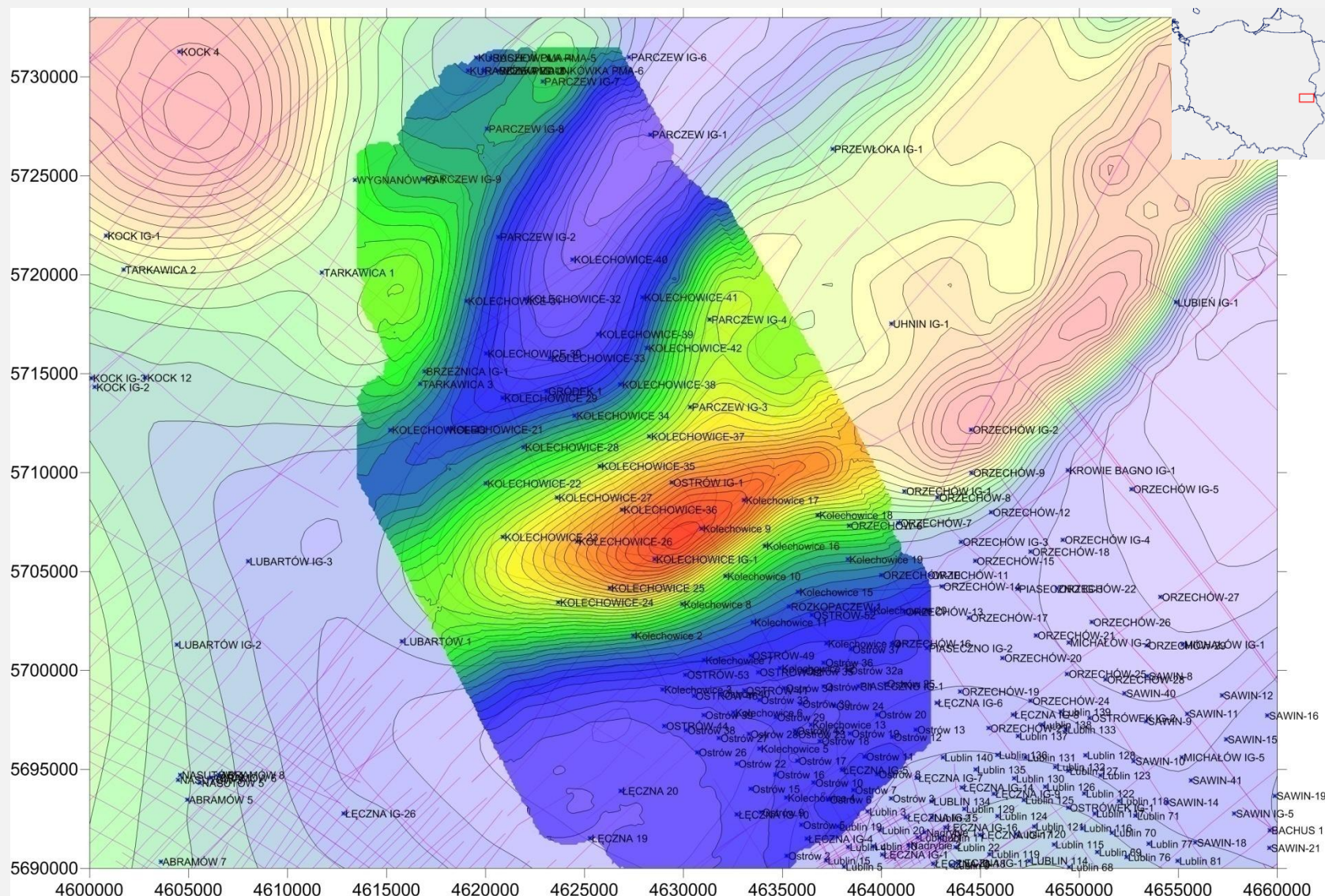


Rejon bloku Gorzowa – przedmiotem analiz są wulkanity dolnopermskie, wykonano badania magnetotelluryczne i grawimetryczne



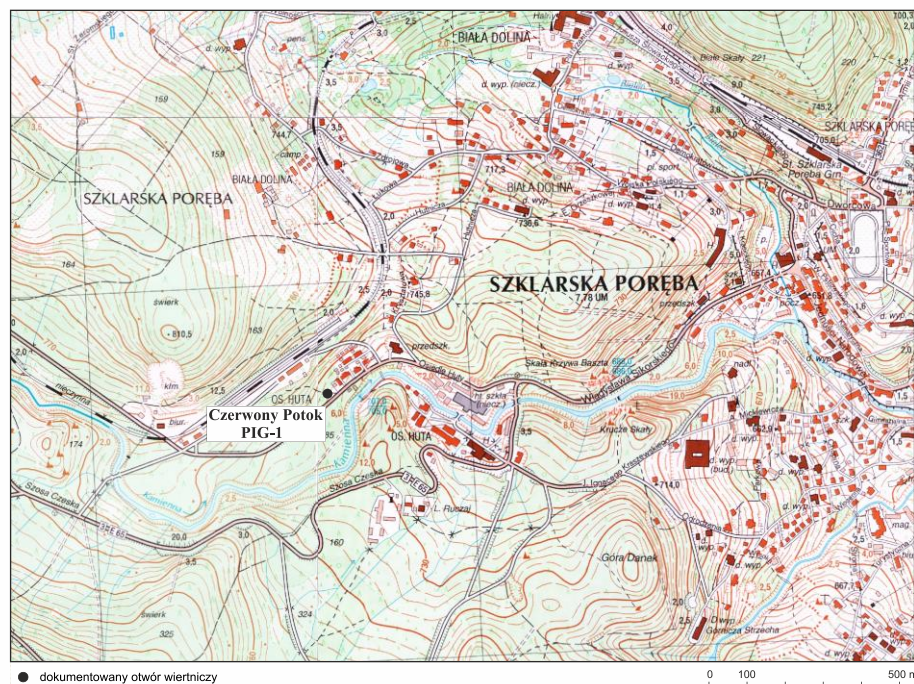
Analizy systemów geotermicznych w rejonie Lubelszczyzny

Wyniki nowych pomiarów magnetometrycznych na tle starych oraz lokalizacji sejsmiki i otworów



Otwór Czerwony Potok PiG-1 w rejonie Szklarskiej Poręby - Huty

- Pobranie próbek rdzeni do analiz laboratoryjnych (petrograficzno-mineralogicznych, petrofizycznych parametrów zbiornikowych, termicznych)

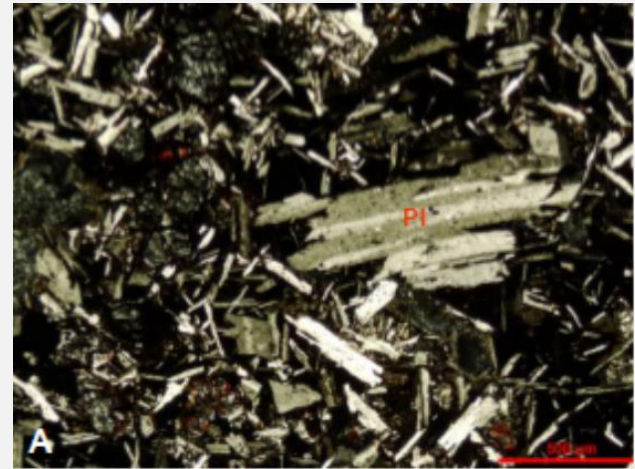
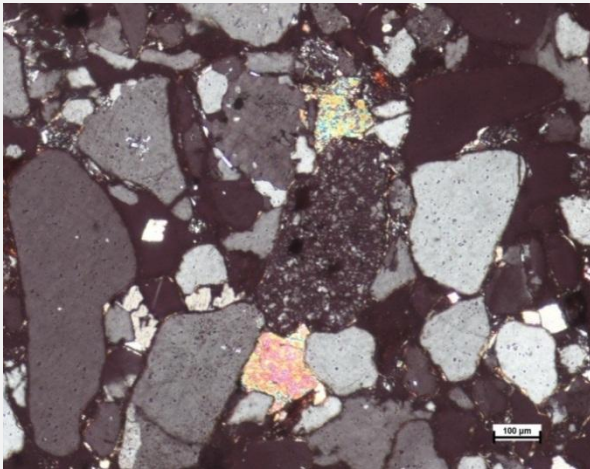


- Pomiary temperatury (1x nieustal., 2x ustal.)
- Pomiary geofizyki wiertniczej

Badania – analizy laboratoryjne - na próbkach skał (archiwalnych)

Analizy petrologiczne

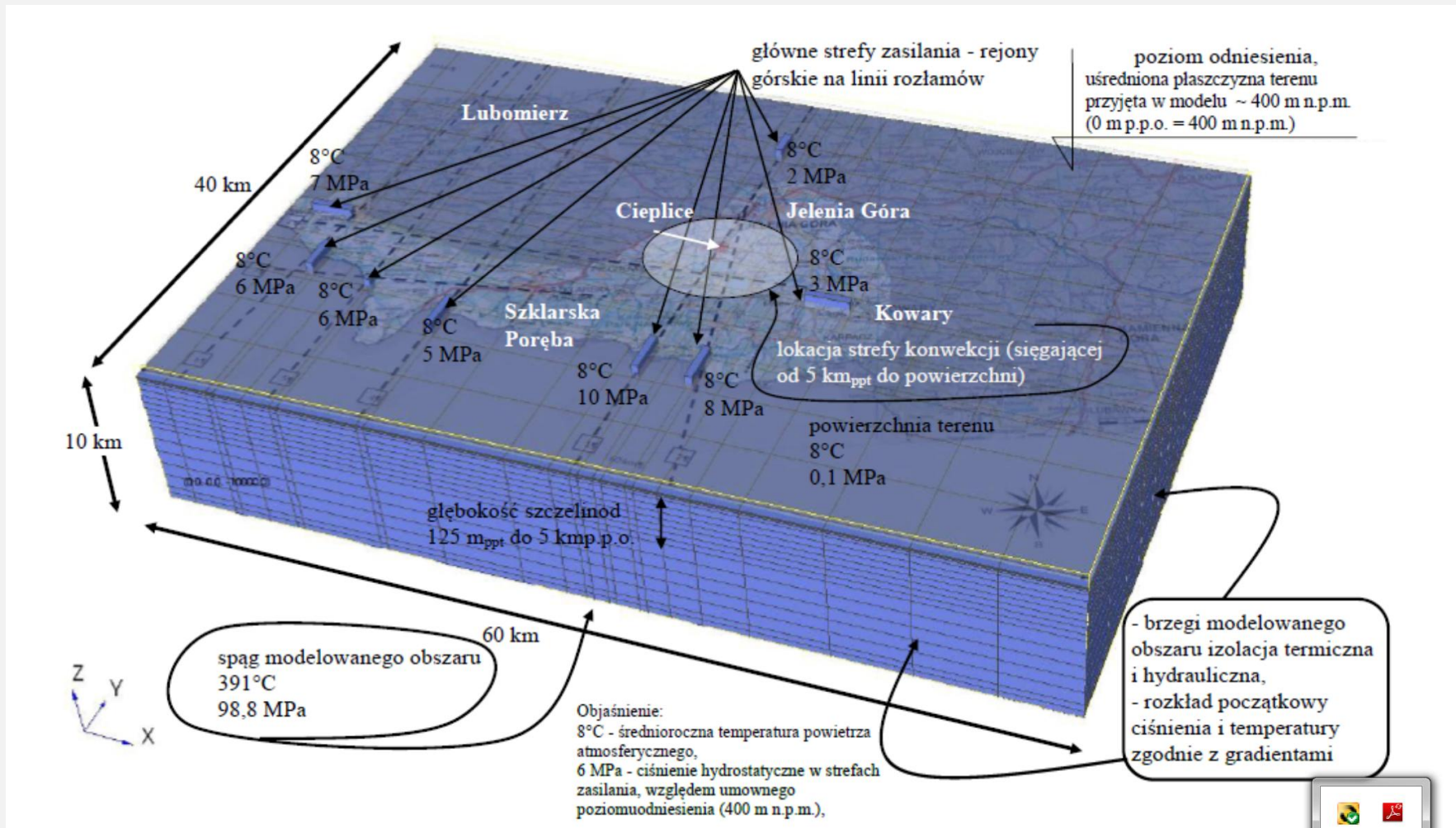
- petrograficzne-mineralogiczne
- składu ziarnowego (tylko skały osadowe)
- chemiczne (tylko magmowe)



Analizy petrofizyczne

- własności zbiornikowych / filtracyjnych (porowatości przepuszczalności, gęstości, średnicy por)
- termicznych (ciepła właściwego, przewodności cieplnej)
- mechanicznych (stałych sprężystości, wytrzymałości na ściskanie)
- radiometrycznych (stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych)

Modele geologiczno-geofizyczne – obszar dla skał krystalicznych



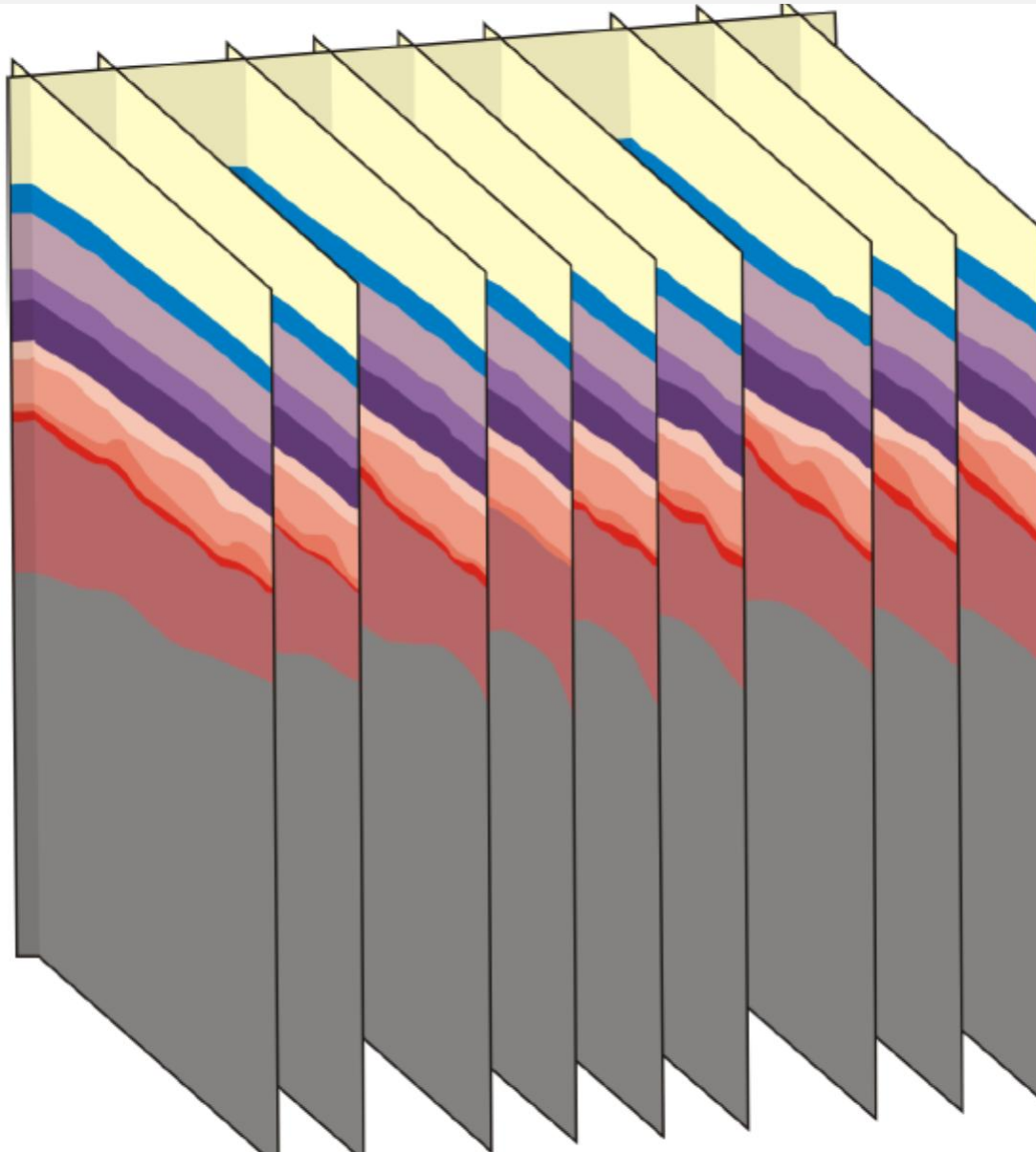
Finalny model geologiczno-geofizyczny dla wytypowanego obszaru Karkonoszy



Państwowy Instytut Geologiczny
 Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

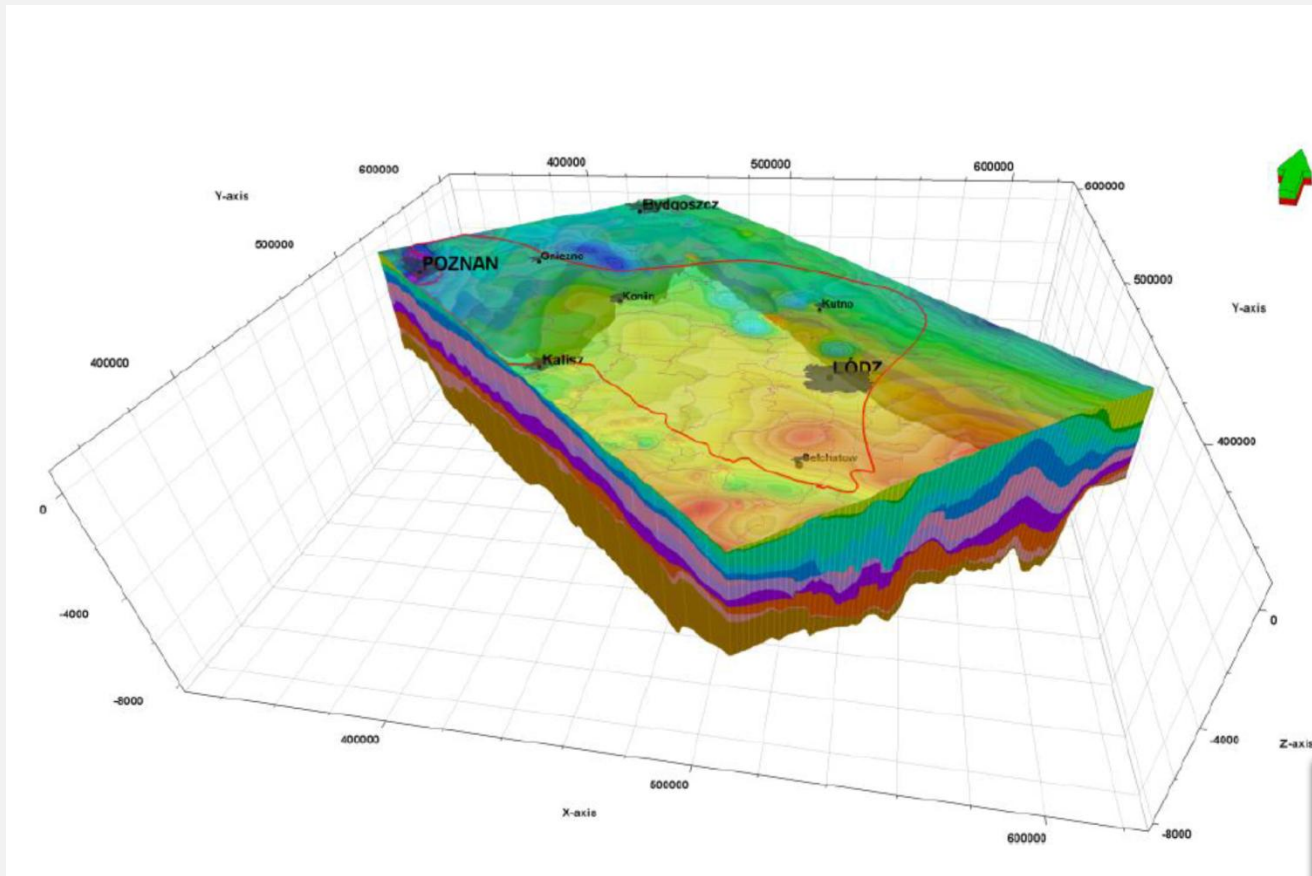
Modele geologiczno-geofizyczne – obszar dla skał wulkanicznych (Geomodeller)



Blok Gorzowa
model strukturalno-
parametryczny
(horyzonty
sejsmiczne,
gęstości z otworów,
parametry
magnetyczne);
modelowanie
grawimetryczne i
magnetyczne –
dobór parametrów
dla najlepszego
dopasowania
rozkładów anomali
pomierzonych i
obliczonych.

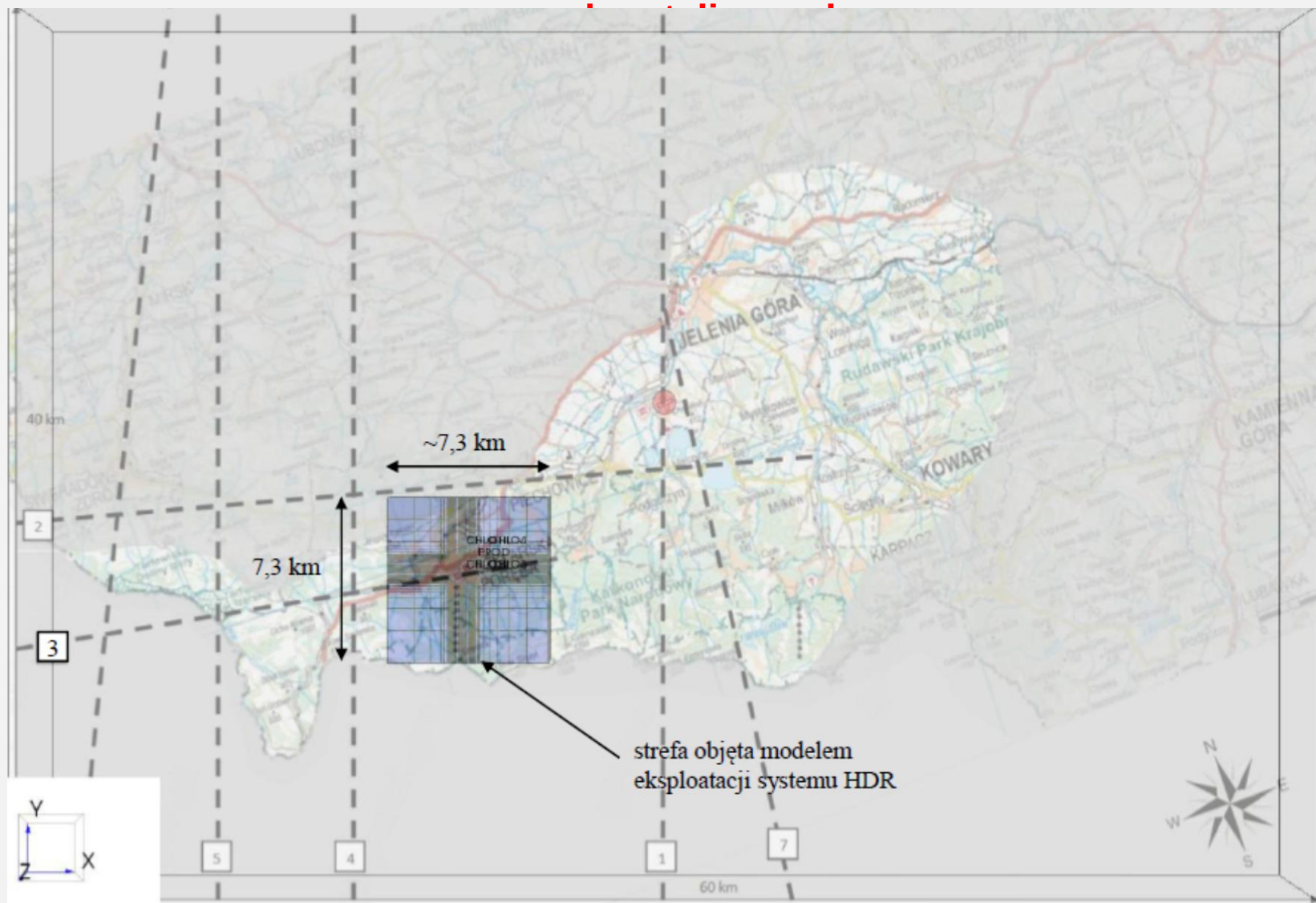


Modele geologiczno-geofizyczne – obszar dla skał osadowych (Petrel)



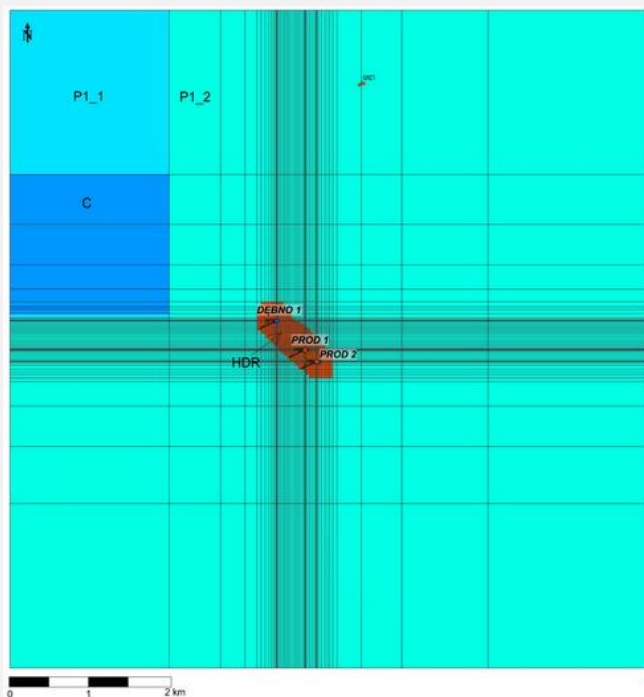
Model strukturalny (sejsmika); wypełniany parametrami (litologia, zailenie, porowatość, przepuszczalność, gęstość, przewodność cieplną, ciepło właściwe, własności mechaniczne, radiometryczne)

Modelowania potencjału (HDR/EGS) i wymiany ciepła – obszar dla skał

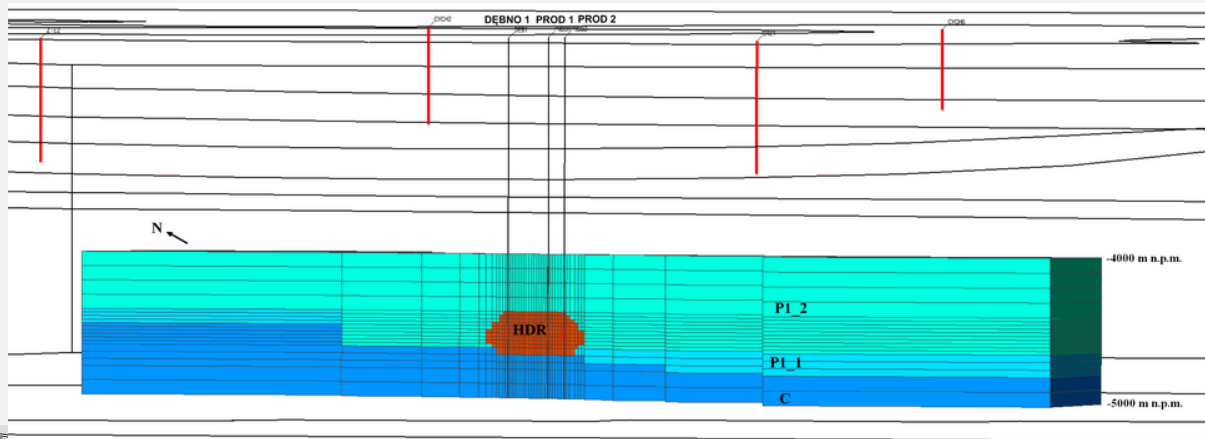


Karkonosze, rejon Szklarskiej Poręby; moc instalacji netto rzędu 1-2 MWe (cieplna x 8); głębokość rzędu 4 km

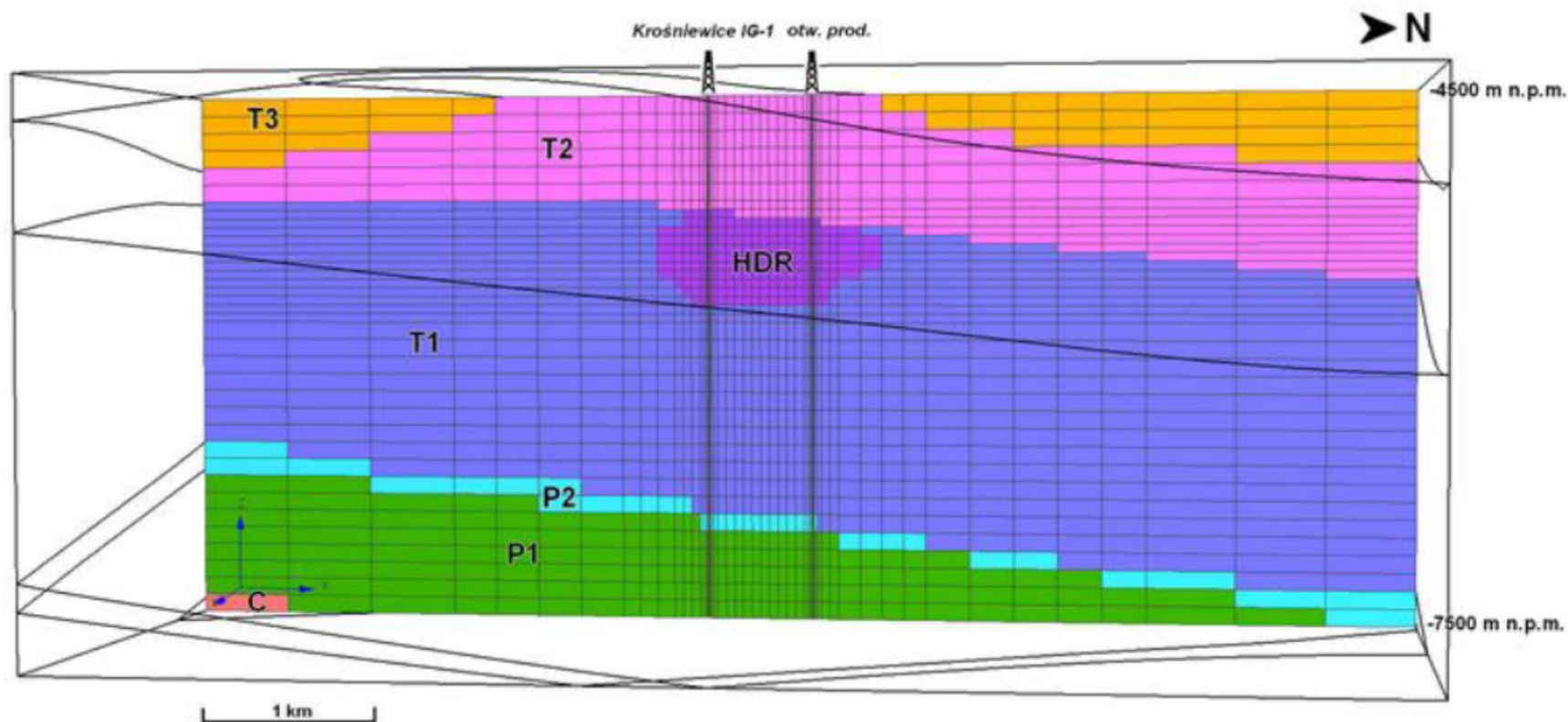
Modelowania potencjału (HDR/EGS) i wymiany ciepła – obszar dla skał wulkanicznych



Blok Gorzowa, rejon Dębna,
Moc instalacji netto rzędu
1 MWe
(cieplna x 8);
Głębokość rzędu 4 km



Modelowania potencjału (HDR/EGS) i wymiany ciepła – obszar dla skał osadowych



Model dla rejonu Krośnice – moc instalacji netto rzędu 1.5-2 MWe (cieplna x 8); głębokość rzędu 5.5 km

Podsumowanie

Niniejsza praca jest pierwszym tego rodzaju syntetycznym opracowaniem w Polsce, dotyczącym oszacowania możliwości zastosowania technologii HDR/EGS w skali całego kraju.

Badania przeprowadzono dla wytypowanych struktur występujących w trzech różnych warunkach geologicznych – osadowym kompleksie skalnym, kopalnej pokrywie wulkanicznej i masywie krystalicznym.

Wyniki modelowań mogą stanowić przesłanki dla projektowania pilotażowych instalacji geotermalnych wykorzystujących ciepło suchych skał. zarówno dla typowanych lokalizacji (scharakteryzowanych poniżej) jak i innych lokalizacji w analogicznych warunkach geologicznych. Dotyczy to lokalizacji w masywach krystalicznych na obszarze Sudetów, w kopalnej pokrywie wulkanicznej w rejonie bloku Gorzowa i jego sąsiedztwie, a także osadowych kompleksów skalnych występujących na ogromnym obszarze Polski centralnej i, w mniejszym stopniu, na obszarze Polski północno-zachodniej.

Jednakże z uwagi na niewystarczającą wiedzę odnośnie parametrów i zachowania się rozpatrywanych typów ośrodka skalnego w procesie szczelinowania i transportu zatłaczanych płynów, budowa pilotażowych instalacji geotermalnych powinna być poprzedzona badaniami geofizycznymi, wierceniami, poborem bogatego zestawu prób i różnorodnymi testami i pomiarami w nowych otworach, weryfikującymi założenia przyjęte w trakcie modelowań pojemności cieplnej i potencjału dla produkcji energii elektrycznej i cieplnej oraz modelowań numerycznych efektów wymiany ciepła skał z zatłaczanymi płynami.



1. Skąły krystaliczne – rejon Karkonoszy/Szklarskiej Poręby (1-2 MWe; strop warstwy 4 km).

Pluton Karkonoszy stanowi system geotermiczny o potencjalnie bardzo korzystnych warunkach dla wykorzystania technologii HDR i/lub EGS, głównie na skutek charakteru litologicznego budujących go utworów granitowych, najbardziej podatnych na procesy szczelinowania. Efektywność systemu zależy jednak od wzajemnej relacji pomiędzy trzema parametrami eksploatacji: objętości strefy aktywnej hydraulicznie, przepuszczalności tej strefy oraz wydajności układu. Np. próba przetłoczenia zbyt dużego strumienia wody pomiędzy otworami w warunkach wysokiej przepuszczalności powodowałaby szybkie wychłodzenie złoża oraz w krótkim czasie gwałtowny spadek mocy. W Karkonoszach problemem może być tektonika wgłębna, tzn. możliwość niekontrolowanej ucieczki i strat zatłaczanych płynów. Wymaga to dokładnego rozpoznania strefy potencjalnej lokalizacji przed podjęciem decyzji o budowie zakładu pilotażowego.

2. Skały wulkaniczne – rejon bloku Gorzowa/Dębna (1 MWe; strop warstwy 4 km).

Ze względu na podwyższoną w skali regionalnej temperaturę oraz dużą miąższość utworów wulkanicznych, szczególnie atrakcyjnym rejonem w kontekście wykorzystania zasobów geotermicznych metodą HDR jest północno-zachodnia oraz zachodnia część modelowanego bloku Gorzowa. Jako optymalną lokalizację dla systemu HDR wytypowano rejon Dębna, jako strefę posiadającą potencjalnego odbiorcę energii elektrycznej i ciepłej oraz miejsce występowania korzystnych warunków termiczno-geologicznych.

W rejonie Dębna problemem może być niekorzystny wpływ składu mineralnego i podatności skały na procesy szczelinowania oraz długotrwały transport płynów. W rejonie tym stwierdzono jednak występowanie trachyandezytów zawierających pęcherzyki pogazowe, a więc skał o potencjalnie bardzo dobrych własnościach dla szczelinowania. Aby rozstrzygnąć powyższe wątpliwości przed decyzją o budowie zakładu pilotażowego należałoby na próbach skał dokonać symulacji laboratoryjnej procesów szczelinowania i długotrwałego transportu płynów.

3. Skały osadowe – Polska centralna, rejon Krośniewic(1.5-2 MWe; strop warstwy 5.5 km).

Jako strefę najbardziej perspektywiczną dla lokalizacji systemu EGS uznano rejon Krośniewic. Wykonany dla tego rejonu model zakłada możliwość wykorzystania istniejącego otworu Krośniewice IG-1. Temperatura wody w otworze produkcyjnym po 50 latach eksploatacji będzie wynosiła 173,6°C. Oprócz rejonu Krośniewic wskazano również dwie inne strefy o korzystnych parametrach dla EGS: rejon Konina oraz Pleszewa.

System geotermalny EGS z lokalizacją w strefie występowania skał osadowych wykazuje nieco gorsze parametry termiczne niż w przypadku lokalizacji systemów geotermalnych HDR w Karkonoszach i bloku Gorzowa (przy tych samych głębokościach). Ponadto, w przypadku bloku Gorzowa, podobnie jak dla skał osadowych rejonu Krośniewic, problemem może być wpływ składu mineralnego (w tym zailenia) na podatność tych skał na procesy szczelinowania i na długotrwały proces transportu płynów technologicznych.