



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

państwowa służba geologiczna
państwowa służba hydrogeologiczna



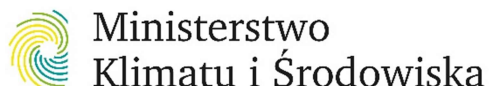
EFEKT RZECZOWY Z REALIZACJI ZADANIA
Z ZAKRESU PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ
za okres: od 1 lipca 2017 r. do 30 czerwca 2020 r.

„Zestawienie wyników dotychczasowego rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego (archiwalne dokumentacje hydrogeologiczne, geologiczne, złożowe i geofizyczne, oraz inne opracowania i publikacje) w wydzielonych rejonach Dolnego Śląska i Opolszczyzny (blok karkonosko-izerski, Sudety środkowe i wschodnie oraz blok przedsudecki) wraz ze wskazaniem w ich obrębie lokalizacji stref, w których takie rozpoznanie należy uzupełnić w zakresie występowania wód termalnych i możliwości pozyskiwania energii geotermalnej”

w ramach umowy dotacji nr 181/2018/Wn-07/FG-sm-dn/D z dnia 10.08.2018 r.

pn.: „Zadania państwa wykonywane przez państwową służbę geologiczną w zakresie rozpoznania budowy geologicznej kraju dla ustalania zasobów złóż kopalin i odnowienia bazy surowcowej realizowane od 2017 (pgg art. 162, ust. 1, pkt. 1)”

Nadzorujący:
Minister Klimatu i Środowiska
ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa



Dotujący:
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
ul. Konstruktorska 3A, 02-673 Warszawa



Wykonawca:
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut
Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Osoba sporządzająca raport:

Olga Rosowiecka
Imię i nazwisko

.....
Podpis

Kierownik komórki organizacyjnej:

Dyrektor/Dyrektor pionu:

.....
Pieczęćka i podpis

.....
Pieczęćka i podpis

Warszawa, dn. marzec 2021 r.

Niniejsze opracowanie pn. *„Zestawienie wyników dotychczasowego rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego (archiwalne dokumentacje hydrogeologiczne, geologiczne, złożowe i geofizyczne, oraz inne opracowania i publikacje) w wydzielonych rejonach Dolnego Śląska i Opolszczyzny (blok karkonosko-izerski, Sudety środkowe i wschodnie oraz blok przedsudecki) wraz ze wskazaniem w ich obrębie lokalizacji stref, w których takie rozpoznanie należy uzupełnić w zakresie występowania wód termalnych i możliwości pozyskiwania energii geotermalnej”* jest elementem raportu końcowego zadania pn. *„Ocena potencjału energetycznego i surowcowego wód termalnych i leczniczych w wybranych obszarach zurbanizowanych wraz z analizą geośrodowiskowych i ekonomicznych uwarunkowań ich zagospodarowania”* stanowiącego zadanie Państwowej Służby Geologicznej. Opracowanie obejmuje wyniki prac wykonywanych w okresie od 1 lipca 2017 r. do 30 czerwca 2020 r.

Podstawę formalną ich realizacji stanowiła **umowa nr 181/2018/Wn-07/FG-sm-dn/D zawarta w dniu 10.08.2018 r. pomiędzy Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, jako dotującym, oraz Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym w Warszawie, jako beneficjentem i pełniącym rolę głównego wykonawcy.** Na mocy ustawy z 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2020, poz. 1064 t.j.) funkcję nadzorującego realizację zadań państwowej służby geologicznej pełni Minister Środowiska.

Spis treści

Spis treści	5
Spis załączników	7
Spis tabel.....	9
Opis zbioru plików .shp.....	10
1. Wstęp.....	15
2. Młode strefy tektoniczne – etap I	19
2.1 Badania geofizyczne	24
2.2 Badania termometryczne.....	26
2.3 Badania geochronologiczne.....	27
2.4 Analiza stanu rozpoznania warunków geotermicznych w SW Polsce.....	28
2.5 Wnioski	29
3. Młode strefy tektoniczne – etap II.....	33
3.1 Badania geofizyczne	33
3.2 Szczegółowe kartowanie strukturalne	36
3.3 Analiza archiwalnych danych sejsmicznych.....	37
3.4 Profilowanie temperatury i wybranych parametrów fizykochemicznych wody w studniach wierconych i piezometrach.....	38
3.5 Ciepło radiogeniczne skał	42
<i>Pomiary γ-spektrometryczne w kamieniołomach.....</i>	<i>47</i>
<i>Analiza wyników zebranych w raporcie końcowym do projektu Hot Dry Rocks.....</i>	<i>49</i>
3.6 Współczynnik przewodnictwa cieplnego	50
3.7 Modelowanie pola temperatury i strumienia cieplnego na przykładzie granitoidowego masywu Karkonoszy.....	51
3.8 Analiza geologiczna i hydrogeologiczna wyników badań	52
3.9 Podsumowanie – wnioski i kierunki dalszych badań	81
3.10 Zarys koncepcji „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”	84
4. Interpretacja mapy magnetycznej Sudetów	88
5. Otwory geotermalne.....	92
5.1 Istniejące otwory geotermalne	92
5.2 Planowane otwory geotermalne	104
6. Inne projekty i dokumentacje	105
6.1 Wody lecznicze Ziemi Kłodzkiej i obszaru Jeleniogórskiego	105
6.2 „Dokumentacja hydrogeologiczna - wynikowa z wierceń badawczych i badań geofizycznych wykonanych dla rozpoznania złóż wód termalnych w rejonie Polanicy Zdroju”	111

6.3 Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Sulisław GT-1 w celu ujęcia wód termalnych w miejscowości Sulisław, gm. Grodków, pow. Brzeski, woj. Opolskie.	113
6.4 Dokumentacja badań geotermicznych, temat: Kamienica, 1977 r	114
6.5 Projekt prac geologicznych w celu wykonania otworu wiertniczego BT-1 dla pozyskania energii odnawialnej na potrzeby planowanej elektrowni wykorzystującej ciepło Ziemi w Bolesławowie, gm. Stronie Śląskie, pow. Kłodzki, woj. Dolnośląskie.	115
6.6 Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Struktura Gór Bystrzyckich i rowu górnej Nisy Kłodzkiej, woj. wałbrzyskie, 1979 r.....	116
7. Podsumowanie.....	117
8. Spis materiałów źródłowych	122
8.1 Lista opracowań i literatury uwzględnionych w kwerendzie.....	122
8.2 Zestawienie dokumentacji geoelektrycznych, których skany lub oryginały analogowe są dostępne w NAG, a których zawartość może być interesująca ze względu na poszukiwania wód termalnych	132
8.3 Dokumentacje, które należałoby przejrzeć, ale niedostępne są ich skany ani wersja analogowa	137

Spis załączników

- Załącznik 1. Granice niezrealizowanych projektów badań geologicznych na potrzeby określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych (Grzegorzczak, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011) na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 2. Mapa lokalizacyjna otworów z wodami termalnymi, leczniczymi, profili termometrycznych oraz otworów projektowanych dla poszukiwań wód termalnych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 3. Mapa lokalizacyjna profili sejsmicznych: projektowanych, wykonanych, reinterpretowanych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 4. Mapa lokalizacyjna profili magnetotellurycznych: projektowanych oraz wykonanych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 5. Mapa lokalizacyjna profili VLF: projektowanych oraz wykonanych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 6. Mapa lokalizacyjna badań geoelektrycznych skierowanych na poszukiwanie wód termalnych: projektowanych oraz wykonanych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 7. Mapa lokalizacyjna innych (poza zawartymi na załączniku 6) archiwalnych badań geoelektrycznych: projektowanych oraz wykonanych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 8. Mapa lokalizacyjna badań γ -spektrometrycznych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 9. Mapa lokalizacyjna kamieniołomów opróbowanych na potrzeby pomiarów przewodności cieplnej oraz analiz chemicznych skał na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 10. Mapa lokalizacyjna archiwalnych datowań metodą Ar-Ar oraz kamieniołomów opróbowanych na potrzeby badań geochronologicznych na tle mapy zasięgu występowania utworów górnomioceniowych, środkowomioceniowych i podtrzęsiorzędowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Załącznik 11. Mapa lokalizacji struktur tektonicznych wyznaczonych przy zastosowaniu różnych metod geofizycznych na tle mapy zasięgu występowania utworów

górnomiocenijskich, srodkowomiocenijskich i podtrzeciorzadowych (Badura, Przybylski, 2000)

- Zał. 12. Lokalizacja przekrojow interpretacyjnych oraz nowych magnetycznych zdjec uszczegolawiajacych na tle mapy zasiegu wystepowania utworow gornomiocenijskich, srodkowomiocenijskich i podtrzeciorzadowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Zał. 13. Zbiorcza mapa lokalizacji badan geofizycznych, geochronologicznych, hydrogeologicznych na tle mapy zasiegu wystepowania utworow gornomiocenijskich, srodkowomiocenijskich i podtrzeciorzadowych (Badura, Przybylski, 2000).
- Zał. 14. Zbiorcza mapa struktur tektonicznych, stref perspektywicznych wynikajacych z badan geofizycznych, oraz wystapien wod termalnych na tle mapy generowanego ciepla radiogenicznego (Aleksandrowski i in., 2020).

Spis tabel

Tab. 1 Opis struktury poszczególnych plików .shp.....	11
Tab. 2 Zakres prac przewidzianych w ramach „Projektu prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze bloku karkonosko-izerskiego na podstawie kompleksowych badań i pogłębionej analizy danych geologicznych” (Grzegorzczak, Farbisz, 2007)	16
Tab. 3 Zakres prac przewidzianych w ramach „Projektu prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich wraz z blokiem przedsudeckim” (Krawczyk i in., 2011).....	17
Tab. 4 Zestawienie badań geofizycznych wykonanych w I etapie przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2018).....	24
Tab. 5 Zestawienie wykonanych badań termometrycznych w I etapie „Młodych stref tektonicznych” (Aleksandrowski i in., 2018).	27
Tab. 6 Zestawienie wykonanych badań geochronologicznych (Aleksandrowski i in., 2018).....	27
Tab. 7 Zestawienie badań geofizycznych wykonanych w II etapie przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2020).....	34
Tab. 8 Zestawienie kamieniołomów, w których wykonano szczegółowe kartowanie metodą fotogrametryczną.....	36
Tab. 9 Zestawienie stanowisk (kamieniołomy) opróbowanych na potrzeby pomiarów przewodności cieplnej, analiz chemicznych ICP MS/ES, wykonano w nich również pomiary γ -spektrometryczne (Aleksandrowski i in., 2020).....	48
Tab. 10 Istniejące otwory, w których wykonano pomiar temperatury wody. Pogrubiono otwory z wodami uznanymi za termalne (temperatura na wypływie $>20^{\circ}\text{C}$) – źródło inf. Bank Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni – Bank Wód Mineralnych (http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/).....	92
Tab. 11 Źródła, w których wykonano pomiar temperatury wody. Pogrubiono źródła z wodami uznanymi za termalne (temperatura na wypływie $>20^{\circ}\text{C}$) – źródło inf. Bank Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni – Bank Wód Mineralnych (http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/)	100
Tab. 12 Projektowane otwory geotermalne – źródło informacji: „Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni (solanki, wody lecznicze i termalne)”. Szarym kolorem zaznaczono projekty, których decyzje zatwierdzające wygasły (stan na koniec 2020r).....	104

Opis zbioru plików .shp

- 01_Projekt_2007.shp*
 - 02_Projekt_2011.shp*
 - 03_Ar_Ar.shp*
 - 04_geochronologia.shp*
 - 05_przewod_cieplna.shp*
 - 06_kart_strukt_line.shp*
 - 06_kart_strukt_poly*
 - 07_reprocess_sejsmika.shp*
 - 08_sejsmika.shp*
 - 09_MT.shp*
 - 10_VLF.shp*
 - 11_ERT.shp*
 - 12_sge_dokum.shp*
 - 13_sge_point.shp*
 - 14_sge_hydro.shp*
 - 15_gamma_line.shp*
 - 15_gamma_poly.shp*
 - 16_uskoki_geof.shp*
 - 17_persp_geof.shp*
- granice projektów na badania geologiczne w celu określenia perspektywiczności termalnej (Grzegorzczuk, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011).
 - lokalizacja archiwalnych datowań metodą Ar-Ar wykorzystanych w: Aleksandrowski i in., 2018
 - lokalizacja kamieniołomów opróbowanych na potrzeby badań geochronologicznych (Aleksandrowski i in., 2018)
 - lokalizacja kamieniołomów opróbowanych na potrzeby pomiarów przewodności cieplnej oraz analiz chemicznych skał (Aleksandrowski i in., 2020)
 - lokalizacja szczegółowego kartowania strukturalnego (wzdłuż profili i w planie) (Aleksandrowski i in., 2020)
 - lokalizacja archiwalnych linii sejsmicznych, po reprocessingu i zinterpretowanych (Aleksandrowski i in., 2020)
 - linie sejsmiczne projektowane (Grzegorzczuk, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011) i wykonane w ramach (Aleksandrowski i in., 2018, 2020)
 - lokalizacja badań magnetotellurycznych projektowanych (Grzegorzczuk, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011) i wykonanych (Aleksandrowski i in., 2018, 2020 i inne)
 - lokalizacja profili VLF projektowanych (Grzegorzczuk, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011) i wykonanych
 - lokalizacja profili tomografii elektrooporowej zrealizowanych (Aleksandrowski i in., 2018, 2020)
 - zasięgi archiwalnych dokumentacji geoelektrycznych (głównie elektrooporowych)
 - lokalizacja sondowań elektrooporowych archiwalnych oraz zaprojektowanych (Grzegorzczuk, Farbisz, 2007; Krawczyk i in., 2011)
 - zasięgi obszarów perspektywnych i nieperspektywnych pod kątem zawodnienia jako wynik interpretacji zdjęć geoelektrycznych – materiały archiwalne
 - lokalizacja badań γ -spektrometrycznych (profile i zdjęcie powierzchniowe) (Aleksandrowski i in., 2018, 2020)
 - uskoki/nieciągłości tektoniczne zidentyfikowane metodami geofizycznymi (z zaznaczeniem zastosowanej metody)
 - odcinki profili geofizycznych uznane za perspektywiczne pod kątem występowania wód termalnych (Aleksandrowski i in., 2018, 2020)

<i>18_otwory_temp.shp</i>	otwory, w których wykonano pomiar temperatury wody (http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/)
<i>19_zrodla_temp.shp</i>	- źródła, w których wykonano pomiar temperatury wody (http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/)
<i>20_otwory_term_prg.shp</i>	- lokalizacja otworów projektowanych, ukierunkowanych na poszukiwanie wód termalnych (stan na rok 2020)
<i>21_pom_temp_point.shp</i> <i>21_pom_temp_line.shp</i>	- lokalizacja pomiarów temperatury w otworach i studniach punktowo lub wzdłuż profili (Aleksandrowski i in., 2018, 2020)
<i>22_Farbisz_profile.shp</i>	- lokalizacja linii/profilu, wzdłuż których wykonano kompleksową interpretację geofizyczno-geologiczną (Farbisz, Mżyk, 2013)
<i>23_Ihnatowicz_modele.shp</i>	- lokalizacja profili, wzdłuż których wykonano modelowanie grawimetryczno-magnetyczne (Ihnatowicz i in., 2016)
<i>24_Ihnatowicz_mag.shp</i>	- lokalizacja uszczegółwiających zdjęć magnetycznych (Ihnatowicz i in., 2016)
<i>25_zasoby_dysp.shp</i>	- rejony modelowania zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych (Kapuściński i in., 2010)

Tab. 1 Opis struktury poszczególnych plików .shp

Nazwa pola	Format pola	Opis
Pola, które obecne są we wszystkich plikach opisanych poniżej:		
FID	ObjectID	Nr identyfikacyjny obiektu
Shape	geometry	Rodzaj geometrii obiektu
<i>01_Projekt_2007.shp</i> i <i>02_Projekt_2011.shp</i>		
rejon	string	Obszar objęty projektem został podzielony na rejony badawcze – pole zawiera numer/nazwę rejonu
<i>03_Ar_Ar.shp</i>		
name	string	Nazwa stanowiska badawczego
<i>04_geochronologia.shp</i>		
name	string	Nazwa stanowiska badawczego
acronim	string	Akronim stosowany w opracowaniu źródłowym
<i>05_przewod_cieplna.shp</i>		
nazwa	string	Nazwa stanowiska badawczego
temat	string	Temat źródłowy badań
<i>06_kart_strukt_line.shp</i>		
line_name	string	Akronim stosowany w opracowaniu źródłowym
Stanowisko	string	Nazwa stanowiska badawczego

temat	string	Temat źródłowy badań
<i>06_kart_strukt_poly.shp</i>		
Stanowisko	string	Nazwa stanowiska badawczego
temat	string	Temat źródłowy badań
<i>07_reprocess_sejsmika.shp</i>		
ID	long	ID linii w bazie CBDG
Nazwa	string	nazwa linii pomiarowej
Rodzaj_pro	string	Rodzaj profilu (refleksyjny czy refrakcyjny)
Rok_wykonania	short	Rok wykonania
Temat	string	Temat źródłowy
Wykonawca	string	Wykonawca
Zleceniodawca	string	Zleceniodawca
wlasciciel	string	właściciel
<i>08_sejsmika.shp</i>		
Nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
Temat	string	Temat źródłowy
stan	string	Stan (zrobione/projektowane)
<i>09_MT.shp</i>		
Nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
Temat	string	Temat źródłowy
stan	string	Stan (zrobione/projektowane)
<i>10_VLF.shp</i>		
Nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
Temat	string	Temat źródłowy
stan	string	Stan (zrobione/projektowane)
<i>11_ERT.shp</i>		
Nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
Temat	string	Temat źródłowy
<i>12_sge_dokum.shp</i>		
ID	long	Id obiektu w bazie CBDG
Tytul	string	Tytuł dokumentacji źródłowej
Rok_wyk	double	Rok wykonania pomiaru
Autorzy	string	Autorzy dokumentacji źródłowej
Zlecenioda	string	Zleceniodawca
Wykonawcy	string	Wykonawca
Nr_inwenta	string	Nr inwentarzowy dokumentacji źródłowej w bazie CBDG
Doku_id	double	ID dokumentacji źródłowej w bazie CBDG
<i>13_sge_point.shp</i>		
name	string	Akronim stosowany w opracowaniu źródłowym
stan	string	Stan (zrobione/projektowane)

LP	string	Liczba porządkowa sondowania w ramach dokumentacji źródłowej
Tytuł	string	Tytuł dokumentacji źródłowej
Rok_wyk	double	Rok wykonania pomiaru
Archiwum	string	Nazwa archiwum przechowującego dokumentację źródłową
Nr_Ewid	string	Nr ewidencyjny dokumentacji źródłowej w archiwum
IDCBDG	long	ID dokumentacji źródłowej w bazie CBDG
<i>14_sge_hydro.shp</i>		
perspektyw	string	Perspektywa zawodnienia: TAK?/NIE?
<i>15_gamma_line.shp, 15_gamma_poly.shp</i>		
Nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
temat	string	Temat źródłowy
<i>16_uskoki_geof.shp</i>		
Stanowisko	string	Nazwa obiektu pomiarowego, na którym zidentyfikowano uskok
metoda	string	Metoda pomiarowa zastosowana do wykrycia uskoku
<i>17_persp_geof.shp</i>		
metoda	string	Metoda pomiarowa zastosowana do określenia perspektyw termalnych
Stanowisko	string	Nazwa obiektu pomiarowego, na którym zidentyfikowano strefę perspektywiczną
<i>18_otwory_temp.shp i 19_zrodla_temp.shp</i>		
Nazwa_Obie	string	Nazwa obiektu
Numer_Obie	double	Numer obiektu w CBDH
rodzaj	string	Rodzaj wód (lecniczne, zmineralizowane, termalne)
depth	float	Głębokość całkowita (m)
woda_top	float	Strop poziomu wodonośnego (m)
woda_botto	float	Spąg poziomu wodonośnego (m)
Miąższość	double	Miąższość poziomu wodonośnego (m)
miner_od	float	Mineralizacja wody – min (%)*
miner_do	float	Mineralizacja wody – max (%)*
T_wyp_od	float	Temperatura na wypływie od [°C]*
T_wyp_do	float	Temperatura na wypływie do [°C]*

T_zloze	float	Temperatura w złożu od [°C]*
Typ_chemic	string	Typ chemiczny wody
* - wartość „0” oznacza brak pomiaru temperatury		
<i>20_otwory_term_prg.shp</i>		
nazwa	string	Nazwa projektowanego otwory
<i>21_pom_temp_point.shp</i>		
nazwa	string	Nazwa otworu
temp	float	Zmierzona temperatura
<i>21_pom_temp_linew.shp</i>		
nazwa	string	Nazwa linii pomiarowej
projekt	string	Temat, w ramach którego wykonano pomiar
<i>22_Farbisz_profile.shp</i>		
akronim	string	Symbol profilu użyty w opracowaniu źródłowym
<i>23_Ihnatowicz_modele.shp</i>		
Numer	long	Numer (symbol) profilu użyty w opracowaniu źródłowym
<i>24_Ihnatowicz_mag.shp</i>		
obiekt	string	Nazwa obszaru badawczego/zdjęcia magnetycznego
<i>25_zasoby_dysp.shp</i>		
Nazwa_Rejo	string	Nazwa rejonu objętego modelowaniem zasobów dyspozycyjnych

1. Wstęp

Kwerenda dokumentacji i innych opracowań geofizycznych, geologicznych, hydrogeologicznych i innych, obejmujących również materiały publikowane, mająca na celu zebranie wyników badań ukierunkowanych na rozpoznanie potencjału geotermalnego obszaru Sudetów i Opolszczyzny, została opracowana przy wykorzystaniu oprogramowania ArcGIS v.10.6.1. Zasięgi dostępnych map, lokalizacje badań i wnioski z nich płynące (np. lokalizacje uskoków i stref uskokowych wyinterpretowanych z badań geofizycznych) zostały zgromadzone w postaci plików shapefile (.shp), a opracowanie zawiera zbiorcze mapy, wygenerowane za pomocą oprogramowania ArcMap. Jako mapa bazowa, podkład dla opracowywanych warstw tematycznych, posłużyła mapa autorstwa Janusza Badury i Bogusława Przybylskiego (Badura, Przybylski, 2000), przedstawiająca lokalizację wód termalnych i leczniczych oraz struktur tektonicznych na tle zasięgów osadów górniooceńskich, środkowioceńskich i podtrzeciorzędowych. Powyższe zbiory stanowią podstawowy materiał wnioskowania na temat stanu rozpoznania i ewentualnych luk takowego. Analizę i wnioski przedstawiono na końcu opracowania.

Należy pamiętać, że celem opracowania było wykonanie kwerendy, a więc zebranie w jednym miejscu dostępnych informacji geofizycznych i geologicznych - geologiczna interpretacja tychże materiałów będzie miała miejsce na etapie opracowywania „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”.

W pierwszej części opracowania przedstawiono resume najważniejszych opracowań zrealizowanych w ostatnich latach, bezpośrednio ukierunkowanych, bądź mających wkład w rozpoznanie warunków geotermalnych regionu. W opracowaniu skupiono się głównie na dwóch opracowaniach podsumowujących I i II etap przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych” (Aleksandrowski i in., 2018 i 2020). Wcześniej zostały przygotowane dwa projekty prac geologicznych, dotyczące określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wglębnych wód termalnych, przewidywanych do realizacji w ramach ówczynie planowanych, znacznie szerzej zakrojonych przedsięwzięć badawczych:

- „Projekt prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze bloku karkonosko-izerskiego na podstawie kompleksowych badań i pogłębionej analizy danych geologicznych” (zasięg projektu na Zał. 1), opracowany w 2006 r. przez konsorcjum Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych w Warszawie (PBG) i Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu „Proxima” S.A. na zlecenie Ministerstwa Środowiska (nr DGkdh-4790-6641-3/8499/07/MJ z dn. 04.10.2007; Grzegorzczak, Farbisz, 2007);
- „Projekt prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich wraz z blokiem przedsudeckim” (zasięg projektu na Zał. 1), opracowany w 2011 r.,

przez Państwowy Instytut Geologiczny - PIB (PIG-PIB), Oddział Dolnośląski, na zlecenie Ministerstwa Środowiska (nr DGKiKhg-4730-21/6846/44398/11/MJ z dn. 30.09.2011; Krawczyk i in., 2011).

Tab. 2 Zakres prac przewidzianych w ramach „Projektu prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze bloku karkonosko-izerskiego na podstawie kompleksowych badań i pogłębionej analizy danych geologicznych” (Grzegorzczak, Farbisz, 2007)

Rodzaj prac	Specyfikacja prac	Projektowany zakres
Badania geofizyczne	Profilowanie radiofalowe VLF Ciągłe profilowanie magnetotelluryczne (CPMT) Sondowania geoelektryczne elektro-oporowe (SGE) Analiza i reinterpretacja archiwalnych opracowań i danych pomiarowych	34 km 150 km 34 km ciągów SGE 1760 godzin prac interpretacyjnych i studialnych
Badania hydrogeologiczne	Kartowanie hydrogeologiczne (inwentaryzacja i opróbowanie źródeł, pomiary temperatury i pobór prób ze studni) Opracowanie wyników	300 km ² 400 godzin
Badania geochemiczne	Pobór prób geochemicznych i analizy laboratoryjne na zawartość rtęci ewentualnie arsenu.	500 prób i analiz
Badania geotermiczne i petrofizyczne	Analiza danych geofizyki otworowej Pobór prób skalnych z rdzeni wiertniczych i odsłoneń Wykonanie pomiarów przewodności cieplnej na próbach Wykonanie analiz petrofizycznych dla oceny ciepła radiogenicznego Kompleksowa interpretacja wyników analiz i określenie optymalnych stref geotermalnych	200 godzin 300 prób 200 analiz 100 analiz 200 godzin
Prace wiertnicze	Wykonanie otworów badawczych Nadzór hydrogeologiczny wraz badaniami hydrochemicznymi i termometrycznymi w otworach	100 otworów (5000 mb) 1000 godzin
Prace dokumentacyjne	Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych, geologicznych, geochemicznych, geotermicznych - kreślenie perspektywicznych rejonów i strefy występowania wód termalnych na obszarze bloku karkonosko-izerskiego i masywu Łużyc w granicach Polski.	2500 godzin

Tab. 3 Zakres prac przewidzianych w ramach „Projektu prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich wraz z blokiem przedsudeckim” (Krawczyk i in., 2011).

Rodzaj prac	Specyfikacja prac	Projektowany zakres
Badania geofizyczne	Profilowanie radiofalowe VLF Ciągłe profilowanie magnetoteluryczne (CPMT) Sondowania geoelektryczne elektrooporowe (SGE)	30 km 155 km 40 km
Badania hydrogeologiczne	Kartowanie hydrogeologiczne (inventaryzacja ujęć i źródeł wraz z pomiarami i poborem prób)	1000 km ²
Badania fizykochemiczne	Pobór prób i analizy bilansowe, na zawartość rtęci, arsenu, radonu, krzemianów.	40 prób i analiz
Badania geotermiczne i petrofizyczne	Analiza danych geofizyki otworowej, pobór prób skalnych i wykonanie pomiarów przewodności cieplnej, analiz petrofizycznych dla oceny ciepła radiogenicznego	900 prób i analiz
Prace wiertnicze	Wykonanie otworów badawczych, nadzór hydrogeologiczny wraz badaniami hydrochemicznymi i termometrycznymi w otworach	8 000 m

Lokalizacja obszarów objętych projektami została przedstawiona na zał. 1. Lokalizacje badań, które w nich zostały zaplanowane przedstawiono na kolejnych załącznikach tematycznych (linie badań geofizycznych, otwory). Na zbiorczym zał. 13 przedstawiono natomiast jedynie badania zrealizowane, stąd nie obejmuje on tych z wyżej wymienionych projektów.

W ramach rozłożonego (w pierwotnych założeniach) na trzy etapy przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych” (etap I - Aleksandrowski i in., 2018, etap II – Aleksandrowski i in., 2020, etap III – planowane rozpoczęcie realizacji w styczniu 2021) zdecydowano się na przeprowadzenie jedynie części prac przewidzianych w wyżej wymienionych projektach oraz wykonanie badań na innych obiektach, wraz z uzupełnieniem o badania geochronologiczne. W momencie ukończenia kwerendy wykonano dwa pierwsze etapy przedsięwzięcia.

W dalszej części opracowania uwzględniono również wyniki prac wykonanych w ramach równoległe wówczas prowadzonego tematu „Kompleksowa, geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola” (Ihnatowicz i in., 2016), jako że w wyniku realizacji tego tematu zaproponowano korekty dla kilku arkuszy mapy geologicznej Sudetów.

Następnie sięgnięto do kilku innych dokumentacji archiwalnych, których wyniki zdają się wypełniać niektóre luki rozpoznania geologicznego czy hydrogeologicznego.

Z obszernego zbioru dokumentacji elektrooporowych (spis na stronie 132) wybrano skany map interpretacyjnych, którym nadano georeferencje, a następnie scyfrowano widniejące na nich uskoki (włączone do *16_uskoki_geof.shp* i przedstawiono je na zał. 11 i 14). Na ich podstawie stworzono również warstwę obszarów określających perspektywę zawodnienia (TAK/NIE) – wynikowa warstwa przedstawiona została na zał. 14. Warstwa ta dotyczy głównie najpłytszych poziomów wodonośnych – wynika z pomiarów realizowanych na potrzeby poszukiwań wody dla m.in. gospodarstw rolnych i innych podmiotów prywatnych.

Niestety nie wszystkie opracowania/dokumentacje, wykazane w zasobach CBDG znajdują się w Narodowym Archiwum Geologicznym (NAG). Wśród takich dokumentów znajduje się rozległy zbiór dokumentacji geoelektrycznych – dla części z nich dostępne są skany opracowań analogowych, ale pozostałe znajdują się jedynie w zewnętrznych archiwach (głównie w archiwum/bibliotece Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych), przez co dostęp do nich jest utrudniony, a często wręcz niemożliwy. Spisy takich dokumentacji umieszczono w końcowej części opracowania.

Pierwsze z zestawień (strona 132) obejmuje dokumentacje, których skany bądź wersje analogowe są dostępne w NAG, a których zawartość może być interesująca ze względu na poszukiwania wód termalnych – przy poszczególnych pozycjach podkreślono wnioski, które mogą być pod tym względem istotne.

Drugie zestawienie (strona 137) obejmuje pozycje niedostępne w NAG – informację o nich (wraz z krótkim abstraktem) zaczerpnięto z Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG). Uzyskanie dostępu do tych opracowań byłoby korzystne zapewne nie tylko na potrzeby konstrukcji „Atlasu geotermalnego...”. Najważniejsze pozycje (wg. oceny autorki kwerendy) zostały tu wymienione pogrubioną czcionką.

2. Młode strefy tektoniczne – etap I

/wyciąg z opracowania: „Raport końcowy - Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych– etap I” (Aleksandrowski i in., 2018)/

Głównym celem przedsięwzięcia było zgromadzenie różnorodnych danych geofizycznych i geologicznych dla wykorzystania ich podczas realizacji kolejnych jego etapów, a zwłaszcza opracowywania „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”. Etap I przedsięwzięcia miał charakter głównie geologiczno-strukturalny, zbierając i dostarczając danych głównie geofizycznych i tektonicznych, które na dalszych etapach miały posłużyć do wyciągnięcia szerszych wniosków natury hydrogeologicznej, mających bezpośrednie przełożenie na poszukiwanie i szacowanie potencjalnych zasobów wglębnych wód termalnych (Aleksandrowski i in., 2018).

W raporcie omówiono obecny (koniec roku 2020) stan rozpoznania występowania wglębnych wód termalnych w Sudetach i na ich przedpolu. Poniżej przedstawione zostały fragmenty odpowiedniego rozdziału:

„W strefach głębokich rozłamów występują również mineralne wody termalne. Ujmowane są one otworami w Cieplicach, Łądku Zdroju, Dusznikach Zdroju, Polanicy Zdroju, Karpnikach i Staniszowie, natomiast występowanie ich stwierdzone zostało w Krosnowicach, Kudowie Zdroju, Jeleniowie k/ Kudowy Zdroju i Grabinie (Dowgiałło, Fistek, 2007, Liber-Makowska, Łukaczyński, 2016).”

„Obszarami alimentacji dla wód wglębnych są pasma Karkonoszy, Gór Izerskich, rejonu masywu Śnieżnika, Gór Bystrzyckich, Orlickich, Sowich, Opawskich i Złotyach.”

„Na obszarze Sudetów Zachodnich, poza leczniczymi wodami termalnymi Cieplic, ujmowane są wody termalne głębokiego krążenia w pogłębionym do 2002 m otworze C1 w Cieplicach. W latach 2013-14 wykonane zostały dwa głębokie odwierty ST-1 w Staniszowie o głębokości 1501 m i KT-1 w Karpnikach, o głębokości 1997 m, ujmujące wody termalne (Liber-Makowska, Łukaczyński, 2016)” – otwory zaznaczone na Zał. 2.

„Wody termalne na obszarze Sudetów Środkowych występują w obrębie metamorfiku Łądko-Śnieżnika, na obszarze niecki Batorowa i zapadliska Kudowy. W 2018 roku zostanie rozpoczęte wiercenie otworu za wodą termalną o głębokości 2500 m w Łądku Zdroju. W rejonie Bolesławca, w dolinach Kamienicy i Morawki, prowadzono prace poszukiwawcze w celu rozpoznania wód termalnych (Ciężkowski, Płochniewski, 1983, Farbisz i in., 2009).”

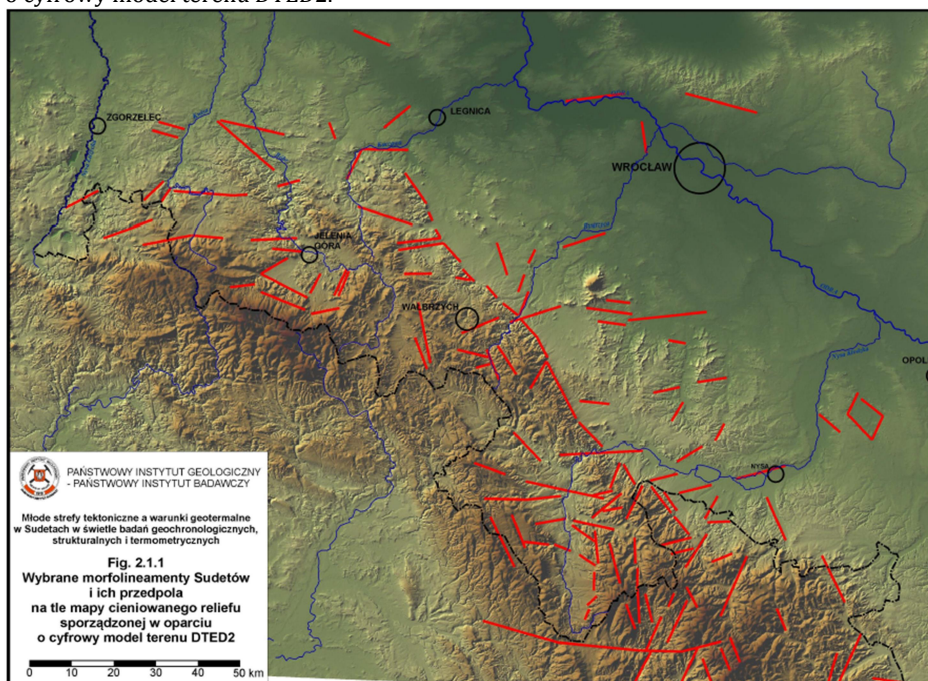
„Na obszarze Polanica Zdrój – Duszniki Zdrój badania występowania wód termalnych prowadził J. Fistek. Zostały one zakończone dokumentacją hydrogeologiczną badań termometrycznych, geofizycznych i hydrogeologicznych dla zlokalizowania głębokich otworów geotermalnych Duszniki GT-1 i Jeleniów GT-1 (Fistek i in., 1993).”

„Na obszarze Sudetów Wschodnich (subregion: blok przedsudecki) występuje z kolei szczawa termalna o temperaturze 31,4 °C nawiercona w miejscowości Grabin (Hordejuk, Płochniewski, 1986). Badania związane z możliwością występowania wód termalnych w Nysie prowadzone też były niedawno przez Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie wraz z Przedsiębiorstwem Badań Geofizycznych w Warszawie (Bujakowski, 2010).”

Niestety w opracowaniu nie zamieszczono mapy zbierającej przedstawione powyżej informacje – zabrakło zestawienia miejsc gdzie wody zostały już odkryte, (nawiercone) i pokazania „białych plam” – obszarów perspektywicznych, acz nie rozpoznanych. Taka mapa stanowi Zał. 2 do bieżącego opracowania.

W ramach opracowania przeprowadzono analizę archiwalnych materiałów geologicznych i geofizycznych. W pierwszej kolejności przeanalizowano cyfrowy model terenu (DEM). Przeprowadzono regionalną analizę morfolineamentów. Lineamenty te przedstawiono jako prostoliniowe elementy rzeźby na mapie cieniowanego reliefu (Rys. 1). W ujęciu lokalnym przeanalizowano modele terenu oparte na zdjęciu lidarowym o rozdzielczości poziomej 1x1 m i dokładności pionowej rzędu kilkunastu centymetrów. Szczególnie interesujące pod względem potencjalnego wpływu aktywnych dyslokacji autorom opracowania wydały się morfolineamenty, które zarysowują się na obszarze Gór Bystrzyckich i Masywu Śnieżnika.

Rys. 1 Wybrane morfolineamenty Sudetów i ich przedpola na tle mapy cieniowanego reliefu, sporządzonej w oparciu o cyfrowy model terenu DTED2.



Analizie poddano również półszczegółowe zdjęcie grawimetryczne. Wykorzystano tu mapę lokalnych anomalii grawimetrycznych Bouguera, o gęstości siatki 250x250 m. Stwierdzono, że najbardziej wyraźnie zarysowuje się przebieg uskoku sudeckiego brzeźnego na odcinku około 40 km pomiędzy Myśliborzem a Bystrzycą

Górną. Wyraźniejsze, liniowe granice jednostek o różnej gęstości zarysowują się także na uskockach Jerzmanic, Warty-Osiecznicy, na uskoku śródsudeckim (na NE granicy masywu karkonoskiego). Przy analizie tej nie wykorzystano niestety prac przeprowadzanych w ramach równoległe wówczas prowadzonym temacie „Kompleksowa, geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola” (Ihnatowicz i in., 2016). O wnioskach płynących z tego opracowania przeczytać można w dalszym rozdziale (strona 88).

Kolejnym punktem prac była analiza sieci drenażu. Stwierdzono, że jednym z typowych efektów ruchów neotektonicznych są lokalne lub regionalne zmiany bazy erozyjnej. Rzeki przepływające przez obszary aktywne tektonicznie muszą dostosowywać się do tych zmian. Ich reakcje są zróżnicowane w zależności od charakteru młodych ruchów i warunków zewnętrznych kształtujących reżim przepływu. Informacje o zachowaniu się systemów rzecznych w strefach aktywnych tektonicznie pozwalają na zastosowanie analizy sieci dolinnej dla wykrywania rejonów o potencjalnej aktywności tektonicznej na innych obszarach. Należy jednak brać pod uwagę fakt, że większość obserwowanych zmian w systemach rzecznych może być wynikiem także innych, pozatektonicznych czynników.

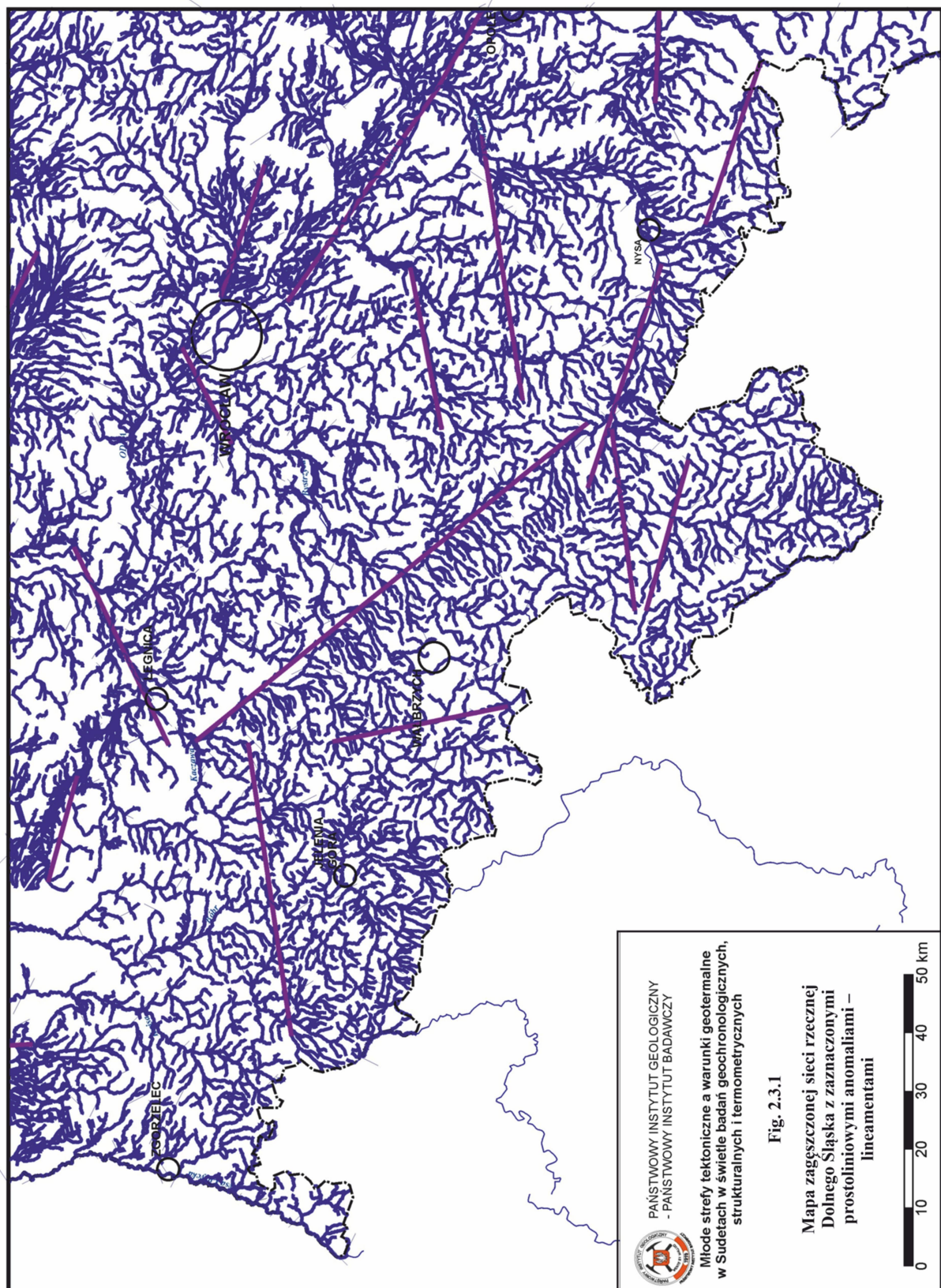
Dla obszaru Kotliny Kłodzkiej analizę korelacji kierunków rzek z liniami deformacji opracował Sroka (1992). Szerokie omówienie różnych parametrów morfometrycznych ze szczególnym uwzględnieniem analizy sieci rzecznej jako potencjalnego wskaźnika aktywnych dyslokacji przedstawiła Różycka (2015).

Dla potrzeb opracowania „Młode strefy tektoniczne... etap I” (Aleksandrowski i in., 2018) dokonano analizy regionalnych anomalii układu sieci rzecznej Dolnego Śląska, pod kątem występowania stref o liniowym przebiegu. Strefy takie mają sugerować potencjalną możliwość wpływu aktywnych w czwartorzędzie dyslokacji na układ cieków wodnych. Wykonano mapę zagęszczonej sieci rzecznej, na której uwypuklają się prostoliniowo przebiegające odcinki rzek, jak też i liniowe strefy, na których następuje wyraźna zmiana charakteru sieci (Rys. 2). Do wykonania mapy wykorzystano bazę danych ogólnogeograficznych BDO250 (<http://www.gugik.gov.pl/pzgik/dane-bez-oplat/dane-zawarte-w-bazie-danych-objektow-ogolnogeograficznych-bdoo>).

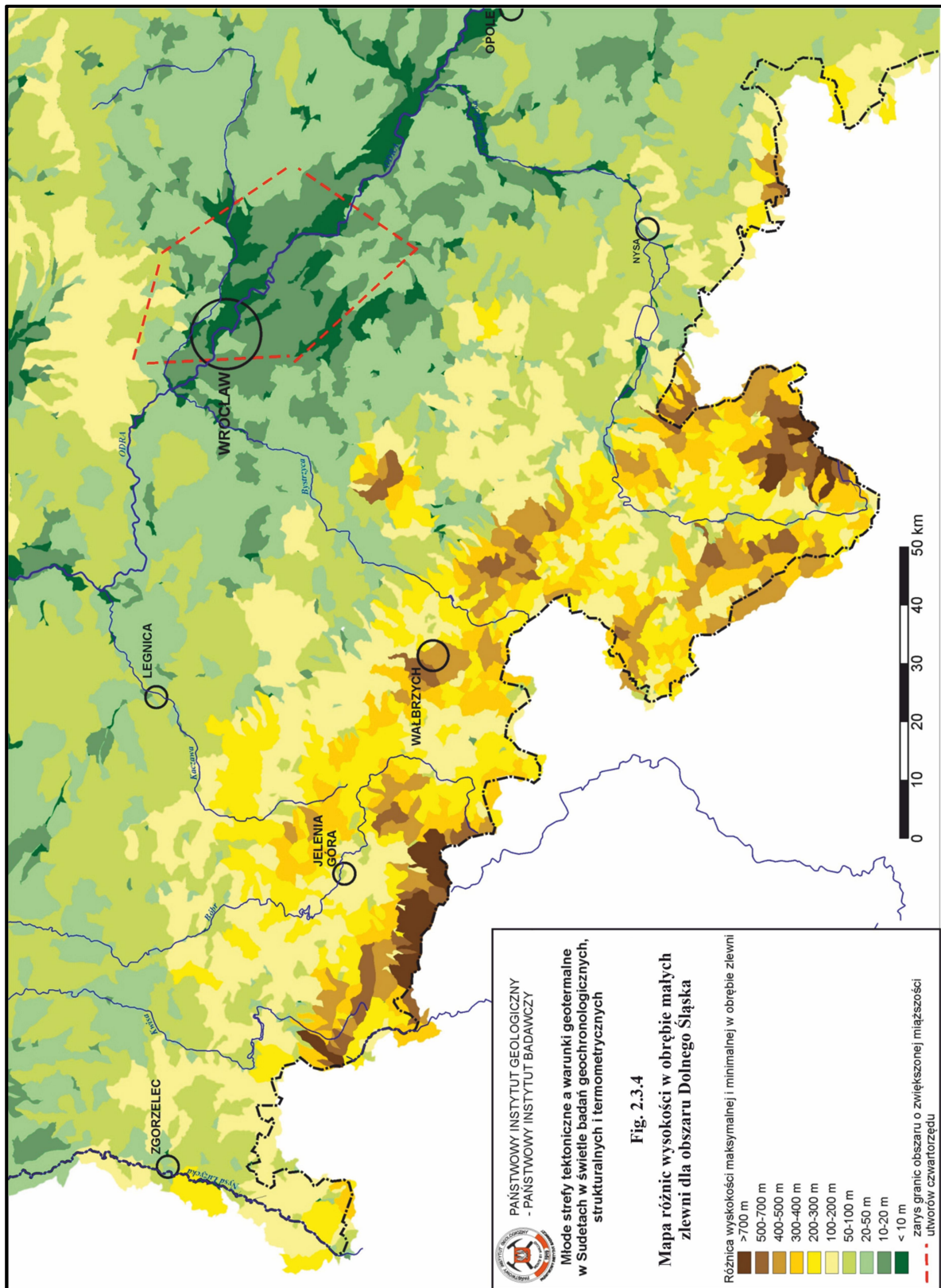
Charakterystyczna zmiana gęstości sieci następuje w strefie uskoku sudeckiego brzeżnego, ale dopiero około 1-2 km poniżej krawędzi morfologicznej. Zaznacza się także kilka innych stref o liniowym przebiegu, w przypadku których potencjalny wpływ tektoniki na ich powstanie musi zostać jeszcze zweryfikowany.

Przeanalizowano także przebieg linii grzbietowych wygenerowanych z cyfrowego modelu terenu. Z wygenerowanych linii grzbietowych wykonano mapę, dzięki czemu uwypukliły się obszary o prostoliniowych przebiegach drenażu. Strefy te podobnie jak liniowe elementy układu sieci rzecznej wymagają weryfikacji pod kątem ewentualnego wpływu aktywnej tektoniki.

Rys. 2 Mapa zagęszczonej sieci rzecznej Dolnego Śląska z zaznaczonymi prostoliniowymi anomaliami – lineamentami (Aleksandrowski i in., 2018)



Rys. 3 Mapa różnic wysokości w obrębie małych zlewni dla obszaru Dolnego Śląska (Aleksandrowski i in., 2018).



Dokonano także analizy wybranych parametrów małych zlewni, takich jak kolistość, wydłużenie, czy różnica wysokości. W powiązaniu z cyfrowym modelem terenu dla poszczególnych zlewni, obliczono różnicę maksymalnej i minimalnej wysokości (

Rys. 3). Zlewnie o największej różnicy wysokości przekraczającej 750 m występują na najwyższych obszarach górskich Karkonoszy i masywu Śnieżnika. Nie można jednak jednoznacznie określić, że jest to bezpośredni dowód na wypiętrzanie tych masywów w wyniku najmłodszych ruchów tektonicznych. Interesujący jest natomiast fakt wyraźnie zarysowującej się strefy o najniższych wartościach różnic wysokości zlewni w obrębie doliny Odry na odcinku pokrywającym się z obszarem o zwiększonych miąższościach utworów czwartorzędu. Obszar ten ze względu na w przybliżeniu prostoliniowe granice zinterpretowany został jako depresja o prawdopodobnych założeniach tektonicznych (Badura i in., 2004).

2.1 Badania geofizyczne

Na podstawie powyższych analiz wytypowano strefy dyslokacji tektonicznych, predystynowanych do bardziej szczegółowego rozpoznania metodami geofizycznymi.

W Tab. 4 przedstawiono zestawienie geofizycznych stanowisk pomiarowych z I etapu przedsięwzięcia, ze wskazaniem zastosowanych metod geofizycznych.

W metodzie sejsmiki refleksyjnej wykorzystano układ pomiarowy złożony z 48 – 96 kanałów. Jako źródła sejsmicznego użyto szeroko-pasmowych urządzeń działających na zasadzie przyśpieszonego zrzutu masy o szacunkowej energii 2-8 kJ. W badaniach sejsmicznych zastosowano urządzenie Terraloc Pro szwedzkiej firmy ABEM i geofony o częstotliwości głównej 30Hz.

Tab. 4 Zestawienie badań geofizycznych wykonanych w I etapie przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2018)

Nr	Linia pomiarowa	Długość profilu [km]				
		Sejsmika	ERT	VLF	MT	γ -spektrometria
1.	Opolno Zdrój					2,36
2.	Szklarska Poręba-Kamienna	1,6		1,5		
3.	Przesieka	1,5		1,4		2,01
4.	Podgórzyn					1,74
5.	Stary Waliszów	0,75	1	0,95		
6.	Idzików - Pasterskie Skały		1	0,95		2,45
7.	Wilkanów	0,5		0,8		2,68
8.	Ławszowa			2,9		3,66
9.	Tomaszów Bolesławiecki I	1,55		1,8		2,38
10.	Tomaszów Bolesławiecki II	2,38				
11.	Radziechów			1,8		
12.	Męcinka		1,6	2,2		2,58
13.	Myślubórz	1,66		1,8		
14.	Kłaczyna		1,3	1,5		1,90

15.	Mokrzyszów I	1,54		1,6	2,0	2,19
16.	Mokrzyszów II			1,8		1,80
17.	Ostroszowice		2,1	2,0		4,31
18.	Srebrna Góra-Brzeźnica	1,16		1,5		2,49
19.	Mąkolno	1,06		1,15		
20.	Niemcza	0,85		0,85		2,17
21.	Cieplowody I	1,95		2,5	3,6	2,04
22.	Cieplowody II	1,45				
23.	Grabin I		1,0	1,3	3,5	
24.	Grabin II	1,7				
25.	Tułowice I		1,5	1,65		1,82
26.	Tułowice II	0,75				
27.	Głuchów	1,42		2,0		
28.	Kępa		1,2	1,1		
29.	Olszanica					2,91
Łączna długość [km]:		21,81	10,7	35,05	9,1	41,49
Liczba profili:		18	8	22	4	17

gdzie: ERT – metoda tomografii elektrooporowej; VLF – metoda radiofalowa, MT – metoda magnetotelluryczna

Dla większości profili sejsmicznych wykonano badania metodą sejsmicznej tomografii refrakcyjnej (STR). Efektem pomiarów jest ciągły przekrój prędkości fali sejsmicznej w badanym ośrodku.

Wyniki badań sejsmiki refleksyjnej przedstawione zostały jako czasowe sekcje sejsmiczne lub w postaci sekcji głębokościowych z przybliżonymi wartościami głębokości. Wyniki zostały przedstawione w postaci przekrojów sejsmicznych ciągłego rozkładu prędkości fali podłużnej (V_p).

W metodzie ERT zastosowano rozstaw pomiarowy, który pozwolił na rozpoznanie ośrodka skalnego do głębokości około 100 m. Pomiarów wykonano aparaturą Terrameter LS firmy ABEM, produkcji szwedzkiej. Zastosowany został układ pomiarowy gradientowy, cechujący się wysoką rozdzielczością pomiarów. Wyniki ERT zostały przedstawione w postaci przekrojów geoelektrycznych ciągłego rozkładu oporności rzeczywistej.

Pomiary VLF zostały wykonane z krokiem pomiarowym 10 m, przy wykorzystaniu aparatury ENVI VLF firmy Scintrex. W przypadku części linii pomiarowych badania pozwoliły zidentyfikować strefy o anomalnym przebiegu składowych fazowych indukowanego pola elektromagnetycznego, które to strefy można wiązać z występowaniem uskoków i innych stref o znacząco kontrastującej oporności (np. stref spękań).

Badania MT zostały wykonane na zlecenie PIG-PIB przez spółki Geopartner Sp. z o.o. (rejon Mokrzyszów i Grabin) oraz Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych (rejon Cieplowody). Głównym założeniem przy projektowaniu badań było rozpoznanie stref tektonicznych i ich ewentualnej kontynuacji do głębokości rzędu 2-3 km. W badaniach

wykorzystana została metoda sondowań magnetotellurycznych w systemie profilowym-ciągłym (CPMT) w paśmie magnetotellurycznym – MT i audiomagnetotellurycznym – AMT. Przetwarzanie danych wykonano przy użyciu pakietu programów do przetwarzania danych MT/AMT firmy Phoenix Geophysics Ltd. Wszystkie wyniki zapisano w formacie SEG-EDI.

Pomiary γ -spektrometryczne wykonywano wzdłuż profili z krokiem pomiarowym 50 m. Wykonano również zdjęcie powierzchniowe (Mokrzyszów) w regularnej siatce 100x100 m (5,525 km²). Profile przechodzą przez wiele jednostek o zróżnicowanej litologii – pomiary spektrometryczne w dużej mierze oddają właśnie przekraczanie granic litologicznych. Nie można jednoznacznie wnioskować z nich obecności lub braku nieciągłości tektonicznych.

W efekcie przeprowadzonych prac na liniach pomiarowych wyznaczono lokalizacje uskoku, czy też stref tektonicznych. Lokalizacje tych struktur zostały naniesione na Zał. 11. Ponieważ bazując na profilach geofizycznych mamy „w planie” (w ujęciu mapowym) jedynie informację punktową o wystąpieniu nieciągłości (w miejscu przecięcia struktury z profilem) i nie jest znana jej rozciągłość, uskoki zostały na mapie zaznaczone symbolicznie czy też schematycznie jako prostopadłe do przebiegu profilu badawczego. Jeżeli natomiast zarejestrowana została strefa uskoku o pewnej określonej szerokości, to na mapie zaznaczono ją jako odcinek wzdłuż profilu (dla rozróżnienia od uskoku przyjęto tu oznaczenie grubszą linią i zróżnicowanie kolorów). Należy o tym pamiętać na etapie interpretacji geologicznej – aby nie łączyć ze sobą odcinków oznaczających uskoki z tymi które oznaczają strefy uskoku.

Na Zał. 11 poszczególnym metodom geofizycznym przypisano różne kolory. Ma to znaczenie w przypadku stwierdzenia uskoku kilkoma metodami badawczymi wykonanymi wzdłuż wspólnego profilu. Zgodność wyników pochodzących z interpretacji kilku metod podwyższa wiarygodność wyników. Ponieważ każda z zastosowanych metod ma również inny zasięg głębokościowy, dlatego zobrazowanie uskoku różnymi kolorami (przypisanym do metody) daje pierwszy szybki pogląd na zasięg głębokościowy struktury.

2.2 Badania termometryczne

Przetestowano, czy metodami pomiaru temperatury w płytkich otworach (ok. 2m p.p.t.) można wstępnie wskazać strefy o lokalnie podwyższonym strumieniu cieplnym, bez konieczności stosowania kosztownych metod badawczych angażujących głębsze wiercenia. Pomiary dla każdej linii pomiarowej wykonano 12 razy w ciągu pełnego roku kalendarzowego, w przybliżeniu co miesiąc. Pojedyncza seria pomiarowa na poszczególnych liniach trwała maksymalnie 2 godziny minimalizując wpływ zmian dobowych. Rozmieszczenie czujników termicznych obejmowało zarówno same interpretowane strefy uskoku, jak też i partie terenu sąsiadujące z tymi strefami. Czujniki w liniach pomiarowych były rozmieszczone co około 50 m. W Tab. 5 zamieszczono zestawienie wykonanych badań termometrycznych. Ich lokalizację wyrysowano na zał. 2.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów jedynie na linii pomiarowej Ciepłowody zidentyfikowano strefę anomalnych temperatur, której geneza może mieć przyczyny endogeniczne. Na linii pomiarowej Mokrzeszów obecność takiej strefy jest dyskusyjna.

Tab. 5 Zestawienie wykonanych badań termometrycznych w I etapie „Młodych stref tektonicznych” (Aleksandrowski i in., 2018).

Rejon badań	Liczba punktów pomiarowych	Liczba zainstalowanych czujników	Długość profilu [km]
Tomaszów Bolesławiecki I *	32	53	1,65
Mokrzeszów	33	33	1,65
Niemcza	18	18	0,84
Ciepłowody I	42	82	2,07
Tułowice I	31	31	1,5
Głuchów Górny	23	23	1,1
SUMA	179	240	8,81
Liczba profili	6		

* Układ pomiarowy na linii Tomaszów Bolesławiecki uległ w zasadniczej części zniszczeniu po 2 cyklach pomiarowych – prawdopodobnie został on naumyślnie zdewastowany, samych czujników nie udało się odnaleźć.

2.3 Badania geochronologiczne

Pobrano próbki kenozoicznych bazaltoidów z całego obszaru Sudetów od Opolna Zdroju do Ligoty Tułowickiej. Wytypowano 23 najbardziej reprezentatywne i kluczowe odsłonięcia w tym czynne kamieniołomy i nieczynne wyrobiska (zał. 10). Datowanie młodych wulkanitów dolnośląskich miało na celu zebranie danych do rozważań czy zjawiska wulkaniczne sprzed ok. 4 do 20 Ma mogą mieć znaczenie dla dzisiejszego potencjału geotermalnego Dolnego Śląska.

Tab. 6 Zestawienie wykonanych badań geochronologicznych (Aleksandrowski i in., 2018).

Akronim	Lokalizacja	Liczba próbek	Badania			
			Analizy petrograficzne	SEM	Analizy chemiczne	Datowania metodą Ar-Ar
MST-1	Bazaltowa g. koło Myśliborza	2	X	X	X	X
MST-2	góra Skowron, koło Dziwiszowa	1	X	X	X	X
MST-3	góra Kamienista	2	X	X	X	X
MST-4	góra Wygorzel, koło Rębiszowa	1	X	X	X	
MST-5	Opolno Zdrój	1	X	X	X	X
MST-6	góra Ognista, Sulików	2	X	X	X	X
MST-7	Gilów III	2	X		X	X

MST-8	Gola Dzierżoniowska	2	X	X	X	X
MST-9	Kowalskie	1	X		X	X
MST-10	Targowica, II poziom	2	X	X	X	X
MST-11	Dębowiec I	2	X		X	X
MST-12	Dębowiec II	1	X	X	X	
MST-13	Ligota Tułowska	1	X		X	
MST-14	Gracze, poziom IX	2	X	X	X	X
MST-15	Gracze, poziom VII	1	X	X	X	X
MST-16	Gracze, poziom V	1	X		X	X
MST-17	Lutynia, g. Szwedzkie Szańce, pokład dolny	1	X	X	X	X
MST-18	Lutynia, g. Szwedzkie Szańce, pokład górny	1	X		X	X
MST-19	Zalesie	1	X	X	X	X
MST-20	Lutynia, Czarne Urwisko	1	X	X	X	X
MST-21	Szary Kamień	1	X	X	X	
MST-22	Żelazów/Żółkiewka	1	X	X	X	X
MST-23	Śnieżne Kotły	1	X	X	X	X
SUMA		31				

Do interpretacji datowań izotopowych wykorzystano także archiwalne wyniki datowań termochronologicznych metodą Ar-Ar (odsłonięcia i kamieniołomy: Bukowa Góra, Grodziec, Męcinka, Lubień, Wilcza Góra, Strzegom – Góra Krzyżowa, Góra Św. Anny, wiercenie Opolno Zdrój, zał. 10).

Badania geochronologiczne objęły analizę petrograficzno-mineralogiczną i badania chemiczne skał, w celu określenia litologii, tekstury, składu mineralnego i rodzaju przeobrażeń skały, oraz klasyfikacji geochemicznej skał. Do datowań zostały wybrane najmniej przeobrażone, najbardziej reprezentatywne dla wytypowanych obszarów badawczych skały wulkaniczne. Badania petrograficzno-mineralogiczne wraz z dokumentacją fotograficzną wykonano w świetle przechodzącym z użyciem mikroskopu NIKON ECLIPSE LV100 POL z wykorzystaniem oprogramowania NIS-Elements AR 2.20. Następnie przeprowadzono badania przeglądowe w skaningowym mikroskopie elektronowym LEO1430, który jest wyposażony w detektor dyspersji energii (EDS) Oxford ISI 300.

Analizy chemiczne całych skał z uprzednim stopieniem z boranem litu zostały wykonane w laboratorium ACMELab w Kanadzie. Pierwiastki główne zostały oznaczone metodą ICP-AES, natomiast pierwiastki śladowe metodą ICP-MS. Badania geochronologiczne metodą $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ zostały przeprowadzone na całych skałach w Laboratorium Geochronologicznym Uniwersytetu w Lund (Szwecja).

2.4 Analiza stanu rozpoznania warunków geotermicznych w SW Polsce

Analizę wykonano na podstawie wcześniejszych publikacji i danych archiwalnych, biorąc pod uwagę m.in. wcześniejsze mapy geotermiczne, pomiary

temperatury w otworach. Zwrócono uwagę na niewielką liczbę odpowiednio głębokich otworów wiertniczych (Tab. 10, zał.2). W płytkich otworach pomiary temperatury mogą być zaburzone przepływami w przypowierzchniowych poziomach wodonośnych. Stwierdzono, że w praktyce otwory z samowypływem wód termalnych nie powinny być używane jako repery geotermiczne. Stwierdzono, że w najbliższych latach nie należy spodziewać się napływu dużej liczby nowych danych termicznych dla obszaru sudeckiego, chociaż w latach 2018-2019 planowane było wykonanie głębokiego otworu na terenie gminy Lądek Zdrój (*otwór Lądek Zdrój LZT-1 został odwiercony w 2019 r. – patrz Tab. 10*). Przedstawiono historię badań termicznych w rejonie opracowania, omówiono znaczenie efektów kenozoicznego epizodu wulkanizmu bazaltoidowego, odnosząc się tym samym do wyników przeprowadzonych badań geochronologicznych. Rozdział zakończono omówieniem perspektyw występowania wód termalnych w Sudetach i na ich przedpolu.

2.5 Wnioski

Interpretacja danych pomiarowych, wsparta analizą modeli cyfrowych terenu, opartych o dane skaningu laserowego dla poszczególnych rejonów badań, w szeregu miejsc pozwoliła rozpoznać złożoną budowę badanych stref dyslokacyjnych i określić szerokości stref zniszczenia, związanych z przemieszczeniami na uskokach, co najprawdopodobniej przekłada się na hydrogeologiczne parametry przepuszczalności badanych stref tektonicznych.

- Metody geomorfologiczne – analiza cyfrowych modeli terenu i sieci drenażu, a zwłaszcza ta pierwsza, pokazały swoją znaczną przydatność w identyfikacji młodych struktur nieciągłych w skali lokalnej i regionalnej. Użycie danych skaningu laserowego (LIDAR) o dużej rozdzielczości poprawia wiarygodność uzyskiwanych wyników. W dalszych pracach postuluje się szerokie wykorzystywanie tych metod, szczególnie biorąc pod uwagę ich małą kosztowność.
- Metody analizy pól potencjalnych – wykazują dużą przydatność dla rozpoznania stref tektonicznych typu uskokowego pod względem ich zasięgu głębokościowego i znaczenia regionalnego, co przekłada się, choć nie wprost, na szerokość związanych z nim stref zniszczenia i, w efekcie, na zdolności do prowadzenia wód głębokiego krążenia. Zarówno metoda ERT jak i STR pozwoliły na obrazowanie rozkładu parametrów fizycznych w przekroju. Przy znajomości zarysu budowy geologicznej badanych obszarów, pozwala to na przyporządkowanie litologii do poszczególnych stref wyznaczonych na przekrojach geofizycznych i utworzenie bardziej lub mniej dokładnego modelu budowy geologicznej podłoża.
- Metody obrazowania ERT i STR pozwalają również na dosyć jednoznaczną weryfikację obecności stref uskokowych. Ograniczeniem użytych w zadaniu metod tomograficznych jest głębokość rozpoznania. W przypadku metody ERT zwykle uzyskiwano rozpoznanie do głębokości 50-80 m. Metodą STR uzyskano zwykle rozpoznanie do głębokości 60-120 m, a maksymalna uzyskana głębokość rozpoznania sięgnęła 200 m. W kontekście badań stref uskokowych, badania tomograficzne ERT i STR mają szczególnie duże zastosowanie do określenia ich

lokalizacji, szerokości oraz geometrii stref. Badania tomograficzne mogą mieć szczególne znaczenie dla rozpoznania przypowierzchniowych stref zniszczeniowych (ang. shallow damage zones) uskoków.

- Badania metodą sejsmiki refleksyjnej pozwalają na określenie położenia części granic geologicznych w tych ośrodkach, które charakteryzują się warstwową budową skał. Badania te pozwoliły na uzyskanie rozpoznania do głębokości średnio 200 m; w części przypadków rozpoznanie sięgnęło głębokości ponad 500 m. Rozpoznanie stref uskokowych jest możliwe na podstawie obserwacji pośrednich – śledzenia ciągłości warstw, lub bezpośrednio, w przypadku relatywnie położeń powierzchni uskokowych. Badania refleksyjne nie sprawdzają się, lub dają słabe rezultaty w skałach krystalicznych.
- Badania techniką VLF pozwoliły zidentyfikować na części linii pomiarowych strefy o anomalnym przebiegu składowych fazowych indukowanego pola elektromagnetycznego. Strefy takie można wiązać z występowaniem uskoków i innych stref nieciągłości o znaczących kontrastach oporności (np. stref spękań). Położenie stref anomalnych zwykle odpowiada lokalizacji stref uskokowych określonych innymi metodami geofizycznymi. Czytelne, przestrzennie zdefiniowane anomalie VLF występują na obszarach o podłożu zbudowanym ze skał litych lub o podłożu litym z cienką pokrywą skał luźnych i zwietrzelin.
- Badania MT pozwoliły na zobrazowanie rozkładu parametrów fizycznych w przekroju. Podobnie jak w metodzie sejsmicznej, przy znajomości zarysu budowy geologicznej badanych obszarów, możliwe jest zgrubne przyporządkowanie litologii poszczególnym strefom zaznaczającym się na przekrojach MT i na tej podstawie tworzenie modeli budowy geologicznej głębokiego podłoża. Badania MT pozwalają osiągnąć głębokości do 4 km oraz na wydzielenie mięjszych kompleksów o kontrastowej charakterystyce opornościowej (np. kompleks osadowy i podłoże krystaliczne), jednak nie pozwalają na rozpoznanie szczegółów budowy geologicznej. Pozwalają na skonstruowanie głębokiego, schematycznego modelu geologicznego i wyznaczenie położenia stref uskokowych. Metoda ta jest szczególnie przydatna przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu potencjalnych zasobów wód termalnych w obszarach o podłożu zbudowanym ze skał krystalicznych, ze względu na duży zasięg głębokościowy tej metody oraz uzyskiwanie informacji o względnych wartościach oporności ośrodka skalnego, co przekłada się na jego zawodnienie,
- Badania temperatury w glebie – na głębokości do kilkudziesięciu cm – charakteryzują się znaczną zmiennością zależną od lokalnych warunków zewnętrznych i nie mogą być podstawą do wyciągania wniosków na temat endogenicznych procesów związanych z warunkami geotermalnymi w przypowierzchniowych strefach skorupy ziemskiej. W przypadku pomiarów temperatury w gruncie na głębokości rzędu 2 m konieczne jest przeprowadzenie serii pomiarowych obejmujących okres całego roku, co pozwala na określenie zmian rozkładu temperatur w czasie i na tej podstawie wnioskowanie o przyczynach ewentualnego anomalnego rozkładu temperatur gruntu.

W toku przeprowadzonych badań, jedynie na linii badawczej Ciepłowod zidentyfikowano strefę, w której podwyższenie temperatur w gruncie może mieć przyczyny endogeniczne. Pochodzenie anomalii w Ciepłowodach może być jednak alternatywnie spowodowane chemicznymi procesami egzotermicznymi (np. wietrzeniem siarczków) lub innymi procesami. Przed stwierdzeniem skuteczności określenia anomalii termicznej na podstawie badań temperatury w gruncie, należałoby potwierdzić obecność zidentyfikowanej strefy o podwyższonej temperaturze głębszym otworem wiertniczym.

Biorąc pod uwagę pracochłonność i czasochłonność, oraz utrudnienia formalne dla przeprowadzenia badań temperatury w gruncie, w stosunku do dosyć mało zadowalających rezultatów należy uznać, że badania takie nie spełniają w sposób wystarczający swojej funkcji.

- Na podstawie wyników badania γ -spektrometrycznych, można stwierdzić, że nie jest możliwe wnioskowanie o istnieniu stref uskokowych lub o ich braku wyłącznie na podstawie pomiarów spektrometrycznych. Najlepsze wyniki osiągnęte są w obszarach o w miarę jednolitej litologii (np. zuskokowane masywy granitowe itp.), gdzie na zmienność pomiarów wpływu nie mają wyraźne różnice litologiczne.
- Przeprowadzono modelowanie matematyczne prostego przypadku stygnięcia wskutek przewodzenia ciepła magmy umieszczonej pod spągiem skorupy, uzyskując wyniki nastrajające pesymistycznie do możliwości występowania znaczących efektów takiego wpływu w warunkach Dolnego Śląska.
- Wykonane modelowania numeryczne nie brały pod uwagę innych mechanizmów stygnięcia intruzji niż przez przewodnictwo cieplne, a ponadto zakładały brak współczesnych ognisk magmowych pod spągiem skorupy.

Zostało zaproponowane wykonanie:

- bardziej zaawansowanych badań modelowych (w II etapie),
- badań uwzględniających anomalie termiczne w górnych partiach skorupy pozostałe po plejstocenijskich zlodowaceniach, których efekty mają znaczący wpływ na głębokościach, w których formują się możliwe do eksploatacji wody termalne.
- kalkulacji efektów nagrzewania skorupy w rejonach podścielonych przez bogate w pierwiastki rozszczepialne masywy granitowe.
- szczegółowego kartowania strukturalnego naturalnych i sztucznych stref uskokowych bądź spękaniaowych, celem detalicznego rozpoznania ich struktury wewnętrznej, która przekłada się na możliwości przepływu cieczy (uzupełniono w II etapie)
- pomiarów termometrycznych w nieczynnych odwiertach hydrogeologicznych celem wzbogacenia bazy danych, na podstawie której oznaczane są wartości strumienia cieplnego, a raczej zebranie kolekcji reprezentatywnych typów skał dla obszaru Dolnego Śląska i wyznaczenie parametrów cieplnych dla tych odmian litologicznych.

Większość tych propozycji uwzględniono przy realizacji etapu II (Aleksandrowski i in., 2020).

3. Młode strefy tektoniczne – etap II

/wyciąg z opracowania „Raport końcowy - Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych– etap II”, (Aleksandrowski i in., 2020)/

3.1 Badania geofizyczne

Wykorzystano metody badawcze, które sprawdziły się podczas etapu I, jednak z korektami dotyczącymi poszerzenia zakresu prac sejsmicznych i magnetotellurycznych, zasadniczej zmiany metodyki badań termometrycznych oraz uzupełnienia prac o szczegółowe kartowanie powierzchniowych wystąpień stref tektonicznych dla celów porównawczych. Przeprowadzono też badania petrofizyczne typowych dla Sudetów odmian skalnych celem wykorzystania do modelowania pola cieplnego podłoża skalnego Dolnego Śląska. Przeanalizowano również archiwalne dane z zakresu głębokiej sejsmiki poszukiwawczej w celu lokalizacji głębokich stref nieciągłości tektonicznych.

Badania sejsmiki refleksyjnej, STR, a także ERT, pomiary VLF wykonano z zastosowaniem takiej samej metodyki jak w etapie I. Wykaz profili i zastosowanych metod zestawiono w Tab. 7, a ich lokalizację przedstawiono na zał. 3, 5, 6.

Badania magnetotelluryczne zostały przeprowadzone przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, sp. z o.o., z Krakowa. Badania zostały przeprowadzone na 12 liniach pomiarowych, o łącznej długości 36 km. Łącznie wykonano w sumie 401 sondowań magnetotellurycznych (MT). Wykonano 12 przekrojów opornościowych 2D na podstawie algorytmu NLCG do głębokości 5 km p.p.t.

Zmianie uległa metodyka wykonywania pomiarów γ -spektrometrycznych. Krok pomiarowy wzdłuż profilu skrócono do 10 metrów, a czas pomiaru wydłużono do 10 minut. Część pomiarów wykonana została nadal bezpośrednio na powierzchni gruntu (profile Spalona, Góry Bystrzyckie), ale następne (po zapoznaniu się z opinią koreferenta do raportu z I etapu) wykonano z wysokości ok. 1 m (aparatura podwieszana była pod statywem geodezyjnym).

Grupa profili γ -spektrometrycznych pod wspólną nazwą Spalona (profile Spalona I – X), została wytyczona na podstawie analizy zdjęcia LIDAR. Pozostałe profile wyznaczone zostały w rejonie nieciągłości tektonicznych wykrytych innymi metodami geofizycznymi. Do pomiarów wykorzystano dwa spektrometry: Gamma Surveyor II (GSII/1) oraz RS-230. Profile Spalona wytyczono tak aby wykonać pomiary wzdłuż kilku równoległych do siebie profili przecinających ten sam lineament. Pomiary wykazały obecność mineralizacji hydrotermalnej, czego potwierdzeniem było odnalezienie wystąpień żył kwarcowych. W pozostałych rejonach badań, tylko w przypadku czterech profili (Głuszycza, Książnica, Srebrna Góra, Złotoryja) badania γ -spektrometryczne nie potwierdziły istnienia uskoku/strefy tektonicznej wyznaczonej innymi metodami geofizycznymi.

Tab. 7 Zestawienie badań geofizycznych wykonanych w II etapie przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2020)

	Nazwa rejonu badań	Długość profilu [km]					Liczba punktów
		Sejsmika	ERT	VLf	MT	γ-spektrometria	Radon
1	Pławna			2,08	3,70		
2	Złotoryja			5,884	7,1	0,39	
3	Wojcieszycy	1,26	1,20	1,228			
4	Niedamirów	1,72	1,80	2,04	2,1	0,38	
5	Wierzchosławice	1,56	1,60	3,479	4,00	0,43	
6	Nagórniki			2,974	4,6	0,29	
7	Głuszyca	1,00	1,00	2,531	2,60	0,30	3
8	Srebrna Góra			2,095	2,20	0,32	
9	Książnica	1,54	1,00	3,005	3,70	0,48	4
10	Brzozowice	1,54	1,40	1,518		0,31	
11	Kudowa			2,171	2,30		
12	Potworów	1,46	1,80			0,37	
13	Ożary	1,90	2,60				
14	Stara Łomnica	0,96	1,00	1,871	2,30	0,36	
15	Bystrzyca Kłodzka	1,42	1,40	1,407	2,1	0,76	
16	Spalona I Spalona II Spalona III Spalona IV Spalona V Spalona VI Spalona VII Spalona VIII Spalona IX Spalona X			0,741		0,38 0,27 0,40 0,17 0,25 0,28 0,22 0,24 0,17 0,25	
17	Różanka	0,65	0,80	0,767		0,27	
18	Goworów	1,1	1,40	1,316			
19	Łądek Zdrój	1,20		1,23			
20	Jelcz-Laskowice	2,18					
21	Wilamowice Nyskie		1,00				
22	Radoszowice	0,6	1,20				
Łączna długość:		20,09	19,2	36,337	36,7	7,29	
Liczba profili:		13	10	17	11	22	

Wykonano również kilka pomiarów stężenia radonu ^{222}Rn w powietrzu glebowym. Wybrano punkty zlokalizowane wzdłuż profili geofizycznych, przy uwzględnieniu wyników geologicznej interpretacji badań geofizycznych. Jeden z punktów wyznaczano poza nieciągłościami tektonicznymi, tak aby pomierzyć

zawartość radonu w ośrodku niezaburzonym (tło), a następnie nad wybranymi, potencjalnie obiecującymi strefami tektonicznymi.

Wyinterpretowane uskoki czy strefy nieciągłości przedstawiono łącznie z wcześniej opisanymi efektami etapu I (Aleksandrowski i in., 2018) na zał. 11. Dodatkowo (na zał. 14) pokazano otwory z wodami termalnymi i tymi w których w ogóle wykonano pomiar temperatury (a niekoniecznie okazały się wodami termalnymi): jedna grupa otworów ma oznaczoną temperaturę wody na wypływie (czerwone symbole), a druga grupa (pomiar wykonany w ramach omawianego opracowania) ma oznaczoną maksymalną temperaturę w otworze (niebieskie symbole). Dodano również warstwę z pomiarami temperatur w wodach ze źródeł (różowe symbole). Dzięki takiemu połączeniu na jednej mapie, można wstępnie ocenić związek pomiędzy siecią tektoniczną a objawami podwyższonej temperatury wód.

W 7 rejonach badań (Pławna, Złotoryja, Wierzchosławice, Nagórnik, Srebrna Góra, Kudowa, Spalona) metoda VLF nie pozwoliła na wyznaczenie stref tektonicznych.

Interpretacja ilościowa wyników MT obejmowała:

- interpretację 1D sondowań geoelektrycznych wykonanych metodą Occama,
- interpretację 2D NLGG,
- interpretację geologiczno-strukturalną i hydrogeologiczną.

W siedmiu rejonach badań, w obrębie wysokooporowego podłoża prekambryjskiego wyinterpretowano strefy o obniżonej oporności, które mogą być związane z uskokami lub szczelinami wypełnionymi zmineralizowanymi i ciepłymi fluidami. Rejony te zostały wymienione poniżej, a liczba gwiazdek przy nazwie rejonu oznacza subiektywną ocenę stopnia perspektywiczności na podstawie przekrojów MT; w nawiasie podana została nazwa struktur kruchych, z którymi wiążą się rozległe strefy niskiej oporności elektrycznej w obrazie MT):

Rejon Stara Łomnica*** (uskok Pstrążna-Gorzanów),

Rejon Pławna*** (u. południowy rowu Wlenia),

Rejon Złotoryja** (u. Jerzmanic, u. sudecki brzeźny),

Rejon Kudowa** (u. Zieleńca, u. Klikawy),

Rejon Wierzchosławice* (u. zachodni rowu Wierzchosławic oraz u. wnętrza rowu),

Rejon Głuszycy* (u. Głuszycy),

Rejon Srebrna Góra* (u. brzeźny).

Stwierdzono, że wskazanym byłoby wykonanie w rejonie szczególnie perspektywnym dodatkowych, co najmniej trzech profili lub najbardziej optymalnie zaprojektowanie badań 3D.

Ze względu na prawdopodobny uskoki oraz źródło wód mineralnych występujące w odległości około 160 m od początku profilu 1-BK-18 Bystrzyca Kłodzka proponuje się wykonanie dodatkowych sondowań MT na południowy-zachód od początku wspomnianego profilu, a następnie wykonanie ponownej interpretacji uwzględniającej dodatkowe wyniki pomiarów.

3.2 Szczegółowe kartowanie strukturalne

Szczegółowe kartowanie, metodą fotogrametryczną, przeprowadzono w celu przedstawienia wykształcenia struktur tektonicznych takich jak: spękania ciosowe, korytarze spękań, klastry spękań i strefy uskokowe. Do kartowania wybrano kamieniołomy granitoidów usytuowane w Masywie Strzegom-Sobótka oraz Masywie Strzelina (Tab. 8). Opracowanie zawiera bogatą ilustrację stwierdzonych sieci spękań, wraz z ich analizą.

Tab. 8 Zestawienie kamieniołomów, w których wykonano szczegółowe kartowanie metodą fotogrametryczną.

Kamieniołom	X [ukł. 1992]	Y [ukł. 1992]	Wykonano:
Masyw Strzegom-Sobótka			
Czernica	352929,53	305154,74	3 profile 1 mapa (rzut z góry)
Goczałków	352173,25	311071,07	3 profile
Wieśnica	351046,51	311448,92	3 profile
Masyw Strzelina			
Górka Sobocka	321406,36	356023,09	2 profile
Strzelin	325289,70	362780,91	3 profile

Prace w terenie doprowadziły do stworzenia modeli 3D odsłoneń (fragmentów kamieniołomów), umożliwiając późniejszą analizę materiału źródłowego w warunkach kameralnych. Pokazano znaczną zmienność inwentarza struktur oraz ich wykształcenia w obrębie badanych lokalizacji jak i pomiędzy nimi. Często obserwuje się przywiązanie stref zniszczenia kruchego do utworów żyłowych, co interpretowane może być jako:

- wykorzystanie stref uskokowych jako naturalnych stref osłabień przez roztwory krążące w późnych etapach formowania batolitu, czy też iniekcje stopu resztkowego,
- silne zniszczenie wcześniej powstałych utworów żyłowych, co prowadzi do powstania niejednorodności w ośrodku skalnym.

Najbardziej perspektywiczne pod kątem efektywności cyrkulacji wód w rejonie Strzelina są struktury opisane w kamieniołomach Wieśnica, w Górcie Sobockiej, oraz w Strzelinie. Natomiast co do stref tektonicznych badanych w NW części masywu Strzegom-Sobótka, zauważyć można spójność kierunków sub-wertykalnych spękań ciosowych tj. kierunek dominujący (bieg około 330) oraz kierunek podrzędny (bieg około 60).

Wykonano również kartowanie strukturalne w skali średniej (1: 5 000), na południowym uskoku (rowu) Wlenia (*SWF*). Jest to przykład odsłoniętej na powierzchni terenu dużej, odmłodzonej struktury nieciągłej, perspektywicznej dla występowania wód termalnych głębokiego krążenia. Analizę strukturalną oparto na obserwacjach łącznie ok. 3000 powierzchni strukturalnych w skałach osadowych wypełnienia rowu.

Wynioskowano, że:

- należy zwiększyć nacisk na rozpoznanie i udokumentowanie stref tektonicznych we wstępnie wytypowanych obszarach poszukiwania wód termalnych, tak pod względem

obecności takich stref jak i ich wykształcenia, stosując zarówno metody powierzchniowe jak i otworowe.

- badania powierzchniowe, z racji na utrudnienia związane z ogólnym stanem zachowania odsłoneń, należy uzupełnić obserwacjami otworowymi prowadzonymi na orientowanych rdzeniach lub przy użyciu metod geofizyki otworowej.

- za wartościowe należy uznać wykonanie na szerszą skalę płytkich (do kilkudziesięciu - 100 m) powierzchniowych badań geofizycznych, nastawionych *stricte* na detekcję struktur tektonicznych. Badania takie mogłyby posłużyć do korelacji struktur pomiędzy odsłoneńcami, jak i przeprowadzenia rozpoznania w terenie pozbawionym odpowiednich odsłoneń.

- pomiary stanu naprężeń *in situ* w głębokich otworach - informacja taka pozwoliłaby określić uprzywilejowane kierunki krążenia wód w sieci spękań. W przypadku rozważania technologii HDR (*Hot Dry Rocks*), gdzie zakłada się sztuczne wytworzenie spękań, którymi zatłaczana i odbierana byłaby woda pomiędzy parą otworów, taka informacja jawi się jako kluczowa przy planowaniu całego przedsięwzięcia.

3.3 Analiza archiwalnych danych sejsmicznych

Reprocessing (czyli ponowne przetwarzanie) sejsmicznych danych archiwalnych wykonał podwykonawca - *GK Processing* sp. z o.o. z Krakowa. Reprocessing profili sejsmicznych 2D w synklinorium północnosudeckim podzielono na dwa etapy. Etap I miał na celu weryfikację przydatności takiego reprocessingu do interpretacji wgłębných stref tektonicznych. Do tego etapu wybrano 2 profile sejsmiczne o łącznej długości 44,25 km. Wyniki potwierdziły zasadność wykonania ponownego przetwarzania pozostałych profili z synklinorium północnosudeckiego.

W drugim etapie prac wykonano reprocessing 37 profili sejsmicznych 2D pomierzonych w synklinorium północnosudeckim, które finalnie scalono w 14 profili sejsmicznych (Zał. 3). Łączna długość profili z synklinorium północnosudeckiego wynosi 453,06 km (wzdłuż linii łączącej punkty odbioru sygnału sejsmicznego). Drugim obszarem prac było synklinorium śródsudeckie. Badania zostały wykonane w 2 przygranicznych rejonach: Mieroszów (6 profili) i Radków (13 profili) oddzielonych od siebie terytorium Republiki Czeskiej. Łączna długość opracowywanych profili wynosi tu 156,87 km (lokalizacja na zał. 3). Wyniki reprocessingu znajdują się w przygotowanych przez firmę *GK Processing* dokumentacjach (Martuś i in., 2019a,b,c).

W ramach interpretacji opisywanych danych przygotowane zostały m. in. mapy czasowe głównych horyzontów sejsmicznych z zaznaczoną lokalizacją rozpoznanych stref uskokowych oraz zinterpretowane strukturalnie przekroje sejsmiczne. Uskoki te zostały zamieszczone na Zał. 11.

W synklinorium północnosudeckim analiza pozwoliła na wykartowanie kilkunastu stref tektonicznych, których lokalizacja została przedstawiona na mapie stropu cechsztynu (Aleksandrowski i in., 2020). Wyniki prowadzą do wniosku o konieczności zmiany dotychczasowej koncepcji budowy tektonicznej synklinorium

północnosudeckiego, zakładającej dominację tektoniki blokowej, w kierunku uwzględnienia dużego znaczenia struktur fałdowo-nasuwczych.

W rejonie Mieroszowa (Synklinorium śródsudeckie) analiza wskazuje na obecność strefy uskokowej w obrębie osadów karbońskich, o przebiegu NW-SE. Strefa uskokowa została rozpoznana na długości ok. 7 km, ale zapewne kontynuuje się zarówno w kierunku NW jak i SE, poza zasięg profili sejsmicznych. Wygasa ona na stropie karbonu, dlatego bez analizy danych sejsmicznych nie byłoby możliwe rozpoznanie jej obecności.

W rejonie Radkowa (Synklinorium śródsudeckie) główną dyslokacją jest uskok Krosnowice-Ścinawka, przebiegający wzdłuż kierunku NW-SE. Uskok ma charakter nasunięcia, którego powierzchnia zapada ku SW. Geometrię nasunięcia zobrazowano na mapie jego powierzchni oraz na mapach stropu podłoża krystalicznego w skrzydle stropowym i spągowym nasunięcia.

Dane sejsmiczne wskazują, że skały podłoża krystalicznego mogły zostać nasunięte ku NE na osady karbońsko-permskiej pokrywy osadowej na odległość nawet 5-7 km. Tym samym, pod nasunięciem osady karbonu mogą kontynuować się na powyższą odległość ku SW od poprzednio interpretowanej granicy ich występowania, którą wyznaczono na linii uskoku Krosnowice-Ścinawka.

3.4 Profilowanie temperatury i wybranych parametrów fizykochemicznych wody w studniach wierconych i piezometrach

Celem przeprowadzonych profilowań temperatury i wybranych parametrów fizykochemicznych wody w studniach wierconych i piezometrach było zweryfikowanie przyjętej metodyki, pozyskanie nowych danych temperaturowych oraz obliczenie na ich podstawie wartości gradientu geotermicznego i innych parametrów geotermicznych. Otrzymane wyniki przeanalizowano i porównano z rezultatami wcześniej wykonanych badań oraz dokonano ich interpretacji w kontekście regionalnej budowy geologicznej, tektoniki, warunków hydrogeologicznych oraz geotermicznych obszaru badań. Otwory przeznaczone do pomiarów i badań terenowych wyznaczono na podstawie analizy materiałów archiwalnych oraz baz danych: CBDG, CBDH oraz BWM.

W dostępnych do badań otworach wiertniczych wykonano profilowanie za pomocą multimiernika KLL-Q2 (Seba Hydrometrie 2012) wyposażonego w sondę MPS-D8 (Waterquality probes 2012). Prace zostały zaplanowane na podstawie kwerendy danych znajdujących się w bazach danych otworowych, dokumentacjach geologicznych i wybranych opracowaniach PIG-PIB z serii „Profile głębokich otworów wiertniczych”. Do badań i pomiarów terenowych wytypowano wstępnie grupę około 100 otworów, które wydawały się spełniać niezbędne kryteria wyjściowe, z czego (biorąc pod uwagę spodziewane trudności w dostępie do starych odwiertów) zaplanowano realizację pomiarów temperatury w łącznie 35 do 60 otworach wiertniczych. Znacznej części wstępnie wytypowanych otworów nie udało się odnaleźć w terenie, ze względu na brak weryfikacji lokalizacji w bazach danych. W istotnej części odnalezionych otworów

zapuszczenie sondy okazało się niemożliwe z uwagi na ograniczenia techniczne. W efekcie pomiary wykonano w 23 otworach (studniach wierconych i piezometrach – w większości w Sudetach i na bloku przedsudeckim (zał. 2). W ten sposób należy uznać, że wykonane pomiary terenowe wyczerpały bieżące możliwości wykonania pomiarów termicznych w grupie wytypowanych otworów.

Zmierzone zostały następujące parametry:

- głębokość pomiaru wyrażona w metrach poniżej zwierciadła wód podziemnych [m];
- temperatura, T [$^{\circ}\text{C}$];
- elektroprzewodność właściwa, EC [mS/cm];
- odczyn, pH;
- stężenie tlenu, O_2 [mg/l];
- nasycenie tlenem, $\text{O}_2\%$.

Na podstawie zmierzonych wartości ww. parametrów moduł elektroniczny aparatury pomiarowej obliczył wartości następujących parametrów fizykochemicznych wody:

- mineralizacja całkowita, TDS [g/l];
- gęstość [g/l]
- zasolenie [-].

Analiza wyników pomiarów umożliwiła identyfikację zakłóceń termogramu spowodowanych lateralnym przepływem wód podziemnych. Obliczenia parametrów geotermicznych wykonano dla wybranych otworów, w których możliwe było wyznaczenie interwału obliczeniowego na odcinku około 100 metrów.

Gradient geotermiczny został obliczony dla otworów, dla których otrzymano serię danych głębokości H [m p.p.t.] i temperatury T [$^{\circ}\text{C}$], przy zachowaniu powyższego warunku. Średnie wartości gradientu geotermicznego wykorzystano do obliczenia średniej wartości strumienia cieplnego. Dla poszczególnych otworów przyjęto średnie wartości przewodności cieplnej K_{sr} odpowiadającej litologii ujętych poziomów wodonośnych, (Karwasiecka, Bruszevska, 1997). Ponadto dla otworów, dla których miąższość interwału obliczeniowego wynosiła minimalnie około 150 metrów obliczono temperatury górotworu na głębokościach 500, 1000, 1500 i 2000 m p.p.t.

Identyfikacja strefy sezonowych zmian temperatury podpowierzchniowej była możliwa w przypadku 13 otworów. Miąższość strefy jest silnie zróżnicowana, wynosząc średnio 19,87 m. Temperatura zmierzona w punkcie inwersji termogramu waha się od 6,89 do 9,91 $^{\circ}\text{C}$, a średnio wynosi 8,67 $^{\circ}\text{C}$.

Anomalne wartości, tj. wysoką miąższość strefy oddziaływania czynników zewnętrznych oraz podwyższoną temperaturę w punkcie inwersji termogramu, zaobserwowano dla otworu W-1 położonego we Wrocławiu, co można tłumaczyć występowaniem miejskiej wyspy ciepła. W przypadku otworów Dobromyśl 5B i Gorzeszów P-1 punkt inwersji temperatury jest położony stosunkowo głęboko. W

przypadku otworu Gorzeszów P-1 zaobserwowano stałą regresję temperatury w całym badanym przelocie otworu, tj. do głębokości 102,55 [m p.p.t.].

Zidentyfikowano zaburzenia temperatury wody spowodowane lateralnym dopływem wód podziemnych oraz dopływem do filtra. Wyraźne zakłócenia widoczne są np. dla otworów: Krzyżanów 2, Grzędy 3P, Mioszów 2, Łupki 1, Stary Waliszów 7R.

W otworze Opolno-Zdrój 1 widoczny jest nagły wzrost temperatury i zmiana wszystkich pozostałych mierzonych parametrów, co zapewne związane jest z dopływem wód z głębszych stref krążenia poprzez np. system szczelin i uskoków.

Średnie wartości gradientu geotermicznego i strumienia ciepłego Ziemi zostały obliczone dla 9 badanych otworów. Wartości gradientu geotermicznego wahają się od 0,47 do 4,69°C/100 m, a średnia wynosi 2,38°C/100 m, wartości strumienia ciepłego Ziemi wahają się od 11,67 do 88,34 mW/m², a średnia wynosi 50,03 mW/m². Najwyższe wartości obu parametrów stwierdzono w otworze Pełczyn IVP, natomiast minimalne w otworze Grzędy 3P. Obliczone wartości nie odbiegają od wyników wcześniejszych prac zarówno w skali całego kraju (Majorowicz 1974, Plewa 1994, Majorowicz i in., 2019) jak też i bardziej szczegółowych dla Dolnego Śląska (Karwasiecka i Bruszevska 1997, Bruszevska 2000).

Analizowane otwory zlokalizowane są bardzo nierównomiernie na terenie badań i grupują się w niektórych z jego części (Zał. 2 i Zał. 14), ponieważ wykonywane były w celu rozpoznania wybranych jednostek geologicznych, złóż surowców czy też wód podziemnych. W związku z powyższymi wynikami przeprowadzonych badań nie umożliwiają kompleksowej interpretacji i rozpoznania warunków geotermicznych dla całości badanego obszaru.

Znaczna część badanych otworów znajduje się w polskiej części niecki śródsudeckiej i posadowiona jest w utworach mezozoiku, w tym w piaskowcach, marglach, iłowcach oraz iłowcach triasu i kredy. Niektóre z otworów przewiercają także piaskowce i mułowce w stropie permu, czy też - w przypadku otworu Wałbrzych Stara Kopalnia - osady karbonu górnego. Otwór Długopole Dolne 6R przewierca miąższy kompleks mułowcowo-ilasty rowu Nysy i osiąga łupki kwarcytowe podłoża paleozoicznego.

Kolejna grupa otworów, położona w rejonie niecki Turowszowa i niecki Radomierzyc, posadowiona jest stosunkowo płytko w osadach czwartorzędu i neogenu, w tym niektóre bezpośrednio w złożu węgla brunatnego. W obrębie skał osadowych posadowione są otwory: Łupki 1 – w osadach kredy, triasu i permu rowu Wlenia, Pełczyn IVP – w osadach neogenu i triasu monokliny przedsudeckiej, oraz Wrocław W-1 w utworach neogenu zalegających na monoklinie przedsudeckiej. Natomiast w utworach krystalicznych posadowione są otwory: Krzyżanów 2 – w paleozoicznych fyllicach, kwarcytach, amfibolitach i granitach południowego obrzeżenia niecki śródsudeckiej, Gierczyn G18/3 – w paleozoicznych gnejsach i łupkach kwarcytowych bloku karkonosko-izerskiego i Łądek-Zdrój L-1 – w paleozoicznych łupkach i gnejsach metamorfiku Łądka i Śnieżnika.

Najwyższe wartości temperatury wód, w tym sięgające powyżej 20°C, stwierdzono w odkrywce KWB Turów. Wody termalne niecki Turoszowa są wodami szczelinowymi stosunkowo głębokiego systemu krążenia występującego w podłożu krystalicznym, który budują przedwaryscyjskie granity rumburskie, stanowiące podłoże neogeńskiej asocjacji brunatnowęglowej (Liber-Makowska 2013). Warunki korzystne do występowania wód termalnych są bezpośrednio związane z regionalną strefą uskokową przebiegającą przez utwory krystaliczne (Liber-Makowska 2013, Ciężkowski i Sztuk 1985). W przypadku rejonu KWB Turów należy mieć także na względzie przemiany antropogeniczne spowodowane prowadzoną od wielu dekad eksploatacją złoża węgla brunatnego, która w sposób istotny i trwały przekształciła lokalną i regionalną budowę geologiczną oraz warunki hydrogeologiczne. Eksploatacja zasobów węgla brunatnego doprowadziła do znaczącej redukcji pokrywy kenozoicznej podłoża krystalicznego i umożliwiła wystąpienia wód o podwyższonej temperaturze na płytkich głębokościach pod powierzchnią dna odkrywki.

Podwyższone temperatury wód podziemnych, poza niecką Turoszowa, zmierzono w otworach: Pełczyn IVP – 17,39°C, Wałbrzych Stara Kopalnia – 15,45°C oraz Stary Waliszów 7R – 15,08°C. Są one niewątpliwie związane z podwyższeniem gradientu geotermicznego, który z kolei przyczynia się do powstania w otworze zjawiska pionowej konwekcji temperaturowej. W związku z powyższym przyjmuje się, że najbardziej istotny wpływ na temperaturę wód podziemnych w badanych otworach ma gradient geotermiczny oraz korzystne warunki hydrogeologiczne.

Otrzymane wyniki profilowań temperatury i wybranych parametrów fizykochemicznych wody w otworach oraz wykonane na tej podstawie obliczenia potwierdzają, że badania tego typu są znakomitym narzędziem do aktualizacji danych termicznych oraz uzupełnienia zbioru danych analitycznych w przypadku obszarów, pozbawionych otworów głębokich, jak również obszarów o skomplikowanej budowie geologicznej i złożonych warunkach hydrogeologicznych;

Na obecnym etapie badań nie jest celowe wykonanie interpolacji obliczonych wyników i przedstawienie ich w postaci map izoliniowych, ze względu na mozaikową budowę geologiczną Dolnego Śląska, a przede wszystkim Sudetów i bloku przedsudeckiego oraz efekt grupowania lokalizacji otworów, jak również liczebność populacji danych.

W przyszłych badaniach należy uwzględnić wykonanie profilowań w innych otworach np. naterenie LGOMu, na Śląsku Opolskim i pod warunkiem uzyskania zgody właściciela, w otworach geotermalnych, np. Łądek LZT-1. Konieczne jest wykonanie pomiarów multimiernikiem KLL-Q2 i uzupełnienie ich profilowaniem temperatury innym sprzętem do większych głębokości;

Wyniki profilowania razem z wynikami wcześniej wykonanych badań, w tym geofizyki otworowej, po ich wcześniejszej weryfikacji, należy wykorzystać do budowy modelu geologicznego w celu wykonania dokładnych obliczeń parametrów geotermicznych.

3.5 Ciepło radiogeniczne skał

Łącznie zebrano ponad 1200 oznaczeń zawartości izotopów ^{40}K , ^{238}U i ^{232}Th (dane literaturowe, archiwalne, własne). Badania podzielono na trzy grupy:

1. wykorzystujące tradycyjne metody analizy ilościowej do wyznaczenia zawartości K_2O , U i Th w skale;
2. oparte na wynikach laboratoryjnych analiz chemicznych składu skał wykonane metodą WD-XRF lub ICP-ES/MS, przy użyciu których bada się niewielką objętość skały i wyznacza główny skład chemiczny skały oraz zawartość pierwiastków śladowych;
3. promieniotwórczości naturalnej skał, głównie metodami laboratoryjnymi, w ramach których wyznacza się zawartość izotopów promieniotwórczych, tj., ^{40}K , ^{238}U i ^{232}Th .

Ad.1 Badania wykorzystujące tradycyjne metody analizy ilościowej

Jeliński (1965) poddał analizom ponad 500 próbek granitu z plutonu Karkonoszy.

Ad.2 Badania oparte na wynikach laboratoryjnych analiz chemicznych składu skał wykonane metodą XRF lub ICP-ES/MS

Furnes i in. (1994) wykonali oznaczenia geochemiczne metodą WD-XRF dla metawulkanitów wczesnopaleozoicznych (kambryjsko-ordowickich i ordowicko-sylurskich) kaczawskiego pasma łupkowego.

W obrębie Gór Kaczawskich badania prowadzili również Mikulski (2005, 2014) i Adwankiewicz (2006). Mikulski (2005, 2014) przedstawił wyniki analiz chemicznych skał, wykonanych metodą WD-XRF, w celu opisu złoża miedzi, złota i arsenu w Radzimowicach. Analizy obejmowały swoim zasięgiem kilka litologii: mikrogranity, dacyty, ryolity, andezyty, lamprofiry i trachity. Natomiast Adwankiewicz (2006) badał procesy dyferencjacji magmy, analizując skład chemiczny permskich wulkanitów, głównie za pomocą techniki XRF.

Floyd i in., (2002) badali procesy magmowe zarejestrowane w skałach ofiolitu ślężańskiego. Wykonali oni analizy chemiczne XRF dla bazaltów, dolerytów, gabr i perydotytów.

Geochronologia cyrkonu oraz geochemia gnejsów rejonu masywu orlicko-śnieżnickiego została przedstawiona przez Turniaka i in. (2000). Autorzy ci przeanalizowali próbki skalne z tego regionu przy użyciu metody ICP.

W masywie orlicko-śnieżnickim badania prowadził również Lange z zespołem (2005). Skupiały się one głównie na procesach magmowych i tektono-metamorficznych. W ramach publikacji analizowano skład chemicznych gnejsów za pomocą metody ICP.

W publikacjach Kryzy i in. (2003 i 2014) przedstawiony został zestaw oznaczeń geochemicznych metodami typu ICP dla bazaltów i gabr okolic Kłodzka oraz granitów Karkonoszy.

Magmatyzmem granitoidów kłodzko-złotostockich z zastosowaniem metody XRF zajmował się Mikulski i in. (2013). W opublikowanej pracy można znaleźć zestaw analiz chemicznych dla granitów z tego regionu.

Obszerny zestaw analiz chemicznych można znaleźć w pracach Oberc-Dziedzic i in. (2005, 2010, 2015, 2016), którzy badali genezę granitoidów i ortognejsów w masywach karkonosko-izerskim, strzeleńskim oraz kłodzkim, opierając się głównie na wynikach analiz chemicznych.

Domańska-Siuda i in. (2007, 2019) w swoich pracach skupili się na genezie granitoidów z masywu Strzegom-Sobótka. Autorzy ci poddali analizie chemicznej próbki skalne z tego regionu. W drugiej spośród publikacji, skład główny skał został oznaczony z użyciem metody ICP-ES zaś zawartość pierwiastków śladowych wyznaczono przy pomocy ICP-MS.

Skład chemiczny kwarcytów z warstw Jegłowej w masywie Strzelina został przedstawiony w pracy Szczepańskiego (2007).

W pracach Pietranik i Waighta (2008) oraz Pietranik i Koepkego (2009) przedstawiono rezultaty studiów nad procesami magmowymi intruzji Gęsińca w masywie Strzelina. Autorzy ci zbadali chemizm skał tej intruzji.

Mazur i in. (2010) przedstawili wyniki badań nad ewolucją mikrokontynentu Brunia w świetle wieku cyrkonów oraz powinowactwa występujących tam ortognejsów przy użyciu badań chemicznych i strukturalnych. Analizie chemicznej poddano próbki z masywu Strzelina oraz jednostek Doboszowic, Otmuchowa, Niedźwiedzia i Świdnej.

Rozkład temperatury w rejonie masywu Niedźwiedzia był badany przez Puziewicz i in. (2012). Wykonano m.in. oznaczenia ciepła radiogenicznego wyliczonego na podstawie zawartości K, U, Th z analiz chemicznych metodą ICP

Metawulkanity obszaru masywu orlicko-bystrzyckiego były przedmiotem badań Ilnickiego i in. (2013), którzy opublikowali analizy chemiczne dla skał tego regionu wykonane metodą ICP.

Badania w obrębie masywu karkonoskiego bazujące na metodach geochemicznych prowadzili Mikulski (2007), Słaby z zespołem (2008), Wójcicki in. (2013), Kryza i in. (2014). W ich pracach można odnaleźć oznaczenia składu chemicznego wykonane dla próbek skalnych metodami ICP.

Ad.3 Badania promieniotwórczości naturalnej skał

Obszerne opracowanie dotyczące rozkładu parametrów termicznych na obszarze Polski przedstawił Plewa (1994). Zawiera ono bogaty zestaw wyników badań laboratoryjnych naturalnej promieniotwórczości dla wielu typów skał z obszaru całego kraju, w tym Dolnego Śląska.

Wyniki badań nad generacją ciepła radiogenicznego przez skały krystaliczne i osadowe obszaru sudeckiego prezentuje z kolei praca zbiorowa pod redakcją

Plewy (1996). Oprócz oznaczenia w warunkach laboratoryjnych naturalnej promieniotwórczości, zawiera ona również wyniki oznaczeń innych parametrów petrofizycznych: elektrycznej oporności właściwej, własności sprężystych, cieplnej przewodności właściwej, współczynników porowatości efektywnej oraz parametrów elektrycznych, a także pomiarów gęstości skał tego obszaru.

Prace Malczewskiego i in. (2005 i 2019) są przykładem użycia metod spektrometrii gamma *in-situ*, gdzie zmierzono naturalną promieniotwórczość różnych odmian skalnych masywu izerskiego i sowiogórskiego.

Solecki (2013) opublikował obszerny zestaw analiz pomiarów promieniotwórczości naturalnej wybranych surowców skalnych zwięzłych i okruchowych. Duża część badań γ -spektrometrycznych została przeprowadzona w rejonie bloku przedsudeckiego i sudeckiego. Łącznie wykonano 1371 pomiarów spektrometrycznych. Dla 6 złóż/kamieniołomów: Mikoszków, Józefów, Nasławice, Romanowo, Piławy Górnej oraz Czarnego Boru, zamieszczono osobne histogramy, z których można odczytać najczęściej występujące wartości K, U, Th w danym złożu. Przetworzone wyniki, z tych kamieniołomów użyto w kompilacji.

Wójcicki i in. (2013) przebadali 122 próbki skalne z otworów, jak i odkrywek, za pomocą laboratoryjnej γ -spektrometrii. W obrębie bloku przedsudeckiego i sudeckiego wykonano 30 oznaczeń, z czego większość w masywie karkonoskim.

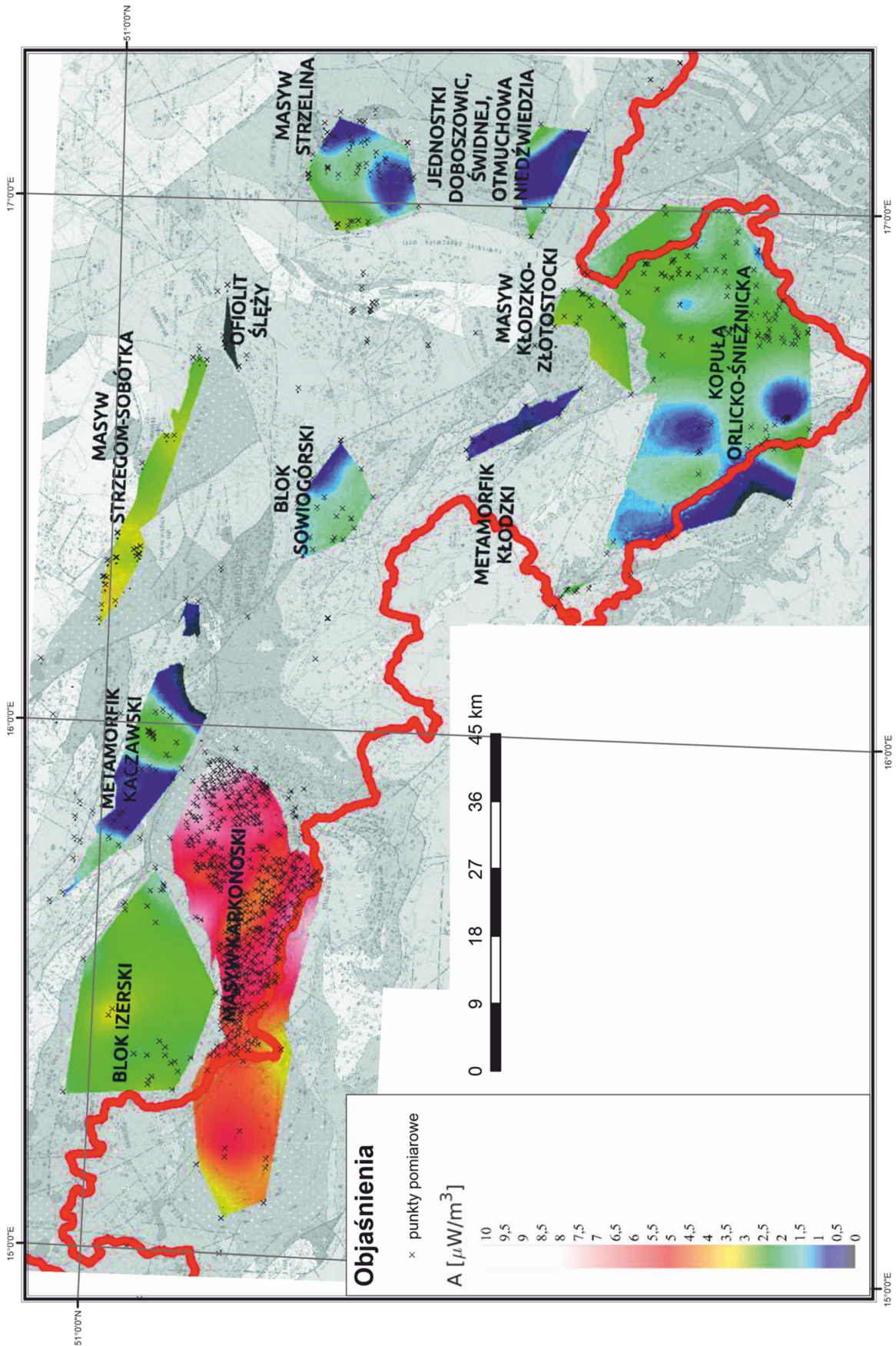
Pomiary dla próbek z otworów Karpniki KT-1, Staniszków ST-1 oraz Łądek Zdrój LZT-1 można znaleźć w dokumentacjach autorstwa Łukaczyńskiego i zespołu (2014a i 2014b) oraz Rasały i in. (2019).

Zebrane zostały powyższe dane literaturowe. Dodatkowo wykorzystano pomiary własne wykonane za pomocą spektrometru GT-40 (43 oznaczenia) oraz wyniki analiz chemicznych (22 oznaczenia) w kamieniołomach na terenie masywów Strzegomia-Sobótka oraz Strzelina. Opracowano mapy ciepła radiogenicznego, do których wybrano prace, w których badano skałę „macierzystą” dla danej jednostki geologicznej tzn. pominięto utwory żyłowe, izolowane wystąpienia wulkanitów strefy mineralizacji, enklawy i ksenolity.

Przy tworzeniu map posłużono się następującą metodyką:

- a) wytypowano względnie spójne pod względem litologii jednostki geologiczne, w obrębie których znajdowało się minimum 10 pomiarów wykonanych w różnych odsłonięciach. Jednostki te to: masywy granitowe: karkonoski, Strzegom-Sobótka oraz kłodzko-złotostocki; skały metamorficzne wschodniej części bloku izerskiego i zachodniej części bloku sowiogórskiego; kompleksy metamorficzne: kaczawski i kłodzki; oraz masyw Strzelina. Ze względu na złożoną budowę („miks” skał metamorficznych i punktowych wystąpień granitoidów) w masywie Strzelina nie rozdzielono skał metamorficznych i magmowych. Dodatkowo przedstawiono również mapy generowanego ciepła dla granitów Kudowy, ofiolitów Ślęzy oraz przedstawionych razem jednostek Doboszowic, Otmuchowa, Niedźwiedzia i Świdnej oraz kopuły orlicko-śnieżnickiej.

Rys. 4 Mapa generowanego ciepła radiogenicznego A na podstawie danych literaturowych i pomiarów własnych. Czarnymi krzyżykami zaznaczono punkty pomiarowe; czerwoną linią oznaczono granice polsko-czeską. Mapa podkładu według Cymermana (2010) (również na zał. 14).



- b) pomiary, co do których istniała pewność, że zostały wykonane w tym samym punkcie (kamieniołomie, otworze, odsłonięciu) uśredniono i przyjęto jako jedną wartość.
- c) w ramach jednostki geologicznej odrzucono skrajnie wysokie (powyżej 95 percentyla) oraz skrajnie niskie (poniżej 5 percentyla) wartości ciepła radiogenicznego.
- d) do pokazania trendu, najpierw obliczono uśrednione wartości generowanego ciepła w punktach pomiarowych. W tym celu wejściowe dane uśredniono (średnia ruchoma) stosując filtr o oknie okrągłym i promieniu 4 km, przy czym zastosowano średnią ważoną, z wagą liniowo malejącą wraz z odległością od uśrednianego punktu.
- e) używając oprogramowania Matlab, na tak przygotowanych danych wykonano interpolację w celu uzyskania ciągłej mapy rozkładu generowanego ciepła. Do interpolacji użyto metody v_4 (*biharmonic spline interpolation*).

Jednostki metamorficzne charakteryzują się niskimi wartościami generowanego ciepła (z zakresu $0,5-2 \mu\text{W}/\text{m}^3$). W obrębie kopuły orlicko-śnieżnickiej widoczna jest różnica pomiędzy metamorfikiem bystrzycko-orlickim (niższe wartości) a metamorfikiem Łądka-Śnieżnika (wyższe wartości). Dodatkowo w obrębie metamorfiku Łądka-Śnieżnika najwyższe wartości zgrupowane są w obrębie jednostki Międzygórze. Uzasadnione wydaje się przeprowadzenie bardziej szczegółowych badań w tym obszarze i wykonanie dodatkowych pomiarów ciepła radiogenicznego w celu oceny prawdziwości powyższej interpretacji.

Podwyższone wartości ciepła radiogenicznego A [$\mu\text{W}/\text{m}^3$] w bloku izerskim pozostają enigmatyczne ze względu na niepewność, co do szczegółowej lokalizacji pomiarów zaczerpniętych z literatury jak i niepewność, co do reprezentatywności tych pomiarów, dlatego też na tym etapie nie podjęto się szczegółowej interpretacji dla tego obszaru.

Skały metamorficzne masywu Strzelina przeważnie charakteryzują się niższymi wartościami ciepła radiogenicznego A w stosunku do skał magmowych, jednak ze względu na to, że te ostatnie występują wyspowo, uśrednione wartości ciepła radiogenicznego są niskie za wyjątkiem okolic Nieszkowic i Górki Sobockiej. Masyw granitowy Strzegom-Sobótka wykazuje względną jednorodność - ciepło radiogeniczne mieści się w zakresie $2,4 - 3,1 \mu\text{W}/\text{m}^3$, przy czym obserwuje się niewielki wzrost wartości w jego północno-zachodniej części.

Masyw granitowy Karkonoszy posiada najlepsze pokrycie pomiarami. Charakteryzuje się najwyższym ciepłem radiogenicznym (średnia $5,44 \mu\text{W}/\text{m}^3$). W masywie tym wyróżnić można trzy obszary:

1. część północno-wschodnia, na północ od linii Podgórzyn - Strużnica o wysokich wartościach A mieszczących się w przedziale $5 - 7,5 \mu\text{W}/\text{m}^3$

2. część zachodnia na linii Śnieżka-Szklarska Poręba o wartościach A w przedziale 4,5 – 6,6 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
3. część na linii Kowary – Piechowice rozdzielająca dwie poprzednie części. Charakteryzuje się on niższymi w stosunku do otoczenia wartościami A (3,3 – 4,5 $\mu\text{W}/\text{m}^3$).

Największą wiarygodność interpretacji przypisać należy obszarowi drugiemu (Szklarska Poręba). Silnie podwyższone wartości A pomierzone w obszarze pierwszym opierają się o znacznie mniejszą liczbę pomiarów, dlatego ten obszar, podobnie jak obszar trzeci, wymagają weryfikacji poprzez wykonanie dodatkowych pomiarów. Najbardziej wysunięta na północ i zachód część masywu karkonoskiego nie jest pokryta żadnymi pomiarami i ze względu na to, że znajduje się ona w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru pierwszego, wykazującego skrajnie wysokie wartości A , również powinna zostać lepiej rozpoznana pod kątem generowanego ciepła.

Najniższe, bo bliskie zera, wartości ciepła radiogenicznego występują w obrębie ofiolitu ślązańskiego, gdzie przebadano głównie skały zasadowe i ultrazasadowe lub ewentualnie ich metamorficzne przeobrażenia (gabro, perydotyt, bazalt, doleryt, serpentynit). Najwyższe poziomy ciepła radiogenicznego ($A = 2\text{-}5 \mu\text{W}/\text{m}^3$) notuje się dla skał magmowych i magmowych wylewnych kwaśnych i obojętnych oraz ich metamorficznych przeobrażeń: takich jak: granit, granodioryt, sjenit, dacyt, trachit, ryolit, grejzen, hornfels czy gnejs.

W celu sporządzenia uśrednionego powierzchniowego rozkładu ciepła radiogenicznego na terenach perspektywicznych, tj. w szczególności na terenach masywów granitowych, rekomenduje się szczegółowe rozpoznanie tego parametru poprzez systematyczne polowe pomiary radiometryczne wg zaproponowanej metodyki, wspierane dodatkowo metodami laboratoryjnymi.

Pomiary γ -spektrometryczne w kamieniołomach

W opracowaniu zawarto porównanie między sobą wyników uzyskiwanych przy pomocy trzech spektrometrów polowych (GSII/1, RS230 i GT-40), wspartych dodatkowo analizami chemicznymi oraz laboratoryjnymi pomiarami spektrometrycznymi. Stwierdzono, że wydajność jest wprost proporcjonalna do objętości kryształu detektora. Najmniejszą czułością charakteryzuje się spektrometr GSII/1, zwłaszcza w oknie eU (najmniejszy kryształ).

Zawarto również omówienie wyników z zakończonego w 2013 roku projektu pt. *Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce* (Wójcicki i in. 2013, str. 49) pod kątem przeprowadzonych tam analiz i pomiarów, które mogą zostać wykorzystane do szacowania ciepła radiogenicznego.

Do badań wytypowano 11 kamieniołomów (osiem granitu, i po jednym sjenitu, granodiorytu i serpentynitu) z rejonu Strzegomia, Sobótki i Strzelina (lokalizacja na zał. 9). Do analiz chemicznych i przewodności dodatkowo pobrano próbki z kamieniołomów

w Strzelinie i Czernicy, łącznie 22 próbki do badań chemicznych i 25 próbek do badań współczynnika przewodnictwa cieplnego. Na próbkach z 6 kamieniołomów, tj. Gęsiniec, Górka Sobocka, Goczałków, Kantyna, Pożarzysko i Strzeblów (Tab. 9), przeprowadzono porównawcze, laboratoryjne pomiary γ -spektrometryczne. Wyniki analiz chemicznych potwierdzają prawidłowość pomiaru wykonaną za pomocą spektrometru RS230.

Tab. 9 Zestawienie stanowisk (kamieniołomy) opróbowanych na potrzeby pomiarów przewodności cieplnej, analiz chemicznych ICP MS/ES, wykonano w nich również pomiary γ -spektrometryczne (Aleksandrowski i in., 2020).

Kopalnia	Układ 1992 [m]		Próbki ze spągu kopalni	Przewodność cieplna		γ -spektrometria		Analiza chemiczna ICP MS/ES
	X	Y		TCS	Fox 50-90	in-situ	lab	
Czernica	352929,53	305154,74	1	1		0		1
Jordanów Śląski	336090,06	347882,47	1	1		3		1
Strzeblów	340697,74	338198,73	3	3		5	1	3
Rogoźnica 2	352796,04	308914,95	1	1	1	4		1
Pożarzysko	344230,39	327727,90	1	1	1	3	1	1
Kośmin	317048,77	344599,38	1	1	1	3		1
Górka Sobocka	321406,36	356023,09	9	9	1	9	1	7
Kantyna	338851,17	337891,32	1	1	1	3	1	1
Goczałków	351046,51	311448,92	2	2	1	4	1	2
Wieśnica	352173,25	311071,07	1	1		3		1
Zimnik	352437,40	307832,03	1	1		3		1
Strzelin	325289,70	362780,91	2	2		0		1
Gęsiniec	322711,07	363468,51	1	1	1	3	1	1
SUMA			25	25	7	43 (11 kłm.)	6	22

Do analizy ciepła radiogenicznego w skałach przypowierzchniowych obszaru posłużyły dane literaturowe oraz własne dane pomiarowe. Wytypowano względnie spójne pod względem litologii jednostki geologiczne, w obrębie których znajdowało się minimum 10 pomiarów wykonanych w różnych odsłonięciach. Mapy opracowano wykorzystując oprogramowanie Matlab. Dane pozyskane z literatury potwierdzają, że pomiary wykonane RS230 i GT-40 powinny być traktowane jako referencyjne.

Średnie wartości ciepła radiogenicznego w poszczególnych kopalniach granitu utrzymują się w przedziale 2–4 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. W kopalni serpentynitu w Jordanowie Śląskim ciepło radiogeniczne jest bliskie zeru, w kopalni sienitu w Kośminie oscyluje pomiędzy wartościami 3 a 4 $\mu\text{W}/\text{m}^3$, a dla diorytu z Gęsinca jest na poziomie 1 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. Powyższe wartości wpisują się w zakresy ciepła radiogenicznego dla danych litologii (Rybach and Čermak, 1982).

Niewielka liczba laboratoryjnych badań γ -spektrometrycznych nie pozwala w sposób wiarygodny przedstawić dokładnych korelacji pomiędzy metodami. Niemniej, stwierdzono niemal idealną zgodność pomiędzy γ -spektrometrią laboratoryjną, a analizami chemicznymi.

Analiza wyników zebranych w raporcie końcowym do projektu Hot Dry Rocks
(Wójcicki i in., 2013)

W latach 2010 – 2013, na zlecenie Ministerstwa Środowiska, zrealizowano w PIG-PIB projekt pod tytułem: *Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce*. Celem projektu było wskazanie na obszarze Polski struktur geologicznych przydatnych dla wykorzystania technologii zamkniętych systemów geotermicznych (HDR, z ang. *Hot Dry Rocks*) lub wzbudzonych/wspomaganych z niewielkim dopływem wód (EGS, z ang. *Enhanced Geothermal System*). W ramach projektu wytypowano najbardziej perspektywiczne obszary, które zostały poddane dalszym badaniom i analizom w tym rejon bloku sudeckiego i przedsudeckiego (skały krystaliczne).

W ramach projektu poddano analizom petrofizycznym (w tym badaniu parametrów termicznych) blisko 1500 próbek skalnych z rdzeni otworów wiertniczych i odkrywek. Wykonano ponad 700 pomiarów współczynnika przewodności cieplnej, 122 pomiary γ -spektrometryczne oraz ponad 90 pomiarów ciepła właściwego. Dodatkowo wykonano 117 analiz geochemicznych metodą ICP-MS/ES, w celu oznaczenia składu głównego oraz zawartości pierwiastków śladowych.

Dla większości próbek przebadanych metodą γ -spektrometryczną ciepło radiogeniczne zawiera się w przedziale 0,5–3 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. Podwyższone wartości ciepła radiogenicznego zostały zanotowane w próbkach z rdzenia otworu badawczego Czerwony Potok PIG-1 (3-7 $\mu\text{W}/\text{m}^3$), odwierconego w ramach tegoż projektu. Średnie ciepło radiogeniczne w otworze Czerwony Potok PIG-1 (5 $\mu\text{W}/\text{m}^3$) posłużyło jako jeden z istotnych parametrów modelu opisującego warunki hydrogeotermalne dla fragmentu plutonu Karkonoszy. W modelu założono, że ciepło radiogeniczne zanika z głębokością wg krzywej wykładniczej.

Dla bloku przedsudeckiego i sudeckiego znaleziono w opracowaniu 30 analiz chemicznych, oraz 29 laboratoryjnych badań γ -spektrometrycznych, przy czym, dla 24 próbek wykonano obydwie badania, tj. dla próbek z rdzeni otworów Czerwony Potok PIG-1, Karkonosze JG-1, Karkonosze IG-6 oraz próbek pobranych z odkrywek i kamieniołomów, głównie granitu.

Głębokość odwierconego otworu Czerwony Potok PIG-1 to 200 m. Na rdzeniu z tego otworu przeprowadzono szereg analiz, m.in. określenie składu chemicznego, analizy radiometryczne i petrofizyczne z pomiarem parametrów termicznych, tj. współczynnika przewodności cieplnej i ciepła właściwego dla pobranych z rdzenia próbek. Wykonano również profilowania geofizyczne, z których szczególnie interesującym z punktu widzenia ciepła radiogenicznego jest profilowanie γ -spektrometryczne. Dwa wyraźne piki uranu w okolicach 85 i 105 m profilowania występują w strefie mocno spękanej, charakteryzującej się metasomatycznymi przeobrażeniami granitu, gdzie mogą występować strefy podkoncentrowania uranu. Trudno wyciągać wnioski na temat zmiany zawartości izotopów promieniotwórczych i

ciepła radiogenicznego z głębokością ze względu na niewielką głębokość otworu. Dobre zbieżności w oznaczeniach zawartości K i Th daje się zauważyć pomiędzy chemicznymi i radiometrycznymi badaniami laboratoryjnymi, nieco gorzej jest dla uranu.

3.6 Współczynnik przewodnictwa cieplnego

Pomiary przewodności cieplnej wykonane zostały na dwa sposoby. Część analiz została wykonana przy wykorzystaniu skanera optycznego TCS (25 próbek z 13 kamieniołomów) oraz za pomocą aparatu Fox50-90 (7 próbek z 7 kamieniołomów) (Tab. 9, zał. 9).

Do analiz chemicznych skierowano 22 z 25 pobranych próbek (z 11 kamieniołomów). W pobliżu pobrania wspomnianych 22 próbek zmierzono zawartości K, U, Th, trzema polowymi spektrometrami gamma, tj. GSII/1, RS230 i GT-40.

Dla próbek przebadanych skanerem TCS przedstawiono korelacje pomiędzy współczynnikami przewodnictwa cieplnego wykonanymi dla skał nienasyconych wodą, a nasyconych wodą. Pomiedzy pomiarami przewodności na mokro i sucho zarejestrowano duże różnice (nawet 40%), co może świadczyć o różnym stopniu spękania poszczególnych próbek. Zalecane byłoby skorelowanie większej liczby wyników dla bardziej zróżnicowanych litologii i dodatkowe badania mikroskopowe, pozwalające ocenić ilościowo stopień spękania danej próbki.

W celu zbadania zależności przewodnictwa cieplnego od temperatury pomierzono przewodności cieplne dla próbek skalnych z kamieniołomów: Gęsiniec, Goczałków, Górka Sobocka, Kantyna, Kośmin, Pożarzysko, Rogoźnica 2, w stanie nasyconym wodą w temperaturach 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170 i 180 °C. Dla celów porównawczych, dla jednej próbki z Gęsińca G31, przeprowadzono pomiary również na sucho.

Dla próbek nienasyconych wodą otrzymane wyniki ze skanera TCS zawierają się w przedziale od 1,84 W/(m·K) (ZK12 - Zimnik) do 2,9 W/(m·K) (W24 - Goczałków) dla granitów, dla sjenitu wynoszą 2,42 W/(m·K) oraz dla diorytu 2,74 W/(m·K).

Dla próbek nasyconych wodą wartości współczynnika przewodności ze skanera TCS dla skał granitowych w większości przypadków są wyższe od tych dla próbek nienasyconych oraz wahają się w znacznie większym zakresie (2,26 – 3,82 W/(m·K)).

Wyniki z aparatu Fox50-190, zgadzają się w granicy błędu (podanej dla skanera TCS) dla 4 próbek (S31 - Górka Sobocka, K12 - Kantyna, R012 - Rogoźnica 2, P011 - Pożarzysko). Dla trzech próbek (G31 - Gęsiniec, K012 - Kośmin, W21 - Goczałków) zgodności te są słabsze.

Zbiór 43 oznaczeń współczynnika przewodności cieplnej na terenie Sudetów został opublikowany w pracy pod redakcją Plewy (1996). 10 pomiarów pozyskano z pracy Puziewiczza i in. (2012) oraz łącznie 17 pomiarów przewodności cieplnej na próbkach z otworów Staniszków ST-1, Karpniki KT-1 i Łądek Zdrój LZT-1 (Łukaczyński i in. 2014a i 2014b, Rasała i in 2019). Na próbkach z otworu Łądek Zdrój LZT-1 (3

próbki), przeprowadzono badania przewodności dla próbek nasyconych wodą, celem zniwelowania wpływu mikropęknięć na współczynnik przewodności cieplnej.

Wójcicki i in. (2013) przebadali 79 próbek skalnych z otworów wiertniczych: Czerwony Potok PIG-1 (24 próbek w interwale głębokości 9-200m), Karkonosze IG-1 (5 próbek, głębokości pobrania próbek nie są bliżej znane), Karkonosze IG-6 (36 próbek, w interwale 4-500m) oraz 14 próbek z odkrywek, głównie w kamieniołomach granitu na terenie bloku przedsudeckiego i sudeckiego.

Z pomiarów własnych wybrano zestaw 25 pomiarów przewodności wykonanych skanerem optycznym. Dla zachowania jednorodności metodycznej, wybrano wyniki przewodności cieplnej dla skał nienasyconych wodą, ponieważ ponad 98% prezentowanych w kompilacji wyników jest wykonanych właśnie dla skał nienasyconych wodą.

Dla większości z przebadanych litologii, średnia, jak i mediana przewodności cieplnej zawiera się w przedziale 2-3 W/(m·K). Najwyższe przewodności zanotowano dla łupków metamorficznych. Średnie i mediany dla najbardziej licznej grupy skał w tym zestawieniu, tj. granitów i gnejsów zawierają się pomiędzy 2,0 a 2,5 W/(m·K).

Najniższe średnie wartości notuje się w obrębie bloku izerskiego i metamorfiku kłodzkiego (1,93 i 1,91 W/(m·K)). Wszystkie masywy granitowe charakteryzują się zbliżonymi średnimi wartościami do siebie i zawierają się w przedziale 2,38-2,6 W/(m·K), za wyjątkiem masywu Kudowy, dla którego średnia wartość przewodności wynosi 2,05 W/(m·K).

3.7 Modelowanie pola temperatury i strumienia cieplnego na przykładzie granitoidowego masywu Karkonoszy

W opracowaniu skupiono się na jednowymiarowych stacjonarnych modelach termicznych dla granitowego masywu Karkonoszy. Celem prac było rozpoznanie wpływu powierzchniowych warunków brzegowych oraz parametrów termicznych skał na rozkład temperatury do głębokości 4000 m. Użyto danych z 7 otworów odwierconych w skałach plutonicznych masywu karkonoskiego: Cieplice C-1, Staniszków ST-1, Karpniki KT-1, Jakuszyce KG-II, Karkonosze IG-6 i IG-7 oraz Czerwony Potok PIG-1. Dodatkowo, w celach porównawczych, analizowano znajdujący się w odległości ok. 40 km ku E od Jeleniej Góry, zlokalizowany na bloku przedsudeckim otwór Szymanów IG-1.

W otworach Jakuszyce KG-II, Karkonosze IG-6 i IG-7 zarejestrowano dość stabilne rozkłady temperatury, które umożliwiają bezpośrednią rekonstrukcję gradientu termicznego. Mała głębokość (200 m) otworu Czerwony Potok PIG-1 utrudnia właściwą ocenę jego gradientu termicznego. Profile zarejestrowane w otworach hydrogeologicznych Cieplice C-1, Staniszków ST-1 oraz Karpniki KT-1 są ewidentnie niestabilizowane - gradient termiczny oszacowano tu na podstawie zmierzonej lub ekstrapolowanej wartości temperatury na dnie otworu i przyjmując powierzchniową temperaturę na poziomie 8°C. Dla otworów Staniszków ST-1, Karpniki KT-1 oraz Karkonosze IG-6 i IG-7 otrzymano spójne wartości gradientu termicznego na poziomie

ok. 25°C/km. Gradient termiczny zrekonstruowany dla stabilnego zapisu temperatury w otworze Jakuszyce KG-II wyniósł ok. 30°C/km. Natomiast w otworach Czerwony Potok PIG-1 oraz Cieplice C-1 stwierdzono wyraźnie wyższe wartości gradientu termicznego, które można uznać za odzwierciedlenie lokalnych anomalii. Należy podkreślić, że niezmiernie cenne z punktu widzenia analizy stanu termicznego masywu karkonoskiego byłoby przeprowadzenie ponownego profilowania temperaturowego w otworach Staniszków ST-1 oraz Karpniki KT-1 w warunkach ustabilizowanych.

Powierzchniową gęstość strumienia ciepłego na obszarze masywu karkonoskiego oszacowano na poziomie między 75 a 105 mWm⁻² – jest to poziom zbliżony do dotychczasowych szacunków.

Wraz ze wzrostem głębokości efekt temperaturowy związany z ciepłem radiogenicznym silnie narasta. W zależności od przyjętej uśrednionej wartości generacji ciepła w profilu różnice temperatury na głębokości 4-5 km mogą sięgać kilkudziesięciu °C względem uproszczonych liniowych geoterm. Przeprowadzone modelowania pokazują jednak, że efekt ten jest kompensowany przez spadek przewodności cieplnej przy wzroście temperatury. Pokazano, że przy niskiej wartości ciepła radiogenicznego, a wysokiej wartości przewodności w warunkach pokojowych może dochodzić wręcz do wzrostu temperatury, przekraczającego liniowy wzrost tego parametru z głębokością.

Rozwinięciem przedstawionego modelowania mogłoby być użycie modeli trójwymiarowych, co pozwoliłoby na rozpoznanie efektów związanych z topografią, z oboczną zmiennością parametrów termicznych, adwekcją płynów, a także trójwymiarową (słabo rozpoznaną) strukturą batolitu. Modelowanie stacjonarne mogłyby też zostać uzupełnione modelowaniem niestacjonarnym, które umożliwiłoby szczegółową ocenę wpływu czynników klimatycznych (poprawka paleoklimatyczna) dla analizowanego obszaru.

3.8 Analiza geologiczna i hydrogeologiczna wyników badań

Przedstawiono charakterystyki geologiczne i hydrogeologiczne poszczególnych obszarów badań, stosując ich rozgrupowanie na obszar Sudetów Zachodnich (Pławnia, Złotoryja, Wojcieszycy, Wierzchosławice, Nagórnik, Niedamirów), Sudetów Środkowych (Czernica-Goczałków, Strzelin – Górka Sobocka, Książnica, Głuszycy, Srebrna Góra, Potworów, Ożary, Kudowa, Brzozowie, Stara Łomnica, Bystrzyca Kłodzka, Spalona, Różanka, Goworów, Łądek Zdrój) oraz Sudetów Wschodnich i bloku przedsudeckiego (Jelcz-Laskowice, Radoszowice, Wilamowice Nyskie). Podkreślono tu również najważniejsze wnioski płynące z wykonanych badań geofizycznych. Poniżej przedstawione zostały fragmenty dotyczące sytuacji hydrogeologicznej i wniosków geofizycznych.

SUDETY ZACHODNIE

Rejon badawczy Pławna

Rejon badawczy Pławna zlokalizowany jest ok. 6-10 km na południe od Lwówka Śląskiego, na Pogórzu Izerskim (Kondracki 1978, 1998), w obrębie pagórkowatych Wzniesień Gradowskich, w dorzeczu Bobru i Kwisy.

W aktualnym hydrogeologicznym podziale regionalnym, rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon lokuje się w Jednolitej Części Wód Podziemnych (JCWP) nr 93, związanej ze zlewnią środkowego Bobru (Krawczyk i in., 2010). Położony jest na południe od granicy udokumentowanego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 317 Niecka zewnętrznosudecka Bolesławiec, związanego z kredowo-triasowymi utworami wodonośnymi (Wojciechowska i in., 2013).

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych jest tu bardzo słabe. Uwzględniając litologię utworów występujących w strefie kontaktu metamorfiku kaczawskiego i depresji północnosudeckiej (Cymerman i in., 2005), stopień zawodnienia jest nieznaczny i jest związany głównie z wychodniami utworów paleozoicznych (ordowik, perm), lokalnie ich płytkimi wystąpieniami, pod przykryciem czwartorzędowych glin deluwialnych w dolinkach cieków. Wg Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 (Czerski, 2002), obszar ten jest pozbawiony użytkowego piętra wodonośnego. Oznacza to możliwość wystąpienia zawodnienia jedynie w strefach dyslokacji czy też kontaktu intruzji subwulkanicznych z seriami osadowymi permu. Zawodnienie utworów czwartorzędowych ma charakter okresowy i związane jest ściśle z zasilaniem opadami. Cyrkulacja wód podziemnych w strefie tektonicznej kontaktu metamorfiku kaczawskiego i depresji północnosudeckiej z seriami eruptywnymi, może stanowić element zasilania wód termalnych związanych z krystalicznym podłożem.

Badania MT wykazały wyraźną pionową granicę pomiędzy wysokoopornościowym metamorfikiem kaczawskim na południu i niskoopornościowymi skałami osadowymi rowu Wlenia na północy, przy czym szeroka na 2,5 km strefa najprawdopodobniej zawodniona w skałach czerwonego spągowca sięga głębokości 3,5 km, tj. do metamorficznego podłoża rowu. Przy północnej granicy profilu MT, w obrębie rowu Wlenia, zaznacza się kolejny stromy uskoki, zrzucający schodowo ku północy dno rowu do głębokości poza zasięgiem rezultatów uzyskanych metodą MT, tj. poniżej 5,5 km. Strefa niskoopornościowa sięga tam co najmniej do tej głębokości, czyniąc ją bardzo obiecującą pod względem możliwości pozyskania z niej wód termalnych.

Rejon badawczy Złotoryja

Rejon badawczy Złotoryja rozciąga się pomiędzy Stanisławowem na południu, a Łaźnikami na północy, ok. 8 km na wschód od Złotoryi. Geograficznie zlokalizowany jest na Przedgórzu Kaczawskim (makroregion Pogórze Zachodniosudeckie), swym N krańcem sięgając Równiny Chojnowskiej (makroregion Nizina Śląsko-Łużycka; Kondracki 1978, 1998).

Rejon położony jest w regionie środkowej Odry, na styku subregionu Sudetów i subregionu środkowej Odry południowym, rozdzielonych sudeckim uskokiem brzeżnym (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 94, związanej ze zlewnią Kaczawy (Chudzik, Biel, 2011).

Dotychczasowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych wskazuje na bardzo słaby stopień zawodnienia, co dyskwalifikuje go jako obszar występowania poziomów wodonośnych o charakterze użytkowym (Wojtkowiak, 2002, Krawczyk i in., 2018).

W części przedsudeckiej kompleks utworów czwartorzędowych i neogeńskich reprezentują utwory słaboprzepuszczalne i nieprzepuszczalne (gliny, mułki, ility, zlepieńce, regolity), przykryte piaszczysto-żwirowymi osadami wodnolodowcowymi, zmiennej łącznej miąższości od kilku do 50 m. Natomiast na obszarze sudeckim utwory czwartorzędowe (gliny deluwialne z rumoszem skalnym i gliny lessopodobne) przykrywają cienką, kilkumetrową warstwą serie podłoża metamorfiku kaczawskiego. W bezpośredniej strefie sudeckiego uskoku brzeżnego, po jego obu stronach, występują serie formacji bazaltowej (bazalty, tufy, brekcje) w formie pokryw lawowych i kominów (bazalty). W utworach kenozoicznych zarówno części sudeckiej jak i przedsudeckiej, występują jedynie drobne przewarstwienia zawodnionych serii piaszczystych, pokryw zwietrzelinowych czy też neogeńskich bazaltów, nie mające znaczenia użytkowego (Wojtkowiak, 2002). Ich zasilanie następuje bezpośrednio na wychodniach.

Pozostała część infiltrujących wód zasila wody podziemne, związane z utworami krystalicznymi podłoża, występujące w obrębie szczelin i spękań tych skał. Ze względu na niskie parametry miąższości i przewodności, a także zmienność i nieciągłość stref wodonośnych nie wyróżniono w ich obrębie użytkowego piętra wodonośnego (Wojtkowiak, 2002).

Liczne wystąpienia formacji bazaltowych młodego wulkanizmu, zarówno w części przedsudeckiej jak i sudeckiej badanego obszaru szerokiej strefy tektonicznej sudeckiego uskoku brzeżnego, z licznymi przecinającymi ją dyslokacjami niższej rangi, mogą stanowić przesłanki o obecności wód geotermalnych w serii krystalicznej podłoża.

Profile geofizyczne, przecinają kilka ważnych linii tektonicznych o rozciągłości E-W do NW-SE. Od południa ku północy są to 3 strome dyslokacje: (1) uskoki oddzielający jednostkę Jakuszowej na S od jednostki Chełmca na północy, (2) wschodnie przedłużenie odwróconego uskoku Jerzmanic, (3) uskoki sudecki brzeżny na odcinku, gdzie jego zrzut spada praktycznie do zera i jest pogrzebany pod osadami młodokenozoicznymi.

Wykonane na swoim przedłużeniu dwa profile MT ujawniają szereg głębokich pionowych stref niskooporowych, dających się skorelować ze znanymi z geologii powierzchniowej liniami uskokowymi, sięgającymi w niektórych przypadkach na głębokość ponad 5 km (na uskoku Jerzmanic i jednej z odnóg uskoku brzeżnego/?/), co przemawia za wysokim prawdopodobieństwem występowania w ich obrębie podziemnych wód termalnych.

Rejon badawczy Wojcieszycy

Rejon badawczy Wojcieszycy znajduje się ok. 3 km na północ od centrum Piechowic, 1,3 km na SW od wsi Wojcieszycy. Geograficznie zlokalizowany jest w obrębie makroregionu Sudetów Zachodnich, na pograniczu niemal płaskodennej w tym miejscu Kotliny Jeleniogórskiej na SE i finalnych ku wschodowi wzniesień Kamienickiego Grzbietu Gór Izerskich na NW.

Rejon położony jest w Subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 107, związanej z porowymi osadami czwartorzędu, szczelinowo-porowymi utworami osadowymi mezozoiku i paleozoiku oraz szczelinowymi seriami proterozoiku w obrębie zlewni Górnego Bobru (Czerski, 2010). Obejmuje on strefę tektonicznego kontaktu Pogórza Izerskiego (północna część obszaru badań) i Kotliny Jeleniogórskiej w części południowej.

Występowanie wód podziemnych w rejonie badawczym związane jest wyłącznie z krystalinikiem piętra paleozoiczno-proterozoicznego. Wg Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Kiełczawa, Czerski, 1997), wody podziemne tego obszaru o charakterze szczelinowym występują w obrębie gnejsów Pogórza Izerskiego, leżącego w zlewni Kamiennej. Poziom ten uznany został za główny użytkowy, aczkolwiek o najniższych parametrach hydrogeologicznych; wydajność potencjalna studni $< 5 \text{ m}^3/\text{h}$. Zawodnienie występuje w strefie najsilniejszych spękań i zwietrzenia górotworu, generalnie do głębokości 50 m, przy miąższości stref zawodnionych sięgających $20 \div 40 \text{ m}$, przy niskiej wartości współczynnika filtracji w zakresie od 0,006 do $2,4 \text{ m}/24\text{h}$ i przewodności hydraulicznej poniżej $50 \text{ m}^2/24\text{h}$. Bezpośrednie zasilanie opadami zachodzi w całym pasie wychodni utworów krystalicznych. W omawianym obszarze brak jest hydrogeologicznego rozpoznania głębszych partii masywu krystalicznego.

Charakterystyczną cechą tego obszaru są naturalne wypływy wód podziemnych, głównie w formie wycieków i młak należących głównie do rumoszowo-stokowych, rzadko szczelinowych. Źródła stanowią tutaj około 10% całości wypływów, przy czym cechuje je niska wydajność mieszcząca się najczęściej w przedziale $0,036 \div 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Maksymalne ich wydajności przypadają na okres wiosenny, co należy wiązać z topnieniem pokrywy śnieżnej.

Według MhP południowy fragment obszaru badań (brzeżna część Kotliny Jeleniogórskiej) położony jest w rejonie pozbawionym użytkowego poziomu wodonośnego (Kiełczawa, Czerski, 1997). Na stosunkowo płytko występującym krystalicznym podłożu granitowym zalegają częściowo czwartorzędowe gliny deluwialne.

Rejon badawczy Wojcieszycy sytuuje się w obszarze o stwierdzonym występowaniu zarówno wód leczniczych jak i termalnych. Południowa część rejonu sąsiaduje z obszarem górniczym złoża wód leczniczych w Cieplicach Śląskich. W otworze Cieplice C-1 w Cieplicach Śląskich, pogłębionym do głębokości 2002,5 m, uzyskano wodę termalną o temperaturze $86,7^\circ\text{C}$ i wydajności $45 \text{ m}^3/\text{h}$ (Liber-Makowska, Łukaczyński,

2016). Natomiast z otworu Wojcieszycze WT-1 o głębokości 1000 m uzyskano wodę o temperaturze 30°C i niewielkiej wydajności 1,2 m³/h (Grzegorzczak, Bielecka, 2006).

Linia graniczna pomiędzy gnejsami izerskimi i granitami karkonoskimi była w tym rejonie przedmiotem prac sejsmicznych, ERT i VLF. Potencjalne źródło występowania wód geotermalnych może w tym rejonie stanowić strefa kontaktu o charakterze tektonicznym między Kotliną Jeleniogórską a wyniesieniami Pogórza Izerskiego.

Rejon badawczy Wierzchosławice

Rejon badawczy Wierzchosławice położony jest 1 - 3 km na SW od Bolkowa, w Obniżeniu Wierzchosławic i na wschodniej peryferii Grzbietu Wschodniego Gór Kaczawskich, w makroregionie Pogórze Zachodniosudeckie, subregionie Pogórze Bolkowskie (Kondracki 1978, 1998).

Rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 94, związanej ze zlewnią Kaczawy (Chudzik, Biel, 2011).

Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Wojtkowiak, 2002), wody podziemne tego obszaru występują w masywie krystalicznym paleozoiku, stanowiąc główny poziom użytkowy. Generalnie jest to rejon o niskim stopniu zawodnienia.

Podłoże krystaliczne metamorfiku kaczawskiego częściowo jest przykryte kompleksem utworów czwartorzędowych, wykształconych w formie glin zwałowych i deluwialnych z rumoszem, a w części dolinnej - piasków i żwirów rzecznych. Zawodnienie utworów piaszczystych ściśle związane jest ze stanem opadów – utwory te nie stanowią warstw wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Wody podziemne o charakterze porowo-szczelinowym i szczelinowo-krasowym związane są z metamorficzną serią łupkowo-zieleńcową starszego paleozoiku. Występujące strefy wodonośne o miąższościach 10 ÷ 20 m zalegają na głębokości do 5 ÷ 15 m. Przypuszcza się, że w obszarach krasowych zwierciadło może występować głębiej. Średnią miąższość strefy wodonośnej szacuje się na 15 m, średni współczynnik filtracji wynosi 1,8 m/24h. Zasilanie zachodzi na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych.

Profilowanie MT wykazało występowanie czterech pionowych stref niskooporowych, sięgających do głębokości ok. 3,5 km, spośród których dwie zlokalizowane są w miejscach spodziewanych dla znanych uskoków, natomiast dwie pozostałe wypadają, odpowiednio, w środku rowu Wierzchosławic i w obrębie zachodniego, zieleńcowego obrzeżenia rowu. Wszystkie te strefy wydają się perspektywiczne dla występowania podziemnych wód termalnych i/lub mineralnych.

Ewentualną obecność wód termalnych należy wiązać ze strefą nasunięcia Wierzchosławic w obrębie krystalicznego metamorfiku kaczawskiego części sudeckiej. Towarzyszące nieciągłości tektoniczne stanowią predysponowane strefy zasilania i kontaktu wód podziemnych.

Rejon badawczy Nagórnik

Rejon badawczy Nagórnik położony jest ok 3,5 km na SE do 8 km na S od Bolkowa i znajduje się w dość podobnej sytuacji tektonicznej, jak rejon Wierzchosławice. Jego środkowa część znajduje się w Obniżeniu Wierzchosławic, część południowa wspina się na północne stoki Gór Wałbrzyskich, zaś północno-wschodnia – na wzniesienia Pogórza Bolkowskiego.

Rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 94, związanej ze zlewnią Kaczawy (Chudzik, Biel, 2011).

W kontekście istniejących warunków hydrogeologicznych, przedmiotowy rejon badawczy zlokalizowany jest na obszarze o słabym stopniu zawodnienia (Krawczyk i in., 2018). Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Wojtkowiak, 2002), wody podziemne tego obszaru o znaczeniu użytkowym występują jedynie w masywie krystalicznym paleozoiku.

Niewodonośne utwory czwartorzędowe, miąższości kilku metrów, wykształcone w formie glin zwałowych i deluwialnych z rumoszem, zalegają wyłącznie w północnej części obszaru badań. W jego południowej części zaznaczają się elewacje podłoża: krystalicznego metamorfiku kaczawskiego i osadowego synklinorium śródsudeckiego.

Wody podziemne o charakterze porowo-szczelinowym i szczelinowo-krasowym związane są z metamorficzną serią łupkowo-zieleńcową starszego paleozoiku jednostki Dobromierza. Występujące strefy wodonośne o miąższościach 10 ÷ 20 m zalegają na głębokości do 5 ÷ 15 m. Przypuszcza się, że w obszarach krasowych zwierciadło może występować głębiej. Średnią miąższość strefy wodonośnej szacuje się na 15 m, średni współczynnik filtracji wynosi 1,8 m/24h. Zasilanie zachodzi na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych.

Profil MT ukazuje występowanie całej serii pionowych stref o obniżonej oporności, sięgających do 3-4 km głębokości. Odpowiadają one swą lokalizacją uskokom, także tym, wzdłuż których w morfologii terenu rozwinęły się doliny potoków. W niewielkim stopniu perspektywiczne pod względem możliwości występowania ekonomicznie opłacalnych nagromadzeń wód termalnych wydają się jedynie uskoki południkowe, położone na wschód od rowu Wierzchosławic, gdyż tam na profilu MT występują strefy o wyraźnie niższych wartościach elektrooporności niż w przypadku uskoków ze środkowej i południowej części rejonu badań.

Silne zaangażowanie tektoniczne rejonu badań wychodni szczelinowatego masywu krystalicznego metamorfiku kaczawskiego, rozciętego uskokiem Wierzchosławic, a na południu ograniczonego uskokiem Domanowa od karbońskich serii synklinorium śródsudeckiego, stanowi korzystne warunki infiltracji wód do systemu głębokiego krążenia, w tym geotermalnych.

Rejon badawczy Niedamirów

Rejon badawczy Niedamirów według podziału fizycznogeograficznego (Kondracki, 1998) należy do makroregionu Sudety Zachodnie oraz do dwóch

mezoregionów: Karkonosze i Brama Lubawska. Położony jest na zachodnim zboczu Grzbietu Lasockiego oraz na dnie Bramy Lubawskiej w swej wschodniej części.

Rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 107, związanej z porowymi osadami czwartorzędu, szczelinowo-porowymi utworami osadowymi mezozoiku i paleozoiku oraz szczelinowymi seriami proterozoiku w obrębie zlewni Górnego Bobru (Czerski, 2010).

Występowanie wód podziemnych w rejonie badawczym związane jest wyłącznie z metamorfikiem piętra paleozoiczno-proterozoicznego serii Niedamirowa. Obszar wychodni skał krystalicznych charakteryzuje się znaczną ilością źródeł, źródełk (przeważają wysięki i wycieki), należących głównie do rumoszowo-stokowych, rzadko szczelinowych. Cechuje je niska wydajność, mieszcząca się najczęściej w przedziale $0,036 \div 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Maksymalne ich wydajności przypadają na okres wiosenny, co należy wiązać z topnieniem pokrywy śnieżnej. Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Grzegorzczak, 2002), zawodnienie głównie występuje w strefie zwietrzelinowej oraz do głębokości $30 \div 40 \text{ m}$ w strefie najsilniejszych spękań i zwietrzienia górotworu. Poziom ten uznany został za główny użytkowy, aczkolwiek o najniższych parametrach hydrogeologicznych (współczynnik filtracji poniżej $2 \text{ m}/24\text{h}$, wodoprzewodność poniżej $30,0 \text{ m}^2/24\text{h}$). Poziom odgrywa podstawową rolę w zaopatrzeniu mieszkańców w wodę przy pomocy ujęć drenażowych i studni kopanych. Bezpośrednie zasilanie opadami zachodzi w całym pasie wychodni utworów krystalicznych.

W omawianym obszarze brak jest hydrogeologicznego rozpoznania głębszych partii masywu krystalicznego.

Objektem badań geofizycznych był uskoki oddzielający gruboklastyczne utwory kulmu wschodniej części rejonu badań i metamorfik wschodnich Karkonoszy. Profilowanie MT ujawniło trzy subwertykalne strefy nieco obniżonej elektrooporności. Jednakże ich lokalizacja nie pokrywa się z położeniem wspomnianego uskoku, a wykazane niewielkie kontrasty elektrooporności nie rokują dobrze dla poszukiwań podziemnych wód termalnych w tym rejonie.

SUDETY ŚRODKOWE

Rejon badawczy Czernica- Goczałków

Rejon badawczy Czernica-Goczałków znajduje się od ok. 3 km do 11 km na NW do WNW od Strzegomia, w obrębie Wzgórz Strzegomskich, na Przedgórzu Sudeckim. Geologicznie, ulokowany jest na bloku przedsudeckim, w obrębie późnokarbońskiego masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka (np. Mazur i in. 2007, Cymerman 2010).

W obecnym hydrogeologicznym podziale analizowany rejon położony jest w regionie środkowej Odry, subregionie południowym (Paczyński, Sadurski 2007). Obszar położony jest w JCWPd nr 94, związanej ze zlewnią Kaczawy (Chudzik, Biel, 2011).

Obszar badań obejmuje wychodnie skał granitowych w obrębie Wzgórz Strzegomskich. Na arkuszach Świdnica i Jawor Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Wojtkowiak, 1997, 2002), wydzielono piętro paleozoiczne. Zgromadzone tu wody podziemne mają charakter porowo-szczelinowy. Strefy wodonośne, o miąższościach 10-20 m, zalegają na głębokości do 5 m p.p.t., sporadycznie 5 - 15 m. Użytkowe strefy wodonośne piętra paleozoicznego (pozbawione naturalnej izolacji) narażone są na bezpośredni wpływ czynników antropogenicznych. Zgromadzone są w nich wody o zwierciadle swobodnym, a jedynie ujmowane głębszymi otworami wody szczelinowe są pod ciśnieniem do 500 kPa. Współczynnik filtracji waha się w szerokim zakresie od 0,01 do 5,0 m/24h, średnio - 1,0 m/24h. Przyjęto miąższość strefy wodonośnej 30 m, stąd obliczona średnia przewodność - 30 m²/24h nie jest parametrem w pełni miarodajnym. Wydajność potencjalna studni wierconej najczęściej nie przekracza 10 m³/h i maleje wraz z głębokością ujęcia strefy wodonośnej.

Zasilanie wód piętra paleozoicznego odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych poprzez systemy spękań oraz strefy zluźnień tektonicznych. Silne zaangażowanie tektoniczne szczelinowatego masywu granitowego w rejonie badań, stanowi korzystne warunki infiltracji wód w systemy głębokiego krążenia, w tym geotermalne.

Szczegółowe kartowanie strukturalne kruchych stref tektonicznych w odślonięciach, przeprowadzone zostało w 3 kamieniołomach granitu: Czernica, Wieśnica oraz Goczałków. Zgromadzone tu w piętrze paleozoicznym wody podziemne mają charakter porowo-szczelinowy. Zasilanie odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych poprzez systemy spękań oraz strefy zluźnień tektonicznych. Silne zaangażowanie tektoniczne rejonu badań szczelinowatego masywu granitowego, stanowi korzystne warunki infiltracji wód w systemy głębokiego krążenia, w tym geotermalne.

Rejon badawczy Strzelin – Górka Sobocka

Rejon badawczy Strzelin - Górka Sobocka rozciąga pomiędzy miejscowościami Strzelin i Górka Sobocka (położona ok. 10 km na SW od Strzelina), w większości na niemal równinnym obszarze południowego skraju Równiny Wrocławskiej, zahaczając o NW skraj Wzgórz Strzelińskich i N skraj Wzgórz Lipowych.

Kamieniołomy Strzelin i Górka Sobocka założone są w późnokarbońsko-wczesnopermskich granitach masywu strzegomskiego, które intrudują w proterozoiczną osłonę (np. Oberc-Dziedzic i in. 2005, 2013). Niewątpliwie stopień zaangażowania tektonicznego tego rejonu jest istotny z punktu widzenia możliwości alimentacji górotworu poprzez system głębokiego krążenia wód podziemnych.

Rejon położony jest w subregionie środkowej Odry południowym (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon znajduje się w JCWPd nr 109, związanej ze zlewnią środkowej i dolnej Nysy Kłodzkiej (Wijura i in., 2010).

W świetle dotychczasowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych, przedmiotowy rejon charakteryzuje się znikomym zawodnieniem, co było podstawą nie wydzielania w nim użytkowego piętra wodonośnego zarówno w utworach czwartorzędowych jak i jego podłożu (Czerski, 2000). Niewodonośne utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez lessy i gliny lessopodobne, maskujące wychodnie krystalicznego podłoża części przedsudeckiej. Słabo zawodnione osady czwartorzędowe (piaski, namuły) o lokalnym zasięgu związane są wyłącznie z dolinkami drobnych cieków.

Centralna część przedmiotowego rejonu badań związana jest z wystąpieniem odsłoniętej intruzji granodiorytu, stanowiącej najbardziej na północ wysuniętą elewację jednostki metamorfiku Wzgórz Strzebińskich. Występowanie wód podziemnych w obrębie utworów krystalicznych jest tu praktycznie nie rozpoznane. Przez analogię do innych rejonów o lepszym rozpoznaniu, występowanie wód należy łączyć z przypowierzchniowym poziomem rumoszowo - zwietrzelinowym oraz głębszym, utożsamianym ze strefami spękań, szczelin i rozluźnień skał krystalicznych. Ewentualnie występująca dwudzielność stref wodonośnych związana jest z wierzchnią warstwą skał rozluźnionych i zwietrzałych oraz spękanych skał podłoża krystalicznego, na głębokościach od kilku do 15 m oraz z warstwą dolną w obrębie szczelin i spękań skalnych, występującą na głębokościach przekraczających 40 m. W zawodnionej górnej warstwie, mającej charakter przepływowy i uzależnionej bezpośrednio od opadów, zwierciadło wody cechują warunki swobodne. Niewątpliwie stopień zaangażowania tektonicznego tego rejonu jest istotny z punktu widzenia możliwości alimentacji górotworu poprzez system głębokiego krążenia wód podziemnych.

Rejon badawczy Książnica

Rejon badawczy Książnica zlokalizowany jest ok. 6-9 km na wschód od Świdnicy i 9-12 km na NNW od Dzierżoniowa. Zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998), leży w makroregionie Przedgórze Sudeckie oraz na pograniczu trzech mezoregionów: Masywu Ślęży, Równiny Świdnickiej i Obniżenia Podsudeckiego. Południowo-zachodnia i środkowa część terenu objętego arkuszem leży w obrębie Kotliny Dzierżoniowskiej, zaś północna – na obszarze Wzgórz Kiełczyńskich i ich przejścia w Równinę Świdnicką.

W regionalnym podziale hydrogeologicznym rejon położony jest w regionie środkowej Odry, subregionie środkowej Odry południowym (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 108, związanej ze zlewnią Bystrzycy ze Ślężą (Mądrala i in., 2011).

Występowanie wód podziemnych jest tu związane z utworami czwartorzędowymi i paleozoicznymi, przy czym ze względu na zasobność i dostępność, znaczenie użytkowe o lokalnym zasięgu posiada jedynie piętro wodonośne czwartorzędu (Kiełczawa, 2000). Generalnie, zawodnione osady piaszczysto-żwirowe związane z plejstoceńską strukturą kopalną o przebiegu NWW-SEE wzdłuż miejscowości Książnica, zalegają na głębokości kilku bądź kilkunastu metrów poniżej glin zwałowych zlodowaceń środkowopolskich, prowadząc wody o charakterze

naporowym. Warstwę wodonośną miąższości $6 \div 15$ m, charakteryzuje współczynnik filtracji rzędu $1 \div 14$ m/24h i wodoprzewodność $10 \div 150$ m²/24h.

Utwory podłoża gnejsowo - migmatycznego kompleksu sowiogórskiego i sąsiadującego z nim od północy serpentynitowego masywu Gogołów - Jordanów, pod kątem zawodnienia, są w analizowanym rejonie bardzo słabo rozpoznane. Stąd też, na Mapie hydrogeologicznej Polski (Kiełczawa, 2000) nie został tu wydzielony w obrębie piętra paleozoiczno - proterozoicznego użytkowy poziom wodonośny. Poprzez analogię lepiej rozpoznanych sąsiednich obszarów masywu kry sowiogórskiej (rejon Dzierżoniowa, Piławy, Pieszyc), występowanie wód podziemnych należy wiązać z przypowierzchniowym poziomem rumoszowo - zwietrzelinowym oraz głębszym utożsamianym ze strefami spękań, szczelin i rozluźnień skał krystalicznych.

Na wychodniach serpentynitów w północnej części obszaru badań oraz gnejsów w części południowej, wody podziemne gromadzone są przeważnie w przypowierzchniowej warstwie zwietrzeliny, następnie drenowane przez potoki górskie i źródła. Pozostała część wód podziemnych, związanych z utworami krystalicznymi, występuje głębiej w obrębie szczelin i spękań tych skał. Natomiast w centralnej części rejonu badawczego, gdzie utwory podłoża przykrywa warstwa osadów kenozoicznych, zawodnienie utworów krystalicznych związane jest głównie ze strefą spękań i szczelin. W poziomie zwietrzelinowym zwierciadło wody ma charakter swobodny, a w głębszej strefie spękań znajduje się pod ciśnieniem.

Generalnie można przyjąć, że głębokości występowania użytkowych stref wodonośnych w utworach krystalicznych gnejsów sowiogórskich, wynoszą najczęściej od 15 m do 50 m, a w przypadku strefy przypowierzchniowej zwietrzeliny zazwyczaj nie przekraczają 15 m. Większe głębokości, rzędu $100 \div 150$ m wiązać należy z dyslokacjami czy rozłamami tektonicznymi. Współczynnik filtracji tych utworów, wyznaczony na podstawie próbnych pompowań, waha się w zakresie $0,06 \div 1,1$ m/24h, co daje średnią przewodność ujmowanych stref wodonośnych - około 15 m²/24h. Większym zróżnicowaniem wartości współczynnika filtracji, od 0,004 m/24h do 5 m/24h, charakteryzuje się przypowierzchniowy poziom zwietrzelinowy.

Bezpośrednia bliskość wyniesionego masywu Sudetów, oddzielonego od bloku przedsudeckiego wyraźną krawędzią morfologiczną na linii uskoku sudeckiego brzeżnego - strefą uskoków i nasunięć - jest jednocześnie obszarem alimentacji dla wód podziemnych występujących w tym rejonie. Zasilanie masywu krystalicznego i kierunki przepływu wód wskazują na rolę strefy uskoku sudeckiego brzeżnego w infiltracji wód do systemu ich głębokiego krążenia, w tym potencjalnie do wód geotermalnych.

Badania MT wykazały istnienie szerokich niskooporowych stromo zalegających stref w miejscach kontaktu granitów strzegomskich z serpentynitami oraz tych ostatnich z gnejsami sowiogórskimi. Sięgają one głębokości 1500 m i mimo prawdopodobnego zawodnienia wydają się nie gwarantować wystarczająco podwyższonej temperatury wód ze względu na zbyt mały zasięg głębokościowy tych stref. W świetle wyników

powyższych badań kontakt pomiędzy granitami i serpentynitami jest subwertykalny, zaś pomiędzy tymi ostatnimi a gnejsami sowiogórskimi – jest stromo nachylony ku N.

Rejon badawczy Głuszycza

Rejon badań Srebrna Góra zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998) leży w makroregionie Sudety Środkowe, na pograniczu mezoregionów Góry Sowie i Obniżenie Nowej Rudy. Rejon badań jest przecięty górnym biegiem rzeki Bystrzycy. Na SW od rzeki Bystrzycy, na wysokości 480-500 m n.p.m. rozciąga się teren obniżony i względnie płaski, natomiast po jej stronie NE teren szybko wznosi się na SW stoki Jagodzińca (705 m n.p.m.) i Sobonia (716 m n.p.m.) położonych w zachodniej części masywu Gór Sowich.

Według podziału zwykłych wód podziemnych Polski na jednostki hydrogeologiczne rejon Głuszyczy należy do regionu wodnego środkowej Odry, subregionu Sudetów (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon jest położony w JCWPd nr 108, związanej ze zlewnią Bystrzycy ze Ślązą (Mądrała i in., 2011).

W przedmiotowym rejonie badawczym występowanie wód podziemnych związane jest z utworami czwartorzędowymi, paleozoicznymi i proterozoicznymi. Zgodnie z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000 (Wojtkowiak, 2000), znaczenie użytkowe mają poziomy paleozoiczno-proterozoiczne. Wody podziemne w utworach czwartorzędowych występują wyłącznie w obrębie doliny Bystrzycy, gromadząc się w piaszczysto – żwirowych osadach rzecznych. Poziom miąższości maksymalnie 1 ÷ 3 m, prowadzi wody o charakterze swobodnym występujące na głębokości 0,5 ÷ 2 m. Zasilany bezpośrednio przez opady atmosferyczne, charakteryzuje się dużą sezonową zmiennością zasobności i głębokości zalegania zwierciadła. Pozostaje w kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi.

Wody podziemne o znaczeniu użytkowym występują w większości w przypowierzchniowej warstwie zwietrzliny skał, a pozostała część wód w obrębie szczelin i spękań porowo – szczelinowych osadów permu i karbonu niecki śródsudeckiej oraz proterozoicznych skał kry sowiogórskiej. Oba systemy wodonośne funkcjonują w odmiennych ośrodkach rozdzielonych strefą tektoniczną o przebiegu NW – SE.

Według Mapy hydrogeologicznej Polski (Wojtkowiak, 2000), permsko-karbońskie piętro wodonośne związane jest z osadowymi utworami karbonu górnego (piaskowce, zlepieńce, mułowce, węgle formacji z Żaclerza i Wałbrzycha) i wulkanitami permokarbońskimi (porfiry, ryolity) oraz piaskowcami i mułowcami permu. Natomiast w bezpośrednim rejonie badań, piętro wodonośne związane jest wyłącznie z osadowymi seriami karbonu górnego (piaskowce, zlepieńce, mułowce, łupki ilaste). Warunki hydrogeologiczne tego piętra w tym rejonie są słabo, a praktycznie nierozpoznane. Natomiast w rejonie położonym na północ od obszaru badań (Jedlina Zdrój), w strefach uskokowych i towarzyszących im spękaniach skał osadowych karbonu i wulkanitów permu, występują wody lecznicze typu szczaw, w tym radoczynnych.

Można przypuszczać, że wielkopowierzchniowa strefa tektoniczna na kontakcie osadowej serii niecki śródsudeckiej i krystalicznego bloku sowiogórskiego, może odgrywać znaczącą rolę w systemie krążenia głębokich wód podziemnych, w tym także występowania wód termalnych.

Obiektem badań geofizycznych była strefa uskokowa Głuszycy (Cymerman 2010). Badania MT wykazały występowanie subwertykalnej strefy obniżonej oporności na granicy masywu sowiogórskiego i klastyków basenu śródsudeckiego, sięgającej do głębokości ok 4000 m, która poniżej 400 m kontynuuje się już w gnejsach, jako że te sięgają dalej ku SW niż na powierzchni w podłożu karbonu niecki śródsudeckiej. Wyniki MT wskazują też na występowanie nagromadzeń wód podziemnych głębokiego krążenia w szczelinowatej stropowej partii podłoża karbonu na głębokości rzędu 2400-3000 m p.p.t. Można przypuszczać, że wielkopowierzchniowa strefa tektoniczna na kontakcie osadowej serii niecki śródsudeckiej i krystalicznego bloku sowiogórskiego, może odgrywać znaczącą rolę w systemie krążenia głębokich wód podziemnych, w tym także występowania wód termalnych.

Rejon badawczy Srebrna Góra

Rejon badań Srebrna Góra, zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998), leży w makroregionie Sudety Środkowe i na granicy mezoregionów Góry Sowie i Obniżenie Otmuchowskie, reprezentowane przez jego lokalny fragment, zwany obniżeniem Stoszowic. To ostatnie, zajmujące NE część rejonu badań, jest bardzo łagodnie nachylone ku NE i znajduje się na wysokości 360-390 m n.p.m. Natomiast SW część rejonu badań leży na stromym, nachylonym generalnie ku ENE, lecz skomplikowanym przez niewielkie suche doliny okresowych potoków, stoku Gór Sowich, wznoszącym się do ok. 630 m n.p.m.

Zgodnie z regionalnym podziałem hydrogeologicznym, rejon badawczy Srebrna Góra usytuowany jest w regionie środkowej Odry, na pograniczu subregionu Sudetów i subregionu środkowej Odry południowym, rozdzielonych sudeckim uskokiem brzeżnym o przebiegu NW-SE (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon znajduje się w JCWPd nr 109, związanej ze zlewnią środkowej i dolnej Nysy Kłodzkiej (Wijura i in., 2010).

Omawiany rejon badawczy lokuje się w obrębie metamorficznej serii bloku sowiogórskiego, biegnąc w poprzek strefy tektonicznej sudeckiego uskoku brzeżnego. W świetle dotychczasowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych, rejon ten charakteryzuje się słabym stopniem zawodnienia. Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Kiełczawa, 2000), przedsudecka, północna część rejonu badań położona jest na obszarze pozbawionym użytkowego poziomu wodonośnego. Dotyczy to zarówno utworów czwartorzędowych, jak i krystalicznego podłoża bloku sowiogórskiego. Z racji swojego wykształcenia (utwory stożków piedmontowych, rumosze i gliny deluwialne), zawodnienie osadów czwartorzędowych ma charakter okresowy, związany z większymi opadami atmosferycznymi. Brak wydzielenia użytkowego poziomu wodonośnego w tej części badań, wynikało częściowo z braku dostatecznego rozpoznania warunków hydrogeologicznych (Kiełczawa, 2000).

Sudecka, południowa część rejonu badawczego położona jest na obszarze wydzielonego użytkowego poziomu wodonośnego proterozoiku. Użytkowy charakter mają tu dwie strefy wodonośne: strefa górna - w przypowierzchniowej, spękanej i zwietrzalej partii skał, o swobodnym lub lekko naporowym zwierciadle wody, pozbawiona istotniejszej naturalnej izolacji oraz strefa dolna - związana z głębszym krążeniem wody w obrębie szczelin, spękań i rozluźnień skał krystalicznych, o naporowym zwierciadle wody, izolowana od powierzchni.

Na wodach zgromadzonych w strefie przypowierzchniowej bazują w większości ujęcia o charakterze drenazowym. Strefa dolna, głębszego krążenia wody, ujmowana jest natomiast przez pojedyncze studnie głębinowe. Generalnie głębokości występowania użytkowych stref wodonośnych w gnejsach sowiogórskich wynoszą najczęściej od 15 m do 50 m. Wyjątek stanowią tu przypadki, gdy ujmowana jest bądź strefa zwietrzliny i przypowierzchniowych rozluźnionych partii skał krystalicznych - wówczas głębokość występowania poziomu użytkowego zazwyczaj nie przekracza 15 m, bądź odwodnione partie szczytowe masywów górskich - wtedy użytkowe strefy wodonośne mogą występować dopiero na głębokościach 50-100 m, a nawet 100-150 m. Współczynnik filtracji w gnejsach sowiogórskich wyznaczony na podstawie próbnym pompowań otworów studziennych, wahał się w zakresie od 0,42 m/24h do 0,91 m/24h.

W głębokim krążeniu wód podziemnych decydujące znaczenie odgrywają strefy tektonicznych rozluźnień, a takową jest szeroka strefa tektoniczna sudeckiego uskoku brzeźnego z przecinającymi ją dyslokacjami niższej rangi.

Głównym celem profilowań geofizycznych była strefa uskoku brzeźnego. Badania MT wykazały występowanie sięgających 2000 m głębokości subwertykalnych stref obniżonej oporności, zlokalizowanych w pobliżu tak dolnego, jak i górnego załamania stoku, związanego z przebiegiem sudeckiego uskoku brzeźnego. Strefy te mogą stanowić perspektywiczne struktury zawodnione przez fluidy o podwyższonej temperaturze.

Rejony badawcze Potworów

Rejon badawczy Potworów znajduje się na pograniczu Obniżenia Podsudeckiego ze stanowiącymi część Sudetów Górami Bardzkimi, rozciągając się po obu stronach sudeckiego uskoku brzeźnego ok. 2-3 km na N i NW od Barda, po zachodniej stronie doliny Nysy Kłodzkiej, po opuszczeniu przez nią przełomu bardzkiego. Podobnie jak w Srebrnej Górze, przedmiotem badań była strefa uskoku brzeźnego.

Zgodnie z regionalnym podziałem hydrogeologicznym, rejon badawczy Potworów usytuowany jest w regionie środkowej Odry, na pograniczu subregionu Sudetów i subregionu środkowej Odry południowym, rozdzielonych sudeckim uskokiem brzeźnym o przebiegu NW-SE (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon znajduje się w JCWP nr 109, związanej ze zlewnią środkowej i dolnej Nysy Kłodzkiej (Wijura i in., 2010).

Omawiany rejon badawczy lokuje się w strefie kontaktowej struktury bardzkiej i masywu krystalicznego paleozoiku strefy niemczańskiej, poprzecznie względem strefy tektonicznej sudeckiego uskoku brzeźnego. W świetle dotychczasowego rozpoznania

warunków hydrogeologicznych, przedmiotowy rejon charakteryzuje się bardzo słabym stopniem zawodnienia. Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Kiełczawa, 2000), strefa badań położona jest na obszarze pozbawionym użytkowego poziomu wodonośnego. Dotyczy to zarówno utworów czwartorzędowych i krystalicznego podłoża bloku przedsudeckiego, jak również osadowych serii struktury bardzkiej części sudeckiej. Z racji swojego wykształcenia (utwory stożków piedmontowych, rumosze i gliny deluwialne), zawodnienie osadów czwartorzędowych ma charakter okresowy, związane jest z większymi opadami atmosferycznymi. Stanowią one wraz z kompleksem zwietrzałej stropowej partii podłoża krystalicznego (szarogłazy, serpentynity) pierwszy poziom wodonośny ujmowany studniami kopanymi. Charakteryzują go zróżnicowane warunki występowania przy płytkim zaleganiu do 5 m, lokalnie głębiej 5÷20 m (Krawczyk, 2006). Nie wydzielenie użytkowego poziomu wodonośnego, wynikało po części z braku dostatecznego rozpoznania warunków hydrogeologicznych.

W głębokim krążeniu wód podziemnych decydujące znaczenie odgrywają strefy tektonicznych rozluźnień, a takową jest szeroka strefa tektoniczna sudeckiego uskoku brzeżnego z przecinającymi ją dyslokacjami niższej rangi.

Rejon badawczy Ożary

Rejon badawczy Ożary występuje na pograniczu Obniżenia Podsudeckiego ze stanowiącymi część Sudetów Górami Żłotymi, rozciągając się po obu stronach sudeckiego uskoku brzeżnego ok. 6-8 km na NW od Żłotego Stoku.

Rejon ten, według podziału hydrogeologicznego, położony jest w regionie środkowej Odry, na styku subregionu Sudetów i subregionu środkowej Odry południowym, rozdzielonych sudeckim uskokiem brzeżnym o przebiegu NW-SE (Paczyński, Sadurski, 2007). Jest on położony w JCWPd nr 109, związanej ze zlewnią środkowej i dolnej Nysy Kłodzkiej (Wijura i in., 2010).

W świetle dotychczasowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych, przedmiotowy rejon charakteryzuje się słabym zawodnieniem, co było podstawą nie wydzielenia w nim użytkowego piętra wodonośnego zarówno w utworach kenozoicznych jak i krystalicznego podłoża czy jego wychodni (Mroczkowska, 2000). Dotyczy to zarówno części sudeckiej (masyw kłodzko-żłotostocki), jak również bloku przedsudeckiego.

W części przedsudeckiej, pierwszy poziom wodonośny związany jest ze spiaszczonymi stropowymi partiami glin zwałowych i piaskami czwartorzędu, a także drobnymi przewarstwieniami piasków w ilastej serii pliocenu. Wydzielenia te charakteryzują się współwystępowaniem i ograniczonym zasięgiem, brakiem ciągłości hydraulicznej i zróżnicowaną głębokością występowania do 5 m. Zwierciadło wody charakteryzuje się zmiennym reżimem swobodno-aporowym. Badania głębszych (do 200 m) poziomów wodonośnych zalegających w obrębie miększej serii ilastej wypełniającej zachodni kraniec neogeńskiego zapadliska rowu Paczków-Kędzierzy-

Koźle, wykazały ponadnormatywne zawartości fluoru w wodzie i bardzo małą wodoprzewodność (Razowska-Jaworek i in., 2013).

W sudeckiej części rejonu badań wody podziemne występują w pokrywach rumoszowo-zwietrzelinowych oraz w szczelinach skał formacji paleozoiczno-proterozoicznej. Stąd też, przez analogię do sąsiednich obszarów o lepszym rozpoznaniu, spotykamy tu dwa systemy krążenia wód. Pierwszy – płytki, na głębokości od kilku do 15 m, lokalnie 40 m poniżej terenu, związany ze strefą wietrzeniową, drugi – głęboki, towarzyszący głównym dyslokacjom przecinającym górotwór. Z racji ukształtowania terenu (stromie zbocza, wąskie doliny) płytki poziom wód ma charakter tranzytowy, a jego zasobność uzależniona jest od skali i charakteru opadów. Większe znaczenie odgrywa poziom głębszy, związany z głębokimi rozłamami oraz nasunięciami i uskokami, którym towarzyszą strefy licznych spękań i niewielkich dyslokacji uskokowych, o różnych kierunkach i charakterze. Zasilanie górotworu odbywa się tu na wychodniach serii skalnych, bezpośrednio z opadów atmosferycznych, lub drogą pośrednią - poprzez pokrywy zwietrzelinowe.

Cyrkulacja wód podziemnych w strefie sudeckiego uskoku brzeżnego jest skomplikowana i niewątpliwie związana z tektoniką tego obszaru. Uskok sudecki brzeżny wraz z towarzyszącymi nieciągłościami tektonicznymi stanowi uprzywilejowaną strefę zasilania i migracji wód podziemnych.

Rejon badawczy Kudowa

Rejon badawczy Kudowa, zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998) należy do makroregionu Sudety Środkowe i lokuje się w obrębie mezoregionów Góry Stołowe i Pogórze Orlickie. Obszar objęty badaniami ma charakter pagórkowaty do górzystego (góry niskie) i leży ok. 1,5 km do 2,5 km na SE od centrum Kudowy Zdroju. Ukształtowanie powierzchni terenu jest urozmaicone, obejmując wschodnie zbocze doliny potoku Klikawa na SW, na wysokości ~380 m n.p.m., stanowiące fragment Obniżenia Kudowy, po zachodni skraj Gór Stołowych na wysokości ok. 500 m n.p.m., 1 km na wschód od wsi Jerzykowice Wlk.

W obowiązującym hydrogeologicznym podziale regionalnym, przylegające do siebie rejony badawcze Kudowa Zdrój i Brzozowie położone są w Subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 137, związanej z szczelinowo-porowymi utworami osadowymi kredy górnej niecki śródsudeckiej, niecki Batorowa i zapadliska Kudowy, szczelinowymi ośrodkami granitoidu Kudowy oraz krystaliniku Gór Bystrzyckich i Orlickich (Serafin, Krawczyk, 2010). W całości znajduje się ona w obrębie zlewiska Morza Północnego i drenowana jest przez Klikawę (Szybka) oraz Czermnicę z jej dopływem (Kudowski Potok).

Zgodnie z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000 (Kłonowski, Wojtkowiak, 2000), wody podziemne głównego użytkowego poziomu wodonośnego w rejonie badawczym związane są utworami kredy zapadliska Kudowy (południowa część rejonu badań). Pozostała część rejonu badań położona jest na obszarze pozbawionym poziomu użytkowego (rów tektoniczny Kudowa – Oleśnice i granitoid Kudowy).

Warunki hydrogeologiczne wspomnianego obszaru należy określić jako bardzo skomplikowane ze względu na tektonikę, współwystępowanie wód mineralnych i zwykłych, szczelinowy i szczelinowo-porowy charakter poziomów wodonośnych, a także zróżnicowaną morfologię terenu i sieć drenażu w bliskim sąsiedztwie wododziałów wód powierzchniowych i podziemnych. Wody podziemne występują w czwartorzędowych osadach rzecznych (piaski, żwiry, namuły), porowo – szczelinowych osadach kredy górnej oraz szczelinach i spękaniach skał krystalicznych paleozoiku. Poziom wodonośny czwartorzędu miąższości do 2 m, ogranicza się wyłącznie do zasięgu dolin drobnych cieków. Prowadzi wody o charakterze swobodnym, wykazujące okresowe wahania i zasilane bezpośrednio poprzez infiltrację z opadów atmosferycznych.

Głównym piętrzem wodonośnym zwykłych wód jest tu kompleks utworów górnokredowych, w którym – przez analogię do struktury Niecki Batorowa - wydziela się dwa poziomy wodonośne: górny, występujący w marglach z przewarstwieniami piaskowców turonu oraz dolny związany z piaskowcami cenomanu (Kłonowski, Wojtkowiak., 2000). W rejonie Jeleniowa, w spękanych marglach turonu, stwierdzono występowanie dwóch poziomów wód podziemnych o charakterze artezyjskim: płytszego na głębokości około 50 m i głębszego na głębokości około 100 m, o sumarycznej miąższości 67 m. W bezpośrednim sąsiedztwie nawiercone zostały w strefie dyslokacji również wody mineralne o ciśnieniu artezyjskim, których reżim hydrochemiczny uległ naruszeniu po rozpoczęciu eksploatacji wód zwykłych. Wody podziemne kredowego piętra zapadliska Kudowy drenowane są zgodnie z osią jednostki na północny-zachód, przy różnicy ciśnień od 440 m n.p.m. do poniżej 380 m n.p.m.

Sąsiadujący od wschodu rów tektoniczny Kudowa – Oleśnice wypełniony miąższym (ponad 500 m) kompleksem utworów czerwonego spągowca (zlepierce z wkładkami łupków ilastych i piaskowców arkozowych oraz wulkanitami) wraz z graniczącym granitoidem Kudowy, stanowi korzystne warunki alimentacji głębszych stref występowania wód podziemnych, w tym o charakterze geotermalnym.

Celem badań MT była strefa uskokuwa na granicy wychodni czerwonego spągowca z masywem Kudowy-Oleśnic, wraz z „rowem Kudowy-Oleśnic” i z uskokiem biegnącym doliną Klikawy. Badania pokazały strome, rozgałęziające się ku dołowi wąskie strefy znacznie obniżonej elektrooporności, sięgające w głąb do ok. 3500 m, które stanowią obiecujące perspektywiczne kolektory zmineralizowanych wód termalnych.

Rejon badawczy Brzozowie

Rejon badawczy Brzozowie, zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998) należy do makroregionu Sudety Środkowe i lokuje się w obrębie mezoregionu Góry Orlickie. Obszar objęty badaniami ma charakter górzysty i znajduje się ok. 1 km do 2,5 km na SW od centrum Kudowy Zdroju. Przylega jednocześnie od SW do opisanego w poprzednim podrozdziale rejonu Kudowa, w swej NE części lokując się po południowo-zachodniej stronie doliny potoku Klikawa w

Obniżeniu Kudowy. Dalej ku SW, rejon podnosi się w na stokach Gór Orlickich ku granicy z Czechami.

Rejon badawczy Brzozowie przylegający od SW do scharakteryzowanego powyżej rejonu Kudowa Zdrój, jest pod względem stosunków hydrogeologicznych opisany razem z nim w poprzednim podrozdziale.

Rejon badawczy Stara Łomnica

Rejon badań Stara Łomnica, zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998) należy do makroregionu Sudety Środkowe i lokuje się w obrębie mezoregionu Kotliny Kłodzkiej. W całości znajduje się na pagórkowatym dnie fragmentu rowu górnej Nysy Kłodzkiej.

Rejon lokuje się w regionalnym podziale hydrogeologicznym w Subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007) i w JCWPd nr 125, związanej ze szczelinowo-porowymi utworami osadowymi kredy górnej niecki śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej (Krawczyk i in., 2010).

Wody podziemne w rejonie badawczym zlokalizowanym w północnej części rowu Nysy Kłodzkiej, występują w obrębie kredowego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 341 niecka wewnątrzsudecka Kudowa Zdrój – Bystrzyca Kłodzka (Serafin i in., 2015). Jest on w tym miejscu zaburzony strukturalnie (wyniesienie krystalicznego podłoża podkredowego w formie horstu) między uskokiemi Pstrążna – Gorzanów i Duszniki Zdrój, układającymi się równolegle względem siebie, na kierunku przebiegu NWW – SEE. Poziom kredowy w tym rejonie stanowi zarazem główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) według klasyfikacji stosowanej na Mapie hydrogeologicznej Polski 1:50 000 (Mroczkowska, 1997).

Głównym piętnem wodonośnym zwykłych wód jest tu kompleks utworów górnokredowych, w którym występują dwa poziomy wodonośne. Górny poziom związany jest z serią szarych piaskowców ciosowych turonu środkowego, a dolny z cenomańskimi piaskowcami ciosowymi z glaukonitem. Oba poziomom w różnym stopniu towarzyszą przewarstwienia marglisto – ilaste, co rzutuje na wartości parametrów hydrogeologicznych. Korzystniejsze warunki hydrogeologiczne występują w południowej części rejonu badawczego. Górny poziom zalegający na głębokości 40 ÷ 60 m charakteryzują średnie wartości miąższości 33 m, współczynnika filtracji 9,1 m/24h, wydajności 40 m³/h. Natomiast w północnej części rejonu badawczego, poziom zalegający na głębokości ca. 150 m, cechuje się gorszymi parametrami hydrogeologicznymi, o czym świadczą niskie wartości współczynnika filtracji (średnio 0,65 m/24h) i wydajności potencjalnej w granicach 4 m³/h 1mS. Zdecydowanie korzystniejsze warunki występują w strefach tektonicznych.

Oba poziomy wodonośne kredy górnej zasilane są przez infiltrację opadów atmosferycznych w rejonach wychodni, jak i w strefach o dużym zaangażowaniu tektonicznym oraz przez zasilanie boczne i ascenzyjny dopływ z podłoża. Ogólny kierunek przepływu wód podziemnych w górnym i dolnym poziomie wodonośnym jest

zbieżny i skierowany w kierunku wschodnim regionalnej osi drenażu rzeki Nysy Kłodzkiej. Szczelinowe i szczelinowo-porowe wody poziomu wodonośnego górnej kredy cechuje reżim naporowy, miejscami artezyjski o rzędnych 360 ÷ 370 m n.p.m.

W skałach krystalicznych podłoża rowu Nysy Kłodzkiej zalegających na głębokości około 150 m w strefie horstu i 200 m poza nim, można spodziewać się występowania wód szczelinowych na głębokości do kilkudziesięciu metrów, na co wskazują dopływy do wyżej leżącego poziomu kredowego (Serafin i in., 2015). Strefa dyslokacji, w poprzek której przebiega rejon badawczy, stanowi korzystne warunki alimentacji struktur głębokiego podłoża, w tym także wód geotermalnych.

Obiektem profilowań geofizycznych była strefa uskoku Pstrążna-Gorzanów. Badania MT wykazały na uskoku występowanie subwertykalnej, nieco nachylonej ku N strefy istotnie obniżonej oporności elektrycznej do głębokości rzędu 4500 m, która z dużym prawdopodobieństwem stanowi kolektor zmineralizowanych wód o podwyższonej temperaturze.

Rejon badawczy Bystrzyca Kłodzka

Rejon badań Stara Bystrzyca, położony bezpośrednio na zachód od Bystrzycy Kłodzkiej, zgodnie z geograficznym podziałem regionalnym Polski (Kondracki, 1998) należy do makroregionu Sudety Środkowe i wchodzi w obręb mezoregionów Kotlina Kłodzka i Góry Bystrzyckie. W swej części wschodniej leży w obrębie płaskiego fragmentu dna rowu górnej Nysy Kłodzkiej (w obniżeniu Bystrzycy Kłodzkiej), położonego na wysokości ok. 400 m n.p.m., zaś w części zachodniej - w obrębie dolnego stopnia Gór Bystrzyckich, wznoszącego się tu do ponad 700 m n.p.m., jednak w zasięgu wykonanych profili geofizycznych, nie przekraczającego wysokością 515 m. W całości zlokalizowany jest w zlewni potoku Bystrzyca, stanowiącego lewy dopływ Nysy Kłodzkiej.

Według podziału zwykłych wód podziemnych Polski na jednostki hydrogeologiczne rejon Bystrzyca Kłodzka należy do subregionu Sudetów regionu wodnego środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007). Rejon ten jest położony w JCWPd nr 125, związanej z szczelinowo-porowymi utworami osadowymi kredy górnej niecki śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej (Krawczyk i in., 2010).

Zgodnie z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000 (Mroczkowska, 1997), wody podziemne tego obszaru należą do brzeżnej, południowo - zachodniej części kredowego zbiornika wód podziemnych rowu górnej Nysy Kłodzkiej, na pograniczu z krystalinikiem Gór Bystrzyckich. Wody podziemne gromadzą się tu w piaszczysto - żwirowo - rumoszowych utworach wieku czwartorzędowego, porowo - szczelinowych osadach kredy górnej oraz szczelinach i spękaniach skał krystalicznych starszego paleozoiku i proterozoiku, tworząc dwa odrębne systemy krążenia: płytkiego i głębokiego.

Poziom wodonośny w rejonie badań związany z osadami czwartorzędowymi występuje wyłącznie w dolinie lewobrzeżnego dopływu rzeki Bystrzycy na obszarze Gór

Bystrzyckich. Związany jest osadami rzecznyymi z domieszką rumoszu skał krystalicznych. Prowadzi wody o charakterze swobodnym występujące na głębokości 1 ÷ 2 m. Zasilany jest bezpośrednio przez opady atmosferyczne, charakteryzuje się dużą sezonową zmiennością zasobności i głębokości zalegania zwierciadła, aż do okresowego wysychania.

Głównym wodonoścem w rejonie badań są spękane kwarcowe piaskowce ciosowe turonu środkowego o miąższości 20 ÷ 40 m i piaskowce glaukonitowe cenomanu miąższości do 20 m, tworzące użytkowy poziom wodonośny na MhP (Mroczkowska, 1997). Ich wychodnie biegnące równolegle do tektonicznej granicy z krystalicznym masywem Gór Bystrzyckich, zapadają dosyć stromo pod kątem 30 ÷ 40° w kierunku osi rowu górnej Nysy Kłodzkiej. Górnokredowy poziom wodonośny zalega na głębokości od kilku do kilkudziesięciu metrów, prowadząc wody o charakterze swobodno – naporowym stabilizujące się na rzędnych 380 ÷ 360 m n.p.m. Warunki jego alimentacji są tu ograniczone do wychodni spękanych i zaburzonych tektonicznie skał oraz dopływów bocznych z masywu krystalicznego.

Zarówno w masywie Gór Bystrzyckich, jak i pod osadami kredy w rowie górnej Nysy Kłodzkiej, szczelinowe skały krystaliczne stanowią kolektor wód podziemnych. Charakterystyczną cechą tego zbiornika jest występowanie płytkiego systemu krążenia wody na niewielkich głębokościach do 30 m w strefie zwietrzliny skał oraz głęboki, towarzyszący sieci spękań i dyslokacji. Południowa część rejonu badań leżąca w szczytowej partii Gór Bystrzyckich, pozbawiona jest generalnie płytkiego poziomu z uwagi na dominujące spływy powierzchniowe. W rejonie badań, poziom głęboki krystaliniku, zarówno w wychodniach jak i podłożu kredowym, jest nierozpoznany. Jego zasilanie odbywa się na wychodniach spękanych skał krystalicznych, bezpośrednio z opadów atmosferycznych. Wody w głębszego krążenia w podłożu rowu górnej Nysy Kłodzkiej związane są z infiltracją opadów na wyniesionych masywach górskich po obu stronach rowu.

Występowanie wód termalnych w rejonie Bystrzycy Kłodzkiej potencjalnie wiązać należy ze strefami stromych spękań i dyslokacji o założeniach paleozoicznych, w obrębie piętra metamorficznego reprezentowanego przez gnejsy i paragnejsy masywu Gór Bystrzyckich, podścielającego także osady rowu górnej Nysy Kłodzkiej.

Rejon leży ma pograniczu kenozoicznego rowu tektonicznego górnej Nysy Kłodzkiej. Granica pomiędzy osadami górnej kredy i ortognejsami ma charakter tektoniczny i jest reprezentowana przez stromą strefę uskokową Długopola (Cymerman 2010). Uskok ten był głównym celem przeprowadzonych prac geofizycznych.

Badania MT wykazały występowanie na uskoku Długopola subwertykalnej strefy obniżonej oporności elektrycznej do głębokości rzędu 400 m, która może prowadzić zmineralizowane fluidy o podwyższonej temperaturze. Jednak bardziej perspektywiczna strefa tektoniczna o podobnym charakterze i sięgająca głębokości >2200 m została stwierdzona ok. 1 km na SW od uskoku Długopola, prawdopodobnie na jednej z dyslokacji z nim stowarzyszonych. Z powodu zlokalizowania tej strefy przy SW-końcu

wykonanego profilu oraz ze względu na związany z nią prawdopodobny duży uskok z infiltrującymi wodami mineralnymi, rekomenduje się wykonanie dodatkowych sondowań MT na SW przedłużeniu zrealizowanego już profilu, a następnie wykonanie ponownej interpretacji uwzględniającej dodatkowe wyniki pomiarów.

Rejon badawczy Spalona

Rejon badawczy Spalona leży na wierzcholinie Gór Bystrzyckich, ok. 8 km na zachód od Bystrzycy Kłodzkiej. Obszar w całości podścielony jest „serią infrakrustalną” kopuły orlicko-śnieżnickiej, reprezentowana przez późnokambryjskie gnejsy i granitognejsy bystrzyckie (por. Fistek i Gierwielanec 1957, Dumicz 1964, Szczepański 2010). Były tam prowadzone badania γ -spektrometryczne oraz - na ESE stoku tuż poniżej grzbietu Jagodnej (977 m n.p.m.) - badania VLF.

W obecnym regionalnym podziale hydrogeologicznym rejon badawczy Spalona położony jest w regionie środkowej Odry, w subregionie Sudetów (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 125 (Krawczyk i in., 2011b).

Występowanie wód podziemnych w analizowanym rejonie związane jest z krystalinikiem piętra paleozoiczno-proterozoicznego, które związane jest z występowaniem spękanej i zwietrzałej, wierzchniej strefy skał metamorficznych (gnejsów i łupków) oraz ich rumoszy. Na obszarze Gór Bystrzyckich i Orlickich, zgodnie z kryterium głębokości występowania, wyróżnia się następujące strefy wód podziemnych w skałach krystalicznych: strefa wód przypowierzchniowych, szczelinowo-rumoszowych (1-20 m), strefa wód szczelinowych płytkich (20-100 m) i strefa szczelinowych wód głębinowych (100-500 m). Występują one z reguły w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym ze sobą oraz z wodami powierzchniowymi. Zwierciadło wody posiada najczęściej charakter swobodny i stabilizuje na głębokościach: do 1,0 m - w dolinie Dzikiej Orlicy i do 10 m - na zboczach wzniesień.

Według interpretacji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Bystrzyca Kłodzka (Mroczkowska, 1997) przez analogię do sąsiednich rejonów o podobnej budowie geologicznej i warunkach wodonośnych, gdzie prowadzone były prace badawcze i wiertnicze, można przyjąć, że na opisywanym obszarze z utworów piętra paleozoiczno-proterozoicznego można uzyskać wydajność z otworu studziennego do 10 m³/h, przy współczynniku filtracji 1-2 m/24h. Miąższości i głębokości występowania analizowanego piętra mogą być bardzo zróżnicowane: dla miąższości - od <5 m do 40 m i głębokości występowania - od <5 m do 15 m. Głębiej, w strefie skał szczelinowych (strefach głębokiego krążenia wód), można spodziewać się występowania wodonośców pod ciśnieniem, a lokalnie w strefach zaangażowanych tektonicznie możliwe jest występowanie wód o charakterze artezyjskim. Strefy te nie zostały jednak rozpoznane. Zasilanie omawianego zbiornika wód podziemnych odbywa się na zboczach Gór Orlickich i Bystrzyckich bezpośrednio z wód opadowych. Nagromadzenia rumoszu skalnego, oraz skały krystaliczne pocięte gęstą siecią szczelin mogą tworzyć w tym rejonie zbiornik wód podziemnych o znacznych zasobach dynamicznych. Świadczą o tym wystąpienia źródeł szczelinowych i szczelinowo-

rumoszowych, charakteryzujących się lokalnie znacznym wydatkiem, często związanych ze strefami tektonicznymi o większym zasięgu. Głównym wodonoścem, charakteryzującym się dominacją płytkiego krążenia wód są cienkie pokrywy rumoszu skalnego w nadkładzie i spękany zwietrzały masyw skał o miąższości kilkunastu metrów.

Występowanie wód termalnych w rejonie Spalonej potencjalnie wiązać należy ze strefami stromych spękań i dyslokacji o założeniach paleozoicznych, w obrębie piętra metamorficznego gnejsów i granitognejsów masywu Gór Orlickich.

Rejon badawczy Różanka

Rejon badawczy Różanka położony jest na pograniczu Gór Bystrzyckich z rowem górnej Nysy Kłodzkiej, ok. 3,5 km na NW od centrum Międzyzlesia.

Pod względem hydrogeologicznym, rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007) i w zasięgu JCWPd nr 125 związanej ze szczelinowo-porowymi utworami kredy górnej niecki śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej (Krawczyk i in., 2011b).

Warunki hydrogeologiczne rowu Nysy Kłodzkiej uzależnione są od: zróżnicowania litofacjalnego wodonośnych utworów kredy, ich rozprzestrzenienia i miąższości oraz stopnia zaangażowania tektonicznego tych utworów (Mroczkowska, 1997). Dowodami na złożoność genezy występowania wód podziemnych i ich skomplikowanego krążenia są między innymi: bardzo duża zmienność przepuszczalności i zasobności w skali lokalnej i regionalnej oraz współwystępowanie wód słodkich i mineralnych (Gorzanów).

W zasięgu osadów górnej kredy wyróżnia się dwa użytkowe poziomy wodonośne: górny, występujący w marglach i piaskowcach turonu górnego i środkowego oraz dolny związany z piaskowcami cenomanu i marglami dolnego turonu. Poziomy te rozdzielone są kompleksem słabo przepuszczalnych osadów ilasto-marglistych, o zmiennej lecz znacznej miąższości, charakteryzujących się niskim współczynnikiem filtracji (w granicach 0,0008-7,46 m/24h). Na obszarach o niewielkim zaangażowaniu tektonicznym oba poziomy są dobrze izolowane, natomiast w miejscach o silnie rozwiniętej tektonice i drożnych szczelinach zaobserwowano istnienie ścisłej więzi hydraulicznej (Serafin i in., 2015). Lokalnie, w stropowej części osadów górnej kredy, występuje przypowierzchniowy poziom płytkich wód podziemnych. Jest on drenowany przez liczne źródła o wydajnościach do 2 m³/h oraz jest eksploatowany ujęciami drenażowymi.

Górny poziom wodonośny nawiercono na różnych głębokościach – od kilku do ponad stu metrów. Miąższość górnego poziomu jest zmienna, średnio wynosi 60-80 m. Ze względu na urozmaiconą morfologię terenu zwierciadło wód podziemnych wykazuje charakter swobodny lub lekko napięty. Zróżnicowanie parametrów hydrogeologicznych, obliczonych na podstawie danych z próbnego pompowania poszczególnych otworów studziennych, odzwierciedla dużą zmienność litologiczną i tektoniczną w obrębie

poziomu. Wydajności maksymalne z pojedynczych otworów są raczej małe i wynoszą od kilku do kilkunastu m³/h (od 2,1 do 12,8 m³/h), przy depresjach od kilku do kilkudziesięciu metrów. Wartości współczynnika filtracji, obliczone na podstawie danych z próbnego pompowania - zarówno dla margli jak i piaskowców, są silnie zróżnicowane i wynoszą od kilku setnych metra do kilku metrów na dobę (od 0,04 do 8,64 m/24h).

Dolny poziom wodonośny budują spękane piaskowce cenomanu oraz spągowa partia margli turonu dolnego. Jego występowanie ma ograniczony charakter. Wody dolnego poziomu wodonośnego zostały nawiercone na głębokościach od kilku do ponad stu metrów. Charakteryzują się one zwierciadłem napiętym, a zwierciadło swobodne występuje jedynie w brzeżnej strefie niecki. Miąższość poziomu wynosi średnio około 30-40 m. Słabo przepuszczalną podstawę dolnego poziomu wodonośnego stanowią łupki metamorficzne należące do kompleksu orlicko-bystrzyckiego.

W najbardziej południowej (w granicach Polski) części rowu Nysy Kłodzkiej, gdzie utwory kredy, na jego granicach zewnętrznych ustawione są bardzo stromo, stwierdzono również zawodnienie utworów koniak. W otworze w miejscowości Smreczyna strefę zawodnioną nawiercono na głębokościach 94 i 205 m, w spękanych, drobnoziarnistych piaskowcach koniak oraz na głębokości 480 m w mułowcach wapnisto-krzemionkowych turonu środkowego. Z samowypływu, z głębokości 94 m uzyskano około 5 m³/h. Z pompowania wszystkich warstw osiągnięto maksymalną wydajność 19,5 m³/h przy depresji 77 m.

Zasilanie piętrowego wodonośnego kredy odbywa się na wychodniach bezpośrednio z infiltracji opadów atmosferycznych, w mniejszym stopniu z przepuszczalnych warstw czwartorzędowych i w brzeżnych strefach rowu - lateralnie ze skał krystalicznych Gór Bystrzyckich.

Ewentualną obecność wód termalnych należy wiązać z obecnością strefy uskokowej w rejonie badań. Uskok ten oddziela utwory rowu Nysy Kłodzkiej od utworów krystalicznych metamorfiku orlicko-bystrzyckiego. Jak wykazały badania sejsmiczne występujące tu skały metamorficzne, w tym wapienie krystaliczne, są silnie spękane. Towarzyszące nieciągłości tektoniczne stanowią predysponowane strefy zasilania i kontaktu wód podziemnych.

Rejon badawczy Goworów

Rejon badawczy Goworów znajduje się w podobnej sytuacji, jak opisana w poprzednim podrozdziale Różanka, z tą różnicą, że zlokalizowany jest po przeciwnej, wschodniej stronie rowu górnej Nysy Kłodzkiej. Formalnie, z punktu widzenia regionalizacji fizyczno-geograficznej (Kondracki 1978, 1998) znajduje się na pograniczu Sudetów Środkowych (rów Nysy – „Kotlina Kłodzka”) i Wschodnich (Masyw Śnieżnika).

Pod względem hydrogeologicznym rejon położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007) i w zasięgu JCWPd nr 125

związanej ze szczelinowo-porowymi utworami kredy górnej niecki śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej (Krawczyk i in., 2011b).

Obszar badań obejmuje brzeżną, południowo-wschodnią część utworów rowu Nysy Kłodzkiej oddzielonej uskokiem Wilkanowa od krystalicznego pasma Masywu Śnieżnika. Wody podziemne występują w kompleksie utworów osadowych górnej kredy (Mroczkowska, 1997). Charakterystyczne jest tu występowanie wód słodkich i zmineralizowanych, mnogość stref o intensywnym zaangażowaniu tektonicznym oraz zmiennym stopniem szczelinowatości (Krawczyk i in., 2011b). Występują tu trzy poziomy wodonośne: przypowierzchniowy stanowiący pierwszy poziom wodonośny, górny w utworach turonu środkowego lokalnie górnego oraz dolny w utworach cenomanu, lokalnie turonu dolnego. Charakter użytkowy posiadają dwa poziomy wodonośne: poziom górny zbudowany z utworów turonu środkowego i poziom dolny zbudowany z utworów turonu dolnego i cenomanu. Poziomy te rozdzielone są kompleksem słabo przepuszczalnych osadów ilasto-marglistych, o zmiennej lecz znacznej miąższości. Na obszarach o niewielkim zaangażowaniu tektonicznym oba poziomy są dobrze izolowane, natomiast w miejscach o silnie rozwiniętej tektonice i drożnych szczelinach zaobserwowano istnienie ścisłej więzi hydraulicznej (Serafin i in., 2015).

Przeprowadzone badania laboratoryjne (Tarka, 2006) wykazały, że średnia wartość porowatości efektywnej piaskowców kredowych wynosi 15,7 %, co wskazuje że skały te mogą magazynować duże ilości wody podziemnej. Dla mułowców wartość średnia tego parametru wynosi 7,3 %. Odsączalność, która w dużym stopniu zależy od wykształcenia litologicznego wynosi średnio 8,5 % dla piaskowców i 1,5 % dla mułowców.

Poziom górny charakteryzuje się bardzo nierównomiernym wykształceniem i obecnością bezpośrednich kontaktów hydraulicznych w strefach dyslokacji z poziomem dolnym. Warunki hydrogeologiczne tego poziomu rozpoznane zostały licznymi otworami badawczymi, poszukiwawczymi i rozpoznawczymi. Miąższość omawianego poziomu jest bardzo zmienna i średnio wynosi 45 m. Wydajności całkowite studni w poziomie górnym są bardzo różne i zmieniają się od 0,8 do 205 m³/h, najczęściej jednak są mniejsze od 40 m³/h. Średnia wydajność otworów wynosi 34,8 m³/h (Tarka, 2006). Wydajności jednostkowe zmieniają się w szerokim zakresie: od 0,021 do 35,4 m³/h·m, a średnio wynoszą 5,65 m³/h·m.

Poziom dolny pod względem hydrogeologicznym jest znacznie słabiej rozpoznany. Miąższość warstw zawodnionych wynosi do około 20 m. Parametry filtracyjne analizowanego poziomu są zmienne. W strefach zaangażowanych tektonicznie wodoprzewodność mieści się w przedziale 500-900 m²/24h, a współczynnik filtracji wynosi od 12 do 21,6 m/24h. Na obszarach pozbawionych szczelin i spękań związanych z działalnością tektoniczną wodoprzewodność wynosi od 5 do 30 m²/24h, a współczynniki filtracji maleją do 0,19 m/24h (Grzegorzczak i in., 1993).

Charakterystyczną cechą wodonośności analizowanego obszaru jest obecność źródeł zlokalizowanych w strefach kontaktów utworów poszczególnych horyzontów wodonośnych bądź nieciągłości tektonicznych.

Poziomy wodonośne kredy górnej zasilane są przez infiltrację opadów atmosferycznych w rejonach wychodni, jak i w strefach o dużym zaangażowaniu tektonicznym oraz przez zasilanie boczne i ascenzyjny dopływ z podłoża (Mroczkowska, 1997). Zwierciadło wód podziemnych poziomu przypowierzchniowego cechuje się zróżnicowanym charakterem występowania wód podziemnych oraz brakiem ciągłości. Poziomy górny i dolny wykazują generalnie reżim naporowy, lokalnie w obszarze wychodni swobodny.

Przedmiotem badań ERT i VLF był uskoki rowu górnej Nisy (przedłużeniu ku S uskoku Wilkanowa). Uskok ten oddziela utwory rowu Nisy Kłodzkiej od utworów krystalicznych metamorfiku Śnieżnika. Jest to strefa stromych spękań i dyslokacji, która może być związana z systemem krążenia głębokich wód podziemnych, w tym, leczniczych i termalnych, rejonu Łądko Zdrój.

Rejon badawczy Łądko Zdrój

Rejon badawczy Łądko Zdrój położony jest w masywie Gór Żółtych, w mezoregionie Sudetów Wschodnich i leży bezpośrednio na południe i południowy wschód od, odpowiednio, miasta i jego części zdrojowej, na stokach Dzielca (534 m n.p.m.) i Stołowych Skał, rozdzielonych doliną Białej Łądeckiej, która w tym miejscu ma kierunek SW-NE.

Pod względem hydrogeologicznym rejon badawczy Łądko Zdrój położony jest w subregionie Sudetów regionu środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 126 związanej ze szczelinowo-porowymi utworami metamorfiku Śnieżnika (Russ i in., 2011).

W obszarze badań wydzielono 2 piętra wodonośne: czwartorzędowe oraz paleozoiczno-proterozoiczne. Rozprzestrzenienie utworów wodonośnych piętra czwartorzędowego – poziomu holoceniowego jest ograniczone do dolin rzeki Białej Łądeckiej i jej większych dopływów. Płytki poziom, na głębokości do 2 - 3 m, występuje w piaszczysto-żwirowych osadach rzecznych i niskich tarasach akumulacyjnych (zalewowych). Zwierciadło wody ma charakter swobodny i uzależnione jest od poziomu wody w cieku (Suszka i in., 2015).

Wody podziemne występują również w glinach deluwialnych. Miąższość tych utworów wynosi od 1 do kilku metrów, a miejscami nawet więcej - zwłaszcza w obszarach źródłowych potoków. Opisywane pokrywy, zwykle z domieszką rumoszu, są na ogół słabo przepuszczalne, magazynują jednak pewne ilości wód. Na granicy występowania pokryw deluwialnych i wychodni skał podłoża obserwowane są często ciągi wycieków i wysięków, a niekiedy źródła rumoszowe. Zasilanie poziomu holoceniowego odbywa się bezpośrednio z opadów atmosferycznych (Mroczkowska, 2000).

Piętro paleozoiczno-proterozoiczne w rejonie badawczym Łądek Zdrój związane jest z zawodnionymi skałami metamorfiku Śnieżnika. Analiza map hydrogeologicznych, wykazała, że jego zasięg ogranicza się do zawodnionych, zwietrzałych w nadkładzie i spękanych skał podłoża reprezentowanych przez rumosze, głązy, gruz z piaskiem i gliny stokowe występujące głównie w dolinach i na ich zboczach, średnio do głębokości około 30 m. Główny użytkowy poziom wodonośny piętra paleozoiczno-proterozoicznego pozostaje jednak w kontakcie hydraulicznym z poziomem holoceniowym piętra czwartorzędowego.

Woda podziemna występuje w tzw. zespołach wodonośców (strefach). Trzy główne strefy to: 1) strefa utworów pokrywowych o miąższości do 10 m, 2) strefa spękanego masywu skalnego o miąższości do 50 m 3) strefa uskoków wgłębnych o głębokości >100 m. Strefy te przenikają się wzajemnie tworząc wspólny system wodonośny (Ciężkowski i in. 1997, Modelska, 2004).

W układzie krążenia (przepływu) wód podziemnych analizowanego obszaru badawczego wyróżnić można 4 systemy: 2 regionalne i 2 lokalne. Systemy lokalne (miejscowe) ograniczone są do czasowych wystąpień wód utrzymujących się w glebie i najpłytszej warstwie wodonośnej. Wody drenowane są przez młaki, wysięki i źródła. System regionalny dużego zasięgu obejmuje wody infiltrujące w głąb masywu za pośrednictwem uskoków i rozłamów tektonicznych do głębokości co najmniej 1,5 km. Wody ulegają w tym systemie niezwykle wolnej wymianie i są drenowane przez główne rzeki odwadniające Sudety i obszar przedsudecki. System regionalny mniejszego zasięgu obejmuje wody biorące udział w obiegu osiagającym głębokość ponad 800 m. Drenowane są one również w sposób powolny do Białej Łądeckiej i górnej Nysy Kłodzkiej w polskiej części masywu oraz do Morawy i Krupy w części czeskiej. Mieszają się one częściowo z wodami płytszymi. Wody takie tworzą np.: złoża wód termalnych Łądka Zdroju (Ciężkowski, 1980). Obydwa systemy regionalne związane są ze środowiskiem wgłębnych wód podziemnych w strefach spękań i uskoków (Ciężkowski i in., 1997).

Wody podziemne piętra paleozoiczno-proterozoicznego zasilane są głównie przez opady atmosferyczne, które infiltrują, zasilając kolejno utwory pokrywowe, płytkie szczeliny i spękania wietrzeniowe oraz głębsze strefy związane z uskokami tektonicznymi. Wielkość infiltracji zależy od natężenia opadów i ilości wody nagromadzonej w pokrywie śnieżnej. Z obserwacji jednocześnie wynika, że znaczne ilości wody magazynowane są w obszarach wypłaszczeń i lokalnych niecek wypełnionych glinami z rumoszem o miąższości do kilkunastu metrów w strefach silniej uszczelinionego podłoża. W ich dolnych partiach zwykle tworzą się źródła, czasami dość wydajne, rzadziej są to wysięki, dające początek zasobnym w wodę ciekom. Opisywanym utworom wodonośnym towarzyszą często mokradła stokowe cechujące się okresowymi wypływami (Mroczkowska, 1998). Źródła są najczęściej spotykaną formą wypływów i stanowią ponad 70 %. Średnie wydajności naturalnych wypływów wynoszą od setnych części do kilku litrów na sekundę. Przeważają jednak źródła o wydajnościach poniżej 0,5 l/s (Tarka, 1997).

Obiektem badań geofizycznych metodami VLF i sejsmiczną były ewentualne założenia uskokowe odcinka doliny Białej Łądeckiej. To w ich obrębie gromadzą się wody opadowe, infiltrujące w wyższych partiach Gór Żłoty i Bialskich, które następnie systemem szczelin przepływają w kierunku Łądka Zdroju. Przepływ ten odbywa się na znacznej głębokości, dochodzącej do 2500 m. Napotykając uprzywilejowane drogi krążenia w postaci wspomnianych wcześniej uskoków i stref spękań, wody te wypływają na powierzchnię terenu. Są też ujmowane płytkimi studniami o głębokości kilku metrów. Czas przebywania wody w ośrodku skalnym oszacowano na około 5 tysięcy lat. Wody lecznicze w Łądku Zdroju uzyskano także ze znacznie większej głębokości, z odkrytej głębokim otworem wiertniczym strefy spękanych gnejsów zalegających około 600 m poniżej powierzchni terenu (Kiełczawa, 2013). Duża różnica wysokości pomiędzy obszarami zasilania a strefą przepływu sprawia, iż wody lecznicze ogrzewają się. Temperatura wód w płytkich ujęciach wynosi od 17 do 28°C, natomiast w głębokim otworze Łądek L-2 Zdzisław uzyskano wody o temperaturze 44 – 45°C.

SUDETY WSCHODNIE/BLOK PRZEDSUDECKI

Rejon badawczy Jelcz-Laskowice

Rejon badawczy Jelcz-Laskowice znajduje się w m. Bystrzyca, ok. 7,5 km na SE od centrum Jelcza-Laskowic, na Równinie Oleśnickiej, w obrębie pradoliny Odry. Na powierzchni terenu występują tu głównie plejstoceny gliny zwałowe, w otoczeniu piasków eolicznych i mułków eluwialnych (Michalska, 1992). Celem badań geofizycznych było zweryfikowanie hipotezy o występowaniu w osadach kenozoicznych młodej dyslokacji tektonicznej o rozciągłości NW-SE, potencjalnie związanej z uskokiem permskiego podłoża.

Pod względem hydrogeologicznym rejon badań Jelcz - Laskowice znajduje się w regionie środkowej Odry, subregionie południowym (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 109 (Wijura i in., 2010).

W obszarze badań wydzielono 3 piętra wodonośne: czwartorzędowe, neogeńskie i triasowe. Wśród nich charakter użytkowy mają tylko dwa kenozoiczne: czwartorzędowe i neogeńskie (Bielecka, 1997). Czwartorzędowe piętro wodonośne tworzą holoceny i plejstoceny piaski i żwiry zdeponowane w dolinach rzecznych Odry i Smortawy oraz plejstoceny osady wodnolodowcowe na wysoczyźnie morenowej. Miąższość utworów zawodnionych waha się przeciętnie od 5 do 15 m. Większe miąższości (>20 m) zaznaczają się na północny-zachód od Bystrzycy Oławskiej. Współczynnik filtracji wynosi około 14 m/24h, wydajności studni są rzędu 30 m³/h. Na wysoczyźnie, warstwy wodonośne są związane z występowaniem wydym, kemów, utworów wodnolodowcowych. Wydajności studni wynoszą od kilku do 20 m³/h, a współczynnik filtracji wynosi do 20 m/24h.

Pierwszy poziom wodonośny na przeważającej części obszaru jest bez izolacji. Zwierciadło wody ma charakter swobodny, ulega znacznym sezonowym wahaniom. Na powierzchni terenu występują niewielkie płyty glin o miąższości od 1 do 3 m. W

systemie krążenia wód, główną rolę w warunkach naturalnych odgrywa zasilanie przez wody opadowe. Bazę drenażu stanowi Odra i jej dopływy.

Neogeńskie piętro wodonośne tworzą przewarstwienia piaszczyste zalegające w kompleksach ilastych miocenu górnego. Utwory wodonośne występują w formie nieregularnych warstw i soczew o zróżnicowanym składzie granulometrycznym i zmiennych miąższościach. Są to najczęściej piaski drobne i średnie, rzadziej grube, z dużym udziałem piasków pylastych lub ilastych o miąższości od 4 do 24 m. Tkwią one w obrębie serii ilasto-mułkowej utrudniającej alimentację i odnawialność warstw wodonośnych. Zróżnicowanie wykształcenia utworów wodonośnych powoduje również dużą zmienność parametrów filtracyjnych. Współczynnik filtracji waha się od kilku do kilkudziesięciu m/24h. Piętro neogeńskie jest zasilane przez opad atmosferyczny na wychodniach (główne obszary zasilania znajdują się w rejonie Wzgórz Strzebińskich), poprzez przesiąkanie z utworów wyżej ległych, zwłaszcza w ich partiach przemytych lub zapiaszczonych oraz w strefach kontaktów hydraulicznych, a także od dołu przez ascenzję wód z poziomów podkenozoicznych. Główny kierunek przepływu wód podziemnych odbywa się od wychodni warstw, tj. od SW ku NE.

Strop neogeńskiej, użytkowej warstwy wodonośnej występuje najczęściej na głębokościach 60-80 m. Woda w utworach neogeńskich występuje pod ciśnieniem subartezyjskim (sporadycznie artezyjskim). Generalnie powierzchnia piezometryczna piętra neogeńskiego układa się niżej od powierzchni piętra czwartorzędowego. Przewodność najczęściej nie przekracza 100 m²/24h, a wydajność potencjalna studni wynosi od 10 do 90 m³/h przy depresjach 10-35 m. Neogeński poziom wodonośny, występujący w rejonie badań, charakteryzuje się słabymi parametrami hydrogeologicznymi, małą zasobnością i słabą odnawialnością zasobów (Krawczyk i in., 1996).

Triasowe piętro wodonośne występuje bezpośrednio pod piętrzem neogeńskim. Jest reprezentowane przez wodonośne utwory wapienia muszlowego i pstrego piaskowca. Strop wodonośnych utworów wapienia muszlowego występuje na głębokości > 230 m. Woda wykazuje znaczną mineralizację. Maksymalna zawartość siarczanów wynosi 718 mg/dm³, sucha pozostałość osiąga wartości powyżej 2000 mg/dm³. Poziom wodonośny pstrego piaskowca, występujący na głębokości poniżej 700 m z uwagi na niską wodoprzewodność (0,5 m²/d) oraz silne zmineralizowanie wody (3900 mg/dm³), również nie może być uznany za piętro użytkowe.

Badania sejsmiczne, zamiast młodej nieciągłości tektonicznej, wykazały obecność rozległej rynny erozyjnej o znacznej głębokości. Ciągłość granic sedimentacyjnych na obrazie sejsmicznym dowodzi, że zarejestrowane badaniami osady kenozoiku nie ulegały deformacjom tektonicznym.

Na wykonanych przekrojach sejsmicznych nie zanotowano objawów młodej aktywności tektonicznej.

Rejon badawczy Radoszowice

Rejon badawczy Radoszowice jest zlokalizowany w południowo-wschodniej części Niziny Śląskiej, w najniższej partii doliny Nysy Kłodzkiej, na jej wschodnim brzegu, ok. 9 km na NW od Niemodlina. Na powierzchni terenu odsłaniają się tam (Winnicka 1997) utwory kenozoiczne: paleogeńskie bazaltoidy (bazanity i ich tufy), neogeńskie piaski, żwiry i muły z wkładkami węgla brunatnych, klastyki serii Gozdnicy, plejstoceńskie osady glacialne i fluwioglacjalne oraz holocenijskie piaski i żwiry. Przedmiotem badań geofizycznych była subrównoleżnikowa krawędź morfologiczna położona na południe od wystąpienia bazaltów, która potencjalnie może mieć neotektoniczne założenia. Wystąpienia formacji bazaltowych młodego wulkanizmu, jak również poszczelinowionych i zuskokowanych utworów kredowych mogą stanowić przesłanki o obecności wód geotermalnych w serii budujących podłoże analizowanego obszaru.

Pod względem hydrogeologicznym, rejon Radoszowic należy do regionu środkowej Odry, subregionu południowego (Paczyński, Sadurski, 2007) i do JCWPd nr 109 związanej z Przyodrzem i Nysą Kłodzką (Wijura i in., 2010). Występowanie wód podziemnych związane jest tu z utworami czwartorzędowymi, neogeńskimi oraz triasowymi. Obszar, gdzie wykonano badania geofizyczne metodą tomografii elektrooporowej ERT, zgodnie z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000, zaliczono do obszarów, gdzie nie występują użytkowe poziomy wodonośne (Bielecka 1997).

W części północnej analizowanego obszaru, kompleks utworów czwartorzędowych i neogeńskich reprezentują słaboprzepuszczalne ropy i mułki przykryte piaszczysto-żwirowymi osadami tarasów nadzalewowych, związanych z doliną Nysy Kłodzkiej. W części centralnej i południowej utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez piaski wodnolodowcowe zalegające na neogeńskich piaskach serii Gozdnicy. W podłożu występują formacje bazaltowe w formie kominów (bazanity, tufy, brekcje wulkaniczne), a także silnie zuskokowane kredowe łożyska i mułowce. Utwory te na tym obszarze nie posiadają rozpoznania hydrogeologicznego.

Poza czwartorzędowymi piaskami i żwirami tarasów rzecznych pozostałe utwory wykazują niewielkie zawodnienie. Zasilanie wód odbywa się bezpośrednio z wód opadowych.

Badania ERT i sejsmiczne nie wykazały efektów aktywności tektonicznej związanej z analizowaną skarpą morfologiczną.

Rejon badawczy Wilamowice Nyskie

Rejon badawczy Wilamowice Nyskie znajduje się ok. 5,5 km na N od Głuchołaz i ok. 1,5 km na SW od Nowego Świętowa, na lewym brzegu rzeki Biała Głuchołaska, na wschodnim skraju Przedgórza Paczkowskiego. Przebiega tu duży uskoki, a badania ERT miały zweryfikować ew. przypowierzchniowe efekty towarzyszących głównemu

uskokowi równoległych dyslokacji, wyrażające się np. zróżnicowaniem morfologii stropu krystalicznego podłoża.

W obowiązującym hydrogeologicznym podziale regionalnym, rejon Wilamowic Nyskich położony jest w regionie środkowej Odry, subregionie południowym (Paczyński, Sadurski, 2007), w JCWPd nr 109 (Wijura i in., 2010).

Podczas rozpoznania i dokumentowania stwierdzono tu występowanie zwykłych wód podziemnych pięter wodonośnych: czwartorzędowego, neogeńskiego i kredowego. Ponadto w części południowo-zachodniej analizowanego obszaru, w rejonie podgórskim, wody podziemne występują w utworach paleozoiczno – proterozoicznych. Wszystkie piętra wodonośne biorą udział w systemie krążenia i w różnym stopniu w strefie aktywnej wymiany wód.

Zawodnione utwory czwartorzędowe związane są z piaskami i żwirami plejstocenu i holocenu (Razowska-Jaworek, Cudak, 2002). Miąższość jak i wykształcenie litologiczne analizowanego poziomu są zmienne. Na północ od obszaru wykonanych badań geofizycznych przebiega kopalna dolina Nysy Kłodzkiej, w której zalegają piaszczysto-żwirowe osady o miąższości do kilkunastu metrów. Poziomy użytkowe w utworach czwartorzędu występują na głębokości od kilku do ponad 30 m. Zwierciadło wody ma charakter swobodny. W obrębie dolin kopalnych, gdzie warstwy wodonośne przykryte są przez grubą pokrywę lessów i glin lessopodobnych zwierciadło ma charakter naporowy. Wydajności pojedynczych studni wynoszą od kilku do ponad 30 m³/h. Czwartorzędowe piętro wodonośne zasilane jest zwykle bezpośrednio z opadów atmosferycznych ze względu na piaszczysto-żwirowy charakter utworów oraz brak warstwy izolującej. Wody podziemne drenowane są przez miejscowe rzeki. Ze względu na bardzo płytkie zaleganie czwartorzędowych poziomów wodonośnych i ich niską odpornością na zanieczyszczenia, należy spodziewać się występowania zanieczyszczonych antropogenicznie wód. Współczynniki filtracji wynoszą od kilku do ponad 100 m/24h, przeciętnie 6-30 m/24h.

Występowanie wód w utworach neogeńskich jest związane z seriami piasków, głównie drobnoziarnistych, w obrębie iłów serii poznańskiej, a także z ławicami grubo i średnioziarnistych piasków lub żwirów, często zailonych, serii Gozdnicy. Wody w utworach neogenu występują na głębokości od kilku do ponad 130 m. Zwierciadło ma zwykle charakter naporowy (pod ciśnieniem do 900 kPa). Miąższości warstw wodonośnych wahają się od kilku do 50 metrów. Osady piaszczyste często tworzą liczne przewarstwienia w utworach ilastych. Współczynniki filtracji nie są wysokie i wynoszą od 2,0 do ponad 40 m/24h, przeciętnie 4-20 m/24h. Generalny kierunek przepływu wód piętra neogeńskiego następuje z południowego-zachodu na północny-wschód, ku dolinie Odry. Zasilanie następuje poprzez nadległy kompleks glin i iłów lub bezpośrednio z powierzchni terenu w miejscach kontaktu warstw neogeńskich z czwartorzędowymi lub na wychodniach warstw neogeńskich.

W podłożu neogenu mogą występować wody porowe i szczelinowo-porowe w utworach kredy górnej. Warunki hydrogeologiczne piętra kredowego są słabo

rozpoznane, a potencjalne wydajności wynoszą prawdopodobnie poniżej 10 m³/h. Ze względu na znaczne głębokości zalegania piętra kredowego nie zaliczono go do użytkowych poziomów wodonośnych.

Spękane skały metamorficzne podłoża osadów kenozoicznych tworzą w tym rejonie mało zasobny, szczelinowy a miejscami szczelinowo-krasowy poziom wodonośny. Głębokość jego zalegania wynosi od kilku do kilkudziesięciu metrów, a wydajności pojedynczych studni wahają się w granicach od 2 do 7 m³/h.

Ewentualną obecność wód termalnych należy wiązać z obecnością opisanych powyżej krystalicznych utworów paleozoiczno-proterozoicznych. Silne zaangażowanie tektoniczne szczelinowatego masywu krystalicznego stanowią korzystne warunki infiltracji wód systemów głębokiego krążenia, w tym geotermalnych.

Badania ERT nie zobrazowały morfologii stropu krystalicznego podłoża ze względu na stwierdzoną zbyt dużą miąższość osadów kenozoicznych. Weryfikacja charakteru deniwelacji stropu podłoża krystalicznego oraz możliwości zawadnienia do znacznej głębokości prawdopodobnych stromych struktur nieciągłych wodami głębokiego krążenia wymaga przeprowadzenia tu sondowań magnetotellurycznych.

3.9 Podsumowanie - wnioski i kierunki dalszych badań

Podsumowano prace przeprowadzone w obu etapach zadania „Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych” (Aleksandrowski i in., 2018, 2020). W przekonaniu autorów raportu, na obszarze Dolnego Śląska nie istnieje jednolity system geotermiczny, a przeprowadzone badania miały za cel zebranie możliwie jak najszerszego materiału do pokrycia obszaru Sudetów i ich przedpola punktowymi, liniowymi lub powierzchniowymi danymi.

Generalnym celem badań było oszacowanie czy miejscowe warunki geologiczno-strukturalne, wyselekcjonowana do analizy dana duża deformacyjna struktura krucha, „strefa tektoniczna”, dyslokacja o charakterze złożonego uskoku bądź strefy koncentracji spękań będą sprzyjać głębokiej cyrkulacji wód, które dzięki temu, że infiltrują na znaczne głębokości, mają szansę wykazywać podwyższoną temperaturę.

Zauważono, że stwierdzenie metodami geofizycznymi struktury, której parametry wskazują na sprzyjające występowaniu w masywie skalnym wód głębokiego krążenia warunki, nie gwarantuje, że wody takie mają istotnie podwyższoną temperaturę. Z drugiej strony, negatywny wynik badań geofizycznych nie przekreśla całkowicie obecności wód termalnych, jako że możliwości rozpoznania pod tym względem głębszych horyzontów podłoża zbudowanego ze skał krystalicznych są, przy użyciu dostępnych narzędzi, ograniczone.

Tak więc, niezależnie od ilości wykonanych badań, „Atlas geotermalny Sudetów i ich przedpola”, nie będzie jednoznacznie wskazywać rezydowania podziemnych zbiorników wód termalnych. Będzie on natomiast przewodnikiem dla inwestorów, wskazującym strefy sprzyjające - bardziej niż ich otoczenie - występowaniu głębokich

wód termalnych i pozwalającym na optymalne w danych warunkach rozpoznania wstępne zlokalizowanie odwiertu geotermalnego.

Spośród zastosowanych metod badawczych za najbardziej użyteczną i przydatną w rozpoznawaniu potencjału geotermalnego badanych głębokich nieciągłości tektonicznych należy uznać metodę magnetotelluryczną, która pozwala ze znacznym prawdopodobieństwem i do znacznej głębokości (rzędu 4-5 km) zidentyfikować w górotworze strefy zawadnione. Tą metodą rozpoznano perspektywiczność dla potencjalnego występowania zasobów podziemnych wód termalnych głębokiego krążenia następujących siedmiu rejonów badań (na poniższej liście liczba gwiazdek oznacza subiektywną ocenę stopnia perspektywiczności na podstawie przekrojów MT; w nawiasie nazwa struktur kruchych, z którymi wiążą się rozległe strefy niskiej oporności elektrycznej w obrazie MT):

Rejon Stara Łomnica*** (uskok Pstrążna-Gorzanów),

Rejon Pławna*** (u. południowy rowu Wlenia),

Rejon Złotoryja** (u. Jerzmanic, u. sudecki brzeźny),

Rejon Kudowa** (u. Zieleńca, u. Klikawy),

Rejon Wierzchosławice* (u. zachodni rowu Wierzchosławic oraz u. wnętrza rowu),

Rejon Głuszycy* (u. Głuszycy),

Rejon Srebrna Góra* (u. brzeźny).

W większości przypadków wychodnie uskoków, wzdłuż których rozwinęły się głęboko sięgające strefy obniżonej elektrooporności w obrazie MT, zlokalizowane są w obniżeniach terenu, gdzie zapewne dochodzi do zwiększonego zasilania wodami meteorycznymi, które migrują w głąb górotworu wzdłuż pionowych i stromych systemów szczelin. Ponieważ w toku obu dotychczasowych etapów realizacji zadania zdołano wykonać jedynie 16 profili MT, należy dążyć do istotnego zwiększenia ich liczby, do co najmniej 60-70 profili, tak aby podstawa oszacowania potencjalnych zasobów geotermalnych w planowanym „Atlasie zasobów geotermalnych Sudetów i ich przedpola” była merytorycznie uzasadniona i ilościowo wystarczająca.

Wykonano modelowanie pola temperatury i strumienia cieplnego dla górnej części skorupy ziemskiej na przykładzie granitoidowego masywu Karkonoszy. Przeanalizowano profile temperaturowe w 7 głębokich otworach wiertniczych. Należy podkreślić, że niezmiernie cenne z punktu widzenia analizy stanu termicznego masywu Karkonoszy byłoby przeprowadzenie ponownego profilowania temperaturowego w głębokich otworach Staniszków ST-1 oraz Karpniki KT-1, ale w warunkach ustabilizowanych.

Na podstawie zrekonstruowanych wartości gradientu termicznego oszacowano wartości powierzchniowej gęstości strumienia cieplnego. Przewodność cieplna granitów karkonoskich w warunkach temperatury pokojowej może kształtować się na wyraźnie wyższym niż dotychczas zakładano poziomie między 3,0 a 3,5 Wm⁻¹K⁻¹. Powierzchniową gęstość strumienia cieplnego na obszarze masywu karkonoskiego można oszacować na zakres pomiędzy 75 a 105 mWm⁻².

Bliższe rozpoznanie stanu termicznego podłoża skalnego Dolnego Śląska wymaga dalszych systematycznych badań przewodności cieplnej granitoidów sudeckich, ze szczególnym uwzględnieniem efektów związanych z zależnością tego parametru od temperatury oraz z wpływem obecności mikroszczelin na wyniki pomiarów (konieczność prowadzenia pomiarów w stanie wysycenia próbek wodą).

Rozpoznano silnie nieliniowy charakter wpływu poziomu ciepła radiogenicznego na rozkład temperatury z głębokością oraz jej bardzo istotne znaczenie dla ukształtowania się profilu termicznego w skali skorupy ziemskiej. Niewątpliwie konieczne są dalsze szczegółowe badania rozkładu ciepła radiogenicznego w skałach masywu karkonoskiego i innych masywów sudeckich, które pozwoliłyby na właściwą ocenę reprezentatywnych, uśrednionych wartości generowanego ciepła radiogenicznego.

Dalsze, uszczegółowiające badania przewodności cieplnej granitów karkonoskich, a w szczególności jej zależności od temperatury, pozwoliłyby na opracowanie dokładniejszych modeli rozkładu temperatury w masywie karkonoskim, a w dalszej kolejności również w innych granitoidowych masywach sudeckich.

Rozwinięciem przedstawionych modelowań powinno być użycie modeli trójwymiarowych, co pozwoliłoby m.in. na rozpoznanie potencjalnie znaczących efektów związanych z topografią, z oboczną zmiennością parametrów termicznych, z adwekcją płynów, a także z trójwymiarową strukturą plutonu karkonoskiego. Wskazane byłoby też uzupełnienie modelowania stacjonarnego modelowaniem niestacjonarnym, które umożliwiłoby szczegółową ocenę wpływu czynników klimatycznych (poprawka paleoklimatyczna) dla analizowanego obszaru.

Badania sejsmiczne, ERT i VLF należy uznać za komplementarne i uzupełniające w stosunku do podstawowych wyników badań osiągniętych metodą MT. Wyniki pozwalają zidentyfikować na niewielkich głębokościach przejawy głębokich kruchych struktur nieciągłych, perspektywicznych dla wystąpień wód termalnych, które zasadniczo rozpoznawane są metodą MT.

Do uzyskania informacji o głęboko sięgających strukturach nieciągłych wykorzystano też dane głębokiej sejsmiki przemysłowej. Uzyskano wiarygodne informacje o uskockach penetrujących w głąb obu synklinoriów sudeckich – północno- i śródsudeckiego, które mogą być potencjalnymi celami poszukiwawczymi za wodami termalnymi głębokiego krążenia na tych obszarach. Metoda sejsmiczna ze znacznie lepszą rozdzielczością i wiarygodnością niż magnetotelluryczna pokazuje lokalizację i sposób wykształcenia głębokich uskocków i stref uskokowych, ale nie informuje o możliwościach ich zawodnienia.

Ważnym wkładem w zrozumienie komplikacji i szczegółów struktury wewnętrznej badanych kruchych stref tektonicznych, a także sposobu ich funkcjonowania w trakcie przepływu wód podziemnych, wydają się wyniki badań szczegółowego kartowania strukturalnego.

Do identyfikacji nieciągłości tektonicznych wykorzystywano też polowe badania γ -spektrometryczne. W niektórych przypadkach pomiary pozwoliły ustalić, że lineamenty morfologiczne wyznaczone wyłącznie na podstawie analizy zdjęcia LIDAR są np. uskokami założonymi w podłożu metamorficznym.

Najważniejsze elementy prac badawczych niezbędnych do przeprowadzenia w ramach pierwszej fazy realizacji „Atlasu zasobów geotermalnych Sudetów i ich przedpola”, obejmują m.in.:

- uzupełnienie szeregu rejonów badawczych wyróżnionych na poprzednich dwóch etapach prac rejonów i objętych niektórymi rodzajami badań o niewykonane tam najistotniejsze badania, tj. profilowania magnetotelluryczne CPMT,
- przedłużenie niektórych wykonanych uprzednio profili ERT i/lub sejsmicznych, tam gdzie przeprowadzone interpretacje wykazały, że przebiegu głównych stref zniszczeń związanych z badanymi uskokami należy spodziewać się poza obrębem zrealizowanych już w tych miejscach profili,
- kontynuację w możliwie jak najszerszym zakresie badań polegających na rozpoznawaniu kluczowych parametrów termicznych podłoża skalnego Dolnego Śląska oraz modelowaniu pola temperatury i strumienia ciepłego w litosferze tego regionu,
- w sytuacji ew. koniecznych ograniczeń programu wierceń – uzyskanie instytucjonalnego wsparcia organów zatwierdzających projekty robót geologicznych na odwierty poszukiwawczo-eksploatacyjne za wodami termalnymi dla przekonania inwestorów do wykonania w odwiercanych otworach badań służących wzbogaceniu bazy danych potrzebnych do wykonania „Atlasu”, a także sfinansowanie tych badań.
- w miarę możliwości, uzyskanie zgody właścicieli niektórych już istniejących głębokich otworów geotermalnych na wykonania w nich w/w badań w warunkach ustabilizowanych, co może wymagać pokrycia kosztów przestojów związanych z chwilowym unieruchomieniem eksploatacji tych otworów

3.10 Zarys koncepcji „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”

Podsumowanie rozszerzono o zarys koncepcji „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”, który to atlas z założenia powinien nawiązywać swoim zakresem i formą realizacji do wcześniej wydanych analogicznych atlasów pokrywających niemal cały obszar Polski. Jednocześnie należy pamiętać o tym, że budowa geologiczna Dolnego Śląska jest zasadniczo odmienna od budowy pozostałych regionów Polski. Na głębokościach perspektywicznych dla poszukiwania podziemnych wód termalnych występują głównie nieprzepuszczalne skały krystaliczne lub silnie zdiagenezowane w podwyższonych temperaturach i ciśnieniach skały osadowe, a wody podziemne mają niemal wyłącznie charakter wód szczelinowych, których drogi i warunki migracji są trudne do bliższego rozpoznania. Wskutek braku perspektyw występowania złóż węglowodorów stosunkowo niewiele jest danych geologicznych dotyczących głębokiego podłoża, jego struktury i warunków dla cyrkulacji wód.

Specyfikę budowy geologicznej dobrze odzwierciedlać ma w „Atlasie...”, nieobecna w atlasach innych regionów Polski, powierzchniowa mapa sieci nieciągłości strukturalnych (mapa tektonicznych struktur kruchych). Mapa ta, w dużej mierze odzwierciedlająca efekty neotektonicznej aktywności obszaru Dolnego Śląska, będzie w założeniu przedstawiać w możliwie wyczerpujący sposób sieć „młodych stref tektonicznych” badanych dotychczas punktowo w ramach realizowanego zadania, jako struktur, które w swych podziemnych partiach warunkują cyrkulację szczelinowych wód głębokiego krążenia, a tym samym perspektywicznych dla poszukiwań wód termalnych. Mapa w dużej mierze będzie oparta na wysokorozdzielczych danych skaningu laserowego (LIDAR), przy uwzględnieniu dotychczasowych map i opracowań z tego zakresu, a także regionalnych danych geologiczno-strukturalnych i geofizycznych.

Wyniki badań geofizycznych i geologicznych będą prezentowane na mapach regionalnych i szczegółowych, na przekrojach geologicznych i geofizycznych, różnego typu wykresach i diagramach. Będą one oparte na materiałach archiwalnych i literaturowych, a zwłaszcza obejmować będą rezultaty pozyskane w ramach realizacji dwóch etapów zadania pn. „Młode strefy ...” (Aleksandrowski i in., 2018, 2020).

Niezbędne będzie w początkowej fazie prac nad Atlasem znaczące zwiększenie ilości wykonanych profili magnetotellurycznych i towarzyszących im przypowierzchniowych profili sejsmicznych, elektrooporowych, oraz spektrometrycznych rejestrujących emisję radonu, jako wskaźnika występowania głębokich nieciągłości strukturalnych drożnych dla migracji płynów. Łącznie planuje się wykonanie 110-400 km profili CPMT oraz podobnej łącznej ilości profili sejsmicznych i elektrooporowych, a także 40-60 km profili spektrometryczno-radonowych.

Zaproponowano również wykonanie i przedstawienie w Atlasie 2-3 wysokorozdzielczych serii profili (gridów) pomiarowych wykonanych z powietrza metodą radiofalową (VLF) w połączeniu z pomiarami natężenia pola magnetycznego na wybranych perspektywicznych niewielkich obszarach celem zaprezentowania potencjału tej metody w detekcji maskowanych pokrywą młodych osadów stref nieciągłości podłoża mogących stanowić kolektory głębokich wód termalnych. Łącznie planuje się wykonanie 80-120 km powietrznych profili VLF.

Przestawione zostaną wyniki badań własnych oraz opartych na literaturze przedmiotu. Wypracowane w toku realizacji zadania „Młode strefy...” (Aleksandrowski i in., 2018, 2020) procedury badawcze zostaną zastosowane przy analizie szczegółowych danych strukturalnych dotyczących anatomii zawodnionych stref tektonicznych pozyskanych z wykonywanych lub projektowanych przez inne podmioty głębokich odwiertów geotermalnych przy użyciu zaawansowanych metod geofizyki wiertniczej. Spodziewane jest również pozyskanie z tych odwiertów danych dotyczących współczesnych regionalnych naprężeń tektonicznych, mających zasadnicze znaczenie dla stanu drożności stromych nieciągłości tektonicznych o określonej orientacji w podłożu skalnym.

Planuje się także przeprowadzenie terenowych i laboratoryjnych pomiarów radiometrycznych zawartości izotopów promieniotwórczych ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th w masywach krystalicznych (głównie granitoidowych) Sudetów w celu oszacowania produkcji ciepła radiogenicznego, którym towarzyszyć będą precyzyjne pomiary pozostałych parametrów termicznych skał: współczynnika przewodności cieplnej, ciepła właściwego i gęstości. Planowanych jest 300-700 punktów obserwacyjnych do przeprowadzenia oznaczeń wymienionych parametrów, w tym badań na dostępnych rdzeniach z otworów wiertniczych.

Wspomniane badania, po uzupełnieniu o dane archiwalne, pozwolą uzyskać i przedstawić w Atlasie geotermalnym, w postaci tabel, wykresów i map rozkładu:

- wartości parametrów termicznych skał wybranych masywów granitoidowych Sudetów (K, eU, eTh, ciepło radiogeniczne, przewodność cieplna, ciepło właściwe, gęstość) i wyniki ich statystycznych analiz,
- interpolowane mapy powierzchniowego rozkładu w/w parametrów dla wytypowanych rejonów, - mapy trójskładnikowe zawartości K, eU, eTh, pokazujące też ich wzajemne stosunki (wg rekomendacji Międzynarodowej Agencji Atomistyki, publikacja: IAEA 2003);
- profile pokazujące głęboki rozkład K, eU, eTh, ciepła radiogenicznego oraz przewodności cieplnej dla wybranych otworów wiertniczych (w zależności od dostępności i możliwości wykorzystania rdzeni archiwalnych).

Przedstawione zostaną profile temperaturowe szeregu otworów wiertniczych płytkich i głębokich oraz obliczone na ich podstawie wartości gradientów temperaturowych. Profile temperaturowe posłużą do skonstruowania map ścieżki poziomego temperatury podłoża skalnego (z uwzględnieniem jakości danych wsadowych), a w otworach z oznaczeniami przewodności cieplnej wyznaczona zostanie też gęstość strumienia cieplnego.

Przedstawione i omówione zostaną również wyniki badań geochronologicznych produktów wulkanizmu kenozoicznego na Dolnym Śląsku, oparte na literaturze, danych archiwalnych oraz badaniach własnych.

Przewiduje się także ogólną ocenę możliwości pozyskiwania na obszarze sudeckim energii „suchych gorących skał” (*hot dry rocks*).

Ponadto przedstawione zostaną – m.in. w postaci map potencjału - wyniki opracowań warunków i możliwości wykorzystania energii niskiej entalpii na obszarze zainteresowań Atlasu w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w PIG-PIB w ramach innych zadań państwowej służby geologicznej oraz projektów międzynarodowych (TransGeoTherm i GeoPLASMA CE). Wykonana zostanie kompilacja i synteza map potencjału dla rejonów Zgorzelca, Wałbrzycha, Jeleniej Góry i Wrocławia. Dla pozostałych części Dolnego Śląska zostanie wykonana punktowa mapa potencjału na bazie dostępnych otworów o głębokości > 100 m wraz z oszacowaniem statystycznym wyników.

Przedstawiona zostanie charakterystyka obiektów geotermalnych (m.in. omówienie na ich przykładzie wykorzystania wód termalnych dla celów leczniczych i rekreacyjnych, przedstawienie uwarunkowań ekonomicznych tych inwestycji i ich zwrotu), a także „studiów przypadków” (*case studies*) dla kilku funkcjonujących odwiertów geotermalnych (profile temperaturowe, wyniki pompowań, historia zmian wyników eksploatacyjnych w trakcie użytkowania).

4. Interpretacja mapy magnetycznej Sudetów

/podsumowanie tematu: „Kompleksowa, geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola” (Ihnatowicz i in., 2016)/

Realizacja powyższego przedsięwzięcia, zleconego przez Ministerstwo Środowiska, a finansowanego przez NFOŚiGW, odbywała się równolegle do realizacji I etapu przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2018), a przez to wyniki pochodzące z pierwszego z wymienianych opracowań nie były brane pod uwagę w trakcie realizacji drugiego z nich. Co prawda „Interpretacja...” zakończyła się w dwa lata przed sporządzeniem końcowego opracowania I etapu „Młodych stref...”, ale wnioski z „Interpretacji...” wniosłyby wartość jedynie na początku realizacji „Młodych stref...” – na etapie typowania plac polowych, obiektów wymagających dodatkowego rozpoznania geologicznego.

W ramach „Interpretacji...” zlecone zostało wykonanie analizy i opracowania danych sejsmicznych, geoelektrycznych, γ -spektrometrycznych oraz weryfikacji danych otworowych (Farbisz, Mżyk, 2013). Zadanie to zostało wykonane przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, Oddział Geofizyki we Wrocławiu. W jego ramach wykonana została mapa dokumentacyjna archiwalnych badań sejsmicznych, geoelektrycznych, γ -spektrometrycznych oraz pomiarów geofizyki wiertniczej dla obszaru będącego przedmiotem „Interpretacji...”, w podziale arkuszy map 1: 200 000. Opracowano mapy elementów wynikowych archiwalnych badań geofizycznych istotnych dla identyfikacji źródeł anomalii magnetycznych i parametrów ich zalegania w skali 1: 50 000 obejmujących rejony anomalii magnetycznych na trasach 10 przekrojów geologicznych (zał. 12):

- Przekrój A – Żarska Wieś – Wykroty
- Przekrój B – Szklarska Poręba – Wleń – Chocianów
- Przekrój C – Janowice Wielkie – Krzeszów
- Przekrój D – Czarny Bór – Strzegom – Środa Śl.
- Przekrój E – Świerki – Lutomia
- Przekrój F – Duszniki Zdrój – Niemcza – Kąty Wrocławskie
- Przekrój G – Kłodzko – Piława Górna – Sobótka
- Przekrój H – Ząbkowice Śl. – Brzeg
- Przekrój I – Kuźnia Ligocka – Niemodlin – Popielów
- Przekrój J – Burgrabice – Głuchołazy – Moszczanka

Jednym z celów interpretacji nowego zdjęcia magnetycznego było doprecyzowanie przebiegu (również wglębnego) szeregu granic litologicznych i strukturalnych w obrębie i pomiędzy poszczególnymi jednostkami tektonicznymi obszaru badań. Interpretacja ukierunkowana była m.in. na rozpoznanie elementów młodej tektoniki, związanej z działalnością wulkaniczną w trzeciorzędzie istotnych m.in., dla planowanych poszukiwań wód geotermalnych, mineralnych i leczniczych.

Opracowano podstawowe mapy anomalii magnetycznych i grawimetrycznych oraz ich wersje transformowane dla 9 arkuszy w skali 1: 200 000 (9 x 6 map częściowych, razem 54 mapy):

- mapa anomalii całkowitego pola geomagnetycznego,
- mapa anomalii całkowitego pola geomagnetycznego zredukowanych do bieguna i przedłużonych w górę o 250 m,
- mapa lokalnych anomalii pseudo-grawimetrycznych,
- mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera (gęstość redukcji 2,67 g/cm³)
- mapa lokalnych anomalii grawimetrycznych,
- mapa regionalnych anomalii grawimetrycznych.

Mapom towarzyszy oczywiście interpretacja geologiczno-geofizyczna – czyli korelacja występujących anomalii ze znanymi bądź przypuszczalnymi obiektami geologicznymi.

Wykonano trzy nowe uszczegóławiające zdjęcia magnetyczne w rejonach zarejestrowanych lokalnych anomalii o nieznanym źródle (w sumie 3000 punktów pomiarowych), a w ich wyniku opracowano mapy geofizyczne i przeprowadzono analizę geofizyczno-geologiczną rejonów Zgorzelca, Ogorzelca i Przerzeczyzna Zdroju (lokalizacje na zał. 12). Dla obszarów tych opracowano również geologiczne modele trójwymiarowe sięgające głębokości ok. 2 km. Obecnie (*stan na lipiec 2020r.*) trwa przedsięwzięcie mające na celu sprawdzenie źródła anomalii w Przerzeczyźnie poprzez odwiercenie dwóch otworów badawczych (Ihnatowicz i in., 2019). W trakcie realizacji tematu zdecydowano o wykonaniu dodatkowego profilowania magnetycznego na obszarze dużej anomalii magnetycznej (średnica kilku km) w rejonie Lewina Brzeskiego. Profil ten wykonało PBG Oddział Wrocław, pod kierunkiem mgr J. Farbisza. Wyniki potwierdziły regionalny charakter anomalii wskazując, że jej źródłem powinno być głęboko zalegające ciało geologiczne o podwyższonym stopniu namagnesowania. Ciało to prawdopodobnie znajduje się w obrębie kompleksu skał krystalicznych i przykryte jest osadową pokrywą triasu i górnej kredy. Rozwiązanie kwestii genezy anomalii Lewina Brzeskiego wymaga dalszych, bardziej szczegółowych badań geologiczno-geofizycznych, w tym sejsmiki i otworów badawczych.

W przypadku anomalii w rejonie Zgorzelca, w wyniku interpretacji geologiczno-geofizycznej wywnioskowano, że źródłem anomalii jest intruzja bazaltowa, której strop (przy założeniu parametrów magnetycznych zaczerpniętych z intruzji bazaltowej w strukturze kaczawskiej) znajduje się na głębokości około 90m poniżej powierzchni terenu, a w stropowej części intruzja przyjmuje formę lakolitu.

Pasma anomalii magnetycznych w rejonie Ogorzelca powiązано z obecnością żelazonośnych minerałów występujących w przeobrażonych skałach wulkanicznych jednostki Leszczyńca.

Uszczegółowienie mapy w rejonie Przerzeczyna Zdroju pokazało, że anomalia jest wyraźnie wydłużona w osi N-S. Stromość stref gradientowych ograniczających anomalię wskazuje na bardzo płytkie zalegania ciała źródłowego. Jednocześnie anomalia magnetyczna stanowi przedłużenie pasma anomalnego związanego z serpentynitowym masywem Szklar.

W efekcie prac zweryfikowano 9 arkuszy map geologicznych w skali 1: 200 000 (Gubin, Zielona Góra, Leszno, Jelenia Góra, Wałbrzych, Wrocław, Kłodzko, Nysa, Gliwice) w wersji zakrytej i podkenozoicznej (razem 18 arkuszy), analizowanych pod kątem obszarów perspektywicznych dla poszukiwania określonych surowców skalnych oraz stref uskokowych i spękaniaowych, perspektywicznych dla występowania wód geotermalnych a także w celu rozpoznania pogrzebanych młodych kompleksów wulkanicznych o szczególnych predyspozycjach dla wykorzystania energii geotermalnej techniką HDR.

Na arkuszu Gubin, analiza map pól potencjalnych pozwoliła na zaproponowanie dodatkowych uskoków o dominującym kierunku SE-NW o SW-NE. Na arkuszu Zielona Góra zweryfikowano m.in. przebieg granicy występowania utworów osadowych i wulkanicznych permu w rejonie na S od Żagania. Zmieniono również granice zasięgu karbońskiej intruzji granitowej w rejonie na NE od Przemkowa. Analiza map pól potencjalnych pozwoliła na zaznaczenie prawdopodobnych uskoków o zróżnicowanej długości i przebiegu. Największe z nich mają kierunek zgodny z tzw. głównym kierunkiem przebiegu uskoków sudeckich, czyli NW-SE. Na arkuszu Leszno nie wprowadzono istotnych zmian. Na arkuszu Jelenia Góra wprowadzono dodatkowe pola wyznaczające zasięg ciał bazaltowych (kominów wulkanicznych) ukrytych pod osadami czwartorzędowymi. Są one zgrupowane w dwóch rejonach związanych z głębokimi rozłamami skorupowymi o przebiegu SSW-NNE. Pierwszy rejon związany jest z hipotetycznym przedłużeniem na teren Polski ryftu Egeru i zlokalizowane jest na NW od Zgorzelca. Drugi rejon rozciąga się wzdłuż dużej strefy rozłamowej rozciągającej się od Świeradowa Zdrój po Lubin. Na arkuszu Wałbrzych dokonano m.in. korekty przebiegu granicy między blokiem przedsudeckim a monokliną przedsudecką (na podstawie analizy archiwalnych przekrojów elektrooporowych). Zmieniono również granice wychodni podkenozoicznych kambryjsko-dewońskich metawulkanitów (pomiędzy Kątami Wrocławskimi a Lubiążem, a także na N od Żarowa). Nowe wystąpienia tych skał wyznaczono na E od Jeziora Kunickiego i na NE od zbiornika w Dobromierzu, czyli na NE od sudeckiego uskoku brzeźnego. Zmniejszono obszarowo wychodnie podkenozoiczne karbońskich granitów w okolicy Świdnicy i na N od linii Żarów-Sobótka. Na północ od Niemczy powiększono pas wychodni skał uskokowych (mylonity, blastomylonity, kataklazyty i brekcje tektoniczne). Na bloku przedsudeckim poprawiono także granice zrębu Wądroża Wielkiego. Na NW od Legnicy zmieniono lokalizacje i kształty wychodni neogeńskich bazaltów i innych skał wylewnych oraz ich tufów. Na arkuszu Wrocław dokonano drobnych korekt w przebiegu granicy blok przedsudecki – monoklina przedsudecka (w oparciu o archiwalne przekroje elektrooporowe). Na arkuszu Kłodzko zaproponowano nowy kształt ciała maficznego na podstawie kształtu anomalii

grawimetrycznej Niedźwiedzia. Analiza zdjęcia grawimetrycznego wyznacza również zasięg mas skał ultramaficznych i maficznych w głębszym podłożu w rejonie między Kłodzkiem a Nową Rudą. Na arkuszu Nysa przedstawiono, na podstawie obrazu magnetycznego, przypuszczalny zasięg ciał intruzywnych występujących pod utworami kenozoiku w rejonie masywu Żulowej. Na arkuszu Gliwice analiza grawimetrycznych anomalii lokalnych pozwoliła na uściślenie przebiegu stref uskokowych, m.in. tych które stanowią granice tzw. „rowu Kędzierzyna”. Mapa anomalii magnetycznych wskazuje na ewentualne wystąpienia w utworach kredy górnej kominów bazaltowych (na W od Kędzierzyna-Koźła i Raciborza).

W celu rozpoznania głębszej budowy wyznaczono przebieg 6 profili geologicznych o łącznej długości około 640 km (lokalizacja na zał. 12), dla których przeprowadzono modelowanie magnetyczno-grawimetryczne. W obrębie profili brak było jakichkolwiek rejestracji metodą sejsmiki refleksyjnej, posiłkowano się jedynie wynikami głębokiej sejsmiki refrakcyjnej programu SUDETES 2003. Modele dowiązane zostały do otworów badawczych znajdujących się bezpośrednio na linii lub w odległości do 2 km od modelowanego przekroju.

W wyniku interpretacji wskazano obszary perspektywiczne dla poszukiwania surowców mineralnych. Poświęcono również rozdział na omówienie obszarów perspektywicznych dla występowania wód geotermalnych, stanowiących kwerendę wcześniejszych prac poszukiwawczych za wodami termalnymi, w tym prac wykonanych ale i projektowanych.

5. Otwory geotermalne

5.1 Istniejące otwory geotermalne

W Tab. 10 przedstawiono zestawienie otworów, a w Tab. 11 źródeł, w których były wykonywane pomiary temperatury. Dane zostały zaczerpnięte z Banku Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalin (<http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/>). W przypadku niektórych otworów stwierdzono kilka poziomów wodonośnych, informacja o temperaturze wody jest podana dla każdego poziomu z osobna. Otwory i źródła, w których woda osiągnęła temperaturę powyżej 20°C (niezależnie czy na wypływie, czy w złożu), czyli otwory termalne zaznaczono pomarańczowym kolorem.

Informacje zawarte w Tab. 10 i Tab. 11 zostały zobrazowane na zał. 2 i zał. 14. Pokazano również informacje wynikające z rozdz. 3.4 „Profilowanie temperatury w studniach wierconych i piezometrach” oraz lokalizacje zaprojektowanych (ale jeszcze nie odwierconych) otworów termalnych (Tab. 12). Dzięki takiemu przedstawieniu w prosty sposób zobrazowany został przestrzenny rozkład wykonanych badań, ale także przestrzenny rozkład temperatury wody.

Tab. 10 Istniejące otwory, w których wykonano pomiar temperatury wody. Pogrubiono otwory z wodami uznanymi za termalne (temperatura na wypływie >20°C) – źródło inf. Bank Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalin – Bank Wód Mineralnych (<http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/>)

Nazwa otworu	Współ. EUREF X [m] (N)	Współ. EUREF Y [m] (E)	Głębokość otworu [m]	Temp. na wypływie od-do [°C]	Temp. w złożu [°C]
Bystrzyca Kł. Marianna (Nr 2)	273949,4	333407,7	110,5	16	
Cieplice 2 (Sobieski)	338432,7	266438,4	4,5	21 - 27	
Cieplice 243a	338895,3	266297,8	9,6	8,6	
Cieplice 4 (Nowe V)	338455,2	266454,1	60	27	
Cieplice Badania Termalne 1	339369,2	267454,2	30	8 8 - 9,85	
Cieplice Badania Termalne 2	339356,9	267727,7	31	9,19 9,8	
Cieplice Badania Termalne 3	339137,3	267796,1	31	8,8 10,1	
Cieplice Badania Termalne 4	339066,9	267988,7	30	8,5	
Cieplice Badania Termalne 5	338740,0	266310,4	30	10,1	
Cieplice Badania Termalne 6	338866,5	267627,5	31	8,6 10,1	
Cieplice Badania Termalne 7	338766,0	267799,1	31	8,5 12	
Cieplice Badania Termalne 8	338604,7	267948,5	30	8,8	
Cieplice Badania Termalne 9	339033,1	267360,9	30	8,9	
Cieplice Badania Termalne 10	338749,0	267344,7	30	10,1	
Cieplice Badania Termalne 11	338531,3	267514,6	30	8,93	
Cieplice Badania Termalne 12	338343,5	267564,9	30	9,84 10,8	

Cieplce Badania Termalne 13	338517,1	267142,0	30	10,1	
Cieplce Badania Termalne 14	338475,7	267375,1	30	9,32	
Cieplce Badania Termalne 15	338392,7	267156,0	31	11	
Cieplce Badania Termalne 16	338118,4	267065,4	30,5	10,5	
Cieplce Badania Termalne 17	337810,6	267032,0	30	9,98	
Cieplce Badania Termalne 18	337695,8	266831,1	30	10,2	
Cieplce Badania Termalne 19	337743,6	266195,9	30,6	8,2	
				9,58	
Cieplce Badania Termalne 20	337595,2	266317,6	31	10,1	
				10,1	
Cieplce Badania Termalne 21	337554,7	266531,1	30	9	
				9,97	
Cieplce Badania Termalne 22	337359,5	266547,2	30	9,32	
				9,6	
Cieplce Badania Termalne 23	337188,6	266416,8	30	8,7	
Cieplce Badania Termalne 24	337417,9	266133,4	30	9,06	
				9,8	
Cieplce Badania Termalne 25	337020,1	266037,2	30	9,1	
				9,8	
Cieplce Badania Termalne 26	336917,8	265562,6	30	8,5	
				10,04	
Cieplce Badania Termalne 27	336752,8	265790,2	30	9,06	
Cieplce Badania Termalne 28	337062,4	265784,5	30	9,35	
				9,6	
Cieplce Badania Termalne 29	337434,1	265789,5	30	8	
Cieplce Badania Termalne 30	337736,0	265658,0	30	9,19	
Cieplce Badania Termalne 31	338249,3	265694,2	30	8,93	
Cieplce Badania Termalne 32	338389,6	265893,7	30	8,7	
				9,7	
Cieplce Badania Termalne 33	338713,5	265786,1	30	8,8	
Cieplce Badania Termalne 34	338945,4	265009,9	34	7,8	
Cieplce Badania Termalne 35	339039,9	266519,6	30	9,06	
Cieplce Badania Termalne 36	339301,6	266512,5	30	9,8	
Cieplce Badania Termalne 37	339456,3	266890,6	30	8,7	
Cieplce Badania Termalne 38	339691,0	267175,1	30	8,6	
				9	
Cieplce Badania Termalne 39	339704,1	266882,1	30	8,1	
Cieplce Badania Termalne 40	337313,4	264434,8	30	10,8	
Cieplce Badania Termalne 41	339022,0	266371,1	30	8,7	
				9,06	
Cieplce Badania Termalne 42	339070,7	265835,9	30	8,93	
Cieplce Badania Termalne 43	336962,7	264440,7	30	6,8	
				8,53	
Cieplce Badania Termalne 44	336612,6	264785,1	30	4,1	
				8,4	
Cieplce Badania Termalne 45	338804,6	265579,3	30	9,8	

Cieplice Badania Termalne 46	338464,8	265554,1	30	8,8	
				8,8	
Cieplice Badania Termalne 47	338089,3	265490,3	30	8,6	
				9,19	
Cieplice Badania Termalne 48	337819,8	265473,4	30	9,45	
Cieplice Badania Termalne 49	337418,7	265428,6	30	11,42	
Cieplice Badania Termalne 50	337106,5	265492,8	30,5	9,1	
				9,4	
Cieplice Badania Termalne 51	336669,0	265590,6	30,3	7,5	
				10,04	
Cieplice Badania Termalne 52	336559,2	265109,7	30	9,4	
Cieplice Badania Termalne 53	336752,8	265104,8	30	7,8	
				9,7	
Cieplice Badania Termalne 54	337110,4	265102,0	30	8,5	
				9,9	
Cieplice Badania Termalne 55	337434,1	265122,0	30	10,64	
Cieplice Badania Termalne 56	337828,4	265068,7	30	8,3	
				8,93	
Cieplice Badania Termalne 57	338069,3	265243,2	30	8,4	
Cieplice Badania Termalne 58	338423,1	265281,5	30	9,06	
				10,1	
Cieplice Badania Termalne 59	338848,4	265277,8	30	9,06	
Cieplice Badania Termalne 60	336566,0	264450,1	30,6	7,8	
				8,2	
Cieplice Badania Termalne 61	337664,0	264793,6	30	9,31	
Cieplice Badania Termalne 62	337970,0	264866,2	30	10,7	
Cieplice Badania Termalne 63	338816,0	265045,3	30	9,35	
Cieplice Badania Termalne 64	338483,3	264806,2	30	9,35	
Cieplice Badania Termalne 65	338224,1	264721,1	30	8,86	
Cieplice Badania Termalne 66	337848,1	264803,4	30	7,36	
				7,6	
Cieplice Badania Termalne 67	337571,5	264708,5	30	7,6	
				10	
Cieplice Badania Termalne 68	337046,6	264765,6	30	8,1	
				10,04	
Cieplice Badania Termalne 69	336827,8	264814,5	30,3	9,09	
Cieplice Badania Termalne 70	336415,9	264801,2	30,9	7,8	
				8,2	
Cieplice Badania Termalne 71	336420,3	264477,2	30	8,2	
Cieplice Badania Termalne 72	336755,6	264360,8	30	7	
Cieplice Badania Termalne 73	337152,5	264476,7	30	10,16	
Cieplice Badania Termalne 74	337495,7	264473,3	30,5	9,35	
				10,4	
Cieplice Badania Termalne 75	337836,8	264569,0	30	8,2	
				10,52	
Cieplice Badania Termalne 76	338138,5	264560,6	30	8,64	

Cieplice Badania Termalne 77	337201,1	264087,3	30	9,08	
Cieplice Badania Termalne 78	337346,1	264138,6	30	8,75	
Cieplice Badania Termalne 79	339072,8	264858,6	30	9,35	
Cieplice Badania Termalne 80	337540,6	264102,7	30	8,64	
				9,3	
Cieplice Badania Termalne 81	337695,0	264109,7	30	8,42	
Cieplice Badania Termalne 82	337815,0	264126,5	30	8,31	
Cieplice Badania Termalne 117	338745,3	266193,1	11	9,6	
Cieplice Badania Termalne 132	338154,4	266264,4	9,8	8,5	
Cieplice Badania Termalne 207	337623,4	266377,6	5,1	9,5	
Cieplice Badania Termalne 247	338829,1	266392,7	11,8	9	
Cieplice Badania Termalne 258	338269,9	266445,8	7,7	9,1	
Cieplice Badania Termalne 281	338050,3	266514,2	11,6	9,3	
Cieplice Badania Termalne 325	337307,8	264423,7	11,2	8,4 - 8,8	
Cieplice Badania Termalne 365	339157,8	266664,6	11	10	
Cieplice Badania Termalne 369	338760,3	266546,2	7,2	10,2	
Cieplice Badania Termalne 377	338447,2	266630,0	6,8	11	
Cieplice Badania Termalne 384	338232,0	266600,7	14	9,2	
Cieplice Badania Termalne 388	337889,8	266644,1	14,7	9,1	
Cieplice Badania Termalne 395	337484,1	266723,7	6,9	10,4	
Cieplice Badania Termalne 453a	338472,0	266768,1	28,7	11,7	
Cieplice Badania Termalne 480	337946,3	266764,1	12	9,7	
Cieplice Badania Termalne 484	337946,3	266764,1	11,5	9,2	
Cieplice Badania Termalne 523a	338159,8	266832,4	11	9,4	
Cieplice Badania Termalne 547	338559,3	266889,5	10,5	11,1	
Cieplice Badania Termalne 599	338487,9	267101,6	12	10	
Cieplice C-1	338078,1	266662,2	2002,5	18,7	
				17,9 - 45	
				59,4	
				65,8	
				67 - 86,7	
Cieplice C-2	338224,6	266794,1	750	14,9 - 64,5	
Czerniawa 1	345295,2	240088,6	60,2	5,5 - 15,7	
Czerniawa 2a	345385,0	240147,9	62,3	9	
Czerniawa 4 (Jan II)	345366,5	240147,0	197,2	8 - 15	
Czerniawa 6	346304,1	239376,4	30,8	7,5	
Czerniawa Jan	345386,0	240128,4	91,5	8 - 12,1	
Czerniawa P-1	346312,9	239418,0	100	8 - 9,2	
Czerniawa P-2	346351,6	239449,3	100	8 - 8,8	
Czerniawa R-1	346441,3	240341,6	49,7	9	
Czerniawa R-4	346204,1	240134,1	150	8,4	
				10	
Czerniawa-7	346272,3	239394,3	35	7,5	
Długopole Dolne 6R	268825,2	332052,0	277	15,2 - 15,8	
Duszniki 39 (Michał)	284307,2	314261,5	180	17,9 - 19	
Duszniki B-1	284494,4	314562,4	33	12 - 16,7	

Duszniki B-2	284636,6	314650,4	91	11	-	13,7	
Duszniki B-3 (Jacek)	284685,0	314577,0	96	10,8	-	14,5	
Duszniki B-4 (Bogdan)	284463,1	314573,2	56	9	-	18,3	
Duszniki GT-1	284530,7	314585,4	1695	25,7	-	30,5	
				31	-	35,8	
Duszniki Jan Kazimierz	283735,3	314085,2	159	11,3	-	17,8	
Duszniki Pieniawa Chopina	283934,8	314127,8	73,5	15	-	19	
Duża Wólka KGHM S-369-A	414870,5	300310,1	362	22	-	23,5	
Gorzanów 10M	278492,2	332235,0	100			20,5	
Gorzanów 10R	278658,0	330230,9	177,5			11,5	
Gorzanów 2 (Prywatne)	278921,0	331656,0	130	11,9	-	12,5	
Gorzanów 4B	278921,0	331683,0	80			12,3	
Gorzanów 5	278651,9	332074,3	280,5	12	-	13,5	
				13,5	-	14,5	
Gorzanów 6	278244,0	332056,0	165,5	11,6	-	14,7	
Gorzanów 9M	278493,5	332225,1	121			20,3	
Góra 3	422929,3	331174,9	1492				42
Góra 5	427048,3	330947,4					46
Góra 7	428690,6	330829,6	1198				49
Góra 10	426859,4	329211,6	1515				47
Grabin Odra-5/I Lech	304198,9	394940,0	545	23,6	-	31,5	
Jedlina J-300 (Źródło Charlotty)	321321,4	312650,0	312	8,9	-	14	
Jedlina J-600	321695,5	312915,7	320,2			11,5	
Jeleniów J-150	287728,9	305849,3	85,5	9	-	12,8	
Karpniki KT-1	335769,7	278202,1	2010	53,4	-	56,3	
Kowary Źródło Nr 45	326013,6	277215,3	-			9,5	
Krosnowice 11R	281907,4	330668,2	525			22	
Kudowa 2 (Moniuszko)	289937,2	304362,8	24,1	10,2	-	14,7	
Kudowa 3 (Nowy Marchlewski)	289950,9	304344,2	8,4			10,5	
				10	-	16,5	
Kudowa 18	289878,3	304326,5	25,3	10,5	-	11	
Kudowa 26 (Nowy Śniadecki)	289848,3	304401,2	18,3	11,5	-	12	
Kudowa 27	289869,6	304411,8	13,8			12	
Kudowa Badawczy-1	289927,9	304388,0	6,5			10,7	
				12	-	13	
Kudowa Badawczy-4	290060,1	304156,0	6,9			13	
Kudowa Badawczy-5	290032,2	304076,0	10,1	8	-	13	
Kudowa Badawczy-8	289967,5	304152,5	8,4			9	
Kudowa Badawczy-10	289934,5	304210,5	8,8			9,5	
Kudowa Badawczy-11	289964,6	304231,4	9,7			9	
Kudowa Badawczy-12	289964,6	304231,4	8,4			7,8	
Kudowa Badawczy-13	289894,1	304465,7	9,2			9	
Kudowa Badawczy-14	289890,4	304564,2	10,96			8,5	
Kudowa Badawczy-15	289860,3	304543,4	10,1			8	
Kudowa Badawczy-16	289798,6	304541,1	11,1			9	
Kudowa Badawczy-17	289838,2	304305,7	11			8	

Kudowa Badawczy-19	289773,5	304382,2	22,5	10	
Kudowa Badawczy-20	289897,0	304386,8	6	10,5	
				12,7	
Kudowa Badawczy-21	289800,7	304481,9	6	9	
Kudowa Badawczy-22	289800,7	304481,9	11,3	10,5	
Kudowa Badawczy-23	289931,5	304289,4	7	10,8	
Kudowa Badawczy-24	289900,7	304288,2	14,2	10	
Kudowa Badawczy-25	289893,4	304485,4	9,6	8	
Kudowa Badawczy-28	289873,4	304366,8	25	12,5	
Kudowa Badawczy-S-2	289996,2	304212,8	34,8	11	
Kudowa K-200 (S-1)	290023,0	304208,5	205	9,5 - 14,8	
Laskowice Oławskie IG-1	356535,8	386472,9	1850,8		37,1
Lądek 1	276854,9	350020,6	25	5,8	
Lądek 2	276607,9	350013,6	25	7,9	
Lądek 3	276362,0	349967,1	25	7	
Lądek 4	276587,1	349657,0	25	7,8	
Lądek 5	276914,9	350081,6	25	5,9 - 9,4	
Lądek 6	276805,4	349901,9	25	7,6 - 8,4	
Lądek 7	277039,0	350065,4	25,5	14,5	
Lądek 8	276973,0	350221,7	25	6,6 - 8,9	
Lądek 9	277214,7	350406,5	30	8,1	
Lądek 10	276972,8	350221,7	30	7 - 9,8	
Lądek 11	277395,5	350164,2	30	10,6 - 12,7	
Lądek 12	277317,4	350075,2	30	12,2	
Lądek 13	277434,7	350274,3	30	10,7	
Lądek 14	277202,9	349733,9	30	11,7 - 12,9	
Lądek 15	277909,6	349872,5	30	9	
Lądek 16	277777,1	350185,1	30	11,2	
Lądek 17	278155,1	351026,1	25	8,5	
Lądek 18	278296,4	350397,5	30	9,7	
Lądek 20	278555,9	351057,2	25	8,2	
Lądek 21	278907,7	350632,2	25	8,9	
Lądek 22	278579,3	350227,6	25	9,1	
Lądek 26	277643,5	349449,8	30	11	
Lądek 27	276309,2	349649,1	25	10,8	
Lądek 28	277941,0	349853,7	30	11,5	
Lądek 29	277698,0	349708,4	30	10,6	
Lądek 30	277392,7	348493,6	25	9,4	
Lądek 32	277019,3	349669,3	30	13	
Lądek 33	277704,8	350558,7	30	11,9	
Lądek 34	278006,3	350824,3	30	11,9	
Lądek 35	277924,2	350446,3	30	12	
Lądek 36	278056,3	351240,8	30	11,2	
Lądek 37	278221,3	350869,9	30	11,7	
Lądek 38	278023,0	350231,6	30	10,7	
Lądek 39	278176,8	350255,8	30	9,8	

Lądek 40	277970,8	349894,1	30	11,1	
Lądek 41	277719,9	350025,3	30	12,3	
Lądek 43	277549,3	350593,9	30,2	11,1	
Lądek 44	277228,8	348825,0	30	12,6	
Lądek 45	277340,8	349771,4	30	28,1	
Lądek 46	277417,3	349799,3	30	18,3	
Lądek 47	277865,3	350345,8	30	12,3	
Lądek 48	277920,9	350564,8	30	14,1	
Lądek 49	277641,9	350596,5	30	10,9	
Lądek 50	278459,9	351173,1	30	10,4	
Lądek 51	277963,5	350150,9	30	13,2	
Lądek 52	277709,8	350380,9	30	12,8	
Lądek 53	277573,4	349744,4	30	16	- 16
Lądek L-1	276484,0	350320,0	597,6	14,1	- 18,5
Lądek L-2 (Zdzisław)	277708,6	350204,9	700,5	41,15	- 45,5
Lądek Zdrój LZT-1	277323,6	349623,43	2500		22,9
					43,2
Lipowiec 4	423822,3	320513,3	1515		49
Lipowiec 8	422212,2	321456,4	1495		47
Lipowiec-5	423431,8	320191,7	1490		42
Naratów 1	428280,2	320345,1	1604		42
					57
Niechlów-1	428759,3	315635,7	1506		40
					59
Niechlów-4	427623,2	316266,8	1550		44
					48
Niechlów-7	427696,2	315116,4	1600		50,5
Ozimek Wodociąg 1	313152,6	444836,3	700	24	- 24,2
Piechowice GS-1	336953,3	262059,1	155	8,6	- 11,6
Polanica Badawczy BT-1	284508,3	323075,2	442,5		13
					13
					22,5
Polanica Badawczy BT-2	284202,5	322057,4	401	11,8	
Polanica Badawczy BT-3	284136,4	324030,8	482		12,9
					14,6 - 20,3
Polanica Badawczy BT-4	283571,6	323359,9	450	13,2	
Polanica Badawczy BT-5	283568,5	322530,0	430	13,2	
Polanica Badawczy BT-6	283296,3	321434,1	401	14,7	
				17,6	
Polanica P-300	284264,2	323349,9	269	14,2	
				13	- 15
				8,7	- 15,5
Polanica P-300A	284254,1	323375,3	260	15	
				14,3	- 15,1
Polanica Pieniawa Józefa I	285430,5	323313,9	43	6,7	- 12
Polanica Pieniawa Józefa II	285445,9	323316,4	43	9,8	- 12

Polanica Wielka Pieniawa	285336,4	323263,4	31,5	9 - 12,7	
Przerzeczyn Badawczy-1	315406,8	346888,3	25,5	10,2	
Przerzeczyn Badawczy-7	315433,1	347046,1	42	9,4	
Przerzeczyn Badawczy-10	315406,2	346907,9	38	11	
Przerzeczyn-II	315431,1	346868,6	77	11,2 - 12	
				6 - 13,8	
Przerzeczyn-III	315400,3	346867,7	20	11 - 11,5	
Przerzeczyn-VIII	315528,6	346950,7	80	10,2 - 11	
Przerzeczyn-IX	315500,0	346871,4	151,4	5 - 11,6	
				11 - 12,5	
Przerzeczyn-XI	315341,6	347004,1	40	11,6 - 13	
Przerzeczyn-XIII	315337,6	347141,4	79	9,7 - 12	
Przerzeczyn-XV	315452,5	347439,3	98	12,5 - 13	
Różanka 2RP	260849,9	331153,1	178	11,9	
Staniszów ST-1	337844,7	270032,5	1581	32,5 - 37,3	
Stare Rochowice Badawczy-3	344587,9	293976,8	10,7	9,7	
Stare Rochowice-1	344486,0	294207,3	44	9,5 - 12,5	
Stare Rochowice-2	344423,5	294224,3	79,5	9 - 12	
Stare Rochowice-4	344107,8	294387,7	60,5	10,4 - 11,3	
Stare Rochowice-5	344481,3	294324,3	80	9 - 14	
Stare Rochowice-6	344550,8	294131,7	17,7	9,5 - 15	
Stary Wielisław 3	285687,3	330082,5	97	9 - 11,5	
Stary Wielisław 4	285509,7	329551,4	268	11 - 14,5	
				10,8 - 15,9	
Szczawina 1	276289,2	326468,3	51	7,8 - 10,8	
Szczawno 8	330484,7	306973,4	69	8,3 - 11,2	
Szczawno 9	330516,6	306112,7	100	10 - 11	
Szczawno 11	330565,6	304802,1	50	11	
Szczawno 13	330128,4	305745,7	70	8 - 10,8	
Szczawno 14	329790,7	306528,9	60	9 - 12,9	
Szczawno Badawczy 1	329916,2	306462,6	53,2	9,6	
Szczawno Badawczy 2	330091,7	307566,1	100	8,5	
				11,2	
Szczawno Badawczy 5	330434,2	307500,4	200	9,6 - 15	
Szczawno Badawczy 7	330721,5	307256,4	143	10 - 11	
Szczawno Badawczy 15	329859,4	306626,7	53	10	
Szczawno-3	330170,5	307241,2	50,1	8,5 - 10,1	
Szczawno-4	329643,8	307138,2	133	10 - 10,3	
Szczawno-6	329875,5	306693,1	175	11,8 - 12,5	
Szczawno-10	330875,9	305597,3	49,8	10 - 14	
Szczytna 3	284868,8	318820,5	253,5	16,5 - 17,4	
Ślubów 3	418242,1	335522,4	1413		44
Ślubów-2	418946,2	335756,6	1488		36
					43
Świeradów Badawczy-1	344118,9	242389,2	32	8,5 - 9,7	
Świeradów Badawczy-3	344050,0	242374,0	31	8,8 - 9,8	

Świeradów Badawczy-5	344057,7	242217,8	9,8	7,9	
Świeradów Badawczy-6	344238,1	242324,6	10	8,9	
Świeradów Badawczy-7	344201,4	242440,2	10	11,6	
Świeradów Badawczy-8	344051,4	242438,7	27,89	10	
Świeradów Badawczy-9	344078,7	242449,8	35,15	8,3 - 10	
Świeradów Prywatne-13A	344483,3	241749,9	70,7	10 - 10,7	
Świeradów Ujęcie M.C. Skłodowskiej Uj-7 (Zbiornice D. Badawcze 12)	344665,3	241606,5	35	4,6 - 11,8	
Świeradów-1a	344115,5	242394,9	59,2	7,1 - 10	
Świeradów-1P	344353,6	242055,2	600	12	
Świeradów-2P	344174,6	242394,3	330	7,3 - 10,3	
Świeradów-3A	344078,8	242385,7	110	9,5 - 12,3	
Świeradów-3P	343553,8	243324,4	330,5	10,8 - 11,6	
Świeradów-4P	343892,3	243214,0	75,2	9 - 10	
Trzebina ST Nr II	270373,7	400637,5	4,65	6,7 - 8,7	
Trzebnica IG-1	383700,2	365709,9	1299,6	33,2 - 37,1	31,7
Wałbrzych ZUE 1P	324520,1	305504,7	178	14,5 - 16,5	
Wężowice IG-1	343659,2	408005,5		23	
Wierzowice 2	416629,4	326420,2	1111,3		44
Wierzowice 3	414060,1	328335,8	1506		44
Wierzowice 19	415460,7	326245,4	1348,5		42
Wiewierz 12	419000,0	340819,7	1624		46
Wojcieszyce WT-1	340236,4	263209,5	1000	14 - 17	
Wojnów W-1	361248,1	370177,5	417	20,4 - 20,4	
Wołczyn-VIIa	351488,1	433272,6	1100	43,2 - 43,5	
Wroniniec 2	429222,9	327889,5	1471,5		50
Zaborowice-1	427264,0	337583,0	1600		53
Żuchłów-16	422683,5	325666,2	1526		47
Żuchłów-25	426999,0	327832,8	1453		51
Żuchłów-26	427021,5	324842,5	1462		43

Tab. 11 Źródła, w których wykonano pomiar temperatury wody. Pogrubiono źródła z wodami uznanymi za termalne (temperatura na wypływie >20°C) – źródło inf. Bank Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni – Bank Wód Mineralnych (<http://spd.pgi.gov.pl/PSHv8/>)

Nazwa Obiektu	Współ. EUREF Y [m]	Współ. EUREF X [m]	Temp. na wypływie od-do [°C]
Bobrowniki Źródło Maria	284391,1	316635,3	5,5 - 9
Bobrowniki Źródło Teresa	284376,9	316599,2	6 - 18,9
Cieplice 1 (Marysieńka)	338503,8	266404,0	9 - 24
Cieplice 3 (Antoni/Wacław I)	338473,4	266496,6	16,1
Cieplice 3 (Antoni/Wacław II)	338496,4	266472,4	15,7 - 23,6
Cieplice 4 (Nowe I)	338455,2	266454,1	34,3 - 35,3
Cieplice 4 (Nowe II)	338455,2	266454,1	29,9 - 35,3
Cieplice 4 (Nowe III)	338456,0	266434,6	29,9 - 35,3
Cieplice 4 (Nowe IV)	338493,4	266464,6	26,5 - 35,3

Ciepllice 5 (Basenowe Damskie I)	338455,0	266458,6	36,2 -	43,5
Ciepllice 5 (Basenowe Damskie II)	338459,9	266452,7	38 -	43,5
Ciepllice 6 (Basenowe Męskie)	338453,1	266439,5	38 -	41,1
Ciepllice Wiktorja	338474,0	267414,1		7,6
Czerniawa Radoczyne 1	344808,3	240201,1	4,5 -	8,2
Czerniawa Źródło Andrzej I	346339,9	239280,4		5,5
Czerniawa Źródło Andrzej II	346339,9	239280,4		6,6
Czerniawa Źródło Maria	346303,1	239395,9	5,5 -	5,7
Czerniawa Źródło Waclaw I	346337,0	239338,9	5,1 -	7,9
Czerniawa Źródło Waclaw II	346337,0	239338,9		7,9
Długopole Eliza	266885,3	331150,4	6,9 -	11,2
Długopole Emilia	266921,0	331141,0	6,6 -	16
Długopole Kazimierz	266924,0	331133,0	9 -	11,1
Długopole Renata	266920,0	331126,0	9,5 -	19,7
Duszniki Agata	284460,8	314462,5	10 -	16,2
Duszniki Dzikie	284431,6	314498,5	6,5 -	16
Duszniki Zimny Zdrój	284042,0	314155,3	9 -	11
Gorzanów Źródło Kaczka	278855,9	331677,7		9,8
Janowice P-5	339338,3	284151,6		8,8
Jelenia Góra Źr. Cudowne	343311,0	269457,4		10,47
Jeleniów Sarenka	287288,1	305554,1		10
Jeleniów Sarenka	287288,1	305554,1	8 -	11
Jeleniów Źródło Sarenka	287287,3	305573,8	8 -	10,6
Kletno Źródło Marianna	265614,1	346651,3		8,48
Kowary Źródło Nr 2	328739,6	276390,7	7 -	7,6
Kowary Źródło Nr 6	328766,2	276489,9	7 -	7,6
Kowary Źródło Nr 7	328824,6	276570,8	6,6 -	7,4
Kowary Źródło Nr 8	329036,5	276677,9		7
Kowary Źródło Nr 9	328971,4	276753,5	6,3 -	8,2
Kowary Źródło Nr 26	329488,7	279128,1		8,4
Kowary Źródło Nr 28	331126,4	278433,3		8,2
Kowary Źródło Nr 29	331403,4	278464,7		8,2
Kowary Źródło Nr 33	331262,4	278145,1		9,4
Kowary Źródło Nr 44b	328916,4	276594,3	6,2 -	8,5
Kudowa Gazowe (Gazujące)	289848,3	304401,2	11,6 -	13
Kudowa Źródło Górne	289841,4	304445,6	10,6 -	20
Kudowa Źródło Jędrzej Śniadecki	289870,4	304389,6	11,8 -	12,4
Kudowa Źródło Lech	289898,8	304267,1	8,5 -	8,8
Kudowa Źródło Marchlewski	289897,8	304367,1	8,3 -	13
Kudowa Źródło-6	289930,1	304328,8		9,5
Lasówka Źródło Nr 1	275943,5	318977,8	6,38 -	9,08
Lasówka Źródło Twarde	279058,5	317642,7	6,05 -	7,68
Lądek Źródło Chrobry	277347,7	349745,9	21,7 -	27,3
Lądek Źródło Curie-Skłodowskiej	277289,5	349839,1	22 -	26
Lądek Źródło Dąbrówka	277280,4	349722,2	18,4 -	20,7
Lądek Źródło Jerzy	276982,0	349786,9	27,6 -	29,1

Lądek Źródło Stare	277188,0	349604,9	15 -	17,7
Lądek Źródło Wojciech	277329,0	349812,0	26,7 -	30,1
Międzygórze Źródło	265656,1	341348,4	6,82 -	13,58
Młynowiec Źródło Krętny Potok	268320,4	352258,2	5,78 -	10,69
Młynowiec Źródło Święte	268324,0	351014,8	7,14 -	10,23
Podgórze Źródło Nr 13	326479,2	277176,4	1,2 -	3,6
Polanica Źródło Józef Stary	285289,2	323289,4	10 -	11,8
Polanica Źródło Żelaziste	286089,3	323858,8	6 -	9
Potoczek Nysy Kłodzkiej 1	255759,8	341527,6	6,15 -	6,36
Potoczek Nysy Kłodzkiej 2	255796,3	341443,3	6,15 -	7,44
Przerzeczyn Źródło Siarczkowe	315407,4	346868,6	10,6 -	12,3
Sobótka Źródło Korzenne	336814,2	339634,0	7,82 -	8,12
Sosnówka Źródło Anna (Nr 17)	331143,9	269643,7	7 -	9,9
Sosnówka Źródło Magdalena/Małgorzata (Nr 14)	330496,3	269391,5	6 -	6,9
Sosnówka Źródło Nr 1	330670,7	269618,3		6
Sosnówka Źródło Nr 2	330520,6	269856,4		5
Sosnówka Źródło Nr 3	331402,8	267452,7		8
Sosnówka Źródło Nr 4	332168,8	267598,3		7
Sosnówka Źródło Nr 5	331562,9	267746,4		8
Sosnówka Źródło Nr 6	332310,2	268149,2		8
Sosnówka Źródło Nr 7	332338,1	267905,2		8
Sosnówka Źródło Nr 8	332151,5	268019,6		8
Sosnówka Źródło Nr 9	332021,2	267950,8		7
Sosnówka Źródło Nr 10	331987,4	268089,7		7
Sosnówka Źródło Nr 11	331800,9	268409,8		7
Sosnówka Źródło Nr 12	332170,9	268797,6		8
Sosnówka Źródło Nr 13	331467,2	268916,6		8
Sosnówka Źródło Nr 15	330820,3	269460,6		6
Sosnówka Źródło Nr 16	330840,7	269651,3		6
Sosnówka Źródło Nr 18	330874,1	269289,0		4
Sosnówka Źródło Nr 19	332321,6	269431,5		7
Sosnówka Źródło Nr 20	332071,1	269498,8		8
Sosnówka Źródło Nr 21	331974,6	269483,8		8
Stare Bogaczowice Źródło Anna	335067,0	302154,9		11,4
Stare Rochowice Źródło Bolko-I	344305,4	294082,9		12
Stare Rochowice Źródło Bolko-II	344553,1	294073,2	9,5 -	11,6
Stary Wielisław Źródło 1	285606,8	330184,5		8
Stary Wielisław Źródło 2	285686,0	330123,9		9,4
Szczawina Studzienne	276603,9	326484,6	7,6 -	9,6
Szczawno Źródło Apteczne	329931,9	306874,6	9 -	13,7
Szczawno Źródło Dąbrówka D1,2,3,4	329898,5	306773,1	10,5 -	14,8
Szczawno Źródło Ludwiki-L1, L2, L3, L4	329901,7	306853,9		14,7
Szczawno Źródło Marta-MA1	329962,0	306895,3	8,3 -	13,8
Szczawno Źródło Marta-MA2,3,4,5,6,7,8,9	329931,8	306874,6	12,5 -	13,2
Szczawno Źródło Mieszko-M14	329784,0	306692,8		11,6
Szczawno Źródło Mieszko-M2,3,5,6,7,8,9	329878,4	306731,2	8 -	17,7

Szczawno Źródło Młynarz-M1	329841,4	306812,4	8 -	17,3
Szczawno Źródło w chodniku-C1,C2,C3	329931,9	306874,6	9 -	12
Szczawno Źródło w-podwórku	329902,4	306834,3		14,8
Szklarska Izerskie Źr. Zdrowia i Urody	336150,7	254075,7	9,38 -	11,73
Szklarska nad ul. Uroczą 2	333438,9	255095,8	6,81 -	9,35
Szklarska Poręba Źródło Nr 1	333965,8	254456,5	2,9 -	8
Szklarska Poręba Źródło Nr 2	334006,3	254909,1	4,5 -	12,2
Szklarska Poręba Źródło Nr 3	334172,7	254662,2	3,4 -	9
Szklarska Poręba Źródło Nr 4	334468,9	254284,3	4,2 -	7,5
Szklarska Poręba Źródło Nr 5	334198,2	253468,0	2,5 -	9,42
Szklarska Poręba Źródło Nr 6	333775,5	255211,8	2,4 -	9,3
Szklarska Poręba Źródło Nr 8	333646,5	255323,3	3,6 -	8,8
Szklarska Poręba Źródło Nr 17	335045,0	256505,9	5 -	11
Szklarska Poręba Źródło Nr 18 (Leśniczówka)	334858,9	256516,8	6 -	9
Szklarska Poręba Źródło-9	335489,4	255605,9	3,5 -	12,8
Szklarska Poręba Źródło-10	335491,3	255566,8	4 -	12,8
Szklarska Poręba Źródło-11	335494,1	255508,2	5 -	9,2
Szklarska Poręba Źródło-12	335928,0	255489,4	3,2 -	9,8
Szklarska Poręba Źródło-13	336035,0	255847,1	5,5 -	9,4
Szklarska Poręba Źródło-14	335500,1	256037,4	5 -	9
Szklarska Poręba Źródło-15	336070,4	255750,8	4,2 -	9,8
Szklarska Poręba Źródło-16 (Pod Torami)	336129,4	255812,3	4 -	10,7
Szklarska Poręba Źródło-19	336304,0	255389,6	4,5 -	9,6
Szklarska Poręba Źródło-20	336837,3	256550,7	3,6 -	10
Szklarska Poręba Źródło-21	336020,8	257472,2	3,5 -	10
Szklarska Poręba Źródło-22	336054,4	257415,0	3,7 -	10
Szklarska Poręba Źródło-23	335857,7	253703,4	4 -	12
Szklarska Poręba Źródło-24	335885,8	253763,5	4 -	12
Szklarska Poręba Źródło-25	336346,0	253844,1	2 -	10,2
Szklarska Poręba Źródło-26	336350,6	253746,4	3,2 -	7,9
Świeradów Źródło Górne Ujęcie-1	344138,0	242439,1	9,5 -	16
Świeradów Źródło Górne Ujęcie-2	344096,1	242424,9	8,8 -	14
Świeradów Źródło Górne Ujęcie-3 (Zbiorcze)	344064,5	242423,7	5,9 -	13,6
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-1	344645,6	241568,3	4,5 -	9
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-2	344667,2	241569,4	5,2 -	8,6
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-3	344659,8	241594,5	4,2 -	10,2
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-4	344669,0	241594,9	4,4 -	9,5
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-5	344675,1	241597,2	5 -	10,5
Świeradów Źródło M.C. Skłodowskiej Uj-6	344678,5	241589,5	4,5 -	10,5
Świeradów Źródło Santa-Maria	344440,4	241462,2	4,5 -	8
Świeradów Źródło Zofia Ujęcie-F1	344116,2	243128,6	5 -	10
Świeradów Źródło Zofia Ujęcie-F2	344074,0	243138,2		9,5
Świeradów Źródło Zofia Ujęcie-FB	344043,1	243136,7		7,7

5.2 Planowane otwory geotermalne

Tab. 12 Projektowane otwory geotermalne – źródło informacji: „Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalin (solanki, wody lecznicze i termalne)”. Szarym kolorem zaznaczono projekty, których decyzje zatwierdzające wygasły (stan na koniec 2020r).

Lp.	Otwór	Termin ważności decyzji	X_1992	Y_1992	głębokość [m]	Uwagi
1	Bolesławów BT-1	30.12.2016	349893,00	267074,00	5100	Inwestor: inwestor prywatny
2	Dobra DT-1, DT-2	31.12.2019	421993,60	287698,59	2500	dodatkowo otwór chłonny (kierunkowy 11 st. w kierunku SW) DT-2 o gł. 2500 m; inwestor: Venator Investum Sp. z o.o.
3	Duszniki GT-2	03.07.2024	285024,31	315494,59	2200/2500	w decyzji głębokość otworu podano w dwóch miejscach, przy czym dane te są niespójne; inwestor: Gmina Duszniki Zdrój
4	Głuszycza GT-1	26.11.2023	317448,32	314421,10	2500	Inwestor: Gmina Głuszycza
5	Jadwiga T-1	12.11.2024	383835,38	366247,81	3000	Inwestor: Gmina Trzebnica
6	Karpacz GT-1	25.10.2024	328176,63	269727,46	2500	Inwestor: Hotel Gołębiowski, Tadeusz Gołębiowski
7	Karpniki KT-2	24.07.2023	336545,81	279124,38	3400	Inwestor: Termy Zamek Karpniki sp. z o.o.
8	Kowary KwT-1	05.10.2020	326569,54	278646,83	2300	Inwestor: Hydrozagadka sp. z o.o.
9	Lądek Zdrój LZ-II		350764,49	278191,24		
10	Lipowa GT-1	29.12.2022	320519,30	357904,98	2500	Inwestor: Finadvice Polska Development sp. z o.o.
11	Łomnica GT-1	29.04.2024	338048,54	274890,44	2200	Inwestor: przedsiębiorstwo produkcyjno-handlowe „K.A.M.” sp. z o.o.
12	Oława GT-1	19.02.2024	338329,94	374957,75	1130	Inwestor: Gmina Oława
13	Pakoszków PT-1	31.12.2021	338431,54	261871,72	1100	dodatkowo otwór chłonny (II etap) o gł. 620 m; Inwestor: Burmistrz Miasta Piechowice
14	Pieszycze GT-1	16.11.2023	318635,52	327579,58	2500	Inwestor: BDM Forteczna sp. z o.o.
15	Pokój PT-1	31.12.2019	417744,20	339173,48	2500	Otwory eksploatacyjny i chłonny, współrzędne określone jako środek działki w obrębie której mają być otwory; inwestor: Zakład Wodociągów i Usług Komunalnych „Ekowod” sp.z o.o.
16	Pokrzywna Pok_T-1	31.12.2021	390310,35	270083,16	2000	otwór kierunkowy wiercony pod kątem 6° na NW; inwestor: Hotele Gorzelanny sp. kom.
17	Polanica Zdrój	13.11.2024	285710,93	323540,73	350	Inwestor: Uzdrowiska Kłodzkie S.A. – Grupa PGU
18	Przełęcz Puchaczówka CG-T1	28.06.2023	268673,77	344123,62	2500	Inwestor: TAWO Investment sp. z o.o.
19	Sulistaw GT-1	31.12.2016	380218,90	315521,20	1000	Ecoen Sp. z o.o., Warszawa
20	Szklarska Poręba SzPT-1	09.10.2016			2300	Inwestor: Termy Jan Grogsgaard

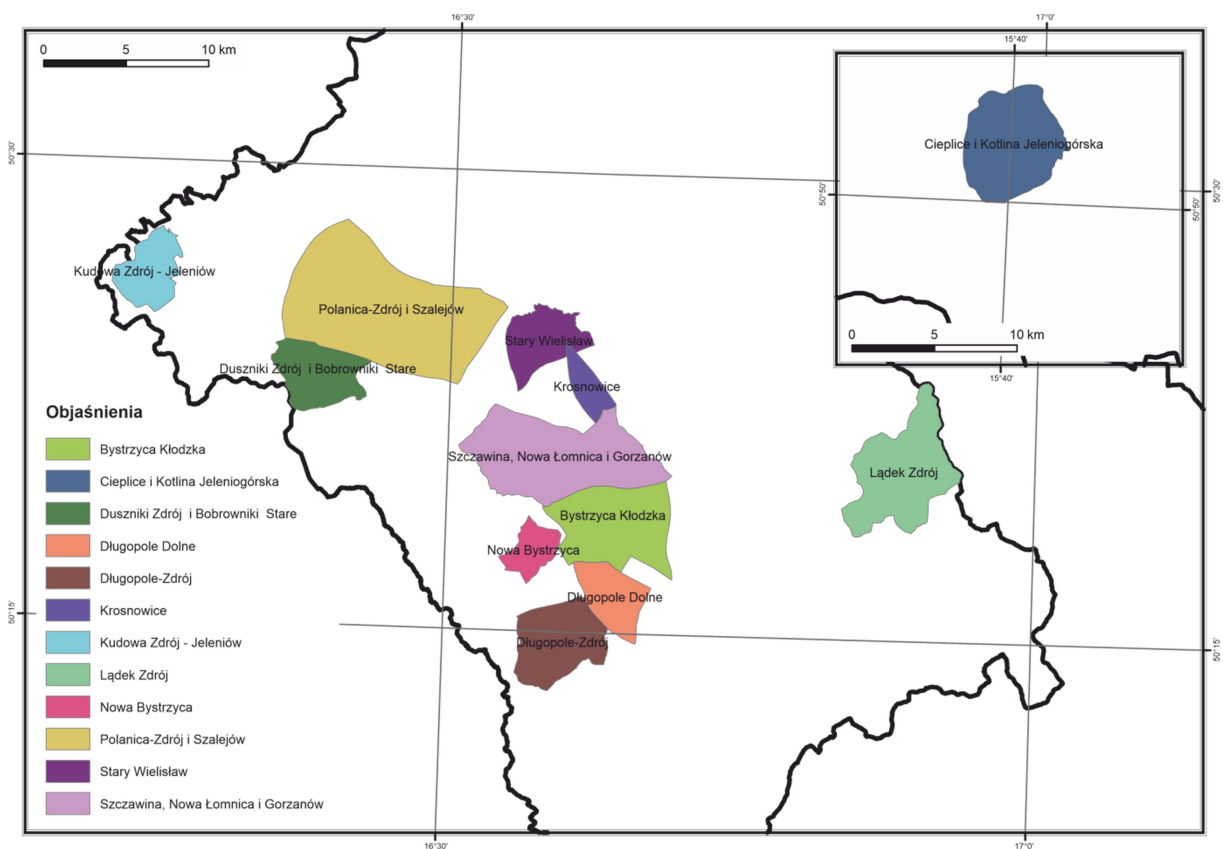
6. Inne projekty i dokumentacje

6.1 Wody lecznicze Ziemi Kłodzkiej i obszaru Jeleniogórskiego

/podsumowanie tematu: „Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego” (Kapuściński i in., 2010)/

Dokumentacja opracowana została na podstawie projektu prac geologicznych (Fistek, 2004), który przewidywał udokumentowanie zasobów dyspozycyjnych dla 18 rozpoznanych złóż (Rys. 5). Dla każdego z nich sporządzona została osobna dokumentacja, stanowiąca załącznik do dokumentacji głównej.

Rys. 5 Granice rejonów modelowania zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego



W kontekście przyszłego „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola” istotnymi mogą być dokumentacje dla trzech rejonów: Łądek Zdrój (zadanie II), Duszniki-Zdrój i Bobrowniki Stare (Zadanie III), Cieplice Śląskie-Zdrój i Kotlina Jeleniogórska (zadanie V), gdzie do wód leczniczych należą również wody termalne. Czwartym rejonem, dla którego przeprowadzona analiza może wnieść dodatkową wartość dla „Atlasu...” jest rejon Polanica-Zdrój i Szalejów Górny (Zadanie XII)– gdzie wykonywane były badania pod kątem poszukiwania takich wód termalnych (rozdz. 6.2).

Rejon Łądka-Zdroju (Zadanie II)

Na obszarze Łądka-Zdroju znajduje się 7 naturalnych wypływów wód leczniczych, z czego 6 jest obecnie eksploatowana (*stan na rok 2010*). Badania

warunków krążenia wód szczelinowych głębokiego systemu krążenia pozwoliły stwierdzić łączność hydrauliczną pomiędzy źródłami, a wodami ujmowanymi otworami wiertniczymi (Ciężkowski, 1980).

Wypływ wód termalnych z głębokich partii górotworu na powierzchnię powoduje oddziaływanie na środowisko i podwyższenie temperatury otaczających skał. Tworzy się w ten sposób anomalia geotermiczna (Ciężkowski, 1978). W jej obrębie wartość gradientu geotermicznego osiąga $0,18^{\circ}\text{C}/\text{m}$, co odpowiada wartości stopnia geotermicznego $5,5 \text{ m}/^{\circ}\text{C}$. Kształt anomalii wskazuje na to, że wypływ wód termalnych ma charakter skupiony i odbywa się w rejonie rozwidlenia uskoku Łądek-Orłowiec-Karpno, oraz w części uskoku Łądko zawartej pomiędzy uskokami Łądek-Orłowiec-Karpno a uskokiem Rasztowiec-Karpno. Ograniczony charakter anomalii geotermicznej potwierdza fakt, że otwór Łądek L-1 (Tab. 10) znajduje się poza jej zasięgiem.

Projekt nie przewidywał wykonania jakichkolwiek prac geologicznych zwiększających stopień rozpoznania terenu. W szczególności nie zaprojektowano badań geofizycznych, które – zwłaszcza w zbiornikach szczelinowych – mogłyby przyczynić się do rozpoznania stref krążenia wód podziemnych.

Szczegółowa analiza warunków hydrogeologicznych, w jakich formują się zasoby wód leczniczych rejonu Łądko-Zdroju, doprowadziła do wniosku, że przydatność przewidzianego w projekcie modelowania matematycznego jest w tym przypadku ograniczona, ze względu m.in. brak ciągłości pola filtracji – na analizowanym obszarze środowiskiem wód podziemnych jest ośrodek szczelinowy, będący z natury rzeczy ośrodkiem nieciągłym.

Duszniki-Zdrój i Bobrowniki Stare (Zadanie III)

Z uwagi na bliskie sąsiedztwo złóż wód leczniczych w Dusznikach-Zdroju i Bobrownikach Starych, podobne uwarunkowania geologiczne i warunki kształtowania się zasobów leczniczych zdecydowano, że wyniki prac geologicznych prowadzone dla obu tych złóż zostaną przedstawione we wspólnej dokumentacji geologicznej.

Lecznicze źródła mineralne w Dusznikach należą (podobnie jak w rejonie Łądko-Zdroju) do typu źródeł szczelinowych. Wody te, nasycone CO_2 wypływają ze skał metamorficznych – łupków łyszczykowych. W latach 2000-2001 odwiercony został otwór Duszniki GT-1 o głębokości 1695 m (Tab. 10) którym ujęto dwa horyzonty wód termalnych. W działalności Uzdrowiska wykorzystywanych jest obecnie 5 otworów (*stan na 2010 r.*): Pieniawa Chopina, Jan Kazimierz, otwór B-3 (źr. Jacek), otwór B-4 i otwór 39.

Największą rolę w warunkach wypływu wód leczniczych odgrywa uskoku brzeżny Dusznik o kierunku NW-SE, oraz prostopadłe do niego uskoki o kierunku SW-NE, przebiegające wzdłuż doliny Bystrzycy Dusznickiej oraz potoku Starych Bobrownik. Obszar głównego zasilania wód zlokalizowany jest w obrębie Gór Bystrzyckich i Orlickich.

Przydatność modelowania numerycznego ukierunkowanego na ustalenie zasobów podobnie jak w przypadku Łądka-Zdroju jest ograniczona. Stwierdzono że uzyskany model nie może być narzędziem do ilościowej oceny zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych w rejonie Dusznik Zdroju.

Cieplice Śląskie-Zdrój i Kotlina Jeleniogórska (Zadanie V)

Z uwagi na fakt, że Cieplice Śląskie wchodzą w skład Kotliny Jeleniogórskiej, jak również ze względu na to, że mamy tu do czynienia ze wspólną strukturą hydrogeologiczną, zdecydowano, że wyniki prac geologicznych prowadzone dla obu tych jednostek zostaną przedstawione we wspólnej dokumentacji geologicznej.

Na obszarze Kotliny Jeleniogórskiej wydzielić można 2 główne typy występowania wód podziemnych: wody występujące w utworach porowych – piętro czwartorzędowe oraz wody występujące w ośrodku porowo-szczelinowym i szczelinowym skał krystalicznych – piętro proterozoiczne i karboński.

Wody w utworach porowych

W obrębie piętra czwartorzędowego wydzielić można 3 porowe poziomy wodonośne. Wody piętra czwartorzędowego charakteryzują się zwiększoną zawartością żelaza i radonu oraz zróżnicowaną mineralizacją. W wielu miejscach łączą się one z wodami występującymi w zwietrzelinie skał krystalicznych. Biorąc za kryterium miąższość utworów wodonośnych powyżej 5 m, w piętrze czwartorzędowym wydzielono dwa zbiorniki wód podziemnych istotne dla zaopatrzenia w wodę pitną: zbiornik Jelenia Góra oraz zbiornik doliny kopalnej Bobru. W obrębie pierwszego z nich zlokalizowane jest ujęcie „Grabarów”, które zaopatruje w wodę Jelenią Górę.

Wody w utworach porowo-szczelinowych i szczelinowych

Wody występują w masywie krystalicznym w dwóch strefach głębokościowych. Pierwszą z nich tworzą wody płytkiego krążenia. Ich występowanie związane jest ze zwietrzeliną skał krystalicznych oraz ze szczelinowatością masywu. Przyjmuje się, że zasięg głębokościowy spękań wietrzeniowych w masywie skał krystalicznych sięga do ok. 30 m, czasami dochodzić może do 80 m (Marszałek, 2007). W obrębie tego typu wód wydzielono zbiornik wód podziemnych „Karkonosze”.

Wody głębokiego krążenia związane są z istnieniem głębokich spękań pochodzenia tektonicznego. Wody infiltracyjne wnikają nimi na znaczne głębokości, po czym wypływają w trefach drenażu jako wody termalne, fluorkowe i słabozmineralizowane (do 1 mg/dm³). Najistotniejszą rolę odgrywają tu strefy tektoniczne o przebiegu NE-SW i NW-SE, które pokrywają się z dolinami rzeki Kamiennej, Małej Kamiennej i Wrzosówki. Według Dowgiałły (Dowgiałło i in., 1989) wody termalne występują także wzdłuż uskoku brzeżnego Karkonoszy.

Istotnych informacji o głębokim systemie krążenia, a także o panujących w nim warunkach geotermicznych, dostarczył wykonany w roku 1971 otwór geotermalny Cieplice C-1 (Tab. 10). W całym profilu otworu stwierdzono liczne dopływy wód o

zmiennym natężeniu, które generalnie wzrastało wraz z głębokością. Otwór zakończono w rozległej strefie tektonicznej związanej z uskokiem Wrzosówki.

Już na etapie wiercenia otworu Cieplice C-1 ujawnił się wpływ głębiego otworu na pozostałe ujęcia wód. Najsilniej wpływ ten uwidocznił się w odniesieniu do otworu Cieplice C-2 (Tab. 10), w którym stwierdzono wyraźny spadek wydajności samowypływu po uruchomieniu się dopływu do otworu Cieplice C-1 z głębokości 861 m. Badania hydrogeologiczne wykazały, że nastąpiła utrata wydajności również większości płytkich źródeł, co dowodzi łączności hydraulicznej ww. ujęć i wskazuje, że jest to jedno złożo wód termalnych. Według autorów dokumentacji hydrogeologicznej wykonanej po pogłębieniu otworu Cieplice C-1 (Dowgiałło, Fistek, 1998) dalsza intensywna eksploatacja tego otworu mogłaby doprowadzić do połączenia głębokiego systemu szczelinowego z systemem płytkiego krążenia zasilającego źródła: „Sobieski” – nr 2, „Antoni – Waclaw” – nr 3 oraz częściowo „Marysieńka” – nr 1.

Temperatury wód wypływających w źródłach, jak również ich skład chemiczny, są wynikiem procesu mieszania się wód wypływających na powierzchnię z głębokich partii górotworu z wodami płytkiego krążenia.

Podstawowym typem chemicznym termalnych wód leczniczych głębokiego krążenia jest SO_4-HCO_3-Na . Wody występujące w płytszych partiach skał krystalicznych charakteryzują się z reguły typem $HCO_3-SO_4-Cl-Na-Ca$, a wody pokryw osadowych – $HCO_3-(SO_4)-Ca$. Mikroskładniki obserwowane w wodach podziemnych to głównie fluor i krzemionka. Są one ważnymi wskaźnikami nieciągłości tektonicznych, ponieważ ich ługowanie ze skał krystalicznych jest intensywniejsze w strefach spękania górotworu.

Profilowanie temperaturowe otworu Cieplice C-1 wykonane po 12 dniach „stójki” umożliwia charakterystykę gradientu geotermicznego w rejonie badań. Obliczony gradient wyniósł $2,736^{\circ}C/100m$. Na tej podstawie oraz w oparciu o laboratoryjne oznaczenia przewodności cieplnej próbek rdzenia obliczono przybliżoną gęstość strumienia ciepłego w wysokości $78,9 mW/m^2$. Jest to wartość stosunkowo wysoka i świadczy o istnieniu anomalii temperaturowej. Źródłem pierwotnym ciepła, oprócz wpływu trzeciorzędowego wulkanizmu, jest bardzo duża produkcja ciepła radiogenicznego w granitoidach karkonosko-izerskich, które zawierają znaczne ilości minerałów promieniotwórczych (Dowgiałło, Fistek, 1998).

Zasięg głębokościowy systemu krążenia wód termalnych oszacowany został przy użyciu geotermometrów chemicznych na 2600-2700 m (Dowgiałło, 2000). Na tych głębokościach spodziewać się należy temperatur rzędu $120^{\circ}C$. Kluczową rolę w zapewnieniu drenażu tych wód z głębokich partii górotworu do miejsc ich wypływu na powierzchni terenu pełnią uskoki.

Otwory badawcze o głębokości 30 m umożliwiły przedstawienie gradientu geotermicznego w postaci przestrzennej (izolinie) oraz map rozkładu temperatur na dnie tych otworów (Fistek i in., 2001). Obszary o podwyższonym gradiencie zlokalizowane są na południe i wschód od Cieplic, natomiast izolinie gradientu przyjmują rozciągłość NE-SW. Rozkład temperatur na dnie otworów badawczych

również wykazuje taki przebieg, a w rejonie SW i NE obszaru badań wydzielone są dwa obszary o podwyższonych temperaturach.

Istnieje wiele rozbieżności co do położenia obszarów zasilania termalnych wód leczniczych Cieplic-Zdroju. Bezsporny pozostaje tylko ich infiltracyjny charakter, co wykazano przy pomocy badań izotopowych prowadzonych przez różnych autorów (m.in. Dowgiałło, 1973, Ciężkowski i in., 1996). W wieloletniej dyskusji na temat obszarów zasilania wskazywano wszystkie pasma okalające Kotlinę Jeleniogórską: Karkonosze i Pogórze Karkonoskie, południową część Gór Kaczawskich czy pasmo Kamienieckie Gór Izerskich.

Nowsze wyniki badań izotopowych i gazów szlachetnych (Ciężkowski i in., 1996) wskazują, że najbardziej prawdopodobnym obszarem zasilania cieplickich wód termalnych głębokiego krążenia typu SO_4-HCO_3-Na jest pasmo Rudaw Janowickich, leżące na wschód od Cieplic Śląskich. Wedle tej koncepcji wody w rejon Cieplic mogą być doprowadzane z kierunku E-ES poprzez uskoki brzeżny Karkonoszy. Wody termalne typu $HCO_3-SO_4-Cl-Na-Ca$ (ujęcie „Sobieski” – nr 2) stanowiące drugi odrębny system wód w Cieplicach Śląskich (wody płytkiego krążenia), mają obszar alimentacji w obrębie Pogórza Karkonoszy, na SW od Cieplic. Autorzy za obszar zasilania tych wód przyjęli rejon znajdujący się ok. 200 m od miejsca ich wypływu.

Po pogłębieniu otworu Cieplice C-1 za główny obszar zasilania jeleniogórskiego systemu geotermicznego uznano północne stoki Karkonoszy i Pogórze Karkonoskie (Dowgiałło, Fistek, 1998). Nie wyklucza to jednak, że dla części wód obszar alimentacji może być zlokalizowany w paśmie Gór Izerskich oraz – co mniej prawdopodobne – w obrębie Rudaw Janowickich.

Ostatnia koncepcja (Fistek, Dowgiałło, 2003) przyjmuje jako obszar zasilania Karkonosze i Grzbiet Wysoki Gór Izerskich. Dużą rolę przypisano w tej koncepcji uskokowi Wrzosówki oraz dyslokacjom Kamiennej i Parku Zdrojowego.

Obszarem zasobowym, ma którym formują się zasoby wód leczniczych jest zlewnia rzeki Kamiennej. Infiltrujące wody wnikają systemami szczelin na głębokości ok. 2000-2500 m i dążą do stref drenażowych w dolinach rzecznych, gdzie są następnie wyprowadzane ku powierzchni przez systemy szczelin tektonicznych o skomplikowanym przebiegu.

Polanica-Zdrój i Szalejów Górny (Zadanie XII)

Wody podziemne typu szczaw występujące w rejonie Polanicy-Zdroju należą do wód leczniczych. Szczawa Szalejowa Górnego również jest wodą leczniczą, pomimo tego iż nie została wymieniona w liście złóż Polski. W ramach poszukiwań wód geotermalnych odwiercono na terenie Polanicy Zdroju 6 głębokich otworów. Podczas wiercenia zostało przeprowadzone opróbowanie hydrogeochemiczne, termalne, badanie chłonności skał oraz badania izotopowe wód. Wynikiem tego przedsięwzięcia była dokumentacja hydrogeologiczna (Fistek, 2001; rozdz. 6.2). Przeprowadzono również badania geofizyczne metodami sondowań geoelektrycznych-oporowych,

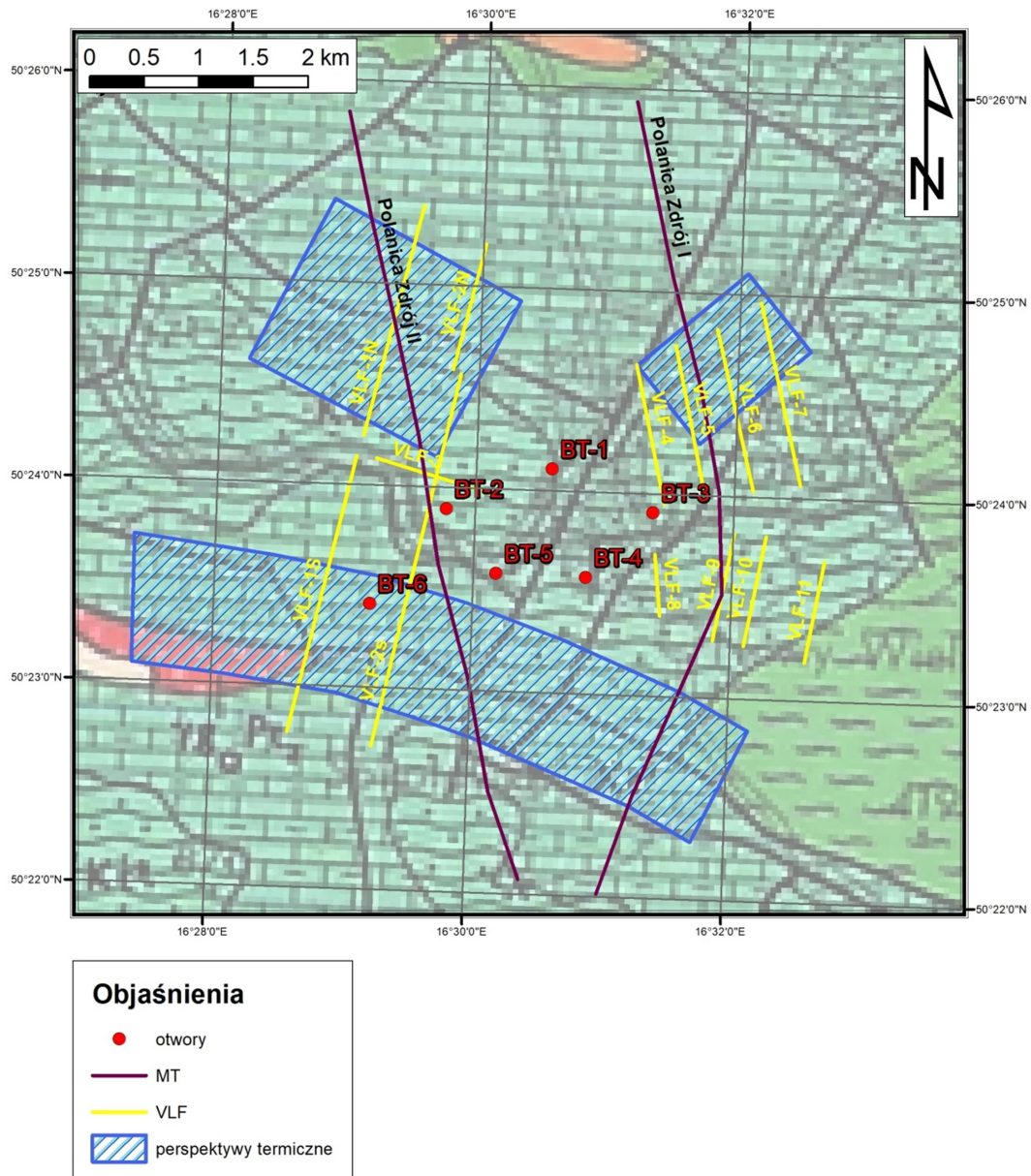
profilowania elektrooporowego, profilowania radiofalowego VLF i pomiarów geotermicznych (Grycko, 1979, Farbisz, 1993). Ponadto analizowany obszar został objęty opracowaniami geofizyczno-teledetekcyjnymi (Soćko, Jakubiak, 1990; Doktor i in., 1988).

Głównym obszarem zasilania wydają się być wychodnie piaskowców środkowo-turońskich w rejonie Szczytnej Śląskiej, w Górach Stołowych między Polanicą, Wolankami a Batorowem oraz w Górach Bystrzyckich na odcinku od Bobrownik po Starkówek, jak również strefy uskokowe ciągnące się u podnóża Gór Bystrzyckich i Stołowych (Fistek, 1966).

Polanica Zdrój i Szalejów Górny leżą w obrębie Niecki Batorowa. Jest to rów tektoniczny wypełniony osadami kredy, otoczony jednostkami zbudowanymi ze skał krystalicznych oraz skałami osadowymi i wylewnymi permu. Rejon Polanicy ograniczony jest od północy i północnego-wschodu wychodniami najstarszych utworów kredy i utworów permu. Wypływy artezyjskie wód zwykłych i wód leczniczych mają związek z synklinalną strukturą warstw kredowych i permskich. Skałami zbiornikowym i wód leczniczych są piaskowce środkowego turonu oraz cenomanu kredy górnej. Na podstawie badań izotopowych wyznaczono obszar zasilania na śródgórskim Obniżeniu Dusznickim.

6.2 „Dokumentacja hydrogeologiczna - wynikowa z wierceń badawczych i badań geofizycznych wykonanych dla rozpoznania złóż wód termalnych w rejonie Polanicy Zdroju”

(Fistek i in., 2001).



Rys. 6 Lokalizacja otworów badawczych i badań geofizycznych, na tle mapy geologicznej (ark. Kłodzko, 1: 200 000), wykonanych na obszarze Polanicy Zdroju (Fistek i in., 2001), z zaznaczeniem obszarów uznanych za perspektywiczne z punktu widzenia poszukiwań wód termalnych.

W ramach prac geofizycznych wykonano badania MT, geoelektryczne, VLF oraz odwiercono otwory badawcze. Przy wykorzystaniu archiwalnych materiałów grawimetrycznych, wykonano zintegrowaną interpretację geofizyczną, w wyniku której wyznaczono 4 strefy perspektywiczne pod kątem występowania wód geotermalnych. Stwierdzono, że obszary te należy poddać dodatkowym, zagęszczającym pomiarom geofizycznym.

Dzięki pomiarom VLF potwierdzono przebiegi głównych uskokuw i stref fotolineamentów, stwarzając podstawę do uzupełnienia i korekty mapy tektonicznej rejonu Polanicy. Wyniki badań MT opracowanych wzdłuż dwóch przekrojów potwierdziły głębokie założenia głównych uskokuw. Ewentualne ciało granitowe może zalegać tu dopiero na głębokości 3-5 km. Na podstawie analizy zdjęcia grawimetrycznego i magnetycznego oraz przebiegu fotolineamentu stwierdzono, że Polanica leży na strefie dyslokacyjnej sygnalizowanej nieciągłością NNW-SSE. Głębokość uskokuw oszacowana na podstawie interpretacji przekrojów geoelektrycznych sięga 300-400 m, w strefie nad otworami BT-1 – BR-T (Rys. 6 i Tab. 10). Przeprowadzone badania geofizyczne oraz ich interpretacja potwierdziły wybitnie korzystne uwarunkowania geostrukturalne obszaru Polanicy Zdroju dla występowania wód termalnych. W tym kontekście zaskakujące okazały się, stosunkowo mało jednoznaczne wyniki przeprowadzonych wierceń badawczych, mimo iż w świetle danych geofizyki zostały one zlokalizowane w uzasadnionych miejscach.

W wyniku kompleksowej analizy danych geostrukturalnych, hydrogeologicznych i geofizycznych wyznaczono 4 perspektywiczne obszary dla kontynuacji poszukiwań złóż wód termalnych w rejonie Polanicy Zdroju (Rys. 6) w tym:

- obszary A i B na południe od Polanicy, obszar A na SW od Nowej Sokołówki i B w rejonie Sokołówki – Pokrzywna, związane ze skrzyżowaniem regionalnych stref rozłamowych NW-SE Duszniki – Polanica – Gorzanów i NNW-SSE – Ścinawka Średnia – Polanica – Ponikwa. Tektoniczny, rozłamowy charakter tych stref potwierdza się we wszystkich wariantach interpretacyjnych danych geofizycznych, jak również skupieniem kartowanych geologicznie uskokuw.
- obszary C, D po zachodniej i wschodniej stronie Polanicy z ukierunkowaniem na rozpoznanie węzłów tektonicznych z uskokuw aktywnymi hydrogeologicznie o głębokich założeniach strukturalnych, potwierdzonych na przekrojach magnetotellurycznych. Dodatkową przesłanką na podjęcie dalszych badań w rejonie C są anomalie temperaturowe zarejestrowane na profilach geotermicznych z 1978 r.

6.3 Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Sulisław GT-1 w celu ujęcia wód termalnych w miejscowości Sulisław, gm. Grodków, pow. Brzeski, woj. Opolskie.

(Sokołowski i in., 2014) – projekt nie został zrealizowany

Projektowany otwór zlokalizowano na terenie prywatnej posesji Inwestora, na działce oznaczonej numerem ewidencyjnym 6 obręb Sulisław. Szczegółowe położenie projektowanego otworu określają następujące współrzędne (PUWG PL-2000): X: 5 617 880,37 N: 50°41'39.6"; Y: 6 450 793,48 E: 17°18'12.7"

Na podstawie analizy wyników uzyskanych w otworach wiertniczych można przypuszczać, iż wody termalne mogą występować w zawodnionych strefach szczelinowych (uskokowych) w prekambryjskich skałach krystalicznych. Na głębokości około 500 m mogą występować wody termalne o temperaturze dochodzącej do 30°C, zaś na głębokości około 1000 m temperatura wód podziemnych może wzrosnąć do około 40°C. Pod względem chemicznym należy spodziewać się wód typu HCO₃-Na-(Mg) o mineralizacji 1-10 g/l. Wielkość mineralizacji jest zależna od zawartości w wodzie wolnego dwutlenku węgla, którego obecności w wodzie nie można wykluczyć. Prawdopodobieństwo występowania innych składników swoistych (jod, fluor, żelazo, siarka, kwas metakrzemowy) w ilościach przekraczających próg farmakodynamiczny jest niewielkie. Należy zaznaczyć, iż czynnikiem utrudniającym wykorzystanie wód termalnych może być podwyższona zawartość izotopów promieniotwórczych, zwłaszcza ²²⁶Ra i ²²⁸Ra. Wydajność ewentualnego ujęcia może wynosić kilkanaście m³/h lub w sprzyjających warunkach, znacznie więcej. Wraz z głębokością temperatura wody będzie wzrastać, jednakże brak jest informacji na temat zasięgu systemu krążenia wód.

Woda ma być wykorzystywana do celów rekreacyjnych i grzewczych. Wody przydatne do powyższych celów mogą występować w utworach paleozoiczno-proterozoicznych na głębokości około 1000 m. W związku z powyższym przewiduje się wykonanie jednego otworu badawczo-eksploatacyjnego Sulisław GT-1 o głębokości 1000,0 m w celu udostępnienia i opróbowania hydrogeologicznego paleozoiczno-proterozoicznego kompleksu wodonośnego. Należy zwrócić uwagę, iż w Sulisławiu i jego najbliższym sąsiedztwie brak jest otworów wiertniczych dokumentujących występowanie wód termalnych. Przewidywane warunki hydrogeologiczne są oparte na analogii z obszarami sąsiednimi oraz na analizie materiałów źródłowych. Założono zaangażowanie tektoniczne masywu krystalicznego, jednakże jego stopień oraz wpływ na parametry złożowe mogą różnić się od zakładanych.

6.4 Dokumentacja badań geotermicznych, temat: Kamienica, 1977 r .

(Gajewski A., 1977)

Celem badań było wstępne rozpoznanie warunków hydrotermicznych w związku z projektowanym odwiertem Kamienica IGH-1. Wykonanie prac badawczych miało na celu ustalenie korelacji między anomalią termiczną i uskokami oraz wyznaczenie w obrębie dyslokacji obszarów dodatnich anomalii związanych z ewentualnym występowaniem wód termalnych. Pomiar temperatury wykonywano na stałej głębokości 1,5m p.p.t., przy odległościach między punktami pomiarowymi od 25 do 100 m. Wyniki przedstawione zostały w postaci zestawienia profilowania termicznego i mapy izoterm w skali 1: 5000. Wartości rejestrowanej temperatury mieszczą się w zakresie 7 - 13°C. Minima występują w pobliżu źródeł i potoków, maksima w rejonie stref dyslokacyjnych. Strefy dużych gradientów poziomych występują w rejonie strefy dyslokacyjnej W-E. Przyjęto, że rejony przyuskokowe o wartościach temperatury powyżej 12°C są najbardziej perspektywiczne do poszukiwania wód termalnych. Opracowana mapa izoterm umożliwiła wydzielenie stref o sprzyjających warunkach geotermicznych dla ewentualnego występowania wód termalnych. Stwierdzono, że w dalszych badaniach poszukiwawczych należy zaprojektować kolejnych 30 otworów w ten sposób, aby znalazły się one w obszarach o temperaturze powyżej 11°C, a w miarę możliwości w obrębie anomalii o najwyższej wartości.

6.5 Projekt prac geologicznych w celu wykonania otworu wiertniczego BT-1 dla pozyskania energii odnawialnej na potrzeby planowanej elektrowni wykorzystującej ciepło Ziemi w Bolesławowie, gm. Stronie Śląskie, pow. Kłodzki, woj. Dolnośląskie.

(Farbisz i in., 2009)

i (częściowo zawarte w powyższym projekcie):

Badania geofizyczne metodą ciągłego profilowania magnetotellurycznego (CPMT) w rejonie Witosławic – Bolesławowa (sprawozdanie techniczne). *(Farbisz, Wojdyła, 2009) Arch. PBG, Warszawa*

W celu lepszego rozpoznania perspektyw ujęcia wód termalnych na terenie należącym do Inwestora wykonano w okresie X-XII 2009 r. badania geofizyczne. Wykonano siedem ciągów profilowania metodą VLF, które dały wstępne rozpoznanie występowania nieciągłości. Posłużyły one do zaprojektowania ciągu magnetotellurycznego o długości 600m. Badania geofizyczne wskazały na występowanie dwóch nieciągłości w metamorficznym ośrodku skalnym.

Celem projektowanego otworu jest ujęcie wód termalnych na głębokości 800-1300 m lub – w przypadku występowania wód o temperaturze poniżej oczekiwania – na głębokości 1950-2000m. Zaprojektowano otwór do głębokości 5100 m – czyli takiej która ma zapewnić odpowiednią wydajność i temperaturę w przypadku nawiercenia drożnej sieci szczelin w strefie dyslokacyjnej.

Otwór jak do tej pory nie został odwiercony.

6.6 Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Struktura Gór Bystrzyckich i rowu górnej Nisy Kłodzkiej, woj. wałbrzyskie, 1979 r.

(Grycko, 1979)

Podstawowym zadaniem było rozpoznanie budowy strukturalnej utworów kredy oraz jej podłoża w obrębie rowu Nisy Kłodzkiej, rowu Kudowy i niecki Batorowa, które miało dać ogólne rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w utworach kredy dla określenia perspektyw poszukiwań wód pitnych i zmineralizowanych. Badania prowadzono metodą geoelektryczną, VLF i geotermiczną (GT). Wykonano 155 sondowań geoelektrycznych oraz po 820 punktów profilowania metodami VLF i GT. Pomiarów temperatury wykonywano na głębokości 1,2 m, a w przypadku płytszego występowania litej skały – na głębokości 0,8 m. Ze względu na skalę rozpoznania wykonane badania mają charakter regionalny. Na podstawie sondowań elektrooporowych sporządzono przekroje geofizyczne. W oparciu o nie wyznaczono miąższość utworów kredy i granice większych jednostek geologicznych takich jak rów Kudowy, niecka Batorowa czy rów Nisy Kłodzkiej oraz elewacji rejestrujących się w tych jednostkach np. depresja Pisar, depresja Roztok czy elewacja Jaworka. Ponadto potwierdzono istnienie wielu uskoków i zarejestrowano szereg nieznanymi dyslokacji głównie w głębszych partiach kredy i stropie podłoża.

7. Podsumowanie

Poniższe wnioski są w dużej mierze połączeniem wnioskowania z dwóch etapów realizacji przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2018 i 2020) – nie może być inaczej, skoro były to dwa główne opracowania służące rozpoznaniu warunków geotermalnych na obszarze Sudetów i Opolszczyzny w ostatnich latach. Zestawienie lokalizacji badań geofizycznych i otworowych zrealizowanych w ramach tych opracowań, a także danych archiwalnych przedstawiono na zał. 13. Na zał. 14 zebrano natomiast informacje tektoniczne wynikające z realizacji powyższych przedsięwzięć w zestawieniu z informacją o warunkach hydrogeologicznych. Oba załączniki umożliwiają ocenę stanu pokrycia badaniami. Jednak aby prawidłowo ocenić potrzeby dalszych badań, należy podejść do analizy w sposób bardziej detaliczny.

Podstawowym materiałem, który może, a nawet powinien być wykorzystany przez potencjalnego odbiorcę, np. podczas przygotowań do opracowania „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”, jest zbiór plików *shape* (format .shp) prezentujących zebrane informacje. Forma cyfrowa pozwala użytkownikowi na przestrzenne złożenie zebranych informacji w dowolnej skali, na dowolnym podkładzie. Pozwala, na analizę danych w skali lokalnej - na konkretnym obiekcie, albo w skali regionalnej. Załączniki mapowe (format .pdf), są natomiast jedynie propozycją prezentacji tychże informacji.

Głównym efektem wykonanych badań geofizycznych jest wyznaczenie lokalizacji uskoku, czy stref nieciągłości tektonicznych. Przenosząc te informacje na mapę uzyskujemy zestaw informacji punktowych, które następnie należy odnieść do znanej geologii – powiązać punkty ze znanymi uskokami, powiązać między sobą punkty wyznaczające przebieg tego samego uskoku, albo skorygować ich przebieg na mapach geologicznych. To zadanie będzie do wykonania na etapie tworzenia „Atlasu geotermalnego Sudetów i ich przedpola”.

Zał. 11 chyba najlepiej obrazuje „wartość dodaną” do stanu rozpoznania obrazu tektonicznego analizowanego obszaru przy wykorzystaniu metod geofizycznych. Niestety obrazuje on również fakt, że badania geofizyczne pokrywają obszar zainteresowania w bardzo nierównomiernym stopniu. W kilku rejonach (m.in. Worek Turosszowski, zachodnia część Masywu Karkonoszy, część Masywu Strzegomia-Sobótka na zachód od uskoku Strzegom-Świdnica, czy wewnętrzna część basenu śródsudeckiego) nie wykonano żadnych badań. Sugeruje się, aby luki te uzupełnić w kolejnym etapie prac nad „Atlasem geotermalnym...”.

Analiza cyfrowych modeli terenu i sieci drenażu, ale zwłaszcza ta pierwsza, pokazały swoją znaczną przydatność w identyfikacji młodych struktur nieciągłych w skali lokalnej i regionalnej. Użycie danych skaningu laserowego (LIDAR) o dużej rozdzielczości poprawia wiarygodność uzyskiwanych wyników. We wnioskach opracowania „Młode strefy ... etap I” (Aleksandrowski i in., 2018) stwierdzono, że „*metody analizy pól potencjalnych wykazują dużą przydatność dla rozpoznania stref*

tektonicznych typu uskoku pod względem ich zasięgu głębokościowego i znaczenia regionalnego". Stwierdzenie to nie znajduje jednak odzwierciedlenia w samym opracowaniu (Aleksandrowski i in., 2018), a w II etapie realizacji tego przedsięwzięcia (Aleksandrowski i in., 2020) analiza pól potencjalnych została zupełnie pominięta. W trakcie opracowywania „Atlasu geotermalnego...” wskazane jest poszerzenie takiej analizy, uwzględniając chociażby wyniki prac przeprowadzonych przez Ilnatowicza i zespół (2016), a przede wszystkim wprowadzone przez autorów tego opracowania korekty map geologicznych (m.in. przebiegi uskoku).

Oceniono, że spośród zastosowanych metod badawczych za najbardziej użyteczną i przydatną w rozpoznawaniu potencjału geotermalnego głębokich nieciągłości tektonicznych należy uznać metodę magnetotelluryczną, która pozwala ze znacznym prawdopodobieństwem i do znacznej głębokości (rzędu 4-5 km) zidentyfikować w górotworze strefy zawodnione. Strefy perspektywiczne wystąpień wód termalnych (żółte linie na Zał. 14) wyinterpretowane zostały na ośmiu profilach wykonanych w ramach II etapu realizacji przedsięwzięcia „Młode strefy tektoniczne...” (Aleksandrowski i in., 2020). Są to linie: Ciepłowody (I i II), Głuszyca, Książnica, Kudowa-Brzozowie, Nagórniki, Niedamirów, Srebrna Góra, Wierzchosławice (dodatkowo na obiektach Mokreszów i Ciepłowody I wyznaczono strefę perspektywiczną na podstawie pomiarów temperatury w płytkich otworach). W konsekwencji stwierdzono, że należy dążyć do istotnego zwiększenia liczby badań MT, do co najmniej 60-70 profili, tak aby podstawa oszacowania potencjalnych zasobów geotermalnych w planowanym „Atlasie zasobów geotermalnych Sudetów i ich przedpola” była merytorycznie uzasadniona i ilościowo wystarczająca. Zaplanowanie lokalizacji nowych linii pomiarowych jest przewidziane w ramach realizacji „Atlasu...”, ale już teraz na podstawie wniosków z wykonanych opracowań (Aleksandrowski i in., 2018 i 20) oraz z zał. 4 można wymienić takie profile jak dodatkowy profil na SW od linii 1-BK-18 (Bystryca Kłodzka), czy dodatkowe 3 linie na obiekcie Stara Łomnica i Pławna. Dodatkowo można ponownie rozważyć profile zaprojektowane przez Grzegorzycyka i Farbisza (2007) oraz Krawczyka i in. (2011), np. wycinając z nich krótsze, najbardziej interesujące fragmenty.

W celu rozpoznania głęboko sięgających struktur nieciągłych wykorzystano też dane głębokiej sejsmiki przemysłowej. Wyniki reinterpretacji przemysłowych linii sejsmicznych oraz wykonane w ostatnich latach profile sejsmiczne w ramach dwóch etapów „Młodych stref tektonicznych... „ (Aleksandrowski i in., 2018 i 2020), wniosły nowe informacje o tektonice analizowanego obszaru, ale nie wnoszą żadnej informacji o obecności wód (jakichkolwiek) a tym bardziej o ich temperaturze. Sejsmika może być traktowana zatem jako metoda uszczegóławiająca wyniki badań magnetotellurycznych i jako wspomaganie dla analizy obrazu ew. migracji wód w szczelinach, po powierzchniach uskoku.

Dodatkowo należy pamiętać, że sejsmika przemysłowa wykonana została właściwie tylko w dwóch rejonach analizowanego obszaru, a ostatnie profile najpłytszej sejsmiki, dają informację niemalże punktową. Biorąc pod uwagę pracochłonność w

stosunku do efektów, z planowaniem kolejnych profili sejsmicznych należy poczekać do momentu uzyskania obrazu magnetotellurycznego i ew. sejsmikę wykonać w najbardziej interesujących strefach tektonicznych wyznaczonych metodą MT.

Badania ERT i VLF należy także uznać za komplementarne i uzupełniające w stosunku do podstawowych wyników badań osiągniętych metodą MT. Wyniki pozwalają zidentyfikować na niewielkich głębokościach, przy powierzchni terenu, przejawy głębokich kruchych struktur nieciągłych, perspektywicznych dla wystąpień wód termalnych, które zasadniczo rozpoznawane są metodą MT.

Ograniczeniem użytych w zadaniu metod tomograficznych jest głębokość rozpoznania. W przypadku metody ERT zwykle uzyskiwano rozpoznanie do głębokości 50-80 m. Metodą STR uzyskano zwykle rozpoznanie do głębokości 60-120 m, a maksymalna uzyskana głębokość rozpoznania sięgnęła 200 m. Badania tomograficzne mogą mieć szczególne znaczenie dla rozpoznania przypowierzchniowych stref zniszczeniowych (ang. *shallow damage zones*) uskoku.

Oczywistym jest, że rozpoznanie geologiczne regionu jest znacznie bardziej szczegółowe, ale nie wszystkie informacje są istotne z punktu widzenia określania warunków geotermalnych. Należy się np. zastanowić czy zbiór obszarów z pozytywną lub negatywną perspektywą zawodnienia (*17_persp_geof.shp*), wynikająca z archiwalnych dokumentacji geoelektrycznych, może być dla analizowanego problemu pożyteczna. Jeżeli tak, to dobrym krokiem byłoby sięgnięcie (uzyskanie wglądu) do dokumentacji zebranych w spisie na s. 137 – czyli tych, do których dostęp jest utrudniony ponieważ znajdują się w archiwach zewnętrznych.

Metody geoelektryczne charakteryzują się dużą różnorodnością stosowanej metodyki badań, w zależności od celu rozpoznania. Ogólnie jednak jest to dobra metoda dla poszukiwań stref zawodnienia, ponieważ strefy takie objawiają się zazwyczaj kontrastem oporności względem ośrodka „suchego”. Stąd badania takie, ukierunkowane na poszukiwanie wód termalnych, były realizowane m.in. w rejonie Polanicy Zdroju (Farbisz i in., 2001; zał. 6) czy Łądką Zdroju (Farbisz, Wojdyła, 2008; zał. 6), a także były projektowane do realizacji w projekcie Krawczyka i in. (2011, zał. 6). Istnieją również bogate zbiory starszych dokumentacji ukierunkowanych na poszukiwanie wód (zał. 7) – są to jednak przeważnie badania płytkie, w obrębie utworów kenozoiku, rzadziej wchodzące w utwory kredowe, ale również one mogą przysporzyć dodatkowej informacji na potrzeby „Atlasu geotermalnego...”. Tak jak linie sejsmiczne, kolejne badania elektrooporowe powinny być projektowane w następstwie przeprowadzenia badań magnetotellurycznych.

Badania γ -spektrometryczne przeprowadzane nad uskokami stwierdzonymi innymi metodami geofizycznymi mogą jedynie potwierdzić obecność uskoku, nie wnosząc dodatkowej informacji. Badania należy zastąpić badaniami stężenia radonu w powietrzu glebowym, które to badania mogą być wskaźnikiem aktywności uskoku. Badania takie powinny być wykonywane jako ostatnie w łańcuchu badań geofizycznych,

po uzyskaniu kompletu interpretacji, tak a by jak najprecyzyjniej wybrać miejsce wykonywania punktowych pomiarów.

Ważna będzie szczególnie możliwość kontynuacji badań nad stanem termicznym podłoża Dolnego Śląska. Starannego rozważenia wymaga kwestia planowanego odwiercenia szeregu otworów badawczych, lub – alternatywnie – wykorzystania odpowiednich danych z już istniejących lub nowych, planowanych przez różnych inwestorów i wykonywanych odwiertów geotermalnych. Zał. 2 pokazuje, że otwory i źródła z wodami termalnymi, bądź tymi które wodami termalnymi nie są, ale których temperatura została pomierzona (wynik negatywny też jest przecież informacją) zgrupowane są głównie w obrębach: granitowego masywu Karkonoszy, w Kotlinie Kłodzkiej oraz na północ od Wałbrzycha, wzdłuż uskoku Strugi. Na innych obszarach wykonano jedynie nieliczne pomiary w płytszych otworach (piezometry, studnie) (Aleksandrowski i in., 2020). Na Zał. 2 jasno widać, że nierównomierne rozprzestrzenienie stanowisk pomiarowych, należałoby w miarę możliwości uzupełnić o stanowiska, które być może nie są perspektywiczne z punktu widzenia pozyskania energii geotermalnej, ale dałyby informację umożliwiającą przedstawienie jednolitego obrazu temperaturowego obszaru badań. Dla użytkownika z zewnątrz nie jest bowiem jasne, co jest przyczyną braku pomiarów – czy przypuszczenie, że jest to obszar nieperspektywiczny (jeżeli tak to należy opisać podstawy przypuszczeń), czy też jest to obszar którym nikt do tej pory się nie zainteresował poszukiwawczo.

W osądzie autorki kwerendy, należałoby się ponownie przyrzeć 1) propozycjom nowych otworów z projektu Krawczyka i in., (2011), których lokalizacje wypełniają niektóre luki opróbowania (zał. 2), a skoro (wg. Aleksandrowski i in., 2020) możliwości pomiarów temperatury w studniach i piezometrach zostały wyczerpane, to być może należy poszerzyć bazę pomiarów temperatury w źródłach?

Z punktu widzenia analizy stanu termicznego masywu Karkonoszy cenne byłoby przeprowadzenie ponownego profilowania temperaturowego w głębokich otworach Staniszków ST-1 oraz Karpniki KT-1, ale w warunkach ustabilizowanych. Na podstawie zrekonstruowanych wartości gradientu termicznego oszacowano wartości powierzchniowej gęstości strumienia ciepłego. Bliższe rozpoznanie stanu termicznego podłoża skalnego Dolnego Śląska wymaga dalszych systematycznych badań przewodności cieplnej granitoidów sudeckich. Niewątpliwie konieczne są dalsze szczegółowe badania rozkładu ciepła radiogenicznego w skałach masywu karkonoskiego i innych masywów sudeckich, które pozwoliłyby na właściwą ocenę reprezentatywnych, uśrednionych wartości generowanego ciepła radiogenicznego.

Jak widać na zał. 9, kamieniołomy opróbowane na potrzeby pomiarów przewodności cieplnej oraz analiz chemicznych są skupione w obrębie masywów Strzegomia – Sobótki i Strzelina. Nie opróbowano żadnego obiektu na SW od uskoku brzeżnego Sudetów – koniecznym wydaje się zatem rozszerzenie bazy opróbowania o kolejne obiekty, reprezentujące także inne wydzielenia litologiczne. Nawet jeżeli są to wydzielenia nie perspektywiczne dla pozyskania energii geotermalnej – wyniki z takich

wydzieleń wypełnią białe plamy opróbowania i będą dowodem na brak perspektyw w danych rejonie.

W przypadku badania temperatury w glebie, biorąc pod uwagę pracochłonność i czasochłonność, oraz utrudnienia formalne dla przeprowadzenia badań temperatury w gruncie, w stosunku do dosyć mało zadowalających rezultatów należy uznać, że badania takie nie spełniają w sposób wystarczający swojej funkcji.

Najważniejsze elementy prac badawczych niezbędnych do przeprowadzenia w ramach pierwszej fazy realizacji „Atlasu zasobów geotermalnych Sudetów i ich przedpola”, obejmują zatem m.in.:

- uzupełnienie szeregu rejonów badawczych wyróżnionych na poprzednich dwóch etapach prac rejonów i objętych niektórymi rodzajami badań o niewykonane tam najistotniejsze badania, tj. profilowania magnetotelluryczne CPMT,
- przedłużenie niektórych wykonanych uprzednio profili ERT i/lub sejsmicznych, tam gdzie przeprowadzone interpretacje wykazały, że przebiegu głównych stref zniszczeń związanych z badanymi uskokami należy spodziewać się poza obrębem zrealizowanych już w tych miejscach profili,
- kontynuację w możliwie jak najszerszym zakresie badań polegających na rozpoznawaniu kluczowych parametrów termicznych podłoża skalnego Dolnego Śląska oraz modelowaniu pola temperatury i strumienia cieplnego w litosferze tego regionu,
- w sytuacji ew. koniecznych ograniczeń programu wierceń – uzyskanie instytucjonalnego wsparcia organów wydających decyzje zatwierdzające projekty robót geologicznych na odwierty poszukiwawczo-eksploatacyjne za wodami termalnymi dla przekonania inwestorów do wykonania w odwiercanych otworach badań służących wzbogaceniu bazy danych potrzebnych do wykonania „Atlasu”, a także sfinansowanie tych badań.,
- w miarę możliwości, uzyskanie zgody właścicieli niektórych już istniejących głębokich otworów geotermalnych na wykonania w nich w/w badań w warunkach ustabilizowanych, co może wymagać pokrycia kosztów przestojów związanych z chwilowym unieruchomieniem eksploatacji tych otworów.

8. Spis materiałów źródłowych

8.1 Lista opracowań i literatury uwzględnionych w kwerendzie

- Aleksandrowski P., Badura J., Dąbrowski M., Jasiński Ł., Krawczyk J., Nawrocki J., Olkowicz M., Ostrowski S., Pańczyk-Nawrocka M., Przybylski B., Rosowiecka O., Sobień K., 2018: Raport końcowy – Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych – etap I. *opracowanie niepublikowane*
- Aleksandrowski P., Dąbrowski M., Głuszyński A., Jasiński Ł., Kłonowski M., Kowalski A., Krawczyk J., Nasiłowski R., Olkowicz M., Ostrowski S., Rosowiecka O., Smajdor Ł., Szczepański J., Trzeciak M., Zawistowski K., 2020: Raport końcowy – Młode strefy tektoniczne a warunki geotermalne w Sudetach w świetle badań geochronologicznych, strukturalnych i termometrycznych – etap II. *opracowanie niepublikowane*
- Awdankiewicz M., 2006: Fractional crystallization, mafic replenishment and assimilation in crustal magma chambers: geochemical constraints from Permian post-collisional intermediate-composition volcanic suite of the North-Sudetic Basin (SW Poland). *Geologica Sudetica* 38: 39-61.
- Badura J., Przybylski B., 2000: Mapa neotektoniczna Dolnego Śląska 1:400 000. Arch. NAG, Oddz. Dolnośląski, Wrocław.
- Badura J., Przybylski B., Zuchiewicz W., 2004: Cainozoic evolution of Lower Silesia, SW Poland: a new interpretation in the light of sub-Cainozoic and sub-Quaternary topography. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 1, 3(135):7-29.
- Bielecka H., 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 wraz z objaśnieniami, ark. Lewin Brzeski. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Bruszeńska B., 2000: Warunki geotermiczne Dolnego Śląska. *Przegląd Geologiczny*, 48 (7): 639-643.
- Bujakowski W., 2010: Wykorzystanie wód termalnych w Polsce (stan na rok 2009). *Przegląd Geologiczny*, 7: 580-588.
- Chudzik L., Biel A., 2011: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 94.
- Ciężkowski W., 1978 – Hydrochemical Types of Fissure Waters from Łądek Zdrój. *Materials od International Symposium: Hydrogeochemistry of mineralized waters. Cieplice 31.05 – 3.06.*
- Ciężkowski W., 1980: Hydrogeologia i hydrogeochemia wód termalnych Łącka Zdroju. *Probl. Uzdrow.* 4 (150).
- Ciężkowski W., Płochniński Z., 1983: Poszukiwanie wód termalnych w rejonie Bolesławowa w masywie Śnieżnika. [w:] *II Symp.: Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej. Łądek-Zdrój, 13-16.10.1982*, Wyd. Uniw. Wrocław.
- Ciężkowski W., Sztuk T., 1985: Wody termalne kopalni „Turów”. *Symposium Naukowo-Techniczne: Stan rozpoznania i Perspektywy Wykorzystania Wód Termalnych*. Kraków, 24-25.10.1985. P.10-17

- Ciężkowski W., Doktor S., Graniczny M., Kabat T., Kozłowski J., Liber-Madziarz E., Przylibski T., Teisseyre B., Wiśniewska M., Zuber A., 1996: Próba określenia położenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce. ZBU ZDROJE, Wrocław (*opracowanie niepublikowane*)
- Ciężkowski W., Kryza H., Kryza J., Pulina M., Řehak J., Staško S., Tarka R., 1997: Wody podziemne i wpływ czynników antropogenicznych na ich zasoby i jakość. [w:] „Masyw Śnieżnika - zmiany w środowisku przyrodniczym”. Wyd. PAE Warszawa.
- Cymerman Z. Ichnatowicz A., Kozdrój W., Przybylski B., 2005: Szczegółowa mapa geologiczna .
- Cymerman Z., 2010: Mapa tektoniczna Sudetów i bloku przedsudeckiego 1: 200 000, ed 2, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Czernski M., 2000: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Niemcza. PIG-PIB Warszawa.
- Czernski M., 2002: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Lwówek Śląski. PIG-PIB Warszawa.
- Czernski M., 2010: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 107. PIG-PIB Warszawa.
- Doktor S., i in., 1988: Mapa liniowych elementów tektonicznych na podstawie analizy geofizyczno-teledetekcyjnej arkusza Kłoczko 1: 200 000.
- Domańska-Siuda J., 2007: The granitoid Variscan Strzegom-Sobótka massif. *Granitoids in Poland*, AM Monograph, 1:179-191.
- Domańska-Siuda J., Słaby E., Szuszkiewicz A., 2019: Ambiguous isotopic and geochemical signatures resulting from limited melt interactions in a seemingly composite pluton: a case study from the Strzegom-Sobótka massif (Sudetes, Poland). *International Journal of Earth Sciences*, 108(3):931-962.
- Dowgiałło J., 1973: Wyniki badań składu izotopowego w wodach podziemnych Polski południowej. *Biul. Inst. Geol.*, 227: 319-334
- Dowgiałło J., 2000: Thermal water prospecting results at Jelenia Góra-Cieplice (Sudete, Poland) versus geothermometric forecasts. *Environ. Geol.*, 35 (5):433-436.
- Dowgiałło J., Fistek J., 1998: Dokumentacja hydrogeologiczna pogłębionego otworu C-1 w Jeleniej Górze Cieplicach. Arch. ING PAN, Warszawa.
- Dowgiałło J., Fistek J., 2007: 6. Prowincja sudecka. w: Paczyński B., Sadurski A. (red.), 2007 – *Hydrogeologia regionalna Polski. T II. Wody mineralne, lecznicze, termalne oraz kopalniane*: 57-77. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Dowgiałło J., Fistek J., Mierzejewski M. P., 1989: Pochodzenie i krążenie wód termalnych w Kotlinie Jeleniogórskiej w świetle nowych badań strukturalnych i hydrogeologicznych. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc.* 5-8, Konferencje 29: 351-359
- Dumicz, M., 1964: Budowa geologiczna krystaliniku Gór Bystrzyckich. *Geologia Sudetica* 1: 169– 208.
- Farbisz J., 1993: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Rów Nysy Kłodzkiej. SEGI-PBG Sp. zo.o. Warszawa, Oddział Wrocław [w]: Grzegorzycyk i in., 1993 – Dokumentacja hydrogeologiczna dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych w

utworach kredy górnej w kat. C rejonu Nysy Kłodzkiej i niecki Batorowa. Przedsiębiorstwo Geologiczne „PROXIMA” S.A., Wrocław. CAG, Warszawa

- Farbisz J., Mżyk S., 2013: Analiza i opracowanie danych sejsmicznych, geoelektrycznych, gamma spektrometrycznych oraz weryfikacja danych otworowych dla tematu: „Kompleksowa, geologiczno-geofizyczna interpretacja zdjęcia magnetycznego T Sudetów i ich przedpola”, sprawozdanie z prac wykonanych w 2013r. [w:] Ichnatowicz i in., 2016: „Kompleksowa, geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola [p. pl. 22.6201.1301.00.0]. Arch. NAG, Warszawa.
- Farbisz J., Wojdyła M., 2009: Badania geofizyczne metodą ciągłego profilowania magnetotellurycznego (CPMT) w rejonie Witosławic – Bolesławowa (sprawozdanie techniczne). Arch. PBG, Warszawa
- Farbisz J., Grzegorzczak K., Ciężkowski W., 2009: Projekt prac geologicznych w celu wykonania otworu wiertniczego BT-1 dla pozyskania energii odnawialnej na potrzeby planowanej elektrowni wykorzystującej ciepło Ziemi w Bolesławowie, gm. Stronie Śląskie, pow. kłodzki, woj. dolnośląskie. Arch. NAG, Warszawa,
- Fistek J., 1966: Dokumentacja hydrogeologiczna złoża wód leczniczych – Polanica-Zdrój, Obsługa Techniczna Uzdrowisk.
- Fistek J., 2004: Projekt prac geologicznych dla udokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego. Arch. NAG, Warszawa.
- Fistek J., Borowiec A., Farbisz J., 1993: Dokumentacja hydrogeologiczna badań termometrycznych, geofizycznych i hydrogeologicznych dla zlokalizowania głębokich otworów geotermalnych Duszniki GT-1 i Jeleniów GT-1 wraz z aneksem. Arch. NAG, Warszawa.
- Fistek J., Dowgiałło J., 2003: Wody termalne Cieplic Śląskich w świetle badań geologiczno-poszukiwawczych wykonanych w latach 1969-1973 i 1997-1998. [w:] Sudety Zachodnie: od wendy do czwartorzęd. LXXIV Zjazd Pol. Tow. Geol. Cieplice Śl. Zdrój. Wyd. Wind., Wrocław.
- Fistek J., Fistek A., Farbisz J., 2001: Dokumentacja hydrogeologiczna wynikowa z wierzeń badawczych i dokumentacja badań geofizycznych wykonanych dla rozpoznania złóż wód termalnych rejon Polanica Zdrój. Arch. NAG, Warszawa.
- Fistek J., Gierwielanec J., 1957: Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1 : 25 000, Arkusz Bystrzyca Nowa. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Floyd P.A., Kryza R., Crowley Q.G., Winchester J.A., Abdel Wahed M., 2002: Ślęza Ophiolite: geochemical features and relationship to lower Palaeozoic rift magmatism in the Bohemian Massif. *Geological Society*, London, Special Publications, 201(1):197-215.
- Furnes H., Kryza R., Muszynski A., Pin C., Garmann L.B., 1994: Geochemical evidence for progressive, rift-related early Palaeozoic volcanism in the western Sudetes. *Journal of the Geological Society* 151(1):91-109.
- Gajewski A., 1977: Dokumentacja badań geotermicznych, temat: Kamienica, 1977 r. Arch. NAG, Warszawa.

- Grycko M., 1979: Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Struktura Gór Bystrzyckich i rowu górnej Nisy Kłodzkiej, woj. wałbrzyskie, 1979 r. Arch. NAG, Warszawa.
- Grzegorzczak K., 2002: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Kowary. PIG-PIB Warszawa.
- Grzegorzczak K., Bielecka H., 2006: Dokumentacja geologiczna z wykonania otworu nr WT-1 w miejsc. Wojcieszyce, gm. Stara Kamienica, pow. jeleniogórski, woj. dolnośląskie. Arch. NAG, Warszawa.
- Grzegorzczak K., Farbisz J., 2007: Projekt prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze bloku karkonosko-izerskiego na podstawie kompleksowych badań geofizycznych i pogłębionej analizy danych geologicznych. Arch. NAG, Warszawa.
- Grzegorzczak K., Krawczyk J., Nowak A., Dąbrowski S., Wijura A., Fistek J., 1993: Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w utworach kredy górnej w kat. "C" rejonu rowu Nisy Kłodzkiej i niecki Batorowa. Arch. NAG, Warszawa.
- Hordejuk T., Płochniewski Z., 1986: Warunki występowania i zasoby szczaw termalnych w Grabinie k. Niemodlina. *Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej*, 49, Konferencje, 21: 75-79.
- Ihnatowicz A., Aleksandrowski P., Badura J., Cwojdzński S., Cymerman Z., Kozdrój W., Mydłowski A., Pacuła J., Petecki Z., Przybylski B., Rosowiecka O., Wiszniewska J., Biel A., Czerska D., Karamański P., 2016: Kompleksowa, geofizyczno-geologiczna interpretacja nowego zdjęcia całkowitego pola magnetycznego Ziemi na obszarze Sudetów i ich przedpola [p. pl. 22.6201.1301.00.0]. Arch. NAG, Warszawa.
- Ihnatowicz A., Rosowiecka O., Mikulski S., Przybylski B., 2019: Projekt robót geologicznych na wykonanie badawczych otworów wiertniczych Przerzeczyn PIG-1 i Przerzeczyn PIG-2. Arch. NAG, Warszawa.
- Ilnicki S., Szczepański J., Pin C., 2013: From back-arc to rifted margin: Geochemical and isotopic records in Neoproterozoic?-Cambrian metabasites of the Bystrzyckie and Orlickie Mountains (Sudetes, SW Poland). *Gondwana Research*, 23(3):1104-1121.
- Jeliński A., 1965: Geochemia uranu w granitowym masywie Karkonoszy z uwzględnieniem innych masywów granitoidowych Dolnego Śląska. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 193: 5-110.
- Kapuściński J., Szymańska E., Połujan-Kowalczyk M., 2010: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Ziemi Kłodzkiej i obszaru jeleniogórskiego. Arch. NAG, Warszawa.
- Karwasiecka M., Bruszevska B., 1997: Gęstość powierzchniowego strumienia ciepłego Ziemi na obszarze Polski, Państwowy Instytut Geologiczny, Arch. NAG Warszawa
- Kiełczawa J., 2000: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Nowa Ruda. PIG-PIB Warszawa.
- Kiełczawa B., 2013: Charakterystyka hydrochemiczna wód termalnych Łądką Zdroju. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*: 2/2013.

- Kiełczawa J., Czerski M., 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Jelenia Góra. PIG-PIB Warszawa.
- Kłonowski M., Wojtkowiak A., 2000: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Duszniki Zdrój. PIG-PIB Warszawa.
- Kondracki J., 1978, 1998: Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa (kolejne wydania).
- Krawczyk J., 2006: Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej polski 1:50 000. Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika. Arkusz Nowa Ruda. PIG-PIB Warszawa.
- Krawczyk J., 2006: Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej polski 1:50 000. Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika. Arkusz Złoty Stok. PIG-PIB Warszawa.
- Krawczyk J. i zespół, 1996: Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędu, trzeciorzędowego i triasu rejonu niecki wrocławskiej (II etap) z uwzględnieniem GZWP. Przedsiębiorstwo Geologiczne, Wrocław.
- Krawczyk J., Russ D., Biel A., 2010: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 93.
- Krawczyk J., Aleksandrowski P., Chowaniec J., Skrzypczyk L., Farbisz J., Grzegorzczak K., Biel A., Czerski M., Awdankiewicz H., Mądrala D., Felter A., 2011: Projekt prac geologicznych dla określenia perspektywicznych rejonów i stref występowania wód termalnych na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich wraz z blokiem przedsudeckim. Arch. NAG, Warszawa.
- Krawczyk A., Russ D., Biel A., Serafin R., Mądrala D., 2011b: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu Wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 125. PIG-PIB O/Dolnośląski Wrocław.
- Krawczyk J., Mądrala D., Serafin R., Zawistowski K., Dembiec T., Russ D., Korwin-Piotrowska A., Wojtkowiak A., Krzonkalla-Maryniuk A., Biel A., 2018: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego: zlewnia Kaczawy. PIG-PIB Warszawa
- Kryza R., Mazur S., Pin C., 2003: Subduction and non-subduction-related igneous rocks in the central European variscides: geochemical and isotope evidence from the Kłodzko Metamorphic Complex, Polish Sudetes. *Geodinamica Acta*: (1): 39-57
- Kryza R., Pin C., Oberc-Dziedzic T., Crowley Q.G., Larionov A., 2014: Deciphering the geochronology of a large granitoid pluton (Karkonosze Granite, SW Poland): an assessment of U-Pb zircon SIMS and Rb-Sr whole-rock dates relative to U-Pb zircon CA-ID-TIMS. *International Geology Review* 56(6):756-782.
- Lange U., Bröcker M., Armstrong R., Żelaźniewicz A., Trapp E., Mezger K., 2005: The orthogneisses of the Orlica-Śnieżnik complex (West Sudetes, Poland): Geochemical characteristics, the importance of pre-Variscan migmatization and constraints on the cooling history. *Journal of the Geological Society*, 162(6): 973-984.
- Liber-Makowska E., 2013: Warunki geotermiczne niecki Turoszowa. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, nr 1/2013: 135-141.

- Liber-Makowska E., Łukaczyński I., 2016: Charakterystyka nowo rozpoznanego złoża wód termalnych w Karpnikach na tle warunków geotermicznych Kotliny Jeleniogórskiej. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, nr 2/2016.
- Łukaczyński I., Polaczek P., 2014a: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych otworem KT-1 w Karpnikach k/ Jeleniej Góry, gm. Mysłakowice, pow. jeleniogórski, woj. Dolnośląskie, Arch. NAG, Warszawa.
- Łukaczyński I., Polaczek P., 2014b: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych otworem ST-1 w Staniszowie k/ Jeleniej Góry, gm. Podgórzyn, pow. jeleniogórski, woj. Dolnośląskie Arch. NAG Warszawa.
- Majorowicz J., 1974: Obraz pola cieplnego Ziemi w obszarze Polski, *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, t. XLIV, Kraków
- Majorowicz J., Polkowski M., Grad M., 2019: Thermal properties of the crust and the lithosphere-atmosphere boundary in the area of Poland from the heat flow variability and seismic data, *International Journal of Earth Sciences*, 108: 649-672
- Malczewski D., Sitarek A., Żaba J., Dorda J., 2005: Promieniotwórczość naturalna wybranych skał krystalicznych bloku izerskiego. *Przegląd Geologiczny*, 53(3):237-244.
- Malczewski D., Żaba J., 2019: In situ gamma-ray measurements of ^{40}K , ^{232}Th and ^{238}U in high-grade metamorphic rocks from the Sowie Mountains (Sudetes, SW Poland). *Geological Quarterly*, 63(3), 493-504.
- Marszałek H., 2007: Kształtowanie zasobów wód podziemnych w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej. *Acta Univ. Wratisl. 2993, Hydrogeologia*. Wrocław. Wyd. Uniw. Wrocławskiego, 234 s.
- Martuś M., Jaros E., Laskownicka A., 2019a: Przetwarzanie danych sejsmicznych 2D. Niecka północnosudecka. GK Processing Sp. z o.o.
- Martuś M., Jaros E., Kurowska O., Laskownicka A., 2019b: Przetwarzanie danych sejsmicznych 2D. Synklinorium północnosudeckie. GK Processing Sp. z o.o.
- Martuś M., Jaros E., Kurowska O., Laskownicka A., 2019c: Przetwarzanie danych sejsmicznych 2D. Synklinorium śródsudeckie. GK Processing Sp. z o.o.
- Mazur S., P. Aleksandrowski, K. Turniak & M. Awdankiewicz, 2007: Geology, tectonic evolution and Late Palaeozoic magmatism of Sudetes – an overview. [w:] A. Kozłowski i J. Wiszniewska (ed.), *Granitoids in Poland*, AM (Archivum Mineralogiae) Monograph No. 1. Komitet Nauk Mineralogicznych PAN & Wydział Geologii UW: 59-87.
- Mazur S., Kröner A., Szczepański J., Turniak K., 2010: Pavel Hanžl, Rostislav Melichar, Nickolay V Rodionov, Ilya Paderin, and Sergey A Sergeev. Single zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoid gneisses from SW Poland: evidence for an Avalonian affinity of the Brunian microcontinent. *Geological Magazine*, 147(4):508-526.
- Mądrala D., Zawistowski K., Biel A., 2011: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 108.

- Michalska E., 1992: Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, Arkusz Oława. PIG Warszawa.
- Mikulski S. Z., 2005: Geological, mineralogical and geochemical characteristics of the Radzimowice Au-As-Cu deposit from the Kaczawa Mountains (Western Sudetes, Poland): an example of the transition of porphyry and epithermal style. *Mineralium Deposita*, 39(8):904-920.
- Mikulski S. Z., 2007: The late Variscan gold mineralization in the Kaczawa Mountains, Western Sudetes. *Polish Geological Institute Special Papers*, 22: 21-162.
- Mikulski, S. Z., Williams, I. S., Bagiński, B., 2013: Early Carboniferous (Viséan) emplacement of the collisional Kłodzko–Złoty Stok granitoids (Sudetes, SW Poland): constraints from geochemical data and zircon U–Pb ages. *International Journal of Earth Sciences*, 102(4): 1007-1027.
- Mikulski, S. Z., Williams, I. S. , 2014: Zircon U-Pb dating of igneous rocks in the Radzimowice and Wielisław Złotoryjski auriferous polymetallic deposits, Sudetes, SW Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 84(3): 213-233.
- Modelska M., 2004: Interakcja wód podziemnych i powierzchniowych z środowiskiem skalnym w wybranych zlewniach Sudetów. Uniwersytet Wrocławski. Wydział Nauk Przyrodniczych. Wrocław.
- Mroczkowska B., 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 ark. Bystrzyca Kłodzka. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mroczkowska B., 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 ark. Międzyzlesie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mroczkowska B., 1998: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 wraz z objaśnieniami, ark. Stronie Śląskie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mroczkowska B., 2000: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 wraz z objaśnieniami, ark. Złoty Stok. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Oberc-Dziedzic T., Pin C., and Kryza R., 2005: Early palaeozoic crustal melting in an extensional setting: petrological and Sm-Nd evidence from the Izera granite-gneisses, Polish Sudetes. *International Journal of Earth Sciences*, 94(3): 354-368.
- Oberc-Dziedzic, T., Kryza, R., Klimas, K., Fanning, M.C., Madej, S., 2005: Gneiss protolith ages and tectonic boundaries in the NE part of the Bohemian Massif (Fore-Sudetic Block, SW Poland). *Geological Quarterly*, 49: 363–378.
- Oberc-Dziedzic T., Kryza R., Mochnacka K., Larionov A., 2010: Ordovician passive continental margin magmatism in the central-european variscides: U-Pb zircon data from the se part of the Karkonosze-Izera Massif, Sudetes, SW Poland. *International Journal of Earth Sciences* , 99(1): 27-46.
- Oberc-Dziedzic, T., Kryza, R., Pin, C., Madej, S., 2013: Variscan granitoid plutonism in the Strzelin Massif (SW Poland): petrology and age of the composite Strzelin granite intrusion. *Geological Quarterly*, 57: 269–288.
- Oberc-Dziedzic, T., Kryza, R., Pin, C., 2015: Last stage of Variscan granitoid magmatism in the Strzelin Massif (SW Poland): petrology and age of the biotite-muscovite granites. *Geological Quarterly*, 59(4): 718-737.

- Oberc-Dziedzic T., Pin C., Madej P., Kryza R., 2016: Three generations of granitoids emplaced over a 300 My time span in the Strzelin Massif, Fore-Sudetic block, SW Poland: mutual relationships and implications for secular crustal evolution. *Journal of Geosciences*, 61(4): 289-308.
- Paczyński B., Sadurski A. (red), 2007: Hydrogeologia regionalna Polski tom I Wody słodkie. PIG-PIB Warszawa.
- Paczyński B., Sadurski A. (red), 2007: Hydrogeologia regionalna Polski, tom II – Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalne. PIG-PIB Warszawa.
- Pietranik A., Koepke J., 2009: Interactions between dioritic and granodioritic magmas in mingling zones: plagioclase record of mixing, mingling and subsolidus interactions in the Gęsiniec Intrusion, NE Bohemian Massif, SW Poland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158(1):17.
- Pietranik A., Waight T.E., 2008: Processes and sources during late variscan dioritic-tonalitic magmatism: insights from plagioclase chemistry (Gęsiniec Intrusion, NE Bohemian Massif, Poland). *Journal of Petrology*, 49(9):1619-1645
- Plewa S. (red.), 1994: Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Kraków: CPPGSMiE PAN
- Plewa M., 1996: Badania ciepła radiogenicznego skał krystalicznych i osadowych obszaru sudeckiego: praca zbiorowa. Wydaw. Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energii PAN, Kraków.
- Puziewicz J., Czechowski L., Krysiński L., Majorowicz J., Matusiak-Matek M., Wróblewska M., 2012: Lithosphere thermal structure at the eastern margin of the Bohemian Massif: a case petrological and geophysical study of the Niedźwiedź amphibolite massif (SW Poland). *International Journal of Earth Sciences*, 101(5): 1211-1228.
- Rasała M., Ciężkowski W., Wąsik M., Kiełczawa B., 2019: Dokumentacja geologiczna z wykonania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny w związku z wykonaniem otworu poszukiwawczego za wodami termalnymi LZT-1 w Łądku Zdroju, gm. Łądek Zdrój, pow. kłodzki, woj. dolnośląskie, Arch. NAG, Warszawa.
- Razowska-Jaworek L., Cudak J., 2002: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 wraz z objaśnieniami, ark. Nysa. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Razowska-Jaworek L. i inni., 2013: Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 338 Subzbiornik Paczków-Niemodlin. PIG PIB Warszawa.
- Różycka M., 2015: Wskaźniki morfometryczne w geomorfologii tektonicznej. *Landform Analysis*, 30: 3-20
- Russ D., Mądrała D., Biel A., 2011: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu Wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 126. PIG-PIB O/Dolnośląski Wrocław.

- Rybach L., Čermak V., 1982: Radioactive heat generation in rocks. *Landolt-Bornstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*, Group V. Angenheister G (red), Springer-Verlag, Berlin , 353-371.
- Serafin R., Krawczyk A., 2010: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 137. PIG-PIB Warszawa.
- Serafin R., Korwin-Piotrowska A., Krawczyk J., Wojtkowiak A., Biel A., 2015: Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 341 Niecka wewnątrzsudecka Kudowa Zdrój - Bystrzyca Kłodzka. Arch. NAG Warszawa.
- Słaby E., Martin H., 2008: Mafic and felsic magma interaction in granites: the Hercynian Karkonosze Pluton (Sudetes, Bohemian Massif). *Journal of Petrology*, 49(2): 353-391
- Soćko A., Jakubiak H., 1990: Dokumentacja kompleksowej interpretacji geologiczno-geofizycznej, temat: Sudety wschodnie. Warszawa
- Sokołowski J., Felter A., Socha M., Stożek J., Gryczko-Gostyńska A., 2014: Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Sulisław GT-1 w celu ujęcia wód termalnych w miejscowości Sulisław, gm. Grodków, pow. brzeski, woj. opolskie. Arch. NAG, Warszawa.
- Solecki A. (red.), 2013: Radioaktywność surowców skalnych – nowe metody dokumentowania. Poltegor – Instytut Wrocław, 2013
- Sroka W., 1992: Morfotektonika gór obrzeżających Kotlinę Kłodzką w świetle badań morfometrycznych. Rozprawa doktorska, maszynopis, Arch. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław, 197 s.
- Suszka A., Nagrodzka D., Miś D., 2015: Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Lokalnego Zbiornika Wód Podziemnych Śnieżnik - Góry Bialskie (dawnego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 339 Śnieżnik - Góry Bialskie). PIG PIB NAG, Warszawa.
- Szczepański J., 2007:– A vestige of an early Devonian active continental margin in the East Sudetes (SW Poland) evidence from geochemistry of the Jegłowa beds, Strzelin Massif. *Geological Quarterly*, 51(3): 271-284.
- Szczepański J. 2010: Proweniencja i ewolucja tektonometamorficzna serii suprakrustalnej w krystaliniku Gór Bystrzyckich. Uniwersytet Wrocławski, 166 s.
- Tarka R., 1997: Zasilanie wód podziemnych w górskich masywach krystalicznych na przykładzie Masywu Śnieżnika. Prace geologiczno-mineralogiczne LVI. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław.
- Tarka R., 2006: Hydrogeologiczna charakterystyka utworów kredy w Polskiej części Sudetów. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego No 2884.
- Turniak K., Mazur S., Wysoczański R., 2000: Shrimp zircon geochronology and geochemistry of the Orlica-śnieżnik gneisses (Variscan belt of Central Europe) and their tectonic implications. *Geodinamica Acta*, 13(5): 293-312.

- Wijura A., Lichtarski G., Piechówka A., 2010: Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu Wodnego Środkowej Odry. JCWPd nr 109. Arch. PIG-PIB O/Dolnośląski Wrocław.
- Winnicka G., 1997: Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, Arkusz Lewin Brzeski. PIG Warszawa.
- Wojciechowska R., Gurwin J., Kieńć D., Wyszowska I., Śliwka R., 2013: Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 317 Niecka zewnętrzna sudecka Bolesławiec (Niecka zewnętrznosudecka Bolesławiec). Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu PROXIMA SA.
- Wojtkowiak A., 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 ark. Świdnica. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Wojtkowiak A., 2000: Reżim źródeł obszarów krystalicznych Sudetów Zachodnich. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 390.
- Wojtkowiak A., 2002: Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 ark. Jawor. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Wójcicki A. (red), 2013: Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce (raport końcowy), Arch. NAG Warszawa.

8.2 Zestawienie dokumentacji geoelektrycznych, których skany lub oryginały analogowe są dostępne w NAG, a których zawartość może być interesująca ze względu na poszukiwania wód termalnych

(lokalizacja przedstawiona na Zał. 7, kolejność chronologiczna)

- Kuchnio K., 1958: Badania geoelektryczne południowo-wschodniej okrywy Karkonoszy, 1957 r. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4522/97*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Potwierdzenie istnienia uskoku. Określenie rozprzestrzenienia utworów aluwialnych. * Wnioski * Otrzymane wyniki przyczyniły się do dokładniejszego rozpoznania budowy geologicznej SE części Okrywy Karkonoszy.
- Jagodziński A., 1960: Sprawozdanie z prac geofizycznych wykonanych metodą elektrooporową w rejonie Zaręby k/Lubania, 1960 rok. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-213; Arch. Urz. Woj. Wydz. Ochr. Środ. Jelenia Góra, nr arch. HG-SI-4*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Prześledzenie stropu krystalicznego, stropu trzeciorzędu w aspekcie hydrogeologicznym. * Wnioski * Stwierdzono istnienie dwóch warstw z możliwością występowania wody: 1- o oporności 50-90 Ω m występującej na dużym obszarze, 2 - 90-200 Ω m zalegającej w ośrodku niskooporowym.
- Stenzel P., 1962: Sprawozdanie ze zwiadowczych badań geofizycznych wykonanych metodą elektrooporową, temat: Dolny Śląsk, 1962 r. *Arch. NAG, Oddz. Dolnośląski, nr arch. 4523/76*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Stwierdzenie przydatności badań geoelektrycznych do określania głębokości zalegania stropu podłoża. * Wnioski * Potwierdzono możliwość śledzenia stropu podłoża granitowego metodą elektrooporową. Rozpoziomowano utwory nadkładu, wydzielono rejony perspektywiczne pod względem występowania kaolinów, zasygnalizowano istnienie uskoku w rejonie Paszowic. Opracowano wnioski metodyczne.
- Stenzel I., 1967: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Strzelin – Żulowa, 1966 r. rejon: Jarnołtów – Biskupów. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4724/264*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Oznaczenie podłoża podtrzeciorzędowego i rozwarstwienie trzeciorzędu. * Wnioski * Wyznaczono głębokość podłoża podtrzeciorzędowego. Zlokalizowano dyslokacje. Rozdzielono podłoże metamorficzne od granitu.
- Braniecki S., 1967: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Strzegom – Żarów, 1967 r. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4522/472*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie głębokości zalegania wysokooporowego podłoża oraz okonturowanie wypiętrzenia granitu (Strzelin). * Wnioski * Określono głębokość zalegania stropu wysokooporowego podłoża. Skartowano uskoki w obrębie masywu granitowego i na jego obrzeżeniu.

- Braniecki S., 1972: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Paczków – Otmuchów, 1971 r. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4724/317; Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-639*
 - brak abstraktu z CBDG, jest skan dokumentacji – mapa stropu podtrzeciorzędowego
- Duda S., 1972: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Strzelin, 1972 r. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. E-658 PBG*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Wydzielenie w obrębie czwarto i trzeciorzędu stref perspektywnych hydrogeologicznie oraz ewentualnie określenie głębokości podłoża krystalicznego. * Wnioski * W części S podłoże występuje dość płytko, w części N występuje znaczne zagłębienie. Stwierdzono także urozmaiconą tektonikę. Wskazano trzy punkty SGE dla wierceń rozpoznawczych, głębokości 38,60, i 70 m.
- Kucharska S., Kucharski R., 1972: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Pogórze Izerskie – 1971/72 r. rejon Mirsk i Białopole. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4521/409*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie głębokości zalegania skał podłoża, prześledzenie stref dyslokacyjnych. * Wnioski * Wyznaczono przypuszczalny strop podłoża podkenozoicznego. Prześledzono strefy dyslokacyjne. Wskazano strefy perspektywiczne pod względem występowania kaolinów.
- Stenzel I., Cygan A., 1974: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Pisarzowice k/Lubania, 1974 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-824*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w czwartorzędzie, wyznaczenie stropu podłoża. * Wnioski * Wydzielono strop podłoża metamorficznego. Wydzielono warstwy perspektywne hydrogeologicznie. W centralnej części zawadnione piaski zalegają na podłożu krystalicznym.
- Farbisz E., 1981: Dokumentacja badań geoelektryczno-magnetycznych, temat: Arkusz Ząbkowice Śląskie, 1981 rok, woj. Wałbrzyskie. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4623/886*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Wyznaczenie głębokości zalegania podłoża podkenozoicznego, określenie litologii kenozoiku. * Wnioski * Wyznaczono głębokość zalegania stropu podłoża podkenozoicznego. Prześledzono strefy tektoniczne. Wyznaczono zasięg serpentynitów ew. amfibolitów.
- Huzar B., 1982: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:25 000, arkusz Konary, 1982 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-1185*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej. * Wnioski * Określono morfologię stropu podłoża podkenozoicznego i charakter wypełniających zagłębienia utworów kenozoicznych. Zlokalizowano szereg struktur w podłożu o charakterze tektonicznym.

- Farbisz E., 1982: Sprawozdanie z uzupełniających badań geoelektrycznych, temat: Jawor, 1982 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-1196*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie warunków hydrogeologicznych. * Wyniki interpretacji * Charakterystyka opornościowa: /nadkład/ warstwy perspektywiczne hydrogeologicznie 90-180omm, gliny 40-80omm, iły 20-30omm, pyły 100-200omm, żwiry 35-80omm, piaski, żwiry suche >250omm, /podłoże/ granity zwietrzałe <1000omm, c.d. w uwagach. * Wnioski * Wydzielono obszary o zróżnicowanych perspektywach hydrogeologicznych. Zaproponowano lokalizację otworów wiertniczych
- Berlińska Z., Rutkowski E., 1983: Dokumentacja geologiczno-geofizyczna dla rozpoznania złotonośnych piasków w rejonach Gryfowa Śląskiego, temat: Rów Lubomierski, 1982 rok (woj. jeleniogórskie). *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4421/530*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej pod kątem poszukiwania obniżeń wypełnionych piaskami i żwirami złotonośnymi. * Wnioski * Określono litologię i tektonikę badanej przestrzeni geologicznej. Rozpoznano obniżenia podłoża o założeniach tektonicznych. Określono zasięg występowania piasków złotonośnych występujących w aluwiach rowu lubomirskiego.
- Wołoszczyńska Ł., 1983: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Zbiornik wodny Sosnówka, 1983 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-1237*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej dla ustalenia wpływu projektowanego zbiornika na reżym wód leczniczych Cieplice Śląskie Zdrój. * Wnioski * Rozpoznano budowę geologiczną w rejonie projektowanej zapory. Wskazano obszary bardziej zwietrzałego granitu, zaburzone tektonicznie.
- Bizoń A., 1984: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Jelenia Góra, 1984 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-1257*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie warunków hydrogeologicznych w czwartorzędzie na północ od Jeleniej Góry. * Wnioski * Rozdzielono utwory nadkładu. Wydzielono serię geoelektryczną związaną z warstwą piasków zawodnionych i żwirów. Określono przebieg dwóch nieciągłości w podłożu wysokooporowym.
- Huzar B., Kowalski A., 1987: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Działoszyn – Posada – Bratków, 1987 rok, woj. Jeleniogórskie. *Arch. PBG, Warszawa, nr arch. E-1348*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w utworach czwartorzędowych. * Wnioski * Określono morfologię stropu podłoża krystalicznego nad którym wydzielono warstwy piaszczyste/wodonośne/. Wyznaczono sześć rejonów perspektywicznych hydrogeologicznie i wskazano lokalizację otworów wiertniczych.
- Farbisz E., Jaworska J., 1987: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Jaroszewski Okręg Eksploatacji, 1978/79 r., woj. legnickie, wałbrzyskie, wrocławskie. *Arch. PBG, Warszawa, nr kat. E-1357*

- Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej oraz określenie perspektyw surowcowych w zakresie łąw ogniotrwałych, kaolinów i granitów. * Wnioski * Wyznaczono 65 otworów. Najkorzystniejsze warunki złożowe na wystąpieniu Mrowin i Żarowa. Materiały wniosły nowe uwagi o budowie geologicznej. Na szczególną uwagę zasługują mapy głębokości zalegania podłoża i nowa hipoteza tektoniki.
- Jakubiak H., 1990: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Arkusz Wojcieszów, 1990 rok, woj. jeleniogórskie. *Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 1306/91*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Stwierdzenie istnienia i wyznaczenie przebiegu kopalnej doliny pra Kaczawy wypełnionej piaskami i żwirami. Określenie miąższości osadów karbonu górnego i dolnego permu, głębokości podłoża oraz tektoniki. * Wnioski * Stwierdzono i wyznaczono przebieg kopalnej doliny pra Kaczawy. Określono miąższość osadów permokarbonu oraz głębokość zalegania starszego podłoża tych utworów. Wyznaczono szereg dyslokacji tektonicznych.
- Jagodziński, A., 1990: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:25 000, arkusz: Dziwiszów, województwo jeleniogórskie. *Arch. NAG, Warszawa, nr arch. 1277/91*
 - Fragment tekstu dokumentacji: * Celem * badań było określenie: 1. Miąższości i charakteru litologicznego osadów czwartorzędu, 2. Głębokości zalegania podłoża podkenozoicznego, 3. Wyznaczenie granicy tektonicznej w/w jednostek geologicznych z utworami kompleksu kaczawskiego. * Wnioski * W rejonie Świerzawy określono miąższość osadów czwartorzędowych i głębokość podłoża podkenozoicznego. Granica utworów dolnego permu z utworami kompleksu kaczawskiego ma charakter tektoniczny i prawdopodobnie jest to uskok podwójny, a nawet potrójny. W rowie Wlenia [...] granice rowu określono częściowo na podstawie badań archiwalnych, a dwa dokumentowane ciągi sondowań nie przecinają granic rowu. [...] W rejonie granitów karkonoskich określono miąższość kenozoiku tam gdzie było to możliwe oraz kontakt granitu z utworami Gór Kaczawskich.
- Wiński J., 1991: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:25 000, arkusz Krotoszyce, woj. legnickie, 1991 r. Warszawa. *Arch. PBG, Warszawa, nr arch. E-1486*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Prace dla Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów 1:50000. Dostarczenie informacji o głębokości występowania i ukształtowaniu powierzchni podłoża podczwartorzędowego. * Wnioski * Przedstawione wyniki prezentują nowe spojrzenie na tektonikę granicy Góry Kaczawskie-blok - przedsudecki /odcinek na ark. Krotoszyce/. Przedstawiono dość szczegółową mapę morfologii utworów podczwartorzędowych opartą o sondowania i otwory.
- Tkaczyk A., 1992: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Rejon Prudnik, woj. opolskie - 1992 r. *Arch. NAG, Warszawa, nr inw. 2450/2014*

- Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej utworów kenozoiku, głównie czwartorzędu. Uściślenie przebiegu stref perspektywnych. Należało także określić, w miarę możliwości, morfologię i tektonikę podłoża paleozoicznego. * Wnioski * określono, w południowej części obszaru badań, głębokość zalegania stropu osadów paleozoicznych; określono, na całym obszarze, głębokość zalegania stropu utworów trzeciorzędowych (rzędne 300 – 200 m n.p.m); stwierdzono, że problemów hydrogeologii czwartorzędu nie można rozpatrywać bez analizy tektoniki podłoża; określono, że zarówno Prudnik jak i Złoty Potok płyną w strefach uskokowych, co może tłumaczyć zanikanie wody stwierdzone w tych rzekach; w rejonie Prudnik – Niemysłowice mamy do czynienia z węzłem tektonicznym
- Tkaczyk A., 1993: Dokumentacja badań geoelektrycznych temat: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz: Prudnik (937) woj. opolskie. *Arch. NAG, Warszawa, nr inw. 973/93*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Uzyskanie informacji o ukształtowaniu powierzchni podczwartorzędowej oraz przebadanie wykształcenia i stosunków miąższościowych utworów kenozoiku. * Wnioski * Określono głębokość zalegania stropu paleozoiku i stropu trzeciorzędu. Określono miąższość czwartorzędu i przebieg stref dyslokacyjnych. W czwartorzędzie wyinterpretowano szereg warstw fizycznych. Oceniono perspektywność hydrogeologiczną.

8.3 Dokumentacje, które należałoby przejrzeć, ale niedostępne są ich skany ani wersja analogowa

(Załącznik 7) (kolejność chronologiczna, pogrubione pozycje szczególnie interesujące)

- Jagodziński A., 1963: Opracowanie badań geoelektrycznych, temat: Świebodzice, rok 1963. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-276*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie geologiczne utworów trzecio i czwartorzędowych oraz określenie stref zawodnienia * Wnioski * Wykryto formę stożka napływowego w okolicy Mokrzeszowa. Wskazano najkorzystniejszą hydrogeologicznie lokalizację dla otw. wiertniczych
- Jagodziński A., 1965: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Strzegom - Olszany, 1965 r. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-344*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań: Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w utworach trzeciorzędu i podtrzeciorzędowych. * Wnioski: Prześladowano morfologię podłoża. Dokonano rozpozniowania utworów nadkładu z orientacyjnym określeniem zalegania warstw wodonośnych. Wskazano obszar o najlepszych perspektywach hydrogeologicznych.
- **Jagodziński A., 1965: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Niemcza, rok 1965. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-353***
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań: Rozpoznanie kenozoiku dla potrzeb hydrogeologicznych. Lokalizacja spękań tektonicznych w podłożu. * Wnioski: Miąższość ilastego nadkładu trzecio-czwartorzędowego w części zachodniej ok. 100 m. W części wschodniej i środkowej wydzielono strefy tektoniczne, perspektywiczne pod względem występowania wód szczelinowych.
- Jagodziński A., 1966: Analiza rezultatów badań elektrooporowych na tle uzyskanych wyników z wierceń w rejonie Olszan i Mokrzeszowa. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-390*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Analiza materiałów geofizycznych uzyskanych z badań metodą geoelektryczną w latach 1963-1965 (przeprowadzonych dla celów surowcowych) w aspekcie potrzeb hydrogeologicznych w rejonie Jaworzyny Śląskiej. * Wnioski * Wskazano strefę rokującą perspektywę uzyskania większych ilości wody.
- **Jagodzińska B., Cieśla E., Jodłowski S., 1969: Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Łądek-Zdrój, 1969 rok. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-520***
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Zlokalizowanie spękań i dyslokacji z którymi może być związane występowanie wód leczniczych. * Wnioski * Określono granice zalegania poszczególnych rodzajów skał. Zlokalizowano strefy spękań i dyslokacje z którymi związane jest występowanie wód leczniczych.

- Sołonowicz S., Jagodzińska B., 1970: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Sokolniki, pow. Dzierżoniów, 1970 rok. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-567*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. * Wnioski * Rozpoznano strop podłoża krystalicznego i czwartorzędowy nadkład. Wydzielono strefę perspektywiczną hydrogeologicznie. Utwory nadkładu są głównie niskooporowe.
- **Iciek A., 1970: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Cieplice Śląskie - Zdrój, 1970 rok. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-574**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie miąższości pokrywy granitu i jej zmian. Wykrycie dyslokacji i wód termalnych, kierunku przepływu, stopień radio- aktywności. * Wnioski * Rozpoznano budowę tektoniczną, określono kierunki filtracji oraz prędkość przepływu wód podziemnych. Miąższość nadkładu ok. 10m.
- **Iciek A., 1970: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Świeradów Zdrój, 1970 r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-586**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Wykrycie i zlokalizowanie stref uskokowych oraz określenie zawodnienia tej strefy * Wnioski * Potwierdzono i zlokalizowano nowe strefy spękań i zluźnień, z którymi mogą być związane wody szczelinowe. Metodą PS i ciała naładowanego określono kierunek przepływu i filtracji wód podziemnych
- Iciek A., 1971: Dokumentacja dodatkowych badań geoelektrycznych, temat: Cieplice Śląskie - Zdrój, 1971 rok. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-620*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie przebiegu uskoku tektonicznego oraz pogrzebanego wcięcia erozyjnego. * Wyniki interpretacji * Wydzielono anomalie /niskooporowe/, które powiązano ze strefami spękań; z profilowań krzyżowych PS określono kierunki filtracji i przepływu wód szczelinowych.
- **Wilczyńska U., Duda S., 1973: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Julianów k. Wałbrzycha. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-726; Arch. Urz. Woj. Wydz. Ochr. Środ., Wałbrzych, nr arch. EII/683**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Prześledzenie stref spękań tektonicznych w gnejsach, prowadzących wody. * Wnioski * Wyznaczono strefy niskooporowe, utożsamiane ze strefami spękań tektonicznych w podłożu, w których mogą występować wody szczelinowe. Miąższość nadkładu wynosi 2-5 m.

- Rudzki K., 1974: Opracowanie badań geoelektrycznych, temat: Kurzątkowice - Stacja Hodowli Roślin, 1974 r. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-811*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie pod kątem perspektyw hydrogeologicznych czwartorzędu i stropowych partii trzeciorzędu. * Wnioski * Wytypowano miejsca występowania stref o podwyższonej oporności w czwartorzędzie do poszukiwania poziomów wodonośnych. Wytypowano 4 rejony perspektywiczne.
- **Berlińska Z., 1974: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Międzylesie, pow. Bystrzyca Kłodzka, 1974 r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-829**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Wytypowanie stref perspektywicznych hydrogeologicznych w utworach kredowych. * Wnioski * Stwierdzono występowanie nielicznych stref niskooporowych, odpowiadających strefom spękań. Największa strefa ma szerokość ok.50m i tu mogą występować wody szczelinowe.
- **Farbisz J., 1974: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Różana, 1974 r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-819**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Określenie głębokości stropu gnejsów, wykrycie stref spękań tektonicznych. * Wnioski * Wydzielono rejony ze zwierztałym podłożem, z którymi można wiązać wody szczelinowe. Wydzielone piaski w nadkładzie można traktować jako zbiornik wód warstwowych.
- **Boroński B., 1978: Dokumentacja badań geotermicznych, temat: Szklarska Poręba - etap I, 1978 r. Arch. NAG, Warszawa, nr kat. 4521/460**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Zbadanie pola termicznego dla właściwej lokalizacji otworu poszukiwawczego za wodami termalnymi. * Wnioski * Rozpoznano pole termiczne, wydzielając strefy "zimne" (< 5°C) i "ciepłe" (> 5°C). Strefy o najwyższych temperaturach (5.5->6 °C) mogą być związane z występowaniem w nich wód termalnych.
- Bizoń A., 1979: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Uciechów, 1978 r. *Arch. PBG, Warszawa, nr arch. E-1040*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej obszaru pod kątem perspektyw hydrogeologicznych * Wnioski * Prześlędzono morfologię stropu wysokooporowego podłoża krystalicznego zalegającego na głębokości kilkadziesiąt-do 120 m. Wydzielono strefy perspektywne hydrogeologicznie - przewidywana głębokość wiercenia 80-120 m.
- **Huzar B., Farbisz J., Bizoń A., 1980: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Niecka krzeszowska, cz. I, 1977/80 r. 1980 r. - rejon C, cz. II, 1978/80 r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-1120**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. * Wyniki interpretacji * Wnioski * Rozpoznano budowę geologiczną Niecki Krzeszowskiej. Za najbardziej

perspektywiczne hydrogeologicznie uznano rejony występowania utworów wysokooporowych z nieciągłościami o charakterze tektonicznym.

- **Kotyrba A., 1981: Dokumentacja badań geotermicznych, temat: Szklarska Poręba, rok badań 1981. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-1166**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie warunków geotermicznych w strefie głębokościowej poniżej zasięgu pionowych dobowych i rocznych zmian temperatury. * Wnioski * Wskazano 2 rejony korzystne dla lokalizacji głębokiego otworu poszukiwawczego za wodami termalnymi (przewidywana głębokość ok.1000 m.)
- **Farbisz J., 1983: Dokumentacja badań geoelektrycznych ,temat: Łężyce - Miejski Lasek, rejon: Miejski Lasek , 1983r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-1221**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej pod kątem hydrogeologicznym i wyznaczenie najkorzystniejszej lokalizacji wierceń. * Wnioski * Wyróżniono strefę obniżonych oporów związanych z uskokami Krzyżanów-Kocioł oraz wysokooporowy blok zbudowany z granitów i skał metamorficznych. Zlokalizowano otwór badawczy (wody szczelinowe)
- **Farbisz E., 1984: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Miejski Lasek - Łężyce. 1984 r. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-1244**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej rejonu Łężyc pod kątem perspektyw hydrogeologicznych. * Wnioski * Określono morfologię stropu podłoża wysokooporowego. Postawiono hipotezę tektoniki obszaru. Wyznaczono wyraźne granice w przypowierzchniowych partiach kredy.
- **Mżyk S., 1985: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Niemcza - 1985 r., woj. Wałbrzyskie. Arch. PBG, Warszawa, nr arch. E-1276; Arch. Przeds. Geol. Proxima S.A., Wrocław, nr arch. 16698**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Uzupełnienie rozpoznania budowy geolog. i warunków hydrogeologicznych obszaru z archiwalnych badań w 1965 r. Wyjaśnienie perspektyw występowania warstw wodonośnych w utworach kenozoicznych w rejonie Przerzeczyna Zdroju. * Wnioski * Rozpoznano utwory kenozoiczne. Nie stwierdzono występowania większych kompleksów utworów wyżejoporowych. Wydzielono obszary o największym prawdopodobieństwie występowania warstw wodonośnych. Rozpoznano strefy spękań i uskoków w rej. Niemczy.
- **Sobański S., 1987: Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Rów Wlenia - 1987 r., woj. Jelenia Góra. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych Warszawa, nr arch. E-1356**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej rejonów czterech zaprojektowanych otworów wiertniczych. *

- Wnioski * Określono optymalną lokalizację otworu badawczo-eksploatacyjnego i głębokość stropu utworów perspektywicznych hydrogeologicznie. Wyznaczono granicę rowu. Zlokalizowano strefę zaangażowania tektonicznego.
- Szulc A., 1988: Sprawozdanie z uzupełniających badań geoelektrycznych, temat: Podgórci, 1988 rok, woj. Jeleniogórskie. *Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa, nr arch. E-1414*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych do zlokalizowania głębokiego otworu ujmującego wody szczelinowe z utworów podkenozoicznych. * Wnioski * Nie stwierdzono stref tektonicznych prowadzących wodę. Nie można wskazać lokalizacji otworu poszukiwawczego za wodami szczelinowymi.
 - **Farbisz E., 1992: Dokumentacja badań geoelektrycznych - Kudowa-Jeleniów-Duszniki. Arch. SEGI-PBG Sp. z o.o., Warszawa, nr arch. 6Wr**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Szczegółowe rozpoznanie przypowierzchniowej tektoniki dla zlokalizowania płytkich wierceń geotermicznych. * Wnioski * Na podstawie korelacji danych geofizycznych z mapami geologicznymi wydzielono 3 typy anomalii VLF obliczonych metodą Frasera: wąskie, wysokoamplitudowe anomalie związane z tektoniką, anomalie o większej szerokości i niższych amplitudach.
 - Farbisz E., 1992: Dokumentacja badań geoelektrycznych – Targowica. *Arch. SEGI-PBG Sp. z o.o., Warszawa, nr arch. 10Wr*
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w dwóch rejonach, wyznaczenie obszaru perspektywicznego dla budowy ujęcia wody o wydajności 5m³/h. * Wnioski * Na przekrojach geoelektrycznych wyeksponowano następujące wydzielenia geologiczne: utwory podłoża (łupki łuszczkowe) -50-200Ωm, nieprzepuszczalne utwory ilaste 6-50 Ωm, wyżejoporową warstwę geoelektryczną o oporach rzędu 60-130Ωm.
 - **Farbisz E., 1993: Dokumentacja badań geoelektrycznych - Rów Nysy Kłodzkiej. Arch. SEGI-PBG Sp. z o.o., Warszawa, nr arch. 20Wr**
 - Brak abstraktu
 - **Farbisz J., Wojdyła M., 2008: Dokumentacja badań geofizycznych metodą Ciągłego Profilowania Magnetotellurycznego (CPMT) w rejonie Siennej (Przełęcz Puchaczówka) wykonanych dla potrzeb rozpoznania możliwości ujęcia wód geotermalnych. Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych Sp. z o.o., Warszawa, nr kat. E-1678**
 - Fragment abstraktu z CBDG: * Cel badań * Badania miały na celu rozpoznanie strefy tektonicznej w rejonie Siennej na przełęczy Puchaczówka pod kątem stwierdzenia możliwości występowania w jej obrębie wód geotermalnych i wskazania optymalnej lokalizacji wiercenia poszukiwawczego. Pomiarów wykonano metodą ciągłych profilowań magnetotellurycznych w wersji AMT wzdłuż jednego profilu. Łącznie wykonano 11 sondowań.