

Zleceniodawca:



## **Gmina Legnickie Pole**

ul. Kiliana Ignacego Dientzenhofera nr 1  
59-241 Legnickie Pole

Wykonawca:



## **HPC POLGEOL Spółka Akcyjna**

03-908 Warszawa, ul. Berezyńska 39  
tel.: 22 617 30 31; fax.: 22 617 42 21  
mail: polgeol@hpc-polgeol.pl, www.polgeol.pl

# **PROJEKT ROBÓT GEOLOGICZNYCH**

## **na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Legnickie Pole GT-1 w miejscowości Legnickie Pole**

miejscowość:	Legnickie Pole
gmina:	Legnickie Pole
powiat:	legnicki
województwo:	dolnośląskie

Opracowali:

mgr Jacek Kapuściński  
(upr. nr IV-0308)

mgr Jarosław Wagner

dr inż. Bogdan Noga

Prezes Zarządu:

Warszawa, czerwiec 2021



## SPIS TREŚCI

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW .....	5
1. Wstęp .....	6
2. Zakres rzeczowy zadania .....	6
3. Lokalizacja otworu wraz z opisem i charakterystyką zagospodarowania terenu oraz obiektów i obszarów chronionych .....	8
3.1. Lokalizacja zamierzonych robót.....	8
3.2. Opis i charakterystyka zagospodarowania terenu .....	8
3.3. Identyfikacja, opis i charakterystyka obszarów i obiektów chronionych .....	8
4. Stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych, hydrogeochemicznych, i zasobów wód podziemnych, omówienie wyników przeprowadzonych wcześniej robót geologicznych i badań geofizycznych, wraz z wykazem wykorzystanych geologicznych materiałów archiwalnych.....	9
4.1. Roboty wiertnicze .....	9
4.2. Badania geofizyczne .....	10
4.3. Badania hydrogeologiczne .....	14
5. Uwarunkowania geomorfologiczne, klimatyczne i hydrograficzne.....	17
5.1. Geomorfologia i ukształtowanie terenu.....	17
5.2. Klimat .....	17
5.3. Hydrografia.....	17
6. Budowa geologiczna oraz warunki hydrogeologiczne i geotermalne. Przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu wiertniczego w rejonie zamierzonych robót geologicznych .....	18
6.1. Budowa geologiczna i tektonika.....	18
6.2. Stratygrafia .....	18
6.2.1. <i>Proterozoik-kambr</i> .....	19
6.2.2. <i>Paleozoik</i> .....	20
6.2.3. <i>Paleogen i neogen</i> .....	20
6.2.4. <i>Czwartorzęd</i> .....	21
6.3. Warunki hydrogeologiczne rejonu planowanych prac .....	21
6.3.1. <i>Czwartorzędowe piętro wodonośne</i> .....	22
6.3.2. <i>Neogeńskie piętro wodonośne</i> .....	22
6.3.3. <i>Proterozoiczno-paleozoiczne piętro wodonośne</i> .....	23
6.4. Warunki geotermiczne.....	23
6.5. Przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu.....	25
7. Skład chemiczny, właściwości fizyczne i jakość wód podziemnych .....	25
8. Koncepcja ujęcia wody termalnej, projektowany zakres prac .....	26
8.1. Opis i uzasadnienie lokalizacji otworu wiertniczego .....	27
8.2. Przewidywana konstrukcja projektowanego otworu wiertniczego, technika i technologia wiercenia.....	27
8.2.1. <i>Zakres projektowanych robót wiertniczych i badań w trakcie głębienia otworu</i> .....	27
8.2.2. <i>Przewidywana konstrukcja i zarurowanie otworu wiertniczego</i> .....	31

8.2.3. Wymagania dotyczące zastosowanej płuczki wiertniczej .....	32
8.3. Informacje dotyczące zamykania horyzontów wodonośnych .....	33
8.4 Sposób i termin likwidacji otworu wiertniczego oraz rekultywacji gruntów .....	34
8.5 Prace geodezyjne.....	35
8.6 Charakterystyka i uzasadnienie zakresu oraz metod zamierzonych badań geofizycznych i geochemicznych oraz ich lokalizacji, badań hydrogeologicznych, hydrochemicznych, ilość i wielkość planowanych do pobrania próbek geologicznych .....	36
8.6.1. Badania geofizyczne.....	36
8.6.2. Ilość i wielkość planowanych do pobrania próbek geologicznych .....	37
8.7. Opis opróbowania otworu .....	38
8.7.1. Opróbowanie próbnikiem złoża .....	38
8.7.2. Pompowania diagnostyczne .....	39
8.7.3. Pomiary Production Log.....	39
8.7.4. Pompowanie oczyszczające interwału wybranego do eksploatacji .....	40
8.7.5. Pompowanie pomiarowe .....	41
8.7.6. Polowe laboratorium geologiczne .....	42
8.7.7. Laboratorium kontrolno-pomiarowe typu „mud logging” .....	42
8.8. Zakres badań laboratoryjnych .....	43
8.9. Przewidywana wydajność dopływu wód do otworu, jakość wody odpompowywanej z otworu wiertniczego oraz sposób jej odprowadzania .....	44
8.9.1. Przewidywana wydajność dopływu wód do otworu.....	44
8.9.2. Przewidywana jakość odpompowywanej wody .....	44
8.9.3. Sposób odprowadzania odpompowywanej wody.....	45
9. Określenie próbek geologicznych podlegających przekazaniu organowi administracji geologicznej, wraz ze wskazaniem sposobu i terminu ich przekazania .....	45
10. Etapy i harmonogram prac .....	46
11. Oddziaływanie zamierzonych prac związanych z wykonaniem otworu wiertniczego na środowisko .....	47
12. Rodzaj dokumentacji geologicznej mającej powstać w wyniku przeprowadzonych robót geologicznych .....	51
13. Uwagi końcowe, podsumowanie .....	52
14. Spis wykorzystanych publikacji i materiałów .....	53

## **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

- Załącznik 1. Wycinek mapy topograficznej z lokalizacją projektowanych prac w skali 1:25 000
- Załącznik 2. Wycinek mapy topograficznej z lokalizacją projektowanych prac w skali 1:10 000
- Załącznik 3. Mapa sytuacyjno-wysokościowa z lokalizacją otworu Legnickie Pole GT-1 w skali 1:1 000 wraz z licencją
- Załącznik 4. Mapa obszarów chronionych w rejonie projektowanych robót geologicznych w skali 1:50 000
- Załącznik 5. Szczegółowa mapa geologicznej Polski z lokalizacją terenu projektowanych robót geologicznych w skali 1:50 000 arkusz 760 - Jawor
- Załącznik 6. Mapa geośrodowiskowa Polski z lokalizacją terenu projektowanych robót geologicznych w skali 1:50 000 arkusz 760 - Jawor
- Załącznik 7. Mapa hydrogeologiczna Polski z lokalizacją terenu projektowanych robót geologicznych w skali 1:50 000 arkusz 760 - Jawor
- Załącznik 8. Wycinek mapy geologicznej odkrytej z lokalizacją terenu projektowanych robót geologicznych na tle lokalizacji otworów archiwalnych w skali 1:250 000
- Załącznik 9. Schematyczny przekrój geologiczny A – A'
- Załącznik 10. Projekt geologiczno-techniczny otworu Legnickie Pole GT-1 – wariant I
- Załącznik 11. Projekt geologiczno-techniczny otworu Legnickie Pole GT-1 – wariant II
- Załącznik 12. Karty wybranych otworów archiwalnych
- Załącznik 13. Wypis i wyrys z rejestru gruntów

## 1. Wstęp

Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Legnickie Pole GT-1 w miejscowości Legnickie Pole, opracowano na zlecenie Gminy Legnickie Pole. Wykonawcą projektu jest HPC POLGEOL Spółka Akcyjna z siedzibą w Warszawie przy ul. Berezyńskiej 39.

Projekt robót geologicznych został opracowany zgodnie z rekomendacjami i zaleceniami określonymi w Załączniku nr 3 do programu priorytetowego „Udostępnianie wód termalnych w Polsce”. Układ, zawartość części opisowej i część graficzna opracowania jest zgodna z wymaganiami prawa i spełnia zalecenia wskazane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (2020).

Projektowany otwór zlokalizowany jest w miejscowości Legnickie Pole, gmina Legnickie Pole, pow. legnicki, woj. dolnośląski, na działce nr ewidencyjny 66, obręb 0009 Legnickie Pole, w południowo-zachodniej części miejscowości Legnickie Pole, której właścicielem jest Gmina Legnickie Pole.

Celem projektowanych robót jest wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych z utworów proterozoiku-paleozoiku. W przypadku pozytywnych wyników badań, wykonana zostanie dokumentacja hydrogeologiczna i ustalone zostaną zasoby eksploatacyjne ujęcia. Planuje się, że wydobyta woda termalna będzie wykorzystywana do celów ciepłowniczych. Najprawdopodobniej ciepło od wody termalnej będzie odbierane przy pomocy pomp ciepła. Pozyskane ciepło geotermalne będzie mogło być wykorzystywane do ogrzewania obiektów położonych na terenie Gminy Legnickie Pole. Wydobyta woda termalna będzie mogła być najprawdopodobniej wykorzystywana również do celów balneologiczno-rekreacyjnych, w zależności od jej parametrów fizykochemicznych.

Zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym (Dz.U. 2020 poz. 1064) wody termalne są kopaliną i ich eksploatacja wymaga uzyskania koncesji.

## 2. Zakres rzeczowy zadania

Niniejszy projekt przewiduje odwiercenie pionowego otworu Legnickie Pole GT-1 do głębokości 2000,0 m.

W projekcie założono odwiercenie otworu i jego zarurowanie rurami o średnicy 18<sup>5</sup>/<sub>8</sub>” do głębokości 150,0 m, czyli po przewierceniu otworów paleogenu i neogenu. Następnie nastąpi odwiercenie otworu do głębokości 500,0 m i jego zarurowanie rurami o średnicy 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>”. W dalszej kolejności otwór zostanie pogłębiony do głębokości 1500,0 m, wraz z pobraniem rdzenia wiertniczego i wykonaniem badań hydrogeologicznych w interwale 500,0-1500,0 m, po czym zostanie zarurowany rurami o średnicy 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>”. W dalszym etapie nastąpi odwiercenie otworu do głębokości 2000,0 m, wraz z pobraniem rdzenia wiertniczego i wykonaniem badań hydrogeologicznych w interwale 1500,0-2000,0 m. W czasie wiercenia projektuje się wykonanie badań próbnikiem złożeń oraz pompowań diagnostycznych z pomiarem *Production Log*, na podstawie których nadzór geologiczny podejmie decyzję, który in-

terwał wodonośny przeznaczyć do ujęcia. Najistotniejszymi parametrami są w tym wypadku temperatura wody i wydajność eksploatacyjna otworu.

W ramach projektowanych prac założono dla zmetamorfizowanych utworów proterozoiku i starszego paleozoiku, na podstawie przeanalizowanych materiałów archiwalnych i wyników uzyskanych z wykonanych otworów hydrogeologicznych, uzyskanie z otworu Legnickie Pole GT-1 wody termalnej o następujących parametrach:

- wydajność wody złożowej 15 m<sup>3</sup>/h,
- temperatura w złożu 50-60°C,
- mineralizacja ogólna 600-700 mg/l.

W przypadku uzyskania mniejszej niż zakładana wydajności wód termalnych, zakłada się wykonanie zabiegów intensyfikujących dopływ w celu oczyszczenia strefy złożowej i zwiększenia dopływu wody termalnej do otworu Legnickie Pole GT-1 (zabieg kwasowania).

Niniejszy projekt robót geologicznych opracowany został na podstawie następujących obowiązujących przepisów:

- ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (tj. Dz.U. 2020, poz. 1064),
- ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tj. Dz.U. 2020, poz. 283 z późn. zm.),
- ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (tj. Dz.U. 2020, poz. 55 z późn. zm.),
- rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. 2011, nr 288 poz. 1696 z późn. zm.),
- rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz.U. 2020, poz. 2449),
- rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016, poz. 2033),
- rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019, poz. 1839),
- rozporządzenia Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2020, poz. 10).
- rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz.U. 2015, poz. 903).

Opracowany projekt robót geologicznych podlega zatwierdzeniu przez właściwy organ administracji geologicznej. Zgodnie z art. 161 ust. 1 ustawy Prawo geologiczne i górnicze – organem właściwym jest Marszałek Województwa Dolnośląskiego.

### **3. Lokalizacja otworu wraz z opisem i charakterystyką zagospodarowania terenu oraz obiektów i obszarów chronionych**

#### **3.1. Lokalizacja zamierzonych robót**

Administracyjnie projektowany otwór geotermalny Legnickie Pole GT-1 zlokalizowany jest w granicach miejscowości Legnickie Pole (załącznik 1, załącznik 2). Miasto Legnickie Pole położone jest w południowej Polsce, w województwie dolnośląskim, w powiecie legnickim. Według danych GUS (<https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/teryt/tablica>) w Gminie Legnickie Pole w 2019 roku mieszkało 5196 osób. Powierzchnia gminy wynosi 85,2 km<sup>2</sup>. Zgodnie z trójstopniowym podziałem terytorium państwa projektowany otwór Legnickie Pole GT-1 znajduje się w:

- województwo – dolnośląskie,
- powiat – legnicki,
- gmina – Legnickie Pole,
- miejscowość – Legnickie Pole.

Planowane przedsięwzięcie będzie realizowane na działce nr 66 wg ewidencji, obręb 0009 Legnickie Pole. Przybliżone współrzędne projektowanego otworu w PUWG 2000 są następujące:

X: 5668215    Y: 5586800

Szczegółowa lokalizacja otworu Legnickie Pole GT-1 zostanie wytyczona geodezyjnie w terenie przed rozpoczęciem robót wiertniczych.

#### **3.2. Opis i charakterystyka zagospodarowania terenu**

Legnickie Pole położone jest w województwie dolnośląskim, w powiecie legnickim. Obszar badań zlokalizowany jest w południowo-zachodniej części miejscowości, na terenach rekreacyjnych kempingu, w pobliżu odkrytego basenu w Legnickim Polu. Teren ten jest wykorzystywany jedynie częściowo, co umożliwia prowadzenie na nim robót geologicznych.

Roboty geologiczne polegające na wykonaniu otworu Legnickie Pole GT-1 będą realizowane na działce nr ewidencyjny 66, obręb 0009, należącej do Gminy Legnickie Pole. Lokalizację robót przedstawiono na załączniku 3.

Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 arkusze Jawor, wraz z naniesionym otworem Legnickie Pole GT-1, przedstawiająca zagospodarowanie terenu stanowi załącznik 6.

#### **3.3. Identyfikacja, opis i charakterystyka obszarów i obiektów chronionych**

Teren projektowanych robót geologicznych nie wyróżnia się żadnymi unikatowymi wartościami przyrodniczymi. W jego obrębie oraz najbliższym otoczeniu nie występują rzadkie i zagrożone wyginięciem rośliny i zwierzęta.

W bezpośrednim sąsiedztwie projektowanego otworu badawczego nie występują rezerваты przyrody, pomniki przyrody, użytki ekologiczne, stanowiska dokumentacyjne przy-



rody nieożywionej oraz zespoły przyrodniczo – krajobrazowe. Najbliższe formy ochrony przyrody występują blisko 1 km na południowy-wschód od terenu projektowanych robót. Jest to Zespół Przyrodniczo Krajobrazowy Złoty Las. W oddaleniu ponad 9 km znajduje się Otulina Parku Krajobrazowego Chełmy. Obszar Chronionego Krajobrazu Dolina Odry położony jest w odległości około 18 km od terenu robót. Najbliższy Obszar Specjalnej Ochrony Natura 2000 – Łęgi Odrzańskie PLB020008, występuje w odległości około 18 km, a Specjalny Obszar Ochrony Natura 2000 – Pątnów Legnicki PLH020052 w odległości niemal 12 km od lokalizacji projektowanego otworu. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można wykluczyć ryzyko pogorszenia stanu siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk roślin i zwierząt, będących przedmiotami ochrony położonych w najbliższym sąsiedztwie obszarów Natura 2000 oraz ryzyko wystąpienia zaburzeń spójności i integralności całej sieci Natura 2000.

Projektowany otwór geotermalny Legnickie Pole GT-1 nie znajduje się w obrębie obszarów ochrony przyrody, granic Głównego Zbiornika Wód Podziemnych ani też obszarów górniczych. Lokalizację projektowanego otworu na tle obszarów chronionych przedstawiono na załączniku nr 4.

#### **4. Stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych, hydrogeochemicznych, i zasobów wód podziemnych, omówienie wyników przeprowadzonych wcześniej robót geologicznych i badań geofizycznych, wraz z wykazem wykorzystanych geologicznych materiałów archiwalnych**

##### **4.1. Roboty wiertnicze**

Źródłem wiedzy na temat budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych są dane geologiczne pochodzące między innymi z głębokich otworów wiertniczych wykonanych wcześniej w rejonie Legnickiego Pola, jak również wyniki powierzchniowych geofizycznych metod pomiarowych. Zestawienie otworów archiwalnych przedstawiono w tabeli 4.1.

W analizie parametrów projektowanego otworu geotermalnego Legnickie Pole GT-1 uwzględniono głębokie otwory archiwalne zlokalizowane na zachód: Grodziec U-85A, na wschód: Środa Śląska IG-1, Cesarzowice IG-1, Wilków IG-1 oraz płytkie otwory hydrogeologiczne i złożowe położone w pobliżu terenu projektowanych robót (załącznik 8). W rejonie Legnickiego Pola nie wykonywano do tej pory otworów badawczych pozwalających na zbadanie wglębnej budowy geologicznej lub parametrów hydrogeologicznych głębszych poziomów wodonośnych. Najbliższy otwór badawczy – Cesarzowice IG-1 położony jest w odległości 23 km od projektowanej lokalizacji otworu Legnickie Pole GT-1.

**Tab. 4.1.** Zestawienie otworów archiwalnych wybranych do analizy  
(Centralna Baza Danych Geologicznych, <http://baza.pgi.gov.pl>)

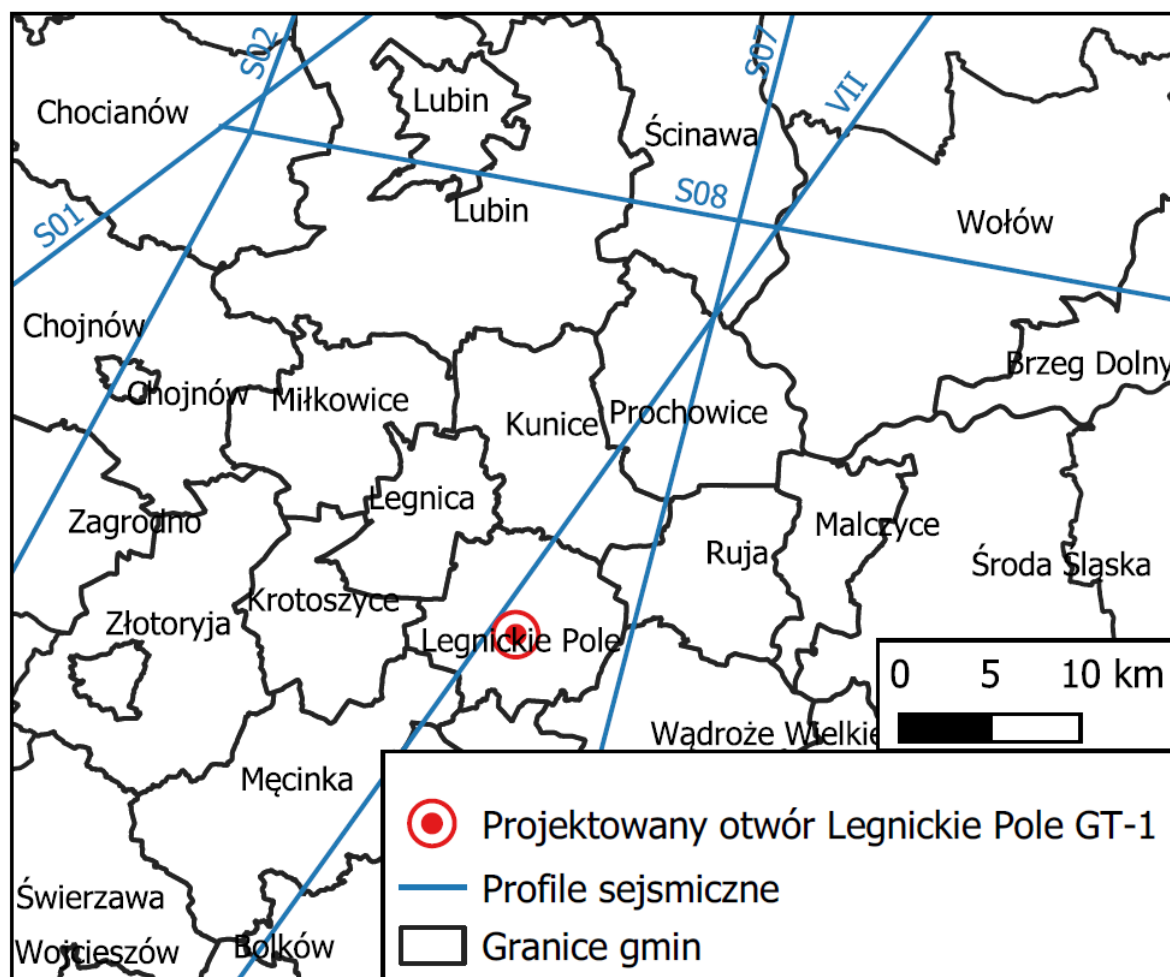
Nr CBDG	Nazwa	Głębokość [m p.p.t.]	Wysokość [m n.p.m.]	Cel wiercenia	Stratygrafia na dnie	Rok wiercenia
28535	CESARZOWICE IG-1	1401	140	badawczy	paleozoik dolny	1984
28533	WILKÓW IG-1	1390	138,5	badawczy	paleozoik dolny	1983
31293	ŚRODA ŚLĄSKA IG-1	1241	133,7	badawczy	paleozoik dolny	1983
2846319	GRODZIEC U-85A	511	251,82	złożowy	perm dolny	1958
2846320	GRODZIEC U-89A	532	265,18	złożowy	perm dolny	1958
2846321	GRODZIEC U-91	543,50	252,86	złożowy	perm dolny	1958
35544	JURKÓW 03	532,80	238	badawczy	perm	b.d.
2782154	JURKÓW U-96	528	257,30	złożowy	perm dolny	1968
2782153	RACIBOROWICE U-95	692,80	244,20	złożowy	perm dolny	1968
28551	BIERNATKI 52/W	152	155,2	badawczy	kambr	1974
38677	BIERNATKI 94/68	115,7	155	złożowy	paleozoik dolny	1963
38687	JANOWICE 98/68	79	148,5	złożowy	paleozoik dolny	1963
38715	KOSISKA NR 00/66	121,5	148,5	złożowy	paleozoik dolny	1963
27170	KROTOSZYCE V/9	101,2	197	złożowy	trzeciorzęd	1979
36348	LEGNICKIE POLE	156,5	169	badawczy	trzeciorzęd	b.d.
36350	LEGNICKIE POLE	153	160	badawczy	trzeciorzęd	b.d.
36609	LEGNICKIE POLE	173	160	hydrogeologiczny	trias	1957
27210	MIKOŁAJOWICE 22/D	80,3	155	badawczy	prekambr	1972
3196191	USZA 00/68/I	58	142,5	złożowy	paleozoik dolny	1991
27205	WĄDROŻE MAŁE 55/W	130,3	172	badawczy	prekambr	1974
27206	WĄDROŻE WIELKIE 32/W	85	175	badawczy	prekambr	1974
28550	WIERZCHOWICE 35/W	61	157	badawczy	prekambr	1974

## 4.2. Badania geofizyczne

Badania sejsmiczne prowadzone w rejonie Legnickiego Pola wykonywane były przez Państwową Akademię Nauk – Instytut Geofizyki w ramach prac własnych oraz na zlecenie Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Celem profili refrakcyjnych były naukowe

badania struktury litosfery, w tym przede wszystkim poznanie wglębnej budowy geologicznej obszaru południowo zachodniej Polski i północnej części Masywu Czeskiego (rys. 4.1, tab. 4.2). Badania prędkości rozchodzenia się fal pozwoliły na zlokalizowanie głównych jednostek geologicznych oraz głębokości zalegania nieciągłości Moho (Majdański M. i in. 2007).

W rejonie projektowanych robót prowadzono także badania grawimetryczne i pomiary składowej pionowej  $Z$  natężenia pola magnetycznego Ziemi, wykonywane w latach 1972-1974 przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego. Wyniki badań pozwoliły na opracowanie Dokumentacji półszczełowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Blok przedsudecki, rejon: Dzierżonów - Legnica - Bolesławiec 1973 (Cieśla E., Okulus H., 1974). W latach siedemdziesiątych XX wieku Przedsiębiorstwo badań Geofizycznych wykonywało na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego badania aeromagnetyczne, temat Sudety i Monoklina Przedsudecka, których wyniki przedstawiono w Dokumentacji badań aeromagnetycznych. Temat: Sudety i Monoklina Przedsudecka, 1977 – 1979 (Duda W., Wasiak I., 1980). Badania magnetyczne obejmujące pomiary całkowitego natężenia pola magnetycznego Ziemi prowadzono na terenie Legnickie Pole na początku lat osiemdziesiątych XX wieku, m.in. w celu poszukiwań złożowych za surowcami skalnymi. Wyniki badań przedstawiono w Dokumentacji badań magnetycznych, temat: Określenie perspektyw występowania zwietrzelin bazaltowych na Dolnym Śląsku, rejon: Złotoryja – Legnica (Cieśla E., 1980; Kosobudzka I., 1981) oraz w Dokumentacji, temat: Półszczełowe badania magnetyczne T na obszarze Sudetów, 2005-2007 (Wrzeszcz M., Kosobudzka I., 2007).



**Rys 4.1.** Szkic sytuacyjny prac sejsmicznych z zaznaczoną lokalizacją projektowanego otworu (Centralna Baza Danych Geologicznych, <http://baza.pgi.gov.pl>)

Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego  
wód termalnych Legnickie Pole GT-1 w miejscowości Legnickie Pole

**Tab. 4.2.** Profile sejsmiczne położone w rejonie projektowanych robót (Centralna Baza Danych Geologicznych, <http://baza.pgi.gov.pl>)

Nr CBDG	Nazwa	Rodzaj profilu	Rok wykonania	Temat	Rejon	Wykonawca	Zlecniodawca	Właściciel
10737	VII	profil refrakcyjny	1973	Program Głębokich Sondowań Sejsmicznych PAN	Strefa Teisseyre'a Tornquista Platforma Paleozoiczna Platforma Prekambryjska	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	Skarb Państwa
10738	S01	profil refrakcyjny	2003	Sudetes 2003	Sudety, Monoklina Przedsudecka	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	PGNiG, Warszawa	Skarb Państwa
10739	S02	profil refrakcyjny	2003	Sudetes 2003	Sudety, Monoklina Przedsudecka	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	PGNiG, Warszawa	Skarb Państwa
10744	S08	profil refrakcyjny	2003	Sudetes 2003	Sudety, Monoklina Przedsudecka	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	PGNiG, Warszawa	Skarb Państwa
10743	S07	profil refrakcyjny	2003	Sudetes 2003	Sudety, Monoklina Przedsudecka	PAN, Inst. Geofiz., Warszawa	PGNiG, Warszawa	Skarb Państwa

### 4.3. Badania hydrogeologiczne

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w rejonie Legnickiego Pola jest bardzo słabe i ogranicza się do płytkich otworów hydrogeologicznych ujmujących neogeński poziom wodonośny. Głębokie wiercenia archiwalne zlokalizowane w rejonie projektowanych prac prowadzone były w celu rozpoznania wgłębnej budowy geologicznej, wyjaśnienia z jakimi skałami związane są anomalie geofizyczne, zbadania zróżnicowania petrograficznego skał podłoża, a także wiążących się z nimi ewentualnych perspektyw surowcowych. W otworach tych nie prowadzono badań hydrogeologicznych (Bobiński W., Cymerman Z. [red.], 2001; Bobiński W. [red.], 2001). Głównym źródłem użytkowych wód podziemnych w okolicach Legnickiego Pola jest zbiornik kenozoiczny, czego skutkiem jest znikome rozpoznanie głębszych poziomów wodonośnych.

W pobliżu terenu projektowanych robót geologicznych utwory krystaliczne proterozoiku przebadane zostały w Wądrożu Wielkim, położonym na obszarze sąsiedniego arkusza MhP – 761 Wądroże Wielkie. Studnia o nr CBDH 7610004 Wądroże Wielkie Szkoła wykonana została w 1958 roku, jej głębokość wynosi 50 m i została zafiltrowana w interwale 20,0-48,0 m p.p.t. Wydajność studni wyniosła 2,9 m<sup>3</sup>/h przy depresji 17,0 m. Obliczone parametry hydrogeologiczne przedstawiają się następująco: współczynnik filtracji – 1,3 m/24 h, przewodność warstwy wodonośnej – 5 m<sup>2</sup>/24 h. Wody z utworów proterozoiku charakteryzują się niewielką mineralizacją – sucha pozostałość na poziomie 156 mg/dm<sup>3</sup> (Mroczkowska B., 1997).

Ze względu na brak danych dotyczących warunków hydrogeologicznych utworów proterozoiku-paleozoiku w rejonie projektowanych badań, w opisie przeprowadzonych badań hydrogeologicznych uwzględniono badania wodonośności skał krystalicznych metamorfiku kaczawskiego i izerskiego, przeprowadzone na obszarze Sudetów Zachodnich, na południowy zachód od obszaru projektowanych robót (Marszałek H., Wąsik M., 2005).

Wodonośność utworów metamorficznych występujących w Sudetach Zachodnich została zbadana w utworach gnejsowych bloku karkonosko-izerskiego, jak również w skałach facji zieleńcowej wchodzącej w skład jednostki Gór Kaczawskich (Marszałek H., Wąsik M., 2005). Podstawowy poziom wodonośny na tym obszarze budują skały piętra staropaleozoiczno-proterozoicznego. Wodonośność tych utworów związana jest głównie z przypowierzchniową strefą spękań skał krystalicznych oraz ich pokrywą zwietrzelinową. Na wodonośność całego kompleksu skalnego wpływ ma wiele czynników, głównie jednak zależy ona od stopnia szczelinowatości skał zbiornikowych. Profil głębokościowy, oprócz zawodnionej strefy szczelin wietrzeniowych, wskazuje na występowanie szeregu stref o różnej wodonośności i jakości wód. Do głębokości 100 m występuje możliwość nawierceniu kilku stref szczelin i spękań, głównie w obszarach większego zaangażowania tektonicznego masywu. Najkorzystniejszymi miejscami dla lokalizacji otworów studziennych są spękane oraz drożne strefy dyslokacji.

Próbne pompowania ujęć wód podziemnych wybudowanych w utworach krystalicznych na południowy zachód od rejonu projektowanych badań, wskazują na możliwość uzyskania niewielkich wydajności z poszczególnych studni. W otworach o głębokości pomiędzy 30 a 60 m p.p.t. prognozuje się występowanie wydajności w przedziale 1 do 5 m<sup>3</sup>/h, niekiedy nawet do 10 m<sup>3</sup>/h przy korzystniejszych warunkach. Jednakże warunkiem powodzenia przy lokalizacji ujęć są badania kartograficzne spękanych stref wodonośnych. Strefy te bardzo często podkreślone są występującymi utworami żyłowymi, będących gwarantem odpowiedniej wydajności (Marszałek H., Wąsik M., 2005).

Neogeńskie piętro wodonośne rozpoznane zostało w Legnickim Polu licznymi otworami studziennymi o głębokościach od około 35 do 173 metrów. W utworach neogenu w Legnickim Polu stwierdzono występowanie kilku poziomów wodonośnych o zwierciadle napiętym, wykształconych w soczewkach utworów piaszczystych w obrębie nieprzepuszczalnych utworów neogenu (Wojtkowiak A. 2002). Strop najpłytszego poziomu wodonośnego występuje na głębokości około 14 m p.p.t., miąższość utworów przepuszczalnych osiąga około 3 m, a zwierciadło stabilizuje się na głębokości około 10 m p.p.t. Głębiej zalegający poziom wodonośny stwierdzono na głębokości około 32-43 m p.p.t., miąższość sięga maksymalnie ok. 19 m, a zwierciadło wód stabilizuje się na głębokości około 30 m p.p.t. Najgłębszy poziom wodonośny w utworach neogenu rozpoznany został na głębokości około 100 m, osiąga on miąższość ok. 5 m, a zwierciadło wody ustabilizowało się na głębokości około 24 m p.p.t. Analizy chemiczne wód z utworów neogenu w Legnickim Polu wykazały, że charakteryzują się one mineralizacją ogólną w zakresie 192-399 mg/dm<sup>3</sup>, pH wynosi od 6,1 do 7,1 (Wojtkowiak A., 2002).

W tabeli poniżej przedstawiono podstawowe dane dotyczące badań hydrogeologicznych wykonanych w wybranych otworach archiwalnych położonych w rejonie projektowanych robót na podstawie Mapy hydrogeologicznej Polski arkusz 760 – Legnickie Pole (Wojtkowiak A., 2002), arkusz 761 – Wądroże Wielkie (Mroczkowska B., 1997), kart głębokich otworów wiertniczych (Bobiński W., Cymerman Z. [red.], 2001; Bobiński W. [red.], 2001) oraz bazy danych Państwowej Służby Hydrogeologicznej (<http://epsh.pgi.gov.pl/epsh/>).

Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego  
wód termalnych Legnickie Pole GT-1 w miejscowości Legnickie Pole

**Tab. 4.3.** Zestawienie wyników badań hydrogeologicznych wykonanych w wybranych otworach archiwalnych w rejonie projektowanych robót  
(Wojtkowiak A. 2002, Mroczkowska B., 1997, Bobiński W., Cymerman Z. [red.], 2001; Bobiński W. [red.], 2001, <http://epsh.pgi.gov.pl/epsh/>)

CBDH CBDG	Nazwa otworu	Lokalizacja otworu w stosunku do obszaru projektowanych robót	Rok wykonania	Głębokość	Stratygrafia spągu	Rzędna terenu	Pietro/poziom wodonośny				Wydajność/depresja [m³/h] / [m]
				[m p.p.t.]		[m n.p.m.]	stratygrafia	strop/spąg [m]	miąższość [m]	głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.]	
28535	Cesarzowice IG-1	ok. 23 km na E	1984	1401	paleozoik dolny	140	Brak opróbowania hydrogeologicznego				
28533	Wilków IG-1	ok. 35 km na E	1983	1390	paleozoik dolny	138,5					
31293	Środa Śląska IG-1	ok 27 km na E	1983	1241	paleozoik dolny	133,7					
7600067	Legnickie Pole Dom opieki specjalnej	ok. 400 m na NE	1971	43	neogen	170.0	neogen	37.0/43.0	>6.0	29.7	16.4/2.1
7600068	Legnickie Pole Dom opieki specjalnej	ok. 380 m na NE	1971	35,3	neogen	170.0	neogen	31.8/35.3	>4.5	30.3	6.3/1.2
7600279	Legnickie Pole Dom opieki specjalnej	ok. 450 m na NE	1991	55,0	neogen	169.4	neogen	43.0/52.0	9.0	30.0	17.4/4.0
7600290	Legnickie Pole Dom opieki społecz- nej	ok. 400 m na NE	b.d.	173.0	paleozoik	170	neogen	41,5/60,7	19,2	30	b.d.
7600196	Legnickie Pole Dom opieki społecz- nej	ok. 420 m na NE	1982	120	neogen	165	neogen	14,0/16,8	2,8	10,0	b.d
							neogen	40,5/46,0	5,5	29,0	
							neogen	100,2/105,8	5,6	24	
7610004	Wądroże Wielkie Szkoła	ok. 7,2 km na SE	1958	50	proterozoik	165,0	proterozoik	20,0/22,5	2,5	3,0	2,9/17,0
							proterozoik	46,5/48,0	1,5	6,7	



## **5. Uwarunkowania geomorfologiczne, klimatyczne i hydrograficzne**

### **5.1. Geomorfologia i ukształtowanie terenu**

Rejon Legnickiego Pola, według podziału fizyczno-geograficznego Kondrackiego (2001), położony jest w obrębie mezoregionu Wzgórz Strzegomskich, należących do makroregionu Przedgórze Sudeckie, podprovincji Sudety z Przedgórzem Sudeckim, prowincji Masywu Czeskiego. Wzgórze Strzegomskie posiadają powierzchnię około 513 km<sup>2</sup> i położone są na północno zachodnim krańcu Przedgórze Sudeckie, pomiędzy dolinami rzek: Nysy Szalonej i Strzegomki. Na południowym zachodzie od Sudetów oddzielone są Obniżeniem Podsudeckim, od strony zachodniej graniczą z Równiną Chojnowską, na północnym zachodzie na małym odcinku graniczą z Równiną Legnicką, w kierunku północnego wschodu łagodnie przechodzą w Równinę Wrocławską, a od południowego wschodu graniczą z Równiną Świdnicką.

Krajobraz regionu przedstawia krajobraz pogórza niskiego. Rzędne terenu najwyższych wzniesień sięgają około 350 m n.p.m. Obszar jest słabo zalesiony, w zagospodarowaniu terenu dominują pola uprawne, występują także wzgórza porośnięte lasami mieszanymi, na których występują wychodnie skalne.

Teren projektowanych prac charakteryzuje się płaską powierzchnią, o lekkim nachyleniu w kierunku południowo zachodnim. Rzędne terenu oscylują w granicach 160-170 m n.p.m.

### **5.2. Klimat**

Obszar gminy Legnickie Pole zaliczany jest do najcieplejszych w Polsce. Wielkość opadów atmosferycznych w ciągu roku wynosi ok. 550 mm. Średnia temperatura roczna wynosi ok. 8°C. Liczba dni z przymrozkami jest mniejsza niż sto. Okres wegetacyjny trwa ok. 225 dni. Na terenie gminy dominują wiatry o kierunku zachodnim.

### **5.3. Hydrografia**

Miejscowość Legnickie Pole położona jest w dorzeczu rzeki Odry i w zlewni rzeki Kaczawy. Główną rzeką płynącą w rejonie projektowanych robót jest Wierzbiak, będący prawym dopływem Kaczawy.

Teren projektowanych robót położony jest na obszarze Jednolitej Części Wód Powierzchniowych *Wierzbiak od Kojszkówki do Kaczawy* o następujących ustaleniach wg. Planu Gospodarowania Wodami:

- europejski kod JCWP - RW60001913889,
- nazwa JCWP – Wierzbiak od Kojszkówki do Kaczawy,
- region wodny- region wodny Środkowej Odry,
- obszar dorzecza- obszar dorzecza Odry,
- zlewnia: Zlewnia Kaczawy,
- status – Silnie zmieniona część wód,

- ocena stanu – zły,
- ocena ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych – zagrożona,
- derogacje – 4(4) – 1.

## **6. Budowa geologiczna oraz warunki hydrogeologiczne i geotermalne. Przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu wiertniczego w rejonie zamierzonych robót geologicznych**

### **6.1. Budowa geologiczna i tektonika**

Według obecnie obowiązującej regionalizacji tektonicznej Polski (Żelaźniewicz i in., 2011) projektowany otwór Legnickie Pole GT-1 położony jest w kaczawskim łupkowo-zieleńcowym paśmie fałdowym, w obrębie bloku dolnośląskiego platformy zachodnioeuropejskiej.

Pasma kaczawskie, poprzez strefę uskoku śródsudeckiego, graniczy z masywem karkonosko-izerskim. Kaczawskie łupkowo-zieleńcowe pasmo fałdowe jest rozcięte przez uskoku sudecki brzeżny i przechodzi z bloku sudeckiego w obręb bloku przedsudeckiego (Żelaźniewicz i in., 2011). Część przedsudecką pasma kaczawskiego ogranicza od północnego-wschodu zrąb środkowej Odry. Po stronie północno-zachodniej skały pasma kaczawskiego znajdują się pod pokrywą skał osadowych synklinorium północnosudeckiego. Z kolei granicę południowo-wschodnią pasma w jego części sudeckiej wyznacza pluton granitowy Strzegomia-Sobótka, a w części przedsudeckiej – masyw gabrowo-serpentynitowy Ślęży, który jest częścią ofiolitu sudeckiego (Żelaźniewicz i in., 2011). Kaczawskie pasmo fałdowe zbudowane jest z utworów paleozoicznych datowanych na przedział wiekowy od dolnego kambru po dolny karbon. Tworzą je kambryjskie skały węglanowe, ordowickie skały silikoklastyczne, sylurskie i dewońskie głębokomorskie skały krzemionkowe, związane z nimi produkty zasadowego i kwaśnego (tzw. bimodalnego) wulkanizmu i magmatyzmu oraz zespoły melanżowe wieku wczesnokarbońskiego. Utwory te zostały zmetamorfizowane w facji zieleńcowej 350–340 Ma lat temu, ale lokalnie zawierają widoczne ślady starszych przeobrażeń metamorficznych (360 Ma), które zachodziły w warunkach wyższych ciśnień facji łupków glaukofanowych (Żelaźniewicz i in., 2011).

Na wschód od Legnickiego Pola, wśród skał kaczawskiego pasma fałdowego, wyłania się na powierzchnię spod utworów kenozoicznych niewielki obszarem masyw gnejsowy Wądroża Wielkiego zbudowany ze słabo zdeformowanych granodiorytów wieku  $548 \pm 9$  Ma, korelowanych z granodiorytami masywu łużyckiego związanymi z orogenezą kadomską (Żelaźniewicz i in., 2011).

### **6.2. Stratygrafia**

Najstarszymi utworami rozpoznanymi na obszarze metamorfiku są skały proterozoiku, należące do podłoża wieku kadomskiego (około 548 mln lat), wykształcone pod postacią zgnejsowanych granitów Wądroża Wielkiego, leżące w obrębie bloku przedsu-

deckiego (Domin E., Przylibski T., 2014). Obecność odsłoneń skał tworzących podłoże metamorfiku kaczawskiego jest związana z głębszym rozcięciem erozyjnym bloku przedsudeckiego względem Sudetów. Metamorfik kaczawski zbudowany jest z serii paleozoicznych skał osadowych i magmowych, wieku od dolnego kambru po dolny karbon. Utwory kambru wykształcone są głównie w facji węglanowej. Ordowik reprezentowany jest przez serie skał klastycznych, powyżej których występują sylurskie i dewońskie, głębokomorskie skały krzemionkowe oraz produkty bimodalnego – kwaśnego i zasadowego wulkanizmu i plutonizmu. Najmłodszymi skałami są dolnokarbońskie zespoły melanżowe. Utwory te następnie uległy co najmniej dwukrotnie przeobrażeniu, około 360 mln lat temu w facji glaukofanowej, a następnie po częściowym wyniesieniu około 350 – 340 mln lat temu w facji zieleńcowej (Domin E., Przylibski T., 2014). Obecnie skałami budującymi metamorfik kaczawski na bloku przedsudeckim są fyllity, łupki serycytowo-kwarcowe, kwarcyty, łupki krzemionkowe i lidyty. Spotykane są również metamułowce i metaszarogłazy. Wśród kompleksu tych skał występują również skały pochodzenia wulkanicznego, reprezentowane przez zarówno skały kwaśne – porfiroidy, jak i zasadowe lub obojętne – zieleńce i łupki zieleńcowe, diabazy oraz łupki tufogeniczne. W utwory metamorfiku kaczawskiego w kilku etapach na przełomie karbonu i permu (pomiędzy 330 a 280 mln lat temu) intrudowały granity masywu Strzegom-Sobótka. W erze kenozoicznej miały miejsce także intruzje bazaltoidów. Najwięcej ciał bazaltoidowych występuje w rejonie Jawora-Złotoryi.

Na bloku przedsudeckim skały metamorfiku kaczawskiego są pokryte osadami wieku oligocen-pliocen o miąższości do 300 m, a lokalnie nawet do 600 m. Wykształcone są one pod postacią piasków, mułków i ilów, z lokalnie występującymi w zapadliskach i rowach tektonicznych pokładami węgla brunatnego (Domin E., Przylibski T., 2014). Najmłodszymi osadami są utwory czwartorzędu reprezentowane przez plejstocenijskie piaski ze żwirami i gliny, związane z działalnością lodowcową oraz holocenijskie mułki, piaski i namuły, związane z akumulacją rzeczną.

### **6.2.1. Proterozoik-kambr**

Najstarszymi utworami rozpoznanymi w rejonie Legnickiego Pola są gnejsy jednostki Wądroża Wielkiego, nawiercone w rejonie miejscowości Mikołajewice na głębokości 90,0 m, w odległości około 2,5 km na wschód od terenu projektowanych robót. Utwory te odsłaniają się na powierzchni w okolicy miejscowości Wądroże Wielkie. Przypuszczalny zasięg jednostki Wądroża Wielkiego (Cymerman Z., 2004; Urbański K i in., 2009), sugeruje występowanie tych utworów również na zachód od Wądroża Wielkiego, w rejonie pomiędzy Legnickim Polem, a Lubieniem.

Gnejsy Wądroża Wielkiego są szare i jasnoszare, miejscami o lekkim odcieniu niebieskawym, związanym z obecnością niebieskawego kwarcu, o strukturze gruboziarnistej i nierównoziarnistej, niekiedy porfirowatej i o słabozarysowanej budowie gnejsowej. Mało wyraźną lineację tworzą linijne wyciągnięcia ziaren skaleni oraz kwarcu (Urbański K i in., 2009). Ostatnie badania wieku radiometrycznego skał gnejsowych metodą U-Pb na

cyrkonach, oparte na dziewięciu próbach (Żelaźniewicz i in., 2004). Otrzymany wiek  $548 \pm 9$  Ma BP wskazuje na wiek neoproterozoik-kambr dolny i nie potwierdza wcześniejszych tez o kambryjsko-ordowickim wieku tych utworów (Kossowska I., 1975).

### **6.2.2. Paleozoik**

Początek orogenezy waryscyjskiej (kambr-ordowik) w rejonie projektowanych prac wiąże się z inicjalnym ryftingiem kontynentalnym i aktywnością wulkaniczną, podczas której doszło do wylewów law bazaltowych, obecnie reprezentowanych przez zieleńce i łupki zieleńcowe. Następnie, na ukształtowanej pasywnej krawędzi kontynentalnej były deponowane łupki o charakterze fliszoidowym. Pod koniec ordowiku i w sylurze nastąpił główny etap ryftogenezy, który doprowadził do wytworzenia dna o cechach skorupy oceanicznej, zbudowanej z grubych mas metabazytów. Przykrywające je lokalnie sylurskie, ilaste i krzemionkowe łupki graptolitowe stanowiły osady deponowane w warunkach redukcyjnych, daleko od obszarów lądowych. W sylurze-dewonie trwała szelfowa sedimentacja czarnych i szarych kwarcytów. We wczesnym karbonie wśród osadów ilasto-mułowcowych pojawiały się większe przeławicenia piaszczysto-szarogłazowe, związane ze zmianą środowiska sedimentacji, wywołaną zbliżającym i nasilającym się waryscyjskim frontem orogenicznym. Wraz z pojawieniem się pierwszych ruchów tektonicznych, doszło do deformacji dna zbiornika. W ostatniej fazie rozwoju basenu miała miejsce akumulacja osadów serii silikoklastycznej typu fliszu normalnego. W czasie orogenezy waryscyjskiej utwory basenu paleozoicznego na obszarze projektowanych robót podlegały deformacjom i regionalnemu metamorfizmowi (Urbański K i in., 2016). Utwory paleozoiku w rejonie badań reprezentowane są głównie przez słabo zmetamorfizowane łupki kwarcowo-serycytowe, łupki chlorytowo-serycytowe, fyllity, łupki zieleńcowe i zieleńce. Wśród tych utworów występują często żyły kalcytowe i kwarcowe oraz pojawia się niekiedy mineralizacja kruszcowa, głównie pirit i chalkopirit oraz tlenki żelaza.

### **6.2.3. Paleogen i neogen**

Profil utworów paleogeńsko-neogeńskich rozpoczyna się glinami zwietrzelinowymi (regolitami) wieku eocen-miocen (Urbański K. i in. 2016), które tworzyły się na skałach podłoża podkenozoicznego w warunkach klimatu ciepłego i wilgotnego w wyniku krążenia roztworów hydrotermalnych w spękaniach i uskokach. W obrębie wschodniej części skał paleozoicznych miąższość zwietrzelin wynosi od 0,5 do 10,0 m, a większe wartości występują w lokalnych obniżeniach o charakterze zapadlisk tektonicznych. Powyżej zalegają utwory miocenu wykształcone jako mułki i ły z przewarstwieniami węgla brunatnego i wklódkami żwirów i piasków. Stropową partię utworów paleogenu-neogenu reprezentują żwiry i piaski pliocenu, których charakterystyczną cechą jest brak skał pochodzących z fennoskandynawii oraz dna Bałtyku (Urbański K i in., 2016).

#### **6.2.4. Czwartorzęd**

W rejonie obszaru badań występowanie utworów czwartorzędu jest ograniczone do dolin rzecznych oraz niewielkich pokryw lessów i osadów na wysoczyznach. Utwory czwartorzędu związane są działalnością lądolodów oraz akumulacją rzeczną. Na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski (Urbański K i in., 2009) można stwierdzić, że na terenie projektowanych robót utwory czwartorzędowe nie występują.

#### **6.3. Warunki hydrogeologiczne rejonu planowanych prac**

Omawiany teren położony jest w obszarze Jednolitej Części Wód Podziemnych nr 94, kod PLGW600094 o powierzchni 2261,4 km<sup>2</sup>. JCWPd 94 położona jest na obszarze dorzecza Odry, w regionie wodnym Środkowej Odry. Rejon prac znajduje się według regionalizacji hydrogeologicznej (Paczyński B., Sadurski A. [red.], 2007) w regionie VI<sub>2</sub> – przedgórskim, subregionie przedsudeckim, na obszarze zlewni II rzędu Kaczawy. W obrębie obszaru badań nie występuje żaden udokumentowany Główny Zbiornik Wód Podziemnych.

Warunki krążenia wód na obszarze JCWPd 94 są zróżnicowane. Wody wydzielonych pięter wodonośnych pozostają w kontaktach hydraulicznych, w różnych układach hydrostrukturalnych, tworząc skomplikowany system przepływu wód o zasięgu regionalnym. Układ hydroizohips wydzielonych poziomów wodonośnych wskazuje na północno-wschodni kierunek głównego przepływu wód podziemnych. Strefa zasilania regionalnego przepływu wód podziemnych związana jest z górzystym pasmem Gór Kaczawskich na południu. Bazą drenażu dla czwartorzędowego poziomu wodonośnego jest dolina Kaczawy. Dla neogeńskiego piętra wodonośnego bazę drenażu stanowi dolina Odry. Zasilanie wód piętra czwartorzędowego odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych. Wody piętra neogeńskiego zasilane są poprzez przesączenie z nadległych poziomów czwartorzędowych i lokalnie na drodze infiltracji, poprzez nadkład ilasto – gliniasty. Zasilanie wód piętra paleozoicznego odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych poprzez systemy spękań oraz strefy złuźnień tektonicznych (Karta JCWPd nr 94).

Wody podziemne występujące w skałach krystalicznych w rejonie obszaru badań są bardzo słabo rozpoznane ze względu na głębokie zaleganie skał metamorficznych pod osadową pokrywą kenozoiczną. Jedynie proterozoiczne gnejsy Wądroża Wielkiego stanowią płycej położony zbiornik wód szczelinowych. Eksploatowane są przede wszystkim wody podziemne z nadległych utworów neogenu i czwartorzędu. Są to głównie wody porowe o napiętym, rzadko swobodnym zwierciadle. Najważniejsze systemy krążenia wód podziemnych tworzą osady współczesnych dolin rzecznych oraz struktury nieckowe, w których na obniżonym podłożu metamorficznym zalegają bardziej miększe osady głównie neogenu: m.in. niecki Jawora i Męcinki, położone na południowy zachód od obszaru projektowanych robót (Domin E., Przylibski T., 2014).

Na obszarze MhP arkusz 760 – Jawor (Wojtkowiak A., 2002a) wydzielono trzy użytkowe piętra wodonośne. Głównym użytkowym piętrzem wodonośnym w rejonie projektowanych badań jest neogeńskie (daw. trzeciorzędowe) piętro wodonośne. Charakteryzuje się ono niewielką wydajnością potencjalną studni wierconych, na poziomie 10-30 m<sup>3</sup>/h, słabą izolacją oraz zasobami dyspozycyjnymi na poziomie <100 m<sup>3</sup>/24h·km<sup>2</sup>. Na podstawie hydroizohips można przypuszczać, że zwierciadło wody podziemnej użytkowego poziomu wodonośnego występuje w rejonie badań na głębokości około 28 m p.p.t. W rejonie projektowanych robót brak jest innych użytkowych poziomów wód podziemnych (Wojtkowiak A., 2002).

### **6.3.1. Czwartorzędowe piętro wodonośne**

Czwartorzędowe piętro wodonośne związane jest z holocenскими osadami rzecznyymi oraz plejstocenскими utworami piaszczysto-żwirowymi pochodzenia wodnolodowcowego. Kolektor jest porowy, zwierciadło wód swobodne, lokalnie napięte. Naturalne typy chemiczne wód piętra czwartorzędowego wody wodorowęglanowo-wapniowe, wody wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe (Karta JCWPd nr 94). Na obszarze arkusza MhP 760 – Jawor czwartorzędowe piętro wodonośne charakteryzuje się ograniczoną powierzchnią występowania (Wojtkowiak A., 2002b). Piętro to nie występuje na obszarze projektowanych robót geologicznych, w związku z czym w opracowaniu pominięto jego szerszą charakterystykę.

### **6.3.2. Neogeńskie piętro wodonośne**

Utwory neogenu w rejonie projektowanych robót występują w postaci warstw piaszków drobnych i pylastych miocenu do głębokości około 150 m. Charakteryzują się one napiętym zwierciadłem wody (Karta JCWPd nr 94). Na obszarze arkusza MhP 760 – Jawor wydzielono jednostkę hydrogeologiczną 1cTrI, obejmującą swym zasięgiem rejon projektowanych robót geologicznych. Użytkowy poziom wodonośny występuje w tej jednostce na głębokości od kilku do ponad 100 m. Znaczne zróżnicowanie głębokości zalegania warstw wodonośnych, jak i innych parametrów hydrogeologicznych jest wynikiem urozmaicenia morfologii podłoża podkenozoicznego, a także różnic w wykształceniu litofacjalnym osadów neogenu. Użytkowe piętro wodonośne charakteryzuje się miąższością zawodnionych warstw od 0,9 do kilkunastu metrów, współczynnikiem filtracji od poniżej 1 do 63,9 m/24h. Użytkowy poziom wodonośny z reguły jest dobrze izolowany warstwą ilów. Średnia wartość przewodności wynosi 82 m<sup>2</sup>/24h. Obliczona łącznie z danymi z sąsiednich arkuszy średnia wydajność potencjalna studni wyniosła 14 m<sup>3</sup>/h, przy średniej depresji 19 m, przy czym jest ona wyraźnie zróżnicowana, co pozwoliło to na wydzielenie w obrębie jednostki 1cTrI dwóch klas wydajności – poniżej 10m<sup>3</sup>/h i klasy 10-30m<sup>3</sup>/h, przy czym rejon projektowanych robót położony jest w obrębie klasy 10-30m<sup>3</sup>/h (Wojtkowiak A., 2002a).

Mineralizacja ogólna wód zwykle nie przekracza 500 mg/dm<sup>3</sup>, pH wynosi od 5,2 do 8,8, zawartość jonów Ca<sup>2+</sup> waha się w granicach 28-262 mg/dm<sup>3</sup>, natomiast stężenie

$Mg^{2+}$  zmienia się od 7 do 195 mg/dm<sup>3</sup>. Naturalne typy chemiczne wód piętra neogeńskiego to wody wodorowęglanowo-wapniowe i wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe (Domin E., Przylibski T., 2014).

### **6.3.3. Proterozoiczno-paleozoiczne piętro wodonośne**

Do utworów budujących proterozoiczno-paleozoiczne piętro wodonośne zaliczono łupki, fylity, zieleńce i piaskowce, występujące w przypowierzchniowych partiach utworów paleozoiku na południe od terenu projektowanych robót (Karta JCWPd nr 94), a także paleozoiczne granity położone na południowy zachód od obszaru projektowanych robót (Wojtkowiak A., 2002b) oraz proterozoiczne gnejsy jednostki Wądroża Wielkiego położone na wschód od projektowanego otworu (Mroczkowska B., 1997)

Gnejsy proterozoiku przebadane zostały w Wądrożu Wielkim, położonym na obszarze sąsiedniego arkusza MhP – 761 Wądroże Wielkie. W otworze studziennym o głębokości 50,0 m stwierdzono występowanie dwóch poziomów wodonośnych w obrębie utworów proterozoiku. Pierwszy z nich występuje na głębokości około 20 m, posiada miąższość 2,5 m, a zwierciadło ustabilizowało się na głębokości około 3 m p.p.t. Głębszy, o miąższości około 1,5 m, rozpoznano na głębokości około 47 m p.p.t., a zwierciadło ustabilizowało się na głębokości około 7 m p.p.t. Obliczone parametry hydrogeologiczne przedstawiają się następująco: współczynnik filtracji – 1,3 m/24 h, przewodność warstwy wodonośnej – 5 m<sup>2</sup>/24 h (Mroczkowska B., 1997).

Wody występujące w skałach krystalicznych charakteryzują się wartościami pH w granicach od 6,7 do 8,2, a ich mineralizacja ogólna sięga 600-700 mg/dm<sup>3</sup> (Domin E., Przylibski T., 2014).

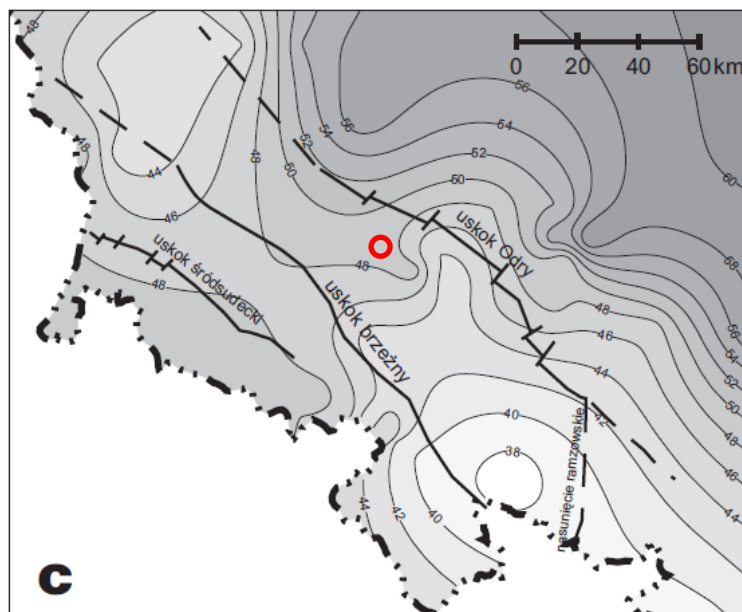
W studni z Wierzchowic, która leży w strefie uskoków tektonicznych obramowujących okno tektoniczne gnejsów Wądroża Wielkiego, stwierdzono wyraźnie zwiększoną wartość stężenia aktywności radonu <sup>222</sup>Rn. Może być to spowodowane zwiększeniem współczynnika emanacji skał zbiornikowych w strefie spękań tektonicznych, lub też doprowadzaniem tą strefą wód podziemnych z większych głębokości, bezpośrednio z gnejsów. Wody te mogą dzięki temu charakteryzować się zwiększoną zawartością macierzystego <sup>226</sup>Ra, podobnie jak to ma miejsce w zerodowanych w małym stopniu waryscyjskich masywach granitoidowych Sudetów (Domin E., Przylibski T., 2014).

## **6.4. Warunki geotermiczne**

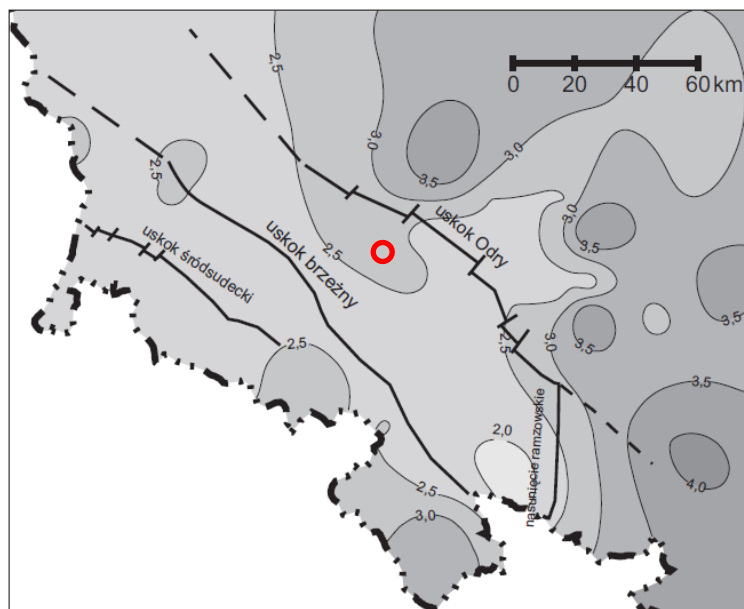
Temperatura wód podziemnych zależy od głębokości występowania poziomów wodonośnych, wartości strumienia cieplnego oraz właściwości termicznych skał w profilu geologicznym, a zwłaszcza ich przewodnictwa cieplnego. Powierzchniowy strumień cieplny posiada składową kondukcyjną, która związana jest z przewodnictwem cieplnym skał i składową konwekcyjną, która związana jest z przenoszeniem ciepła w wyniku ruchu wód podziemnych. W oddalonym o około 22 km na wschód od terenu

projektowanych robót otworze Cesarzowice IG-1 wartość strumienia ciepłego wynosi blisko  $90 \text{ mW/m}^2$ .

Na obszarze Dolnego Śląska, na podstawie badań pomiarów temperatury w archiwalnych otworach wiertniczych w warunkach ustalonych, określono gradient temperatury, przewodność cieplną i strumień ciepły dla tego obszaru (Bruszevska B., 2000). Z przeprowadzonych analiz wynika, że na obszarze Gminy Legnickie Pole temperatury na głębokości 1500 m p.p.t. wynoszą około  $48\text{--}50^\circ\text{C}$  (Rys. 6.1).



**Rys. 6.1.** Mapa temperatury w  $^\circ\text{C}$  na głębokości 1500 m p.p.t. (Bruszevska B., 2000) – kolorem czerwonym oznaczono projektowany otwór



**Rys. 6.2.** Mapa średniego gradientu temperatury w  $^\circ\text{C}/100 \text{ m}$  na głębokości 1500 m p.p.t. (Bruszevska B., 2000) – kolorem czerwonym oznaczono projektowany otwór



Średni gradient temperatury w rejonie projektowanych robót wynosi około 2,5°C/100 m (Rys. 6.2.). Na tej podstawie można przypuszczać, że na głębokości 2000 m p.p.t. temperatura wynosi około 60,5-62,5°C.

Na podstawie materiałów literaturowych (Bruszevska B., 2002), określających zakres temperatur w interwale 1500,0-2000,0 m p.p.t., można przewidywać, że w rejonie projektowanych robót geologicznych temperatura wody, eksploatowanej z interwału 1500,0-2000,0 m p.p.t., powinna zawierać się w przedziale 50-60°C.

### 6.5. Przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu

Przewidywany profil stratygraficzno-litologiczny otworu Legnickie Pole GT-1 przedstawiony w tabeli 6.1 został opracowany na podstawie analizy informacji geologicznej uzyskanej z otworów archiwalnych Cesarzowice IG-1, Środa Śląska IG-1, Wilków IG-1, Grodziec U-85A oraz schematycznego przekroju geologicznego A – A' (załącznik 9).

**Tab. 6.1.** Przewidywany profil stratygraficzno-litologiczny otworu Legnickie Pole GT-1

Głębokość [m p.p.t.]		Stratygrafia	Litologia
Strop	Spąg		
0,0	150,0	<i>Neogen</i>	piaski i żwiry; iły, piaski, mułki; iły, mułki, piaski z węglem brunatnym; gliny zwietrzelinowe;
150,0	2000,0	<i>Proterozoik – Paleozoik</i>	łupki zieleńcowe, fyllity, zieleńce szare i szarozielone, porfiroidy szare i zielonoszare, poprzecinane żyłami kalcytowymi i kwarcowymi, miejscami mineralizacja piritowa, chalkopiritowa i tlenki żelaza; gnejsy szare i jasnoszare, z odcieniem niebieskim, gruboziarniste, o słabo zaznaczonej gnejsowości i lineacji;

### 7. Skład chemiczny, właściwości fizyczne i jakość wód podziemnych

Skład chemiczny, właściwości fizyczne i jakość wód piętra proterozoiczno-paleozoicznego w okolicach Legnickiego Pola nie były jak dotąd przedmiotem opróbowania w otworach archiwalnych. Na podstawie wyników badań wody ze studni zlokalizowanych w obrębie masywu gnejsowego Wądroża Wielkiego (Domin E., Przylibski T., 2014) przypuszczać można, że jej mineralizacja ogólna będzie wynosiła około 600-700 mg/dm<sup>3</sup>. Wydobywana woda najpewniej będzie typu HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca, Ra.

Jednocześnie podkreślić należy, że projektowany otwór Legnickie Pole GT-1 jest otworem poszukiwawczo-rozpoznawczym, którego celem jest zbadanie, czy w utworach krystalicznych proterozoiku-paleozoiku występują wody termalne możliwe do wykorzystania w celach ciepłowniczych lub, ewentualnie, balneologiczno-rekreacyjnych. Jest to pierwszy otwór geotermalny wykonany w jednostce geologicznej kaczawskiego łupko-zieleńcowego pasma fałdowego i ze względu na fakt, że nieznane są warunki krążenia wód w głębokich strukturach proterozoiku-paleozoiku w tym rejonie, rzeczywisty skład

chemiczny, właściwości fizyczne i jakość wód podziemnych są nieznane. Podana powyżej wartość mineralizacji ogólnej i jej typ oparte są jedynie na podstawie płytkich studni zlokalizowanych w obrębie utworów krystalicznych masywu gnejsowego Wądroża Wielkiego. Biorąc pod uwagę fakt, że otworem Legnickie Pole GT-1 planowane są do ujęcia znacznie głębsze interwały potencjalnego występowania wód termalnych, ich rzeczywista mineralizacja może być wyższa.

## 8. Koncepcja ujęcia wody termalnej, projektowany zakres prac

Koncepcja ujęcia wody termalnej w miejscowości Legnickie Pole zakłada wykonanie otworu geotermalnego o głębokości końcowej 2000,0 m. Wiercenie prowadzone będzie metodą obrotową, z użyciem płuczki wiertniczej o parametrach dostosowanych do warunków geologicznych. W ramach projektu przewidziane jest ujęcie wód termalnych występujących w utworach proterozoiku-paleozoiku w interwale 1500,0-2000,0 m (wariant I) lub 500,0-1500,0 m (wariant II). Utwory neogenu zamknięte zostaną kolumną rur okładzinowych  $\varnothing 18^{5/8}$ " zacementowanymi do wierzchu, zaś przypowierzchniowe utwory proterozoiku-paleozoiku, w których nie przewiduje się występowania wód o temperaturze powyżej 20°C, zamknięte zostaną kolumną rur okładzinowych  $\varnothing 13^{3/8}$ ", zacementowanymi do wierzchu. Wiercenie w interwale 500,0-1500,0 m prowadzone będzie przy wykorzystaniu świrdrów gryzowych lub PDC o średnicy 311 mm. Na podstawie obserwacji bieżących warunków hydrogeologicznych w otworze (dopływów wód lub zaników płuczki wiertniczej) wykonane zostaną opróbowania rurowym próbnikiem złoża. Po odwierceniu otworu do głębokości 1500,0 m wykonane zostanie pompowanie diagnostyczne wraz z pomiarem *Production Log* w celu określenia stref dopływu wód termalnych do otworu. Po wykonaniu badań hydrogeologicznych w interwale 500,0-1500,0 m, zostanie on zarurowany rurami okładzinowymi  $\varnothing 9^{5/8}$ ", zacementowanymi w interwale 1400,0-1500,0 m. Wiercenie w interwale 1500,0-2000,0 m prowadzone będzie przy wykorzystaniu świrdrów gryzowych lub PDC o średnicy 216 mm. Na podstawie obserwacji bieżących warunków hydrogeologicznych w otworze (dopływów wód lub zaników płuczki wiertniczej) wykonane zostaną opróbowania rurowym próbnikiem złoża. Po odwierceniu otworu do głębokości końcowej 2000,0 m wykonane zostanie pompowanie diagnostyczne wraz z pomiarem *Production Log* w celu określenia stref dopływu wód termalnych do otworu.

Uzyskane wyniki badań hydrogeologicznych w interwałach 500 – 1500 m i 1500 – 2000 m oraz wyniki badań geofizycznych prowadzonych przed rurowaniem otworu pozwolą na podjęcie przez Inwestora decyzji o wyborze interwału do przyszłej eksploatacji. Najistotniejsze będą temperatura wydobywanej wody i możliwa do uzyskania wydajność eksploatacyjna, pozwalające na wykorzystanie wody termalnej w ciepłownictwie. Od podjętej decyzji będą uzależnione kolejne roboty w otworze Legnickie Pole GT-1, a w szczególności wybór horyzontu wodonośnego przeznaczonego do ujęcia. W przypadku nieuzyskania zadowalających wyników z interwału 1500,0-2000,0 m p.p.t. (wariant I) przewiduje się powrót do ujęcia interwału 500,0-1500,0 m p.p.t (wariant II).

## **8.1. Opis i uzasadnienie lokalizacji otworu wiertniczego**

Planowane przedsięwzięcie będzie realizowane na działce nr 66 wg ewidencji, obręb Legnickie Pole. Gmina Legnickie Pole posiada prawo własności w/w działki. Lokalizacja ta pozwala na zbadanie warunków geologicznych występowania wód termalnych w utworach proterozoiku-paleozoiku w miejscowości Legnickie Pole i umożliwia późniejsze wykorzystanie tych wód w celach ciepłowniczych na potrzeby zaopatrzenia w ciepło obiektów na terenie miejscowości Legnickie Pole lub, ewentualnie, w celach balneologiczno-rekreacyjnych. Proponowana lokalizacja uwzględnia istniejącą infrastrukturę naziemną i podziemną oraz wymagania dotyczące prowadzenia ruchu zakładów górniczych.

## **8.2. Przewidywana konstrukcja projektowanego otworu wiertniczego, technika i technologia wiercenia**

### ***8.2.1. Zakres projektowanych robót wiertniczych i badań w trakcie głębiania otworu***

Zakres projektowanych prac i badań w otworze Legnickie Pole GT-1 obejmował będzie:

#### **Wariant I (Załącznik 10)**

Interwał 0 – 150 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing$  559 mm, świder gryzowy lub PDC,
- płuczka bentonitowa lub polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 10 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing$  18<sup>5</sup>/<sub>8</sub>” ze stali J-55 i zacementowanie ich do wierzchu,
- stójka na związanie cementu (24 godziny).

Interwał 150 – 500 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing$  444 mm, świder gryzowy lub PDC,
- płuczka bentonitowa lub polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 10 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- wykonanie pierwszego zestawu pomiarów geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing$  13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>” ze stali N-80 i zacementowanie ich do wierzchu,
- stójka na związanie cementu (48 godzin).

Interwał 500 – 1500 m p.p.t.:

- po zwierceniu korka cementowego w rurach  $\varnothing$  13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>” wymiana płuczki bentonitowej na płuczkę polimerową,

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing$  311 mm, świder gryzowy lub PDC, z pobraniem ok. 90 mb. rdzenia wiertniczego,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 5 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- opróbowanie próbnikiem złoży w czasie wiercenia w interwałach wybranych przez nadzór geologiczny, w celu określenia parametrów zbiornikowych poziomów wodonośnych wód termalnych,
- wykonanie drugiego zestawu badań geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- wymiana płuczki na wodę złożową,
- pompowanie diagnostyczne, w czasie pompowania pomiary *Production Log*,
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing$  9 $\frac{5}{8}$ " ze stali N-80 w interwale 400-1500 m p.p.t., ze 100 m zakładką z rurami  $\varnothing$  13 $\frac{3}{8}$ ", zacementowanie ich w interwale 1400,0-1500,0, rury zawiesić na wieszaku i uszczelnić pakerem,
- stójka na związanie cementu (72 godziny).

Interwał 1500 – 2000 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing$  216 mm, świder gryzowy lub PDC, z pobraniem ok. 60 mb. rdzenia wiertniczego,
- płuczka polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 5 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- opróbowanie próbnikiem złoży w czasie wiercenia w interwałach wybranych przez nadzór geologiczny, w celu określenia parametrów zbiornikowych poziomów wodonośnych wód termalnych,
- wykonanie trzeciego zestawu badań geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- wymiana płuczki na wodę złożową,
- pompowanie diagnostyczne, w czasie pompowania pomiary *Production Log*,
- wykonanie pompowania oczyszczającego pompą głębinową lub air-liftem, czas trwania pompowania około 24 godzin lub do uzyskania wody klarownej bez śladów zawiesiny, stabilizacja zwierciadła wody po zakończeniu pompowania, ciągły pomiar parametrów hydrogeologicznych w czasie pompowania i po jego zakończeniu,
- wykonanie pompowania pomiarowego pompą głębinową, czas trwania około 192 godziny (trzy stopnie pompowania, ok. 48 godzin na pierwszym i drugim stopniu dynamicznym, ok. 96 godzin na trzecim stopniu dynamicznym), stabilizacja zwierciadła wody po zakończeniu pompowania, ciągły pomiar parametrów hydrogeologicznych w czasie pompowania i po jego zakończeniu,
- usunięcie ewentualnego zasypu (który może powstać w trakcie pompowania pomiarowego w wyniku procesu stabilizacji złoży) na lewym obiegu.

Przewiduje się, że utwory proterozoiku-paleozoiku powinny zapewnić wystarczającą stabilność ścian otworu i nie powodować ich obsypywania, w związku z czym przewiduje się pozostawienie interwału 1500,0-2000,0 m niezarurowanego „bosego”. W przypadku, kiedy stwierdzone zostanie nadmierne sypanie ze ścian otworu, nadzór geologiczny może podjąć decyzję o zafiltrowaniu ujętego poziomu filtrem o średnicy 7” (rury perforowane), wykonanego ze stali N-80 – kolumna filtrowa zostanie powieszona na wieszaku z pakerem w rurach  $\varnothing 9\frac{5}{8}$ ”. Szczegółowa konstrukcja kolumny filtrowej i długość części czynnej zostanie ustalona przez nadzór geologiczny w zależności od warunków geologiczno-złożowych.

### **Wariant II (Załącznik 11)**

Interwał 0 – 150 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing 559$  mm, świder gryzowy lub PDC,
- płuczka bentonitowa lub polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 10 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing 18\frac{5}{8}$ ” ze stali J-55 i zacementowanie ich do wierzchu,
- stójka na związanie cementu (24 godziny).

Interwał 150 – 500 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing 444$  mm, świder gryzowy lub PDC,
- płuczka bentonitowa lub polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 10 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- wykonanie pierwszego zestawu pomiarów geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing 13\frac{3}{8}$ ” ze stali N-80 i zacementowanie ich do wierzchu,
- stójka na związanie cementu (48 godzin).

Interwał 500 – 1500 m p.p.t.:

- po zwierceniu korka cementowego w rurach  $\varnothing 13\frac{3}{8}$ ” wymiana płuczki bentonitowej na płuczkę polimerową,
- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing 311$  mm, świder gryzowy lub PDC, z pobraniem ok. 90 mb. rdzenia wiertniczego
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 5 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- opróbowanie próbnikiem złoża w czasie wiercenia w interwałach wybranych przez nadzór geologiczny, w celu określenia parametrów zbiornikowych poziomów wodonośnych wód termalnych,
- wykonanie drugiego zestawu badań geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- wymiana płuczki na wodę złożową,

- pompowanie diagnostyczne, w czasie pompowania pomiary *Production Log*,
- zarurowanie otworu rurami  $\varnothing 9\frac{5}{8}$ " ze stali N-80 w interwale 400-1500 m p.p.t., ze 100 m zakładką z rurami  $\varnothing 13\frac{3}{8}$ ", zacementowanie ich w interwale 1400,0-1500,0, rury zawiesić na wieszaku i uszczelnić pakerem,
- stójka na związanie cementu (72 godziny).

Interwał 1500 – 2000 m p.p.t.:

- odwiercenie otworu średnicą  $\varnothing 216$  mm, świder gryzowy lub PDC, z pobraniem ok. 60 mb. rdzenia wiertniczego
- płuczka polimerowa,
- pobieranie prób okruchowych do opisu makroskopowego co 5 m i przy każdej zmianie litologii, do skrzynek lub odpowiednich opakowań,
- opróbowanie próbnikiem złoża w czasie wiercenia w interwałach wybranych przez nadzór geologiczny, w celu określenia parametrów zbiornikowych poziomów wodonośnych wód termalnych,
- wykonanie trzeciego zestawu badań geofizycznych (podrozdział 8.6.1),
- pompowanie diagnostyczne, w czasie pompowania pomiary *Production Log*,
- likwidacja otworu w interwale 1500,0 – 2000,0 m p.p.t. poprzez zasypanie piaskiem,
- wykonanie korka cementowego w rurach  $\varnothing 9\frac{5}{8}$ " w interwale 1500,0-1400,0 m p.p.t.,
- perforacja rur okładzinowych  $\varnothing 9\frac{5}{8}$ " w strefach dopływu wód termalnych,
- wymiana płuczki na wodę złożową,
- wykonanie pompowania oczyszczającego pompą głębinową lub air-liftem, czas trwania pompowania około 24 godzin lub do uzyskania wody klarownej bez śladów zawiesiny, stabilizacja zwierciadła wody po zakończeniu pompowania, ciągły pomiar parametrów hydrogeologicznych w czasie pompowania i po jego zakończeniu,
- wykonanie pompowania pomiarowego pompą głębinową, czas trwania około 192 godziny (trzy stopnie pompowania, ok. 48 godzin na pierwszym i drugim stopniu dynamicznym, ok. 96 godzin na trzecim stopniu dynamicznym), stabilizacja zwierciadła wody po zakończeniu pompowania, ciągły pomiar parametrów hydrogeologicznych w czasie pompowania i po jego zakończeniu,
- usunięcie ewentualnego zasypu (który może powstać w trakcie pompowania pomiarowego w wyniku procesu stabilizacji złoża) na lewym obiegu.

Orientacyjne interwały poboru rdzeni wiertniczych podano w podrozdziale 8.6.2. W obu wariantach przewidywane interwały pobrania rdzeni wiertniczych mogą być korygowane przez nadzór geologiczny. Otwór ma charakter badawczy i zasadność rdzenio-  
wania poszczególnych interwałów może wynikać z profilu litologicznego przewierczanych skał. Również czas pompowań badawczych powinien być ostatecznie korygowany przez

hydrogeologa nadzorującego prace, ponieważ wynika on z bieżących obserwacji prowadzonych w otworze.

W przypadku wyboru wariantu II strefy przewidziane do perforacji określone zostaną w zależności od warunków geologiczno-złożowych na podstawie badań próbnikiem złoża, badań geofizycznych oraz pomiarów *Production Log* wykonywanych w czasie pompowania diagnostycznego. Dopuszczalne jest również odpięcie pakera i wycięcie rur okładzinowych  $\varnothing 9\frac{5}{8}$ " w tych interwałach, jeżeli warunki geologiczne i techniczne otworu będą na to pozwalały.

### **8.2.2. Przewidywana konstrukcja i zarurowanie otworu wiertniczego**

Projektowana konstrukcja otworu Legnickie Pole GT-1 w obu wariantach przedstawia się następująco (załącznik 10 i 11):

0,0-150,0 m	średnica $\varnothing$ 559 mm,
150,0-500,0 m	średnica $\varnothing$ 444 mm,
500,0-1500,0 m	średnica $\varnothing$ 311 mm,
1500,0-2000,0 m	średnica $\varnothing$ 216 mm.

Przewidywane zarurowanie otworu Legnickie Pole GT-1 w zależności od wybranego wariantu przedstawia się następująco:

#### **Wariant I (załącznik 10)**

0,0 - 150,0 m	rury stalowe $\varnothing 18\frac{5}{8}$ ", stal J-55, zacementowane od buta rur do wierzchu,
0,0 - 500,0 m	rury stalowe $\varnothing 13\frac{3}{8}$ ", stal N-80, zacementowane od buta rur do wierzchu,
400,0 - 1500,0 m	rury stalowe $\varnothing 9\frac{5}{8}$ ", stal N-80, zacementowane od buta rur do 1400 m p.p.t.,
1500,0 – 2000,0 m	otwór niezarurowany (bosy)*, * w przypadku stwierdzenia nadmiernego sypania ze ścian otworu, interwał 1500,0-2000,0 zostanie zafiltrowany rurami perforowanymi $\varnothing 7$ ".

#### **Wariant II (załącznik 11)**

0,0 - 150,0 m	rury stalowe $\varnothing 18\frac{5}{8}$ ", stal J-55, zacementowane od buta rur do wierzchu,
0,0 - 500,0 m	rury stalowe $\varnothing 13\frac{3}{8}$ ", stal N-80, zacementowane od buta rur do wierzchu,
400,0-1500,0 m	rury stalowe $\varnothing 9\frac{5}{8}$ ", stal N-80, zacementowane od buta rur do 1400 m p.p.t., rury perforowane w strefach dopływu wód termalnych,
1400,0-1500,0 m	korek cementowy w rurach $\varnothing 9\frac{5}{8}$ ",

1500,0-2000,0 m    otwór zlikwidowany przez zasypianie piaskiem.

Ze względu na nieprzewidywalność warunków geologicznych autorzy projektu zakładają możliwość zmiany przyjętych głębokości zarurowania w granicach  $\pm 10\%$ .

Po zakończeniu wiercenia otworu Legnickie Pole GT-1 i wykonaniu testów określających parametry eksploatacyjne otworu zostanie zamontowana głowica eksploatacyjna. Powinna być ona wyposażona w zawór lub zasuwę odcinającą wypływ. Zarówno zasuwę lub zawór, jaki i sama głowica, powinny być w wykonaniu ze stali kwasoodpornej. Wymagania odnośnie roboczego ciśnienia głowicowego wynoszą: 2 MPa, temperatura robocza na głowicy około 60°C. Średnica przelotowa zasuw powinna wynosić 200 mm. Głowica powinna być tak skonstruowana, ażeby można było wykonywać pomiary geofizyczne i pomiary hydrodynamiczne wgłębne. Głowica zostanie dostarczona przez wykonawcę wierceń.

### **8.2.3. Wymagania dotyczące zastosowanej płuczki wiertniczej**

Do wiercenia otworu Legnickie Pole GT-1 w poszczególnych interwałach głębokościowych zaleca się używanie odpowiednio dobranej płuczki wiertniczej. Płuczka powinna być dobrana do rzeczywiście napotkanych warunków geologicznych. Wstępnie określono następujące właściwości płuczki wiertniczej:

1. Interwał 0,0 – 500,0 m p.p.t.:

– rodzaj płuczki	bentonitowa lub polimerowa,
– gęstość ( $\text{g/cm}^3$ )	1,10-1,25
– lepkość plastyczna ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	20-50
– granica płynięcia ( $\text{lb}/100\text{ ft}^2$ )	15-30
– filtracja API ( $\text{cm}^3/30'$ )	<15
– pH	8,5-10
2. Interwał 500,0 – 2000,0 m p.p.t.:

– rodzaj płuczki	polimerowa
– gęstość ( $\text{g/cm}^3$ )	1,05-1,07
– lepkość plastyczna ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	15-25
– granica płynięcia ( $\text{lb}/100\text{ ft}^2$ )	15-25
– filtracja API ( $\text{cm}^3/30'$ )	<6
– pH	8,5-10

W czasie przewiercania interwału 0,0 – 500,0 m p.p.t. może być stosowana płuczka bentonitowa lub płuczka polimerowa. Dobór typu płuczki należy do wykonawcy wiercenia. Ze względu na to, że nie przewiduje się ujęcia wód z tego interwału głębokościowego, wpływ płuczki bentonitowej na własności hydrogeologiczne otworu nie będzie miał znaczenia dla osiągnięcia celu geologicznego. W głębokości poniżej 500 m p.p.t.



należy stosować płuczkę polimerową (beziłową) w celu ochrony zdolności filtracyjnych otworu.

Obieg płuczki powinien być wymuszany zespołem pomp o mocach i wydajnościach zapewniających uzyskanie optymalnych parametrów hydrauliki wiertniczej.

W celu uzyskiwania racjonalnego postępu wiercenia oraz ze względów ekologicznych, urządzenie wiertnicze musi być wyposażone w skuteczny system oczyszczania płuczki z urobku (koryta płuczkowe, sita vibracyjne, hydrocyklony, itp.).

W przypadku wystąpienia ucieczek płuczki podczas wiercenia należy zastosować odpowiednie metody likwidacji tych utrudnień, mając na uwadze ochronę zdolności eksploatacyjnych otworu. Metoda i technologia likwidacji katastrofalnych ucieczek płuczki powinna być opracowana po uwzględnieniu faktycznych danych z wiercenia oraz pomiarów otworowych.

Receptura płuczki, kontrola i korekta jej parametrów podczas wiercenia powinna być prowadzona przez specjalistyczne laboratorium. Pomiary, kontrola i obsługa płuczki wiertniczej powinna odbywać się przez wykwalifikowany serwis płuczkowy przez 24h. Do tego celu Wykonawca prac wiertniczych powinien zainstalować na terenie wiertni polowe laboratorium płuczkowe. System oczyszczania płuczki ze zwiercin powinien być wyposażony m.in. w sita vibracyjne, wirówkę dekantacyjną, mud-cleaner z hydrocyklonami do prawidłowego odbioru fazy stałej. Koryta płuczkowe powinny być na bieżąco starannie oczyszczane z urobku w trakcie głębinienia otworu. Zużyta płuczka, a także urobek pochodzący z wiercenia powinny być utylizowane zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa.

W trakcie przewiercania utworów wodonośnych należy stosować ciężar równoważny ciśnieniu złożowemu. Ewentualne zaniki bądź dopływy do otworu powinny być także automatycznie rejestrowane przez serwis mudloggingowy.

Przed przystąpieniem do zafiltrowania otworu płuczkę znajdującą się w otworze należy wymienić na wodę złożową. Wymianę płuczki na wodę złożową można przeprowadzić na przykład poprzez płukanie otworu wodą tłoczoną poprzez przewód płuczkowy za pomocą pompy płuczkowej. Płukanie rozpoczyna się od górnej części otworu i w miarę zastępowania płuczki wodą, po zwiększeniu się klarowności wody, przewód płuczkowy opuszcza się coraz niżej, aż do dna otworu. Płukanie otworu prowadzi się do całkowitej wymiany płuczki na wodę. Następnie prowadzi się pompowanie oczyszczające.

### **8.3. Informacje dotyczące zamykania horyzontów wodonośnych**

Konstrukcja otworu wiertniczego Legnickie Pole GT-1 została tak dobrana, aby zapewnić bezpieczeństwo prowadzonych robót oraz ochronę środowiska, a w szczególności ochronę wód podziemnych. Urządzenie wiertnicze zostanie wyposażone w prewenter, który zapobiegnie ewentualnemu samowypływowi wody termalnej.

Przewiercone horyzonty wodonośne występujące w utworach neogenu zamknięte zostaną kolumną rur okładzinowych  $\varnothing 18^{5/8}$ " zapuszczoną do głębokości ok. 150,0 m p.p.t. (czyli po przewierceniu całej miąższości neogenu i nawierceniu stropu utworów proterozoiku-paleozoiku). Rury  $\varnothing 18^{5/8}$ " zostaną zacementowane do wierzchu.

Horyzonty wodonośne mogące występować w stropowych utworach piętra proterozoiku-paleozoiku zamknięte zostaną kolumną rur okładzinowych  $\varnothing 13^{3/8}$ " zapuszczoną do głębokości ok. 500 m p.p.t. Rury  $\varnothing 13^{3/8}$ " zostaną zacementowane do wierzchu.

Technologia wierceń z zastosowaniem pełnego zabezpieczenia horyzontów wodonośnych poprzez rurowanie i cementowanie rur okładzinowych uniemożliwi kontakt wód podziemnych z różnymi poziomami wodonośnymi. Przy obecnej technologii wiercenia otworów nie przewiduje się zakłócenia reżimu wód podziemnych poszczególnych pięter wodonośnych.

Wszystkie horyzonty wodonośne powinny być zamknięte przed zakończeniem wiercenia. Proces cementowania powinien być przeprowadzony w sposób uniemożliwiający przepływ płynów poza rurami do izolowanych horyzontów, zarówno po rozpoczęciu wiercenia jak i w długim okresie w trakcie wykorzystywania otworu do eksploatacji wód termalnych.

Czas potrzebny na związanie cementu po każdym zabiegu cementowania określono w zależności od zacementowanego interwału (od 24 do 72 godzin). W tym czasie nie powinno się w otworze Legnickie Pole GT-1 wykonywać żadnych prac wiertniczych.

Zaczyn cementowy użyty do cementowania wszystkich kolumn należy przed użyciem zbadać laboratoryjnie. Raport z analizy powinien zawierać dane (zgodnie z API): gęstość zaczynu, wytrzymałość strukturalną, czas początku wiązania, reologię, konsystencję, odstęp doby, wytrzymałość kamienia cementowego.

#### **8.4 Sposób i termin likwidacji otworu wiertniczego oraz rekultywacji gruntów**

Oceniając ryzyko nieosiągnięcia zakładanych parametrów wody termalnej, należy zwrócić szczególną uwagę na brak badań hydrogeologicznych wykonywanych dotychczas w tym rejonie. Wgłębne poziomy wodonośne w utworach proterozoiku-paleozoiku w rejonie Legnickiego Pola nie zostały dotychczas w jakikolwiek sposób opróbowane i zbadane, w związku z tym ryzyko niezyskania zakładanych parametrów wód termalnych jest znaczne.

W przypadku uzyskania niższych od zakładanych parametrów temperatury i wydajności wody złożowej istnieje możliwość jej alternatywnego wykorzystania w balneologii i rekreacji. Za pozytywny efekt robót geologicznych uznane zostanie uzyskanie wydajności wody termalnej powyżej 1 m<sup>3</sup>/h o temperaturze powyżej 20°C.

Jako negatywny efekt wiercenia wskazuje się uzyskanie wydajności wody termalnej poniżej 1 m<sup>3</sup>/h lub temperatury poniżej 20°C. W takim przypadku otwór Legnickie Pole GT-1 może zostać wykorzystany przez Inwestora w celu zainstalowania otworowego wymiennika ciepła lub, jako otwór nieproduktywny, zlikwidowany na podstawie od-

rębnego projektu robót geologicznych. Decyzję o ewentualnej likwidacji otworu w przypadku negatywnego wyniku wiercenia podejmie Inwestor.

Likwidacja polegała będzie na wykonaniu cementowego korka uszczelniającego. Można to zrobić przez zapuszczenie przewodu do odpowiedniej głębokości i wtłoczenie nim zaczynu cementowego w celu izolacji przewierconych poziomów wodonośnych. W górnej części otwór zostanie wypełniony płuczką oraz również zostanie wykonany korek cementowy. Korki cementowe powinny być wykonane na spodzie otworu, powyżej każdego udostępnionego interwału dopływu wód oraz w górnej części otworu. Miąższość korków cementowych powinna wynosić nie mniej niż 50 m, przestrzeń pomiędzy korkami cementowymi zostanie wypełniona płuczką. W trakcie likwidacji otworu, wprowadzony do przestrzeni rurowej zaczyn cementowy nie będzie migrował w głąb przewierconych skał, w związku z wcześniejszym zarurowaniem otworu wiertniczego. Użyty do likwidacji zaczyn cementowy będzie posiadał odpowiednią gęstość. Szczegóły prac cementacyjnych w otworze (dotyczące objętości zaczynu cementowego, masy suchego cementu, objętość cieczy zarobowej, objętość przybitki) zostaną przedstawione w projekcie cementacji zatwierdzonym przez Kierownika Ruchu Zakładu. Po zakończonej likwidacji otworu ponad powierzchnią terenu widoczny będzie jego fragment (cementowy cokolik oraz tabliczka z datą i nazwą zlikwidowanego odwiertu).

W przypadku likwidacji otworu wiertniczego, zostaje on udokumentowany po zakończeniu robót wiertniczych. Dokumentacja niekończąca się udokumentowaniem zasobów powinna być wykonana zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. 2020, poz. 2449).

Po zakończeniu prac wiertniczych teren wokół otworu zostanie wyrównany i przywrócony do stanu sprzed rozpoczęcia wykonywania prac.

## 8.5 Prace geodezyjne

Szczegółowa lokalizacja otworu Legnickie Pole GT-1 zostanie wytyczona geodezyjnie w terenie, zgodnie z zatwierdzonym projektem.

Po zakończeniu prac wiertniczych otwór należy zaniwelować w dowiązaniu do państwowej sieci geodezyjnej oraz zlokalizować na mapie sytuacyjno-wysokościowej z podaniem:

- współrzędnych poziomych układzie: „1992”, „2000”, „WGS 84”,
- rzędnej terenu w m n.p.m.,
- rzędnej głowicy otworu.

## **8.6 Charakterystyka i uzasadnienie zakresu oraz metod zamierzonych badań geofizycznych i geochemicznych oraz ich lokalizacji, badań hydrogeologicznych, hydrochemicznych, ilość i wielkość planowanych do pobrania próbek geologicznych**

### **8.6.1. Badania geofizyczne**

Podczas wiercenia otworu Legnickie Pole GT-1 przewiduje się wykonanie badań geofizycznych, które mają na celu między innymi:

- określenie profilu litologiczno-stratygraficznego otworu,
- wyznaczenie miąższości efektywnej poszczególnych poziomów wód termalnych,
- określenie porowatości i przepuszczalności utworów strefy złożowej,
- określenie profilu ciśnienia i gradientów ciśnień w strefie złożowej,
- określenie średnicy i krzywizny otworu,
- wyznaczenie interwałów dopływu i pomiar wielkości dopływu,
- ocenę stanu zacementowania rur okładzinowych.

Pomiary geofizyczne w otworze Legnickie Pole GT-1 zostaną najpierw wykonane przed zarurowaniem otworu rurami  $\varnothing 13\frac{3}{8}"$  w interwale 0,0 – 500,0 m w zaprezentowanym poniżej zakresie:

- profilowanie średnicy otworu,
- profilowanie krzywizny otworu,
- profilowanie gamma,
- profilowanie gamma-gamma gęstościowe,
- profilowanie gamma spektrometryczne,
- trójzasięgowe profilowanie oporności,
- profilowanie neutronowe,
- profilowanie skanerem mikroopornościowym lub upadomierzem,
- profilowanie akustyczne do oceny stanu zacementowania rur  $\varnothing 18\frac{5}{8}"$  (interwał 0,0-150,0 m p.p.t.).

Drugi zestaw badań geofizycznych zostanie wykonany przed zarurowaniem otworu rurami  $\varnothing 9\frac{5}{8}"$  w interwale 400,0 – 1500,0 m w zaprezentowanym poniżej zakresie:

- profilowanie średnicy otworu,
- profilowanie krzywizny otworu,
- profilowanie gamma,
- profilowanie gamma-gamma gęstościowe,
- profilowanie gamma spektrometryczne,
- trójzasięgowe profilowanie oporności,
- profilowanie neutronowe,
- profilowanie skanerem mikroopornościowym lub upadomierzem,

- profilowanie akustyczne do oceny stanu zacementowania rur  $\varnothing 13^{3/8}$ " (w interwale 0,0 – 500,0 m p.p.t.).

Trzeci zestaw badań geofizycznych zaplanowano po odwierceniu otworu do głębokości 2000,0 m w zaprezentowanym poniżej zakresie:

- profilowanie średnicy otworu,
- profilowanie krzywizny otworu,
- profilowanie gamma,
- profilowanie gamma-gamma gęstościowe,
- profilowanie gamma spektrometryczne,
- trójzasięgowe profilowanie oporności,
- profilowanie neutronowe,
- profilowanie skanerem mikroopornościowym lub upadomierzem,
- profilowanie akustyczne do oceny stanu zacementowania rur  $\varnothing 9^{5/8}$ " (w interwale 400,0 – 1500,0 m p.p.t.).
- profilowanie temperatury (po 10-dniowej stójce). Profilowanie temperatury będzie wykonywane w całym profilu otworu.

#### **8.6.2. Ilość i wielkość planowanych do pobrania próbek geologicznych**

##### ***Pobór i opis próbek okruchowych i rdzeni wiertniczych***

W otworze Legnickie Pole GT-1 wiercenie prowadzone będzie bezrdzeniowo do głębokości 500,0 m z intensywnością pobierania prób co 10 m i przy każdej zmianie litologii. W interwale 500,0-2000,0 m próbki okruchowe pobierane będą w interwałach nierdzeniowanych z intensywnością pobierania co 5 m i przy każdej zmianie litologii. Próby okruchowe powinny być brane z sit płuczkowych, zawsze z tego samego miejsca, każda próbka o wadze co najmniej 200 g. Powinny być dokładnie wypłukane z płuczki i złożone do skrzynek lub opakowań specjalnie do tego przeznaczonych.

W przelocie 500,0 – 2000,0 m zakłada się pobranie łącznie około 150 mb rdzenia wiertniczego w interwałach stref możliwego dopływu wód termalnych. Orientacyjne interwały poboru rdzeni wiertniczych przedstawiono poniżej:

- interwał 500,0-600,0 – Rdzeń 1 – 9 m
- interwał 600,0-700,0 – Rdzeń 2 – 9 m
- interwał 700,0-800,0 – Rdzeń 3 – 9 m
- interwał 800,0-900,0 – Rdzeń 4 – 9 m
- interwał 900,0-1000,0 – Rdzeń 5 – 9 m
- interwał 1000,0-1100,0 – Rdzeń 6 – 9 m
- interwał 1100,0-1200,0 – Rdzeń 7 – 9 m
- interwał 1200,0-1300,0 – Rdzeń 8 – 9 m
- interwał 1300,0-1400,0 – Rdzeń 9 – 9 m
- interwał 1400,0-1500,0 – Rdzeń 10 – 9 m
- interwał 1500,0-1600,0 – Rdzeń 11 – 9 m

- interwał 1600,0-1700,0 – Rdzeń 12 – 9 m
- interwał 1700,0-1800,0 – Rdzeń 13 – 9 m
- interwał 1800,0-1900,0 – Rdzeń 14 – 9 m
- interwał 1900,0-2000,0 – Rdzeń 15 – 9 m, Rdzeń 16 – 9 m, Rdzeń 17 – 6 m

Podane głębokości poboru rdzenia wiertniczego mogą ulec zmianie na podstawie rzeczywistych wyników wiercenia. Rdzenie wiertnicze powinny być pobierane w strefach spodziewanego dopływu wód termalnych.

Uzysk rdzenia powinien wynosić min. 80%. Rdzenie powinny być obmyte z płuczki i złożone do skrzynek.

Skrzynki lub opakowania, w których składowane będą próbki okruchowe oraz rdzenie wiertnicze powinny być dokładnie opisane. Opisy powinny być czytelne i zabezpieczone przed uszkodzeniem, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. 2015, poz. 903). Po zakończeniu wiercenia próby okruchowe i rdzenie powinny być przewiezione w miejsce wskazane przez zlecniodawcę.

### ***Pobór próbek wody i gazu***

Podczas wiercenia otworu Legnickie Pole GT-1 przewiduje się pobranie próbek wody termalnej do badań laboratoryjnych oraz próbek gazu rozpuszczonego w wodzie termalnej.

Przewiduje się pobranie 2 próbek wody do badań fizykochemicznych podczas pompowań diagnostycznych prowadzonych w interwałach 500,0-1500,0 oraz 1500,0-2000,0. Po dokonaniu wyboru horyzontu przeznaczonego do eksploatacji pobrane zostaną kolejne próbki: jedna podczas pompowania oczyszczającego, dwie podczas pompowania pomiarowego (na początku i na końcu pompowania). Łącznie pobranych zostanie 5 próbek wody złożowej. Należy również pobrać jedną próbkę gazu wydzielającego się z wody termalnej i określić wykładnik gazowy. Probka gazu powinna być pobrana w końcowej fazie pompowania pomiarowego.

Sposób pobierania i przechowywania prób powinien zabezpieczyć naturalną zawartość składu chemicznego w wodzie zgodnie z zasadami ujętymi w normie PN-ISO 5667-11:2017. Dla niektórych oznaczeń próbki należy pobierać oddzielnie, a dla oznaczeń składników gazowych należy zadbać, aby nie dopuścić do kontaktu wody z powietrzem.

## **8.7. Opis opróbowania otworu**

### ***8.7.1. Opróbowanie próbnikiem złoża***

W celu określenia potencjału złożowego w czasie wiercenia otworu w przedziale głębokości 500,0-2000,0 m prowadzone będą badania rurowym próbnikiem złoża. Opróbowanie prowadzone będzie w czasie wiercenia otworu i podlegać mu będą interwały o potencjalnie najkorzystniejszych parametrach zbiornikowych, określone przez nadzór

geologiczny na podstawie bieżących wyników wiercenia i obserwacji warunków hydrogeologicznych w otworze. Łącznie zakłada się maksymalnie 6-krotne zapięcie próbnika złożeń.

### **8.7.2. Pompowania diagnostyczne**

Pompowania diagnostyczne mają na celu wstępne określenie wodonośności badanego poziomu oraz określenie składu fizyko-chemicznego wód złożowych. Wykonane zostaną dla poziomów wodonośnych w utworach proterozoiku-paleozoiku w interwale 500,0-1500,0 m p.p.t. oraz w interwale 1500,0-2000,0 m p.p.t. W trakcie trwania pompowania diagnostycznego należy pobrać po jednej próbce wody do analiz fizyko-chemicznych z każdego z badanych poziomów wodonośnych. Wyniki tych pompowań posłużą do wytypowania poziomu wodonośnego przeznaczonego do późniejszego ujęcia. Pompowania należy prowadzić przy użyciu pompy głębinowej lub air-liftu przez okres około 5 godzin, na jednym stopniu dynamicznym, z maksymalną wydajnością. W czasie trwania pompowania należy prowadzić pomiary wydajności, położenia zwierciadła wody, ciśnienia na głowicy otworu w przypadku samowypływu i temperatury na wypływie w otworze z częstotliwością co najmniej raz na 1 godzinę. Pod koniec każdego z pompowań diagnostycznych należy pobrać próbkę wody do badań fizykochemicznych.

Przewidywana ilość wypompowanej wody w trakcie pompowania diagnostycznego dla każdego z interwałów wyniesie:

$$Q_w = 15 \frac{m^3}{h} \cdot 5h = 75 m^3$$

Przewiduje się, że łącznie podczas pompowań diagnostycznych w badanych interwałach zostanie wypompowane około 150 m<sup>3</sup> wody, która będzie musiała być zgromadzona w dole zrzutowym.

Po zakończonym pompowaniu należy przeprowadzić stabilizację zwierciadła wody. Woda z pompowania diagnostycznego powinna być gromadzona w specjalnie do tego przygotowanym dole zrzutowym, szczelnie wyłożonym folią.

Na podstawie uzyskanych wyników z pompowań diagnostycznych oraz wyników badań geofizycznych inwestor podejmie decyzję o wyborze horyzontu wodonośnego do ujęcia. Najistotniejsze będą temperatura wydobywanej wody i możliwa do uzyskania wydajność eksploatacyjna, pozwalające na wykorzystanie wody termalnej w ciepłownictwie.

### **8.7.3. Pomiary Production Log**

Zakłada się wykonanie pomiarów *Production Log* w czasie pompowań diagnostycznych otworu prowadzonych w interwałach 500,0-1500,0 m p.p.t. oraz 1500,0-2000,0 m p.p.t. Pomiary te wykonane zostaną w celu dokładnego określenia interwałów największego dopływu wód termalnych.

#### **8.7.4. Pompowanie oczyszczające interwału wybranego do eksploatacji**

Pompowania oczyszczające mają na celu oczyszczenie strefy złożowej z pozostałości płuczki wiertniczej i zawiesiny pylastej, a zatem polepszenie dróg dopływu wody do otworu oraz przygotowanie otworu do pompowania pomiarowego i eksploatacji. Pompowanie oczyszczające może być wykonane pompą głębinową lub air-liftem. Pompowanie to zaleca się wykonać na jednym stopniu dynamicznym z zastosowaniem urządzeń hydraulicznych w celu zwiększenia skuteczności oczyszczania strefy złożowej. Pompowanie należy prowadzić do uzyskania klarownej wody, bez piasku i zawiesiny pyłowej. Przed przystąpieniem do pompowania oczyszczającego otworu zostanie ustabilizowane zwierciadło wody w otworze i zostaną wykonane pomiary położenia lustra wody. Pod koniec pompowania oczyszczającego należy pobrać próbkę wody do badań fizykochemicznych.

Podczas pompowania oczyszczającego po zafiltrowaniu musi być prowadzona ciągła, automatyczna rejestracja parametrów, tj.: wydajności, położenia dynamicznego zwierciadła wody, ciśnienia na głowicy otworu w przypadku samowypływu, temperatury eksploatowanej wody. Na podstawie wyników uzyskanych z pompowania oczyszczającego ustalone zostaną parametry dla pompowania pomiarowego.

Szczegółowa instrukcja dotycząca metody i sposobu przeprowadzenia pompowania oczyszczającego i ewentualnych zabiegów usprawniających, zostanie opracowana przez hydrogeologa nadzorującego, po wykonaniu otworu.

Czas trwania pompowania szacuje się na około 24 godziny lub do uzyskania na wypływie wody klarownej, bez śladów zawiesiny. Przy założeniu uzyskania maksymalnej wydajności otworu wynoszącej 15 m<sup>3</sup>/h, podczas pompowania oczyszczającego po zafiltrowaniu zostanie wypompowane około 360 m<sup>3</sup> wody:

$$Q_w = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24\text{h} = 360 \text{ m}^3.$$

Woda z pompowania oczyszczającego będzie gromadzona w specjalnie do tego przygotowanym dole zrzutowym, podobnie jak z wcześniejszych pompowań.

W przypadku niezadawalających dopływów wody złożowej do otworu (wydajność poniżej 5 m<sup>3</sup>/h) należy przeprowadzić zabiegi intensyfikujące dopływ – np. wanna kwasowa. Projekt techniczny kwasowania zostanie przygotowany przez nadzór geologiczny.

Ciecz poreakcyjna zostanie wypompowana z otworu do dołu zrzutowego, gdzie zostanie zneutralizowana i nastąpi jej rozcieńczenie wodami pochodzącymi z pompowania oczyszczającego i pomiarowego. Odpłukanie cieczy poreakcyjnej będzie prowadzone do uzyskania czystej i klarownej wody, bez jakiegokolwiek zawiesiny, o odczynie pH zbliżonym do odczynu wody przed zabiegiem kwasowania.

Zakłada się, że oczyszczenie otworu z cieczy poreakcyjnej oraz ewentualne odpłukanie zasypu może trwać około 10 godzin co daje około 150 m<sup>3</sup> wypompowanej wody.



$$Q_w = 15 \frac{m^3}{h} \cdot 10h = 150 m^3$$

#### 8.7.5. Pompowanie pomiarowe

Po oczyszczeniu otworu i uzyskaniu stabilizacji zwierciadła wody przewiduje się przeprowadzenie próbnego pompowania za pomocą pompy głębinowej, przy trzech ustalonych wydajnościach pomiarowych (bez przerw pomiędzy nimi):

$$Q_1 = 1/3 Q_{\max}, \quad Q_2 = 2/3 Q_{\max}, \quad Q_3 = Q_{\max},$$

gdzie  $Q_{\max}$  – wydajność maksymalna ustalona przez nadzór geologiczny na podstawie wyników z pompowania oczyszczającego.

Ostateczne wydajności poszczególnych stopni oraz czas trwania pompowania pomiarowego zostaną ustalone przez nadzór geologiczny na podstawie wydajności otworu uzyskanej podczas pompowania oczyszczającego. Wstępnie zakłada się czas trwania pompowania na nie mniej niż 192 godziny (trzy stopnie pompowania, ok. 48 godzin na pierwszym i drugim stopniu dynamicznym i ok. 96 godzin na trzecim stopniu dynamicznym). Z pierwszego i trzeciego stopnia pompowania należy pobrać po jednej próbce wody do badań laboratoryjnych właściwości fizykochemicznych wody. Pod koniec pompowania należy pobrać próbkę gazu wydzielającego się z wody termalnej i określić wykładnik gazowy.

Na czas pompowania pomiarowego wykonawca wierceń powinien zapewnić co najmniej:

- pompę głębinową o wydajności co najmniej 20 m<sup>3</sup>/h przy wysokości podnoszenia około 400 m. Pompa będzie zapuszczona w rurach Ø 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" na głębokość około 300 m. Pompa powinna być odporna na temperaturę około 60°C,
- skrzynię przelewową (około 2 m<sup>3</sup>) z przelewem trójkątnym lub prostokątnym,
- zbiornik stalowy otwarty o pojemności 30-40 m<sup>3</sup> do odbioru wody wypompowywanej z otworu i kontrolnego pomiaru średniego wydatku wody,
- zbiornik otwarty w postaci dołu wyłożonego folią dobrze zaizolowany przed przeciekaniem do magazynowania wypompowywanej wody (podrozdział 8.9.3),
- ciągłą, automatyczną rejestrację parametrów pompowania, tj.: wydajności eksploatacyjnej, położenia dynamicznego zwierciadła wody, ciśnienia na głowicy otworu w przypadku samowypływu, temperatury eksploatowanej wody termalnej na wypływie z otworu.

Wstępnie zakłada się następujący program pompowania pomiarowego w otworze Legnickie Pole GT-1:

1. I stopień próbnego pompowania:
  - wydajność  $Q_1$  = około 5 m<sup>3</sup>/h,
  - czas trwania pompowania – około 48 h
  - możliwość wypompowania około 240 m<sup>3</sup> wody.
2. II stopień próbnego pompowania:
  - wydajność  $Q_2$  = około 10 m<sup>3</sup>/h,
  - czas trwania pompowania – około 48 h,

- możliwość wypompowania około 480 m<sup>3</sup> wody.
- 3. III stopień próbnego pompowania:
  - wydajność  $Q_3$  = około 15 m<sup>3</sup>/h,
  - czas trwania pompowania – około 96 h lub do ustabilizowania zwierciadła wody w otworze,
  - możliwość wypompowania około 1440 m<sup>3</sup> wody.

Podczas pompowania pomiarowego z otworu Legnickie Pole GT-1 może być wyeksploatowanych około 2160 m<sup>3</sup> wody termalnej, która będzie gromadzona w przygotowanym wcześniej szczelnym dole zrzutowym.

W przypadku stwierdzenia wystąpienia samowypływu otwór zostanie zabezpieczony odpowiednią głowicą eksploatacyjną. Jeśli wydajność samowypływu będzie zadowalająca dla Inwestora, ocena zasobów eksploatacyjnych ujęcia prowadzona będzie na jednym stopniu dynamicznym, z pełną wydajnością samowypływu przez okres co najmniej 192 godzin. W przypadku, gdy wydajność samowypływu będzie niewielka, pompowanie badawcze przeprowadzone zostanie przy wykorzystaniu pompy głębinowej zapuszczonej do otworu.

Należy zaznaczyć, że czas pompowań badawczych może być korygowany przez hydrogeologa nadzorującego prace, ponieważ wynikał on będzie z bieżących obserwacji prowadzonych w otworze.

Dokumentacja badań z otworu Legnickie Pole GT-1 w postaci rejestracji parametrów technicznych, technologicznych i hydrogeologicznych będzie prowadzona przez dozór geologiczny w laboratorium polowym. Szczegółowe wyniki prowadzonych obserwacji i badań, zestawione w formie tekstowej i graficznej, będą zawarte w dokumentacji otworowej. Materiały z dokumentacji otworowej wykorzystane zostaną do wykonania dokumentacji hydrogeologicznej.

#### **8.7.6. Polowe laboratorium geologiczne**

W trakcie wiercenia otworu na terenie wiertni przewiduje się zainstalowanie polowego laboratorium geologicznego którego zadaniem będzie:

- określanie litologii i udziału procentowego poszczególnych typów skał w próbkach okruchowych,
- oznaczanie zawartości węglanów w próbkach okruchowych i rdzeniach wiertniczych,
- tworzenie aktualnego profilu stratygraficzno-litologicznego,
- opis próbek i skrzynek do składowania próbek okruchowych i rdzeni wiertniczych.

#### **8.7.7. Laboratorium kontrolno-pomiarowe typu „mud logging”**

Podczas pogłębiania otworu należy na bieżąco prowadzić obserwacje płynów, ubytki płuczki wiertniczej, objawy zgazowania (metan, siarkowodór lub inne gazy), do-

plywy wód złożowych. W tym celu w trakcie wiercenia otworu na terenie wiertni przewiduje się zainstalowanie laboratorium kontrolno-pomiarowego typu „mud logging”. Jego zadaniem będzie wykonywanie na bieżąco następujących prac:

- rejestracja postępu wiercenia oraz parametrów technologicznych wiercenia: głębokości otworu, głębokości i lokalizacji świdra, nacisk na świder, ciężar na haku, obroty stołu wiertniczego, moment obrotowy stołu,
- rejestracja parametrów płuczki wiertniczej: bilans płuczki, natężenie wypływu płuczki, ciśnienie tłoczenia płuczki, gęstość i temperaturę płuczki wchodzącej i wychodzącej, objętość płuczki w zbiornikach,
- monitorowanie całkowitej zawartości gazów palnych, w tym siarkowodoru  $H_2S$  w płuczce wiertniczej i przypiływów gazu,
- monitorowanie zaników płuczki wiertniczej, dopływów wód podziemnych.

## 8.8. Zakres badań laboratoryjnych

### *Badania laboratoryjne próbek okruchowych i rdzeni*

Z rdzeni, a w razie potrzeby także z wyselekcjonowanych próbek okruchowych, zostaną wykonane szlify cienkie do specjalistycznych badań petrograficznych i stratygraficznych. Badania petrograficzne umożliwią szczegółowy opis litologiczny profilu otworu.

Rdzenie posłużą do określenia przepuszczalności, przewodności cieplnej, zawartości składników radioaktywnych, ewentualnie dobrania składu i receptury cieczy kwasującej.

Z rdzeni należy pobrać próby, co około 10 m lub ze zmiany litologicznej i wykonać około 15 oznaczeń porowatości i przepuszczalności, przepuszczalności cieplnej i zawartości składników radioaktywnych. Przewiduje się wykonanie około 50 oznaczeń zawartości węglanów w próbach okruchowych oraz rdzeniach wiertniczych. Z interesujących interwałów należy pobrać próby do badań petrograficznych. Zakłada się wykonanie około 15 szlifów do światła przechodzącego. Zakłada się również wykonanie 15 analiz RTG dyfraktometrycznych (proszkowe, ewentualnie sedymentowane).

### *Badania laboratoryjne próbek wody termalnej i gazów w niej rozpuszczonych*

W czasie opróbowania poziomów zbiornikowych przewiduje się pobór łącznie 5 próbek wody złożowej do badań fizykochemicznych. W trakcie trwania prób i testów złożowych oraz po zakończeniu robót geologicznych wykonane zostaną następujące badania laboratoryjne próbek wody:

- badania składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych:
  - odczynu pH, potencjału Eh (redox), tlenu rozpuszczonego, temperatury, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, kwasowości, zasadowości, zapachu, barwy,
  - twardości wody (ogólnej, węglanowej i niewęglanowej), mineralizacji ogólnej,

- absorbancji wody przy  $\lambda = 254 \text{ nm}$  i  $\lambda = 436 \text{ nm}$ ,
  - makroelementów: jony siarczanowy  $\text{SO}_4^{2-}$ , chlorkowy  $\text{Cl}^-$ , wodorowęglanowy  $\text{HCO}_3^-$ , sodu  $\text{Na}^+$ , potasu  $\text{K}^+$ , wapnia  $\text{Ca}^{2+}$ , magnezu  $\text{Mg}^{2+}$ ,
  - mikroelementów: bor B, fluor  $\text{F}^-$ , brom  $\text{Br}^-$ , fosfor P jako  $\text{HPO}_4^{2-}$ , azotany  $\text{NO}_2^-$ , azotyny  $\text{NO}_3^-$ , żelazo ogólne Fe, ołów  $\text{Pb}^{2+}$ , arsen  $\text{As}^{2+}$ , glin  $\text{Al}^{3+}$ , jon amonowy  $\text{NH}_4^+$ , mangan  $\text{Mn}^{2+}$ , stront  $\text{Sr}^{2+}$ , bar  $\text{Ba}^{2+}$ , cynk  $\text{Zn}^{2+}$ , nikiel  $\text{Ni}^{2+}$ , wanad  $\text{V}^{2+}$ , chrom  $\text{Cr}^{2+}$ , kadm  $\text{Cd}^{2+}$ , molibden  $\text{Mo}^{2+}$ , tytan  $\text{Ti}^{2+}$ , kobalt  $\text{Co}^{2+}$ , miedź  $\text{Cu}^{2+}$ , lit  $\text{Li}^+$ , jod I, selen Se, siarka  $\text{S}^2$ , antymon  $\text{Sb}^{3+}$ , Rtęć  $\text{Hg}^{2+}$ ,
  - mikrozanieczyszczeń: cyjanki, fenole, pestycydy, detergenty, TOC, WWA, substancje powierzchniowo czynne (anionowe),
  - składników mineralnych niezdisocjowanych: związki boru i krzemu,
  - składników gazowych: siarkowodoru  $\text{H}_2\text{S}$ , tlenu  $\text{O}_2$ , dwutlenku węgla  $\text{CO}_2$ , węglowodorów gazowych, gazów szlachetnych.
- analiza radiochemiczna: stężenie radonu, radu, uranu, toru oraz całkowitej aktywności promieniotwórczej  $\alpha$  i  $\beta$ ,
  - badania izotopowe,
  - badania mikrobiologiczne.

## **8.9. Przewidywana wydajność dopływu wód do otworu, jakość wody odpompowywanej z otworu wiertniczego oraz sposób jej odprowadzania**

### **8.9.1. Przewidywana wydajność dopływu wód do otworu**

Warstwy wodonośne utworów proterozoiku-paleozoiku w rejonie projektowanego otworu nie są w żadnym stopniu rozpoznane hydrogeologicznie. Utwory te nie zostały przebadane i opróbowane pod kątem wstępowania i pozyskiwania źródła energii geotermalnej.

Z braku danych o parametrach hydrogeologicznych przewidzianych do ujęcia poziomów wodonośnych nie wykonano obliczeń przewidywanej wydajności i depresji w otworze, gdyż obliczenia te byłyby obarczone bardzo dużą niedokładnością. Obliczenia te zostaną wykonane przez geologa nadzorującego po odwiercieniu przewidzianego do badań poziomu wodonośnego, w oparciu o przeprowadzone badania geofizyczne i badania pobranych rdzeni wiertniczych. Wyniki tych obliczeń posłużą do dokładniejszego zaprojektowania próbnych pompowań wybranych do badań horyzontów wodonośnych.

Wstępnie zakłada się uzyskanie z otworu Legnickie Pole GT-1 wydajności wody termalnej rzędu  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ . Wartość ta określona została jako wymagana przez Inwestora dla umożliwienia wykorzystania wody termalnej w celach ciepłowniczych.

### **8.9.2. Przewidywana jakość odpompowywanej wody**

Woda termalna wydobywana otworem Legnickie Pole GT-1 z interwału 1500,0-2000,0 m p.p.t. będzie miała temperaturę około  $50\text{-}60^\circ\text{C}$ . Na podstawie wyników badań wody ze studni zlokalizowanych w obrębie masywu gnejsowego Wądroża Wielkiego

(Domin E., Przylibski T., 2014) przyjmuje się, że jej mineralizacja ogólna będzie wynosiła około 600-700 mg/dm<sup>3</sup>, wydobywana woda najpewniej będzie typu HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca, Ra. Ponieważ nieznane są warunki głębokiego krążenia wód wgłębnymi poziomami wodonośnymi w rejonie Legnickiego Pola, rzeczywista mineralizacja wód może okazać się wyższa.

### **8.9.3. Sposób odprowadzania odpompowywanej wody**

Odpompowywane wody złożowe magazynowane będą przejściowo w dole zrzutowym, który zostanie wykonany na terenie planowanych robót geologicznych. W trakcie pompowań diagnostycznych i oczyszczających przewiduje się wypompowanie łącznie ok. 510 m<sup>3</sup> wody (podrozdziały 8.7.2 i 8.7.4), natomiast w trakcie pompowania pomiarowego przewiduje się wypompowanie ok. 2160 m<sup>3</sup> wody (podrozdział 8.7.5). Łącznie zakłada się wypompowanie ok. 1670 m<sup>3</sup> wody złożowej, która będzie zmagazynowana w dole zrzutowym. Pojemność dołu zrzutowego powinna wynosić co najmniej 4000 m<sup>3</sup>, tak aby umożliwić przeprowadzenie badań hydrogeologicznych w zakładanym zakresie, także w przypadku wystąpienia wyższych niż zakładane wydajności eksploatacyjnych.

Wody złożowe zdeponowane w dole zrzutowym poddawane będą procesom parowania i rozcieńczania wodami opadowymi. W zależności od ładunku soli zawartego w tych wodach podjęte zostaną dalsze decyzje co do ich zagospodarowania lub unieszkodliwienia. W przypadku potwierdzenia niewielkiej mineralizacji wód złożowych, wynoszącej 600-700 mg/dm<sup>3</sup>, wody termalne będą mogły być zrzucane np. do kanalizacji, po uzyskaniu zgody właściciela kanalizacji. W przypadku, gdy mineralizacja wody będzie wyższa, konieczna będzie najprawdopodobniej selektywna utylizacja wód termalnych przez uprawniony podmiot.

## **9. Określenie próbek geologicznych podlegających przekazaniu organowi administracji geologicznej, wraz ze wskazaniem sposobu i terminu ich przekazania**

Zgodnie z Art. 82 ust. 1 pkt. 4 Prawa geologicznego i górniczego (Dz.U. 2020, poz. 1064) podmiot, który wykonuje roboty geologiczne na podstawie decyzji o zatwierdzeniu projektu robót geologicznych, ma obowiązek bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych, w tym robót geologicznych, oraz ich wyników. Podmiot który wykonuje roboty geologiczne w celu między innymi poszukiwania lub rozpoznawania złóż kopalin lub wykonania regionalnych badań budowy geologicznej kraju, a także określania warunków hydrogeologicznych, ma obowiązek bieżącego przekazywania Państwowej Służbie Geologicznej danych geologicznych uzyskanych w wyniku prac geologicznych, w tym robót geologicznych w terminie nie później niż 14 dni od dnia ich uzyskania.

Zgodnie z art. 2, pkt 2 Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. 2017, poz. 2017) próbki okruchowe oraz rdzenie wiertnicze uzyskane w wyniku wierce-

nia otworu Legnickie Pole GT-1 należą do próbek trwałego przechowywania i podlegają przekazaniu Państwowej Służbie Geologicznej.

Zakres, formę i tryb przekazywania próbek oraz zakres, format i tryb przekazywania danych geologicznych określa § 12 i § 14 ust. 1 pkt. 6 rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. 2015, poz. 903). Zgodnie z ww. Rozporządzeniem przekazaniu podlegają próby okruchowe w ilości co najmniej  $\frac{1}{2}$  objętości próby oraz rdzenie wiertnicze w ilości nie mniejszej niż  $\frac{1}{2}$  rdzenia przeciętego zgodnie z płaszczyzną równoległą do osi walca, pozostające w stanie nienaruszonym, bez śladów opróbowania tej części rdzenia. Zgodnie z § 8 Rozporządzenia próbki przekazuje się wraz z aktualnym profilem geologicznym otworu wiertniczego lub wyrobiska rozpoznawczego, na którym zaznaczono miejsca dokonania opróbowania.

Zgodnie z §2 ust. 4 Rozporządzenia w przypadkach, kiedy konieczne jest wykonanie badań powodujących zniszczenie całości lub znacznej części próbki lub badań geomechanicznych powodujących naruszenie integralności calizny rdzenia, przekazaniu podlegają kompletne wyniki badań przeprowadzonych na próbkach wraz z podstawowymi informacjami dotyczącymi ilości, litologii i przedziału głębokościowego, z którego pochodzi próbka, która uległa zniszczeniu, lub rdzeń, którego integralność calizny została naruszona. W projektowanym otworze nie przewiduje się wykonywania badań powodujących zniszczenie całości lub znacznej części próbki lub badań geomechanicznych powodujących naruszenie integralności calizny rdzenia.

W czasie prowadzonych robót geologicznych pobrane zostaną próbki badań wody termalnej i gazu do badań laboratoryjnych. Zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. 2017, poz. 2017) próbki wody i gazu należą do próbek czasowego przechowywania i nie podlegają przekazaniu Państwowej Służbie Geologicznej. Zgodnie z § 14 ust. 1 pkt. 6 rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. 2015, poz. 903) przekazaniu podlegają wyniki dotyczące terenowych pomiarów właściwości fizyczno-chemicznych wody oraz laboratoryjnych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych wody.

## 10. Etapy i harmonogram prac

Przedsięwzięcie realizowane będzie jednoetapowo. Termin rozpoczęcia robót geologicznych określi Inwestor. Roboty wiertnicze mogą być rozpoczęte po zatwierdzeniu niniejszego projektu robót geologicznych i spełnieniu pozostałych wymogów wynikających z ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2020, poz. 1064). Harmonogram projektowanych robót geologicznych obejmuje następujące czynności:

- Prace wiertnicze – około 12 miesięcy, w tym
  - a. prace przygotowawcze 3 miesiące

- b. montaż urządzenia i wiercenie otworu, w tym badania hydrogeologiczne, geofizyczne i inne 8 miesięcy
- c. demontaż i rekultywacja terenu 1 miesiąc
- opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej – 6 miesięcy

Wnioskuje się o zatwierdzenie niniejszego Projektu robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych Legnickie Pole GT-1 w miejscowości Legnickie Pole na okres 5 lat, tj. 60 miesięcy.

## **11. Oddziaływanie zamierzonych prac związanych z wykonaniem otworu wiertniczego na środowisko**

Przewiduje się wystąpienie niewielkich wpływów na środowisko, w otoczeniu projektowanego otworu Legnickie Pole GT-1. W szczególności możliwe jest wystąpienie następujących zagrożeń dla środowiska naturalnego:

- zanieczyszczenie gleby i zmiana topografii terenu,
- zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego,
- zagrożenie hałasem i wibracjami,
- zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych,
- powstawanie odpadów.

Przeciwdziałania, określające czynności mające na celu zapobieżenie szkodom powstałym w skutek wykonywania zamierzonych robót i ich oddziaływania na poszczególne elementy środowiska naturalnego omówiono poniżej:

### ***Oddziaływanie na powierzchnię ziemi***

Z terenu, w granicach którego zlokalizowane zostanie urządzenie wiertnicze oraz zaplecze socjalno-techniczne wiertni należy usunąć warstwę gleby (humusu) i zmagazynować ją w formie pryzmy, bądź wału.

W przypadku budowy „dołu urobkowego” jego wnętrze należy wyłożyć szczelnym materiałem izolacyjnym (folia) o odpowiednich parametrach w celu zapobieżenia przed przesączaniem zanieczyszczeń do ziemi. Zbiornik powinien zostać we właściwy sposób oznaczony i zabezpieczony przed dostępem dla osób niepowołanych.

Wiertnie należy wyposażyć również w szczelne zbiorniki płuczkowe oraz zbiorniki do magazynowania wody złożowej wynoszonej z otworu podczas zabiegów pompowania oczyszczającego i pompowania próbnego.

Należy dołożyć wszelkich starań, aby w trakcie realizacji robót geologicznych nie dopuścić do wycieku substancji niebezpiecznych do ziemi. W przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnych, np. niekontrolowanego wycieku paliwa, należy jak najszybciej wezwać specjalistyczną jednostkę ratownictwa chemicznego Straży Pożarnej.

### ***Oddziaływanie na przyrodę***

W bezpośrednim sąsiedztwie projektowanego otworu badawczego nie występują formy ochrony przyrody. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można wykluczyć ryzyko pogorszenie stanu siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk roślin i zwierząt, będących przedmiotami ochrony położonych w najbliższym sąsiedztwie obszarów Natura 2000 oraz ryzyko wystąpienia zaburzeń spójności i integralności całej sieci Natura 2000. W związku z tym roboty geologiczne nie spowodują żadnych chwilowych lub trwałych zmian w funkcjonowaniu kluczowych czynników ekologicznych warunkujących trwałość siedlisk przyrodniczych. Zakres prac związanych z realizacją inwestycji nie wpłynie na pogorszenie siedlisk, a także na gatunki, dla których zostały wyznaczone obszary Natura 2000, nie zredukuje obszaru występowania kluczowych gatunków i nie zredukuje liczebności kluczowych gatunków, jak również nie naruszy równowagi pomiędzy kluczowymi gatunkami, dla których wyznaczono sieć obszarów Natura 2000. Prace objęte projektem robót geologicznych nie zmniejszą różnorodności obszarów Natura 2000, nie spowodują zaburzeń, które wpłynęłyby na wielkość populacji, zagęszczenie lub równowagę pomiędzy kluczowymi gatunkami dla których utworzono obszary Natura 2000 oraz nie spowodowały ich fragmentacji.

### ***Oddziaływanie na wody podziemne i powierzchniowe***

Wykonywanie prac wiertniczych przy prawidłowym wierceniu otworu nie będzie miało wpływu na wody podziemne i powierzchniowe. Celem zabezpieczenia ich przed zanieczyszczeniem wykonawca wierceń podejmie następujące działania:

- stosowane będą odpowiednie urządzenia i technologie w celu ograniczenia powstawania nadmiernej ilości zanieczyszczonych wód opadowych i ścieków,
- przewiduje się, że zanieczyszczone wody opadowe i potencjalne ścieki przemysłowe ujęte będą do metalowych zbiorników i sukcesywnie wywożone do uprawnionego odbiorcy, a w razie konieczności będą oczyszczane na terenie wiertni,
- przechowywanie materiałów płuczkowych odbywać się będzie w specjalnie do tego celu przystosowanych magazynach lub odpowiednio przygotowanych miejscach eliminując możliwość wypłukania przez opady atmosferyczne,
- przewiercane horyzonty wodonośne zostaną całkowicie zabezpieczone poprzez rurowanie i cementowanie przestrzeni pierścieniowej,
- pompowania pomiarowe projektowanego otworu i jego próbna eksploatacja nie powinna spowodować obniżenia zwierciadła wody w pobliskich ujęciach wód podziemnych,
- ścieki socjalno-bytowe magazynowane będą w szczelnych bezodpływowych zbiornikach i sukcesywnie wywożone przez odbiorcę, który posiada odpowiednie zezwolenie.

Wiertnia nie oddziałuje na wody podziemne i powierzchniowe poprzez pobór wody (w trakcie wiercenia). Dla potrzeb wiertni wymagana jest niewielka ilość wody śred-



nio około 30 m<sup>3</sup>/d, która używana będzie do celów pitnych, o ile będzie odpowiedniej jakości, socjalno-bytowych załogi oraz dla potrzeb technologicznych wiercenia. Woda pochodzić będzie z sieci wodociągowej lub będzie dowożona.

Teren projektowanych robót geologicznych nie znajduje się w granicach udokumentowanych GZWP. W pobliżu projektowanego otworu zlokalizowane są ujęcia wód podziemnych utworów neogenu o nr CBDH: 7600307, 7600068, 7600290, 7600333, 7600067, 7600334, 7600279, 7600281, 7600332, 7600307, 7600196, 7600178 położone w odległości od ok. 290 m do ok. 660 m. W celu ochrony neogeńskiego poziomu wodonośnego (stanowiącego główny użytkowy poziom wodonośny w rejonie Legnickiego Pola) utwory wodonośne neogenu zamknięte zostaną kolumną rur okładzinowych  $\varnothing 18 \frac{5}{8}$ " zapuszczoną od powierzchni terenu do głębokości ok. 150 m p.p.t. (czyli po przewierceniu całej miąższości utworów neogenu i nawierceniu stropu utworów proterozoiku-paleozoiku). Rury  $\varnothing 18 \frac{5}{8}$ " zostaną zacementowane do wierzchu.

Mając na uwadze powyższe założenia, nie przewiduje się oddziaływania projektowanego otworu na istniejące ujęcia wód podziemnych.

Wypompowywana z otworu woda złożowa, ewentualnie samoczynnie wypływająca w trakcie opróbowań, nie będzie oddziaływać na wody podziemne i powierzchniowe, ponieważ gromadzona będzie na terenie wiertni w zbiorniku w postaci dołu wyłożonego folią, dobrze zaizolowanego przed przeciekaniem, a następnie będzie sukcesywnie utylizowana w sposób opisany w podrozdziale 8.9.3.

### ***Oddziaływanie na klimat akustyczny***

Przepisy prawne regulujące sprawy oceny uciążliwego oddziaływania hałasu w środowisku zewnętrznym, zostały zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tj. Dz.U. 2014, poz. 112). Na podstawie tego Rozporządzenia oraz przeprowadzonej wizji lokalnej, przyjmuje się następujące dopuszczalne równoważne poziomy dźwięku A przenikające do środowiska zewnętrznego, a występujące na terenach podlegających ochronie akustycznej: dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową jednorodzinną: – w porze dziennej 50 dB, – w porze nocnej 40 dB.

Projektowane prace wiertnicze związane z wykonaniem otworu Legnickie Pole GT-1 będą wywierać ujemny wpływ na klimat akustyczny, przy czym wpływy te będą miały charakter okresowy i ograniczony. Źródłem hałasu będzie praca silników urządzenia wiertniczego, pomp płuczkowych, generatorów, a także funkcjonowanie bazy wiertniczej. Podczas prowadzenia prac wiertniczych tj. przez okres około 8 miesięcy, należy zakładać pracę urządzenia wiertniczego, a tym samym powstawanie hałasu, przez 24 godziny na dobę. Na podstawie rzeczywistych pomiarów natężenia hałasu wokół urządzenia wiertniczego o mocy silników napędowych: wyciągu wiertniczego, pomp płuczkowych, agregatu prądotwórczego, podobnych do urządzenia planowanego do zastosowania przy prowadzeniu prac wiertniczych stwierdzono, że poziom dźwięku pomierzony przy poszczególnych źródłach hałasu wynosił: dla silnika wiertnicy – 87 dB (A), dla silnika

pompy płuczkowej – 98 dB (A) oraz dla agregatu prądotwórczego – 85 dB (A). Rozkład izolinii dźwięku wokół typowego otworu wiertniczego wykazał poziom dźwięku 55 dB (A) w odległości 100-120 m od źródła dźwięku, około 47 dB (A) w odległości około 150-200 m od źródła oraz około 36 dB (A) w odległości do około 300 m od źródła.

Rzeczywisty zasięg izolinii hałasu wokół projektowanego otworu wiertniczego uzależniony będzie od ukształtowania i zagospodarowania terenu projektowanych prac. Najbliższe obszary podlegające ochronie akustycznej w sąsiedztwie projektowanego otworu występują w odległości ok. 80 m na północny wschód – zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i ok. 120 m na północny zachód – zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna. Ze względu na stosunkowo niewielką odległość terenu projektowanych robót od budynków mieszkalnych, przewiduje się, że może występować negatywny wpływ planowanych prac wiertniczych na klimat akustyczny. Dlatego też zakłada się, że w przypadku stwierdzenia zbyt wysokiego poziomu hałasu w sąsiedztwie wiertni ustawione zostaną ekrany dźwiękochłonne wokół placu wiertni. Ekrany dźwiękochłonne będą dostarczone i zamontowane przez wykonawcę prac wiertniczych w taki sposób, aby nie występowały przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu na terenach podlegających ochronie akustycznej.

### ***Oddziaływanie na powietrze***

Projektowane prace wiertnicze, związane z wykonaniem otworu Legnickie Pole GT-1 będą wywierać niewielki ujemny wpływ na powietrze. Oddziaływanie planowanych prac na powietrze atmosferyczne będzie miało charakter okresowy, ograniczony do około 6 miesięcy. W tym czasie ciągła praca urządzenia wiertniczego i pomp płuczkowych napędzanych silnikami spalinowymi może powodować emisję do atmosfery zanieczyszczeń gazowych, wśród których dominują tlenki azotu i dwutlenek siarki. Zasięg negatywnego oddziaływania na atmosferę wynosi maksymalnie do 300 m od źródła emisji. Wiertnie zaliczane są do słabych emitorów zanieczyszczeń powietrza. Pomimo prognozy niewielkiego wzrostu emisji zanieczyszczeń do powietrza związanej z planowanym wierceniem otworu, skala ewentualnych zanieczyszczeń powietrza nie będzie miała istotnego wpływu na stan powietrza w rejonie jego lokalizacji, pod warunkami prowadzenia prac zgodnie z zasadami dobrej praktyki i przestrzegania przepisów prawnych.

Wzrost emisji niezorganizowanej – podwyższone stężenie dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu zawieszonego, może mieć miejsce jedynie w najbliższym otoczeniu placu wokół otworu i nie spowoduje ponadnormatywnych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu poza terenem przedsięwzięcia. W trakcie prowadzenia wiercenia wystąpią jedynie źródła emisji niezorganizowanej. Nie są one objęte uregulowaniami prawnymi ujętymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2012, poz. 1031 z późn. zm.).

### ***Gospodarka odpadami***

W wyniku prowadzenia robot wiertniczych i procesów technicznych wytworzone będą odpady niebezpieczne i inne niż niebezpieczne. Wszystkie powstające na terenie wiertni odpady przechowywane będą w odpowiednich zbiornikach i pojemnikach celem zabezpieczenia przed przedostaniem się do środowiska.

Magazynowanie odpadów wiertniczych odbywać się będzie w stalowych zbiornikach będących na wyposażeniu wiertni. Odpompowywane wody złożowe będą magazynowane w szczelnym dole zrzutowym. Pozostałe odpady w tym również niebezpieczne magazynowane będą w szczelnych pojemnikach stalowych przystosowanych do tego celu i opisanych kodem danego odpadu. Gospodarowanie odpadami zostanie zlecone podmiotom, które posiadają zezwolenie właściwego organu na prowadzenie działalności w zakresie gospodarowania tymi odpadami.

## **12. Rodzaj dokumentacji geologicznej mającej powstać w wyniku przeprowadzonych robót geologicznych**

W wyniku robót geologicznych zostanie sporządzona dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych. Szczegółowy zakres dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych przedstawiony został w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. 2016, poz. 2033).

Zasoby eksploatacyjne ustalone zostaną poprzez wykonanie prognoz hydrodynamicznych pracy ujęcia. Prognozy mogą być wykonane w oparciu o metody analityczne lub numeryczne. Dla obu z nich podstawą są parametry hydrogeologiczne ujętego poziomu wodonośnego otrzymane wyniku interpretacji próbnego pompowania. Podstawowym zadaniem prognoz jest określenie depresji przy danej wydajności eksploatacyjnej oraz charakterystyki strumienia wód podziemnych zasilającego ujęcie (obszar zasobowy, zasięg oddziaływania).

W przypadku braku dopływu wody złożowej do otworu Legnickie Pole GT-1 zostanie sporządzona inna dokumentacja geologiczna zgodnie z rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 grudnia 2020 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. 2020, poz. 2449).

### **13. Uwagi końcowe, podsumowanie**

1. Celem projektowanych robót jest wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego wód termalnych z utworów proterozoiku-paleozoiku w Gminie Legnickie Pole.
2. W przypadku pozytywnych wyników badań wykonana zostanie dokumentacja hydrogeologiczna i ustalone zostaną zasoby eksploatacyjne ujęcia, z przeznaczeniem na cele ciepłownicze.
3. W ramach projektowanych robót geologicznych zakłada się odwiercenie otworu Legnickie Pole GT-1 do głębokości 2000,0 m oraz wykonanie badań hydrogeologicznych w utworach proterozoiku-paleozoiku.
4. Niniejszy Projekt robót geologicznych zawiera szczegółowy zakres, rodzaj, harmonogram, przestrzeń projektowanych robót geologicznych oraz przedsięwzięć koniecznych ze względu na ochronę środowiska.
5. Wszelkie prace wiertnicze i badawcze będą odbywały się pod dozorem i nadzorem geologicznym oraz zgodnie z obowiązującymi przepisami.
6. Po zakończeniu prac terenowych opracowana zostanie dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych.
7. Zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym (Dz.U. 2020 poz. 1064) wody termalne są kopaliną i ich eksploatacja wymaga uzyskania koncesji.
8. Wykonawca robót geologicznych zobowiązany jest do zgłoszenia zamiaru rozpoczęcia robót geologicznych właściwym organom, o których mowa w art. 81 ust. 1 Prawa geologicznego i górniczego.
9. Zakres, sposób i termin przekazania danych geologicznych powinien uwzględniać wymogi wynikające z art. 82 ust. 5 i 6 Prawa geologicznego i górniczego oraz § 12 i § 14 ust. 1 pkt. 6 Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. 2015, poz.903).
10. Wnioskuje się o zatwierdzenie projektu robót geologicznych na okres 60 miesięcy licząc od daty jego zatwierdzenia.

#### 14. Spis wykorzystanych publikacji i materiałów

1. Bobinski W. [red.]: *Profile głębokich otworów wiertniczych Chomiża IG-1, Środa Śląska IG-1, Wilków IG-1*. PIG-PIB Warszawa, 2001.
2. Bobinski W., Cymerman Z. [red.]: *Profile głębokich otworów wiertniczych Cesarzowice IG-1*. PIG-PIB Warszawa, 2001.
3. Bruszeńska B.: *Warunki geotermiczne Dolnego Śląska*. Przegląd Geologiczny, vol. 48, nr 7, 2000.
4. Cieśla E., Okulus H.: *Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Blok przedsudecki, rejon: Dzierżoniów - Legnica - Bolesławiec 1973*. Warszawa, 1974.
5. Cieśla E.: *Dokumentacja badań magnetycznych, temat: Określenie perspektyw występowania zwietrzelin bazaltowych na Dolnym Śląsku, rejon: Złotoryja - Legnica, I etap prac*. Warszawa 1980.
6. Cymerman Z.: *Tectonic Map of the Sudetes and the Fore-Sudetic Block 1:200 000*. Państw. Inst. Geol., Warszawa 2004.
7. Dadlez R., Marek S., Pokorski J. [red.]: *Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku w skali 1:1 000 000*
8. Domin E., Przylibski T.: *Występowanie 222-Rn w wodach podziemnych metamorfiku kaczawskiego na obszarze bloku przedsudeckiego*. Przegląd geologiczny, vol. 64 nr 9: 671-682, Warszawa, 2014.
9. Duda W., Wasiak I.: *Dokumentacja badań aeromagnetycznych. Temat: Sudety i Monoklina Przedsudecka, 1977 – 1979*. Warszawa 1980.
10. Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwa Naukowe PWN Warszawa 2001.
11. Kosobudzka I.: *Dokumentacja badań magnetycznych. Temat: Określenie perspektyw występowania zwietrzelin bazaltowych na Dolnym Śląsku, I etap prac, 1979-1981*. Warszawa, 1981.
12. Kossowska I.: *Badania mineralogiczne skaolinizowanych skał krystalicznych z przedpola Gór Sowich i Wądroża Wielkiego*. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Dolnośląski, Wrocław 1975.
13. Majdański M., Kozlovskaya E., Grad M.: *3D structure of the Earth's crust beneath the northern part of the Bohemian Massif*. Tectonophysics 437, 2007, 17–36.
14. Marszałek H., Wąsik M.: *Wodonośność skał krystalicznych metamorfiku kaczawskiego i izerskiego na podstawie wyników próbnych pompowań*. Współczesne Problemy Hydrogeologii tom XII, Toruń 2005
15. Mroczkowska B.: *Mapa hydrogeologiczna Polski, arkusz 760 – Wądroże Wielkie*. PIG-PIB, 1997
16. Paczyński B.: *Atlas hydrogeologiczny Polski cz. II (zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód)*. PIG Warszawa, 1995

17. Paczyński B., Sadurski A., [red]: *Hydrogeologia regionalna Polski, tom I Wody słodkie*. PIG-PIB, Warszawa, 2007
18. Pazdro Z.: *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1977
19. Seifert K.: *Mapa geośrodowiskowa Polski (II), arkusz 760 – Jawor*. PIG-PIB, 2015.
20. Stupnicka E., Stempień-Sałek M.: *Geologia regionalna Polski*. Wyd. UW, 2016.
21. Urbański K., Różański P., Kozdrój W.: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski, arkusz 760 – Jawor*. PIG-PIB, 2009.
22. Urbański K., Różański P., Kozdrój W.: *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz 760 – Jawor*. PIG-PIB, 2016.
23. Wojtkowiak A.: *Mapa hydrogeologiczna Polski, arkusz 760 – Jawor*. PIG-PIB, 2002a.
24. Wojtkowiak A.: *Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski, arkusz 760 – Jawor*. PIG-PIB, 2002b.
25. Wrzeszcz M., Kosobudzka I.: *Dokumentacja, temat: Półszczegółowe badania magnetyczne T na obszarze Sudetów, 2005-2007*. Warszawa, 2007.
26. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej: *Załącznik nr 3 do programu priorytetowego Udostępnianie wód termalnych w Polsce Rekomendacje i zalecenia dotyczące projektowania robót geologicznych w celu udostępnienia wód termalnych w Polsce (dla przedsięwzięć ubiegających się o dofinansowanie ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej..* Warszawa, 2020.
27. Żelaźniewicz A., Dörr W., Bylina P., Franke W., Haack U., Heinisch H., Schastok J., Grandmontagne K., Kulicki C.: *The eastern continuation of the Cadomian orogen: U-Pb zircon evidence from Saxo-Thuringian granitoids in southwestern Poland and the northern Czech Republic*. Int. J. Earth Sc., 93: 773–781, 2004.
28. Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczypko N., Ślaczka A., Żaba J., Żytko K. 2011: *Regionalizacja Tektoniczna Polski*. Komitet Nauk Geologicznych PAN. Wrocław.