

***Projekt robót geologicznych
na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego
Gąsawa GT-1
dla rozpoznania zasobów złóż wód termalnych
oraz określenia możliwości ich wykorzystania***

gmina: Gąsawa

powiat: żniński

województwo: kujawsko-pomorskie

Zamawiający: Gmina Gąsawa
ul. Żnińska 8
88-410 Gąsawa

Autor:

dr Marek Rasala
nr świadectwa IV-0448

Gąsawa, wrzesień 2018 r.

SPIS TREŚCI:

1. WSTĘP	5
2. CHARAKTERYSTYKA WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW	6
3. LOKALIZACJA I CHARAKTERYSTYKA REJONU PROJEKTOWANYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH	8
3.1 LOKALIZACJA ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH	8
3.2 MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA	8
3.3 OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU W REJONIE ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM OBIEKTÓW I OBSZARÓW CHRONIONYCH	9
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW PRZEPROWADZONYCH WCZEŚNIEJ ROBÓT GEOLOGICZNYCH I BADAŃ GEOFIZYCZNYCH W REJONIE PROJEKTOWANYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH	10
4.1. BADANIA GEOFIZYCZNE	11
4.2. ROBOTY WIERTNICZE	12
5. BUDOWA GEOLOGICZNA OBSZARU	14
5.1 TEKTONIKA	14
5.2 STRATYGRAFIA I LITOLOGIA	17
6. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE	27
6.1. ZBIORNIKI ZWYKŁYCH WÓD PODZIEMNYCH	27
6.2. ZBIORNIKI WÓD GEOTERMALNYCH	29
6.2.1. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE I GEOTERMALNE ZBIORNIKA DOLNOKREDOWEGO	29
6.2.3. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE I GEOTERMALNE ZBIORNIKA DOLNOJURAJSKIEGO	33
7. PRZEWIDYWANY PROFIL GEOLOGICZNY PROJEKTOWANEGO OTWORU	36
8. MOŻLIWOŚĆ OSIĄGNIĘCIA CELU ROBÓT GEOLOGICZNYCH	37
8.1. UZASADNIENIE LOKALIZACJI I RODZAJU PROJEKTOWANEGO OTWORU	37
8.2. KONCEPCJA ROZWIĄZANIA ZADANIA GEOLOGICZNEGO	38
8.3. SCHEMATYCZNA KONSTRUKCJA PROJEKTOWANEGO OTWORU WIERTNICZEGO	39
8.4. ZAMYKANIE HORYZONTÓW WODONOŚNYCH	44
8.5. SPOSÓB I TERMIN LIKWIDACJI OTWORU	46
9. ZAKRES PROJEKTOWANYCH BADAŃ TERENOWYCH I LABORATORYJNYCH	48
9.1. POMIARY GEOFIZYKI WIERTNICZEJ	48
9.2. OPRÓBOWANIE OTWORU	51
9.3. ZAKRES OBSERWACJI POZIOMÓW I POMIARÓW PRZEPŁYWÓW WÓD W TRAKCIE WIERCENIA	54
9.4. POMPOWANIA I TESTY BADAWCZE	55
9.5. POMIARY TEMPERATUR I CIŚNIEŃ	58
9.6. PRZEWIDYWANA WIELKOŚĆ DOPŁYWU WÓD DO OTWORU	60
9.7. BADANIA I POMIARY SPECJALNE	61
9.8. PRACE GEODEZYJNE	62
9.9. ZAKRES BADAŃ LABORATORYJNYCH	62
10. OKREŚLENIE PRÓBEK GEOLOGICZNYCH PODLEGAJĄCYCH OBOWIĄZKOWEMU PRZEKAZANIU PAŃSTWOWEJ SŁUŻBIE GEOLOGICZNEJ	65
11. HARMONOGRAM REALIZACJI PROJEKTOWANYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH	68
12. WPLYW ZAMIERZONYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH NA OBSZARY CHRONIONE, W TYM OBSZARY NATURA 2000	69
13. RODZAJ DOKUMENTACJI GEOLOGICZNEJ MAJĄCEJ POWSTAĆ W WYNIKU ROBÓT GEOLOGICZNYCH	78
14. UWAGI KOŃCOWE	80
15. SPIS MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH I LITERATURY	81

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

- Załącznik 1. Mapa przeglądowa w skali 1:50 000
- Załącznik 2. Mapa lokalizacyjna w skali 1:10 000
- Załącznik 3. Mapa sytuacyjno-wysokościowa w skali 1:1 000 na podstawie danych z państwowego zasobu geodezyjnego
- Załącznik 4. Wypis i wyrys z rejestru gruntów
- Załącznik 5. Fragment Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Rogowo 397 i Gąsawa 398
- Załącznik 6. Fragment Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Rogowo 397 i Gąsawa 398
- Załącznik 7. Fragment Mapy Geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, arkusz Rogowo 397 i Gąsawa 398, Plansza A i B
- Załącznik 8. Mapa rozpoznania hydrogeologicznego użytkowych poziomów wodonośnych w rejonie Gąsawy w skali 1:50 000
- Załącznik 9. Mapa rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego kompleksu permsko-mezozoicznego w rejonie Gąsawy w skali 1:100 000
- Załącznik 10. Przekrój geologiczny przez rejon projektowanych robót geologicznych
- Załącznik 11. Projekt geologiczno-techniczny odwiertu Gąsawa GT-1
- Załącznik 12. Profile litologiczno-stratygraficzne głębokich otworów w rejonie Gąsawy
- Załącznik 13. Licencje ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznych

SPIS RYCIN:

- Rycina 1. Obszary podlegające ochronie przyrodniczej w otoczeniu projektowanego otworu Gąsawa GT-1
- Rycina 2. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle Mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku
- Rycina 3. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle mapy ścięcia poziomego Polski
- Rycina 4. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle mapy strukturalnej spągu kredy
- Rycina 5. Podział litostratygraficzny jury dolnej basenu polskiego
- Rycina 6. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon Gąsawy
- Rycina 7. Regionalny przekrój geologiczno-termiczny przez rejon na północ od projektowanych robót geologicznych
- Rycina 8. Charakterystyka parametrów dolnokredowego zbiornika geotermalnego w rejonie projektowanych robót
- Rycina 9. Charakterystyka parametrów dolnojurajskiego zbiornika geotermalnego w rejonie projektowanych robót

SPIS TABEL:

- Tab. 1. Współrzędne projektowanego odwiertu Gąsawa GT-1
- Tab. 2. Otwory wiertnicze o głębokości >1000 m wykonane w otoczeniu obszaru planowanych robót (lokalizacja zał. 9).
- Tab. 3. Litostratygrafia jury dolnej (liasu) obszaru Kujaw
- Tab. 4. Litostratygrafia kredy dolnej regionu kujawskiego i pomorskiego
- Tab. 5. Zestawienie głębokości i miąższości utworów dolnokredowych w otworach wiertniczych zlokalizowanych w rejonie Gąsawy
- Tab. 6. Zestawienie głębokości i miąższości utworów dolnojurajskich w otworach wiertniczych zlokalizowanych w rejonie Gąsawy
- Tab. 7. Przewidywany profil geologiczny otworu Gąsawa GT-1
- Tab. 8. Przewidywane parametry głównych horyzontów wodonośnych w otworze Gąsawa GT-1
- Tab. 9. Harmonogram realizacji projektowanych robót geologicznych.

1. Wstęp

Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 dla rozpoznania zasobów złóż wód termalnych oraz określenia możliwości ich wykorzystania, został opracowany na zlecenie Gminy Gąsawa. Projekt wykonano zgodnie z wymaganiami określonymi w Ustawie z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2017 r. poz. 2126, z późn. zm.) oraz w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. Nr 288, poz. 1696, z późn. zm.).

Przedmiotem opracowania jest określenie zakresu robót wiertniczych oraz badań hydrogeologicznych, związanych z wykonaniem otworu Gąsawa GT-1. Zakłada się, że odwiert docelowo będzie pełnił rolę otworu wydobywczego i zaprojektowano go w sposób pozwalający na uzyskanie możliwie dużej ilości wód termalnych, dla maksymalizacji efektów energetycznych i ekologicznych. W ramach *Projektu* przewidziano priorytetowe rozpoznanie i ujęcie wód dolnojurajskiego poziomu wodonośnego. Jednak przewidziano również rozpoznanie dolnokredowego poziomu geotermalnego, z jego alternatywnym zafiltrowaniem, w przypadku słabych parametrów hydrogeologicznych głębszego poziomu wodonośnego.

Rozwiązanie zadania geologicznego zaprojektowano w jednym etapie obejmującym wykonanie otworu wiertniczego Gąsawa GT-1 o głębokości 3600 m oraz przeprowadzenie w nim niezbędnych badań umożliwiających rozpoznanie i udokumentowanie własności eksploatacyjnych poziomu wodonośnego dolnej kredy i dolnej jury. Otwór zrealizowany zostanie techniką mechaniczno-obrotową z wykorzystaniem płuczki wiertniczej i zabezpieczeniem nadległych poziomów wodonośnych przez rurowanie. Przewiercone poziomy wodonośne będą izolowane hydraulicznie od otworu poprzez cementowanie rur okładzinowych. Opracowanie zawiera opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w rejonie projektowanego otworu, projekt geologiczno-techniczny otworu geotermalnego Gąsawa GT-1, a także opis projektowanych prac i badań hydrogeologicznych terenowych i laboratoryjnych. Rodzaj, zakres i harmonogram robót oraz ich lokalizacja szczegółowo opisana jest w kolejnych rozdziałach. Roboty i prace zostaną zakończone wykonaniem dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych.

Projektowany otwór będzie dostarczać wodę geotermalną z utworów jury dolnej, a jej energia wykorzystana zostanie do celów ciepłowniczych, a wobec przewidywanej temperatury wód na wypływie $>110^{\circ}\text{C}$, również do wytwarzania energii elektrycznej. Aktualnie na terenie gminy Gąsawa, ani w obrębie niecki mogileńskiej brak otworów eksploatujących wody termalne.

Roboty geologiczne projektowano na działce o numerze ewidencyjnym nr 2, obręb ewidencyjny 041902_2.0005, Gąsawa, powiat żniński, województwo kujawsko-pomorskie.

2. Charakterystyka wykorzystanych materiałów

Podstawę opracowania stanowią studia materiałów archiwalnych i publikowanych, dotyczących budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i potencjału geotermalnego w rejonie Gąsawy. Przeprowadzona została również wizja terenu. Dla potrzeb projektu przeanalizowano:

- budowę geologiczną terenu,
- warunki hydrogeologiczne panujące w utworach, z których planowany jest pobór wody, jak i utworach młodszych pięter wodonośnych,
- wyniki badań archiwalnych.

Spis wykorzystanych materiałów archiwalnych i publikowanych znajduje się na końcu opracowania (rozdz. 15).

Podstawę formalną Projektu stanowią następujące akty prawne:

- *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126, z późn. zm.).*
- *Ustawa 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 (Dz.U. z 2017 r. poz. 1405).*
- *Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych (Dz. U. z 2017 r. poz. 1056)*
- *Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. z 2017 r., poz. 1566, z późn. zm.).*
- *Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2018 r., poz. 799, z późn. zm.).*
- *Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. z 2017 r., poz. 1073).*
- *Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2018 r., poz. 992, z późn. zm.).*
- *Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz.U. z 2017 r., poz. 1849).*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. z 2011 r., Nr 288 poz. 1696, z późn. zm.).*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 903).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2016 r. poz. 71)*
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. z 2014 r. poz. 812)*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z 2016 r., poz. 2033)*

- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 grudnia 2016 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz. U. z 2016 r, poz. 2023).*
- *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. z 2018 r. poz. 605).*
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny prac, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. nr 109, poz. 961 z późn. zm.)*
- *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2014 r. poz. 112).*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz.U. z 2017 r., poz. 2075)*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie korzystania z informacji geologicznej za wynagrodzeniem (Dz. U. Nr 292, poz. 1724).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2017 r. w sprawie sposobu ustalenia i ewidencjonowania przebiegu granic obszarów dorzeczy, regionów wodnych oraz zlewni (Dz. U. z 2017 r. poz. 2505),*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2014 r., poz. 1800).*
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. z 2014 r., poz. 812);*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2017 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz. U. z 2017 r., poz. 2293);*
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 marca 2015 r. w sprawie nazw, siedzib i właściwości miejscowej okręgowych urzędów górniczych (Dz. U. z 2015 r., poz. 456);*

3. Lokalizacja i charakterystyka rejonu projektowanych robót geologicznych

3.1 Lokalizacja zamierzonych robót geologicznych

Obszar projektowanych robót geologicznych, pod względem administracyjnym zlokalizowany jest w na terenie wsi gminnej Gąsawa, w powiecie żnińskim, województwo kujawsko-pomorskie.

Otwór zostanie zlokalizowany na działce o nr ewidencyjnym nr 2, obręb Gąsawa, należącej do Gminy Gąsawa. Odwiert planuje się wykonać w SW części działki. W przyszłości na tym terenie znajdować się będą inne obiekty geotermalne, m.in. budynek ciepłowni, sieć rurociągów czy zbiornik na wody technologiczne. Bezpośrednie otoczenie projektowanych robót stanowią budynki wielkokubaturowe (szkoła, Urząd Gminy) oraz zabudowy mieszkaniowej.

Współrzędne projektowanego odwiertu przedstawiono w tabeli poniżej (Tab 1).

Tab. 1. Współrzędne projektowanego odwiertu Gąsawa GT-1

WGS 84	Układ 1992	Z
B: 52°46'20,7"	X: 545918	80,5
L: 17°45'36,4"	Y: 416380	

Lokalizację projektowanego otworu badawczo-eksploatacyjnego przedstawiono na podkładach mapy topograficznej w skali 1: 50 000 i 1:10 000, które stanowią odpowiednio załącznik 1 i 2. Lokalizację odwiertu GT-1 na mapie sytuacyjno-wysokościowej w skali 1: 1000 przedstawia załącznik 3. Mapa sytuacyjno-wysokościowa została uzyskana z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (zał. 13).

3.2 Morfologia i hydrografia

Według regionalizacji fizyczno-geograficznej Kondrackiego, rejon projektowanych prac położony jest w mezoregionie Pojezierze Gnieźnieńskie, w jego wschodniej części – Pojezierze Mogileńskie. Wg podziału Niziny Wielkopolskiej na regiony i subregiony geomorfologiczne Krygowskiego (1961), teren leży w regionie Wysoczyzny Gnieźnieńskiej, subregionie Równiny Żnińskiej.

Dominującą formą geomorfologiczną w rejonie projektowanych robót geologicznych jest wysoczyzna morenowa płaska, która miejscami przykryta jest piaskami lodowcowymi (sandrowymi). Wysoczyzna rozciąga się na zachód i wschód od Rynny Jezior Żnińskich. Jej rzeźba jest dość monotonna, miejscami urozmaicona formami akumulacyjnymi oraz erozyjnymi (głównie rynny lodowcowe). Rzędne wysoczyzny wynoszą zwykle 90,0-110,0 m n.p.m.

Drugą formą odgrywającą istotną rolę w kształtowaniu geomorfologii okolic Gąsawy jest Rynna Jezior Żnińskich (ciąg jezior m.in.: Oćwieckie, Gąsawskie, Biskupińskie, Weneckie, Skarbińskie, Żnińskie Małe). Zbocza rynny oraz znaczne fragmenty jej dna zbudowane są z glin lodowcowych i jej eluwiów. Bezpośrednio związane są z nią równiny

denudacyjne, które stanowią fragmenty jej dna. Rzędne w osi rynny polodowcowej wynoszą ok. 80 m n.p.m.

Projektowany otwór Gąsawa GT-1 będzie usytuowany na zachodnim skłonie w/w rynny polodowcowej, przy jeziorze Gąsawskim. Rzędna terenu wyniesie ok. 80,5 m n.p.m.

Gąsawa położona jest w zlewni IV rzędu – Gąsawki, przepływającej przez rynnę jezior polodowcowych, stanowiącą regionalną oś hydrograficzną. Gąsawę ogranicza od północnego-wschodu jezioro Gąsawskie (LW10455). Zlewnia Gąsawki obejmuje ponad 20 zbiorników wodnych i kilka dopływów. W okolicy Rynarzewa uchodzi do Noteci (rzeka III rzędu).

Zbiorniki wód stojących w rejonie Gąsawy to przede wszystkim jeziora w obrębie rynny polodowcowej (Gąsawskie, Godawskie, Święte), a także liczne oczka wodne genezy wytopiskowej.

Teren projektowanych robót położony jest w obrębie zlewni JCWP – Gąsawka od wypływu z Jeziora Sobiejuskiego (RW60002518836779).

3.3 Opis zagospodarowania terenu w rejonie zamierzonych robót geologicznych z uwzględnieniem obiektów i obszarów chronionych

Planowane roboty geologiczne odbywać się będą w NE części Gąsawy. Działka nr 2 usytuowana jest pomiędzy zabudowaniami miejscowości a Jezioro Gąsawskim (od strony E), do którego bezpośrednio przylega. Częściowo jest ona wykorzystywana jako lokalna droga gruntowa, a przede wszystkim stanowi tereny zieleni rekreacyjno-spacerowej. W jej otoczeniu znajduje się m.in. budynek szkoły oraz Urzędu Gminy. Od południa działka graniczy z terenami zabudowy mieszkaniowej oraz usługowo-handlowej, zaś od północy z terenami upraw rolnych.

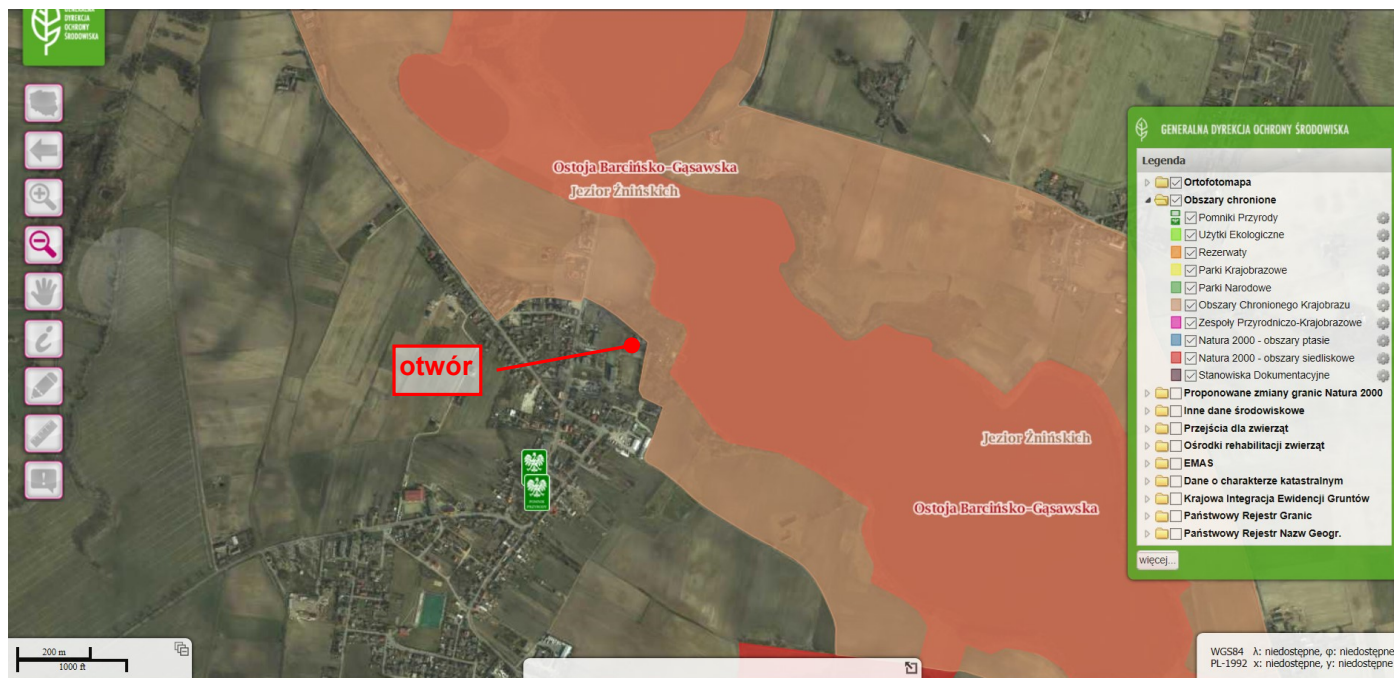
Projektowany odwiert badawczo-eksploatacyjny Gąsawa GT-1 zlokalizowany będzie poza obszarami należącymi do sieci Natura 2000. Najbliższy taki obszar – Ostoja Barcińsko-Gąsawska PLH 040028, znajduje się w sąsiedztwie działki nr 2, bowiem obejmuje on m.in. Jezioro Gąsawskie (ryc. 1). Od przewidywanej lokalizacji otworu, obszar występuje w odległości około 100 m.

Działka nr 2 w większości powierzchni objęta jest Obszarem Chronionego Krajobrazu Jezior Żnińskich. Otwór przewiduje się wykonać na fragmencie poza OChK.

W rejonie projektowanych robót nie występują inne obiekty i obszary chronione.

Lokalizacja miejsca planowanego wiercenia na tle obszarów podlegających ochronie przedstawiona została na załączniku 1.

Lokalizację obszaru projektowanych prac na podkładzie Mapy Geośrodowiskowej Polski w skali 1: 50 000 przedstawiono na załączniku 7.



Ryc. 1. Obszary podlegające ochronie przyrodniczej w otoczeniu projektowanego otworu Gąsawa GT-1
(metadane www.gdos.gov.pl)

4. Omówienie wyników przeprowadzonych wcześniej robót geologicznych i badań geofizycznych w rejonie projektowanych robót geologicznych

Rozpatrywany obszar jest położony pod względem geologicznym w obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej, w części mogileńskiej. Budowa geologiczna obszaru jest słabo rozpoznana, zwłaszcza, gdy chodzi o kompleks permsko-mezozoiczny. Wyjątkiem są tu rejony wysadów solnych: Mogilno i Damasławek, których szczegółowsze rozpoznanie związane jest z dokumentowaniem zasobów złóż i prowadzoną eksploatacją górniczą. Jednak również tutaj utwory mezozoiku zostały osiągnięte jedynie nielicznymi otworami. Dane te, z racji halokinetycznego wyniesienia tych utworów, nie można uznać za w pełni reprezentatywne dla głębszych stref niecki.

Charakterystykę budowy geologicznej niecki mogileńsko-łódzkiej można znaleźć w m.in. w pracach: Marek i in. (1977), Jaskowiak - Schoenich i in. (1979), Raczyńska (1962, 1979, 1987), Jucha (1990), Strzetelski, Nowicki i Wróbel (1990), Górecki i in. (1990, 1995, 1996, 2006), Haładus, Reicher (1990). Została ona rozpoznana przy wykorzystaniu metod geofizycznych i głębokich wierceń. W interpretacji danych geofizycznych opierano się głównie na wynikach badań magnetycznych, grawimetrycznych, geoelektrycznych i sejsmicznych, w tym badaniach wykonanych w otworach (geofizyka wiertnicza). Natomiast w skali regionalnej (obszar niecki mogileńsko-łódzkiej) analizie poddanych było kilkaset głębokich wierceń.

4.1. Badania geofizyczne

Obszar Niżu Polskiego w większości pokryty jest półszczegółowymi pomiarami **grawimetrycznymi** o zagęszczeniu 1-4 pkt/km². Po zakończeniu tych prac opracowany został Atlas grawimetryczny Polski w skali 1:750 000. Obszar objęty projektem robót geologicznych znajduje się w obrębie tzw. pomorsko-kujawskiego niżu grawimetrycznego, w którym wydzielono depresję nadnotecką, niż dolnej Wisły oraz depresję mogileńsko-łódzką wraz z wyżem kutnowskim. Kompleks permsko-mezozoiczny ma duży wpływ na tworzenie grawimetrycznej depresji w obrębie niecki łódzkiej. Skały budujące te struktury wywołują znaczące efekty grawitacyjne, które z utworami podłoża paleozoicznego i skałami krystalicznymi skorupy tworzą rejestrowany obraz zakłóceń na powierzchni. Zaznacza się tutaj wyraźny związek anomalii lokalnych z licznie występującymi strukturami solnymi. Potwierdzeniem występujących ciał solnych są bardzo duże kontrasty gęstościowe w obrazie anomalii dodatnich i ujemnych dla soli i ich otoczenia. Anomalie dodatnie mają związek z podniesionymi masami skalnymi jury lub triasu, pod którymi pojawiają się poduszki i diapiry solne, natomiast anomalie ujemne występują w regionach gdzie kompleksy solne cechsztynu nie mają nadkładu mezozoicznego lub jest on bardzo zredukowany.

Pierwsze regionalne zdjęcia **magnetyczne** wykonane były przed II wojną światową przez Niemców i Państwowy Instytut Geologiczny. Od 1953 r. pomiary regionalne kontynuowało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych, a później Międzyresortowy Instytut Geofizyki Stosowanej AGH. Na początku lat osiemdziesiątych Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo. zainicjowało na obszarze zachodniej Polski badania magnetyczne pola całkowitego AT o wysokiej dokładności. Badania objęły wschodnią część niecki szczecińskiej i znaczną część monokliny przedsudeckiej. Pozytywne wyniki pomiarów prowadzonych przez PGNiG stały się podstawą opracowania przez Instytut Geologiczny dużego projektu badań mającego na celu pokrycie tego typu zdjęciem całego obszaru Niżu Polskiego. Pomiary te, o zagęszczeniu 2 pkt/km², wykonywano w latach 1986-1996. W oparciu o nie opracowywana została mapa magnetyczna Polski w skali 1:200 000.

Ogólnie obraz pola magnetycznego na Niżu Polskim charakteryzuje się niewielkim zróżnicowaniem. Wyróżniającymi się elementami są dwie rozległe depresje magnetyczne. Jedna przebiega w kierunku NW-SE wzdłuż linii Łęczycza-Mogilno-Żnin, druga znacznie większa znajduje się na północnym zachodzie w centrum, w okolicach Szczecina. Na rozpatrywanym obszarze miąższość utworów jest bardzo duża więc zróżnicowanie litologiczne podłoża nie ma większego wpływu na obraz magnetyczny, a podłoże leży tak głęboko, że działa na pole magnetyczne jako całość. Wzrost wgłębnych anomalii może świadczyć jedynie o spłycaaniu w kierunku południowym lub północnym. Dopiero na sąsiadujących strukturach tektonicznych jak np. na monoklinie przedsudeckiej, obserwuje się powolny wzrost wartości pola magnetycznego oraz wysoki gradient magnetyczny na obszarze platformy środkowoeuropejskiej.

Pierwsze badania **sejsmiczne** w obrębie synklinorium łódzkiego prowadzone były już w latach sześćdziesiątych XX-wieku. Miały one charakter regionalny, a stosowana metodyka prac polowych (jednokrotne profilowanie sejsmiczne – „standard”) ograniczała zasięg penetracji do utworów mezozoicznych. W latach siedemdziesiątych XX-wieku zaczęto prowadzić obserwacje sposobem profilowań wielokrotnych SPW (początkowo na

pojedynczych profilach, a od roku 1972 - całość obserwacji). W efekcie zwiększył się zasięg głębokościowy penetracji, poprawiła się wyrazistość rejestrowanych refleksów, a tym samym otworzyła się możliwość kartowania wgłębnych granic szczególnie permu, z którymi wiązano perspektywy poszukiwawcze.

Największe zróżnicowanie głębokościowe, przy jednoczesnym uogólnionym przebiegu izohips, wykazują profile sejsmiczne z obszaru niecki mogileńsko-łódzkiej oraz antyklinorium kujawskiego. Największa głębokość dochodząca do ponad 7000 m występuje na linii Kutno-Włocławek. Obrazy profilowań sejsmicznych na wale kujawskim dają znacznie lepsze i wiarygodniejsze rezultaty niż na obszarze niecki łódzkiej, gdzie brak jest dostatecznej liczby głębokich otworów. Z kolei w XXI w. na terenie wysadów Damasławek i Mogilno wykonano profilowania sejsmiczne wysokiej rozdzielczości, które jednak ograniczały się do rejonu struktur solnych.

4.2. Roboty wiertnicze

Archiwalne otwory wiertnicze w sąsiedztwie obszaru projektowanych robót wiertniczych zostały wykonane dla potrzeb Polskiego Górnictwa Nafty i Gazu oraz udokumentowania i eksploatacji wysadowych złóż soli, głównie w latach 70- i 80-tych XX w. Dlatego rozpoznanie wiertnicze obszaru cechuje się znaczną dysproporcją: większość głębszych otworów usytuowana jest w rejonie wysadów solnych, niereprezentatywnych strukturalnie i prawdopodobnie litologiczno-miąższościowo dla stref niecki mogileńskiej poza diapirami solnymi.

Do otworów reprezentatywnych dla obszaru niecki mogileńskiej, dla jej stref poza wysadowych można zaliczyć: Niestronno-1, Zalesie 1, Mogilno-2 i Damasławek 22 (D-22) (zał. 12). Ich charakterystykę zestawiono w tabeli nr 2.

Tab. 2. Otwory wiertnicze o głębokości >1000 m wykonane w otoczeniu obszaru planowanych robót (lokalizacja zał. 9).

Nazwa otworu	Głębokość [m]	Stratygrafia na dnie	Cel wiercenia	Rok ukończenia wiercenia	Rzędna m n.p.m.	Odległość od otworu Gąsawa GT-1 [km]
DAMASŁAWEK 22	4050	karnik	złożowy	1987	110	17,3
DAMASŁAWEK 20	2893	kimeryd dolny	badawczy	1963	110	11,8
ZALESIE 1	2104	retyk (alpejski)	złożowy	1964	92,5	7,8
MOGILNO GEO-16	1061,9	jura	złożowy	1959	110	8,8
MOGILNO GEO-61	1204	kimeryd dolny	złożowy	1960	110	10,7
RE CZ 1	1800,5	retyk (alpejski)	złożowy	1963	95,5	15,9
MOGILNO GEO-63	1350	kelowej	złożowy	1961	120	11,1
MOGILNO GEO-54	1137,8	jura	złożowy	1960	120	11,6
NIESTRONNO 1	2990	retyk (alpejski)	złożowy	1964	112,5	8,1
MOGILNO 2	3001,2	trias środkowy	złożowy	1958	136,1	14,5

Najważniejsze informacje o wodach termalnych w niecce mogileńskiej uzyskano w wyniku nielicznych opróbowań głębokich otworów wiertniczych. Z pobliskich otworów należy tu przywołać odwierty Mogilno-2 i Damasławek 22, które zostały jednak zlokalizowane przy wysadach solnych.

W rejonie wysadu Damasławek badania hydrogeologiczne przeprowadzono w głębokim otworze D-22 (Górecki red. 1990):

- w przedziale głębokości 2060-2073 m rozpoznano dolnokredowe piętro wodonośne. Wody o temperaturze 70°C i mineralizacji prawie 101 g/l są typu Cl-Na. Zawartość siarczanów wyniosła 1,9 g/l, zaś wapnia prawie 1,3 g/l.
- w przedziale głębokości 3364-3442 m rozpoznano dolnojurajskie piętro wodonośne. Wody o temperaturze 105°C i mineralizacji prawie 172 g/l są również typu Cl-Na, lecz zawartość siarczanów wynosi tu 1,3 g/l, zaś wapnia 4,75 g/l.

W otoczeniu wysadu Mogilno badania hydrogeologiczne objęły jedynie piętro jurajskie. Otworem Mogilno 2 o głębokości 2337 m rozpoznano poziomy wodonośne związane z marglami tytonu, mułowcami i piaskowcami batonu i bajosu oraz piaskowcami liasu. Podczas wiercenia wykonywano pomiary położenia zwierciadła wód, lecz bez ich stabilizacji, przez co nie przedstawiają wartości interpretacyjnej. Badania hydrogeochemiczne objęły 7 głębokości. Z interpretacji tych danych wynika, że:

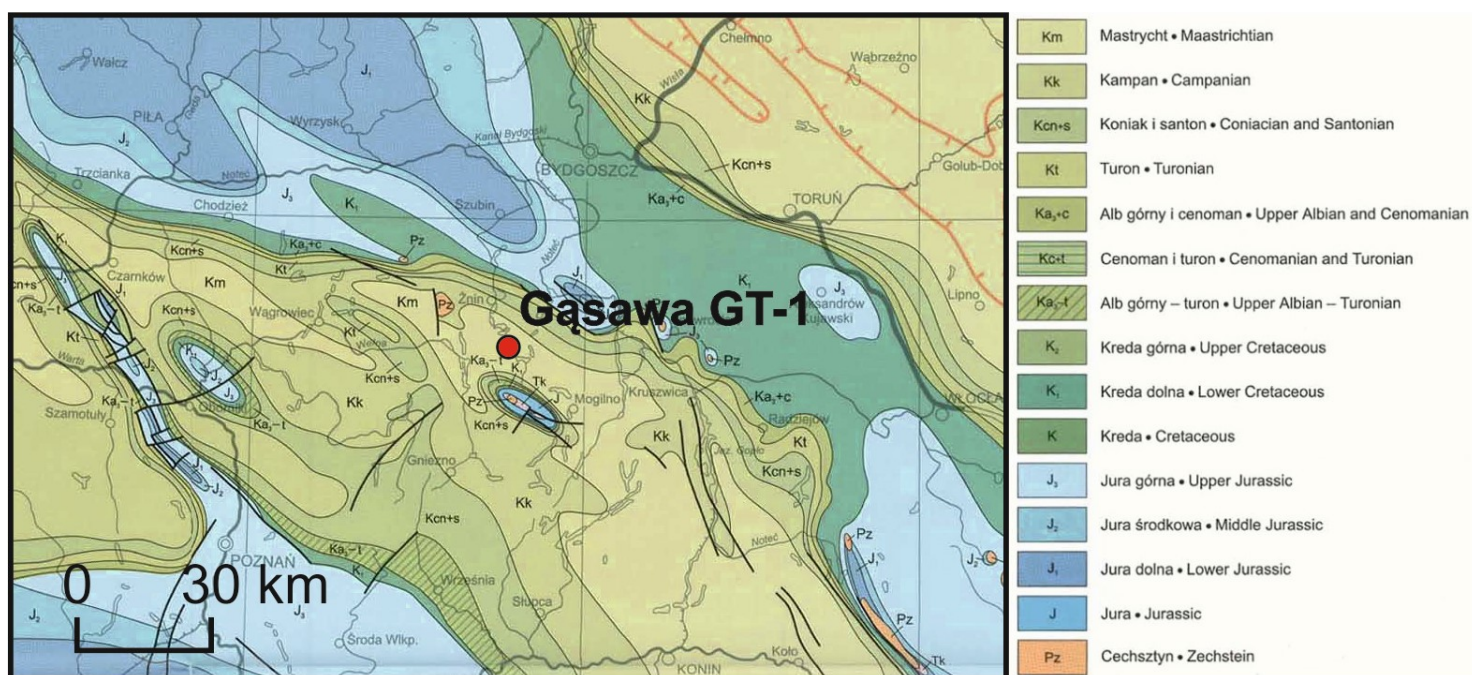
- wraz ze wzrostem głębokości rośnie mineralizacja wód: od 23,1 g/l na głębokości 635-645 m do 76,2-114,7 g/l na głębokości od 1892,5 do 2337 m);
- dominującym typem wód wszystkich poziomów jest Cl-(SO₄)-Na;
- występuje trend wzrostu stężeń chlorków (od 21,7 do 68,6 g/l) i sodu (od 7,3 do 42,6 g/l) wraz z głębokością, przy czym na poszczególnych głębokościach ich zawartość ulega wahaniom. Podobne wahania stężeń w całym interwale dotyczą wapnia i magnezu;
- występuje trend obniżania stężeń siarczanów i wodorowęglanów.

5. Budowa geologiczna obszaru

5.1 Tektonika

Opis tektoniki rejonu badań opracowano bazując na pracach: Dadlez & Marek 1997, Dadlez 2001, Karnkowski 2008 oraz Krzywiec 2012.

Teren projektowanych robót, według Regionalizacji Tektonicznej Polski (Żelaźniewicz red., 2011) położony jest na platformie zachodnioeuropejskiej, w synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskim, w segmencie (niecce) mogileńsko-łódzkiej, która charakteryzuje się budową blokowo-fałdową. Gąsawa zlokalizowana jest na stromszym, północno-wschodnim skrzydle niecki mogileńskiej (ryc. 2).



Ryc. 2. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle Mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i In. 2001)

Obszar objęty projektem robót geologicznych znajduje się w obrębie jednostki synklinorium mogileńsko-łódzkie (inaczej niecka mogileńsko-łódzka), w jej mogileńskiej części. Struktura należy do rozległego basenu sedimentacyjnego zwanego basenem środkowopolskim wraz ze swoją osiową częścią – bruzdą śródpolską. Basen o przybliżonym przebiegu NW-SE rozwinął się we wczesnym permie wzdłuż południowo-zachodniej granicy prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, a jego południowo-zachodnią granicę wyznaczał front fałdowań waryscyjskich. Jego przebudowa oraz główne procesy tektoniczne miały miejsce w trakcie tworzenia się bardzo miększej pokrywy permsko-mezozoicznej, a zakończyły się na przełomie kredy i trzeciorzędu, jako inwersyjne ruchy alpejskie (faza laramijska).

Cały zbiornik poddany był licznym naprężeniom tektonicznym w czasie jego ewolucji w permie i mezozoiku. Już przed wczesnym permem działały naprężenia rozciągające z

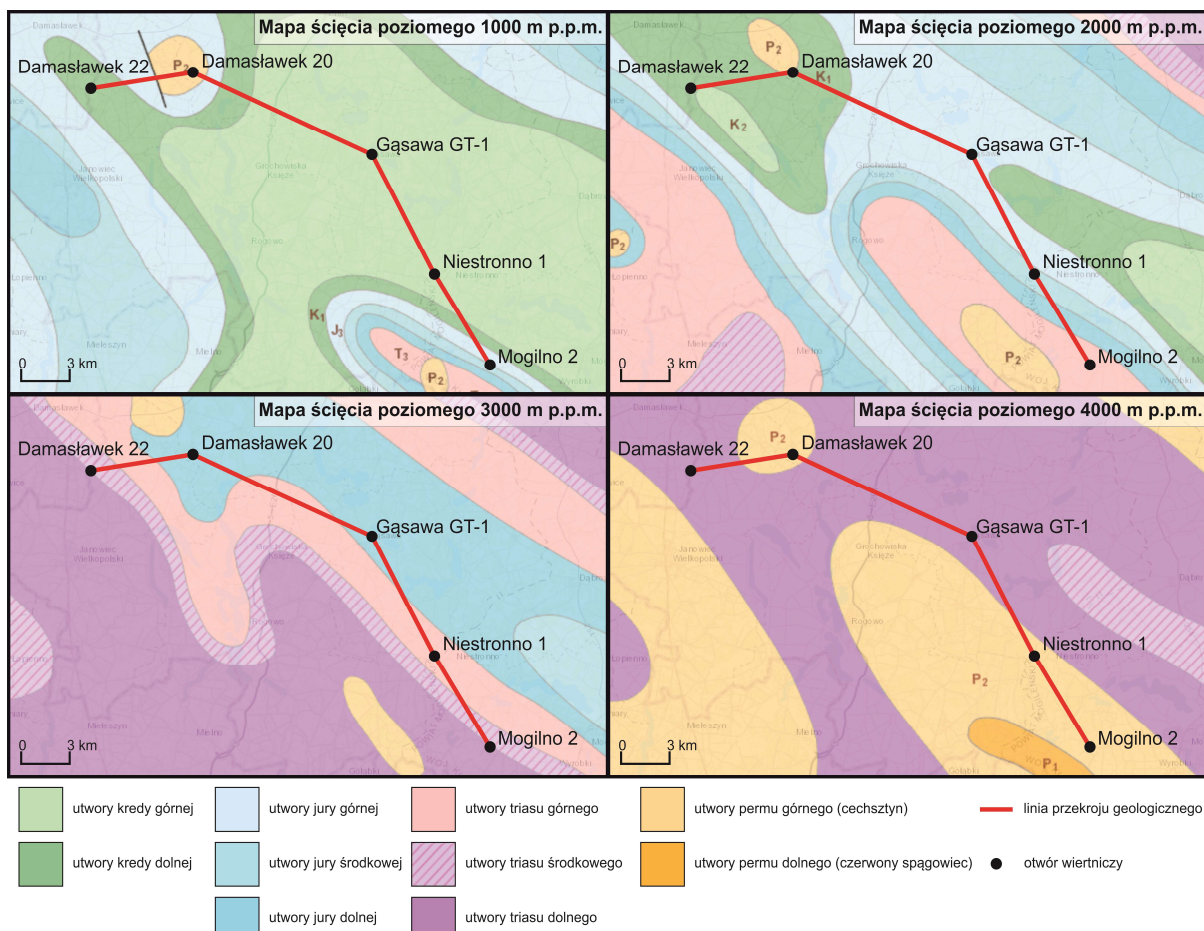
południowego zachodu od górotworu waryscyjskiego prostopadle do sztywnej platformy prekambryjskiej, później w okresie trias-jura zaznaczyło się działanie sił ekstensyjnych o kierunku W-E związane zapewne z otwieraniem północnego Atlantyku, a w czasie faz alpejskich miały miejsce naprężenia ściskające, skośne względem brzegu platformy prekambryjskiej, a więc z południa na północ. Wynikiem tych naprężeń było powstanie licznych uskoków zrzutowo-przesuwczych, rowów tektonicznych oraz stref przesunięć prawo- i lewoskrętnych. Istnienie tych struktur potwierdzają kierunki rozciągłości struktur solnych.

Zarówno niecka mogileńska, jak i pozostałe przyległe jednostki tektoniczne mogły powstać przez rozczłonkowanie całego basenu sedymentacyjnego uskokami poprzecznymi do górotworu waryscyjskiego, jako powstanie lub uaktywnienie uskoków prostopadłych lub skośnych do Waryscydów oraz ich zapadliska. Segmentacja na mniejsze baseny miała bardzo duży wpływ na rozkład facji w całym zbiorniku.

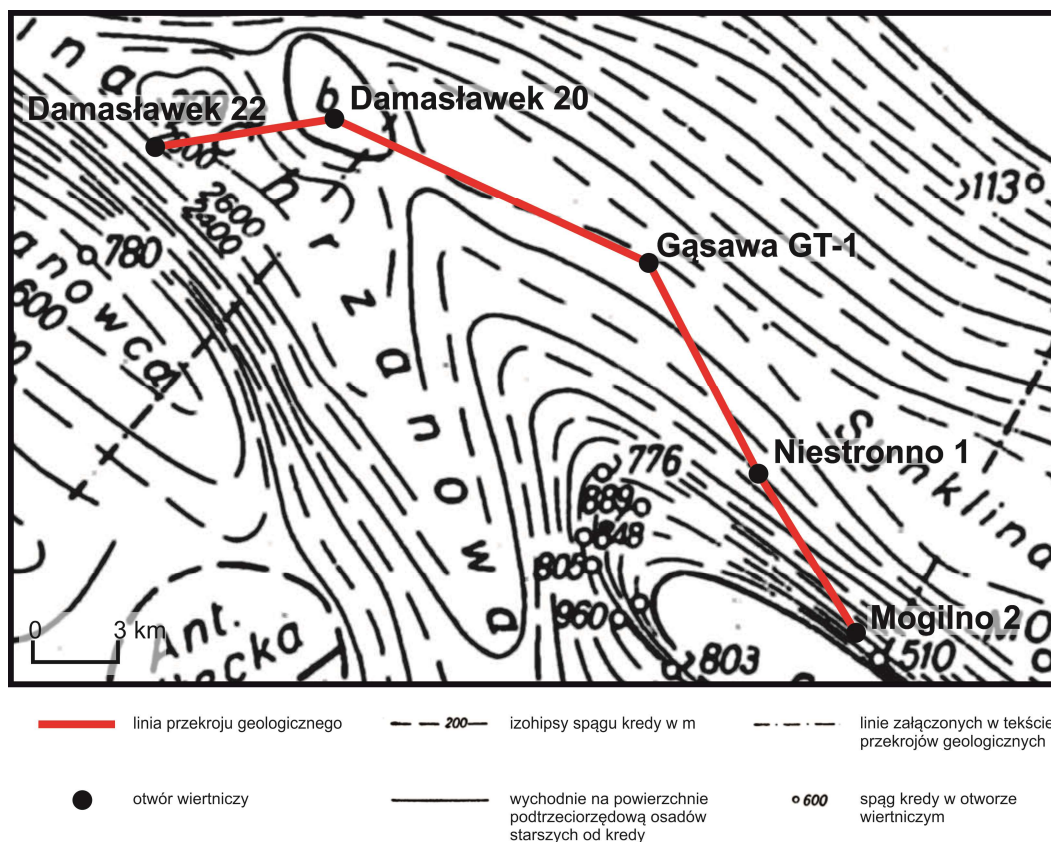
Obok tektoniki podłoża i przyległych jednostek, bardzo dużą rolę odegrały procesy tektoniki solnej w obrębie cechsztyńskich ewaporatów (ryc. 3). Ruch soli mógł być genetycznie związany ze strefami uskokowymi podłoża podcechsztyńskiego, w pierwszej fazie aktywnymi uskokami normalnymi, a w czasie inwersji bardzo często uskokami odwróconymi. Przemieszczenia soli znacznie skomplikowały sedymentację utworów mezozoicznych, a wzrost antyklin i diapirów solnych przyczyniał się do lokalnej erozji, wyklinowywania się tych osadów w kierunku grzbietów struktur solnych, tworzenia się lokalnych basenów sedymentacyjnych związanych z migracją soli. Miało to znaczący wpływ na rozkład facji i miąższości deponowanych osadów. Na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej udokumentowano istnienie licznych struktur solnych wypiętrzających osady kredy. Są to m.in. struktury Mogilna, Damasławka.

Niecka mogileńska jest częścią większej struktury – niecki mogileńsko-łódzkiej. Jej oś biegnie z NW na SE, a jej geometria jest niesymetryczna. Północno-wschodnie skrzydło jest bardziej strome niż w części południowo-zachodniej. Niecka graniczy od południowego zachodu z monokliną przedsudecką, następnie ku północy z synklinorium szczecińsko-gorzowskim, antyklinorium pomorskim i antyklinorium kujawskim, a od południowo-wschodu i południa z mezozoicznym obrzeżeniem Gór Świętokrzyskich (antyklinorium szydlowieckim) oraz wyniesieniem radomszczańskim, jako strukturą oddzielającą ją od niecki miechowskiej. Niecka mogileńsko-łódzka była centralną częścią basenu środkowopolskiego (tzw. bruzda śródpolską), która charakteryzowała się największą subsydencją, a tym samym powstawaniem najbardziej miąższych serii osadów w późnej kredzie. Powstały wówczas kompleksy o maksymalnej grubości górnej kredy dochodzącej do 3000 m (ryc. 3).

Według Raczyńskiej (1962) Gąsawa położona jest w obrębie synkliny Sielec-Ostrowo (ryc. 4), która uformowała się pomiędzy wałem kujawski a ciągiem halostruktur: Trzemżał-Mogilno-Damasławek-Wapno. W obrębie tej subniecki miąższość utworów kredy dochodzi nawet do > 3 km, przy czym w rejonie Gąsawy wynosi ona około 2,6 km. Brak utworów zlokalizowanych w tej strefie nie pozwala na weryfikację interpretacji danych geofizycznych.



Ryc. 3. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle mapy ścięcia poziomego Polski (Karnkowski i in. 1999 za metadane CBDG)



Ryc. 4. Lokalizacja projektowanego otworu Gąsawa GT-1 na tle mapy strukturalnej spągu kredy (Raczyńska 1962)

5.2 *Stratygrafia i litologia*

Obszar projektowanych robót wiertniczych, położony jest na obszarze niecki łódzkiej (synklinorium łódzkiego) (podział wg Karnkowskiego, 2008). Sukcesja osadowa tego obszaru, znana jest głównie z głębokich otworów, rozpoczyna się osadami wczesnego permu, a kończy osadami późnokredowymi.

Projektowanym otworem wiertniczym przewiduje się rozpoznać wody termalne związane z piaszczystymi osadami jury dolnej w związku, z czym charakterystykę geologiczną badanego obszaru rozpoczęto od podścielających je utworów triasu górnego. Opis poszczególnych wydzieleni litostratygraficznych oparto w głównej mierze na pracy „Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce” pod redakcją S. Marka i M. Pajchlowej, 1997.

Ze względu na zakres opracowania przedstawiona została budowa geologiczna utworów triasu górnego i młodszych.

Trias górny – Kajper

Sedymentacja utworów triasu górnego odbywała się w rozległym i płytkim zbiorniku śródlądowym, będącym pozostałością po morzu wapienia muszlowego oraz w środowiskach lądowych. W przeważającej mierze rozwijała się litofacja iłowcowa z wkładkami mułowców, piaskowców, dolomitów i margli. Litofacja iłowcowa tworzy największe serie w dolnym kajprze, a w górnym buduje głównie serie gipsowe dolne i górne. Iłowce kajpru mają czerwone i pstre zabarwienie, charakterystyczne dla tego okresu i środowisk, w których powstawały. Częste są przewarstwienia mułowcami i wkładki drobnoziarnistych piaskowców, wapieni, dolomitów i margli.

W antyklinorium kujawskim kajper jest nieco zredukowany i jest reprezentowany przez drobnoziarniste piaskowce żelaziste i mułowce ze skupieniami anhydrytu warstw sulechowskich. Nad nimi leżą warstwy gipsowe dolne wykształcone, jako ciemnoszare i czarne iłowce oraz mułowce dolomityczno-wapniste z gniazdami i soczewami anhydrytu.

Po środkowym kajprze zaznaczyła się luka sedymentacyjno-erozyjna, po której warstwy gipsowe dolne i górne rozdziela kilkudziesięciometrowy kompleks piaskowca trzciniowego, utworzonego w środowiskach rzek, delt i równi zalewowych. Tworzyły się wówczas grube pakiety piaskowców korytowych z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Niezbyt miększe warstwy gipsowe górne rozwinięte są, jako szare iły dolomityczne z wkładkami gipsów, anhydrytów i soli.

Sedymentację rozpoczynają zlepieńce oraz serie ilaste z wkładkami anhydrytów. Ingresję morską górnej części środkowego kajpru rozpoczynają warstwy jarkowskie wykształcone, jako szare, oliwkowe i fioletowoczerwone dolomity i iły dolomityczne z przewarstwieniami mułowców i piaskowców drobnoziarnistych, dolomitycznych. Lokalnie pojawiają się pakiety pstrych iłowców i poziomy zlepieńców. Cechą charakterystyczną dolomitów są liczne oolity i ooidy dolomityczne.

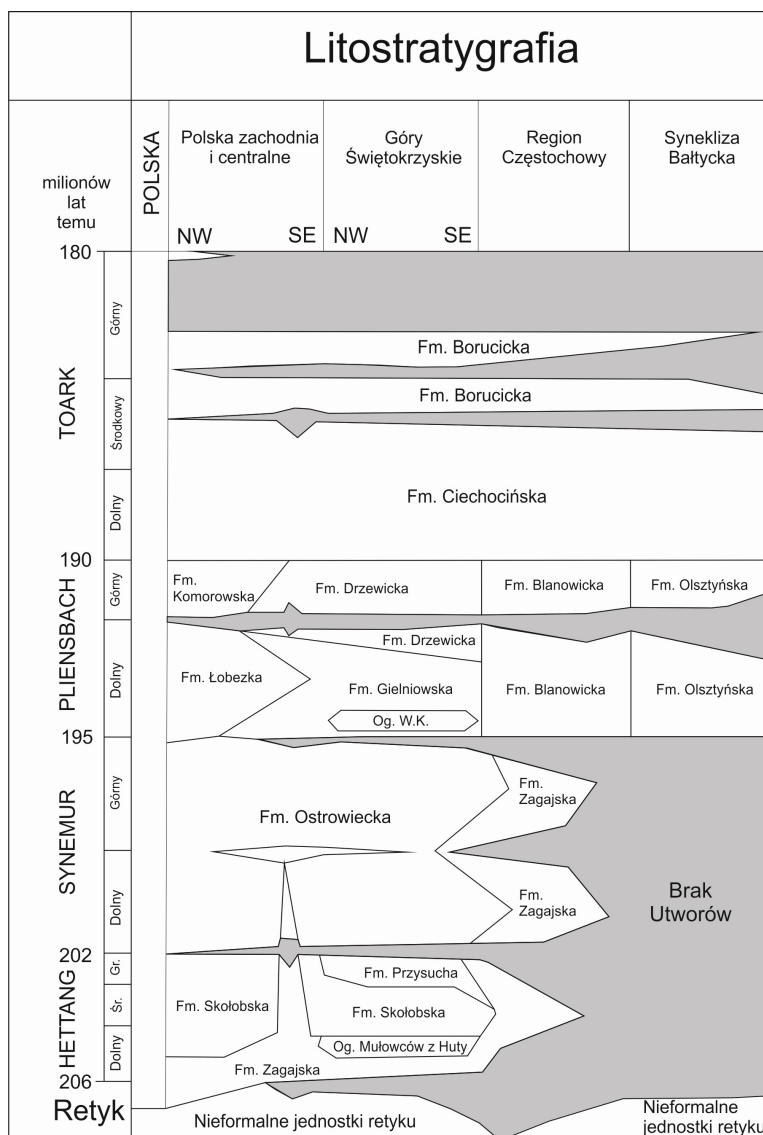
Nad warstwami jarkowskimi pojawiają się gruzłowe pstre iły i mułowce warstw zbąszyneckich, zaliczanych do górnego kajpru. Wśród tych utworów występują pakiety

warstwowane oraz wkładki różnoziarnistych piaskowców wapnistych. Powszechnie występują też poziomy ze zlepieńcami z otoczakami wapiennymi. Profil triasu kończą szare piaskowce, mułowce i iłowce z węglistymi przerostami, deponowane w środowisku słodkowodnym.

Zgodnie z *Mapą miąższości całkowitej utworów triasu górnego* (Górecki, red., 2006) miąższość utworów triasu górnego w rejonie Gąsawy może dochodzić do 1 500 m. Utwory triasu przypuszczalnie będą nawiercone w otworze Gąsawa GT-1 od głębokości około 3500-3600 m.

Jura dolna

W literaturze dotyczącej jury dolnej istnieje szereg podziałów litostratygraficznych osadów utworzonych w tej epoce. Najnowszy podział, uwzględniający głównie te jednostki, które mają szersze rozprzestrzenienie, zaprezentował Pieńkowski (2004) – ryc. 5 Na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej, osady dolnojurańskie są stosunkowo słabo opracowane. Znacznie lepiej są one rozpoznane w obszarze Częstochowy i północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich.



Ryc. 5. Podział litostratygraficzny jury dolnej basenu polskiego (Pieńkowski, 2004).

Profil utworów wczesnej jury (poniżej formacji ciechocińskiej) tworzą głównie kompleksy piaskowców i zlepieńców przeławicone ciemnoszarymi mułowcami i iłowcami. Formacja ciechocińska występująca w wyższej części profilu wczesnej jury, zbudowana jest z utworów ilasto-mułowcowych. Formacja ta ma szerokie rozprzestrzenienie na całym obszarze niecki środkowopolskiej. W najwyższej części profilu pojawiają się piaskowce i zlepieńce formacji borowieckiej. Formacje wczesnej jury budują:

- litofacja zlepieńcowa: reprezentowana głównie przez ortozlepieńce kwarcowe (formacja ostrowiecka); ponadto występują zlepieńce polimiktyczne, w przewadze kwarcowe, ale z dużym udziałem piaskowców, kwarcytów, litytów i łupków kwarcytowych (głównie w obrębie formacji zagajskiej).
- litofacja piaskowcowa: najczęściej spotykana w obrębie utworów wczesnej jury – dominuje w większości wyróżnionych formacji, poza formacjami ilastymi (patrz niżej). Reprezentują ją głównie białe, szare i żółtawe piaskowce drobno- i średnioziarniste, rzadziej piaskowce o grubszym ziarnie. Piaskowce formacji zagajskiej są zwykle słabo wysortowane, niekiedy zlepieńcowate, z laminacją przekątną typu rynnowego. Młodsze ogniwa jury dolnej zwykle zawierają piaskowce dobrze wysortowane, laminowane poziomo i przekątnie, często z laminacją typu hummocky (formacje skłobska, ostrowiecka i komorowska) Piaskowce te wraz z towarzyszącymi im osadami mułowcowymi tworzą charakterystyczne facje heterolitowe.
- litofacja mułowcowa: reprezentowana jest przez szare i szarobrunatne mułowce ilaste, niekiedy mułowce piaszczyste. Ich głównym składnikiem jest pył kwarcowy, a akcesorycznie występują również miki, skalenie, zwęglony detrytus roślinny, substancja organiczna oraz piryty. Pył kwarcowy spojony jest materiałem ilastym, złożonym głównie z illitu i kaolinitu.
- litofacja iłowcowa: reprezentują ją iłowce lub łupki ilaste, najczęściej ciemnoszarej lub zielonoszarej barwy, złożone głównie z illitu lub minerałów mieszanopakietowych illit-smektyt i/lub kaolinitu. W obrębie tych skał pojawiają się drobne ziarna kwarcu, łuszczyków i skaleni; ponadto zawierają również substancję organiczną i piryty, a nierzadko również syderyt. W iłowcach warstw łobezkich notowany był także szamozyt i kalcyt.

Litofacje mułowcowa i iłowcowa pojawiają się we wszystkich jednostkach litostratygraficznych wczesnej jury, ale w obrębie ogniwa mułowców z Huty, formacji rudonośnej z Przysuchy (występujących głównie w rejonie Gór Świętokrzyskich) oraz formacji łobezkiej i ciechocińskiej, zdecydowanie dominują nad piaskowcami i zlepieńcami. Obydwie litofacje w obrębie wspomnianych formacji najczęściej przeławicają się wzajemnie. Pośród nich występują również piaskowce, zwykle drobnoziarniste, w postaci przeławiceń lub soczewek.

Osady dolnej jury reprezentują facje kontynentalne i płytkomorskie - kontynentalne osady aluwialne i jeziorne przeławicają się z osadami lagunowymi, deltowymi i osadami płytkiego morza.

Utwory jury dolnej w rejonie Gąsawy reprezentowane są przez piaski drobno- i różnoziarniste, które są niekiedy przewarstwione iłowcami oraz mułowcami. Osady te są genezy

jeziornej i rzecznej. Utwory jury dolnej powstały z zbiorniku śródlądowym, w którym kilkakrotnie doszło do krótkotrwałych ingresji morskich (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

Na Kujawach osady hetangu i synemuru dolnego wykształcone są w litofacji piaskowcowo-ilastej. Dominują drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, które zawierają zwęglone szczątki roślinne i konkrecje syderytów ilastych (seria kłódawska górna i seria ksawerowska). W serii kłódawskiej górnej udział piaskowców (od grubo- do drobnoziarnistych), stanowi nawet do 80 % miąższości całej serii.

Na przełomie synemuru i pliensbachu basen sedymentacyjny powiększył się i akumulowały w nim piaski, głównie drobnoziarniste, z przewarstwieniami iłowców i mułowców. Ta seria sławęcińska główna jest zasadniczą serią piaskowcową jury dolnej na Kujawach, rozpoczynającą się od sedymentacji zlepieńców i piaskowców gruboziarnistych, a w profilu dominują białawo-szare piaskowce drobnoziarniste. Udział frakcji ilastej jest niewielki. Basen sedymentacyjny toarku ulegał stopniowemu wysładzaniu. Powstałe w nim osady to szare i oliwkowe ily i łupki ilaste, przewarstwione mułowcami i piaskowcami drobnoziarnistymi (seria ciechocińska). W toarku górnym doszło do wyraźnej zmiany środowisk sedymentacji, co zaowocowało powstaniem piaskowców drobnoziarnistych i mułowców z nielicznymi wkładkami iłow (seria borucicka) (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

W niecce mogileńsko-łódzkiej do perspektywicznych kompleksów zbiornikowych zalicza się: piaskowce pliensbachu oraz piaskowce górnego toarku (tab. 3).

Tab. 3. Litostratygrafia jury dolnej (liasu) obszaru Kujaw (Marek, Pajchłowa, red., 1997)

WIEK			WYDZIELENIE	LITOLOGIA	ŚRODOWISKO SEDYMENTACJI
JURA DOLNA	TOARK	GÓRNY	seria borucicka	piaskowce drobnoziarniste i mułowce z nielicznymi wkładkami iłow	śródlądowy zbiornik o wodach wy-słodzonych
		DOLNY	seria ciechocińska	iłowce i łupki ilaste, z przewarstwieniami mułowców i piaskowców oraz syderyty (osady jeziorno-bagienne)	plytkowodne o mniejszym zasoleniu, niż w środkowej jurze dolnej
	PLIENSACH	DOMER	seria sławęcińska górna	piaskowce z wkładkami iłowców i mułowców	głównie fluwialne
		KARYKS	seria sławęcińska główna	piaskowce z przewarstwieniami iłowców o bardzo małej miąższości	Limniczne
		GÓRNY			
	SYNEMUR	DOLNY	seria ksawerowska	piaskowce z przewarstwieniami iłowców i łupków ilastych oraz iłowców	fluwialne i limniczne z wpływami morskimi
		GÓRNY	seria kłódawska górna	piaskowce z przewarstwieniami łupków ilastych	dominuje fluwialne i limniczne
	HETANG	DOLNY			

Na obszarze projektowanych robót miąższość osadów jury dolnej wynosi 81,0 – 232,0 m – średnio 150,0 m (na podstawie miąższości najbliższych głębokich otworów wiertniczych) w tym piaskowce mają miąższość średnio 100,0 m.

Jura środkowa

Utwory jury środkowej na obszarze projektowanych robót geologicznych reprezentowane są przez kompleksy piaskowcowe, piaskowcowo-zlepieńcowe i piaskowcowo-węglanowe, które rozdzielone są seriami osadów słabo- i nieprzepuszczalnych zbudowanych z iłowców i mułowców. W całym profilu jury środkowej na Kujawach dominują utwory klastyczne (asocjacji terygeniczej – ły i piaski). Utwory węglanowe występują tylko w batonie górnym i kelowej (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

W aalenie zachodziła sedymentacja morska, w wyniku której osadziły się mułowce i łowce piaszczyste, natomiast w bajosie dolnym doszło do sedymentacji piaskowców i zlepieńców. Z bajosu górnego pochodzą mułowce i łowce piaszczyste. Utwory te reprezentują brzegowe części zbiornika środkowojurajskiego. W kujawie środkowym dominuje sedymentacja łów, co zmienia się pod koniec kujawu środkowego, w którym doszło do spłycenia zbiornika i sedymentacji utworów piaszczystych. Z dolnego batonu pochodzą ły wraz z występującymi w nich poziomami muszlowców syderytowych. W batonie górnym miała miejsce silna transgresja, stąd dominacja facji ilasto-piaszczystych i piaszczystych. Ostatnia znaczna transgresja morska w jurze środkowej miała miejsce w kelowej. Na obszarze Kujaw powstawały głównie margle i wapienie piaszczyste, które w górnym kelowej przechodzą w warstwę bulastą – cienką warstwę, składającą się licznych fragmentów wapieni piaszczystych, margli, kongrecji fosforytowo-wapiennych lub limonitowych, a także fauny (dominują amonity i belemnity) (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

Na obszarze projektowanych robót miąższość osadów jury środkowej ocenia się na 130 m. (wg danych najbliższych otworów wiertniczych).

Jura górna

W późnej jurze na obszarze Niżu istniało płytkie morze epikontynentalne, połączone z oceanem Tetydy, morzem borealnym oraz ze zbiornikami na wschodzie i zachodzie. Zbiornik, kurczył się stopniowo aż do niewielkiego akwenu w którym osadzały się gipsy w końcu okresu jurajskiego.

Rejon Gąswawy w oksfordzie znajdował się w strefie granicznej dwóch środowisk sedymentacyjnych. Na północy w płytkiej strefie zbiornika przez cały oksford tworzyły się margliste i ilaste mułowce (rejon Kcyni), gezy wapniste, margle gąbkowe, wapienie marglisto-pylaste (formacja mułowcowa Łyny). Na południu i wschodzie m. in. na strukturach solnych (np. na strukturze Zalesia) utwory oksfordu są rozwinięte w facji węglanowej. Istniały wówczas platformy węglanowe, na których we wczesnym oksfordzie w warunkach normalnego zasolenia powstawały wapienie gąbkowe (formacja wapienno-gąbkowa dolnego oksfordu). Utwory te rozwijały się jako litofacja bioherm gąbkowych i gąbkowo-mszywiolowych oraz rudystów gąbkowych. Osady te bywają lokalnie zdolomityzowane wskutek diagenety. W środkowym i późnym oksfordzie zbiornik morski stał się skrajnie płytkowodny, a na platformie węglanowej rozwijały się w tym czasie facje koralowcowa (formacja koralowcowa górnego oksfordu) i oolitowa (formacja oolitowa górnego oksfordu) z płytkowodnymi organizmami. Duża subsydencja kujawskiej części bruzdy środkowopolskiej spowodowała nagromadzenie tu maksymalnie 600 m osadu.

W kimerydzie strefa sedymentacji terygeniczej objęła obszar całej niecki mogileńskiej. Mułowce piaszczyste i pylaste (formacja pałucka górnego kimerydu) przechodziły ku południowi w bardziej ilaste utwory, warunkując sedymentację węglanowo-ilastą (margle, wapienie margliste i ilaste - formacja wapienno-marglisto-muszlownicowa dolnego kimerydu). W tym czasie subsydencja była dwukrotnie mniejsza niż w oksfordzie (100-200 m osadu).

Regresja basenu kimerydzkiego kontynuowała się przez cały tyton. Jedynie w wąskiej strefie bruzdy środkowopolskiej utrzymywał się zbiornik morski. Najpierw gromadziły się tu drobnoziarniste osady terygeniczne - mułowce i iłowce wapniste (formacja pałucka tytonu dolnego i dolnej części środkowego tytonu), łupki i piaskowce z wkładkami muszlowców anhydrytów i gipsów, np. w okolicach Kcyni (formacja kcyńska górnej części tytonu środkowego i tytonu górnego). Ruchy subsydujące zbiornika w tytonie były niewielkie.

Na obszarze projektowanych robót miąższość osadów jury górnej waha się w granicach 500-700 m (dane z najbliższych otworów wiertniczych).

Kreda dolna

W epikontynentalnym basenie kredy dolnej w Polsce, który w zasadzie związany jest głównie z sedymentacją w bruzdzie środkowopolskiej, zostały wyróżnione 3 segmenty: pomorski, kujawski i świętokrzyski. Segment kujawski bruzdy cechował się największą subsydencją (występuje tu ciągłość sedymentacji utworów jury i kredy) i dużą mobilnością, wyrażającą się licznymi paleostrukturami o niewielkiej amplitudzie, związaną z synsedymentacyjnym wzrostem struktur salinarnych (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

Dolnokredowy basen Niżu Polskiego cechował się oscylacyjnym charakterem, gdzie po sedymentacji morskiej następowała sedymentacja paraliczno-śródlądowa, które związane były z eustatycznymi zmianami poziomu wód w oceanach. Impulsy transgresyjne miały miejsce w późnym beriasie, późnym walanżynie, wczesnym hoterywie oraz w apcie. Stadia transgresyjne cechowało osadzanie utworów drobnoklastyczno-ilastych. Z kolei w stadiach regresyjnych dominowała sedymentacja osadów piaszczystych (jasne piaskowce). Są to osady paraliczno-śródlądowe, wśród których dominują osady rzeczno-deltowe oraz jeziorno-lagunowe (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

Na Kujawach sedymentacja w kredzie dolnej rozpoczęła się osadzeniem morsko-brakicznych utworów ilasto-marglistych, zaliczanych do ogniwa skotnickiego, formacji kcyńskiej. Wyżej w profilu dolnej kredy na Kujawach występuje formacja rogoźniańska z osadami wapienno-piaszczystymi i ilasto-mułowcowymi. Powyżej leży formacja bodzanowska, którą tworzą utwory piaszczyste płytkiego szelfu i delt (faza regresyjna) oraz klastyczna formacja włocławska (tab. 4). Ostatnią formacją wydzielaną w profilu kredy dolnej jest formacja mogileńska, którą reprezentują głównie osady piaszczyste rozdzielone osadami ilasto-mułowcowymi (Marek, Pajchłowa, red., 1997).

W rejonie Gąsawy przewidywana miąższość osadów kredy dolnej wynosi około 350 m (wg danych z najbliższych otworów wiertniczych).

Tab. 4. Litostratygrafia kredy dolnej regionu kujawskiego i pomorskiego (Marek w: Marek, Pajchlowa red. 1997 – uproszczona)

Chrono-stratygrafia		Litostratygrafia			Profil litologiczny	Rytm sedimentacji
		Formacja	Ogniwo	Miaższość [m]		
Alb	dolny	mogileńska	kru-szwickie	40 - 100	Piaskowce różnoziarniste i zlepieńcowate z glaukonitem Piaskowce drobnoziarniste, jasnoszare ze szczątkami zwęglonych roślin Piaskowce średnio- i gruboziarniste z wkładkami piaskowca drobnoziarnistego	transgresja spłylenie zbiornika
			gop-laskie	17-58	Iłowce, mułowce i przekładance ilasto-piaszczyste o frakcji rosnącej ku górze, z glaukonitem, pirytem i sferosyderytami	impuls transgresywny
	Barrem		pagórczańskie	30 - 75	Piaskowce ilaste średnio- i gruboziarniste z oolitami szamozytowymi i getytowymi Przekładance ilasto-piaszczyste z wkładkami piaskowców drobno- i średnioziarnistych lokalnie o spoiwie szamozytowo-getytowym Piaskowce drobnoziarniste ze szczątkami zwęglonego drewna i kaolinem	spłylenie zbiornika regresja
Hoteryw	górny	włocławska	żychnińskie	30 - 80	Iłowce, mułowce i przekładance ilasto-piaszczyste z pirytem, sferosyderytami i wkładkami żelazistych rud oolitowo-okruchowych na przemian z piaskowcami drobnoziarnistymi, ze smugami i laminami ilastymi Przekładance ilasto-piaszczyste ze sferosyderytami i wkładkami syderytów Piaskowce bardzo drobno- i drobnoziarniste, lokalnie dolomityczne i syderytyczne, ze smugami ilastymi, z wrostkami pirytu i szczątkami flory	impuls transgresywny spłylenie zbiornika
	dolny		gniew-kowskie	20 - 50	Iłowce i mułowce oraz przekładance ilasto-piaszczyste z glaukonitem, ze sferosyderytami i przerostami syderytyczno-dolomitycznymi, ze skupieniami oolitów getytowych i szamozytowych	impuls transgresywny
Walanżyn	górny	bodzanowska	wiercho-sławickie	30 - 50	Piaskowce z przerostami ilasto-mułowcowymi, niekiedy wapniste, ze skupieniami oolitów getytowych i ze zlepami muszlowymi Iłowce i mułowce, niekiedy margliste, podrzędnie z wkładkami piaskowców i syderytów, ze spirytyzowanymi szczątkami roślin	spłylenie zbiornika impuls transgresywny
	dolny			30 - 470	Piaskowce drobnoziarniste, ku górze średnio- i gruboziarniste ze smugami ilastymi, szczątkami zwęglonych roślin i wrostkami pirytu Łupki ilasto-piaszczyste i mułowcowe ze sferosyderytami, z oolitami szamozytowymi i getytowymi, wrostkami pirytu Piaskowce drobnoziarniste z laminami, smugami i klastami ilastymi Łupki ilasto-piaszczyste i mułowcowe w dole ze sferosyderytami Piaskowce drobnoziarniste ze smugami ilastymi i szczątkami roślinnymi	spłylenie zbiornika regresja impuls transgresywny spłylenie zbiornika impuls regresywny impuls transgresywny impuls regresywny
Berias		rogoźniańska	Z Opoczek	12 - 65	Iłowce i mułowce bioturbowane, ze spirytyzowanymi szczątkami roślin, z wkładkami piaskowców syderytycznych, ze skupieniami oolitów Łupki ilaste i mułowcowe ze smugami piaszczystymi, spirytyzowanymi szczątkami roślin, sferosyderytami i wkładkami syderytu	
					Łupki ilasto-mułowcowe z laminami piaszczystymi, bioturbowane, ze sferosyderytami, spirytyzowanymi szczątkami roślin	pogłębianie zbiornika
			za-krze-wskie	30 - 40	Piaskowce drobnoziarniste, niekiedy ilaste z wkładkami wapieni piaszczystych i dolomitowych, ze skupieniami oolitów szamozytowo-getytowych	spłylenie zbiornika transgresja
			kaje-tano-wskie	3 - 30	Wapienie piaszczyste, niekiedy dolomityczne z wkładkami iłowców cienkowarstwowych, z ławiczkami muszlowców (osady morsko-brakiczne)	impulsy transgresji inicjalnej
		keyńska	skotnickie	3 - 40	Iłowce margliste z wkładkami muszlowców cyrenowych (osady morsko-brakiczne)	

Kreda górna

Transgresja w albie środkowym rozpoczęła wielki cykl rozwojowy zbiornika sedymentacyjnego, który kończy się zamknięciem basenu w paleocenie dolnym. W niecce mogileńskiej osady albu są dwudzielne: w części niższej piaszczyste, w wyższej margliste - gromadziły się tu margle, margle piaszczyste, podrzędnie gezy i spongiolity o miąższości dochodzącej w bruździe środkowopolskiej do 100 m (Marek, Pajchłowa, red. 1997).

W cenomanie basen znacznie się powiększył i pogłębił. Przybrzeżna facja piaszczysta, ku centrum przechodzi w margle, a w bruździe środkowopolskiej panuje litofacja wapienna (wapienie, wapienie margliste i inoceramowe, lokalnie margle). Miąższość osadów cenomanu w niecce mogileńskiej wynosi od 75 do 150 m (Marek, Pajchłowa, red. 1997).

Zbiornik turoński był największy w całej kredzie górnej. Osady niecki mogileńsko-łódzkiej to opoki zwięzłe, mulaste, margliste i ilaste, a podrzędnie wapienie margliste (ku strefom płytszego zbiornika). W skutek wzmożonej subsydencji dna zbiornika turońskiego zgromadziło się tu 200 – 400 m osadu (Marek, Pajchłowa red. 1997).

W centrum basenu sedymentacyjnego koniak dominuje litofacja opok i margli, na zewnątrz niej litofacje wapieni i kredy piszącej. W osadach gromadzących się wewnątrz basenu występuje również materiał piaszczysty pochodzący z formujących się struktur salinarnych – np. Drawna, Szamotuł, Mogilna, Kłodawy i Jeżowa (Marek, Pajchłowa, red. 1997).

W santonie na terenie niecki mogileńskiej powstawały opoki, opoki margliste i mulaste oraz margle (200 – 400 m). W kampanie wzrosła subsydencja i zgromadziło się tu 600 – 900 m wapieni, opok, margli. Powiększające się obszary lądowe i znaczne spłylenie morza spowodowały zmianę sedymentacji facji wapieni i opok (dolny mastrycht) na facje bardziej klastyczne. W górnym mastrychcie powstawały tu piaskowce, mułowce, gezy, wapienie i margle piaszczyste oraz opoki margliste (200-400 m).

Na przełomie mastrychtu i paleocenu został wydzwignięty wał środkowopolski wraz z obszarem bruźdy szczecińsko-mogileńsko-łódzko-miechowskiej.

Miąższość utworów kredy górnej w rejonie projektowanych robót ocenia się na ok. 2000 m (wg danych z najbliższych otworów wiertniczych).

Paleogen-Neogen

Paleogen i neogen na terenie projektowanych robót reprezentowany jest głównie przez utwory oligocenu, miocenu i mio-pliocenu.

Utwory oligocenu, w pobliżu Gąsawy występują na głębokości od ok. 130 m p.p.t. Reprezentowane są przez: piaski, piaski z glaukonitem, mułki, mułowce i iły. Charakteryzują się one dwudzielnością. Partie spągowe tworzone są przez piaskowce drobnoziarniste (miejscami średnioziarniste), kwarcowo-glaukonitowe o barwie zielonej lub szarozielonej oraz przez piaski kwarcowo-glaukonitowe z przerostami piaskowców, występują tam także łyszczyki i drobne fosforyty. Genetycznie utwory te związane są z transgresją morską. Powyżej zalega seria osadów pelitycznych reprezentowanych przez mułowce piaszczyste lub

ilaste. Skały te charakteryzują się szarobrunatną barwą. Dodatkowo zauważono w nich laminację w postaci piasków, utworów pylastych o jaśniejszej barwie (jasnoszarej), rzadziej w postaci mułków, iłowców i iłów. W wydzieleniu spotykane są fosforyty, zwęglone szczątki roślin, gniazda piasku kwarcowo-glaukonitowego. Najwyższa część oligocenu to szarozielone piaski drobnoziarniste, kwarcowo-glaukonitowe lub kwarcowe z domieszkami glaukonitu, miejscami mułkowate, z łyszczykami. Są to cechy, które mogą wskazywać na transgresywny charakter osadów.

Utwory miocénskie zalegają na głębokości od około 102 m p.p.t. i są to piaski, ły i mułki z przewarstwieniami węgla brunatnego. Miąższość omawianego wydzielenia w okolicy Gąsawy wynosi 28 m. Spąg osadów miocenu budują piaski bardzo drobnoziarniste i drobnoziarniste, miejscami średnioziarniste z domieszkami drobnych żwirów kwarcowych. Cechą charakterystyczną utworów jest występowanie w nich okruchów węgla brunatnego, ksylitu i siarczków w postaci spirytyzowanych szczątków organicznych. Drobne piaski wzbogacone są przez zwęglony detrytus roślinny i smugi węgla brunatnego. Piaski zawierające często zawierają przerosty piasków jasnoszarych o cechach teksturalnych świadczących o genezie rzecznej. Powyżej występują ciemnoszare i szarobrunatne ły w różnym stopniu zawierające lub węgliste o barwie czarnej. Miejscami występują tu także ciemnoszare do brunatnych mułki ilaste i piaszczyste. W wyżej opisanych osadach występuje zwykle zwęglona sieczka roślinna, okruchy węgla brunatnego, ksylit oraz siarczki.

Utwory mio-pliocenu cechuje spora miąższość - ok. 90 m i stanowią go ły pstre, miejscami mułki i piaski. Osady te stanowią kompleks osadów pelitycznych – iłów poznańskich (pstrych). ły są plastyczne lub półplastyczne, mają barwę szaroniebieską, zielonkawą, szarą oraz ły płomienne, pstre, miejscami z domieszką frakcji drobnoziarnistej. Ich cechą charakterystyczną jest występowanie warstw wzbogaconych w węglan wapnia lub konkrecje margliste. W spągu, na granicy z mioceniem, opisywane ły zawierają zwęgloną sieczkę roślinną oraz okruchy węgla brunatnego i ksylitu. W ılach występują także przewarstwienia mułków ilastych i piaszczystych oraz piasków drobnoziarnistych.

Czwartorzęd

Czwartorzęd reprezentowany jest przez utwory plejstocenu oraz holocenu. Są to osady pochodzenia glacialnego i fluwioglacialnego (plejstocénskie) oraz rzecznej i jeziornego (holocénskie). Miąższość tych utworów jest zmienna i uwarunkowana różnymi czynnikami, takimi jak np. intensywność erozji w poszczególnych interstadiałach.

Miąższość osadów czwartorzędowych, na zachód od miejscowości Gąsawa, wynosi od 13 do 40 m i jest ona zmienna w zależności od morfologii terenu. W rejonie projektowanego otworu ich miąższość wynosi około 30 m.

Osady zlodowacenia południowopolskiego w okolicach Gąsawy reprezentowane są przez lokalnie zachowane gliny lodowcowe i piaski i żwiry fluwioglacialne, które występują na wschód od Jeziora Gąsawskiego. Nie rozpoznano ich na rozpatrywanym obszarze zachodniego brzegu Jeziora Gąsawskiego, w okolicach zabudowań Gąsawy.

Utwory zlodowacenia środkowopolskiego zostały silnie zerodowane i obecnie reprezentowane są przez jeden poziom glin zwałowych. Gliny te charakteryzują się szarą barwą, zapiaszczeniem oraz zawierają liczne głązy.

Utwory zlodowacenia północnopolskiego wykształcone są w postaci różnych wydzieleni litologicznych fazy leszczyńskiej i poznańskiej. Jednym z nich są mułki i łyły zastoiskowe o barwie szarej i ciemnoszarej, które występują na głębokości od 17 do 11 m p.p.t. w otworze na północ od Gąsawy. Pochodzą one z serii wodnolodowcowej fazy leszczyńskiej oraz poprzecinane są poziomami glinowymi. łyły i mułki zastoiskowe fazy poznańskiej również zostały nawiercone w okolicach Gąsawy. Są to serie ółów brunatnych, twaroplastycznych o miąższościach 2 – 4 m.

W okolicy rynny jeziora Gąsawskiego gliny lodowcowe fazy leszczyńskiej zostały prawie całkowicie wyerodowane przez wody roztopowe. Natomiast zachowały się gliny fazy poznańskiej. Miąższość ich na północ od Gąsawy wynosi 3 m. Występują tu również piaski i żwiry moren czołowych odsłaniające się na południe od Gąsawy. Geneza takich osadów związana jest ze strefą postoju i oscylacji czoła łądolodu w fazie poznańskiej podczas recesji łądolodu. Stanowią one bardzo różnorodną serię piaszczysto-żwirową z wkładkami glin i ółów, o zmiennym warstwowaniu.

Na wschód i północ od Gąsawy (zał. 5) powszechnie występują osady holocenne związane ze współczesną akumulacją jeziorną i rzeczną. Występują tu piaski i żwiry den dolinnych, piaski i mułki jeziorne oraz torfy. Piaski i mułki den dolinnych to zwykle piaski drobnoziarniste, często zapyłone ze znaczącym udziałem fragmentów organicznych lub z wkładkami szarych mułków. Ich miąższości także są zmienne i zwykle mieszczą się w zakresie 1 – 2,5 m. Piaski i mułki jeziorne tworzą zwykle kilkumetrową warstwę piasków drobnoziarnistych z wkładkami piasków mułkowatych lub mułków ılastych. Występuje w nich znaczna ilość części organicznych. Charakteryzują się one warstwowaniem horyzontalnym o cienkiej laminacji. Utwory holocenu stanowią również torfy, których występowanie związane jest z dolinami rynnowymi. Na analizowanym obszarze dominują torfy niskie, a miąższości osadów mieszczą się w przedziale od 0,5 do 4 m.

6. Warunki hydrogeologiczne

6.1. Zbiorniki zwykłych wód podziemnych

Według „Regionalizacji Hydrogeologicznej Polski” (Paczyński, red., 2007), Gąsawa zlokalizowana jest w makroregionie północno-zachodnim, regionie wielkopolskim, w subregionie VI₃ – gnieźnieńsko-kujawski (mogileński). Natomiast według podziału na Jednolite Części Wód Podziemnych (JCWPd) Gąsawa położona jest w regionie Warty, w subregionie Warty nizinnej, na terenie jednostki JCWPd nr 43 (kod: PLGW600043) oraz w jednostce hydrogeologicznej 1c Tr I (zał. 6).

Do użytkowych pięter wodonośnych w rejonie Gąsawy zalicza się głównie piętro paleogeńsko-neogeńskie, natomiast piętro czwartorzędowe ma podrzędne znaczenie lub go brak. Do rozpoznania warunków hydrogeologicznych wykorzystano archiwalne otwory hydrogeologiczne i arkusze nr 397 i 398 MHP (zał. 6).

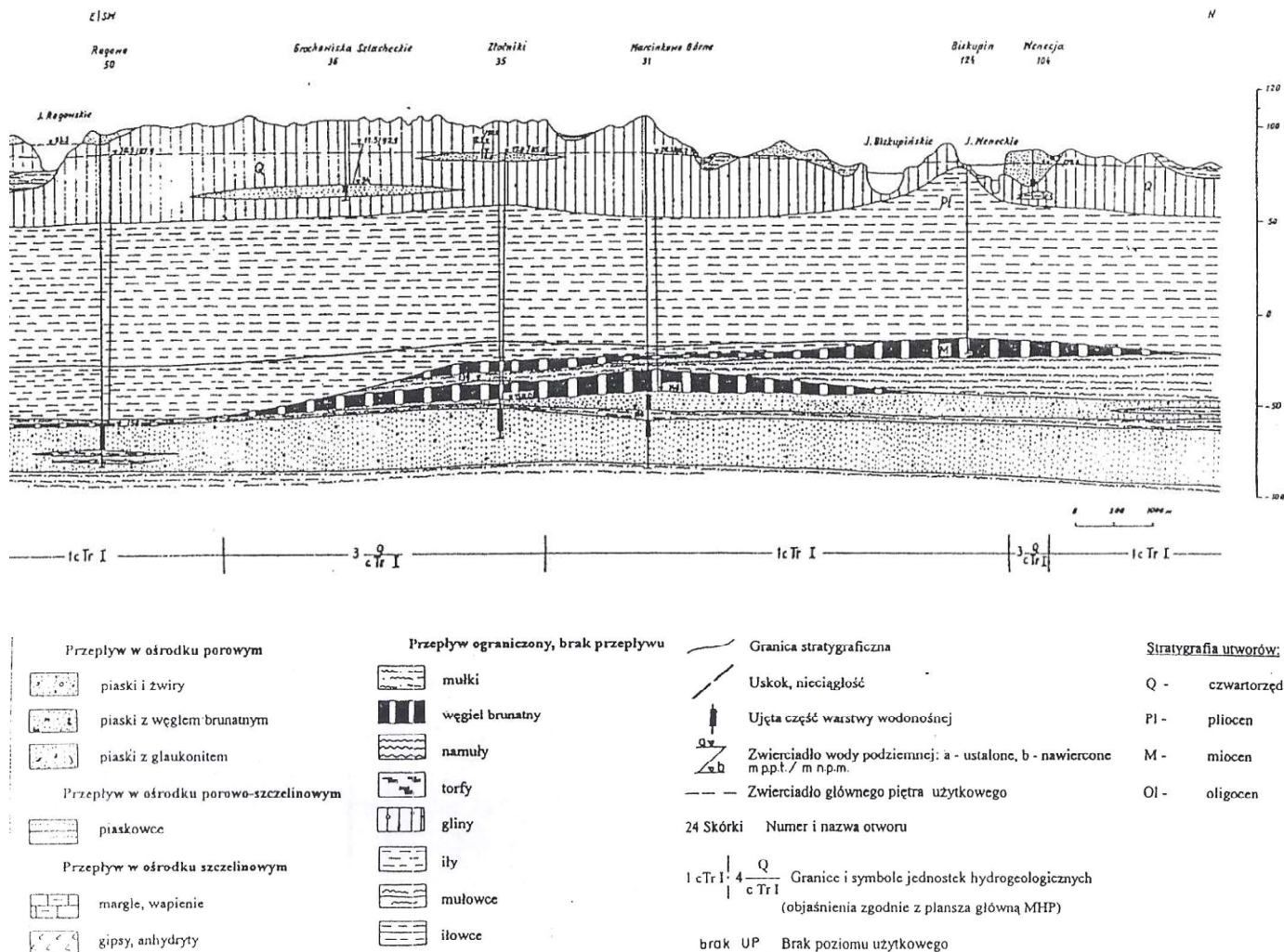
Czwartorzędowe piętro wodonośne

Poziom wód gruntowych związany jest z osadami fluwioglacjalnymi zlodowacenia bałtyckiego i holocenu. Wody omawianego poziomu występują w piaskach i żwirach dolin rzecznych, sandrów oraz rynien lodowcowych, zatem poziom jest ściśle powiązany z geomorfologią obszaru, siecią rzeczną i jeziorami, oraz warunkami klimatycznymi. Poziom charakteryzuje się niewielką miąższością, a zwierciadło wody ulega znacznym sezonowym wahaniom wysokości. Poziom praktycznie nie ma znaczenia użytkowego (lokalnie ujmowany na E od Gąsawy).

Lokalnie odnotowuje się występowanie poziomu międzyglinowego związanego z osadami piaszczystymi, które oddzielają gliny morenowe zlodowaceń północnopolskiego i środkowopolskiego. Poziom jest hydrodynamicznie związany z siecią cieków powierzchniowych oraz zbiorników powierzchniowych. Miąższość poziomu waha się w granicach 7,5 – 14 m. Nie jest on ujmowany na terenie Gąsawy, lecz w okolicznych wsiach (np. Grochowiska Szlacheckie, Oćwieka).

Paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne

Piętro paleogeńsko-neogeńskie związane jest z miocenijskim poziomem wodonośnym, który tworzą warstwy piasków drobnych, niekiedy średnioziarnistych, lokalnie gruboziarnistych. Miąższość utworów wodonośnych wynosi od 8 do 45 m (ryc. 6). Utwory wodonośne występują na głębokościach od 95 do 210 m p.p.t. Poziom miocenijski jest całkowicie izolowany od powierzchni terenu, co powoduje, że występują w nim warunki subartezyjskie. Jest on głównym użytkowym poziomem (jednostka hydrogeologiczna 1c Tr I) w otoczeniu projektowanych robót geologicznych. Utwory oligocenu ze względu na swoje wykształcenie litologiczne (mułki, mułowce, iłowce), oraz ze względu na brak rozpoznania otworowego nie posiadają wydzielonego poziomu wodonośnego.



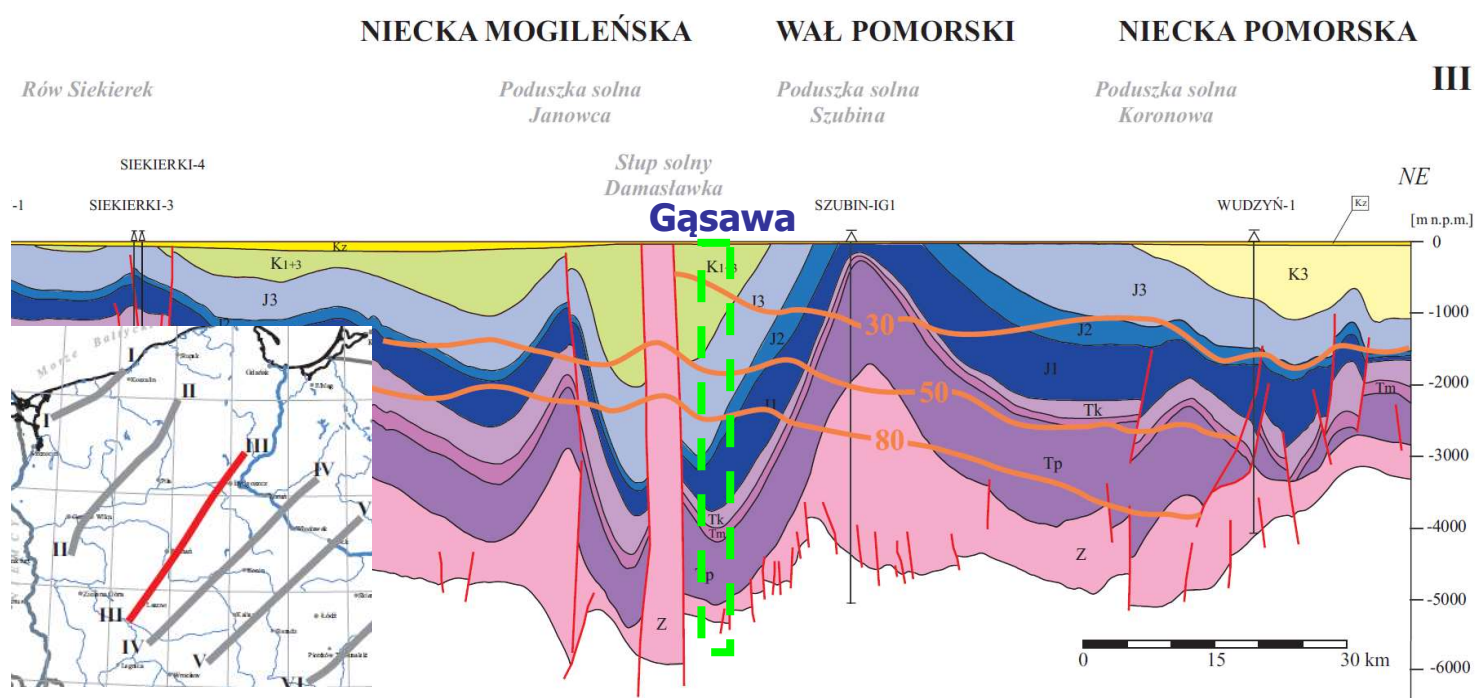
Ryc. 6. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon Gąsawy. Linia przekroju – zał. 8 (Obj. MHP 1: 50 000, ark. Rogowo)

Utwory poziomu mioceneskiego charakteryzują się współczynnikiem filtracji od $3,0 \cdot 10^{-6}$ m/s do $4,16 \cdot 10^{-4}$ m/s, średnio $2,1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydajności jednostkowe studni wynoszą zwykle $10-30 \text{ m}^3/\text{h}/1\text{mS}$.

Obszar Gąsawy położony jest w obrębie GZWP nr 143 – Subzbiornik Inowrocław-Gnieszno (zał. 8). Zbiornik ten został wydzielony w obrębie utworów mioceneskich. Stanowi zbiornik porowy o powierzchni rzędu 200 tys. km², szacunkowe zasoby dyspozycyjne wynoszą 96 tys. m³/d, a średnia głębokość studni to ok. 120 m. Z zasobów tego zbiornika korzysta m.in. Gąsawa. Wody tego zbiornika należą do II klasy jakości i zalicza-ją się do wymagających szczególnej ochrony (OWO) (Kleczkowski red., 1990).

6.2. Zbiorniki wód geotermalnych

Gąsawa położona jest na obszarze o potencjalnie bardzo korzystnych warunkach do pozyskiwania energii z wód geotermalnych (ryc. 7, zał. 10) Najbardziej perspektywicznymi pod tym względem na Niżu Polskim są zbiorniki wód w utworach kredy dolnej oraz jury dolnej. W związku z tym te zbiorniki zostaną dokładniej scharakteryzowane. Również one będą przedmiotem badań w trakcie wykonywania otworu Gąsawa GT-1. Warunki hydrogeologiczne zbiorników geotermalnych zostały scharakteryzowane przy wykorzystaniu opracowań (Górecki, red., 1990, 2006), „Wody podziemne synklinorium mogileńskiego” (Paczyński, red., 1971) oraz „Hydrogeologia wybranych wysadów solnych regionu kujawskiego – aspekty poznawcze i utyltarne” (Górski, Rasała; 2008).



Ryc. 7. Regionalny przekrój geologiczno-termiczny przez rejon na północ od projektowanych robót geologicznych (zaznaczono strefę odpowiadającą geologicznie rejonowi Gąsawy.- szczegółowy przekrój w zał. 10) (Górecki red., 2006).

6.2.1. Warunki hydrogeologiczne i geotermalne zbiornika dolnokredowego

Na Niżu Polskim powierzchnia dolnokredowego zbiornika wód geotermalnych wynosi około 127 900 km², co stanowi 41% powierzchni Polski. Dolnokredowy zbiornik geotermalny można traktować, jako jeden poziom wodonośny. Zbudowany jest on z kompleksu nieciągłych, naprzemianległych warstw piaszczystych, piaszczysto-marglistych i piaszczysto-mułowcowych, wykazujących zróżnicowaną przepuszczalność, lokalnie kontaktujących się hydraulicznie, rozbitych dodatkowo uskokami na kilka jednostek hydrostrukturalnych. Zbiornik ten pozostaje w łączności hydraulicznej zarówno z niżej leżącymi poziomami wodonośnymi jury, jak i z nadległymi utworami węglanowymi kredy górnej. Strefę zasilania stanowi obrzeżenie Gór Świętokrzyskich, skłon platformy wschodnio-europejskiej, a także wał pomorsko-kujawski, który stanowi istotną strefę zasilania jak i

drenażu. Wzdłuż stosunkowo wąskich paleowychodni podkenozoicznych, głównie podczwartorzędowych, utwory kredy dolnej zasilane są bezpośrednio lub pośrednio wodami atmosferycznymi. Ogólny system krążenia skierowany jest z SW na NW. Stwierdzono również system krążenia regionalnego, w którym bazami drenażowymi są pradoliny i doliny rzek współczesnych oraz systemy krążenia lokalnego warunkowane oknami hydraulicznymi, dolinami rzecznyymi, nieciągłościami erozyjnymi i tektonicznymi lub miejscową eksploatacją wód dolnokredowych (Górecki red. 2006).

Zasadniczymi poziomami wodonośnymi kredy dolnej są:

- piaskowce zbiornikowe formacji bodzanowskiej dolnego walażynu uszczelnione ilasto-mułowcowymi utworami formacji włocławskiej (grn. walażyn – hoteryw),
- piaskowce ogniwa pagórczańskiego i ogniwa kruszwickiego najwyższej części formacji mogileńskiej uszczelnione marglisto-węglanowymi utworami albu górnego.

W niecce mogileńskiej strop utworów kredy dolnej występuje w przedziale głębokości od 250,0 – 500,0 m p.p.t (na N od Poznania), do ok. 1 000,0 – 1 200 m p.p.t. (przy krawędzi wału pomorskiego). Na podstawie kart najbliższych głębokich otworów wiertniczych oraz Mapy spągu kredy w synklinorium mogileńskim (Raczyńska, 1962) można założyć, że w rejonie Gąsawy strop kredy dolnej wystąpi na głębokości około 2250 m p.p.t., a całkowita miąższość utworów dolnokredowych wyniesie około 350,0 m, w tym miąższość warstw wodonośnych wynosi 160-170 m (por. ryc. 4, tab. 5).

W tabeli 5 zestawiono głębokości i miąższości utworów dolnokredowych w otworach wiertniczych zlokalizowanych w rejonie Gąsawy.

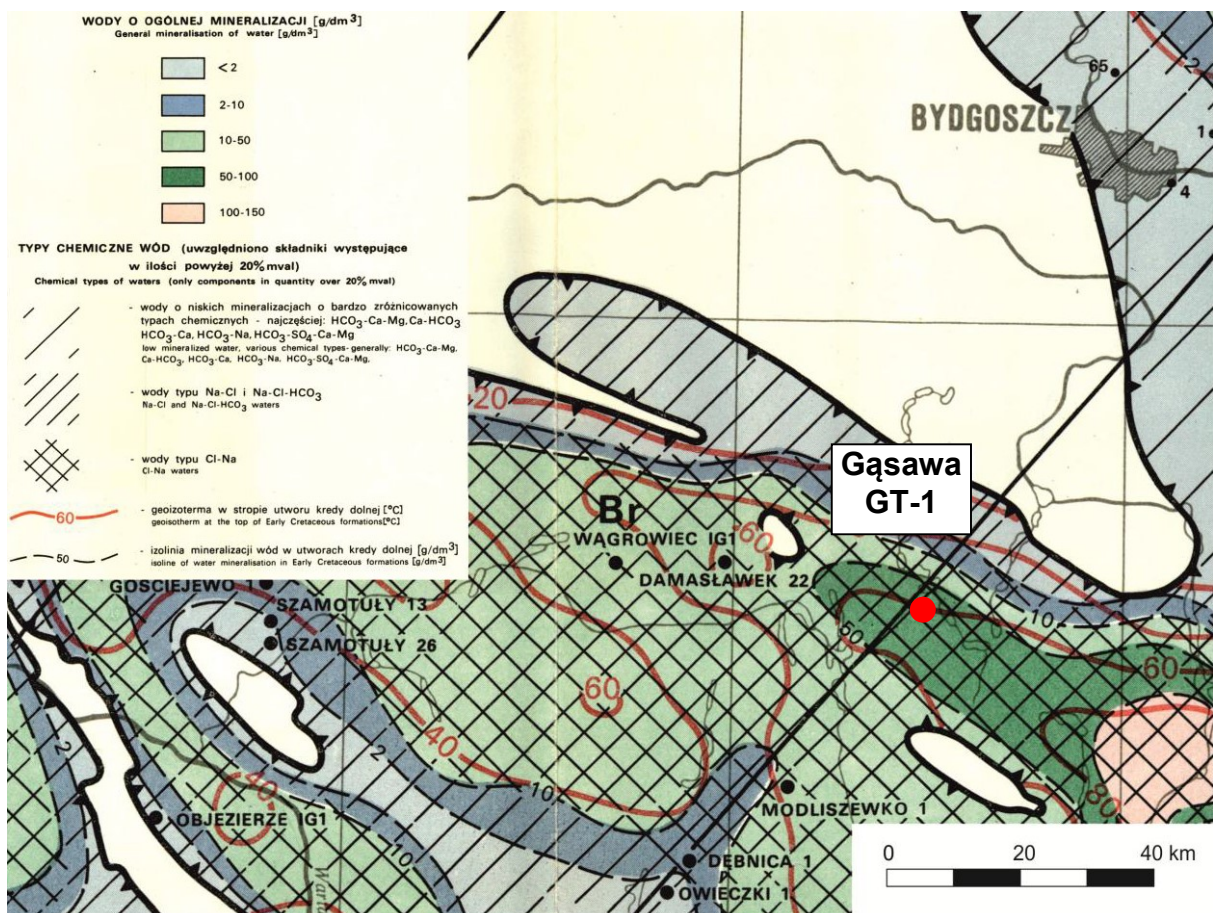
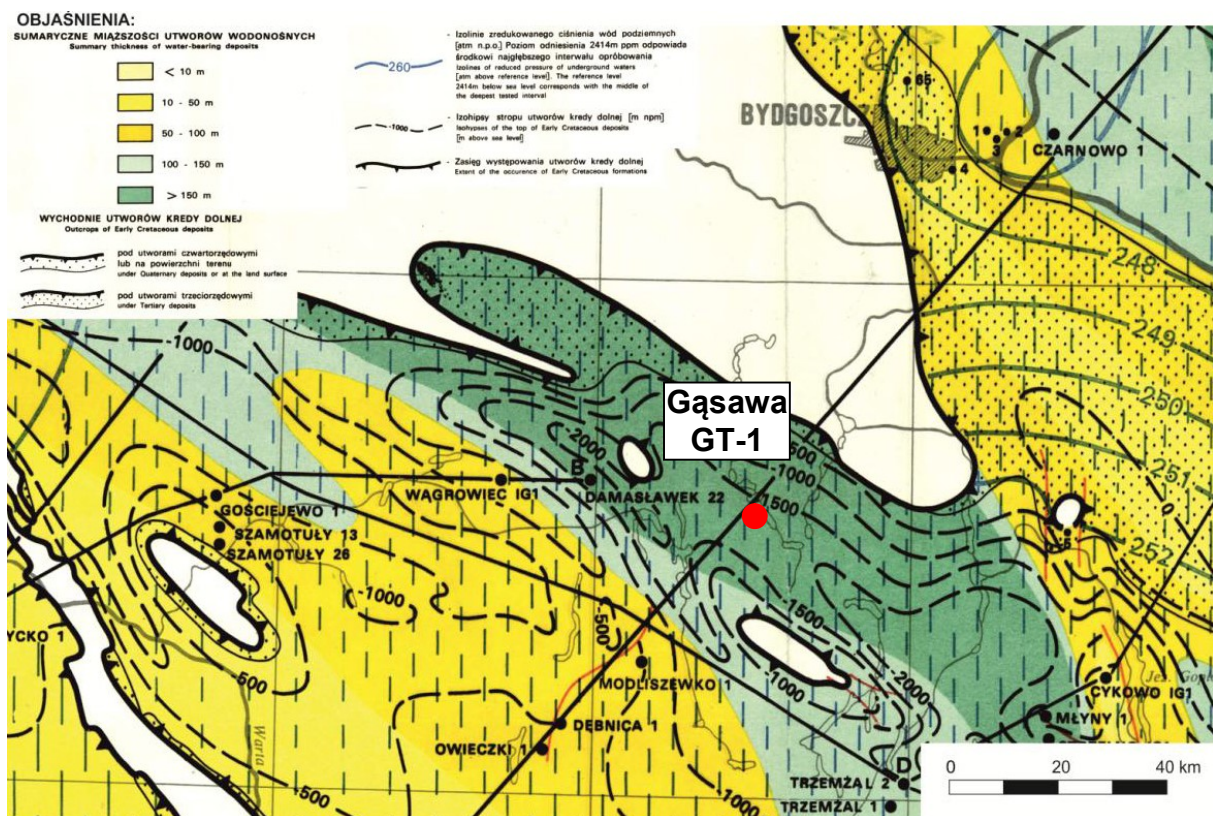
Tab. 5. Zestawienie głębokości i miąższości utworów dolnokredowych w otworach wiertniczych zlokalizowanych w rejonie Gąsawy.

	Damastówek 22	Zalesie 1	Niestronno 1	Mogilno 2
odległość otworu od projektowanego [km]	17,3	7,8	8,1	14,5
rzędna terenu [m n.p.m.]	110,0	92,5	112,5	136,1
głębokość otworu [m]	4 050,0	2 104,0	2 990,0	3 001,2
strop utworów kredy dolnej [m p.p.t.]	2 512,0	749,0	1 724,0	317,0
miąższość utworów kredy dolnej [m]	443,0	202,0	357,0	298,0
miąższość warstw wodonośnych piaskowców [m]	165,0 – 170,0	b.d.	181,0	160,0-165,0
temperatura [°C]	70,0	b.d.	b.d.	b.d.
mineralizacja [g/l]	101,0	b.d.	b.d.	b.d.
typ wody	Cl-Na	b.d.	b.d.	b.d.

Temperatury wód dolnokredowych w niecce mogileńsko-łódzkiej wahają się w przedziale od kilku oC w rejonie wychodni do ponad 60°C w strefie najbardziej optymalnej obejmującej pas (SE-NW): Zduńska Wola – Turek – Koło – Konin – Gniezno – Mogilno – Damasławek – Wągrowiec. W rejonie Damasławka (w kierunku na W) stwierdzono występowanie najwyższych temperatur w stropie utworów dolnej kredy przewyższających 70oC. W rejonie Gąsawy można się spodziewać temperatur w stropie kredy dolnej wynoszących około 60°C (ryc. 8).

Mineralizacja wód stropowych warstw kredy dolnej zmienia się od niecałych 2 g/dm³ w strefach wychodni i rośnie wraz z kierunkiem przepływu i z głębokością ku centralnym jednostkom strukturalnym. W rejonie wysadu Damasławka osiąga wartości około 100 g/dm³. Przestrzenny rozkład typów chemicznych wody jest ściśle związany z jej mineralizacją. Wody o mineralizacji do 2 g/dm³ to wody wielojonowe, w których dominują HCO₃ i Ca. Wody o mineralizacji 2-10 g/dm³ to przeważnie wody typu Na-Cl i Na-Cl-HCO₃. Wody o mineralizacji powyżej 10 g/dm³ mają w większości przypadków typ Cl-Na (Górecki red. 1990). W przypadku Gąsawy należy się spodziewać wód o mineralizacji 70-80 g/l typu Cl-Na.

Porowatość efektywna piaskowców dolnokredowych w niecce mogileńsko-łódzkiej wynosi 11,4 – 31,6 % (śr. arytm. 23,08 %), współczynnik przepuszczalności (k_p) wynosi 11 – 4265 mD (śr. geom. 334 mD), a obliczony na jego podstawie współczynnik przepuszczalności dla wody o temp. 10°C wynosi $k_{10}=8,07 \times 10^{-8} - 3,16 \times 10^{-5}$ m/s (śr. geom. $2,48 \times 10^{-6}$ m/s). Współczynnik filtracji utworów wodonośnych kredy dolnej oznaczony na podstawie próbnych pompowań wykonanych w 60 studniach głębinowych waha się w przedziale $5,6 \times 10^{-6} - 5,5 \times 10^{-4}$ m/s (śr. $7,8 \times 10^{-5}$ m/s), natomiast na podstawie próbnych pompowań wykonanych w 8 otworach w rejonie Wągrowiec – Strzelno – Wilczyn – Ślesin – Dobrów – Uniejów oraz w optymalnej strefie niecki Wągrowiec – Gniezno – Konin – Koło – Turek – Łęczyca współczynnik filtracji określono w granicach $1,3 \times 10^{-7} - 2,09 \times 10^{-5}$ m/s (śr. geom. $3,08 \times 10^{-6}$ m/s). Przewodność hydrauliczna centralnej części niecki jest względnie najwyższa i zmienia się w granicach $4 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$ m²/s. Ze zmiennością przewodności warstw wodonośnych zmienia się również wydajność potencjalnych studni eksploatujących wody termalne i w niecce mogileńsko-łódzkiej można spodziewać się wydajności rzędu 200-300 m³/h (Górecki red. 2006).



Ryc. 8. Charakterystyka parametrów dolnokredowego zbiornika geotermalnego w rejonie projektowanych robót (Górecki red., 1990).

6.2.3. Warunki hydrogeologiczne i geotermalne zbiornika dolnojurajskiego

Zbiornik jury dolnej wskazuje się, jako najbardziej perspektywiczną formację hydrogeotermalną na Niżu Polskim. Utwory wodonośne tworzą tu drobno- lub różnoziarniste piaski i piaskowce o zmiennej miąższości, przewarstwione słabo- lub nieprzepuszczalnymi iłowcami, iłowcami piaszczystymi, mułowcami i mułowcami piaszczystymi. W obrębie niecki mogileńsko-łódzkiej perspektywiczne kompleksy zbiornikowe tworzą:

- piaskowce górnego synemuru (dolna część warstw sławęcińskich głównych) w strefach paleowyniesień synklinorium mogileńsko-łódzkiego, izolowane od spągu mułowcowo-ilastym kompleksem warstw ksawerowskich oraz ilasto-mułowcowymi utworami pliensbachu dolnego w stropie;
- piaskowce górnego toarku wśród przeważających utworów mułowcowo-ilastych, pod niezgodnym przykryciem uszczelniających iłowców górnej jury.

Mimo znacznego zróżnicowania w profilu pionowym oraz zmiennej ciągłości rozprzestrzenienia poziomego i licznych zmian litofacjalnych można uznać, że wody podziemne występujące w przepuszczalnych utworach dolnojurajskich, tworzą zbiornik o ciągłym rozprzestrzenieniu (Górecki red. 2006).

Całkowita miąższość utworów dolnojurajskich zmienia się w granicach od kilku do ponad 100 m w strefach peryferyjnych zbiornika oraz w centralnych częściach niecki mogileńsko-łódzkiej oraz od 400 do 1200 m na wale kujawskim. Wg Atlasu Zasobów Geotermalnych na Niżu Polskim całkowita miąższość utworów dolnojurajskich w rejonie Gąsawy wynosi 80-230 m, rozkład sumarycznej miąższości utworów wodonośnych jest podobny do rozkładu całkowitej miąższości. Utwory jury dolnej, które jednocześnie stanowią warstwy wodonośne, stwierdzono najbliższymi otworami wiertniczymi, w których miąższości wyniosły od 81 m (Niestronno 1), 129 m (Mogilno 2), 174 m (Zalesie 1) do 232 m (Damasławek 22) (tab. 6, zał. 12).

Zbiornik dolnojurajski jest zbiornikiem o charakterze artezyjskim lub subartezyjskim. Znikome zasilanie odbywa się przez wody atmosferyczne w strefach występowania przepuszczalnych utworów jury dolnej na powierzchni. Intensywniejsze zasilanie odbywa się drogą pośrednią w strefach wychodni pod warstwą osadów czwartorzędowych lub trzeciorzędowych lub przez przesączanie wód z poziomów jury młodszej bądź kredy.

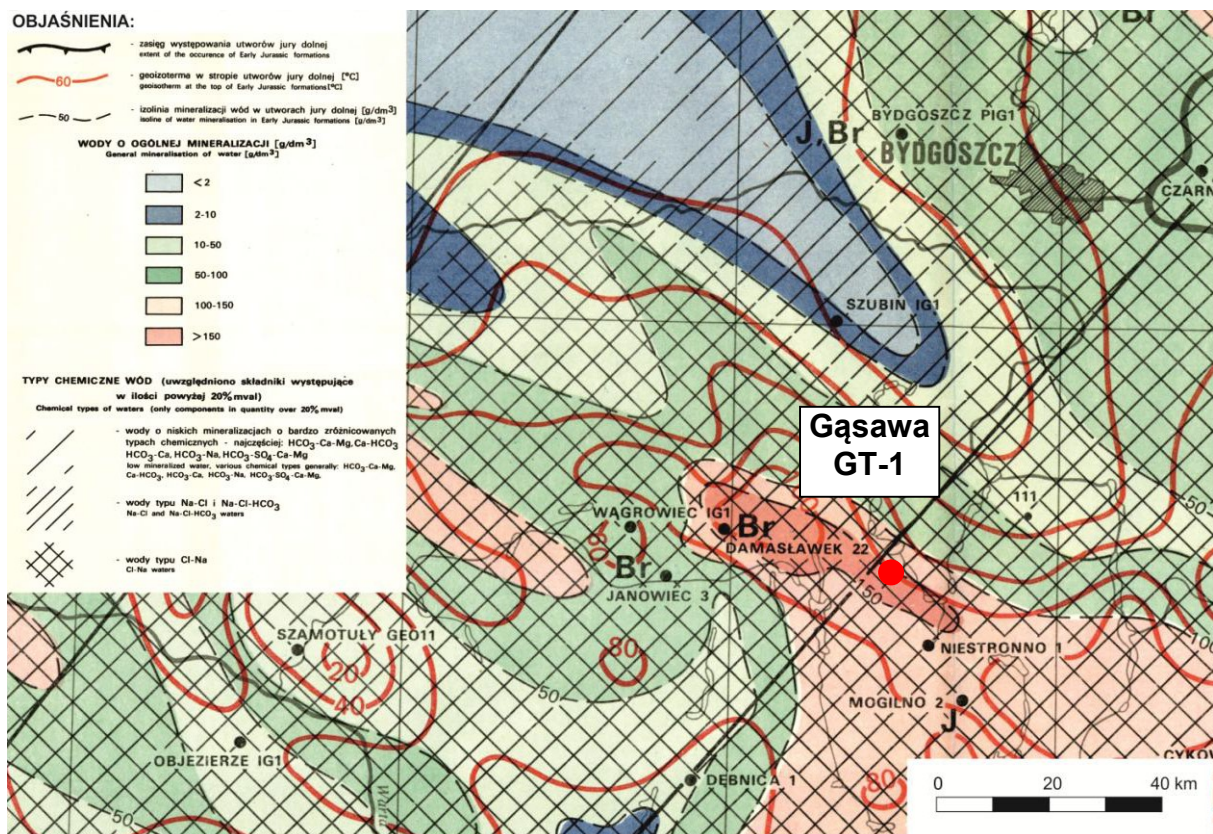
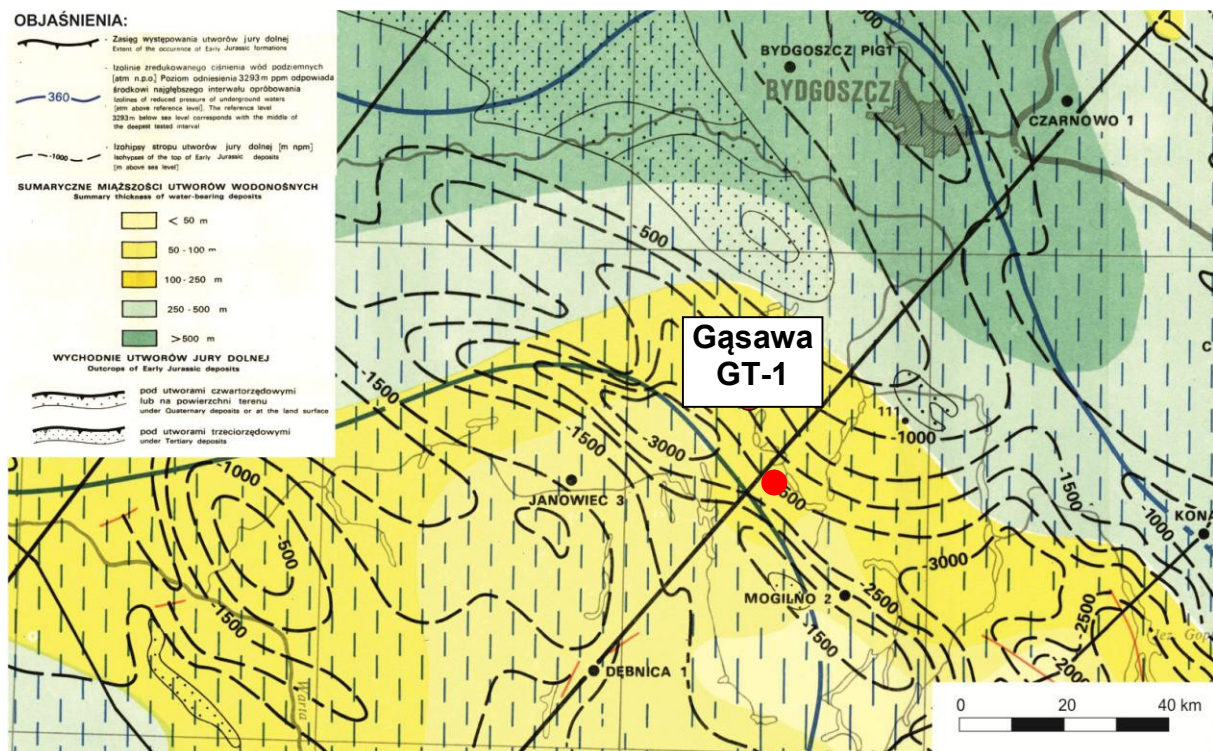
Generalnie zbiornik ten jest dość dobrze izolowany, w którym obserwuje się pionową strefowość hydrogeochemiczną. W porównaniu do zbiornika dolnokredowego, tworzy strukturę ciągłą, o zróżnicowanych miąższościach i głębokościach występowania. Wartości mineralizacji wahają się w granicach 0,2-200 g/dm³. W rejonie Gąsawy przewiduje się, że mineralizacja może wynosić ok. 120-170 g/dm³ (archiwalne dane otworowe).

Tab. 6. Zestawienie głębokości i miąższości utworów dolnojurajskich w otworach wiertniczych zlokalizowanych w rejonie Gąsawy.

	Damaśławek 22	Zalesie 1	Niestronno 1	Mogilno 2
odległość otworu od projektowanego [km]	17,3	7,8	8,1	14,5
rzędna terenu [m n.p.m.]	110,0	92,5	112,5	136,1
głębokość otworu [m]	4 050,0	2 104,0	2 990,0	3 001,2
strop utworów jury dolnej [m p.p.t.]	3 385,0	1 754,0	2 832,0	2 230,0
miąższość utworów jury dolnej [m]	232,0	174,0,0	81,0	129,0
miąższość warstw wodonośnych piaskowców [m]	75,5	160,0	81,0	129,0
temperatura [°C]	105,0	b.d.	b.d.	b.d.
mineralizacja [g/l]	172,0	b.d.	b.d.	115,0
typ wody	Cl-Na	b.d.	b.d.	Cl-Na

Wody o mineralizacji powyżej 10 g/dm³ mają w większości przypadków typ chemiczny Cl-Na, z podwyższoną zawartością mikroelementów takich jak jod i brom. Temperatura wód dolnojurajskich uzależniona jest od głębokości ich występowania. W niecce mogileńsko-łódzkiej przewiduje się występowanie wód nawet o temperaturze powyżej 100°C. Z otworu Damaśławek 22 uzyskano wody o temperaturze 105°C, lecz przy wypływie zaledwie 2 m³/h, co skutkowało znacznym wychłodzeniem wód w trakcie przepływu. Z uwagi na porównywalność głębokościową tego otworu z projektowanym, można przyjąć, że temperatura wód z otworu Gąsawa GT-1 wyniesie około 110-120°C.

Rozpoznanie parametrów skał wodonośnych jest bardzo słabe. Autorzy Atlasu Zasobów Geotermalnych na Niżu Polskim (Górecki red. 2006), w oparciu o archiwalne materiały dokumentacyjne oraz wyniki własnych obliczeń, podają przedziały wartości parametrów hydrogeologicznych dla przepuszczalnych piaskowców drobno- i średnioziarnistych oraz piasków, które wynoszą: porowatość otwarta 0,15-0,33, współczynnik odsączalności 0,08-0,22, a współczynnik filtracji 10⁻⁵–10⁻⁷ m/s. Przewiduje się, że przewodność hydrauliczną w rejonie Gąsawy wynosić będzie około 20 m²/h, a potencjalna wydajność studni 200-250 m³/h.



Ryc. 9. Charakterystyka parametrów dolnojurajskiego zbiornika geotermalnego w rejonie projektowanych robót (Górecki red., 1990).

7. PRZEWIDYWANY PROFIL GEOLOGICZNY PROJEKTOWANEGO OTWORU

Przewiduje się odwiercenie otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 do głębokości pionowej (TVD) około 3600 m p.p.t $\pm 10\%$. Jest to spodziewana głębokość występowania zbiornika dolnojurajskiego, który występuje w rejonie Gąsawy głębiej aniżeli stwierdzono to okolicznymi otworami wiertniczymi (ryc. 4). Jest to rejon lokalnej subniecki strukturalnej pomiędzy antyklinami. Nie wyklucza się możliwości zarówno płytszego, jak i głębszego występowania dolnojurajskiego poziomu wodonośnego w rejonie projektowanego otworu, jest to bowiem strefa o nierozpoznanej geologii. Dlatego jako projektową i ostateczną głębokość otworu należy przyjąć, głębokość odpowiadającą do max. 30 m rozpoznania profilu górnotriasowego.

Otwór Gąsawa GT-1 będzie otworem badawczym, którego zadaniem jest rozpoznanie i udokumentowanie możliwości produkcyjnych ujętego dolnojurajskiego poziomu geotermalnego. Zakłada się również przebadanie w trakcie wiercenia i ewentualne alternatywne ujęcie poziomu dolnokredowego. Nastąpi to w przypadku gdy przewidywana w oparciu o wstępne rozpoznanie (próbnik złożeń) ilość wód możliwa do pozyskania z poziomu głębszego wyniesie $< 50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Przy ustalaniu profilu geologicznego projektowanego otworu wiertniczego Gąsawa GT-1 kierowano się wykształceniem litologicznym i miąższościowym utworów odnotowanych w najbliższych otworach (Niestronno 1 i Zalesie 1) oraz wcześniej omówioną mapą strukturalną (Raczyńska 1962). Przewidywany profil geologiczny projektowanego otworu zamieszczono poniżej w tab. 7 i zał. 11.

Tab. 7. Przewidywany profil geologiczny otworu Gąsawa GT-1.

WIEK	Głębokość TVD projektowana [m]
Czwartorzęd	0,0 - 30,0 m
Paleogen-Neogen	30,0-160 m
Kreda górna	160,0 - 2250,0 m
Kreda dolna	2250,0 - 2600,0 m
Jura górna (malm)	2600,0 - 3300,0 m
Jura środkowa (dogger)	3300,0 – 3430,0 m
Jura dolna (lias)	3430,0 – 3570,0 m
Trias (kajper)	3570,0 – 3600,0 m

8. Możliwość osiągnięcia celu robót geologicznych

8.1. Uzasadnienie lokalizacji i rodzaju projektowanego otworu

Celem projektowanych robót geologicznych jest wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 ujmującego wody geotermalne z utworów jury dolnej lub opcjonalnie z kredy dolnej. Zrealizowanie projektowanych robót i badań pozwoli ponadto na:

- rozpoznanie głębokiej budowy geologicznej w rejonie słabo rozpoznanej części niecki mogileńskiej, w tym strefy lokalnych subniecek strukturalnych;
- określenie zasobności i perspektywiczności obszaru dla pozyskiwania energii geotermalnej;
- rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i określenie parametrów, w tym kolektorskich, termicznych i chemicznych, panujących w zbiorniku dolnej kredy i dolnej jury;
- określenie zasobów eksploatacyjnych otworu wraz z potencjałem energetycznym i warunkami poboru wód geotermalnych;
- rozpoznanie chemizmu i temperatury wody w NE części niecki mogileńskiej w sąsiedztwie wału kujawskiego wraz z określeniem stref zasilania i kontaktów hydraulicznych między poziomami geotermalnymi;
- rozpoznanie właściwości wód geotermalnych pod kątem możliwości wykorzystania ich do celów balneologiczno-rekreacyjnych.

Według istniejącego rozpoznania hydrogeologicznego zbiornika geotermalnego dolnej jury w rejonie Gąsawy mogą występować wody o temperaturze około 110-120°C, zawierające 150-180 gNaCl/l. Wydajność otworu wydobywczego wyniesie około 200 m³/godzinę, co pozwala na uzyskanie mocy energetycznej na poziomie 50 MW. Jest to energia, która w pełni pokrywałby potrzeby ciepłownicze gminy. Pozwala również na dalszy rozwój gminy np. ogrzewanie całorocznych szklarni, basenów hodowlanych ryb czy suszenie drewna i płodów rolnych. Dodatkowo temperatura wód umożliwia efektywną produkcję i sprzedaż energii elektrycznej.

Wody geotermalne są zwykle eksploatowane z wykorzystaniem układów dubletowych (jeden otwór wydobywczy i jeden zatłaczający). W przypadku Gąsawy istnieje inne rozwiązanie. Po ich wydobyciu i odbiorze energii, mogą być one wykorzystane do ługowania soli kamiennej w niedalekiej otworowej kopalni soli Przyjma (Rasała, 2018). Obecnie kopalnia korzysta z wód słodkich pobieranych ze zlewni Noteci. Solanka termalna mogłaby być przesyłana rurociągiem do kopalni, która uzyskiwałaby półprodukt (wysoka mineralizacja solanki typu Cl-Na). Rozwiązanie to wyklucza również problem wymaganych zabiegów renowacyjnych i dekolmatujących w otworach chłonnych.

Wykorzystywanie przez kopalnię wychłodzonych solanek do ługowania soli wygeneruje dla IKS „Solino” bieżące oszczędności z tytułu braku konieczności wnoszenia opłat za pobór wód powierzchniowych i zmniejszenia prawnej opłaty eksploatacyjnej za

wydobycie soli ze złoża, bowiem w przesyłanej wodzie zawartość chlorku sodu stanowiłaby już około 50% wagowych produkowanej solanki przemysłowej ($>305 \text{ gNaCl/l}$). Wygenerowane oszczędności w kopalni będą równoważyć koszty bieżącego utrzymania rurociągu do kopalni.

8.2. Koncepcja rozwiązania zadania geologicznego

Ze względu na spodziewaną budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne w rejonie Gąsawy, zakłada się wykonanie jednego otworu badawczo-eksploatacyjnego, którym ujęte zostaną utwory jury dolnej w interwale głębokości 3430-3570 m p.p.t. Jako rzeczywiste kryterium głębokościowe zakłada się konieczność przewiercenia do 30 m utworów górnego triasu (pod zabudowę kolumny podfiltrowej). Rozwiązania projektowe uwzględniają również potrzebę rozpoznania (i opcjonalnego ujęcia) dolnokredowego zbiornika geotermalnego.

W projekcie przewidywany jest następujący zakres prac i badań terenowych oraz laboratoryjnych:

I. Prace terenowe:

- wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 o głębokości około 3600 m;
- makroskopowy opis litologiczny uzyskanych próbek gruntów;
- pobór prób rdzeni i zwiercin do badań laboratoryjnych;
- opróbowanie poziomu dolnej kredy za pomocą rurowego próbnika złoża;
- przeprowadzenie badań geofizycznych w otworze;
- przeprowadzenie pompowań: oczyszczającego i pomiarowego otworu;
- pobór próbek wody do analiz laboratoryjnych;
- pomiary hydrodynamiczne wraz z pomiarami termicznymi;
- pomiary geodezyjne.

II. Badania laboratoryjne:

- badania granulometryczne próbek gruntów z poziomów hydrogeotermalnych (dolnej kredy i dolnej jury);
- analizy fizyczno-chemiczne, bakteriologiczne, balneologiczne i izotopowe wód;
- analizy petrograficzne, mikropaleontologiczne i porozymetryczne skał.

Otwór zostanie odwiercony techniką mechaniczno-obrotową z wykorzystaniem płuczki wiertniczej i zabezpieczeniem nadległych poziomów wodonośnych przez rurowanie. Przewiercone warstwy wodonośne będą odizolowane hydraulicznie poprzez cementację rur okładzinowych. Kolumna filtrowa otworu Gąsawa GT-1 zostanie wykonana z wykorzystaniem materiałów odpornych na korozję.

Lokalizacja otworu Gąsawa GT-1 przedstawiona została na mapie topograficznej (zał. nr 1 i 2) oraz sytuacyjno-wysokościowej (zał. nr 3).

Projekt geologiczno–techniczny projektowanego otworu Gąsawa GT-1 zamieszczono w załączniku nr 11.

Współrzędne otworu podano w tab. 1.

Na całej długości wierconego otworu dopuszcza się maksymalny kąt odchylenia od osi pionowej do 3° przy czym maksymalny przyrost kąta przestrzennego skrzywienia (DLS) nie powinien przekraczać $1^\circ/30\text{m}$.

W czasie wiercenia należy wykonywać punktowo pomiary kąta odchylenia i azymutu inklinometrem wrzutowym, co ok. 100 m oraz przed każdym wyciąganiem przewodu. W celu pomiaru azymutu należy w zestawie przewodu wiertniczego umieścić obciążnik niemagnetyczny.

8.3. Schematyczna konstrukcja projektowanego otworu wiertniczego

Projektowane wykonanie i konstrukcja otworu badawczo–eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 przedstawia się następująco (zał. 11):

- **kolumna wstępna** o średnicy $\varnothing 18^{5/8}$ (473 mm), zapuszczona do głębokości ok. 40 m. Zadaniem tej kolumny będzie nadanie pierwotnego kierunku osi otworu wiertniczego oraz zapewnienie bezawaryjnego krążenia płuczki w otworze. Przewiduje się, że otwór pod kolumnę wstępną wiercony będzie świdrem o średnicy $\varnothing 558$ mm. Po orurowaniu otworu kolumna zostanie zacementowana od buta rur do wierzchu.
- **kolumna przewodnikowa** o średnicy $\varnothing 13^{3/8}$ (340 mm), zapuszczona do głębokości 500 m. Zadaniem jej będzie zapewnienie stateczności ściany otworu podczas dalszego wiercenia, odizolowanie występujących w rejonie wiercenia mioceńskiego poziomu wodonośnego oraz stworzenie warunków umożliwiających założenie zestawu głowic przeciwerupcyjnych. Ta sekcja otworu zostanie wykorzystana jako komora pompowa, gdzie zostanie zainstalowana pompa wgłębna. Otwór pod kolumnę przewodnikową wiercony będzie świdrem o średnicy $\varnothing 17^{1/2}$ (444,5 mm). Po orurowaniu kolumna zostanie zacementowana od buta rur do wierzchu.
- **kolumna techniczna** o średnicy $\varnothing 9^{5/8}$ (244,5 mm), zapuszczona w interwale głębokości 420–2240 m. Długość kolumny i przewidywana głębokość posadowienia jej wynika z konieczności posadowienia buta rur około 10 m ponad stropem utworów kredy dolnej. Po orurowaniu kolumna zostanie zacementowana od buta rur tj. od głębokości około 2240 m do 420 m p.p.t., tj. na zakładkę 80 m z rurami $\varnothing 13^{3/8}$ (340 mm). Otwór pod tę kolumnę wiercony będzie świdrem o średnicy $\varnothing 12^{1/2}$ (311 mm).
- **kolumna eksploatacyjna** o średnicy $\varnothing 7$ (178 mm), zapuszczona w interwale głębokości 2170–3420 m. Długość kolumny i przewidywana głębokość posadowienia jej wynika z konieczności posadowienia buta rur około 10 m ponad stropem utworów jury dolnej oraz umożliwienie alternatywnego ujęcie utworów kredy dolnej. Dlatego po orurowaniu kolumna zostanie zacementowana od buta rur (od głębokości około 3420 m) do 2600 m p.p.t., pozostawiając niezacementowaną strefę występowania utworów kredy dolnej. Dla odizolowania dopływów wód z dolnej kredy, przy docelowym ujęciu wód z dolnej jury, kolumnę poniżej wieszaka należy doposażyć w uszczelnienie pakerowe. Otwór pod tę kolumnę wiercony będzie świdrem o średnicy $\varnothing 8^{1/2}$ (216 mm) oraz częściowo aparatem rdzeniowym (por. niżej).

Dalsze wiercenie projektuje się prowadzić świdrem Ø143 mm oraz aparatem rdzeniowym do około 3600 m p.p.t., tj. do osiągnięcia około 30 m utworów górnokredowych. W oparciu o te dane będzie można wstępnie ocenić potencjał eksploatacyjny zbiornika (w tym z użyciem rurowego próbnika złoża) i jednoznacznie określić interwały i parametry konstrukcyjne filtra. Rozwiązanie to umożliwia jednocześnie ewentualne udostępnienie do eksploatacji zbiornika dolnokredowego w przypadku niekorzystnych parametrów zbiornika dolnojurajskiego (np. miąższość piaskowców <20 m, spodziewana wydajność <50 m³/h etc.). Po uzyskaniu powyższych informacji, przed zabudową kolumny filtrowej, strefę przewidzianą do zafiltrowania należy poszerzyć z użyciem poszerzacza hydraulicznego, tak by uzyskać średnicę wiercenia Ø311 mm.

UWAGA:

- Dla szczegółowego określenia interwałów głębokościowych występowania zbiornika dolnokredowego i dolnojurajskiego zaleca się (obok bieżących pomiarów i badań postępu wiercenia – por. niżej) zastosowanie do wiercenia w przewidywanej strefie nadłożowej, wyprzedzającego małosrednicowego „pilota” aż do osiągnięcia około 15 m utworów wodonośnych. Po ich stwierdzeniu otwór należy poszerzyć do docelowej, projektowanej średnicy i głębokości odpowiadającej butom rur. W trakcie poszerzania winien nastąpić samozasyp poniższego światła wiercenia małosrednicowego, co należy skontrolować przewodem wiertniczym.
- Dopuszcza się możliwość alternatywnego zacementowania rur Ø178 mm do wierchu (tj. również w utworach kredy dolnej) pod warunkiem wcześniejszego pełnego przebadania utworów dolnej jury (przewiercenie z rdzeniowaniem, badania próbnikiem złoża i badania geofizyczne – por. niżej), które jednoznacznie wskażą na korzystne parametry zbiornika (niniejsze dopuszczenie wynika z rzeczywistych możliwości przeprowadzenia tych badań wobec faktycznej stabilności ścian odwiertu, szczególnie w interwale utworów kredy dolnej). Przed zacementowaniem rur, światło otworu poniżej rur Ø178 mm należy wówczas wypełnić materiałem piaszczystym lub piaszczystym urobkiem. Z kolei jeśli wyprzedzające badania wskażą na niekorzystne parametry zbiornika dolnojurajskiego, należy zrezygnować z zabudowy rur Ø178 mm i ująć poziom dolnej kredy. Wówczas poniższe światło otworu należy wypełnić min. 3 korkami cementowymi o miąższości min. 70 m (spąg jury środkowej, spąg jury górnej, strop jury górnej) oraz materiałem piaszczystym.
- Rury okładzinowe powinny być ze stali w jakości nie niższej niż N80 i grubości ścianki nie niższej niż 10 mm.

Przewiduje się zabudowę **kolumny filtrowej** w całości wykonanej ze stali nierdzewnej w gatunku zgodnym z 316/L/Ti wg AISI (1.4404/1.4571 wg EN10088). Kolumna tracona (hanging liner) zostanie zawieszona w rurach stalowych Ø178 mm na wieszaku z pakierem uszczelniającym w głębokości ok. TVD: 3360 m. Konstrukcja kolumny eksploatacyjnej, jej długość, interwały perforacji, sposób perforacji oraz uzbrojenie zostaną ostatecznie ustalone w projekcie technicznym w oparciu o wyniki pomiarów geofizyki wiertniczej i rdzeniowania. Projektuje się zabudowę kolumny filtracyjnej w postaci filtra typu Johnson z filtrem ze szczeliną ciągłą o średnicy Ø 127 mm lub alternatywnie filtra z podwójną ścianką i koszami na żwirowanie. Ostateczny wybór typu filtra będzie wynikał z rzeczywistych ciśnień złożowych określonych w oparciu o badania rurowym próbnikiem złoża. Poniżej podano założenia projektowe dla kolumny filtrowej w oparciu o przyjęty profil otworu dla obu wariantów.

Filtrem typu Johnson Ø127 mm należy ująć całą miąższość poziomu wodonośnego z zastosowaniem odcinków międzyfiltrowych w interwałach występowania przewarstwień utworów słabo przepuszczalnych. Przewiduje się, że sumarycznie część czynna będzie miała długość około 100 m. Wokół filtra należy wykonać obsypkę z kulek szklanych. Zastąpienie obsypki z kruszywa naturalnego obsypką z kulek szklanych poprawia parametry hydrauliczne obsypki, bowiem kulki są idealnie okrągłe i gładkie, a ich średnicę dobiera się do granulacji warstwy wodonośnej. Obsypkę należy podawać z użyciem rurek syfonowych.

Konstrukcja kolumny filtrowej przedstawia się następująco:

- w interwale głębokości TVD: 3600-3570 m p.p.t. kolumna podfiltrowa z denkiem;
- w interwale głębokości TVD: 3570-3430 m p.p.t. filtr ze szczeliną ciągłą (wstępnie: szczelina: 0,75 mm, obsypka z kulek szklanych 1,00 - 1,30 mm). Długość części czynnej: około 100 m.
- w interwale głębokości TVD: 3430-3360 m p.p.t. (70 m długości):
 - rura nadfiltrowa Ø127 mm o długości około 55 m,
 - pakier, sito bezpieczeństwa, o długości min. 6 m
 - łącznik dielektryczny, długość ok. 4 m,
 - łącznik i wieszak, długość ok. 3 m

Zastosowanie filtra z podwójną ścianką i koszami na żwirowanie jest podyktowane uzyskaniem możliwie najlepszych parametrów dopływu wód do otworu. Z uwagi na głębokość otworu zawsze istnieje ryzyko niewłaściwego rozprowadzenia wokół rury filtrowej obsypki. Zastosowanie podwójnych filtrów ze szczeliną ciągłą wyposażonymi w kosze obsypkowe, wypełnione od razu kulkami szklanymi + zewnętrzna obsypka z kulek jest, więc rozwiązaniem korzystniejszym. Umożliwia stopniowanie parametrów filtracyjnych perforacji i obsypki w dostosowaniu do granulacji warstwy wodonośnej. Poniżej podano założenia projektowe dla tej kolumny filtrowej:

- w interwale głębokości TVD: 3600-3570 m p.p.t. kolumna podfiltrowa Ø90 mm z denkiem;
- w interwale głębokości TVD: 3570-3430 m p.p.t. (100 m długości czynnej) podwójny filtr ze szczeliną ciągłą (z drutu nawojowego) DN80/DN125 z wypełnieniem z kulek szklanych:
 - Filtr wewnętrzny DN 80:
 - średnica wewnętrzna: 80 mm
 - średnica zewnętrzna: 90 mm
 - szczelina: 1,00 mm,
 - Filtr zewnętrzny DN 125:
 - średnica wewnętrzna: 133 mm
 - średnica zewnętrzna: 143 mm
 - szczelina: 0,75 mm,

Kosze wypełnione kulkami szklanymi 1,25 – 1,65 mm;

Obsypka zewnętrzna z kulek szklanych 1,00 - 1,30 mm;

- w interwale głębokości TVD: 3430 m p.p.t. (MD: 2845 m) połączenie redukcyjne między filtrem wewnętrznym a rurą nadfiltrową DN80/DN100;
- w interwale głębokości TVD: 3430-3360 m p.p.t. (70 m długości):
 - rura nadfiltrowa Ø100 mm o długości około 55 m,
 - paker, sito bezpieczeństwa, o długości min. 6 m
 - łącznik dielektryczny, długość ok. 4 m,
 - łącznik i wieszak, długość ok. 3 m

Opcjonalnie w przypadku słabych właściwości złożowych utworów jury dolnej przewiduje się likwidację otworu poniżej głębokości 2630 m p.p.t. poprzez wykonanie kontrolowanego zasypu rur Ø178 mm oraz przynajmniej 3 korków cementowych (poniżej buta i spąg, środek i strop interwału rur) o grubości 50-80 m. Rury Ø178 mm w głębokości 2600 m należy wyciąć, odsłaniając **poziom dolnej kredy**. Przed zabudową kolumny filtrowej strefę przewidzianą do zafiltrowania należy przewiercić z użyciem poszerzacza hydraulicznego, tak by uzyskać średnicę wiercenia Ø381 mm.

Przewiduje się tu zabudowę filtra ujmującego partie poziomu wodonośnego o najkorzystniejszych parametrach filtracyjnych, o długości czynnej około 200 m (w pozostałych strefach odcinki międzyfiltrowe). Kolumny filtrowej w całości winna być wykonana ze stali nierdzewnej w gatunku zgodnym z 316/L/Ti wg AISI (1.4404/1.4571 wg EN10088) z filtrem typu Johnson z podwójną ścianką, otoczonym podwójną obsypką (kosze obsypkowe i osypka zewnętrzna) z kulek szklanych.

Kolumna filtrowa (hanging liner) zostanie zawieszona w rurach stalowych Ø244,5 mm na wieszaku z pakerem uszczelniającym w głębokości ok. TVD: 2175 m. Konstrukcja kolumny eksploatacyjnej, jej długość, interwały perforacji, sposób perforacji oraz uzbrojenie zostaną ostatecznie ustalone w projekcie technicznym w oparciu o wyniki pomiarów geofizyki wiertniczej i rdzeniowania. Poniżej podano założenia projektowe dla kolumny eksploatacyjnej w oparciu o przyjęty profil otworu Gąsawa GT-1:

- w interwale głębokości TVD: 2630-2600 m p.p.t. (30 m długości) kolumna podfiltrowa z denkiem DN 100;
- w interwale głębokości TVD: 2600-2300 m p.p.t. (w tym 200 m długości części czynnej) podwójny filtr ze szczeliną ciągłą (z drutu nawojowego) DN100/DN150 z wypełnieniem z kulek szklanych:
 - Filtr wewnętrzny DN 100:
 - średnica wewnętrzna: 99 mm
 - średnica zewnętrzna: 113 mm
 - szczelina: 1,00 mm,
 - Filtr zewnętrzny DN 150:
 - średnica wewnętrzna: 150 mm
 - średnica zewnętrzna: 170 mm
 - szczelina: 0,75 mm,

Kosze wypełnione kulkami szklanymi 1,25 – 1,65 mm;

Obsypka zewnętrzna z kulek szklanych 1,00 - 1,30 mm;

- w interwale głębokości TVD: 2300 m p.p.t. połączenie redukcyjne między filtrem wewnętrznym a rurą nadfiltrową DN100/DN125;
- w interwale głębokości TVD: 2300-2175 m p.p.t. (125 m długości):
 - rura nadfiltrowa DN 125 średnica na złączce około 178 mm, łączna długość około 110 m,
 - paker, sito bezpieczeństwa, o długości min. 6 m
 - łącznik dielektryczny, długość ok. 4 m,
 - łącznik i wieszak, długość ok. 3 m

W wszystkich przypadkach kolumnę filtrową należy wyposażać w prowadniki zamontowane na odcinku podfiltrowym, filtrowym i nadfiltrowym w dostosowaniu do średnicy wiercenia i średnicy wewnętrznej rur osłonowych. Wobec zmiennego światła otworu oraz średnicy strefy wokółfiltrowej Ø311 mm, należy zastosować prowadniki płozowe, które mechanicznie i automatycznie poszerzają się w dostosowaniu do aktualnego światła rur i otworu.

Wykonawca zainstaluje na wieźbie rurowej wymagany zestaw głowic przeciwerupcyjnych gwarantujących bezpieczne prowadzenie prac wiertniczych. Po zakończeniu wiercenia w pierwszym etapie i wykonaniu testów określających parametry eksploatacyjne otworu zostanie zdemontowany zestaw głowic przeciwerupcyjnych i zamontowana głowica eksploatacyjna. Głowica eksploatacyjna powinna być wyposażona w minimum 3 zawory lub zasuwy (2 w pionie, 1 w poziomie) na odpowiednie ciśnienie robocze i temperaturę. Zasuwy lub zawory powinny być w wykonaniu ze stali kwasoodpornej. Wymagania odnośnie roboczego ciśnienia głowicowego wynoszą 6 MPa, temperatura robocza na głowicy 125°C. Zasuwy mają być w wykonaniu - stal kwasoodporna. Minimalna średnica przelotowa zasuw powinna wynosić 200 mm. Głowica powinna być tak skonstruowana, ażeby można było wykonywać pomiary geofizyczne i pomiary hydrodynamiczne wgłębne.

W trakcie wiercenia otworu na terenie wiertni przewiduje się zainstalowanie laboratorium kontrolno – pomiarowego typu „mud logging”. Serwis musi być wyposażony w zestaw czujników i aparaturę umożliwiającą rejestrację parametrów wiercenia w zakresie:

- głębokość otworu i położenie świda,
- ciężar na haku,
- obroty przewodu wiertniczego,
- moment obrotowy Top Drive,
- natężenie wypływu płuczki,
- ciśnienie tłoczenia pomp płuczkowych,
- suwy pomp płuczkowych,
- objętość płuczki w zbiornikach - założyć ilość czujników zapewniającą pełną kontrolę bilansu płuczki,
- ciężar właściwy płuczki wejściowej i wyjściowej,
- temperatura płuczki wejściowej i wyjściowej,

- zgazowanie płuczki
- pH płuczki wejściowej i wyjściowej,

8.4. Zamykanie horyzontów wodonośnych

Konstrukcję otworu wiertniczego Gąsawa GT-1 dobrano w sposób zapewniający bezpieczeństwo prowadzonych robót oraz ochronę środowiska, a w szczególności ochronę wód podziemnych.

Zgodnie z analizą budowy geologicznej obszaru projektowanych robót geologicznych, przewiduje się wystąpienie kilku głównych poziomów wodonośnych w otworze Gąsawa GT-1 (tab. 8).

Technologia wierceń z zastosowaniem pełnego zabezpieczenia poziomów wodonośnych poprzez rurowanie i cementowanie rur okładzinowych uniemożliwi kontakt wód podziemnych z różnych poziomów wodonośnych. Ze względu na obecność użytkowych wód poziomów wód podziemnych w utworach kenozoiku, należy utrzymywać staranność, zgodną ze stosowanymi procedurami wiertniczymi, w trakcie wiercenia, rurowania i cementowania otworu podczas przewiercania tych utworów.

Przy obecnej technologii wiercenia otworów nie przewiduje się zakłócenia reżimu wód podziemnych poszczególnych pięter wodonośnych.

Wszystkie poziomy wodonośne wymienione powyżej, będą 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 trakcie wykorzystywania otworu do eksploatacji wód termalnych.

Tab. 8. Przewidywane parametry głównych horyzontów wodonośnych w otworze Gąsawa GT-1.

Poziom wodonośny	Głębokość występowania serii wodonośnej	Głębokość stabilizacji lustra wody w otworze [m p.p.t]	Mineralizacja [g/l]	Temperatura w stropie warstwy [°C]
Czwartorzęd	0,0 - 30,0 m	2	< 1	10
Miocen (podrzędnie oligocen)	110,0 – 160,0 m	15-20	< 1	12
Kreda górna	160,0 - 250,0(?) m	20 - 30	< 1 lub 1 - 3	15
Kreda dolna	2250,0 - 2600,0 m	? niewykluczona artezyjskość wód	70 - 80	60
Jura dolna(lias)	3570,0 – 3600,0 m	? niewykluczona artezyjskość wód	120 - 170	110 - 120

Przewiercone poziomy wodonośne będą izolowane przy pomocy cementowania rur okładzinowych. Szczelność cementowania będzie skontrolowana geofizycznymi pomiarami akustycznymi.

Projekt technologiczny zabiegu cementowania poszczególnych kolumn rur okładzinowych zostanie opracowany na podstawie wyników badań i pomiarów wykonanych podczas wiercenia otworu. Wszelkie obliczenia projektowe, a w szczególności wymaganą objętość cementowej mieszaniny uszczelniającej, należy skorygować po wykonaniu otworu na podstawie pomiarów geofizycznych (kawernomierz).

Dopuszczalną gęstość zaczynu cementowego należy ustalić mając na uwadze warunek nieprzekroczenia ciśnienia szczelinowania górotworu. Gęstość zaczynu powinna być przynajmniej od 0,2 do 0,4 Mg/m³ większa, od gęstości płuczki wiertniczej wypełniającej otwór.

Ze względu na charakter otworu, jakim jest otwór geotermalny, należy szczególną uwagę zwrócić na odpowiedni dobór receptury cementowej, mieszaniny uszczelniającej, pod kątem jej właściwości technologicznych. Mieszanina uszczelniająca powinna charakteryzować się jak najwyższą odpornością na korozję chemiczną, dobrą przyczepnością do rur i ściany otworu wiertniczego, brakiem przepuszczalności i skurczu kamienia cementowego. Cement 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, odstój dobowy, wytrzymałość kamienia cementowego.

Do wiercenia otworu w poszczególnych interwałach głębokościowych, zaleca się używanie odpowiednio dobranej płuczki wiertniczej, przez wyspecjalizowane w tym ośrodki. Poniżej podano przykładowy skład płuczki, jaki może być zastosowany dla otworu Gąsawa GT-1.

Podstawowe parametry płuczki :

Interwał: 0 – 500 m (płuczka bentonitowo-polimerowa)

- Gęstość: 1,06 – 1,15 g/cm³
- Filtracja: 7,0 cm³/30 min (poniżej 20 ml/0,7 MPa/30 min)
- Lepkość: 17-20 cPo (plastyczna możliwie niska)
- Granica płynięcia: 16-18 lbs/100sqft
- Chlorki: 2,0 g/l
- pH: 9,0 -11,0

Interwał: TVD: 500 – 2240 m (płuczka polimerowo - potasowa)

- Gęstość: 1,08 - 1,15 g/cm³
- Filtracja: 5,1-8,0 cm³/30 min (poniżej 10 ml/0,7 MPa/30 min)
- Lepkość: 19-30 cPo (lepkość plastyczna: możliwie niska)
- Granica płynięcia: 16-26lbs/100sqft
- Chlorki: 2,0-26,6 g/l
- K⁺ około 60 g/l KCl (25-30 g/l K+)
- pH: 7,5-9,0

Interwał TVD: 2240-3600 m (płuczka polimerowo - potasowa z blokatorami), przy wierceniu Ø216 i Ø143 mm

- Gęstość: 1,14 - 1,17 g/cm³
- Filtracja: 4,1-4,8 cm³/30 min
- Lepkość: 27-33 cPo (lepkość plastyczna: możliwie niska)
- K⁺ około 60 g/l KCL (25-30 g/l K⁺)
- Granica płynięcia: 20-26 lbs/100sqft
- Chlorki: 23-24,8 g/l
- blokator węglanowy 60-100 kg/m³
- pH: 8,5 – 10,0

Do poszerzenia dolnojurajskiego (lub ew. dolnokredowego) poziomu wód termalnych po zacementowaniu kolumny rur Ø178 mm, należy zastosować płuczki powodujące najmniejsze uszkodzenie przepuszczalności strefy przyotworowej warstwy chłonnej, tj. płuczkę wodną (samorodną) lub płuczki polimerowe o niskiej zawartości fazy stałej. Zastosowanie płuczki polimerowej ułatwia oczyszczanie strefy przyotworowej z osadu po przewierceniu poziomu hydrotermalnego przewidzianego do eksploatacji. W konsekwencji zmniejsza to ryzyko pogorszenia parametrów eksploatacyjnych w przyotworowej strefie górotworu.

W czasie wiercenia należy utrzymywać gęstość płuczki wystarczającą do przeciwdziałania erupcji.

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 wibracyjne, hydrocyklony, itp.).

W przypadku wystąpienia katastrofalnych ucieczek płuczki podczas wiercenia należy zastosować odpowiednie metody likwidacji tych utrudnień, mając na uwadze ochronę zdolności chłonnych 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.

8.5. Sposób i termin likwidacji otworu

Po zakończeniu wiercenia otworu Gąsawa GT-1 teren placu wiertniczego zostanie całkowicie zlikwidowany. W końcowej fazie likwidacji placu wiertniczego zostaną wykonane prace rekultywacyjne, celem przywrócenia terenu do stanu pierwotnego. Ponadto nastąpi niwelacja obszaru wiertni poprzez wywiezienie materiału poza jego teren. Dodatkowo planuje się wykonanie zabiegów agrotechnicznych mających na celu przede wszystkim przywrócenie gruntowi pierwotne właściwości.

Jedynym, stałym elementem przedmiotowej inwestycji, jaki pozostanie po zakończeniu prac związanych z wykonaniem otworu Gąsawa GT-1, będzie wyniesiona około 1 m ponad teren, głowica eksploatacyjna otworu.

Likwidacja otworu wiertniczego nastąpi tylko w przypadku negatywnych wyników badań (geofizycznych, rdzeniowych i próbnikiem złoża) zarówno dla poziomu dolnokredowego, jak i dolnokredowego. Otwór wówczas nie będzie filtrowany. Likwidację należy przeprowadzić poprzez wykonanie serii korków cementowych o miąższości 50-80 m usytuowanych w spągowych, środkowych i stropowych odcinkach poszczególnych kolumn rur okładzinowych oraz w strefie występowania ilów poznańskich i w strefie przypowierzchniowej (tu: min. 15 m miąższości korka) (por. zał. 11c). Pozostałe światło otworu należy wypełnić materiałem piaszczystym. Po wypełnieniu otworu należy wykonać wykop o głębokości 1,0 m p.p.t. i promieniu 0,75 m wokół osi otworu. Wylot otworu zabezpieczyć płytą betonową o wymiarach 1x1 m i grubości 0,2 m, na której należy umieścić: nazwę otworu, jego głębokość, datę wykonania i datę likwidacji (tzw. „świadek” – metrykę otworu). Podpowierzchniowy sposób likwidacji studni, jest korzystny z uwagi na sposób zagospodarowania terenu. Przewiduje się, że ewentualna likwidacja otworu potrwa do 6 tygodni.

Dokumentację geologiczną likwidacji otworu wiertniczego, określoną w art. 88 ust. 2 pkt. 4 Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze (Dz.U. 2017 r. poz. 2126 ze zm.) sporządza się w 3 egzemplarzach w postaci papierowej oraz w postaci elektronicznej, w terminie do 6 miesięcy od dnia zakończenia prac, i przekazuje się odpowiednio organowi administracji geologicznej, który zatwierdził projekt robót geologicznych.

Proces likwidacji, rekultywacji otworu i terenu zajętego pod zabudowę wiertni będzie przeprowadzony zgodnie z przepisami Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014 r, poz. 812).

9. Zakres projektowanych badań terenowych i laboratoryjnych

W projektowanym otworze Gąsawa GT-1, przewiduje się wykonanie między innymi następujących badań:

- a) badania hydrogeologiczne w trakcie wiercenia otworu:
 - obserwacje ucieczek płuczki wiertniczej,
 - laboratoryjne oznaczenie własności hydrogeologicznych skał na pobranych próbach rdzenia wiertniczego oraz analizy fizyczno-chemiczne wód,
 - badanie i opróbowanie próbnikiem złoża, (co najmniej 2 próbники – zapięcia w stropie utworów kredy dolnej oraz w stropie utworów jury dolnej),
- b) badania hydrogeologiczne i zabiegi specjalne po zakończeniu otworu:
 - oczyszczenie otworu metodą „gaz-liftu” i pompowanie oczyszczające za pomocą pompy głębinowej,
 - pompowanie próbne za pomocą pompy głębinowej, zapuszczonej do otworu (obserwacje wydajności, depresji, stabilizacji zwierciadła wody i jej chemizmu), poprzedzone zabiegiem intensyfikacji dopływu (kwasowania).
- c) badania chłonności górotworu w rejonie otworu:
 - pomiar zestawem sond „Production Logging”,
 - test próbnego zatłaczania za pomocą pomp wysokociśnieniowych.
- d) badania geofizyczne.

Poniżej, w tym w ramach kolejnych podrozdziałów, przedstawiono szczegółowy zakres badań geofizycznych, petrograficznych i hydrogeologicznych.

9.1. Pomiary geofizyki wiertniczej

Przewiduje się wykonanie odcinkowych pomiarów geofizycznych. Pomiary 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, określenie profilu temperatury oraz gradientu temperatury, wyznaczenie interwałów dopływu i pomiar wielkości dopływu, ocenę stanu zacementowania rur okładzinowych.

Pierwsza seria pomiarowa: - w interwale 40-500 m przed zapuszczeniem kolumny rur Ø340 mm

- profilowanie średnicy (PŚr)
- profilowanie krzywizny (PK)
- profilowanie gamma (PG)

Druga seria pomiarowa:

- w interwale 0-500 m:
 - cementomierz akustyczny CBL w rurach Ø340 mm (wymagane: notatka - ocena stanu zacementowania, graficzny wynik interpretacji (mapa zacementowania, związanie cementu ze skałą i rurami, skala 1:500)
- w interwale TVD: 500-2240 m przed zapuszczeniem kolumny rur Ø244,5 mm
 - profilowanie średnicy (PŚr)
 - profilowanie krzywizny (PK)
 - profilowanie gamma (PG)
 - profilowanie $\gamma\gamma$ -gęstościowe (PGGg)
 - profilowanie upadu warstw (PU)
 - profilowanie neutron-neutron (PNN)
 - spektrometryczne profilowanie gamma (SPG)
 - profilowanie oporności (PO)
 - profilowanie akustyczne (PA)
 - sterowane profilowanie oporności (POst)
 - profilowanie potencjałów samoistnych (PS)
 - skaner opornościowy ultradźwiękowy (XRMI)

Trzecia seria pomiarowa:

- w interwale TVD: 420-2240 m:
 - cementomierz akustyczny CBL lub RBT w rurach Ø244,5 mm (wymagane: notatka - ocena stanu zacementowania, graficzny wynik interpretacji (mapa zacementowania, związanie cementu ze skałą i rurami, skala 1:500)
- w interwale TVD: 2240-3420 m przed zapuszczeniem kolumny rur Ø178 mm
 - profilowanie średnicy (PŚr)
 - profilowanie krzywizny (PK)
 - profilowanie gamma (PG)
 - profilowanie $\gamma\gamma$ -gęstościowe (PGGg)
 - profilowanie upadu warstw (PU)
 - profilowanie neutron-neutron (PNN)
 - spektrometryczne profilowanie gamma (SPG)
 - profilowanie oporności (PO)
 - profilowanie akustyczne (PA)
 - sterowane profilowanie oporności (POst)

- profilowanie potencjałów samoistnych (PS)
- skaner opornościowy ultradźwiękowy (XRMI)

Czwarta seria pomiarowa:

- w interwale TVD: 2240-3420 m:
 - cementomierz akustyczny CBL lub RBT w rurach Ø178 mm (wymagane: notatka - ocena stanu zacementowania, graficzny wynik interpretacji (mapa zacementowania, związanie cementu ze skałą i rurami, skala 1:500)
- w interwale TVD: 3420-3600 m przed zapuszczeniem kolumny filtrowej Ø178 mm
 - profilowanie średnicy (PŚr)*
 - profilowanie krzywizny (PK)*
 - profilowanie gamma (PG)
 - profilowanie $\gamma\gamma$ -gęstościowe (PGGg)
 - profilowanie upadu warstw (PU)
 - profilowanie neutron-neutron (PNN)
 - spektrometryczne profilowanie gamma (SPG)
 - profilowanie oporności (PO)
 - profilowanie akustyczne (PA)
 - sterowane profilowanie oporności (POst)
 - profilowanie potencjałów samoistnych (PS)
 - skaner opornościowy ultradźwiękowy (XRMI)

* - po poszerzeniu strefy do zafiltrowania

Piąta seria pomiarowa:

- w interwale TVD: 3360-3600 m (po zabudowie filtra):
 - profilowanie średnicy wewnętrznej rur średnicomierzem wieloramiennym (min. czteroramiennym)
 - profilowanie krzywizny (PK)
 - grubości ścianek EMDS
- w interwale TVD: 0-3600 m (po zabudowie filtra):
 - profilowanie temperatury (PTu) w ustalonych warunkach (po min. 14 dniowej stójce)

Aparatura pomiarowa oraz sondy muszą zapewnić pracę w warunkach wysokiego ciśnienia około 40 MPa oraz temperatury 130°C .

Badania geofizyczne prowadzone w trakcie testów hydrodynamicznych

W trakcie testów hydrodynamicznych (rurowe próbniki złoża i próbne pompowanie) zostaną przeprowadzone pomiary sondą PL (production log). Pomiary te zostaną ograniczone

od interwałów wytypowanych jako perspektywiczne, na podstawie interpretacji wcześniej wykonanych pomiarów geofizycznych. Pomiary PL określą strefy dopływu wód do otworu, prędkości przepływu płynu, jego ciśnienie, gęstość i temperaturę.

9.2. Oprobowanie otworu

W projektowanym otworze Gąsawa GT-1 pobierane będą próby okruchowe i rdzenie.

Próby okruchowe

Planuje się pobierać próbki okruchowe, co 10 m, a na głębokości (TVD) od 2200 m do 2650 m oraz 3200 m do 3600 m, co 5 m.

Z każdej głębokości należy pobrać: próbkę 500 g, nieprzemytą i wysuszoną. Próby okruchowe powinny być przechowywane w odpowiednio przygotowanych skrzynkach. Skrzynki powinny być opisane czytelnie i trwale na boku, wierzchu i szczycie. Każda skrzynka powinna zawierać nazwę otworu oraz interwał (TVD), z którego pobrano próby okruchowe. Zarówno na wiertni jak i podczas transportu, skrzynki muszą być przykryte wieczkami.

Próby rdzeniowe

Projektuje się odcinkowe rdzeniowanie serii kredy dolnej i jury dolnej w interwale TVD: 2250-2600 m oraz 3430-3570 m, rdzeniówką Ø216 mm (kreda dolna) i Ø132 mm (jura dolna). Rdzeniowanie prowadzone będzie na odcinkach o sumarycznej długości ok. 150 m dla kredy dolnej i 100 m dla jury dolnej. Dla przyspieszenia robót i ograniczenia kosztów, alternatywnie dopuszcza się rdzeniowanie rdzeniówką wrzutowa Ø76 mm lub Ø96 lub Ø123 mm. W trakcie rdzeniowania z użyciem rdzeniówki wrzutowej Ø76 mm, uzyskuje się rdzeń o średnicy ok. 48 mm, który jest wystarczający dla zaplanowanych badań laboratoryjnych.

Rdzenie powinny być układane do znormalizowanych pojedynczych lub podwójnych skrzynek (o długości 1 m), przestrzegając ułożenia rdzenia „góra-dół”. Skrzynki powinny być opisane czytelnie i trwale na boku, wierzchu i szczycie. Opis powinien zawierać numer i nazwę otworu, numer kolejny skrzynki, numer marszu, głębokość (od-do – TVD). Rdzeń kruchy, nie wypełniający skrzynki, należy unieruchomić przegródkami o opisanych głębokościach. Zarówno na wiertni, jak i podczas transportu, skrzynki muszą być przykryte wieczkami.

Uwaga: Przewiduje się możliwość zmiany zakresu rdzeniowania w zależności od faktycznie przewiercanego profilu geologicznego i facjalnego rozwoju warstw oraz bieżących ustaleń z osobami nadzoru prac geologicznych i autorem projektu.

Rdzenie winny być umyte i przecinane na dwie części, niezwłocznie po wyjęciu z aparatu rdzeniowego pod nadzorem geologa, tak, aby rejestrować jak najwięcej informacji potrzebnych do kontynuowania wiercenia.

Opisu rdzenia w terenie winien obejmować:

- wskaźnik nieciągłości ośrodka (RQD),

- uzysk litego rdzenia (SCR),
- całkowity uzysk rdzenia (TGR).

Rdzenie powinny zostać udokumentowane fotograficznie zarówno przed przecięciem (w skrzyniach), jak i po przecięciu, zwracając uwagę na rejestrację cech sedymentologicznych, strukturalnych (stropu i spągu, upadów itp.).

Rdzenie wiertnicze oraz próby okruchowe powinny zostać zabezpieczone i przekazane odpowiedniemu organowi administracji geologicznej zgodnie z:

- art. 98. Prawa geologicznego i górniczego z 9 czerwca 2011 r.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz.U. z 2015 r. poz. 903).

Po zakończeniu wiercenia, skrzynki z pozyskanym rdzeniem wiertniczym zostaną przewiezione do magazynu próbek trwałego przechowywania wskazanego przez państwową służbę geologiczną.

W trakcie wiercenia otworu na terenie wiertni przewiduje się pracę laboratorium polowego oraz aparatury kontrolno-pomiarowej typu „mud logging”. Ich zadaniem będzie:

- określanie litologii i udziału procentowego poszczególnych typów skał w próbkach okruchowych,
- opis litologiczny rdzeni wiertniczych,
- oznaczanie zawartości węglanów CaCO_3 i $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ w próbkach okruchowych (z częstotliwością jak dla pobranych prób okruchowych) rdzeniach,
- rejestracja interwałów rdzeniowania, opis skrzynek do składowania rdzeni,
- rejestracja postępu wiercenia oraz parametrów technologicznych wiercenia: głębokości otworu, głębokości i lokalizacji świdera, 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,
- przypadki obsypywania, zamulania, zaciskania otworu.
- monitorowanie całkowitej zawartości gazów palnych w płuczce wiertniczej i przypiływów gazu,
- monitorowanie zawartości siarkowodoru H_2S w płuczce wiertniczej,
- monitorowanie obecności gazów,
- monitorowanie zaników płuczki wiertniczej, dopływów wód podziemnych.

Wszystkie straty i zaniki płuczek w trakcie wierceń winny być odnotowywane w dzienniku wierceń. Należy dokumentować: głębokości zjawisk, parametry fizyczno-chemiczne płuczki (w szczególności gęstość), objętości strat płuczki i położenie zwierciadła płuczki w otworze przy utracie jej obiegu.

Dokumentacja wiercenia w postaci rejestracji parametrów technicznych, technologicznych i geologicznych wiercenia będzie prowadzona przez dozór geologiczny w laboratorium polowym. Szczegółowe wyniki prowadzonych obserwacji i badań, zestawione w formie tekstowej i graficznej, będą zawarte w Sprawozdaniach z pracy polowego laboratorium kontrolno-pomiarowego przy otworze. Sprawozdania te będą częścią Dokumentacji hydrogeologicznej otworu Gąsawa GT-1.

Próby gruntów z rdzeni

Próby gruntów z rdzeni zostaną pobrane do:

- badań granulometrycznych, którymi przewiduje się objąć osady dolnej kredy i dolnej jury, przewidziane do zafiltrowania. Próby należy pobierać z rdzeni, co 5 m lub przy zmianie litologii (około 50 sztuk). Próby należy pobierać w ilości 0,25 kg każda, do szczelnych worków foliowych.
- badań stratygraficznych – mikropaleontologicznych. Badania te obejmą również próby okruchowe. Łącznie przewiduje się pobranie około 50 prób.
- badań petrologicznych. Badania te obejmą również próby okruchowe. Łącznie przewiduje się pobranie około 40 prób, z czego min. 25 prób z rdzeni,
- badań porozymetrycznych – około 30 prób.

Próby wód i gazów

Przewiduje się następujący zakres poboru prób wód i gazów:

- wód pod koniec testów z użyciem rurowego próbnika złoża (dla dolnej kredy i dolnej jury);
- wód na końcu pompowania oczyszczającego
- wód na końcu pompowania pomiarowego
- gazów na końcu pompowania pomiarowego;

Zakres analiz podano w rozdz. 9.9. Przewiduje się pobór próbek wód filtrowanych i niefiltrowanych. Próby winny być odpowiednio zakonserwowane w dostosowaniu do zakresu analizy fizyczno-chemicznej, co winno znaleźć swoje odzwierciedlenie w protokole z poboru wód. Dla próbek gazu lub wody podziemnej należy podawać czas, również godzinę ich pobrania; dla wody podziemnej należy podać temperaturę w wyrobisku i na powierzchni. Probki do badań hydrochemicznych powinny zostać pobrane, utrwalone, przechowywane i transportowane zgodnie z zasadami określonymi w normach.

Pod koniec pompowania pomiarowego i testu z użyciem rurowego próbnika złoża (dla dolnej kredy) należy pobrać próbki wód do analizy izotopowej (izotopy stabilne tlenu i wodoru oraz izotopy promieniotwórcze węgla i wodoru). Do badań izotopów stabilnych próbki wody należy pobierać do 2 litrowych pojemników z PET lub ze szkła. Woda do badań na zawartości trytu oraz siarki powinna być pobierana do pojemników 1,5-2 litrów, natomiast do badań zawartości izotopu ^{14}C w pojemniki z PCV (objętość jednej próbki – 60 litrów). Wszystkie pobrane próbki należy pobierać tak, aby nie pozostał w nich pęcherzyk powietrza, a zamknięcia były bezwzględnie szczelne. Szczegółowe procedury pobrania próbek wody należy ustalić z laboratorium, które będzie wykonywało oznaczenia.

Zgodnie z ww. Rozporządzeniem, planowane do pobrania próby (próby gazu i wody), w trakcie projektowanych prac badawczych kwalifikują się, jako próby czasowego przechowywania i dlatego nie podlegają przekazaniu organowi państwowej administracji geologicznej. Próby pozostaną u wykonawców prac geologicznych i badań do czasu ich zakończenia, a następnie zostaną zlikwidowane w odpowiedni sposób po sporządzeniu dokumentacji geologicznej.

9.3. Zakres obserwacji poziomów i pomiarów przepływów wód w trakcie wiercenia

Obserwacje poziomów i przepływów wód w otworze Gąsawa GT-1, planowane są w obrębie dwóch horyzontów wodonośnych: poziomu kredy dolnej oraz poziomu jury dolnej (liasu). Nie przewiduje się obserwacji wyżej zalegających poziomów wodonośnych (czwartorzęd, kreda górna, kreda dolna).

Przewiduje się zapięcie po 1 próbniku złoża w utworach kredy dolnej oraz jury dolnej, w oparciu o wyniki pomiarów geofizycznych i/lub rdzeniowania w interwale o najkorzystniejszych parametrach zbiornikowych dla możliwości uzyskania przyływu wody o najkorzystniejszych parametrach eksploatacyjnych.

W trakcie opróbowania otworu Gąsawa GT-1 przewiduje się wywoływanie przyływu wody złożowej – termalnej (możliwy brak samowypływu) przez air-lift i pompowanie przy pomocy pompy wgłębnej zapuszczanej do otworu na rurach $\varnothing 3 \frac{1}{2}$ ” lub $\varnothing 4 \frac{1}{2}$ ”, w celu określenia wydajności otworu, wysokości poziomu wody, poboru próbek wody do analizy. Przewiduje się wypompowanie ok. 2000 m³ wody termalnej z jednego poziomu. Wypompowywana z otworu woda termalna, gromadzona będzie w szczelnym zbiorniku przy otworze, a następnie sukcesywnie wywożona przez wyspecjalizowane firmy zajmujące się jej utylizacją (z protokołem odbioru) lub oddawana do otworowej kopalni soli w Przyjmię do celów ługowniczych. Projekt testów hydrodynamicznych, testów interferencyjnych oraz innych testów (również pomiar ciśnienia, temperatury), testów typu Production Log, powinien być wykonany zgodnie z wytycznymi zawartymi w pracy „Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód termalnych i energii” (J. Kapuściński i in., 1997).

9.4. POMPOWANIA I TESTY BADAWCZE

Po odwierceniu i zafiltrowaniu otworu Gąsawa GT-1, zostaną wykonane pompowania w dwóch etapach, jako: pompowanie oczyszczające (I etap) i pompowanie pomiarowe (II etap). Pompowania zostaną przeprowadzone dla poziomu dolnej jury lub opcjonalnie dolnej kredy. Pompowania zostaną przeprowadzone w podobny sposób dla horyzontu dolnej kredy, jak i dla horyzontu dolnej jury

Pompowanie oczyszczające

Pompowanie oczyszczające otworu Gąsawa GT-1 ma na celu oczyszczenie strefy przyodwiertowej z pozostałości płuczki wiertniczej i zawiesiny pylastej, a zatem polepszenie dróg filtracji wody do otworu oraz przygotowanie otworu do testów pomiarowych i eksploatacji. Pomiarы wykonane w trakcie eksploatacji oczyszczającej pozwalają na wstępne określenie wydajności i ciśnienia eksploatacyjnego, co umożliwia z kolei szczegółowe zaplanowanie pompowania pomiarowego. Dla zbiorników nieartezyjskich stosuje się głębokie pompy elektryczne, albo podnośniki powietrzne.

Przed przystąpieniem do pompowań zostanie ustabilizowane zwierciadło wody w otworze i wykonane pomiary położenia lustra wody.

Eksploatację oczyszczającą należy prowadzić z rosnącymi wydajnościami (kilka stopni dynamicznych), aż do uzyskania około 110-120% przewidywanej maksymalnej wydajności otworu. Niezbędne są przy tym pulsacyjne zmiany wydajności powodujące gwałtowne udary hydrauliczne ułatwiające wymywanie drobnych cząstek pylastych. Eksploatację na każdym stopniu należy prowadzić do uzyskania klarownej wody bez zawiesiny pyłowej oraz do stabilizacji wybranych wskaźników hydrochemicznych potwierdzonych pomiarami i badaniami prowadzonymi przez laboratorium polowe. Orientacyjnie czas trwania eksploatacji oczyszczającej szacować można na kilka do kilkunastu godzin, przy czym, decydujące znaczenie będzie miała możliwość magazynowania lub zrzutu wód termalnych.

Oczyszczanie otworu zostanie przeprowadzone w 3 etapach:

- oczyszczanie metodą „air–liftu” – podnośnika powietrznego lub w przypadku stwierdzenia obecności metanu (CH_4) metodą „gaz–liftu” przy użyciu ciekłego azotu. Ciekły azot będzie wtłaczany w przestrzeń pierścieniową, a odbiór płynu będzie się odbywał się rurkami syfonowymi $\phi 2 \frac{7}{8}$ ”,
- dodatkowe oczyszczanie otworu zostanie wykonane przy użyciu pomp płuczkowych zainstalowanych na wiertni. Płukanie otworu będzie prowadzone przez rurki syfonowe, wymieniając płyn w ilości kilkakrotnie przekraczającej objętość otworu (ok. 150 m^3),
- w etapie końcowym pompowanie oczyszczające będzie prowadzone z wykorzystaniem pompy głębinowej zapuszczonej do otworu na głębokość ok. 300 m na rurach $\phi 3 \frac{1}{2}$ ” lub $\phi 4 \frac{1}{2}$ ”. Pompowanie oczyszczające będzie

ograniczone w czasie do ok. 9 h ze względu na objętość zbiornika do magazynowania wypompowanej solanki. Na ostatnim etapie pompowanie będzie prowadzone z wydajnością o ok. 10-20% wyższą od zakładanej maksymalnej wydajności (200 m³/h), to jest z wydajnością ok. 240 m³/h. Po zakończeniu pompowania oczyszczającego zostanie przeprowadzona przez ok. 2–3 doby stabilizacja zwierciadła wody w otworze.

Wstępnie dla otworu Gąsawa GT-1 zakłada się, że oczyszczanie będzie prowadzone na trzech stopniach wydajności po 3 godzin na każdym stopniu:

$$Q_1 = 80 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 3\text{h} = 240 \text{ m}^3$$

$$Q_2 = 160 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 3\text{h} = 480 \text{ m}^3$$

$$Q_3 = 240 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 3\text{h} = 720 \text{ m}^3$$

$$\text{Razem} \quad 1440 \text{ m}^3$$

Łączną ilość wypompowanej wody (solanki) z etapu oczyszczania otworu należy szacować na około 1800 m³.

Próbné pompowanie otworu

Ze względu na możliwy brak samowypływu, przewiduje się wykonanie próbnego pompowania w otworze w celu określenia wydajności, stabilizacji poziomu wody, poboru próbek wody do analizy.

Przed przystąpieniem do pompowań zostanie ustabilizowane zwierciadło wody w otworze i wykonane pomiary położenia lustra wody.

Po oczyszczeniu otworu, przewiduje się przeprowadzenie próbnego pompowania, trójstopniowego o wydajności ostatecznie określonej w oparciu o wyniki pompowania oczyszczającego. Wstępnie określa się tę wydajność na 200 m³/h. Pompowanie należy prowadzić do uzyskania ustalonego dopływu wody do otworu, przy czym czas będzie uzależniony również od pojemności zbiornika zrzutowego. Czas pompowania pomiarowego (t) musi być tak dobrany, aby przy założeniu stałości wydatku (1/3Q, 2/3Q i Q_{max}), uzyskać jak najmniejszą zmianę depresji (s) w czasie. Dobrym sposobem oceny czasu pompowania jest bieżące sporządzanie i analiza wykresów wskaźnikowych $s = f(\lg t)$ przy $Q = \text{const}$ dla pompowania przy użyciu pompy lub $s/Q = f(\lg t)$ przy $s = \text{const}$, w przypadku samowypływu (Dąbrowski, Przybyłek, 2005). Pompowanie można zakończyć po uzyskaniu wyraźnego prostoliniowego odcinka wykresu wskaźnikowego równoległego do osi czasu.

Sprzęt do próbnego pompowania i warunki wykonania:

- Pompa głębina o następujących parametrach technicznych: max. wydatek ok. 240 m³/h przy wysokości podnoszenia ok. 350m.
- Pompa zostanie zapuszczona do otworu na głębokość ok. 300 m p.p.t. na rurach Ø3 ½” lub Ø4 ½” wraz z kablem zasilającym.

- Skrzynia przelewowa (ok. 2 m³) z przelewem trójkątnym Thomsona do pomiaru wydatku wody.
- Zbiornik stalowy otwarty o pojemności 30-40 m³ do odbioru wody wypompowywanej z otworu i kontrolnego pomiaru średniego wydatku wody.
- Zbiornik otwarty w postaci dołu wyłożonego folią dobrze zaizolowanym przed przeciekaniem lub zbiorniki o łącznej pojemności ok. 3000 m³ do magazynowania wypompowywanej wody (solanki).
- Rejestrator elektroniczny (sonda elektryczna na kablu) do ciągłego pomiaru zwierciadła wody w otworze oraz przygłowiącowy rejestrator temperatury
- Pompowanie próbne musi być poprzedzone stabilizacją zwierciadła wody w otworze. Pompowanie próbne przeprowadzone zostanie przy minimum trzech stopniach pompowania i poprzedzone zostanie pomiarem ustabilizowanego zwierciadła wody w otworze. Wydatki w kolejnych pompowaniach powinny być stałe w czasie ich trwania i dobrane wg schematu: $Q_1, 2 \cdot Q_1, , 3 \cdot Q_1 = Q_{\max}$. Zmiany wydajności winny odbywać się w sposób ciągły.
- Pomiary zmian ciśnienia winy odbywać się w sposób ciągły, przy użyciu ciśnieniomierza dennego. Pomiary winny obejmować również okres stabilizacji ciśnień po pompowaniu, przez minimum 24 h.

Minimalna częstotliwość pomiarów dynamicznego zwierciadła wody w otworze rozpoznawczym (studnia pojedyncza) powinna odpowiadać schematowi (Dąbrowski, Przybyłek, 2005):

Czas od rozpoczęcia pompowania [min]	Częstotliwość pomiarów [min]
do 5 min	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0
5–25 min	6; 8; 10; 15; 20; 25;
> 25 min	30; 35; 40; 45; 50; 60 i dalej, co 15 min

Z otworu zostanie wypompowane ogółem ok. 3000 m³ solanki, która będzie gromadzona w zbiorniku otwartym (lub zbiornikach) o pojemności ok. 3000 m³, w postaci dołu wyłożonego folią dobrze zaizolowanym przed przeciekaniem. Woda zmagazynowana w zbiorniku winna zostać wywieziona przez wyspecjalizowane firmy zajmujące się jej utylizacją lub oddana do kopalni soli.

Po zakończeniu pompowania pomiarowego należy odczekać 14 dni. W tym czasie nastąpi odbudowa ciśnień złożowych, a po upływie tego czasu (ustabilizowaniu się warunków w otworze) należy dokonać pomiaru temperatury.

Test próbnego zatłaczania

Opcjonalnie przewiduje się wykonanie testów na chłonność skał zbiornikowych. Zostaną one zrealizowane jeśli wstępne analizy skład chemiczny wód (np. z etapu rurowego próbnika złoża) wykażą, że wychłondzone wody geotermalne nie będą mogły być docelowo

utylizowane w kopalni soli w Przyjmie (Rasała 2018) lub IKS „Solino” nie będzie zainteresowane ich odbiorem.

Wstępny test chłonności otworu Gąsawa GT-1 poprzez zalanie otworu

Jeśli w otworze nie będą występować ciśnienia artezyjskie, to po zakończeniu pompowania pomiarowego otworu Gąsawa GT-1 i uzyskaniu stabilizacji zwierciadła wody, przewiduje się test chłonnościowy grawitacyjny. Będzie on polegać na zalaniu otworu (do poziomu terenu) wodą wypompowaną uprzednio z otworu w trakcie próbnego pompowania otworu. Woda powinna być oczyszczona z osadów, szczególnie jeśli nastąpi utlenianie żelaza. Po zalaniu otworu należy w sposób ciągły (dive i/lub manometr dennej) mierzyć tempo opadania zwierciadła wody w otworze do osiągnięcia równowagi ciśnień z wodami złożowymi. Wyniki testu pozwolą na wstępne określenie potencjału chłonnego otworu, a tym samym korektę wydajnościowo-chłonną niżej opisanych testów.

Test chłonności otworu Gąsawa GT-1 z użyciem pomp płuczkowych

Do testu zostanie użyta, zgromadzona woda wypompowana uprzednio z otworu w trakcie próbnego pompowania. Woda przewidziana do prób zatłaczania powinna być oczyszczona z osadów, szczególnie, jeśli nastąpi utlenianie żelaza (np. z wykorzystaniem filtrów workowych).

Test próbnego zatłaczania zostanie przeprowadzony przy użyciu pomp płuczkowych zainstalowanych na wiertni. W trakcie przeprowadzonego testu będzie rejestrowany wydatek tłoczenia, poprzez pomiar, co 1 minutę obniżanie poziomu lustra wody w zbiorniku o pojemności ok. 30 m³, z którego pobierana będzie woda do poszczególnych stopni tłoczenia. Kontrolę ilości wtłaczanej wody dodatkowo będzie sprawdzana na podstawie obserwacji ilości suwów tłoków pomp. Równocześnie rejestrowane będzie ciśnienie tłoczenia na manometrach zainstalowanych na głowicy eksploatacyjnej otworu, pompach płuczkowych oraz ciśnieniomierza dennego zainstalowanego w otworze. Przed rozpoczęciem testu otwór zostanie zalany solanką do wierzchu. Test zostanie przeprowadzony przy kilku różnych, ustabilizowanych ciśnieniach tłoczenia i odpowiadających im wydajnościach. Przewiduje się zastosowanie ciśnień tłoczenia: 0,5 MPa, 1,0 MPa, 2,0 MPa, 3,0 MPa, 4,0 MPa i 5,0 MPa. W przypadku niekorzystnych parametrów chłonnościowych na pierwszych stopniach, do zatłaczanych wód należy dodać substancje kwasujące.

9.5. Pomiary temperatur i ciśnień

Pomiary ciśnienia i temperatury wody w otworze, zostaną wykonane w ramach planowanych testów hydrodynamicznych. Celem testów hydrodynamicznych planowanych w otworze Gąsawa GT-1, będzie uzyskanie informacji o istotnych parametrach złoża, takich jak:

- parametry filtracyjne ujętego poziomu wodonośnego,
- początkowe lub średnie ciśnienie złożowe,
- stan strefy przyodwiertowej (sprawność otworu),
- charakter dopływu do otworu,

- granice złoża,
- wydajności otworu,
- chłonność otworu.

Dla pompowania pomiarowego przewiduje się:

- Zapuszczenie pompy głębinowej,
- Przygotowanie uzbrojenia otworu do testów na wydajność,
- Wykonanie połączenia zagłowiczenia otworu z kolektorem zbiorczym (z zamontowanym przepływomierzem, skrzynią przelewową oraz termometrem), odprowadzającym wodę do zbiorników schładzających,
- Zamknięcie zaworów na głowicy otworu i zamontowanie śluzy do zapuszczenia manometru wgłębnego z termometrem,
- Zapuszczenie manometru wgłębnego na głębokość występowania warstwy wodonośnej (jury dolnej). Manometr musi być odpowiedniej klasy, (dokładność pomiaru ciśnienia 0,1 bar, rozdzielczość. 0,001 bar). Manometr musi posiadać aparaturę do zapisu wyników pomiarów na powierzchni,
- Po zapuszczeniu manometru na głębokość występowania warstw jury dolnej, zostanie rozpoczęty pomiar ciśnienia wgłębnego,
- Ustawić wydajność na maksymalną i prowadzić pompowanie przez min. 8 h,
- Zamknąć zawory na głowicy. Manometr wgłębny pozostawić włączony jeszcze przez 24 h (lub do momentu stabilizacji ciśnienia) w celu pomiaru odbudowy ciśnienia wgłębnego,
- Wyciągnąć manometr wgłębny i zamknąć zawory na głowicy otworu,
- Dzięki zapuszczeniu manometru wgłębnego do stropu poziomu wodonośnego, uzyska się pomiar ciśnienia złożowego nieobarczony błędem spowodowanym nieizotermicznym przepływem wody termalnej.

W trakcie pompowania pomiarowego planuje się:

- 3 stopnie dynamiczne, przy wstępnie zakładanym $Q_3=200 \text{ m}^3/\text{h}$,
- rejestrację wydatku wydobywania oraz automatyczny pomiar wielkości depresji z wykorzystaniem ciśnieniomierzy dennych zainstalowanych w otworze,
- pomiar pH, PEW i temperatury wód na wypływie,
- prowadzenie testu na poszczególnych stopniach dynamicznych przez około 8-12h, z koniecznością osiągnięcia co najmniej 3h warunków ustabilizowanych ciśnień depresyjnych.
- pomiary stabilizacji ciśnienia złożowego,
- pobranie próby wody złożowej i gazu do analiz laboratoryjnych.

Wydatek mierzony będzie przepływomierzem turbinkowym, ciśnienie wgłębne – czujnikiem, natomiast pomiary temperatury i przewodności właściwej - konduktometrem. Należy również rejestrować ciśnienie atmosferyczne.

Wyposażenie techniczne do prowadzenia testów hydrodynamicznych:

- wszystkie urządzenia pomiarowe powinny być odporne na temperaturę, co najmniej 125°C.
- Wszystkie wgłębne urządzenia pomiarowe powinny być odporne na ciśnienie większe, co najmniej od dwukrotnego ciśnienia dennego w badanym odwiercie.
- Przewiduje się zastosowanie do wydobywania wody podczas testów, pompę głębinową odporną na temperaturę, co najmniej 125°C oraz posiadającą przy wydajności rzędu 240 m³/h odpowiednie parametry w zakresie wysokości podnoszenia.

9.6. Przewidywana wielkość dopływu wód do otworu

W projektowanym otworze Gąsawa GT-1 planuje się do zafiltrowania warstwę wodonośną jury dolnej w interwale TVD: 3430-3570 m, przy długości części czynnej filtra 100 m. Warstwy wodonośne utworów kredy dolnej i jury dolnej w rejonie projektowanego otworu geotermalnego zostały rozpoznane litologicznie (i to w oddaleniu od projektowanego otworu, w rejonie wysadów solnych), lecz nie parametrycznie. Dysponując skąpyimi materiałami wykonywanie obliczeń przewidywanej wydajności i depresji w otworze byłoby mało wiarygodne.

Jedynie pogładowo obliczono dopuszczalną wydajność eksploatacyjną otworu dla poziomu dolnej jury wzorem:

$$Q_{\max} = \pi d l v_{dop}$$

gdzie:

d - średnica zewnętrzna filtra wraz z obsypką [m],

l - długość robocza filtra [m],

v_{dop} - dopuszczalna prędkość wlotowa wody na filtrze, obliczona wg wzoru Abramowa:

$$v_{dop} = 65\sqrt[3]{k}$$

gdzie

k - współczynnik filtracji w m/d, przyjęty współczynnik filtracji obliczony z przewodności hydraulicznej ($T= 20$ m²/h wg Góreckiego (red. 2006) dla tego obszaru) $k= 4,8$ m/d

Uzyskano wydatek rzędu $224 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. porównywalny z danymi z Górecki, red. (2006), gdzie wydajności otworu ujmującego jurę dolną w rejonie Gąsawy podano na około $200\text{-}250 \text{ m}^3/\text{h}$. Wydajności prognostyczne są porównywalne, ale rzeczywisty współczynnik filtracji będzie ostatecznie wyznaczony na podstawie testów hydrodynamicznych.

9.7. Badania i pomiary specjalne

Rurowe próbniki złoża

W trakcie wiercenia otworu przewiduje się wykonanie 2 badań rurowym próbnikiem złoża. Badania te będą dotyczyły interwałów kredy dolnej i jury dolnej, przyjętych w niniejszym projekcie, jako rokujące na uzyskanie znacznych dopływów wody termalnej.

Zabiegi intensyfikujące przyływ i chłonność

Jak wskazuje praktyka, zabiegi intensyfikacji dopływu/chłonności ośrodka poprzez kwasowanie nawet dla piaskowców kwarcowych, z uwagi na ich zróżnicowany lepiszcz, zawsze poprawiają parametry filtracyjne strefy wokółfiltrowej i jest to działanie korzystne dla eksploatacji otworu. Dlatego zakłada się konieczność wykonania takiego zabiegu niezależnie od wydatku czy chłonności otworu, co zwiększy również sprawność otworu (zmniejszenie zeskoku hydraulicznego na filtrze (skin efekt)). W celu odzyskania pierwotnych wielkości parametrów hydrodynamicznych złoża, zostanie wykonany zabieg intensyfikacji przyływu-zabieg kwasowania.

Przed wykonaniem zabiegu należy wykonać jego projekt wraz z badaniami laboratoryjnymi na wydobytym rdzeniu skały zbiornikowej. Wyniki badań pozwolą na dobranie optymalnego składu cieczy kwasującej, szczególnie stężenia, proporcji kwasu solnego do octowego, objętości cieczy kwasującej, a także ustalić czas, na jaki należy pozostawić ciecz kwasującą w złożu. Kwasowanie należy przeprowadzić pomiędzy air-liftem a pompowaniem oczyszczającym.

Do zatłaczania cieczy kwasującej, należy zastosować jednostkę azotową, w celu wytworzenia piany, dzięki której wzrośnie głębokość penetracji oraz zwiększeniu ulegnie powierzchnia kontaktu cieczy ze skałą. Po zabiegu, do przestrzeni pierścieniowej (tzn. między rurami okładzinowymi a rurkami technologicznymi użytymi do zatłaczania cieczy kwasującej), należy zatłoczyć azot w celu wytworzenia większej depresji, odbierając ciecz poreakcyjną z otworu przez rurki technologiczne. Następnie prowadzić eksploatację oczyszczającą.

Wydobytą ciecz poreakcyjną zneutralizować chemicznie i odprowadzić do szczelnego zbiornika.

W przypadku niekorzystnych parametrów chłonnościowych w ramach wcześniej opisanych testów, do zatłaczanych wód należy dodać w sposób ciągły substancje kwasujące.

9.8. Prace geodezyjne

Szczegółowa lokalizacja otworu Gąsawa GT-1, zostanie wytyczona geodezyjnie w terenie, zgodnie z zatwierdzonym projektem, na podstawie załączonego szczegółowego planu sytuacyjno-wysokościowego zawierającego uzgodnioną lokalizację.

Po wykonaniu otworu Gąsawa GT-1 należy określić jego współrzędne geograficzne i topograficzne w obowiązującym Państwowym Układzie Współrzędnych oraz rzędną terenu i głowicy eksploatacyjnej.

9.9. Zakres badań laboratoryjnych

Zakres planowanych badań laboratoryjnych będzie obejmował;

- Badania własności fizycznych (porowatość i przepuszczalność) i badań chemicznych próbek rdzeni
- Analizy petrologiczne i stratygraficzne
- Badania granulometryczne serii złożowej
- Analizy wód i gazów złożowych
- Analizy płuczki i płynów porównawczych
- Badanie parametrów zaczynu i kamienia cementowego

Badania laboratoryjne próbek okruchowych i rdzeni

- Z rdzeni, a w razie potrzeby także z wyselekcjonowanych próbek okruchowych (około 40 prób, z czego min. 25 prób z rdzeni) zostaną wykonane szlify cienkie do specjalistycznych badań petrologicznych. Badania petrograficzne obejmować będą: skład petrograficzny skał, rodzaj lepiszcza oraz sposób wypełnienia przestrzeni międzyporowych, formę i rodzaj obtoczenia ziaren. Badania posłużą również do dobrania składu i receptury cieczy kasującej.
- Rdzenie posłużą do laboratoryjnego określenia współczynnika odsączalności grawitacyjnej, porowatości całkowitej i efektywnej dla 30 próbek (z różnych głębokości) utworów dolnej kredy i dolnej jury.
- Dla około 50 prób (okruchowych i z rdzeni) przewiduje się wykonanie badań stratygraficznych – mikropaleontologicznych. Badania te posłużą do rozpoznania wieku stratygraficznego profilu.
- Badaniami granulometrycznymi (metodą sitową) przewiduje się objąć osady dolnej kredy i dolnej jury, przewidziane do zafiltrowania. Próby do badań będą pobrane z rdzeni, co 5 m lub przy zmianie litologii (około 50 sztuk). Wyniki pozwolą na ostateczne ustalenie parametrów kolumny filtrowej i obsypek.

Badania laboratoryjne próbek wody termalnej

- a) Próbki wody termalnej do analiz fizyczno-chemicznych, zostaną pobrane podczas wykonywania różnych testów hydrodynamicznych, na powierzchni oraz z zastosowaniem *downhole sampler*, w celu uzyskania danych o nasyceniu gazem.
- b) Próbki należy pobierać tak, aby wykluczyć wpływ na nie płuczki wiertniczej oraz produktów reakcji cieczy kwasującej z górotworem i płynem złożowym
- c) Próbki należy pobierać podczas prowadzenia testów hydrodynamicznych w końcowej ich fazie:
- wód pod koniec testów z użyciem rurowego próbnika złoża (dla dolnej kredy i dolnej jury);
 - wód na końcu pompowania oczyszczającego
 - wód na końcu pompowania pomiarowego
 - gazów na końcu pompowania pomiarowego;
- d) Przeprowadzić analizę wody w warunkach polowych dla określenia następujących wskaźników:
- temperatura,
 - pH,
 - potencjał redox (Eh),
 - przewodnictwo elektryczne właściwe,
 - kwasowość ,
 - zasadowość
 - zapach,
 - barwa,
 - siarkowodór (H_2S),
 - dwutlenek węgla, (CO_2)
- e) Badania laboratoryjne dla prób wód z testów rurowym próbnikiem złoża oraz GT-3 na końcu pompowania oczyszczającego winny objąć następujące wskaźniki:
- (Na^+), (K^+), (Li^+), (Ca^{+2}), (Mg^{+2}), (Ba^{+2}), (Sr^{+2}), (Fe^{+2}), (Mn^{+2}), (Si^{+4}), (Cl^-), (Br^-), (I^-), (SO_4^{-2}), (HCO_3^{-2}), (CO_3^{-2}), (NH_4^+), (NO_2^-), (NO_3^-), (PO_4^{-3}), sucha pozostałość, straty po prażeniu
- f) Badania laboratoryjne dla prób wód z otworu na końcu pompowania pomiarowego:
- winny być wykonane w zakresie zgodnym z Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i

właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. z 2006 r. poz. 565, z późn. zm.). Badania takie winno wykonać laboratorium posiadające odpowiednią akredytację ministerialną dla oceny właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i posiadające prawo do wydania świadectwa potwierdzającego te właściwości (Ustawa z dnia 28 lipca 2005 r. o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych (Dz. U. z 2017 r. poz. 1056). Celem tych badań jest określenie właściwości leczniczych wód zbiornika dolnojurańskiego na terenie Gąsawy,

- badania hydrochemiczne dla określenia agresywności wód na stal i beton.
 - badania laboratoryjne dla określenia genezy wód metodą izotopów trwałych tlenu $\delta^{18}\text{O}$ oraz wodoru ^2H . Dla oznaczenia wieku wód należy wprowadzić dodatkowo badania izotopów promieniotwórczych ^{14}C i ^{13}C (badania również dla wód z poziomu dolnokredowego z etapu badań próbnikiem złoża, jeśli ten poziom nie będzie ujmowany otworem).
- g) Badania laboratoryjne gazów rozpuszczonych w wodzie złożowej winny objąć: H_2S , CO_2 , O_2 , CO , N_2 , H_2 , CH_4 ,

10. Określenie próbek geologicznych podlegających obowiązkowemu przekazaniu państwowej służbie geologicznej

Zgodnie z Art. 82 ust. 2 pkt. 4 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2017 r. poz. 2126) podmiot, który wykonuje roboty geologiczne w celu poszukiwania lub rozpoznawania złóż wód termalnych na podstawie decyzji o zatwierdzeniu projektu robót geologicznych – ma obowiązek bieżącego przekazywania państwowej służbie geologicznej

- danych geologicznych uzyskanych w wyniku prac geologicznych, w tym robót geologicznych;
- próbek uzyskanych w wyniku robót geologicznych w zakresie określonym w koncesji i wyników badań tych próbek.

Zakres, formę i tryb przekazywania próbek uzyskanych w wyniku robót geologicznych i wyników badań tych próbek oraz zakres, formaty i tryb przekazywania danych geologicznych uzyskanych w wyniku prac geologicznych, w tym robót geologicznych określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych.

Zgodnie z § 2 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz.U. 2015 nr 0 poz. 903) przekazaniu podlegają kompletne wyniki opróbowania otworu wiertniczego lub wyrobiska rozpoznawczego, w szczególności:

- próby okruchowe poddawane badaniom w ilości nie mniejszej niż $\frac{1}{2}$ objętości próby;
- rdzenie wiertnicze, zwane dalej „rdzeniem”, 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 ust. 2 §2, jeżeli zgodnie z wymogami dotyczącymi prawidłowego rozpoznania złoża kopaliny konieczne jest wykonanie badań powodujących zniszczenie całości lub znacznej części próbki, dopuszcza się ograniczenie w koncesji albo w decyzji zatwierdzającej projekt robót geologicznych obowiązku przekazania próbek, o którym mowa w ust. 1.

Zgodnie z §3 ust. 1 i 2 ww. Rozporządzenia, przekazujący próbki zawiadamia państwową służbę geologiczną prowadzącą archiwum, o uzyskaniu kompletu próbek z danego otworu wiertniczego lub wyrobiska rozpoznawczego oraz o gotowości do ich przekazania. Zawiadomienia dokonuje się w postaci papierowej lub elektronicznej. Do zawiadomienia, o którym mowa w ust. 1, przekazujący próbki dołącza jeden egzemplarz spisu zdawczo-odbiorczego.

Wszystkie próbki geologiczne pobrane w trakcie prowadzenia badań zostaną umieszczone w opakowaniach i zabezpieczone przed zniszczeniem. Próbki zostaną opisane czytelnie i w sposób trwały.

Podczas prowadzenia wiercenia w celu poszukiwania i rozpoznawania wód termalnych pobierane będą następujące próby pozyskane podczas wiercenia:

- rdzenie wiertnicze z interwału złożowego - przechowywane na otworze w skrzynkach drewnianych o długości 1 m, stabilnej konstrukcji, posiadających wsuwane przykrywkę, a następnie w magazynie inwestora,
- próby okruchowe pobierane na bieżąco w trakcie procesu wiercenia bezrdzeniowego - przechowywane w zamykanych opakowaniach plastikowych, metalowych lub drewnianych; na otworze, a następnie w magazynie inwestora,

W przypadkach gdy dopuszczona została możliwość zniszczenia całości lub określonej części rdzenia w celu wykonania badań, o których mowa w §2 ust. 2, w skrzynkach należy zabezpieczyć i oznakować miejsce zniszczonej części rdzenia. W spisie zdawczo-odbiorczym odnotowuje się, które części rdzenia nie podlegają przekazaniu.

Próbki przekazuje się wraz z aktualnym profilem geologicznym otworu wiertniczego lub wyrobiska rozpoznawczego, na którym zaznaczono miejsca dokonania opróbowania.

Po potwierdzeniu przyjęcia, dwa egzemplarze spisu zdawczo-odbiorczego pozostają w archiwum, a dwa kolejne archiwum przesyła przekazującemu próbki. W terminie 14 dni od dnia otrzymania spisu zdawczo-odbiorczego przekazujący próbki przesyła jeden egzemplarz tego spisu organowi właściwemu do udzielenia koncesji albo wydania decyzji zatwierdzającej projekt robót geologicznych.

Zgodnie z § 11 ww. Rozporządzenia, podmiot, na rzecz, którego została wydana koncesja albo decyzja zatwierdzająca projekt robót geologicznych, przekazuje do archiwum albo do archiwum i organu koncesyjnego dane uzyskane w wyniku bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych, w tym robót geologicznych, w zakresie:

- parametrów otworu wiertniczego lub wyrobiska rozpoznawczego, oraz wyników wykonanych badań;
- parametrów i wyników wykonanych badań geofizycznych;
- wyników badań próbek uzyskanych w trakcie bieżąco prowadzonych prac geologicznych oraz badań rdzeni archiwalnych.

Zgodnie z § 11 ust. 1 pkt. 6 ww. Rozporządzenia, wyniki badania próbek uzyskanych w trakcie bieżąco prowadzonych prac geologicznych oraz badań rdzeni archiwalnych podlegają przekazaniu w zakresie uwarunkowanym rodzajem posiadanej koncesji. Przekazaniu podlegają w szczególności: w przypadku koncesji obejmującej działalność w zakresie poszukiwania i rozpoznawania złóż wód leczniczych, termalnych i solanek wyniki dotyczące:

a) terenowych pomiarów właściwości fizyczno-chemicznych wody, w tym:

- odczyn,

- przewodność elektrolityczna właściwa,
 - temperatura na wypływie i w złożu,
 - zawartość gazów rozpuszczonych w wodzie, jeżeli występują,
 - oznaczenia jonów wskaźnikowych,
- b) laboratoryjnych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych wody, w tym:
- barwa, mętność, zapach, smak,
 - odczyn,
 - potencjał redox,
 - przewodność elektrolityczna właściwa,
 - twardość ogólna,
 - twardość węglanowa,
 - twardość niewęglanowa,
 - składniki mineralne zdysocjowane,
 - składniki mineralne niezdisocjowane, w tym kwas metakrzemowy i kwas metaborowy,
 - suma składników stałych,
 - składniki gazowe, jeżeli występują,
- c) wykonanych laboratoryjnych oznaczeń składu izotopowego,
- d) laboratoryjnych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych gazów rozpuszczonych w wodzie.

11. Harmonogram realizacji projektowanych robót geologicznych

Rozwiązanie zadania geologicznego zaprojektowano w jednym etapie obejmującym wykonanie otworu wiertniczego Gąsawa GT-1 oraz przeprowadzenie w nim niezbędnych badań umożliwiających rozpoznanie i udokumentowanie możliwości eksploatacyjnych zbiornika kredy dolnej i jury dolnej.

Przybliżony harmonogram robót geologicznych dla projektowanego otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 przedstawia tabela 9.

Tab. 9. Harmonogram realizacji projektowanych robót geologicznych.

Projektowane prace	Przewidywany czas trwania
Lokalizacja odwiertu Gąsawa GT-1 Roboty przygotowawcze (przygotowanie placu wiertni, montaż urządzenia wiertniczego, zbiornika retencyjnego)	2 miesiące
Wiercenie otworu badawczo-eksploatacyjnego Gąsawa GT-1 - wiercenie - pomiary geofizyczne - rdzeniowanie - rurowanie i cementowanie - filtrowanie	8 miesięcy
Opróbowanie udostępnionych poziomów wodonośnych wód termalnych	1 miesiąc
Demontaż wiertni i rekultywacja terenu	1 miesiąc
Badania laboratoryjne	2 miesiące
Opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej	6 miesięcy
Ogółem	20 miesięcy

Z uwagi na nieznany termin rozpoczęcia wiercenia (wniosek o dotację z NFOŚiGW w Warszawie), Inwestor wnioskuje o zatwierdzenie niniejszego Projektu robót geologicznych na okres 5 lat, tj. do 30 września 2023 r.

12. Wpływ zamierzonych robót geologicznych na obszary chronione, w tym obszary Natura 2000

Przestrzegając przepisów Prawa Geologicznego i Górniczego, instrukcji branżowych, wymagań administracji państwowej oraz zaleceń przepisów ochrony środowiska, projektowane prace wiertnicze można będzie wykonać w sposób jak najmniej odczuwalny dla środowiska i okolicznych mieszkańców nie powodując w nim trwałych, niekorzystnych zmian.

Zgodnie z paragrafem 3, ust 1, pkt 43, lit. d Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. z 2016 r. poz. 71), poszukiwanie lub rozpoznawanie złóż kopalin wykonywane metodą otworów wiertniczych o głębokości większej niż 1000 m:

- w strefach ochrony ujęć wody,
- na obszarach ochronnych zbiorników wód śródlądowych,
- na obszarach objętych formami ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-3, 5 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody tj.: 1) parków narodowych, 2) rezerwatów przyrody, 3) parków krajobrazowych, 5) obszarów Natura 2000, lub w otulinach form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-3 tej ustawy) zaliczane jest do przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko.

Projektowany odwiert badawczo-eksploatacyjny Gąsawa GT-1 zlokalizowany będzie poza obszarami należącymi do sieci Natura 2000. Najbliższy taki obszar – Ostoja Barcińsko-Gąsawska PLH 040028, znajduje się w sąsiedztwie działki nr 2, bowiem obejmuje on m.in. Jezioro Gąsawskie (ryc. 1). Od przewidywanej lokalizacji otworu, obszar występuje w odległości około 100 m. Działka nr 2 w większości powierzchni objęta jest Obszarem Chronionego Krajobrazu Jezior Żnińskich. Otwór przewiduje się wykonać na fragmencie poza OChK. Otwór również nie będzie zlokalizowany na terenie ochronnych ujęć wód podziemnych czy obszarach ochronnych zbiorników wód śródlądowych. Dlatego dla możliwości wykonania otworu (tu: złożowego) nie zachodzi konieczność uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia zgodnie z Ustawą 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 (Dz. U. z 2017 r. poz. 1405).

Potencjalnie nie można wykluczyć wystąpienie niewielkich wpływów na środowisko w trakcie realizacji projektowanego otworu. W szczególności należy rozważyć możliwość wystąpienia następujących zagrożeń dla środowiska naturalnego:

- a) zanieczyszczenie gleby i zmiana topografii terenu,
- b) zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego,
- c) zagrożenie hałasem i wibracjami,

- d) zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych
- e) powstawanie odpadów,

Oddziaływanie na powierzchnię ziemi

Prace ziemne związane z niwelacją terenu wiertni spowodują czasową zmianę charakteru użytkowania gruntu powierzchni około 0,75 ha, który będzie przywrócony do stanu używalności po zakończeniu prac w wyniku rekultywacji.

Celem zmniejszenia oddziaływania na powierzchnię ziemi zostaną wykonane niżej wymienione czynności:

- z terenu zajętego pod urządzenie wiertnicze wraz z zapleczem technicznym zostanie zdjęta wierzchnia warstwa gleby;
- warstwa gleby zebrana z terenu wiertni będzie złożona w postaci wałów okalających w celu ponownego jej wykorzystania przy rekultywacji gruntu.
- wykonanie (przynajmniej dla tzw. strefy „brudnej”, tj. w miejscach szczególnie zagrożone wystąpieniem potencjalnych wycieków substancji mogących zanieczyścić środowisko gruntowo-wodne, m.in. teren pod i wokół zbiorników na paliwo, miejsca magazynowania substancji niebezpiecznych) izolacji z geomembrany (PEHD),

Ponadto:

- urządzenie wiertnicze i budynki zaplecza ustawione będą na płytach betonowych,
- wszystkie materiały i substancje mogące mieć negatywny wpływ na środowisko, a niezbędne do prac wiertniczych, przechowywane będą w sposób zabezpieczony przed rozlewaniem i opadami atmosferycznymi,
- teren pod zbiornikiem paliwa będzie ukształtowany w formie bezodpływowej niecki uszczelnionej folią odporną na działanie olejów, oleje i smary przechowywane będą w kontenerze przystosowanym do tego celu,
- wykonany zostanie szczelny zbiornik na wody złożowe,
- po zakończeniu demontażu urządzenia, jego wywiezieniu, zdjęciu płyt betonowych przeprowadzona będzie rekultywacja i zagospodarowanie gruntu, zgodnie z projektem rekultywacji.

Przed rozpoczęciem wiercenia, z terenu wiercenia i najbliższego obszaru przyległego, należy pobrać próbki gleby do analiz, które posłużą później, jako materiał wyjściowy do badań i oceny ewentualnych skażeń gleby powstałych w wyniku działalności górniczej i składowania odpadów.

Oddziaływanie na powietrze

Projektowane prace wiertnicze, będą wywierać niewielki ujemny wpływ na powietrze. W ocenie aktualnego stanu powietrza w analizowanym rejonie najważniejszą rolę odgrywają: pył PM-10 i NO₂. Oddziaływanie planowanych prac na powietrze atmosferyczne będzie miało charakter okresowy, ograniczony do ok. 8 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 max ok. 100 m od źródła emisji.

Wiertnie zaliczane są do słabych emitatorów 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. Zgodnie z opracowaniem AGH Kraków z 2007 r. sporządzonym na zlecenie Ministerstwa Środowiska, p.t. Ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego występujących przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu oraz podczas eksploatacji złóż", w strefie przyotworowej nie są przekraczane dopuszczalne poziomy emisji. 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.

Nie mniej jednak zaleca się następujące działania ograniczające wielkość emisji:

- obiekty wyposażać w systemy detekcji gazu i pożaru zgodnie z obowiązującymi przepisami,
- do napędu silników spalinowych, agregatów prądotwórczych używać paliwo o najwyższych parametrach jakościowych,
- na wiertni prowadzić racjonalną gospodarkę paliwami;
- do ogrzewania używać grzejników elektrycznych lub kotłowni kontenerowe opalane olejem o znacznie mniejszej emisji zanieczyszczeń jak kotłownia węglowa;
- wykorzystywać lekkie oleje opałowe;
- ruch pojazdów obsługujących budowę i podczas prac przygotowawczych oraz likwidacyjnych wiertni ograniczyć do 20 pojazdów ciężarowych na dobę, z w czasie wiercenia - do 5 pojazdów ciężarowych na dobę.
- stosować silniki elektryczne zamiast spalinowe;
- w celu zminimalizowania wznoszenia pyłu z dróg dojazdowych, regularnie czyścić ich powierzchnie, a w okresach suchych, w razie konieczności, również dodatkowo zraszać wodą;
- wszystkie substancje chemiczne i materiały właściwie przechowywać celem ograniczenia rozprzestrzeniania się uciążliwości zapachowych oraz pyłów.

Klimat akustyczny

Odwiert badawczo-eksploatacyjny Gąsawa GT-1 będzie zlokalizowany na terenach sąsiadujących z zabudową mieszkaniową i szkołą, a więc terenami podlegającymi ochronie akustycznej (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2014 r. poz. 112). Odległość od tych obiektów wynosi min. 60 m. Na etapie realizacji inwestycji głównymi źródłami hałasu będą wiertnia i infrastruktura towarzysząca, m.in. pompa płuczkowa. Na podstawie analizy pomiarów hałasu na terenie wiertni KASZEY-1 w miejscowości Julianów koło Kutna i

wiertni PABIANICE-1 w miejscowości Jadwinin koło Pabianic wynika, iż poziom hałasu emitowanego przez wiertnię wynosi 41 dB w odległości 550 m (KASZEWY) i 38 dB w odległości 200 m (PABIANICE). Ponadto, na etapie realizacji inwestycji emisja hałasu związana będzie z pracą maszyn budowlanych w trakcie prac ziemnych. Źródłem hałasu będą koparko-ladowarka i pojazdy dostawcze. Dostawa rur będzie się odbywała raz na dobę. Z powyższych względów konieczne będzie zastosowanie specjalnych rozwiązań dla redukcji hałasu (np. obudowy dźwiękochłonne urządzeń, ekrany akustyczne etc.). Kwestia ta winna być przedmiotem analizy na etapie opracowywania planu ruchu zakładu górniczego wykonującego roboty wiertnicze (wymagającego zatwierdzenia przez właściwy miejscowo urząd górniczy) w oparciu o planowany do wykorzystania sprzęt wiertniczy i maszynowy). Można również wprowadzić obowiązek prowadzenia monitoringu klimatu akustycznego na etapie realizacji przedsięwzięcia.

Dla ograniczenia uciążliwości akustycznej przedsięwzięcia na etapie budowy przewiduje się następujące działania:

- głośnie prace budowlane przy wykonaniu placu wiertniczego i jego likwidacji oraz związane z wykonaniem rurociągu będą prowadzone w porze dziennej (między 6.00-22.00);
- ograniczanie pracy maszyn i urządzeń spalinowych na rzecz elektrycznych;
- do napędu silników spalinowych, agregatów prądotwórczych będzie używane paliwo o najwyższych parametrach jakościowych;
- wykorzystanie, w miarę możliwości, naturalnych barier akustycznych zlokalizowanych w otoczeniu wiertni (np. zadrzewienia, topografia terenu);
- wykorzystanie elementów wyposażenia wiertni (np. kontenery), jako elementów kubaturowych spełniających dodatkową funkcję ekranów akustycznych;
- utworzenie obwałowań wykonanych z zebranego gruntu i humusu, które stanowiąc będą dodatkowe obiekty ekranujące;
- instalacje zostaną wykonane w sposób redukujący hałas np. poprzez zastosowanie nowoczesnych zabezpieczeń i uszczelnień;
- układy sprężania gazu zostaną umieszczone w kontenerach dźwiękochłonnych;
- w miarę możliwości, ograniczenie czynności transportowych do dziennej pory doby.

Oddziaływanie na wody podziemne i powierzchniowe

Wykonywanie prac wiertniczych przy prawidłowym wierceniu otworu nie będzie miało wpływu na użytkowe poziomy wodonośne wód podziemnych zawierających wody słodkie i wody powierzchniowe. Dla eliminacji zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego na etapie wiercenia otworu Konin GT-3 wskazane są następujące działania ochronne:

- należy dążyć do minimalizacji powierzchni zajmowanej przez wiertnię oraz drogi dojazdowe, m.in. przez efektywne ustawienie maszyn i urządzeń (z uwzględnieniem wymogów bezpieczeństwa);
- należy zdjąć powierzchnię warstwę gleby (humusu) o miąższości ok. 0,3 m. W celu uniknięcia zanieczyszczenia, gleba składowana będzie w formie wałów wokół wiertni. Po zakończeniu prowadzonych prac gleba zostanie wykorzystana do odtworzenia warstwy biologicznie czynnej;

- urządzenie wiertnicze i obiekty zaplecza socjalno-technicznego (warsztaty mechaniczne, magazyny techniczne, płuczkowe) oraz obiekty z materiałami niebezpiecznymi (zbiorniki paliwa, magazyny olejów i smarów) będą usytuowane w tzw. strefie brudnej, na której podłoże zabezpieczone będzie folią PEHD lub geomembraną, odizolowane od pozostałej części placu systemem drenarskim, za pomocą którego woda opadowa z tego terenu zostanie odprowadzona do szczelnego zbiornika ewaporacyjnego i wykorzystywana do sporządzania płuczki lub przekazywana uprawnionemu odbiorcy do utylizacji;
- wyłożenie terenu wiertni betonowymi płytami oraz wykonanie spoinowania cementem miejsc szczególnie narażonych na zanieczyszczenie (paliwa, oleje, smary, materiały i substancje chemiczne do obróbki płuczki itp.);
- w przypadku analizowanego przedsięwzięcia, zlokalizowanego przy obszarze Natura 2000 i Jeziorze Gąsawskim wskazane jest zastosowanie dodatkowego zabezpieczenia placu wiertni przez wybudowanie szczelnych rowów opaskowych odprowadzających wody opadowe z placu wiertni do specjalnych osadników. Ich zawartość będzie sukcesywnie wypompowywana do stalowych zbiorników i wykorzystywana do sporządzenia płuczki wiertniczej;
- sprzęt wykorzystywany podczas prac budowlanych będzie w pełni sprawny oraz będzie spełniał wymogi dopuszczające go do użytku,
- zostaną przeprowadzone próby szczelności wykonywanych rurociągów i instalacji przed oddaniem ich do eksploatacji,
- obiekty i instalacje zostaną wyposażone w uziemienia ochronne oraz instalację ochrony odgromowej,
- materiały płuczkowe będą magazynowane w fabrycznych opakowaniach na uszczelnionym i utwardzonym płytami betonowymi (drogowymi) podłożu oraz osłonięte zadaszeniem przed wpływami atmosferycznymi;
- do sporządzania płuczek wiertniczych będą używane materiały posiadające atesty. W celu zmniejszenia ilości odpadów wydobywczych płuczka wiertnicza będzie oczyszczana (w systemie: koryta płuczkowe, sita wibracyjne, hydrocykony, odmulacz, odpiaszczacz) i ponownie wykorzystywana. Płuczka wiertnicza będą przygotowywane i używane w systemowych obiegach zamkniętych gwarantujących pełną szczelność.
- wytrącone z płuczki okruchy skalne oraz inne osady będą magazynowane w specjalnych stalowych zbiornikach jako odpady wydobywcze. Postępowanie z tymi odpadami odbywać się będzie zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz. U. z 2017, poz. 1849).
- w przypadku wystąpienia zanieczyszczenia placu wiertni produktami ropopochodnymi do usuwania zanieczyszczeń stosowane będą materiały sorpcyjne (np. diatomit, tkaniny absorbujące),
- tankowanie pojazdów będzie odbywać się na matach sorpcyjnych,
- ewentualne materiały niebezpieczne będą przechowywane w miejscach do tego wyznaczonych i odpowiednio zabezpieczonych, z wykluczeniem możliwości dostępu osób trzecich,
- odpady będą segregowane i magazynowane w wyznaczonym miejscu oraz przekazywane okresowo właściwym podmiotom do ich dalszego zagospodarowania na podstawie zawartej umowy,
- ścieki socjalno-bytowe będą odprowadzane do zbiorników bezodpływowych i wywożone na oczyszczalnię ścieków.
- do magazynowania paliwa (głównie oleju napędowego) na terenie wiertni służą robocze zbiorniki stalowe dwupłaszczowe, pracujące w obiegu zamkniętym. Zbiorniki

te posiadają atesty ciśnieniowe, co dwa lata podlegają rewizji wewnętrznej, a co pięć lat próbie ciśnieniowej. Zbiornik ustawia się w obwałowaniu o wysokości około 0,5 m, spód i brzegi obwałowania izolowane są folią olejoodporną, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 18 września 2001 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki bezciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych (Dz. U. nr 113, poz. 1211, z późn. zm.),

- przed rozpoczęciem pompowań i testów hydrogeologicznych każdorazowo należy sprawdzać szczelność instalacji. Wydobyte wody będą gromadzone w istniejącym zbiorniku ziemnym wyłożonym folią a następnie wywożone do utylizacji. Przed rozpoczęciem próbnej eksploatacji należy sprawdzić stan techniczny zbiornika i wykonać ewentualne naprawy.

Wiertnia nie oddziałuje na wody podziemne i powierzchniowe poprzez pobór wody (w trakcie wiercenia). Dla potrzeb wiertni wymagana jest niewielka ilość wody średnio ok. 30m³/d, która używana będzie do celów pitnych, o ile będzie odpowiedniej jakości, socjalno-bytowych załogi oraz dla potrzeb technologicznych wiercenia. Woda pochodzić będzie z rurociągu gminnego po uzgodnieniach lub będzie dowożona.

Wypompowywana z otworów 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 zaizolowanym przed przeciekaniem, a część zatłoczona na powrót do złoża w trakcie testu zatłaczania. Reszta niezatłoczonej wody będzie sukcesywnie wywożona przez wyspecjalizowane firmy zajmujące się jej utylizacją. Jej odbiór będzie potwierdzony stosownym dokumentem (protokołem).

Podstawową kwestią dla ewentualnego zanieczyszczenia środowiska geologicznego na etapie wiercenia mogą być ucieczki płuczki wiertniczej, w tym do głównego użytkowego (mioceńskiego) poziomu wodonośnego eksploatowanego przez okoliczne ujęcia. Źródłem tych zanieczyszczeń mogą być m.in. chlorki, których zawartość w płuczce będzie wzrastać wraz z głębokością wiercenia od 2gCl/l do 26 gCl/l. Jednak ucieczki płuczki w sposób naturalny dotyczą przypadków przewiercania skał charakteryzujących się porami o dużych rozmiarach (utwory gruboklastyczne, zbiorniki szczelinowo-krasowe z rozbudowaną przestrzennie siecią hydrauliczną etc.), szczególnie w warunkach wiercenia otworów metodą obrotową z użyciem płuczki samorodnej (wodnej), co powszechnie jest praktykowane w przypadku wierceń zwykłych otworów studziennych. Takie utwory nie wystąpią jednak w profilu wiercenia, a grunty przewiercane będą z użyciem płuczek o innym składzie chemicznym i parametrach fizycznych (np. lepkość, filtracja):

- W interwale głębokości 0-500 m p.p.t. będzie to płuczka polimerowo-bentonitowa o zawartości 2 gCl/l. Przewiercanie użytkowych poziomów wodonośnych oraz strefy znacznie poniżej głębokości okolicznych studni (sięgających do 140 m głębokości), odbywać się będzie z użyciem środków (bentonit) skutecznie wypełniających pory efektywne gruntów w strefie przyodwiertowej, a więc powodujących niedrożność hydrauliczną gruntów. Bentonit (potoczna nazwa minerałów ilastych z grupy smektytów) to il pęczniący w obecności wody, który inkorporowany w pory gruntów, będzie tworzyć barierę (izolację) hydrauliczną. Ostateczne (docelowe)

odizolowanie otworu od tej strefy wód zwykłych (i niżej) nastąpi poprzez zacementowanie dwóch kolumn rur osłonowych, w tym z materiałów odpornych na korozję. Skuteczność cementacji będzie zweryfikowana metodami geofizycznymi - akustycznymi.

- Przewiercanie strefy głębokościowej (TVD) >500 m p.p.t. odbywać się będzie w osłonie płuczki polimerowo-potasowej z blokatorami o zawartości od 2,0 do 26,6 gCl/l. Jest to strefa, gdzie naturalnie występują wody zasolone. Ewentualne ucieczki płuczki mogą się więc nawet przyczynić się do lokalnego zmniejszenia mineralizacji tych wód. Zastosowany rodzaj płuczki wyklucza to zjawisko, m.in. z uwagi na zastosowanie specjalnego dodatku – tzw. blokatorów (tu: węglanowych), a których zadaniem jest wypełnienie porów gruntu i stworzenie bariery hydraulicznej. Zabudowane i zacementowane wcześniej kolumny rur osłonowych do głębokości 500 m, wykluczają migrację płuczki do użytkowych poziomów wodonośnych poprzez otwór, zaś przewiercane poziomy wodonośne prowadzące naturalnie wody zasolone, są hydraulicznie (w sposób naturalny) odizolowane od utworów kenozoiku.

W konstrukcji otworu przewidziano zacementowane kolumny rur okładzinowych (prowadzących wody geotermalne na powierzchnię terenu w zależności od ostatecznego układu pracy dubletu). Rozwiązanie to wyklucza możliwość wypływu solanek z otworu do otoczenia, w tym użytkowych poziomów wodonośnych.

Również na powierzchni terenu materiały i płyny płuczkowe nie będą tworzyć zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego, bowiem będą one przechowywane w odpowiedni sposób, a płyny płuczkowe w trakcie wiercenia nie są gromadzone np. w zbiorniku ziemnym, lecz w hermetycznych magazynowych pojemnikach stalowych.

Pompowanie oczyszczające i pomiarowe projektowanego otworu, nie spowoduje obniżenia zwierciadeł wód podziemnych w sąsiednich studniach ujęciowych. Wynika to z naturalnej izolacji hydraulicznej wód poziomów geotermalnych i użytkowych. Wypompowywana woda gromadzona będzie na terenie wiertni w zbiorniku w postaci dołu wyłożonego folią, dobrze zaizolowanym przed przeciekami. Analogicznie, również próby chłonnościowe otworu – wobec izolacji hydraulicznej poziomu dolnojurajskiego od poziomów nadległych – nie wywołają podniesienia się ciśnień hydrostatycznych w użytkowych poziomach wodonośnych.

W sytuacjach awaryjnych w trakcie wykonywania otworu może nastąpić skażenie środowiska substancjami ropopochodnymi. Z uwagi na specyfikę ich migracji, skażenie to obejmie jedynie strefę aeracji i stropowe partie poziomu wód gruntowego. Dla ochrony Jeziora Gąsawskiego w przypadku wycieku takich substancji należy bezwzględnie i natychmiastowo podjąć działania dla rekultywacji środowiska gruntowo-wodnego, co zabezpieczy wody powierzchniowe, do których, bez działań remediacyjnych i naprawczych, docelowo dotrą.

Otwór do czasu eksploatacji będzie zabezpieczony głowicą, co wyklucza możliwość wypływu solanki na powierzchnię terenu. Jeśli zbiornik dolnojurajski nie będzie miał charakteru artezyjskiego zagrożenie to nie wystąpi nawet potencjalnie.

Gospodarka odpadami

W fazie realizacji prac wiertniczych będą powstawały odpady: wydobywcze i pozostałe. Odpady wydobywcze to odpady pochodzące z poszukiwania, rozpoznawania, wydobywania, przeróbki i magazynowania kopalin ze złóż. Wytwórca odpadów wydobywczych, zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz. U. z 2017 r., poz. 1849) jest zobowiązany do posiadania programu gospodarowania odpadami wydobywczymi, zatwierdzonego decyzją właściwego organu administracyjnego.

Zgodnie z art. 4 tej Ustawy Wytwórca odpadów wydobywczych jest obowiązany do stosowania takich sposobów poszukiwania, rozpoznawania, wydobywania, przeróbki i magazynowania, które zapobiegają powstawaniu odpadów wydobywczych lub pozwalają utrzymać na możliwym najniższym poziomie ich ilość, jak również ograniczają negatywne oddziaływanie na środowisko lub zagrożenie życia i zdrowia ludzi, przy uwzględnieniu najlepszych dostępnych technik

Dla ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów i prowadzenia właściwej ich gospodarki przewiduje się wdrożenie następujących działań:

- prowadzenie gospodarki odpadami zgodnie z obowiązującymi przepisami (zgodnie z zapisami Ustawy z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2018 r., poz. 21) oraz Ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz. U. z 2017, poz. 1849),
- stosowanie zamkniętego obiegu płuczki i jej powtórne używanie po oczyszczeniu ze zwiercin,
- odpowiednie zagospodarowanie urobku z wiercenia: tymczasowe magazynowanie w odpowiednich zbiornikach w celu późniejszego wywiezienia i przekazania uprawnionym podmiotom do zagospodarowania lub sukcesywne wywożenie materiału poza teren wiertni i przekazanie do zagospodarowania przez uprawnione podmioty.
- wytwórca odpadów ogranicza negatywny wpływ na środowisko przez realizację prawnego obowiązku prowadzenia ścisłej (rodzajowej i ilościowej) ewidencji odpadów. Umożliwia to precyzyjne określenie rodzajowych strumieni odpadów powstających w danej jednostce czasu, przy danym zakresie prac i podjęcie działań zmierzających do optymalizowania zadań związanych z gospodarką ww. odpadami.
- selektywne magazynowanie odpadów w wyznaczonych i oznakowanych miejscach, w sposób uniemożliwiający ich niekontrolowane rozproszenie,
- wprowadzanie segregacji oraz odzysku wybranych rodzajów odpadów komunalnych (np. papier, plastik, metal),
- magazynowanie odpadów niebezpiecznych w pojemnikach, przystosowanych do przechowywania poszczególnych rodzajów odpadów,
- prowadzenie ilościowej i jakościowej ewidencji odpadów zgodnie z klasyfikacją i katalogiem odpadów,
- odpady powstałe w obrębie wiertni w trakcie jej funkcjonowania usuwane będą przez wyspecjalizowane firmy posiadające wymagane zezwolenia na wykonywanie tego rodzaju działalności. W tym celu zostaną zawarte odpowiednie umowy ze specjalistycznymi przedsiębiorstwami;
- przekazywanie odpadów wyłącznie podmiotom posiadającym stosowne zezwolenia w zakresie ich dalszego przetwarzania, wynikające z przepisów ustawy o odpadach.

- transport odpadów powinien odbywać się przy zastosowaniu technik minimalizujących kontakt odpadu z otoczeniem. Odpady powinny być przekazywane do instalacji lub innych miejsc odzysku lub unieszkodliwienia, spełniających zasadę bliskości.

Podsumowując, na obecnym etapie można więc stwierdzić, że inwestycja:

- z uwagi na jej rodzaj i charakterystykę, a także rodzaj i skalę możliwego oddziaływania w kontekście celów, dla których utworzone zostały obszary Natura 2000, oraz przeprowadzonej wizji terenu, nie przewiduje się negatywnego wpływu realizacji przedsięwzięcia na przedmioty ochrony ww. obszarów Natura 2000, ani pogorszenia integralności ww. obszarów lub ich powiązań z innymi obszarami.
- Po szczegółowym przeanalizowaniu materiałów dotyczących budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych, wzięwszy pod uwagę rodzaj przedmiotowego przedsięwzięcia oraz planowane rozwiązania chroniące środowisko gruntowo-wodne nie przewiduje się negatywnego oddziaływania przedmiotowego przedsięwzięcia na środowisko gruntowo-wodne, w tym wody podziemne i powierzchniowe. W związku z powyższym, można uznać, że realizacja przedmiotowego przedsięwzięcia nie będzie miała negatywnego wpływu na osiągnięcie celów środowiskowych określonych w Planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Odry,
- uwzględniając lokalizację, rodzaj przedmiotowego przedsięwzięcia oraz planowane do zastosowania rozwiązania chroniące środowisko gruntowo-wodne oraz wody podziemne, a także rozwiązania w zakresie postępowania z odpadami i ściekami nie przewiduje się negatywnego oddziaływania przedmiotowego przedsięwzięcia na środowisko gruntowo-wodne, w tym wody podziemne oraz JCWPd.

Przedstawiona powyżej analiza dowodzi, że projektowane roboty geologiczne nie spowodują zmian w środowisku gruntowo-wodnym oraz nie wpłyną negatywnie na zasoby i jakość użytkowych poziomów wodonośnych, a tym samym na wody eksploatowane przez okoliczne ujęcia.

13. Rodzaj dokumentacji geologicznej mającej powstać w wyniku robót geologicznych

Zgodnie z Art. 88 pkt. 1 Ustawy Prawo Geologiczne i Górnicze wyniki prac geologicznych, wraz z ich interpretacją, określeniem stopnia osiągnięcia zamierzonego celu wraz z uzasadnieniem, przedstawia się w dokumentacji geologicznej.

Dokumentacja końcowa prac geologicznych, w przypadku ich pozytywnych wyników, będzie sporządzona w formie dokumentacji hydrogeologicznej określającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych. Natomiast w przypadku nie stwierdzenia złoża wód termalnych należy wykonać dokumentację geologiczną, o której mowa w art. 88 ust. 2 pkt 4 Ustawy PGiG zgodnie z pkt. 1.: wykonywanie prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów wód podziemnych i pkt. 4: likwidacji otworu wiertniczego.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNA ZŁOŻA

Do wykonania dokumentacji złoża wód termalnych stosuje się przepisy Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. z 2016 r., poz. 2033).

W dokumentacji należy przedstawić m.in.:

- sposób wykonania terenowych badań:
 - o geofizycznych;
 - o hydrogeologicznych;
 - o geologicznych
- wyniki z przeprowadzonych prac i badań terenowych: geofizycznych, wiertniczych, hydrogeologicznych, pomiarów geodezyjnych;
- wyniki wszystkich badań laboratoryjnych, w tym badań hydrochemicznych, izotopowych, granulometrycznych, petrograficznych, przepuszczalności;
- budowę geologiczną obszaru ze szczególnym uwzględnieniem wyników wiercenia;
- warunki hydrogeologiczne obszaru w świetle uzyskanych wyników z przeprowadzonych prac;
- ocenę parametrów hydrogeologiczno-eksploatacyjnych złoża i otworu wiertniczego w oparciu o wyniki obliczeń i pomiarów;
- ocenę zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód termalnych;
- zaproponować granice terenu i obszaru górniczego;
- wskazać zalecenia dla eksploatacji wód termalnych

Wyniki prac i badań należy opracować przy wykorzystaniu metod kartograficznych, statystycznych i obliczeniowych z uwzględnieniem wyników wierceń i badań.

Opracowanie powinno objąć wykonanie: profili wiertniczych, wykresów (w tym dla testów hydrodynamicznych), przekrojów hydrogeologicznych, map strukturalnych, hydrodynamicznych i hydrochemicznych dla rozpoznanych poziomów geotermalnych. Należy wykonać również obliczenia parametrów hydrogeologicznych przy wykorzystaniu wyników badań przy wykorzystaniu zasad filtracji nieustalonej.

Wyniki interpretacji i obliczeń powinny pozwolić na ocenę zasobów eksploatacyjnych złoże oraz warunków występowania wód podziemnych.

Interpretacja pomiarów i badań hydrodynamicznych, hydrochemicznych i izotopowych, powinna natomiast pozwolić na określenie obszaru zasilania i oddziaływania ujęcia.

Na etapie dokumentowania otworu Gąsawa GT-1, należy przeprowadzić geochemiczne badania modelowe dla określenia stanu termodynamicznego roztworu w warunkach zmienności temperaturowo-ciśnieniowej, z wykorzystaniem odpowiednich dla spodziewanego roztworu formuł obliczeniowych (Pitzera). Dane te będą determinować warunki sposobu pozyskiwania energii oraz pozwalają na ocenę rozwoju kolmatacji chemicznej filtra.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNA INNA

Zgodnie z Art. 92 Ustawy PGiG dokumentację geologiczną, o której mowa w art. 88 ust. 2 pkt 4 (dokumentację „inną”), sporządza się w przypadku: *wykonywania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoże kopaliny lub zasobów wód podziemnych* (pkt. 1) oraz *likwidacji otworu wiertniczego* (pkt. 4).

Dokumentacje te są wykonywane zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 6 grudnia 2016 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych* (Dz.U. 2016, poz. 2023).

Dokumentację sporządza się w 3 egzemplarzach w postaci papierowej oraz w 3 egzemplarzach w postaci elektronicznej, w terminie 6 miesięcy od dnia zakończenia prac i przekazuje się odpowiednio organowi, który zatwierdził projekt robót geologicznych.

W dokumentacji należy przedstawić m.in. wyniki prac wiertniczych, badań terenowych i laboratoryjnych (por. pkt. wyżej) oraz sposób likwidacji otworu.

14. Uwagi końcowe

1. Niniejszy projekt robót geologicznych należy przedstawić do zatwierdzenia Marszałkowi Województwa Kujawsko-Pomorskiego w Toruniu. Projekt przedkłada się w dwóch egzemplarzach
2. Wykonawca projektowanych prac powinien wykonać Plan Ruchu i przedłożyć go w Okręgowym Urzędzie Górniczym w Gdańsku.
3. Projektowane prace winny być nadzorowane przez uprawnionego geologa. Wyniki prac i badań powinny zostać udokumentowane w dokumentacji powykonawczej.
4. Wnioskuję się, aby Organ Zatwierdzający upoważnił nadzór geologiczny do wprowadzenia w razie potrzeby i w porozumieniu ze Zleceniodawcą, zmian w zakresie prac i badań. Dopuszcza się odstępstwa w metrażu wierceń na poziomie 10%.
5. Teren, na którym będą prowadzone prace, należy zabezpieczyć przed dostępem osób nieupoważnionych oraz oznaczyć widocznymi tablicami ostrzegawczymi, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny prac, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. nr 109, poz. 961 z późn. zm.).
6. Teren projektowanych robót powinien być ograniczony do niezbędnej powierzchni wymaganej dla bezpieczeństwa ich prowadzenia. Wykonanie robót geologicznych powinno odbywać się w sposób najmniej uciążliwy dla środowiska i umożliwiający ochronę gruntów oraz wód podziemnych.
7. Do czasu włączenia otworu do eksploatacji, powinien on być zabezpieczony głowicą eksploatacyjną i zaazotowany.
8. Postuluje się ważność niniejszego projektu robót geologicznych do 30 września 2023 roku.

Na koniec należy podkreślić, że projektowany otwór Gąsawa GT-1, będzie pierwszym otworem rozpoznającym i ujmującym wody termalne na terenie niecki mogileńskiej, charakteryzującej się wysokim potencjałem termiczno-hydrogeologicznym. W rejonie Gąsawy w zbiorniku geotermalnym dolnej jury mogą występować wody o temperaturze około 110-120°C, zawierające 150-180 gNaCl/l. Wydajność otworu wydobywczego wyniesie około 200 m³/godzinę, co pozwala na uzyskanie mocy energetycznej na poziomie 50 MW. Jest to energia, która w pełni pokrywałby potrzeby ciepłownicze gminy. Pozwala również na dalszy rozwój gminy np. ogrzewanie całorocznych szklarni, basenów hodowlanych ryb czy suszenie drewna i produktów rolnych. Dodatkowo temperatura wód umożliwia efektywną produkcję i sprzedaż energii elektrycznej. Ponadto istnieje tu szansa wdrożenia nowatorskiego sposobu utylizacji wychłodzonych solanek geotermalnych poprzez przekazywanie ich do otworowej kopalni soli w Przyjmiu k. Mogilna, co racjonalizuje ekonomicznie eksploatację wysoko zmineralizowanych solanek termalnych oraz wydłuży eksploatację złoża soli Mogilno I.

15. Spis materiałów archiwalnych i literatury

- Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005 - Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Edica S.A., Warszawa.
- Dadlez, R., 2001. Mid-Polish Trough—geological cross-sections. Polish Geological Institute, Warsaw.
- Dadlez, R., and S. Marek. "Tektonika kompleksu permsko-mezozoicznego." *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* 153 (1997): 410-415.
- Gonet A. i inni, 2011, Instrukcja obsługi wierceń hydrogeologicznych, Ministerstwo Środowiska.
- Górecki W. red., 1990 - Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. AGH Kraków.
- Górecki W. red., 2006 - Atlas Zasobów Geotermalnych Formacji Mezozoicznej Na Niżu Polskim.
- Górski J., Rasała M., 2008 – Hydrogeologia wybranych wysadów solnych regionu kujawskiego – aspekty poznawcze i utylitarne, *Geologos* 13, nr 5, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań
- Kapuściński J., Nagy S., Długosz P., Biernat H., Bentkowski A., Zawisza L., Macuda. J., Bujakowska K., 1997 - Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód termalnych i energii geotermalnej oraz sposoby odprowadzania wód zużytych. Poradnik metodyczny. Borgis Sp. z o.o. Warszawa
- Karnkowski, P. H.. "Regionalizacja tektoniczna Polski-Niż Polski." *Przegląd Geologiczny* 56.10 (2008): 895-903.
- Kondracki J. 2002 – Geografia Regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Krzywiec, P., 2012. Mesozoic and Cenozoic evolution of salt structures within the Polish basin: An overview. Geological Society, London, Special Publications, 363, pp.381–394;
- Malinowski J. red., 1991- „Budowa Geologiczna Polski, Tom VII, Hydrogeologia”, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa;
- Marek S. (Red.), 1977 – Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej (strefa Gopło-Ponętów-Pabianice). *Prace Inst. Geol.*, T. LXXX.
- Marek, S., Pajchłowa, M. red. 1997–Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, 153.
- Paczyński B., Sadurski A. red, 2007 - Hydrogeologia Regionalna Polski Tom I I II
- Paczyński B. red., 1971 – Wody podziemne synklinorium mogileńskiego, *Wyd. Geol.*, Warszawa;
- Raczyńska A., 1962 – Budowa geologiczna synklinorium mogileńskiego, *Kwartalnik Geologiczny*, vol. 10, nr 6, Warszawa
- Raczyńska A., 1979 – Stratygrafia i rozwój litofacjalny młodszej kredy dolnej na Niżu Polskim. *Wydawnictwa Geologiczne*, Warszawa.

- Rasała M., 2018 – Possibilities for industrial use of cooled geothermal brines by bore-hole salt mines in the Polish Lowlands, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 34, z.1
- Witczak S.A., Adamczyk A., 1994 - Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczenia. Cz. I, Warszawa.
- Zawisza L. i Inni, 2007 - Raport końcowy - Ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego występujących przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu oraz podczas eksploatacji złóż węglowodorów
- Żelaźniewicz A., red., 2011 – Regionalizacja Tektoniczna Polski, Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław
- metadane z portalu gdos.gov.pl (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska);
- metadane z portalu pgi.gov.pl (Państwowy Instytut Geologiczny);
- metadane z portalu psh.gov.pl (Państwowa Służba Hydrogeologiczna);
- Mapa Geośrodowiskowa Polski w skali 1 : 50 000, Arkusz Rogowo (397) i Gąsawa (398);
- Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, Arkusz Rogowo (397) i Gąsawa (398);
- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, Arkusz Rogowo (397) i Gąsawa (398);
- Mapy topograficzne.