

# Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków

WYNIKI BADAŃ ŚRODOWISKA GRUNTOWO-WODNEGO, POWIETRZA,  
KLIMATU AKUSTYCZNEGO, PŁYNÓW TECHNOLOGICZNYCH I ODPADÓW



MINISTERSTWO  
ŚRODOWISKA



GENERALNA  
DYREKCJA  
OCHRONY  
ŚRODOWISKA

## Autorzy



### Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

dr Monika Koniecznyńska – kierownik zadania, mgr inż. Teresa Adamczyk-Biały, mgr Adam Brodecki, mgr Agnieszka Brzezińska, mgr Rafał Janica, mgr Eliza Dziekan-Kamińska, dr Joanna Fajfer, dr Anna Feldman-Olszewska, mgr Agnieszka Felter, mgr Jerzy Frydel, mgr Andrzej Głuszyński, dr Anna Gryczko-Gostyńska, dr hab. Marek Jarosiński, dr Krzysztof Józwiak, mgr inż. Zbigniew Kordalski, mgr Tomasz Kowalewski, mgr inż. Sylwia Kijewska, mgr Grzegorz Lichtarski, dr Mirosław Lidzbarski, mgr Olga Lipińska, dr Józef Mikołajków, mgr Magdalena Nidental, mgr Jacek Otwinowski, mgr Beata Pasierowska, mgr Sylwiusz Pergół, dr hab. Teresa Podhalańska, mgr inż. Michał Roman, dr inż. Olga Rosowiecka, mgr Katarzyna Sobień, mgr Anita Starzycka, mgr inż. Bartosz Stec, mgr Łukasz Śliwiński, dr Maria Waksmundzka, dr Małgorzata Woźnicka



### Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie

dr inż. Marek Dzieńiewicz, mgr inż. Piotr Guzy, mgr inż. Gabriela Izydor, dr Elżbieta Konopka, prof. dr hab. inż. Maciej Kotarba, mgr inż. Tomasz Kowalski, dr Aleksandra Lewkiewicz-Kałysa, dr hab. inż. Jan Macuda, prof. dr hab. inż. Stanisław Nagy, dr hab. inż. Henryk Sechman



### Politechnika Gdańska

mgr inż. Maciej Bernaciak, inż. Wanda Grzelak, inż. Waław Janicki, mgr inż. Aleksandra Korkosz, mgr inż. Katarzyna Kozak, dr inż. Błażej Kudlak, dr Mirosław Męcik, dr hab. inż. Bożena Zabiegała

# **ŚRODOWISKO I PRACE ROZPOZNAWCZE DOTYCZĄCE GAZU Z ŁUPKÓW**

**WYNIKI BADAŃ ŚRODOWISKA GRUNTOWO-WODNEGO,  
POWIETRZA, KLIMATU AKUSTYCZNEGO,  
PŁYNÓW TECHNOLOGICZNYCH I ODPADÓW**

© Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska  
ul. Wawelska 52/54  
00-922 Warszawa  
www.gdos.gov.pl  
ISBN: 978-83-62940-92-9  
Warszawa 2015

**Zamawiający:**

Ministerstwo Środowiska  
ul. Wawelska 52/54  
00-922 Warszawa  
www.mos.gov.pl



**Wydawca:**

Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska  
ul. Wawelska 52/54  
00-922 Warszawa  
www.gdos.gov.pl



**Opracowanie graficzno-techniczne**

**Druk i oprawa:**

Centrum Usług Wspólnych  
ul. Powińska 69/71  
02-903 Warszawa  
www.cuw.gov.pl



**Treść informacji o mapach**

Mapy topograficzne będące treścią niniejszego opracowania są materiałem państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, prowadzonego przez Głównego Geodetę Kraju na podstawie przepisów ustawy z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. z 2010 r. Nr 193, poz. 1287 z późn. zm.) Osoby korzystające z tych materiałów nie mają prawa do ich zwielokrotniania, sprzedawania, udostępniania lub w inny sposób wprowadzania do obrotu lub rozpowszechniania ich treści w całości bądź we fragmentach, w szczególności do ich przesyłania lub udostępniania w systemach i sieciach komputerowych lub jakichkolwiek innych systemach teleinformatycznych



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach realizacji zadania pn.: „Ocena zagrożeń dla środowiska powodowanych procesem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów”

EGZEMPLARZ BEZPŁATNY

# Spis treści

<b>Słownik używanych pojęć</b> .....	5
<b>Streszczenie</b> .....	9
<b>1 Wstęp</b> .....	14
<b>2 Metodyka prac badawczych</b> .....	16
<b>2.1 Analiza dostępnych materiałów</b> .....	16
2.1.1 Ocena warunków geologicznych .....	16
2.1.2 Analiza uszczelnienia formacji łupkowych .....	16
2.1.3 Ocena warunków hydrogeologicznych .....	20
2.1.4 Ocena warunków środowiskowych .....	20
<b>2.2 Zmiany powierzchni terenu</b> .....	21
<b>2.3 Hałas</b> .....	22
<b>2.4 Powietrze atmosferyczne</b> .....	23
<b>2.5 Grunt</b> .....	25
2.5.1 Badania gruntów .....	25
2.5.2 Powietrze gruntowe – składniki węglowodorowe .....	27
2.5.3 Powietrze gruntowe – radon .....	33
<b>2.6 Wody powierzchniowe i podziemne</b> .....	34
2.6.1 Kartowanie .....	34
2.6.2 Modelowanie .....	36
2.6.3 Opróbowanie .....	37
2.6.4 Analizy laboratoryjne .....	41
<b>2.7 Płyny technologiczne i odpady</b> .....	41
2.7.1 Opróbowanie .....	41
2.7.2 Badania laboratoryjne .....	42
2.7.3 Analizy jakościowe .....	45
2.7.4 Analizy ekotoksykologiczne .....	45
<b>3 Obszar badań</b> .....	51
<b>3.1 Uwarunkowania przestrzenne</b> .....	52
<b>3.2 Wybrane aspekty prawne i administracyjne</b> .....	53
<b>3.3 Zróżnicowanie warunków geologicznych i jakość naturalnego uszczelnienia</b> .....	58
3.3.1 Obszar pomorski – kontekst strukturalny zagrożeń związanych ze szczelino- waniem hydraulicznym .....	58
3.3.2 Obszar lubelski – kontekst strukturalny zagrożeń związanych ze szczelino- waniem hydraulicznym .....	64
3.3.3 Zagrożenie sejsmiczne na badanych obszarach .....	67
<b>3.4 Uwarunkowania hydrogeologiczne</b> .....	68
3.4.1 Naturalna odporność na zanieczyszczenie .....	74
3.4.2 Dostępność wód i bezpieczeństwo ilościowe zasobów .....	77
<b>3.5 Ochrona przyrody</b> .....	79
<b>4 Zakres oddziaływania na środowisko i ludzi</b> .....	81
<b>4.1 Hałas</b> .....	81
<b>4.2 Powietrze atmosferyczne</b> .....	84

<b>4.3</b>	<b>Grunt</b>	88
<b>4.4</b>	<b>Wody powierzchniowe i podziemne</b>	95
4.4.1	Zakres oddziaływania na jakość wód powierzchniowych i podziemnych	96
4.4.2	Zakres oddziaływania na stan ilościowy wód podziemnych	105
4.4.3	Przedostanie się płynów złożowych i technologicznych do wód podziemnych	106
<b>4.5</b>	<b>Powierzchnia terenu – zagrożenie indukowanym wstrząsem sejsmicznym</b>	109
<b>4.6</b>	<b>Ocena oddziaływania na obszary chronione</b>	111
<b>4.7</b>	<b>Odpady wiertnicze i płyny technologiczne</b>	119
<b>5</b>	<b>Zalecenia do prowadzenia monitoringu środowiska</b>	135
<b>5.1</b>	<b>Zmiany powierzchni terenu</b>	135
<b>5.2</b>	<b>Hałas</b>	136
<b>5.3</b>	<b>Powietrze atmosferyczne</b>	137
<b>5.4</b>	<b>Grunt</b>	138
<b>5.5</b>	<b>Wody powierzchniowe i podziemne</b>	139
<b>6</b>	<b>Rekomendacje</b>	148
<b>6.1</b>	<b>Hałas i warunki życia w rejonie wiertni</b>	148
<b>6.2</b>	<b>Gospodarka wodna</b>	149
<b>6.3</b>	<b>Gospodarka odpadami</b>	152
<b>6.4</b>	<b>Zabezpieczenie odwiertów eksploatacyjnych</b>	154
<b>Załączniki</b>		160

## Słownik używanych pojęć

**badanie sejsmiczne** – metoda nieinwazyjnego rozpoznawania geologicznej budowy ziemi, która pozwala na rozpoznanie danego terenu pod kątem perspektyw występowania złóż ropy naftowej, gazu ziemnego oraz innych kopalin. Badania sejsmiczne polegają na skierowaniu w głąb ziemi sztucznie wytworzonych fal akustycznych z pojazdów wyposażonych w tzw. wibratory oraz rejestracji obrazu tworzonego przez fale refleksyjne (powracające na powierzchnię ziemi) za pomocą odbiorników zwanych geofonami. Zebrane dane umożliwiają wyznaczenie optymalnego miejsca pod wykonanie odwiertu poszukiwawczego.

**EC – stężenie efektywne** – stężenie substancji (lub mieszaniny) powodujące powstanie jakichkolwiek obserwowalnych zmian w organizmach testowych, np. immobilizacji (unieruchomienie), hamowanie procesów biochemicznych i wzrostu. Jako wynik oznaczenia podawane jest stężenie hamujące w 50% dany proces fizjologiczny, w odniesieniu do czasu trwania eksperymentu – EC50.

**dobry stan wód** – stan osiągnięty przez jednolite części wód, w których zarówno stan ilościowy, jak i chemiczny są określone co najmniej jako dobre (ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. z późn. zmianami).

**główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW)** – pierwszy od powierzchni terenu poziom użytkowy, stanowiący podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę, o dominującym zasięgu i zasobności na obszarze wydzielonej jednostki hydrogeologicznej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000, spełniający ustalone kryteria w zakresie miąższości (> 5 m), potencjalnej wydajności studzien (> 5 m<sup>3</sup>/h) oraz jakości wód odpowiadającej wymogom dla wód do spożycia w stanie surowym lub po uzdatnieniu prostymi zabiegami technicznymi.

**Główny Zbiornik Wód Podziemnych (GZWP)** – zbiornik wydzielony ze względu na szczególne znaczenie regionalne dla obecnego i perspektywicznego zaopatrzenia ludności w wodę, spełniający określone kryteria ilościowe i jakościowe: wydajność potencjalna otworu studziennego > 70 m<sup>3</sup>/h, wydajność ujęcia > 10 000 m<sup>3</sup>/h, przewodność > 10 m<sup>2</sup>/h, a woda nadaje się do zaopatrzenia ludności w stanie surowym lub po jej ewentualnym prostym uzdatnieniu przy pomocy stosowanych obecnie i uzasadnionych ekonomicznie technologii.

**integralność odwiertu** – pełna szczelność otworu zapewniona w taki sposób, że udostępniany interwał jest skutecznie izolowany w otworze od nadległych warstw uniemożliwiający przepływ i migrację płynu złożowego (np. gazu) do stref leżących wyżej w skutek różnicy ciśnień lub przepływu dyfuzyjnego w płaszczu cementowym.

**jednolita część wód podziemnych** – określona objętość wód podziemnych występująca w obrębie warstwy wodonośnej lub zespołu warstw wodonośnych (ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. z późn. zmianami).

**IC – stężenie wywołujące zahamowanie danej funkcji** (wzrostu, wytwarzania chlorofilu itp.) – stężenie substancji (lub mieszaniny) powodujące obniżenie o określony procent aktywności fizjologicznej organizmów testowych w badaniach subletalnych (niepowodujących śmierci organizmów) (np. IC25).

**L<sub>Aeq D</sub>** – równoważny poziom dźwięku dla pory dnia, rozumianej jako przedział czasu od godz. 6.00 do godz. 22.00, skorygowany według charakterystyki częstotliwościowej A; odnosi się do najmniej korzystnych 8 kolejnych godzin w ciągu dnia.

**L<sub>Aeq N</sub>** – równoważny poziom dźwięku dla pory nocy, rozumianej jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 6.00, skorygowany według charakterystyki częstotliwościowej A; odnosi się do najmniej korzystnej 1 godziny w ciągu nocy.

**LC – stężenie śmiertelne** – stężenie substancji (lub mieszaniny), które powoduje śmierć określonej liczby (wyrażonej w %) osobników w badanej populacji, w odniesieniu do czasu trwania ekspozycji np. LC50, LC100

**LOEC** (*lowest observed effect concentration*) – najwyższe stężenie substancji (lub mieszaniny), które (w określonym czasie trwania badań) wywołuje zmiany w organizmach testowych.

**niekonwencjonalne złożo węglowodorów** – akumulacja węglowodorów (gazowych, ropno-gazowych, gazowo-kondensatowych) charakteryzująca m.in. się brakiem wyraźnych granic węglowódor–woda, posiadająca niską przepuszczalność (poniżej 0,1 mD – zwykle rzędu  $\mu$ D (mikrodarcy)) obejmująca skały piaskowcowe i węglanowe o niskiej przepuszczalności (tight rock) oraz skały mułowcowe – łupkowe o ultra niskiej przepuszczalności (shale rocks), rzędu nanodarcy, a także pokłady węgla zawierające metan (tzw. coal bed methane); do złóż niekonwencjonalnych zaliczane są także pokłady hydratów występujące na dnie mórz i oceanów oraz w strefie „wiecznej zmarzliny” oraz niekiedy głębokie złoża podmorskie typu „deep water gas”, a także złoża gazu syntezowego (syngazu) z procesów zgazowania węgla in situ. Charakterystyczną cechą wyróżniającą złoża niekonwencjonalne jest konieczność doprowadzenia energii do złoża w celu wywołania przypiływu do odwiertu. Złoża typu tight i shale eksploatowane są zwykle otworami kierunkowymi (czasami pionowymi) o długości odcinka kierunkowego większej niż 1000 m, wielokrotnie szczelinowanych w interwałach rzędu 100 m.

**NOEC** (*no observed effect concentration*) – najwyższe stężenie substancji (lub mieszaniny), które nie powoduje żadnych spostrzegalnych zmian w organizmach testowych, w określonym czasie trwania badań.

**obszar bilansowy wód podziemnych** – jednostka hydrogeologiczna wytypowana w celu ustalenia zasobów odnawialnych i zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wraz z oceną stopnia ich zagospodarowania.

**obszar ochronny GZWP** – wydzielona część (części) obszaru zasilania zbiornika, na obszarze której podejmuje się działania w postaci zakazów, nakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu, zmierzające do ochrony jakości i zasobów wód podziemnych.

**odporność wód podziemnych na zanieczyszczenie** – cechy zbiorników wód podziemnych wynikające z budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych decydujące o możliwościach ich ochrony przed istniejącym lub potencjalnym zanieczyszczeniem i wpływające na opóźnianie i ograniczanie migracji substancji zanieczyszczających.

**odwiert** – ukończony otwór wiertniczy, wykonany w górotworze dla celów badawczych, poszukiwawczych, dokumentacyjnych lub eksploatacyjnych w którym zakończono prace wiertnicze oraz uzbrojono w głowicę pozwalającą na eksploatację kopaliny. W niniejszym opracowaniu mowa będzie o otworach wiertniczych..

**pierwszy poziom wodonośny (PPW)** – pierwsza od powierzchni terenu warstwa wodonośna lub zespół warstw wodonośnych wykazujących dobrą łączność hydrauliczną.

**płyn pozabiegowy** – zwany też płynem zwrotnym (ang. *flowback*), to frakcja ciekła, która wypływa na powierzchnię po zwierceniu korków i otwarciu głowicy otworu po zabiegu szczelinowania hydraulicznego. Początkowo wypływ związany jest z nadciśnieniem panującym w otworze po wtłoczeniu płynu szczelinującego. Następnie wypływ płynu jest wspomagany przez zabiegi gazodźwigu (ang. *airlift*, *gaslift*) lub przez pompowanie. Przy dobrych warunkach eksploatacyjnych pewna ilość płynu pozabiegowego zostaje wypchnięta na powierzchnię przez ciśnienie złożowe gazu. Umownie przyjmuje się, że płyn pozabiegowy jest oddawany przez otwór do momentu założenia głowicy eksploatacyjnej. Płyn oddawany przez otwór w fazie produkcyjnej określa się jako wody produkcyjne.



**płyn szczelinujący** (ang. *fracking fluid* lub *fracturing fluid*) – ciecz używana w procesie szczelinowania hydraulicznego, nazywana również płynem frackingowym. Typowy płyn szczelinujący składa się z wody oraz osiadającego w utworzonych szczelinach piasku (ok. 99,5%) wraz z dodatkami chemicznymi (ok. 0,5%), których zastosowanie pozwala zmniejszyć tarcie podczas przepływu płynu szczelinującego przez odwiert, utrzymać neutralne pH, zapobiec korozji i tworzeniu się kamiennych osadów. Usprawniające proces szczelinowania hydraulicznego dodatki chemiczne są powszechnie stosowane w produkcji kosmetyków, środków czyszczących i odkażających, dodatków do żywności oraz artykułów gospodarstwa domowego.

**poligon badawczy** – w tym opracowaniu: wycinek przestrzeni wokół otworu wiertniczego, w szczególności teren zakładu wykonującego roboty geologiczne oraz jego najbliższe sąsiedztwo. Poligon badawczy nie posiada ściśle wytyczonych granic, definiowane są one teoretycznym zasięgiem potencjalnych oddziaływań zakładu na środowisko i ma zróżnicowany zasięg w zależności od analizowanego elementu środowiska.

**proppant** – piasek naturalny lub sztuczny granulaty, który wchodzi w skład płynu szczelinującego (ok. 4,5% składu płynu), wykorzystywanego do zabiegów szczelinowania hydraulicznego. Proppant zapobiega zamykaniu się szczelin wytworzonych w skale przez zabieg szczelinowania i umożliwia przepływ gazu w złożu.

**stopień zagrożenia wód podziemnych** – względna ocena możliwości przenikania substancji zanieczyszczających do warstw wodonośnych, wynikająca z budowy geologicznej i uwarunkowań hydrogeologicznych na drodze migracji od ogniska zanieczyszczeń do punktu poboru wody.

**stymulacja otworu** – zabieg polegający na szczelinowaniu lub kwasowaniu otworu w horyzoncie złożowym w celu poprawy parametrów dopływu płynów złożowych do otworu. W złożach niekonwencjonalnych stymulacja jest warunkiem koniecznym do uruchomienia przepływu.

**szczelinowanie hydrauliczne** – proces wytwarzania szczelin w strukturach skalnych za pomocą specjalnie przygotowanego płynu szczelinującego, który jest mieszanką wody z piaskiem (ok. 99,5%) i dodatków chemicznych (ok. 0,5%). Jedną z metod stymulacji otworu, wykorzystywana m.in. do pozyskiwania gazu ziemnego z łupków.

**testy produkcyjne (testy gazowe, próby gazowe)** – krótko- i długoterminowe – test krótkoterminowy obejmuje zwykle dwu- lub trzytygodniową eksploatację otworu po zakończonym zabiegu stymulacji. Polega na wywołaniu produkcji poprzez obniżenie ciśnienia w otworze i wywołanie gradientu ciśnienia. Test krótkoterminowy obejmuje eksploatację dwufazową płynu pozabiegowego oraz w przypadku pozytywnego zabiegu stymulacji – eksploatację gazu. Zwykle test prowadzi się co najmniej do uzyskania 20% objętości wtłaczanego płynu szczelinującego i do 75% spadku wydajności płynu pozabiegowego w otworze. Test ten pokazuje pierwsze efekty zabiegu stymulacji. Test długoterminowy trwa od kilku miesięcy do nawet dwóch lat. Jego celem jest określenie wydajności początkowej (ang. *initial production*) – dla pierwszego miesiąca eksploatacji gazu oraz oszacowanie tempa spadku wydajności otworu w celu wyznaczenia zasobów przypadających na dany otwór.

**toksyczność chroniczna** – szkodliwe zmiany w organizmach testowych, wywołane oddziaływaniem związku chemicznego (lub mieszaniny o stosunkowo niskich poziomach stężeń) w dłuższym czasie – na ogół od 1/10 cyklu życiowego do uzyskania pierwszego pokolenia potomstwa. W testach modelowych stosowane są niższe aniżeli śmiertelne stężenia substancji (subletalne). Obserwacje polegają na ocenie zmian aktywności fizjologicznej, np. pokarmowej, rozrodczej, zaburzeń genetycznych i zakłóceń w funkcjonowaniu narządów.

**toksyczność ostra** – szkodliwe zmiany w organizmach testowych (wywołane oddziaływaniem związku chemicznego lub mieszaniny o stosunkowo wysokich poziomach stężeń), które mogą prowadzić do zaburzeń czynności fizjologicznych i śmierci, obserwowane w krótkim czasie po ekspozycji.

**użytkowy poziom wodonośny** – warstwa lub zespół warstw wodonośnych wykazujących dobrą łączność hydrauliczną, o parametrach kwalifikujących do eksploatacji wody na cele gospodarcze i do spożycia.

**wiertnia** – obszar (plac), na którym znajduje się zmontowane i zdolne do wiercenia otworu urządzenie wiertnicze wraz z zapleczem technicznym i niezbędnymi serwisami.

**zakład górniczy** – zgodnie z ustawą Prawo geologiczne i górnicze, wyodrębniony technicznie i organizacyjnie zespół środków służących bezpośrednio do wykonywania działalności regulowanej ustawą w zakresie wydobywania kopalin ze złóż, a w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny wraz z pozostającym w związku technologicznym z wydobyciem kopaliny przygotowaniem wydobytej kopaliny do sprzedaży, podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji albo podziemnego składowania odpadów, w tym wyrobiska górnicze, obiekty budowlane, urządzenia oraz instalacje (Dz. U. 2011 nr 163 poz. 981 ze zm.).

**zakład wykonujący roboty geologiczne** – wyodrębniony technicznie i organizacyjnie zespół środków służących bezpośrednio do wykonywania robót geologicznych, w tym przypadku wierceń badawczych, w ramach poszukiwania i rozpoznawania złóż kopalin. W oparciu o art. 86 ustawy Prawo geologiczne i górnicze do działalności poszukiwawczej i rozpoznawczej, jako do wykonywania robót geologicznych stosuje się odpowiednio przepisy dotyczące zakładu górniczego i jego ruchu oraz ratownictwa górniczego. *W niniejszym opracowaniu często określany skrótowo jako zakład.*

**zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania** – tożsame z **zasobami dyspozycyjnymi** – w obszarach bilansowych, w których zostały one ustalone w trybie dokumentacji hydrogeologicznej lub z **zasobami perspektywicznymi** – w obszarach, gdzie zasobów dyspozycyjnych dotychczas nie ustalono.

**zasoby dyspozycyjne wód podziemnych** – zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania, stanowiące średnią z wielolecia wielkość całkowitego zasilania wód podziemnych określonego obszaru bilansowego lub jednostki bilansowej, pomniejszoną o średnią z wielolecia wielkość przepływu wód, tak aby nie dopuścić do znacznego pogorszenia stanu wód powierzchniowych związanych z wodami podziemnymi i do powstania znaczących szkód w ekosystemach lądowych zależnych od wód podziemnych. Zasoby dyspozycyjne są określane z zachowaniem warunku niepogarszania stanu chemicznego wód podziemnych. Ustalane są z uwzględnieniem występującego w obszarze bilansowym i jednostce bilansowej przestrzennego zróżnicowania warunków zasilania, występowania, parametrów hydrogeologicznych i kontaktów hydraulicznych poziomów wodonośnych. Zasoby uwzględniają przestrzenny rozkład środowiskowych i hydrogeologicznych ograniczeń dla stopnia zagospodarowania zasobów oraz przestrzenny rozkład istniejącego użytkowania wód podziemnych. Zasoby dyspozycyjne są wyznaczane bez wskazywania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujmowania wód.

## Streszczenie

Opracowanie jest wypełnieniem warunków umowy nr 117/GDOŚ/DON/2012 z dnia 18 lipca 2012 r. z późniejszymi aneksami 1–5, zawartej pomiędzy: Skarbem Państwa – Ministrem Środowiska, w imieniu którego działa Pan Michał Kielsznia – Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska a Konsorcjum w składzie: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy [PIG-PIB] (lider konsorcjum), Akademia Górniczo-Hutnicza im S. Staszica w Krakowie [AGH], Politechnika Gdańska [PG], finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Celem projektu było określenie oddziaływania na środowisko prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, z uwzględnieniem szczegółowej analizy potencjalnych i rzeczywistych oddziaływań na poszczególne elementy środowiska, w tym w szczególności na: atmosferę, powierzchnię terenu, grunt, wody powierzchniowe i wody podziemne. Do badań wytypowano początkowo 5 poligonów badawczych (w skrócie PB) wokół otworów poszukiwawczych Lubocino-2H (PB Lubocino), Stare Miasto-1K (PB Stare Miasto), Wysin-1 (PB Wysin), Syczyn OU-2K (PB Syczyn) oraz Zwierzyniec-1 (PB Zawada). W czasie trwania projektu badania zostały rozszerzone o poligon badawczy wokół otworu poszukiwawczego Gapowo B-1A (PB Gapowo), a także badania zaliczane do monitoringu długookresowego na poligonach badawczych Stare Miasto, Syczyn i Zawada oraz wokół otworu poszukiwawczego Łebień LE-2H (PB Łebień). Łącznie w ramach realizacji niniejszego projektu prowadzono prace w zróżnicowanym zakresie na obszarze 7 poligonów badawczych, zlokalizowanych na terenie województwa pomorskiego (5 poligonów) oraz lubelskiego (2 poligony).

Ze względu na czas trwania projektu i harmonogramy prac Operatorów, badaniami nie zawsze objęte były pełne cykle poszukiwań. W dwóch przypadkach, na poligonach badawczych Wysin i Zawada, udało się przeprowadzić ocenę stanu środowiska przed rozpoczęciem budowy placów zakładów prowadzących roboty geologiczne. Przyjęto, że w tych przypadkach określono tzw. stan zerowy środowiska w stosunku do prac poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów metodą otworową<sup>1</sup>. W pozostałych lokalizacjach w chwili rozpoczęcia projektu nie tylko były już zbudowane place zakładów, ale prowadzono też prace wiertnicze, a czasem nawet odbyło się wcześniej szczelinowanie hydrauliczne. Dla tych lokalizacji określono więc tzw. stan zastany środowiska, a niektóre pomiary referencyjne, np. dla poziomu hałasu lub zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wykonano po zakończeniu prac na terenie zakładów. Badania stanu środowiska naturalnego po zakończeniu prac wykonywane były na ogół w momencie, kiedy Operator zgłosił zakończenie demobilizacji infrastruktury wiertniczej i wykorzystywanej do zabiegów stymulacji złoża na terenie zakładu, ale nie rozbiórkę samego placu. Tylko w jednym przypadku udało się przeprowadzić badania stanu środowiska po zgłoszeniu przez Operatora likwidacji otworu i rekultywacji terenu placu zakładu (PB Stare Miasto).

Pełny cykl badań w założeniach obejmował:

1. rozpoznanie warunków lokalnych i zaplanowanie badań terenowych,
2. badanie stanu zerowego środowiska przed rozpoczęciem prac poszukiwawczych,
3. badania w trakcie wiercenia otworu pionowego/kierunkowego,
4. badania w trakcie zabiegów uruchomienia złoża z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego oraz testów produkcyjnych,
5. badanie stanu środowiska po zakończeniu prac na terenie zakładu,
6. w niektórych przypadkach badania monitoringowe stanu środowiska w określonym czasie po zakończeniu prac w otworach badawczych.

Zakres i harmonogram prac badawczych były ściśle uzależnione nie tylko od często zmieniających się harmonogramów prac poszukiwawczych na poszczególnych lokalizacjach, ale również od sprawnej komunikacji pomiędzy Operatorami i zespołem badawczym. Należy podkreślić, że Operatorzy w ramach projektu współpracowali na zasadzie dobrowolności i według reguł przyjętych w odrębnych umowach/porozumieniach.

---

<sup>1</sup> Badania w założeniach nie obejmowały prac związanych z pozyskiwaniem danych geofizycznych bez wierceń poszukiwawczych.

Ze względu na częste zmiany planów i harmonogramów Operatorów oraz szeroki zakres prac badawczych projekt napotykał na trudności, a mimo to udało się w pełni zrealizować założone cele, w tym:

1. Przeprowadzić na dwóch poligonach badawczych badania stanu zerowego środowiska w zakresie:
  - stanu wód podziemnych i powierzchniowych,
  - jakości gruntu ze względu na parametry istotne dla produktywności rolniczej oraz zawartość węglowodorów,
  - składu powietrza gruntowego pod względem stężeń węglowodorów oraz radonu,
  - wartości tła poziomu hałasu,
  - wartości tła stężeń zanieczyszczeń gazowych i pyłu w powietrzu atmosferycznym;
2. Wykonać na jednym poligonie badawczym rejestrację ukształtowania powierzchni terenu przed rozpoczęciem prac budowlanych za pomocą skaningu laserowego 3D;
3. Przeprowadzić na czterech poligonach badawczych badania stanu zastanego środowiska w zakresie analogicznym jak w punkcie 1;
4. Wykonać na jednym poligonie badawczym pomiary przemieszczeń w skarpie utworów sypkich, położonej nad szczelinowanym odcinkiem kierunkowym z zastosowaniem skaningu laserowego 3D;
5. Opróbować i zbadać pod kątem toksykologicznym oraz zawartości składników chemicznych odpady wiertnicze (zwierciny i zużytą płuczkę wiertniczą) z docelowych formacji łupkowych z sześciu otworów poszukiwawczych, a w dwóch dodatkowo z interwałów mogących charakteryzować się podwyższoną zawartością pierwiastków promieniotwórczych;
6. Opróbować i zbadać pod kątem toksykologicznym oraz składu chemicznego płyny szczelinujące i płyny pozabiegowe po szczelinowaniu hydraulicznym z pięciu otworów poszukiwawczych;
7. Opróbować i określić skład chemiczny oraz charakterystykę izotopową gazu ziemnego z formacji złożowych z 5 otworów poszukiwawczych;
8. Zmierzyć w sposób ciągły natężenie hałasu na granicy zakładu wykonującego roboty geologiczne oraz przy najbliższych zabudowaniach w czasie wiercenia otworu na 6-ciu poligonach badawczych;
9. Zmierzyć w sposób ciągły natężenie hałasu na granicy zakładu wykonującego roboty geologiczne oraz przy najbliższych zabudowaniach w czasie szczelinowania hydraulicznego na 5-ciu poligonach badawczych;
10. Zmierzyć stan zanieczyszczenia powietrza podczas wiercenia sześciu otworów poszukiwawczych oraz w czasie szczelinowania hydraulicznego pięciu otworów poszukiwawczych;
11. Wykonać na jednym poligonie badawczym dodatkowe badania w zakresie jakości gruntów i stanu wód podziemnych wynikających z zaistniałego na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne zdarzenia incydentalnego;
12. Wykonać na jednym poligonie badawczym badania dodatkowe w zakresie powietrza gruntowego oraz wód podziemnych w związku z potrzebą uzupełnienia danych w celu wiarygodnej interpretacji wyników;
13. Określić stan środowiska naturalnego w zakresie analogicznym jak w punkcie 1 bezpośrednio po przeprowadzeniu prac poszukiwawczych na pięciu poligonach badawczych;
14. Przeprowadzić na jednym poligonie badawczym badanie stanu środowiska po likwidacji otworu poszukiwawczego i zakończeniu rekultywacji terenu po zakładzie wykonującym roboty geologiczne w zakresie:
  - stanu wód podziemnych i powierzchniowych,
  - jakości gruntu ze względu na parametry istotne dla produktywności rolniczej oraz zawartość węglowodorów;
15. Przeprowadzić na jednym poligonie badawczym ocenę stanu środowiska po upływie 2,5 roku od zabiegu wielostopniowego szczelinowania hydraulicznego w otworze oraz po częściowym demontażu infrastruktury zakładu prowadzącego roboty geologiczne w zakresie stanu wód podziemnych i jakości gruntu;
16. Przeprowadzić na dwóch poligonach badawczych ocenę stanu środowiska wokół zakładów prowadzących roboty geologiczne po upływie roku od zakończenia zabiegów szczelinowania

hydraulicznego i testów produkcyjnych w zakresie stanu wód podziemnych oraz składu powietrza gruntowego wraz z pomiarem emisji z gruntu do atmosfery;

17. Wykonać analizę i dołączyć do wniosków wyniki obserwacji sejsmologicznych przeprowadzonych przez Główny Instytut Górnictwa na dwóch poligonach badawczych.

Wyniki wszystkich przeprowadzonych prac wraz z charakterystyką poszczególnych poligonów badawczych, opisem metodyki wykonywania badań, interpretacją oraz programami dalszego monitoringu były przekazywane do Zamawiającego zgodnie z harmonogramem projektu. W sumie przygotowano 4 sprawozdania z prac wykonanych w czterech etapach cząstkowych projektu, 7 raportów końcowych z badań na 7 poligonach badawczych (Lubocino, Stare Miasto, Syczyn, Zawada, Wysin, Łbień, Gapowo), 3 suplementy do raportów końcowych (dla poligonów badawczych Stare Miasto, Syczyn i Zawada) oraz niniejszy raport zbiorczy, obejmujący podsumowanie wszystkich przeprowadzonych prac, porównanie poszczególnych poligonów badawczych oraz wyników na nich uzyskanych, a także całościową ocenę zakresu wpływu prac poszukiwawczych przy pomocy otworów wiertniczych z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego na środowisko naturalne, zalecenia do prowadzenia monitoringu tego typu prac i potencjalnych zmian stanu środowiska nimi wywołanych oraz różnego typu wnioski i rekomendacje, które są efektem analizy doświadczeń związanych z prowadzeniem niniejszego projektu.

Główne wnioski dotyczące zakresu oddziaływania na środowisko naturalne prac wiertniczych oraz stymulacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów metodą szczelinowania hydraulicznego można sformułować następująco:

1. Formacje potencjalnie gazonośne w Polsce leżą na dużych głębokościach i są przykryte utworami zapewniającymi ich dobre uszczelnienie, w kontekście potencjalnej migracji płynów lub gazu w kierunku użytkowych poziomów wodonośnych oraz powierzchni terenu, tak dzięki niskim wartościom porowatości i przepuszczalności skał nadkładu, jak i ze względu na brak drożnych stref uskokowych.
2. Szczelinowanie hydrauliczne w pojedynczych otworach nie indukuje odczuwalnych na powierzchni terenu wstrząsów sejsmicznych. Tym bardziej, rejestrowane drgania nie przekraczają dopuszczalnych wartości drgań dla stabilności konstrukcji budowlanych według polskiej normy PN-85/B-02170.
3. Poziom hałasu w najbliższym otoczeniu zakładów prowadzących roboty geologiczne krótkookresowo przekracza dopuszczalne wartości dla pory dziennej w terenach zabudowanych. Przekroczenia te mają charakter krótkotrwały i związane są jedynie z pracą generatorów i wysokowydajnych pomp w niektórych momentach szczelinowania hydraulicznego. Do tej pory zabiegi te wykonywane były w Polsce wyłącznie w porze dziennej.
4. Praca niektórych urządzeń spalinowych dużej mocy może powodować chwilowy wzrost stężeń w powietrzu atmosferycznym gazów, będących produktami spalania paliwa. Obserwuje się też chwilowy wzrost stężeń węglowodorów  $C_2-C_{12}$  i lotnych związków organicznych w powietrzu.
5. W niektórych obszarach kraju obserwuje się anomalne stężenia metanu, jego cięższych homologów i gazowych alkenów  $C_2-C_4$  oraz dwutlenku węgla i obecność wodoru w powietrzu gruntowym. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest głównie mikrobialna fermentacja prostych związków organicznych (co potwierdzają badania składu izotopowego), a stosowana na terenie zakładów folia uszczelniająca uniemożliwia przewietrzanie gruntu i może powodować wzrost stężeń.
6. Poza efektami współczesnych procesów mikrobialnych, w rejonie lubelskim zarejestrowano w powietrzu gruntowym także naturalne podwyższone mikrostężenia alkanów  $C_2-C_5$  świadczące o przenikaniu odzłożowym, prawdopodobnie z pokładów węgla zakumulowanych w utworach górnego karbonu. Obecność tych gazów w strefie przypowierzchniowej może być rezultatem naruszenia, w czasie wiercenia, ciągłości utworów zawierających naturalne nagromadzenia węglowodorów w utworach karbonu. W świetle badań izotopowych należy stwierdzić, że na pewno nie jest to gaz termogeniczny związany z utworami syluru.
7. Nie obserwuje się w rejonach wierceń podwyższenia stężeń radonu, które mogłyby świadczyć o obecności radionuklidów w gazie i jego migracji wzdłuż odwiertu do powierzchni terenu.
8. Badania odpadów wydobywczych pod kątem promieniotwórczości wykazały nieznacznie podwyższoną koncentrację izotopów promieniotwórczych  $^{40}K$  i  $^{226}Ra$ . Nieznacznie podwyższona względem średniej, ale pozostająca na poziomie aktywności występujących w środowisku, ak-

tywność  $^{40}\text{K}$  w odpadzie wiertniczym jest prawdopodobnie konsekwencją wprowadzenia do obróbki technologicznej płuczki substancji zawierających potas lub kontaktu płuczki ze skałą o nieco wyższym od średniej stężeniu  $^{40}\text{K}$ . Również koncentracja  $^{226}\text{Ra}$  jest prawdopodobnie wynikiem kontaktu ze skałą o nieco wyższym od średniej stężeniu  $^{226}\text{Ra}$ .

9. W wyniku badań ekotoksykologicznych stwierdzono, że zużyta płuczka oraz odpady wiertnicze mogą stanowić zagrożenie (w przypadku niewłaściwego zagospodarowania) dla organizmów żywych po przedostaniu się w sposób niekontrolowany do środowiska i dlatego należy ściśle przestrzegać zarówno przepisów prawnych, jak i procedur dotyczących procesów transportu, odzysku/unieszkodliwiania.
10. Realizowany w ramach pozwoleń wodnoprawnych pobór wody na wszystkich badanych poligonach nie wpłynął na stan zasobów wód podziemnych i nie spowodował obniżenia zwierciadła wód podziemnych.
11. Przeprowadzone badania nie wykazały negatywnego wpływu prac poszukiwawczych na stan chemiczny wód podziemnych i powierzchniowych w obserwowanym horyzoncie czasowym. Nie stwierdzono zanieczyszczenia wód podziemnych na skutek wykonanych zabiegów stymulacji złoża, jednak uzyskane wyniki wskazują, że nieostrożne działania na terenie samego zakładu mogą skutkować przenikaniem niektórych substancji z powierzchni terenu do płytkich wód podziemnych. Obserwowane przypadki nie mają jednak charakteru obszarowego.
12. Działalność zakładów prowadzących roboty geologiczne nie wpływa na pogorszenie parametrów gleb pod kątem rolniczym, prawdopodobnie dzięki ochronie warstwy organicznej w pryzmach wokół zakładu. Długotrwałe obciążenie może jednak wpływać na stopień kompaktacji podglebia i zmianę warunków infiltracji wody i substancji odżywczych, co może negatywnie wpływać na produkcję rolną do czasu odnowienia się warunków pierwotnych.
13. Ingerencja zakładów prowadzących roboty geologiczne w krajobraz jest stosunkowo krótkotrwała i po zakończeniu prac zakład nie powinien pozostawić znaczącego śladu w krajobrazie.
14. Zakłady wykonujące roboty geologiczne mogą mieć potencjalne, bezpośrednie, ale krótkotrwałe negatywne oddziaływanie na przyrodę, w tym na obszary cenne przyrodniczo oraz gatunki poddane indywidualnej ochronie poprzez następujące elementy środowiska: powietrze (związane z kierunkiem dominującym wiatrów) i wody (związane z powierzchniowym kierunkiem spływu wód) oraz zwiększenie poziomu hałasu. Nie stwierdzono oddziaływania pośredniego, polegającego np. na zmianie stosunków wodnych, trwałym zanieczyszczeniu powietrza gazami lub pyłem itp.

Prowadzenie dalszych prac poszukiwawczych, a w przyszłości również produkcja węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych w Polsce wymaga przede wszystkim jak najszybszego ustalenia stanu bazowego środowiska w rejonach potencjalnych wierceń w zakresie stanu wód podziemnych i powierzchniowych, w tym tła stężenia metanu w wodach podziemnych, tła stężenia metanu w powietrzu gruntowym, stanu istniejącej infrastruktury drogowej oraz zaplanowania infrastruktury przesyłowej i przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko planów jej wykonania.

Ze względu na skalę przedsięwzięcia, w zakresie potrzeb wodnych etap eksploatacji gazu z formacji łupkowych znacząco będzie się różnił od aktualnie realizowanego w Polsce etapu poszukiwania i rozpoznawania tego typu złóż. W związku z powyższym rekomenduje się ukierunkowanie rozwiązań legislacyjnych, zaleceń oraz rozwoju technologii na umożliwienie wykorzystania na potrzeby zabiegów stymulacji złoża wód będących produktem ubocznym w innych procesach technicznych (np. wody z odwodnień wyrobisk górniczych, oczyszczone ścieki, woda z kanalizacji deszczowej, woda z biogazowni i inne).

Odrębnym zadaniem jest oszacowanie ilości wytwarzanych odpadów wiertniczych w poszczególnych rejonach eksploatacyjnych, tak na etapie wierceń, jak i podczas zabiegów szczelinowania hydraulicznego i zdefiniowanie możliwości prawidłowego postępowania z tymi odpadami zarówno ze względu na ich ilość, jak i właściwości.

Zapewnienie bezpieczeństwa środowiska naturalnego oraz ludności na terenach eksploatacyjnych będzie wymagać odpowiedniej kontroli prowadzonych prac oraz założenia jednorodnego, niezależnego od przedsiębiorców monitoringu środowiska naturalnego w zakresie stanu wód najpłytszych i użytkowych poziomów wodonośnych oraz powietrza gruntowego w strefach przyodwiertowych. Monitoring taki musi być ściśle dostosowany do lokalnych warunków geologicznych i hydrogeolo-

gicznych, a także powinien być niezależny i powinien gwarantować rzetelność wyników oraz ich porównywalność. Dlatego też służby państwowe wydają się być najbardziej predysponowane do prowadzenia koordynacji prac w tym zakresie (tzw. generalne wykonawstwo przy zaangażowaniu jako podwykonawców innych podmiotów spełniających określone kryteria).

Za kontrolę prac w zakładach prowadzących roboty geologiczne i zakładach górniczych odpowiedzialne są okręgowe urzędy górnicze, a planowane zwiększenie ich liczby, zwiększenie zatrudnienia i dofinansowanie wydaje się być gwarancją prawidłowego przebiegu tych prac i ich zgodności z najlepszymi dostępnymi praktykami w zakresie technologii<sup>2</sup>.

Aby proces poszukiwania i eksploatacji węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych mógł być w pełni bezpieczny z punktu widzenia środowiska naturalnego i bezpieczeństwa ludności, na terenach występowania i eksploatacji złóż powinien być prowadzony niezależny długookresowy monitoring stanu środowiska, a Inspekcja Ochrony Środowiska, najlepiej w porozumieniu z urzędami górniczymi<sup>3</sup>, powinna być zawiadamiana urzędowo o prowadzeniu prac, aby mogła świadomie kontrolować najbardziej newralgiczne ich etapy<sup>4</sup>.

Dla uniknięcia lokalnych konfliktów przedsiębiorcy prowadzący poszukiwania i w dalszej perspektywie eksploatację węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych powinni ustalić i podać do wiadomości publicznej zasady bezpiecznego poruszania się pojazdów na drogach dojazdowych do zakładów prowadzących roboty geologiczne i do zakładów górniczych. Monitoring hałasu prowadzony na etapie poszukiwań pozwoli na zebranie danych dotyczących faktycznego poziomu hałasu, które będą potrzebne przy ewentualnych skargach mieszkańców, jak również umożliwi zaprojektowanie skutecznych środków ochrony przed hałasem przy wierceniach i szczelinowaniach hydraulicznych na etapie przygotowania produkcji.

<sup>2</sup> Z dniem 1 kwietnia 2015 r. wchodzi w życie rozporządzenie w sprawie utworzenia nowego Okręgowego Urzędu Górniczego w Gdańsku. Terytorialny zakres działania nowego urzędu górniczego obejmuje obszar województwa pomorskiego, kujawsko-pomorskiego oraz obszary morskie Rzeczypospolitej Polskiej.

<sup>3</sup> W dniu 4 kwietnia 2014 r. zostało podpisane porozumienie pomiędzy Wyższym Urzędem Górniczym oraz Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska dotyczące współdziałania w zakresie kontroli przestrzegania przepisów dotyczących ochrony środowiska na każdym etapie robót poszukiwawczo-rozpoznawczych węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych oraz wydobywania węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych. Współpraca odbywa się na szczeblu: centralnym – pomiędzy Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska a Prezesem Wyższego Urzędu Górniczego oraz terenowym – pomiędzy wojewódzkimi inspektorami ochrony środowiska a dyrektorami okręgowych urzędów górniczych.

<sup>4</sup> Z dniem 1 stycznia 2015 r. weszła w życie zmiana ustawy o swobodzie działalności gospodarczej, która określa zasady prowadzenia kontroli działalności gospodarczej wykonywanej m.in. w celu poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania kopalin objętych własnością górniczą. Wyłączone zostało stosowanie przepisów art. 79, art. 80a, art. 82 i art. 83 ustawy z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (określających granice kontroli działalności gospodarczej przedsiębiorcy) wobec przedsiębiorców prowadzących działalność w zakresie poszukiwania rozpoznawania lub wydobywania najważniejszych kopalin objętych własnością górniczą (w tym węglowodorów). Zmiana skutkuje wyłączeniem obowiązku wcześniejszego zawiadomienia przedsiębiorcy o zamiarze przeprowadzenia kontroli, wyłączeniem obowiązku prowadzenia kontroli w siedzibie przedsiębiorcy i w godzinach jego pracy, dopuszczeniu możliwości prowadzenia kilku kontroli równocześnie oraz wyłączeniu ograniczenia czasowego prowadzenia kontroli. Nowe regulacje mają zastosowanie do do kontroli przeprowadzanych przez organy nadzoru górniczego oraz organy Inspekcji Ochrony Środowiska.

# 1 Wstęp

Opracowanie jest wypełnieniem warunków umowy nr 117/GDOŚ/DON/2012 z dnia 18 lipca 2012 r. z późniejszymi aneksami 1–5, zawartej pomiędzy: Skarbem Państwa – Ministrem Środowiska, w imieniu którego działa Pan Michał Kięsznia – Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska a Konsorcjum w składzie: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy [PIG-PIB] (lider konsorcjum), Akademia Górniczo-Hutnicza im S. Staszica w Krakowie [AGH], Politechnika Gdańska [PG], finansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Przedmiotem umowy była realizacja projektu mającego na celu określenie oddziaływania na środowisko prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, z uwzględnieniem szczegółowej analizy potencjalnych i rzeczywistych oddziaływań na poszczególne elementy środowiska, w tym w szczególności na: atmosferę, powierzchnię terenu, grunt, wody powierzchniowe i wody podziemne. Do badań wytypowano początkowo 5 poligonów badawczych (w skrócie PB) wokół otworów poszukiwawczych Lubocino-2H (PB Lubocino), Stare Miasto-1K (PB Stare Miasto), Wysin-1 (PB Wysin), Syczyn OU-2K (PB Syczyn) oraz Zwierzyniec-1 (PB Zawada). Już w czasie trwania projektu badania zostały rozszerzone o poligon badawczy wokół otworu poszukiwawczego Gapowo B-1A (PB Gapowo), a także wykonano badania zaliczane do monitoringu długo-okresowego na poligonach badawczych Stare Miasto, Syczyn i Zawada oraz wokół otworu poszukiwawczego Łebień LE-2H (PB Łebień).

Ze względu na czas trwania projektu i harmonogramy prac Operatorów poszczególnych koncepcji, badaniami nie zawsze objęte były pełne cykle poszukiwań. W dwóch przypadkach, na poligonach badawczych Wysin i Zawada udało się przeprowadzić ocenę stanu środowiska przed rozpoczęciem budowy placów zakładów prowadzących roboty geologiczne. Przyjęto, że w tych przypadkach określono tzw. stan zerowy środowiska w stosunku do prac poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów metodą otworową (badania w założeniach nie obejmowały prac związanych z pozyskiwaniem danych geofizycznych bez wierceń poszukiwawczych). W pozostałych lokalizacjach w chwili rozpoczęcia projektu nie tylko były już zbudowane place zakładów, ale prowadzono też prace wiertnicze, a czasem nawet odbyło się wcześniej szczelinowanie hydrauliczne. Dla tych lokalizacji określono więc tzw. stan zastany środowiska, a niektóre pomiary referencyjne, np. dla poziomu hałasu lub zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wykonano po zakończeniu prac na terenie zakładów. Badania stanu środowiska naturalnego po zakończeniu prac wykonywane były na ogół w momencie, kiedy Operator zgłosił zakończenie demobilizacji infrastruktury wiertniczej i urządzeń wykorzystywanych do zabiegów stymulacji złoża na terenie zakładu, ale nie rozbiórkę samego placu. Tylko w jednym przypadku udało się przeprowadzić badania stanu środowiska po zgłoszeniu przez Operatora likwidacji otworu i rekultywacji terenu placu zakładu.

Wyniki wszystkich przeprowadzonych badań i obserwacji były sukcesywnie przekazywane do Zamawiającego. Niniejsze opracowanie poprzedziły następujące raporty:

- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 1 – LUBOCINO,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 2 – STARE MIASTO,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 3 – SYCZYN,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 4 – WYSIN,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 5 – ZAWADA,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 6 – ŁEBIEN,
- RAPORT KOŃCOWY z realizacji badań na poligonie badawczym nr 7 – GAPOWO,
- SUPLEMENT DO RAPORTU KOŃCOWEGO z realizacji badań na poligonie badawczym nr 2 – STARE MIASTO,
- SUPLEMENT DO RAPORTU KOŃCOWEGO z realizacji badań na poligonie badawczym nr 3 – SYCZYN,
- SUPLEMENT DO RAPORTU KOŃCOWEGO z realizacji badań na poligonie badawczym nr 5 – ZAWADA,

które powinny być traktowane jako szczegółowe rozwinięcie treści rozdziałów 3 i 4 niniejszego opracowania.



Oprócz podsumowania wyników przeprowadzonych prac i sformułowania zakresu oddziaływania na środowisko naturalne procesu poszukiwania i rozpoznawania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w formacjach łupkowych, w ramach prowadzonego projektu zespół autorski sformułował szereg wskazówek i zaleceń dla interesariuszy związanych z rozwojem eksploatacji węglowodorów ze złóż niekonwencjonalnych, a w tym w szczególności:

- założenia do prowadzenia monitoringu stanu środowiska abiotycznego,
- wskazanie dla prowadzenia efektywnej kontroli wpływu na środowisko naturalne robót geologicznych i produkcji,
- zalecenia do poprawnej lokalizacji zakładów prowadzących roboty geologiczne/zakładów górniczych,
- zalecenia dla prawidłowej gospodarki odpadami i gospodarki wodnej.

Wnioski te powinny zostać wzięte pod uwagę w dalszych działaniach Państwa, mających na celu zapewnienie efektywnej i bezpiecznej dla środowiska i ludności eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów.

## 2 Metodyka prac badawczych

### 2.1 Analiza dostępnych materiałów

#### 2.1.1 Ocena warunków geologicznych

Analizy warunków geologicznych dokonano między innymi na potrzeby charakterystyki kompleksów uszczelniających, analizy przebiegu stref uskokowych i ich szczelności, analizy uszczelnienia formacji łupkowych oraz prac badawczych w zakresie wód.

Oceny dokonano zarówno na podstawie dostępnych danych archiwalnych (Narodowe Archiwum Geologiczne), jak i na podstawie informacji przekazanych przez Operatorów. Analizę danych dostępnych w wersji papierowej i/lub elektronicznej (np. w formatach .doc, .pdf, .xls) oraz danych cyfrowych, przeprowadzono w ramach prac kameralnych.

Na potrzeby analizy uszczelnienia formacji łupkowych wykorzystano m.in. materiał archiwalny w zakresie: danych litologicznych, stratygraficznych i facjalnych otworów wiertniczych, pomiarów geofizycznych, przekrojów sejsmicznych oraz licznych dokumentacji i projektów geologicznych. Do oceny wykorzystano informacje zawarte w bazach danych PIG-PIB (np. Centralna Baza Danych Geologicznych) oraz materiałów dostępnych w Narodowym Archiwum Geologicznym PIG-PIB. Analiza aktualnych danych geologicznych przekazywanych przez Operatorów została omówiona w rozdziale 2.1.2

Na potrzeby prac w zakresie wód ocena warunków geologicznych dotyczyła przygotowania informacji o złożach kopalin występujących na poszczególnych poligonach badawczych, map warunków geologicznych oraz przekrojów hydrogeologicznych, w oparciu m.in. o materiały geologiczne. Do tego celu wykorzystano:

- Szczegółową mapę geologiczną Polski w skali 1:50 000,
- bazę System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS,
- dokumentacje i projekty geologiczne (Narodowe Archiwum Geologiczne).

Informacja o warunkach geologicznych została uzupełniona o dane aktualne przekazane przez Operatorów. Do celów analizy geologicznej i uzupełnienia przekrojów geologicznych wykorzystano przede wszystkim informacje dotyczące profili studni wierconych lub piezometrów wykonywanych przez Operatorów na potrzeby funkcjonowania zakładów (Lubocino, Stare Miasto, Syczyn, Zawada, Łebień, Gapowo).

Należy zaznaczyć, że poligony badawcze różniły się rozpoznaniem warunków geologicznych. Było to uwarunkowane zarówno dostępnością materiałów archiwalnych jak i zakresem danych aktualnych przekazywanych przez Operatorów.

#### 2.1.2 Analiza uszczelnienia formacji łupkowych

Charakterystykę kompleksów uszczelniających wraz z analizą przebiegu stref uskokowych i ich szczelności przeprowadzono na podstawie dostępnych danych archiwalnych (PIG-PIB) oraz aktualnych wyników z rozpoznania terenu badaniami sejsmicznymi i danych z wiercenia.

Dane niezbędne do wykonania rzetelnej oceny uszczelnienia formacji łupkowych to:  
lokalizacja otworu,

- dane geofizyki otworowej w formacie LAS, komplet zinterpretowanych (przetworzonych) danych oraz wersję pomiarową (przed przetwarzaniem),
- opis litologiczny profilu otworu lub graficzny profil litologiczny,
- stratygrafia,
- dane sejsmiczne (2D, 3D), profilowanie prędkości średnich,
- mapy strukturalne horyzontu szczelinowanego na podstawie sejsmiki,
- opis strukturalny rdzenia wiertniczego (jeżeli był wykonany),
- określenie kierunków współczesnej kompresji tektonicznej,
- wyniki monitoringu mikrosejsmicznego procesu szczelinowania (jeśli był zrobiony),
- zapis ciśnienia i wydajności płynów i proppantu w trakcie szczelinowania,

- wyniki pomiarów skanerem akustycznym, upadomierzem sześcioramiennym lub FMI (*Formation Microimager*).

Analiza uszczelnienia formacji łupkowych na poligonach badawczych zależała od kompletności i jakości przekazanych danych przez Operatorów koncesji. Niestety często dane i informacje od Operatorów były niewystarczające do przeprowadzenia prac analiz w pełnym zakresie. Dlatego też przyjęta metodyka różniła się w zależności od dostępności danych i lokalizacji poligonu badawczego.

Na podstawie dostępnych danych archiwalnych i aktualnych wykonano:

- analizę map i archiwalnych wyników badań litologicznych, stratygraficznych i facjalnych z głębokich otworów wiertniczych zlokalizowanych w regionie, w strefie najbliższej analizowanych otworów wiertniczych,
- ocenę danych geofizyki otworowej ich interpretację w miarę możliwości,
- analizę budowy tektonicznej na podstawie danych grawimetrycznych oraz archiwalnych i/lub aktualnych profili sejsmicznych,
- analizę szczelności uskoków.

Analiza szczelności formacji skalnych pod kątem przepuszczalności filtratu cieczy szczelinujących (roztwory wodne) jest przedsięwzięciem pilotażowym, co wiąże się z typowymi dla takich prac utrudnieniami. W trakcie rozwiązywania problemu należy wypracować metodykę oceny ośrodka skalnego pod kątem jego własności izolacyjnych w skali mikro (analizy petrograficzne i oznaczenia przepuszczalności na próbkach pobranych z rdzenia), mezo (analiza krzywych geofizyki otworowej) i makro (modele złoża tworzone na podstawie m. in. sejsmiki i danych otworowych), sprecyzować jakie dane są potrzebne do jej praktycznej realizacji, wypracowanie tzw. „dobrej praktyki” w warunkach braku doświadczeń tego rodzaju w Polsce i ich fragmentaryczności dla podobnych złóż w innych miejscach na świecie. Przy próbie porównania tego typu opracowań wykonywanych na świecie należy pamiętać, że uwzględniają one lokalną specyfikę, co może – w skrajnych przypadkach – prowadzić do błędnych wniosków co do szczelności rozpatrywanych, polskich kompleksów skalnych.

Wedle praktyki wypracowanej podczas poszukiwań naftowych za najbardziej rozpowszechnione skały uszczelniające uważa się (Downey 1994; kolejność wg malejącego rozpowszechnienia):

1. drobnoziarniste osady silikoklastyczne (łupki, ility, pyły),
2. ewaporaty (anhydryty, gipsy, sole kamienne czy potasowe),
3. skały bogate w materię organiczną,
4. inne (zailone piaskowce i wapienie, czerty, skały wulkaniczne).

Należy jednak pamiętać, iż występowanie wymienionych typów litologicznych nie warunkuje jeszcze dobrego uszczelnienia – przepuszczalność całej rozpatrywanej struktury jest zależna od miejsc, gdzie przepuszczalność jest najmniejsza. Ponadto, każdy z tych ośrodków przy odpowiednim wzroście ciśnienia płynu szczelinującego może przepuszczać jego filtrat. Ponadto, z uwagi na wysoki gradient ciśnienia powstający podczas powtarzanych w czasie eksploatacji zabiegów zatłaczania płynów szczelinujących, należy również rozpatrzyć wytrzymałość mechaniczną ośrodka skalnego.

Potencjalne nieszczelności mogą wystąpić w strefach o zwiększonej przepuszczalności, takich jak: nieciągłości (wyklinowania) warstw skalnych i ich niejednorodności, uskoki, fleksury, spękania, cios, zluźnienia powstałe podczas trzęsień ziemi w nieskonsolidowanych osadach terygenicznych, źle wykonane lub nieprawidłowo zlikwidowane odwierty itp.

Analizę przebiegu ewentualnych stref uskokowych w rejonie poligonów badawczych przeprowadzono w oparciu o dostępne dane grawimetryczne oraz sejsmiczne.

Modelowania sejsmiczne stanowią istotny element przeprowadzanej interpretacji danych sejsmicznych. Umożliwiają m.in. poprawne dowiązanie geologiczne granic sejsmicznych jak również analizę obrazu falowego.

Do konstrukcji sejsmogramu syntetycznego wykorzystano program SynTool firmy Landmark–Halliburton. Do analizy pola falowego 1D (sejsmogram syntetyczny) użyto krzywej akustycznej oraz gęstościowej pomierzonych w otworze. Profilowanie akustyczne nie wymagało z reguły weryfikacji pomiarami prędkości średnich.

W obrębie analizowanych profili sejsmicznych skorelowano horyzonty sejsmiczne, co pozwoliło na ocenę ciągłości horyzontów uszczelniających jak również na wyznaczenie stref uskokowych. Metodyka analiz danych grawimetrycznych była niezmienna, niezależnie od poligonu badawczego. Do obliczeń siatek interpolacyjnych (tzw. gridów) i wizualizacji danych w postaci map podstawowej

i transformowanych wykorzystane zostały: program Surfer v.9 (firma Golden Software) oraz pakiet oprogramowania ukierunkowanego na interpretację pól potencjalnych, a opublikowany przez USGS (Philips, 1997) i rozwinięty o dodatkowe aplikacje przez Stanisława Wybrańca (PIG-PIB). Zagęszczenie punktów zdjęcia póluszczogółowego pozwala na opracowanie siatek interpolacyjnych o oczku 250 x 250 m, w których obliczenia zostały wykonane metodą kriging'u, przy promieniu przeszukiwania 2,5 km.

Lineamenty grawimetryczne wyznaczone zostały metodą opisaną przez Philipsa i in. (2007). Metoda ta bazuje na analizie krzywizny powierzchni, a można dzięki niej oszacować nie tylko przebieg lineamentów, ale również głębokość ich występowania. Na proces wyznaczania lineamentów składają się trzy etapy. W pierwszym obliczany jest gradient poziomy. W drugim etapie zapisywane są punkty leżące wzdłuż osi maksymalnego gradientu, wraz z dodatkowymi atrybutami: rozciągłością tejże osi (wyrażoną w stopniach) i głębokością do nieciągłości będącej źródłem lineamentu. W jeden lineamenty łączone są sąsiadujące ze sobą punkty, których atrybut „rozciągłość osi maksymalnego gradientu” różni się nie więcej niż o 30°. Do tego momentu proces obliczeniowy jest całkowicie zautomatyzowany – obiektywny. Element interpretacji pojawia się w trzecim etapie, polegającym na łączeniu wyznaczonych punktów w lineamenty. Na tym etapie możliwe jest wskazanie minimalnej ilości punktów tworzących lineament (np. 5, wtedy zbiory czterech punktów nie są łączone nawet jeżeli leżą na wspólnej linii) oraz promienia przeszukiwania (np. 30°, wtedy w jeden lineament łączone są sąsiadujące ze sobą punkty, dla których kąt pomiędzy ich rozciągłościami jest mniejszy od 30°).

Ponieważ punkty, z których budowane są lineamenty, wyznaczone są na podstawie informacji w danej lokalizacji oraz w oczkach siatki interpolacyjnej bezpośrednio z nią sąsiadujących, dlatego też szczegółowość wyznaczonych lineamentów zależy ściśle od stopnia uszczegółowienia siatki. Inaczej mówiąc z podstawowej mapy anomalii Bouguera, o oczku siatki 250 x 250 m, można obliczyć najpłytsze, najdrobniejsze lineamenty. Ponieważ siła grawitacji maleje z kwadratem odległości od źródła przyciągania, to w pomiarach grawimetrycznych wykonywanych na powierzchni Ziemi efekt grawitacyjny od głębokich źródeł jest często zniekształcony niewielkimi, ale nie rzadko silnymi anomaliami pochodzącymi od źródeł płytkich. Dla uzyskania odpowiedzi na pytanie, które lineamenty kontynuują się na większych głębokościach konieczne jest wygładzenie (przefiltrowanie) mapy podstawowej dla uzyskania mniej lub bardziej regionalnego obrazu. W tym celu wykonano filtracje pasmowe w domenie Fouriera. Wykonane zostały przedłużenia analityczne na poziomy: 100 m, 200 m, 400 m, 600 m, 800 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m i 5000 m. Wykonano również filtracje pasmowe mapy podstawowej w następujących zakresach długości fal przepuszczonych przez filtr: 16–32 km, 8–16 km, 6–12 km, 5–10 km, 4–8 km. Jako długość fali należy tu rozumieć łączną szerokość sąsiadujących ze sobą dwóch anomalii: dodatniej i ujemnej. Dla każdej z wynikowych map wyznaczone zostały lineamenty, a wyniki obliczeń przedstawiono na mapach.

Analizę szczelności uskoków przeprowadzono w celu sprawdzenia, czy istnieje ryzyko pionowej migracji zatłaczanego płynu szczelinującego, lub uwolnionych z górotworu węglowodorów wzdłuż potencjalnych stref uskokowych w dolnym paleozoiku. W zależności od budowy geologicznej i wielkości zrzutu strefa uskokowa może stanowić barierę jak również ścieżkę migracji płynów obecnych w górotworze. W celu określenia charakteru uskoków (szczelności lub drożności) wykonuje się analizę ich szczelności.

Większość analiz szczelności uskoków obejmuje określenie wielkości zrzutu na uskoku, przedstawienie superpozycji warstw wzdłuż powierzchni uskokowej i określenie właściwości parametrów uszczelnienia uskoku takich jak np. parametr zailenia uskoku (SGR – Shale-Gauge Ratio). W przypadku, gdy analizowany obszar pokryty jest dużą ilością danych geologicznych i geofizycznych możliwe jest stworzenie 3D modelu budowy geologicznej i wykonania bardziej szczegółowej analizy. Ze względu na niewielką ilość danych do analizy, w opracowaniu przedstawiono wyłącznie wyniki analizy parametru SGR. Tym samym wykonana analiza szczelności jest niepełna i w miarę napływu nowych danych powinna być wykonana dokładniejsza analiza.

Skały uskokowe powstają w efekcie dezintegracji mechanicznej przemieszczanych wzdłuż uskoków skał. W zależności od litologii rozciętych uskokiem skał mogą powstać odmienne skały uskokowe takie jak np. mączka kataklastyczna, czy „smar” ilasty (Fischer & Knipe 1998).

Jednym z głównych mechanizmów tworzenia bariery dla migracji fluidów w górotworze jest rozsmarowywanie substancji ilastej wzdłuż powierzchni uskokowej (rys. 2.1).



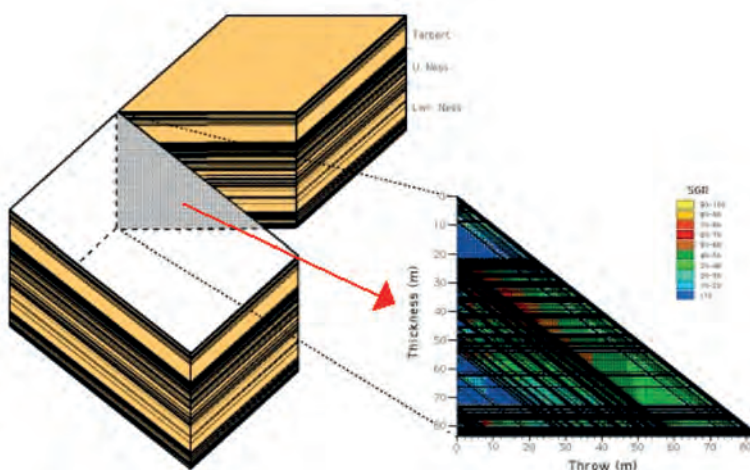
**Rys. 2.1.** Przykład powierzchni uskokowej pokrytej „smarem” ilastym, formę smaru stanowi łupek miedzionośny (T1). Spąg cechsztynu na monoklinie przedsudeckiej.

Zazwyczaj analizę szczelności uskoków wykonuje się dla interwałów, w których znajdują się naprzemianległe poziomy skał zbiornikowych (piaskowce, wapień) i skał uszczelniających (iłowce, łupki ilaste). Analizowany interwał obejmujący poziom perspektywiczny pod względem występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodórów charakteryzuje się generalnie jednolitym wykształceniem litologicznym, w postaci skał ilastych i mułowcowych o słabych właściwościach zbiornikowych. Wydzielenia te są dobrym poziomem uszczelniającym. Wyjątek stanowi interwał objęty procesem szczelinowania, który zostaje wtórnie zmieniony w poziom zbiornikowy poprzez stworzenie sieci spękań.

Uskoki przecinające strefę objętą zasięgiem szczelin powstałych w procesie szczelinowania stanowią potencjalne zagrożenie związane z migracją płynów złożowych. W celu oszacowania możliwości zajścia wycieku płynów złożowych wykonano wstępną analizę szczelności uskoków opartą na parametrze SGR.

Analizy wykonano przy użyciu programu TRIANGLE, który jest dostępny w oprogramowaniu Trap-Tester firmy Badley Geoscience. Przy pomocy tego programu wykreślić można diagramy superpozycji poziomów zbiornikowych i uszczelniających jak i oszacować parametr SGR.

Parametr SGR jest obliczany i analizowany na diagramach (rys. 2.2) generowanych w programie TRIANGLE na podstawie ilości i miąższości poziomów ilastych w profilu otworu. Przyjmując klasyfikację proponowaną przez Yieldinga et al. (1997) założyć można, że wartości SGR poniżej 20% (lub współczynnik < 0.2) wykazują obecność kataklazytów rozwiniętych w jądrze uskoku co wiąże się z drożnością uskoku. Wartości parametru w przedziale 0,2–0,6 SGR wskazują na częściowo uszczelniający charakter analizowanego uskoku. Dla SGR powyżej 0,6 przyjmuje się, że uskok może być uznany jako uszczelniający (Yielding et al., 1997).



**Rys. 2.2.** Blokdiagram (z lewej) obrazujący model uskoku i trójkąt interpretacyjny (z prawej) ilustrujący superpozycję interwałów zbiornikowych i warstw uszczelniających wraz z obliczonym parametrem SGR (materiały szkoleniowe firmy Badley Geoscience).

Na przedstawionym na rysunku 2.2 trójkącie interpretacyjnym czarne poziome pola oznaczają warstwy ilaste w skrzydle wiszącym, natomiast ukośne czarne pola odpowiadają poziomom ilastym w skrzydle zrzuconym. Kolory na diagramie oznaczają zmianę wartości parametru SGR informującego o szczelności uskoku w odniesieniu do rozprowadzenia frakcji ilastej wzdłuż powierzchni uskoku.

Dane przekazane przez Operatorów nie zawsze były wystarczające do wykonania podstawowych analiz szczelności uskoków. Dopiero udostępnienie aktualnych danych karotażowych oraz sejsmicznych, uzupełnionych wynikami badań laboratoryjnych rdzeni, w połączeniu ze szczegółową interpretacją strukturalną pozwoliłoby na oszacowanie szczelności uskoków.

### 2.1.3 Ocena warunków hydrogeologicznych

Oceny warunków hydrogeologicznych poszczególnych poligonów badawczych dokonano w ramach prac kameralnych, które uzupełniono pracami terenowymi (kartowanie hydrogeologiczne).

W ramach prac kameralnych oceny dokonano na podstawie danych archiwalnych obejmujących materiały w wersji papierowej, elektronicznej i cyfrowej oraz na podstawie informacji przekazanych przez Operatorów.

W trakcie prac terenowych dane uzupełniono o informacje położenia zwierciadła wód podziemnych badanych poziomów wodonośnych.

Zebrane i przeanalizowane materiały archiwalne obejmowały:

- opracowania kartograficzne (Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 – pierwszy poziom wodonośny, użytkowe poziomy wodonośne; Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000; mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie w skali 1:500 000 i inne),
- dokumentacje regionalne (np. dokumentacje GZWP),
- informacje o obiektach hydrogeologicznych (Centralny Bank Danych Hydrogeologicznych),
- informacje o monitoringu wód podziemnych,
- charakterystyki jednolitych części wód podziemnych,
- informacje o obiektach oddziaływujących na stan wód powierzchniowych i podziemnych,
- mapy podziału hydrograficznego kraju.

Rozpoznanie warunków występowania poziomów wodonośnych, dynamiki wód podziemnych (kierunków przepływu wód) oraz zweryfikowanie ilości otworów hydrogeologicznych ujmujących poszczególne poziomy wodonośne pozwoliło na wstępne opracowanie koncepcji oraz zaprojektowanie monitoringu na poligonach badawczych.

Na podstawie przeprowadzonej oceny warunków hydrogeologicznych przygotowano lub uzupełniono już istniejące przekroje hydrogeologiczne.

Informacja o warunkach hydrogeologicznych została uzupełniona o dane aktualne przekazane przez Operatorów. Do celów analizy hydrogeologicznej i uzupełnienia przekrojów wykorzystano przede wszystkim informacje dotyczące studni wierconych lub piezometrów wykonywanych przez Operatorów na potrzeby funkcjonowania zakładów (np. profile geologiczne, informacje o położeniu zwierciadła wód podziemnych).

Zestawienie wszystkich zebranych materiałów pozwoliło na opracowanie koncepcji do wykonania modeli numerycznych na potrzeby określenia procesów hydrogeologicznych.

Należy zaznaczyć, że poligony badawcze różniły się stopniem rozpoznania warunków hydrogeologicznych. Było to uwarunkowane zarówno dostępnością materiałów archiwalnych jak i zakresem danych przekazanych przez Operatorów.

### 2.1.4 Ocena warunków środowiskowych

Kompleksową charakterystykę poligonów badawczych uzupełnia określenie warunków środowiskowych, przestrzennych i społeczno-ekonomicznych w sąsiedztwie odwiertów.

Podstawowe źródło danych geośrodowiskowych stanowiła Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami. Wykorzystano arkusze: Dzierzgoń, Lębork, Łęczyce, Nielisz, Sawin, Siedliszcze, Skarszewy, Sławoszyno, Stężyca. Objaśnienia do ww. mapy dostarczyły danych

m.in. w zakresie krajobrazu, obszarów cennych przyrodniczo, klimatu i zagospodarowania przestrzennego.

Z zasobów Narodowego Archiwum Geologicznego wykorzystano dokumentację geologiczną i geologiczno-inżynierskie oraz hydrogeologiczne dotyczące złóż i przedsięwzięć realizowanych w otoczeniu analizowanych lokalizacji. Wykorzystano również bazę danych MIDAS o złożach surowców.

Wykorzystano publicznie dostępne (on-line) dokumenty strategiczne samorządów lokalnych, gminne i powiatowe: programy ochrony środowiska, strategie rozwoju lokalnego, studia kierunków i uwarunkowań zagospodarowania przestrzennego. Dostępność, aktualność i zakres informacji dla tego rodzaju źródeł danych jest zróżnicowana.

Informacje te weryfikowano i aktualizowano w oparciu o dane zawarte w Banku Danych Lokalnych GUS (BDL GUS). BDL GUS zawiera szereg użytecznych informacji dotyczących m.in.: gospodarki komunalnej i ochrony środowiska, stanu ludności oraz sytuacji gospodarczej, które są prezentowane w ujęciu gminnym lub powiatowym.

Korzystano również z informacji zawartych w publikacjach naukowych (m.in. dotyczących podziału fizycznogeograficznego Polski, klimatu w regionie poligonu badawczego, sieci ECONET) oraz z materiałów udostępnionych przez Operatorów, takich jak inwentaryzacje przyrodnicze, raporty o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko sporządzone dla potrzeb wydania koncesji, decyzje dotyczące środowiskowych uwarunkowań realizacji przedsięwzięcia (decyzje środowiskowe) itp.

## 2.2 Zmiany powierzchni terenu

Analizy zmiany powierzchni terenu dokonano na dwóch wybranych poligonach badawczych. Badania zostały wykonane na potrzeby stwierdzenia:

- wpływu działalności zakładu wykonującego roboty geologiczne na ilościową ocenę skali przekształceń morfologii i krajobrazu – w obrębie poligonu badawczego Wysin,
- wpływu zabiegu szczelinowania hydraulicznego na rozwój ruchów masowych w zboczu położonym we wschodniej granicy zakładu Stare Miasto.

W obu przypadkach wykorzystano metodę wysokorozdzielczego, naziemnego skaningu laserowego (*LiDAR*). Pomiar bazowy, przed pracami na poszczególnych lokalizacjach, wykonano urządzeniem RIEGL VZ-400, z wykorzystaniem wiązki laserowej o szerokości 0,04° i 0,08° (tylko na poligonie Wysin) z uwzględnieniem poprawek na wysokość nad poziomem morza (wartość ciśnienia atmosferycznego) oraz wilgotność powietrza.

Na poligonie badawczym Wysin, po przerwaniu prac przez Operatora i demontażu wiertni, nie wykonano zdjęcia porównawczego, ze względu na fakt, że ewentualne zmiany nie były ostateczne i Operator zamierza wrócić na teren zakładu Wysin w celu prowadzenia dalszych prac poszukiwawczych.

Na poligonie badawczym Stare Miasto kolejny pomiar, mający na celu wykrycie ewentualnych deformacji powierzchni terenu (zbocza), wykonano po 3 tygodniach od zabiegu szczelinowania hydraulicznego. W celu wykonania możliwie najdokładniejszych pomiarów badanego obszaru, dla uzyskania największego pokrycia, ustawiano skaner i dokonywano pomiaru w dziesięciu kolejnych lokacjach.

Efektem badań jest numeryczny model terenu (NMT) powstały w wyniku porównania powierzchni dla dwóch kolejnych NMT (z dwóch serii pomiarowych). Powstały obraz NMT analizowano z wykorzystaniem metody wektorów normalnych.

Do przeprowadzenia analizy przestrzennej posłużono się danymi punktowymi – chmurami punktów oraz modelami NMT (w tym wysokościowymi) stanowiącymi nieregularne siatki trójkątów TIN, a także jednym i drugim rodzajem danych na raz. Za pomocą danych punktowych opisany jest cały zakres danych zebranych w trakcie prac terenowych. Obecność roślinności oraz rozmaitych obiektów niebędących częścią podłoża również opisano chmurą punktów. NMT dla lepszej wizualizacji wykonano za pomocą uśrednionej siatki GRID o interwale 5 cm.

Naziemny skaningu laserowy jest uznaną metodą geodezyjną umożliwiającą uzyskanie szczegółowej, quasi-ciągłej informacji topograficznej, a więc dokładne oraz precyzyjne obrazowanie terenu.

Począwszy od początku XXI wieku jest upowszechniany jako teledetekcyjna metoda umożliwiająca analizę zmian na podstawie zbiorów współrzędnych punktów w przestrzeni trójwymiarowej, stanowi alternatywę dla stosowanych w latach wcześniejszych metod fotogrametrycznych (oraz klasycznych metod geodezyjnych). Istotną zaletą skaningu laserowego jest możliwość zapisu, wykrywania i monitoringu deformacji powierzchni (m. in. Girardeau-Montaut, 2005, Tsakiri i in., 2006, Monserrat & Crosetto, 2007, Buckley i in., 2008).

Na dokładność pomiaru poza obecnością wegetacji wpływają czynniki meteorologiczne, np. zachmurzenie. Obrazowanie powierzchni terenu z wykorzystaniem TLS nie może być prowadzone w trakcie występowania opadów atmosferycznych. Wykonywanie zobrazowań zalecane jest przy niewielkim wietrze i w dodatniej temperaturze. Na prędkość propagacji fal elektromagnetycznych ma również wpływ wysokość nad poziomem morza (wartość ciśnienia atmosferycznego) i wilgotność powietrza – wartości, które należy uwzględnić w trakcie pomiarów.

## 2.3 Hałas

Pomiary poziomu hałasu wykonuje się w celu określenia uciążliwości dla okolicznych mieszkańców spowodowanej określoną działalnością. Normy prawne posługują się pojęciem równoważnego poziomu dźwięku, czyli takiego stałego poziomu hałasu wyrażonego w decybelach, który w tym samym czasie powoduje taki sam skutek jak rzeczywisty hałas zmienny. Jedynym sposobem zmierzenia takiej wielkości jest ciągle monitorowanie rzeczywistego poziomu hałasu i wyznaczanie na tej podstawie wielkości stosowanej w normach prawnych: równoważnego poziomu hałasu  $L_{Aeq,T}$  odnoszącego się do określonego czasu uśredniania T.

Dla określenia poziomu hałasu na terenie poligonów badawczych, w trakcie prac poszukiwawczych źródeł niekonwencjonalnych węglowodorów, niezbędne są równoczesne pomiary poziomu hałasu u jego źródła oraz w miejscach zamieszkania ludności. Z tego powodu pomiary poziomu hałasu wykonywano w sposób ciągły równolegle w dwóch miejscach: u źródła hałasu (w pobliżu zakładu) oraz w miejscu reprezentatywnym (w pobliżu najbliższych zabudowań) zamieszkałym przez ludzi.

Podstawą prawną określającą dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 826, zmienione).

Równoważny poziom dźwięku dla pory dnia  $L_{Aeq,D}$  (rozumianej jako przedział czasu od godz. 6<sup>00</sup> do godz. 22<sup>00</sup>) odnosi się do najmniej korzystnych 8 kolejnych godzin w ciągu dnia, a równoważny poziom dźwięku dla pory nocy  $L_{Aeq,N}$  (rozumianej jako przedział czasu od godz. 22<sup>00</sup> do godz. 6<sup>00</sup>) odnosi się do najmniej korzystnej 1 godziny w ciągu nocy. Dopuszczalne poziomy hałasu zależą od przeznaczenia terenu, które określa się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Na obszarach poligonów badawczych brak obowiązujących planów, dlatego na potrzeby niniejszego projektu przyjęto dopuszczalne poziomy hałasu dla „zabudowy zagrodowej” wynoszące odpowiednio: 55 dB dla pory dnia i 45 dB dla pory nocy.

Pomiary poziomu hałasu wyrażonego jako równoważny poziom dźwięku wykonywano przy użyciu dwóch cyfrowych analizatorów rejestrujących dźwięk DSA-50 produkcji firmy SONOPAN – posiadających aktualne świadectwa wzorcowania, tj.: DSA-50, nr 357/2012 – świadectwo nr 315/OUMI-6/12/01 z dnia 3 września 2012 – klasa 1 oraz DSA-50, nr 358/2012 – świadectwo nr 315/OUMI-6/12/02 z dnia 3 września 2012 – klasa 1 (pozostałe pomiary). Do września 2012 r. używano miernika ręcznego IM-10 klasa 2.

Prawidłowość odczytów kontrolowano okresowo przy pomocy homologowanego kalibratora Akustycznego KA-50, nr fabr. 436/12 świadectwo nr 315/OUMI-6/12/04 z dn. 3.09.2012 – klasa 1.

Pomiary hałasu na tle etapu prac Operatorów przedstawia tabela 2.1.

Czas rejestracji, uzależniony od aktualnych warunków, wynosił od 24 godzin do 360 godzin. Jeden z rejestratorów umieszczano na terenie zakładu, a drugi w pobliżu domostwa najbardziej narażonego na hałas, w miejscu zapewniającym bezpieczeństwo wobec możliwości wandalizmu lub kradzieży (z wyjątkiem lokalizacji Wysin i Zawada).



Tabela 2.1. Harmonogram pomiarów hałasu

Nazwa poligonu	Pomiary hałasu				
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Proces wiercenia	Zabieg szczelinowania hydraulicznego	Po zakończeniu prac przez Operatora
Lubocino		✓	✓	✓	✓
Stare Miasto		✓		✓	✓
Syczyn		✓		✓	
Wysin	✓		✓		
Zawada	✓		✓	✓	
Gapowo		✓	✓	✓	

Podczas pomiarów mikrofony wyposażone w tzw. „osłony wszechpogodowe” umieszczano na masztach o wysokości 4 m, a mierniki pracowały w specjalnych walizkach zawierających dodatkowe akumulatory o dużej pojemności. Walizki stanowiły zabezpieczenie miernika przed wpływem warunków pogodowych, zwłaszcza wilgocią.

## 2.4 Powietrze atmosferyczne

Dla określenia stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wykorzystano Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2010, Nr 16, poz. 87).

Z listy zamieszczonej w Załączniku 1 do tego rozporządzenia, w próbkach powietrza pobieranych w okolicy poligonów badawczych wytypowano do oznaczania takie związki, których stężenie w powietrzu mogłyby potencjalnie wzrosnąć w wyniku prac prowadzonych na terenie zakładów:

- dwutlenek siarki,
- suma tlenków azotu w przeliczeniu na  $\text{NO}_2$ ,
- metan,
- suma węglowodorów alifatycznych o liczbie atomów węgla w cząsteczce  $\text{C}_2\text{--C}_{12}$ ,
- suma lotnych związków organicznych (LZO) w przeliczeniu na metan (suma LZO jest parametrem opisującym obecność w powietrzu związków pochodzenia antropogenicznego i pochodzenia biogenego),
- benzen,
- suma BTEX (mieszanina zawierająca węglowodory monoaromatyczne: benzen, toluen, etylobenzen, styren i izomery ksylenu).

Opróbowanie powietrza atmosferycznego oraz pomiary zapylenia na tle etapów prac Operatorów zakładów przedstawia odpowiednio tabela 2.2 i tabela 2.3.

Pomiary zapylenia wykonane zostały na wysokości 1,5 m n.p.t., natomiast pomiary pozostałych substancji w przedziale 0,5–1,0 m. n.p.t..

Próbki dla oznaczania  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  pobierano przesysając po 60 dm<sup>3</sup> badanego powietrza przez płuczki zawierające 25 ml 0,1M roztworu NaOH i 3% wody utlenionej. Próbki dla oznaczania benzenu i BTEX pobierano zasysając po 1 dm<sup>3</sup> badanego powietrza przez rurki sorpcyjne wypełnione sorbentem Tenax TA 30–60 mesh. Próbki dla oznaczenia metanu, węglowodorów  $\text{C}_2\text{--C}_{12}$  i sumy LZO pobierano zasysając badane powietrze do worków z tedlaru.

Podczas pobierania próbek powietrza, dwutlenek siarki oraz tlenki azotu zostają utlenione odpowiednio do siarczanów i do azotanów. Siarczany i azotany oznaczane zostają z wykorzystaniem chromatografii jonowej. Metan oznaczano metodą chromatografii gazowej. Węglowodory alifatycz-

ne  $C_2-C_{12}$  oznaczano metodą chromatografii gazowej w połączeniu z techniką desorpcji termicznej (GCTD). Po 300 cm<sup>3</sup> badanego powietrza z worków z tedlaru przysysano przez rurki sorpcyjne wypełnione dwiema warstwami adsorbentów: Tenax TA 30/60 mesh i Carbosieve S III 80/100 mesh. Rurki sorpcyjne z zaadsorbowanymi na ich złożach analitami umieszczano w desorberze, gdzie anality były desorbowane termicznie i w strumieniu gazu nośnego przenoszone do kolumny chromatograficznej. Lotne związki organiczne (LZO) w przeliczeniu na metan oznaczano metodą chromatografii gazowej. Benzen i sumę BTEX oznaczano metodą chromatografii gazowej w połączeniu z techniką desorpcji termicznej (GCTD).

**Tabela 2.2.** Harmonogram opróbowania powietrza atmosferycznego

Nazwa poligonu	Opróbowanie powietrza atmosferycznego					
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Proces wiercenia	Zabieg szczelinowania hydraulicznego	Testy gazowe	Po zakończeniu prac przez Operatora
Lubocino			✓	✓	✓	✓
Stare Miasto			✓	✓		✓
Syczyn		✓		✓		
Wysin	✓		✓			
Zawada	✓		✓	✓		
Łebień	nd*					
Gapowo		✓	✓	✓	✓	✓

\* nd: nie dotyczy, kontynuacja badań archiwalnych

**Tabela 2.3.** Harmonogram pomiarów zapylenia

Nazwa poligonu	Pomiary zapylenia					
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Proces wiercenia	Zabieg szczelinowania hydraulicznego	Testy gazowe	Po zakończeniu prac przez Operatora
Lubocino			✓		✓	
Stare Miasto						
Syczyn			✓	✓		
Wysin			✓			
Zawada	✓			✓		
Łebień	nd*					
Gapowo		✓	✓	✓	✓	✓

\* nd: nie dotyczy, kontynuacja badań archiwalnych

Zawartość pyłu w powietrzu oznaczano metodą filtracyjno-wagową, zgodnie z normą PN-91/Z-04030/05. Przy pomocy aspiratora zasysano powietrze z szybkością 35 dm<sup>3</sup>/min przez filtr polipropylenowy. Czas przepływu powietrza przez filtr wynosił 20 minut, a jego objętość – 0,7 m<sup>3</sup>.

Masę pyłu zatrzymanego na filtrze pomiarowym obliczano jako różnicę mas filtra przed i po pobraniu próbki pyłu. Przed każdym ważeniem filtr kondycjonowano w eksykatorze nad KOH. Zawartość pyłu całkowitego wyrażano w mg/m<sup>3</sup>. Próg czułości oznaczenia podczas badań stanu początkowego i wiercenia wynosił 200 µg/m<sup>3</sup>, podczas szczelinowania 40 µg/m<sup>3</sup>.

Uzyskane wyniki porównano z wartościami odniesienia wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu, Dz. U. 2010 Nr 16, poz. 87. W przypadku pyłu zawieszzonego, rozporządzenie określa wartości odniesienia dla pyłu PM<sub>10</sub>. Zawartość pyłu PM<sub>10</sub> nie może być większa od zawartości całkowitej, więc zastosowanie wartości odniesienia PM<sub>10</sub> dla wyniku uzyskanego w trakcie pomiarów zastosowaną metodą należy uznać za wiarygodne i dopuszczalne.

## 2.5 Grunt

### 2.5.1 Badania gruntów

Badania gruntów na poligonach badawczych obejmowały: pobór próbek do analiz chemicznych oraz wykonanie (w niektórych przypadkach) badań sondą SL w celu określenia wartości względnych zagęszczenia gruntów przed powstaniem i po zakończeniu eksploatacji terenu zakładu.

Zakres badań różnił się na poszczególnych poligonach badawczych i zależał od harmonogramów prac Operatorów.

Z reguły pobór próbek gruntów polegał na pobraniu próbnikiem uśrednionej próbki z 9 punktów na powierzchni z kwadratu 2 x 2 m, co 1 m. Wyjątek stanowi pobór próbek z terenu zrehabilitowanego na poligonie badawczym Stare Miasto – próbki gruntów zostały pobrane w określonych punktach z głębokości ok. 20–40 cm p.p.t. oraz pobór próbek na poligonie badawczym Łebień z głębokości 0,2–0,3 m p.p.t. Próbki gruntu pobierane były sondą ręczną (ręcznym zestawem wiertniczym) Eijkelkamp.

Przy badaniach stanu początkowego miejsca poboru próbek wyznaczono na terenie przyszłego placu wiertni (poligony badawcze Wysin i Zawada). Poboru próbek gruntów dokonano również po wystąpieniu sytuacji awaryjnej na wiertni – poligon Stare Miasto (wypływ płynu pozabiegowego przez flarę). Wówczas punkty poboru próbek były uzależnione od miejsca wystąpienia awarii. W przypadku poligonu badawczego Łebień opróbowaniem objęto bezpośrednio otoczenie studni głębinowej oraz miejsce, w sąsiedztwie którego dokonywano przeładunku płynów technologicznych ze zbiornika ziemnego do autocystern.

Zestawienie badań gruntów na poszczególnych poligonach badawczych na tle prac Operatorów przedstawia tabela 2.4.

**Tabela 2.4.** Harmonogram badań gruntów

Poligon badawczy	Liczba zbadanych próbek gruntów					
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Po zakończeniu wiercenia	Zabieg szczelinowania hydraulicznego	Po zakończeniu prac przez Operatora	Po 1–2 latach od zabiegu szczelinowania hydraulicznego
Lubocino	–	–	–	–	–	–
Stare Miasto	–	–	–	4	–	6
Syczyn	–	–	–	–	–	–
Wysin	3	–	–	–	–	–
Zawada	3	–	–	–	–	–
Łebień	–	–	–	–	–	5
Gapowo	–	–	–	–	–	–

We wszystkich próbkach gruntów dokonano oznaczenia związków węglowodorowych w laboratorium AGH (w oparciu o Polską Normę PN-C-04565-01:1982 oraz Niemiecką Normę DIN 38409). Zastosowana metoda polegała w pierwszej kolejności na oznaczeniu w badanych próbkach gruntów wilgotności. Następnie około 3 gram surowej próbki mieszano intensywnie w żelaznym krzemionkowym szeroko porowym. Czynność tę wykonywano w celu usunięcia z próbki wilgoci. Do tak przygotowanej próbki dodawano 10 cm<sup>3</sup> tetrachloroetyleny. W celu uwolnienia związków węglowodorowych zaabsorbowanych w kompleksie sorpcyjnym gruntu próbkę traktowano ultradźwiękami. W kolejnym kroku rozdzielano fazę stałą od fazy ciekłej z wykorzystaniem nuczki filtracyjnej. W otrzymanym roztworze dokonywano rejestracji widm absorpcyjnych w podczerwieni na spektrometrze BIO-RAD FTIR-165. Widma te rejestrowane były w zakresie liczb falowych 2900–3150 cm<sup>-1</sup>. Na podstawie wysokości pasm absorpcyjnych pochodzących od drgań rozciągających grup CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> oraz C<sub>ar</sub>H określono zawartość węglowodorów aromatycznych, alifatycznych, oleju mineralnego (C<sub>12</sub>–C<sub>35</sub>) oraz benzyn (C<sub>6</sub>–C<sub>12</sub>).

Na poligonie badawczym Łebień badania laboratoryjne próbek gruntów zostały wykonane w laboratorium AGH w następującym zakresie:

- przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW) – metodą konduktometryczną (ekstrakt wodny w stosunku podłoże:woda – 1:5 wg PN-EN 13652),
- substancje powierzchniowo czynne anionowe (SPCA) – metodą spektrofotometrii przepływową (CFA) w oparciu o PN-EN 903:2002,
- ogólny węgiel organiczny (OWO) – metodą spektrofotometrii w podczerwieni (IR),
- Fe, Mn, B, Ba, Na, Ca, K – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA),
- Cl, Br – metodą Mohra (argentometryczną), (ekstrakt wodny w stosunku podłoże:woda – 1:5 wg PN-EN 13652),
- NO<sub>3</sub> – metodą fotometryczną opartą na PN-82/C-04576.09, (ekstrakt wodny w stosunku podłoże:woda – 1:5 wg PN-EN 13652),
- NH<sub>4</sub> – metodą w oparciu o PN-75/C-04576,

fenole (indeks fenolowy) – metodą spektrofotometryczną w oparciu o PN-ISO 6439:1994,

- benzyny C<sub>6</sub>–C<sub>12</sub>, oleje mineralne C<sub>12</sub>–C<sub>35</sub>, oleje mineralne (indeks) C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> – metodą chromatografii gazowej, w oparciu o Polską Normę PN-C-04565-01:1982 oraz Niemiecką Normę DIN 38409.

Dodatkowo próbki gruntów z poligonu Stare Miasto (po wystąpieniu sytuacji awaryjnej na wiertni) zostały przebadane w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie pod kątem:

- zawartości poszczególnych frakcji mineralnych, zgodnie z procedurą badawczą PB 40, ed. 3 z dn. 14.02.11 r.,
- zawartości próchnicy, zgodnie z procedurą badawczą PB 01, ed. 4 z dn. 15.10.09 r.,
- zawartości jonów K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> i Mg<sup>++</sup> oraz kwasów huminowych, metodą opracowaną przez IUNG w Puławach,
- zawartości składników przyswajalnych: fosforu, potasu i magnezu, zgodnie z normami: PN-R-04023:1996, PN-R-04022:1996 + Az 1:2002 oraz PN-R-04020:1994 + Az 1:2004
- odczynu, zgodnie z procedurami PB 07 ed. 7 z dn. 15.10.09 i PB 31 ed. 4 z dn. 15.10.09 r.

Badania sondą SL zostały wykonane dla sprawdzenia, czy długotrwałe obciążenie przez infrastrukturę serwisową wiercenia oraz zwałowany grunt może wpływać na zagęszczenie podglebia na obciążonym terenie. Polegały na wciśnięciu sondy na określoną głębokość za pomocą uderzeń liczonych na każde 10 cm głębokości. Zastosowana metoda analizy wyników polegała na porównaniu ilości uderzeń w sondowaniach wykonywanych w tych samych lokalizacjach przed powstaniem i po likwidacji obciążenia. Niestety ze względu na stan prac w poszczególnych zakładach, przyjęta metoda nie została w pełni wykorzystana. Udało się jedynie wykonać badania dla stanu początkowego na poligonach badawczych Wysin i Zawada. Dla poligonu badawczego Stare Miasto badania porównawcze stopnia zagęszczenia gruntów wykonano po rekultywacji terenu, biorąc jako odniesienie stan w przylegających obszarach użytkowanych rolniczo.

### 2.5.2 Powietrze gruntowe – składniki węglowodorowe

Celem badań atmogeochemicznych stanu początkowego było określenie naturalnego przypowierzchniowego pola rozkładu stężeń lekkich węglowodorów i dwutlenku węgla w powietrzu gruntowym na obszarze zakładów wykonujących roboty geologiczne. Znajomość tego pola dawałaby możliwość śledzenia ewentualnych zmian wywołanych czy to zanieczyszczeniem gruntu substancjami ropopochodnymi, pochodzącymi z powierzchni terenu czy dopływem gazu z przewierconych formacji geologicznych np. wzdłuż zarurowania odwiertu. Niestety tylko w przypadku dwóch lokalizacji – Wysina i Zawady udało się wykonać takie badania dla stanu naturalnego. Na reszcie poligonów badawczych badania stanu powietrza gruntowego pod kątem stężeń węglowodorów wykonywane były już w obecności zakładu, na różnych etapach zaawansowania robót geologicznych. Jednak przyjęto, że pierwsza seria badań będzie stanowić stan odniesienia dla kolejnych, wykonywanych po zakończeniu analizowanych etapów prac poszukiwawczych. Opróbowanie gazowe strefy przypowierzchniowej gruntów wykonane zostało z uwzględnieniem topografii terenu, zagospodarowania zakładu, przepisów ograniczających poruszanie się po terenie zakładu, a także merytorycznie uzasadnionym poborem przynajmniej kilku próbek wzdłuż prostopadłego rzutu krzywizny otworów kierunkowych na powierzchnię terenu.

Opróbowanie atmogeochemiczne prowadzono wykorzystując zestaw i metodykę opracowaną w Katedrze Surowców Energetycznych AGH w Krakowie (Dzieniewicz, Sechman, 2002). Polegało ono na zassaniu powietrza gruntowego z głębokości ok. 1,2 m za pomocą specjalnej sondy i gazoszczelnej strzykawki. Zastosowana głębokość opróbowania, w świetle badań eksperymentalnych (Dzieniewicz i in., 1978, 1985; Sechman, 2006) oraz światowych danych literaturowych jest najbardziej optymalna. Z jednej strony eliminuje ona znaczący wpływ czynników zewnętrznych, z drugiej bada strefę przypowierzchniową gruntu. Sposób i metodyka pomiarów zapewnia sterylny pobór reprezentatywnych próbek, eliminując zakłócający wpływ atmosfery.

Geochemiczne punkty pomiarowe lokalizowano w terenie w oparciu o podkłady topograficzne, pomiary azymutów i odległości za pomocą urządzenia GPS Oregon 550t firmy Garmin. W każdym punkcie pomiarowym określono również współrzędne (w układzie PUWG 1992). Rozmieszczenie siatki pomiarowej na poszczególnych poligonach badawczych dostosowano do warunków zagospodarowania wiertni oraz przepisów poruszania się w bezpośrednim sąsiedztwie wiertni.

Na każdym poligonie badawczym wykonano dwie serie pomiarowe: dla stanu początkowego lub zastanego oraz po zakończeniu przez poszczególnych Operatorów zabiegów szczelinowania hydraulicznego. Wyjątek stanowi poligon badawczy Wysin, gdzie Operator przerwał roboty geologiczne po zakończeniu wiercenia pionowego i w porozumieniu z Zamawiającym zdecydowano nie badać na tym etapie pola rozkładu stężeń lekkich węglowodorów i dwutlenku węgla w powietrzu gruntowym, a wykonano jedynie wskaźnikowe pomiary stężenia metanu pod folią izolującą podłoże pod terenem zakładu.

Ze względu na wysokie wyniki stężeń węglowodorów uzyskane już w pierwszej serii badań, w rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne Syczyn, wykonano dodatkową serię badań po zakończeniu wiercenia otworu kierunkowego Syczyn OU-2K. Tu również oraz wokół zakładu Zawada przeprowadzono badania po upływie roku od zakończenia testów produkcyjnych po zabiegach stymulacji z wykorzystaniem szczelinowania hydraulicznego.

Badania gazu gruntowego na poszczególnych poligonach badawczych na tle prac Operatorów przedstawia tabela 2.5.

Każdorazowo przed przystąpieniem do poboru próbki mieszaniny gazowej, sondę oczyszczano z zawartości powietrza atmosferycznego i ewentualnych zanieczyszczeń. W tym celu przed wbiciem do warstw przypowierzchniowych, następowało jej kilkukrotne przedmuchiwanie 100 ml strzykawką używaną do poboru próbki. Zabieg ten prowadzono w bezpośrednim sąsiedztwie planowanego miejsca opróbowania. W związku z tym wprowadzone do sondy powietrze atmosferyczne uwzględnia potencjalną emanację badanych składników uchodzących w tym rejonie do atmosfery. Następnie sondę wbijano do głębokości opróbowania. Wywołanie przy pomocy strzykawki podciśnienia w układzie sonda – strzykawka pozwalało na zassanie – pobór gazu, wypełniającego wolne przestrzenie w środowisku skalnym. Założone objętości pobieranych próbek wynosiły 100 ml.

**Tabela 2.5.** Harmonogram badań węglowodorów w próbkach powietrza gruntowego

Poligon badawczy	Liczba zbadanych próbek powietrza gruntowego					
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Po zakończeniu wiercenia	Zabieg szczelninowania hydraulicznego	Po zakończeniu prac przez Operatora	Po 1–2 latach od zabiegu szczelninowania hydraulicznego
Lubocino	–	25	–	–	25	–
Stare Miasto	–	23	–	–	23	–
Syczyn	–	25	36	–	53	53
Wysin	23	–	10*	–	–	–
Zawada	20	–	–	–	25	51
Łebień	–	–	–	–	–	16
Gapowo	–	20	–	–	20	–

\* tylko stężenie metanu

Pobrane próbki gazu przetłaczano ze strzykawki do pojemnika (buteleczki), całkowicie wypełnionego stężonym roztworem czystego chemicznie chlorku sodu. Wprowadzona przez gumową membranę korka odprowadzająca igła iniekcyjna wyrównując ciśnienia, umożliwiła wypływ nadmiaru solanki, miejsce której zajmowała próbka gazowa. Objętości pobranej próbki i butelki pozwalają na pozostawienie w niej części roztworu. Sposób ten zapewniał sterylizację pojemnika na próbkę oraz jego szczelność w czasie transportu do laboratorium (w pozycji do góry dnem). Ponadto utrudniając rozpuszczalność gazów, pozwalał równocześnie na obserwację napełniania w terenie oraz poboru próbki gazowej w laboratorium do analiz chromatograficznych (Dzieniewicz, Sechman, 2001, 2002).

Analizę składu cząsteczkowego próbek powietrza gruntowego wykonano metodą chromatografii gazowej. Rozdziały chromatograficzne pobranych próbek gazu gruntowego wykonano w Katedrze Surowców Energetycznych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Pobrane próbki analizowano pod kątem obecności metanu i kolejnych homologów (etan, propan, i-butan, n-butan, neo-pentan, i-pentan, n-pentan), gazowych alkenów (etylen, propylen, 1-buten), helu, wodoru oraz dwutlenku węgla. Taki zakres oznaczeń jest niezbędny dla oceny charakteru źródeł emanacji i przyczyn ich obecności w powietrzu gruntowym (migracje od wgłębnych akumulacji węglowodorów, efekty współczesnych procesów biochemicznych, zanieczyszczenia antropogeniczne).

Analizy pobranych próbek wykonano metodą chromatografii gazowej wykorzystując detekcję płomieniowo-jonizacyjną i ciepło-przewodnościową. Oznaczeń węglowodorów dokonano na aparacie GC 8160 firmy FISON Instruments z dokładnością do 0,005 ppm stosując następujące parametry pracy:

- kolumna metalowa o długości 1,3 m wypełniona Activated Alumina (mesh 100/120),
- gaz nośny – hel (60 ml/min),
- gazy robocze z generatorów: wodór (26 ml/min), powietrze (300 ml/min),
- programowana temperatura termostatu: 80°C – 3 min, narost: 80°C do 200°C (20°C/min), 200°C – 3 min,
- temperatura detektora FID – 270°C,
- temperatura komory iniekcyjnej – 100°C,
- objętość analizowanej próbki – 2 ml.

Dozowanie próbek przeprowadzone zostało ręczne za pomocą gazoszczelnej strzykawki, przy czym przed i po każdej serii (10–15 próbek), wykonane zostały nastrzyki mieszanek wzorcowych w celu kalibracji oraz ewentualnej rekaliibracji analizatora.

Oznaczenia helu, wodoru i dwutlenku węgla przeprowadzono na aparacie firmy CARLO ERBA Instruments stosując, następujące parametry pracy:

- kolumna metalowa o długości 2,5 m wypełniona sitami molekularnymi 5A (dla helu i wodoru) i porowatym polimerem (dla dwutlenku węgla),
- gaz nośny – argon (30 ml/min),
- temperatura termostatu – 65°C – stała,
- temperatura detektora TCD (baza – 60°C, włókna – 180°C),
- objętość analizowanej próbki – 2 ml (przy użyciu dziesięciodrożnego, automatycznego zaworu dozującego firmy VALCO).

Dozowanie prób przeprowadzone zostało przy użyciu dziesięciodrożnego, automatycznego zaworu dozującego firmy VALCO.

Analizę jakościową chromatogramów przeprowadzono przy użyciu certyfikowanych gazów kalibracyjnych firmy SUPELCO i ALLTECH, uzyskując przy założonych parametrach pracy analizatora, następujące czasy retencji dla analizowanych składników:

- metan: 0,66 min
- etan: 1,32 min
- etylen: 1,97 min
- propan: 3,43 min
- propylen: 5,20 min
- i-butan: 6,01 min
- n-butan: 6,45 min
- 1-buten: 7,80 min
- neo-pentan: 8,55 min
- i-pentan: 8,85 min
- n-pentan: 9,02 min
- hel: 1,59 min
- wodór: 1,74 min
- dwutlenek węgla: 8,97 min.

Analizę ilościową wykonano w oparciu o znane stężenia poszczególnych składników w mieszaninach kalibracyjnych, przy zastosowaniu metody wzorca zewnętrznego.

Przy wzorcowaniu zewnętrznym wynik powstaje przez porównanie pików próbki analizowanej z odpowiadającymi im pikami próbki kalibrującej. Polega to na tym, że próbka i mieszanina wzorcowa o znanym składzie analizowana jest w tych samych warunkach. Sygnał detektora płomieniowo-jonizacyjnego pochodzący od wzorca ( $y_{wz}$ ) o znanym stężeniu ( $x_{wz}$ ) i próbki ( $y_{pr}$ ) jest liniowy, zatem stężenie próbki ( $x_{pr}$ ) obliczane jest według zależności (Cowper, DeRose, 1988):

$$x_{pr} = \frac{x_{wz} \times y_{pr}}{y_{wz}}$$

Cyfrową obróbkę i interpretację chromatogramów wykonano stosując specjalistyczny program integrujący PeakSimple. Próg wykrywalności detektora FID dla węglowodorów wynosi 0,005 ppm. Próg wykrywalności detektora TCD dla helu i wodoru wynosi 0,001% obj., dla dwutlenku węgla wynosi 0,01% obj.

W czasie analiz prowadzono kontrolę jakości wykonywanych oznaczeń. Polegały na powtórnych wykonywaniu analiz dla próbek o podwyższonych stężeniach metanu i jego homologów, a także rutynowo sprawdzano poprawność działania analizatora poprzez kontrolne wykonywanie nastrzyków mieszanek kalibracyjnych każdorazowo po ok. 10 kolejnych analizach.

Pomierzone stężenia składników gazowych w analizowanych próbkach powietrza gruntowego zestawiono tabelarycznie, przedstawiono kolejno gazowe homologi szeregu parafinowego – alkaniny (metan, etan, propan, i-butan, n-butan, neo-pentan, i-pentan, n-pentan), gazowe węglowodory nienasycone – alkeny (etylen, propylen, 1-buten), hel, wodór i dwutlenek węgla. Ponadto w oddzielnych kolumnach zestawiono sumy mikrokoncentracji alkanów  $C_2$ – $C_5$ , sumy alkenów  $C_2$ – $C_4$ . Sumy te ułatwiają interpretację uzyskanych wyników. Dodatkowo przedstawiono wielkości współczynników

$C_1/\Sigma(C_2-C_5)$  Wartości tych współczynników pozwalają na wstępną ocenę genetyczną źródła (źródeł) pochodzenia węglowodorów.

Dla oceny charakteru pomierzonych koncentracji oraz zbiorów wartości współczynników wyznaczono wartości minimalne, maksymalne, średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, medianę, a także udział danego składnika z wielkościami powyżej progu wykrywalności detektora chromatografu w ogólnej populacji pobranych próbek. Pomierzone, stężenia metanu, sumy alkanów  $C_2-C_5$ , sumy alkenów  $C_2-C_4$ , i dwutlenku węgla przedstawiono również graficznie. Zmiany pomierzonych stężeń przedstawiano albo w formie map rozkładów stężeń albo w formie kół o zróżnicowanej kolorystyce i średnicy. Interpolację danych na mapach wykonano metodą krigingu. Rozkłady w formie kół wykonywano wówczas, gdy punkty pomiarowe rozmieszczone były wzdłuż profili lub wokół terenu wiertni uszczelnionego folią i płytami betonowymi. W tym przypadku zmiany stężeń najczęściej przedstawiano wydzielając wśród pomierzonych zbiorów podzbiory w następujących zakresach: od wielkości minimalnej lub progu wykrywalności do wartości mediany, a następnie od wartości mediany, co rząd wielkości, aż do granicy obejmującej wartość maksymalną.

### Analiza składu trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla

Celem badań była próba określenia genezy węglowodorów obecnych w gazie gruntowym w rejonach wierzeń poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Ustalenie tej genezy pozwoliłoby na określenie czy podwyższone stężenia tych związków, zwłaszcza wokół zakładu Syczyn, ale też Lubocino i Zawada, mogą być spowodowane przez migrujący do góry gaz z przewiercanych formacji geologicznych, a co za tym idzie, czy są bezpośrednio wynikiem prac prowadzonych w zakładzie. Stosunki izotopowe określone w próbkach powietrza gruntowego odniesiono do wyników analogicznych badań wykonanych na próbkach gazów złożowych pobranych z otworów Lubocino-2H, Zwierzyniec-1 i Syczyn OU-2K. Wyniki tych badań pozostają też wartością odniesienia dla ewentualnie zarejestrowanych w przyszłości wzrostów stężeń, których genezę również trzeba będzie ustalić.

Ilość oznaczeń stosunków izotopowych na poszczególnych lokalizacjach przedstawia tabela 2.6.

**Tabela 2.6.** Harmonogram badań izotopowych w próbkach powietrza gruntowego

Poligon badawczy	Liczba oznaczeń stosunków izotopowych w węglowodorach powietrza gruntowego					
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Po zakończeniu wiercenia	Zabieg szczelinowania hydraulicznego	Po zakończeniu prac przez Operatora	Po 1–2 latach od zabiegu szczelinowania hydraulicznego
Lubocino	–	2	–	–	–	–
Stare Miasto	–	1	–	–	1	–
Syczyn	–	2	4	–	3	4
Wysin	–	–	–	–	–	–
Zawada	–	–	–	–	–	2
Łbień	–	–	–	–	–	2
Gapowo	–	–	–	–	–	–

Węgiel posiada dwa izotopy trwałe  $^{13}\text{C}$  i  $^{12}\text{C}$ , które różnią się masą jednego neutronu w jądrze. Średni stosunek występowania izotopów  $^{13}\text{C}$  i  $^{12}\text{C}$  w przyrodzie wynosi w przybliżeniu 1 : 90, co odpowiada masie atomowej węgla 12,011. Współczynnik trwałych izotopów węgla określa się za pomocą spek-



trometru masowego i podawany jest jako wartość  $\delta^{13}\text{C}$ . Wartość  $\delta^{13}\text{C}$  jest ilorazem różnicy między stosunkiem izotopowym analizowanej próbki i wzorca PDB, a stosunkiem izotopowym tego wzorca:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{próbka}} - {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{PDB}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{PDB}}} \cdot 1000 (\text{‰})$$

Pomiar trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla wykonano metodą „on-line” za pomocą spektrometru masowego Finnigan Delta Plus, sprzężonego poprzez przystawkę GC Combustion III z chromatografem gazowym firmy Hewlett Packard.

Próbkę gazu dozuje się do komory nastrzykowej chromatografu gazowego. W kolumnie chromatograficznej następuje rozdział poszczególnych składników gazu. Rozdzielone składniki są transportowane przez gaz nośny (hel) do piecyka, w którym następuje spalanie metanu w temp. 980°C do dwutlenku węgla i wody. Produkty spalania przepływają do przystawki sprzęgającej, w której następuje oddzielenie dwutlenku węgla od pozostałych składników. Z przystawki poszczególne składniki (w kolejności eluowania z kolumny chromatograficznej) są wprowadzane do układu pomiarowego spektrometru masowego, gdzie następuje pomiar. Dokładność analizy trwałych izotopów węgla z uwzględnieniem preparatyki i dowiązania do wzorca wynosi  $\pm 0,2$  ‰.

Wodór posiada dwa trwałe izotopy  ${}^1\text{H}$  (prot) i  $\text{D} = {}^2\text{H}$  (deuter). Średnia częstość występowania (abundancja) tych izotopów w przyrodzie wynosi:  ${}^1\text{H} - 99,9844\%$  i  ${}^2\text{H} - 0,0156\%$ . Wyniki pomiarów stosunku trwałych izotopów wodoru D/H podaje się nie w wartościach bezwzględnych, ale w postaci  $\delta\text{D}$ . Wartość  $\delta\text{D}$  jest ilorazem różnicy między stosunkiem izotopowym analizowanej próbki i wzorca SMOW, a stosunkiem izotopowym tego wzorca:

$$\delta\text{D} = \frac{\text{D}/\text{H}_{\text{próba}} - \text{D}/\text{H}_{\text{SMOW}}}{\text{D}/\text{H}_{\text{SMOW}}} \cdot 1000 (\text{‰})$$

Błąd oznaczeń stosunku trwałych izotopów wodoru wynosi  $\pm 3$  ‰.

Wodę powstałą w wyniku spalania metanu wprowadza się do kapilary, którą zatapia się. Następnie kapilarę wprowadza się do specjalnego, uprzednio odpompowanego naczynka kwarcowego z cynkiem i zanurza w ciekłym azocie, gdzie pod wpływem niskiej temperatury kapilara pęka uwalniając wodę. Naczynko z wodą umieszcza się na dwie godziny w piecu o temperaturze (500°C) gdzie zachodzi redukcja wg reakcji  $\text{H}_2\text{O} + \text{Zn} = \text{ZnO} + \text{H}_2$ , a następnie podłącza się do spektrometru w celu wykonania pomiaru.

## Badania emisji w terenie

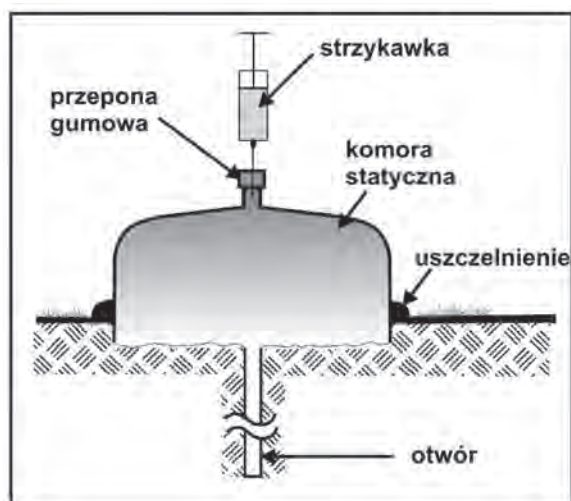
Badania emisji przeprowadzono na dwóch poligonach badawczych. Na poligonie Syczyn badania emisji wykonano na trzech wybranych stanowiskach, a na poligonie Zawada na dwóch stanowiskach, W obu przypadkach badania te przeprowadzono w lipcu 2014 r.

W pomiarach terenowych wykorzystano zmodyfikowaną metodę komór statycznych (Leventhal 1992, Korus i in. 2002, Dzieńiewicz i in. 2006, Sechman i in. 2006, Sechman, Dzieńiewicz 2009). Jest to opatentowany sposób pomiaru emisji z wykorzystaniem otworu (Korus i in., 2010). Wykonanie otworu symuluje przerwanie ciągłości gleby. Pozwala to na zbadanie niekontrolowanego dopływu gazu do zamkniętej przestrzeni.

Tradycyjna metoda pomiaru emisji na powierzchni terenu (bez wykonywania otworu) pozwala jedynie na oszacowanie tej ilości metanu, która nie uległa bakteryjnej destrukcji i jest uwalniana naturalnie do atmosfery (Etiope i Klusman 2002). Przyjmuje się, że największa aktywność bakterii metanotrofowych, w zależności od warunków ekologicznych, występuje do głębokości ok. 0,8 m (Kunicki–Goldfinger 1994). Warstwa ta uważana jest przez niektórych badaczy za specyficzny „filtr bakteryjny”, który może znacząco zmniejszać lub całkowicie niwelować wpływ metanu do atmosfery (Klusman 2005).

Generalnie, opatentowana i zastosowana metoda pomiaru emisji (Korus i in., 2010) polega na poborze próbek gazu w określonych interwałach czasowych z wewnętrznej przestrzeni zamkniętej ko-

mory, zainstalowanej na powierzchni terenu. W przeprowadzonych badaniach emisji komorę stanowiła czasza wykonana ze stali nierdzewnej o objętości 10,8 dm<sup>3</sup> (rys. 2.3).



Rys. 2.3. Zestaw do pomiaru emisji (Korus i in., 2010).

Czasza umożliwiała odizolowanie od atmosfery powierzchni terenu w kształcie koła o polu 7,1 dm<sup>2</sup>. Z uwagi na fakt, że pomiary wykonywano na terenie wiertni pokrytym płytami, uszczelniano powierzchnię ścianek komory bezpośrednio przylegających do podłoża.

Przed zainstalowaniem komory wykonywano otwór do głębokości ok. 1 m za pomocą rurki o średnicy 10 mm (rys. 2.3). Utworzona przez otwór pobocznicą walca o wymiarach 100 cm x 3,14 cm stanowiła dodatkową powierzchnię emisji, którą uwzględniono w obliczeniach. Następnie z komory pobierano próbki gazu o objętości 50 ml po 5 min, 15 min i 30 min od momentu zainstalowania komory. Dodatkowo, przed zainstalowaniem komory na każdym ze stanowisk pobierano próbkę powietrza atmosferycznego z nad powierzchni terenu. Podczas poboru każdej próbki gazu z komory mierzono ciśnienie atmosferyczne i określano temperaturę gruntu na głębokości 10 cm. Pobrane próbki gazu przetłaczano do pojemników wypełnionych uprzednio nasyconym roztworem NaCl i transportowano do laboratorium w pozycji „do góry dnem”. Objętość pojemników na próbki (ok. 60 ml) pozwalała na pozostawienie części solanki, która stanowiła dodatkowe zabezpieczenie pobranej próbki gazu przed ewentualną ingerencją atmosfery.

Na poligonie Syczyn pomiary emisji wykonano w trzech punktach pomiarowych, w których wcześniej stwierdzono podwyższone stężenia metanu w gazie gruntowym. Stężenia metanu w tych punktach wynosiły odpowiednio: 22,1% obj., 35,4% obj. i 6,97% obj., a stężenia dwutlenku węgla: 9,26% obj., 3,26% obj. i 2,48% obj. Poza wyraźnie podwyższonymi wartościami stężeń metanu i/lub dwutlenku węgla, kryterium wyboru punktów do pomiarów emisji była 100 ml objętość pobranej próbki gazu gruntowego, wskazująca na dobrą przepuszczalność ośrodka gruntowego na głębokości opróbowania gazowego.

### Metodyka obliczania wielkości emisji

Wielkość emisji metanu i dwutlenku węgla obliczono opierając się na założeniach teoretycznych i metodyce szczegółowo przedstawionych w pracach dotyczących tego typu pomiarów na obszarach zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego (Korus i in. 2002, Dzieńiewicz i in. 2006).

Do obliczeń emisji metanu i dwutlenku węgla wykorzystano zależności (Korus i in. 2002, Dzieńiewicz i in. 2006; Sechman, Dzieńiewicz, 2009):

$$E^{CH_4} = \frac{V_p}{A} \cdot \frac{M_w \cdot T_0 \cdot P}{M_v \cdot p_0 \cdot (T_0 + t_{gl})} \cdot n^{CH_4} \quad (1)$$

$$E^{CO_2} = \frac{V_p}{A} \cdot \frac{M_w \cdot T_0 \cdot P}{M_v \cdot p_0 \cdot (T_0 + t_{gl})} \cdot n^{CO_2} \quad (2)$$

gdzie:

$E^{\text{CH}_4}$  – emisja  $\text{CH}_4$  ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ );

$E^{\text{CO}_2}$  – emisja  $\text{CO}_2$  ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ );

$M_w$  – ciężar cząstek gazu (dla  $\text{CH}_4$ :  $M_w = 16$  g, dla  $\text{CO}_2$ :  $M_w = 44$  g);

$M_v$  – objętość 1 mola gazu w warunkach normalnych ( $p_0 = 1013\cdot 10^2$  Pa,  $T_0 = 273$  °K) ( $M_v = 22,4$  dm<sup>3</sup>);

$t_{\text{gl}}$  – temperatura gruntu w czasie pomiaru (°C), ( $T_0 = 273$  °K);

$p$  – ciśnienie atmosferyczne w czasie pomiaru (Pa);

$V_p/A$  – parametr komory ( $V_p$  – objętość w dm<sup>3</sup>,  $A$  – powierzchnia emisji dm<sup>2</sup>);

$n^{\text{CH}_4} = dc/dt$  dla  $t^{\circ}0$  (szybkość narostu stężenia  $\text{CH}_4$  w komorze ( $\text{ppm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) uzyskany na podstawie funkcji narostu stężenia);

$n^{\text{CO}_2} = dc/dt$  dla  $t^{\circ}0$  (szybkość narostu stężenia  $\text{CO}_2$  w komorze ( $\%obj\cdot\text{min}^{-1}$ ) uzyskany na podstawie funkcji narostu stężenia).

Wykorzystywane w zależnościach (1) i (2) wielkości temperatury gruntu i ciśnienia atmosferycznego przyjmowano jako wartości uśrednione z pomiarów wykonanych podczas opróbowań. Wynikało to z niewielkiego zakresu zmienności mierzonych wielkości.

W celu oceny dynamiki zmian stężeń metanu skonstruowano wykresy liniowe obrazujące zmiany pomierzonych stężeń w funkcji czasu. Naniesiono na nich, wyznaczony komputerowo, liniowy trend zmian stężeń metanu i dwutlenku węgla. Dla wyznaczonej linii trendu podano współczynnik determinacji  $R^2$  oraz równanie prostej. Na podstawie wyznaczonych parametrów prostej policzono dynamikę zmian (narostu lub spadku) stężenia metanu i dwutlenku węgla w komorach ( $n^{\text{CH}_4}$ ,  $n^{\text{CO}_2}$ ). Policzone wielkości zmian stężeń metanu podano w ppm na minutę ( $\text{ppm}\cdot\text{min}^{-1}$ ), a dwutlenku węgla w %obj. na minutę ( $\%obj\cdot\text{min}^{-1}$ ). Wielkości te zestawiono tabelarycznie. W tabelach tych zestawiono również policzone, wg algorytmów (1) i (2), wartości emisji metanu i dwutlenku węgla ( $E^{\text{CH}_4}$ ,  $E^{\text{CO}_2}$ ). Wartość emisji metanu podano w miligramach na metr kwadratowy na dobę ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ), dwutlenku węgla w gramach na metr kwadratowy na dobę ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ).

### 2.5.3 Powietrze gruntowe – radon

**Badania zawartości stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym** przeprowadzono w najbliższym możliwym otoczeniu otworu wiertniczego na poligonach badawczych Lubocino, Stare Miasto, Syczyn, Wysin i Zawada. Wykonano dwie serie pomiarowe: dla stanu początkowego lub zastanego oraz po zakończeniu przez poszczególnych Operatorów zabiegów szczelinowania hydraulicznego. Wyjątek stanowi poligon badawczy Wysin, gdyż w czasie realizacji zadania Operator nie przeprowadził ww. zabiegu.

Pomiar stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) objął przede wszystkim strefę przyotworową, hipotetycznie najbardziej predysponowaną do wystąpienia ewentualnych anomalnych stężeń radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) oraz obszary przyległe w promieniu około 150 m. W każdym przypadku zaprojektowano siatkę punktów pomiarowych, z głowicą otworu usytuowaną centralnie.

Na poligonie badawczym Stare Miasto ze względu na brak możliwości poboru próbek pod samym terenem zakładu (uszczelnienie folią i płytami betonowymi) nie udało się opróbować samej strefy przyotworowej, a lokalizacja niektórych punktów pomiarowych uległa nieznaczącej modyfikacji. Na poligonie badawczym Syczyn i Zawada również uległa modyfikacji lokalizacja i/lub ilość niektórych punktów pomiarowych w serii badań przeprowadzonej po zakończeniu prac przez Operatora, ze względu na zmianę w infrastrukturze zakładu (w Syczynie wybudowano zbiorniki na wodę, w Zawadzie powstał utwardzony i izolowany od spodu folią plac zakładu wykonującego roboty geologiczne).

Na lokalizacji Wysin dodatkowo wykonano pomiary kontrolne przed zdjęciem folii izolującej podczas demontażu placu zakładu po zakończeniu wiercenia pionowego otworu poszukiwawczego. Badania przeprowadzono w celu sprawdzenia możliwości koncentracji stężeń radonu pod nieprzepuszczalną izolacją.

Na stężenie gazów w powietrzu gruntowym mają wpływ sezonowe i dobowe wahania warunków atmosferycznych (ciśnienie, wilgotność powietrza, siła wiatru, temperatura), które w konsekwencji mogą wpłynąć na zaburzenie wyników. W związku z tym było bardzo istotne, żeby druga seria pomiarowa została wykonana w tej samej porze roku i podobnych warunkach atmosferycznych, co pierwsza.

Pomiar stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) na poszczególnych poligonach badawczych na tle działania zakładów przedstawia Tabela 2.7.

**Tabela 2.7.** Harmonogram pomiarów stężenia radonu w powietrzu gruntowym

Poligon badawczy	Liczba punktów pomiarowych stężenia radonu w powietrzu gruntowym		
	Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)	Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	Po zakończeniu prac przez Operatora
Lubocino	–	15	15
Stare Miasto	–	19	19
Syczyn	–	23	23
Wysin	16	–	12
Zawada	30	–	28

Pobór próbek wykonano za pomocą sond wbijanych na głębokość 80 cm. Przyjęta głębokość poboru próbki wypracowana została m.in. w oparciu o dane literaturowe (Asher–Bolinder i in. 1991) i doświadczenia polowe. Głębokość 80 cm gwarantuje odcięcie dopływu powietrza atmosferycznego do sondy, którą pobierane jest powietrze gruntowe, dając pewność, że badane jest stężenie gazu pochodzącego z podłoża geologicznego.

Pobrane próbki powietrza gruntowego o pojemności 150 ml były analizowane za pomocą przenośnej aparatury RADON DETECTOR LUK-3B. Przy użyciu specjalnej strzykawki próbka powietrza gruntowego wprowadzana była do tzw. komory Lucasa w/w aparatury. Następnie aparat samoczynnie prowadził pomiar przetwarzając dane za pomocą zainstalowanego oprogramowania. Wynikiem analizy było wskazanie stężenia radonu w powietrzu gruntowym wyrażone w  $\text{kBq/m}^3$ , gdzie 1 Bekerel to jeden rozpad promieniotwórczy atomu w ciągu jednej sekundy.

Wyniki pomiarów stężeń radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym należy oceniać statystycznie, ze względu na bardzo dużą zmienność na małym obszarze, zależną od wielu czynników, zwłaszcza litologii i warunków atmosferycznych. Obliczoną średnią arytmetyczną odniesiono do klasyfikacji potencjału radonowego wg Akerblom, 1986: ( $< 10 \text{ kBq/m}^3$ : niski potencjał;  $10\text{--}50 \text{ kBq/m}^3$ : średni potencjał;  $> 50 \text{ kBq/m}^3$ : wysoki potencjał). W polskim ustawodawstwie nie ma norm prawnych regulujących stężenie tego gazu w powietrzu gruntowym, atmosferycznym i wielu innych środowiskach, stąd niniejszą klasyfikację potraktowano, jako poziom odniesienia przy interpretacji wyników pomiarów.

## 2.6 Wody powierzchniowe i podziemne

### 2.6.1 Kartowanie

Celem kartowania było zebranie niezbędnych informacji potrzebnych do opracowania koncepcji monitoringu wód, w ramach którego dokonano oceny środowiska wodno-gruntowego oraz odnotowano potencjalne zmiany zaistniałe po wykonaniu zabiegu szczelinowania hydraulicznego i testów gazowych.

Kartowanie obejmowało identyfikację obiektów hydrogeologicznych oraz hydrologicznych użytecznych dla dokumentowania stanu środowiska wodno-gruntowego i poprzedzało wykonanie opróbowania wód podziemnych i powierzchniowych.

Prace na poligonach badawczych prowadzone były w promieniu od 2 do 5 km od otworu wiertniczego. Wielkość obszaru badań szacowana była w trakcie prac kameralnych, które poprzedzały prace terenowe.

Parce kameralne miały na celu rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w rejonie poszczególnych poligonów badawczych. Obejmowały zgromadzenie i analizę materiałów archiwalnych – patrz rozdział 2.1.1. i 2.1.3.

Kartowaniu podlegały punkty dokumentacyjne reprezentujące wody: powierzchniowe (cieki, jeziora, zbiorniki retencyjne, wyrobiska itp.) oraz podziemne – gruntowe, zawieszono, pierwszy poziom wodonośny (PPW), użytkowe poziomy wodonośny (UPW i GUPW)), na dopływie i odpływie wód z rejonu zakładu.

Zinwentaryzowane punkty dokumentacyjne wód podziemnych to: studnie wiercone, studnie kopane, źródła, piezometry, studnie drenażowe oraz badawcze sondy sozologiczne (rys. 2.4).



**Rys. 2.4.** Przykład punktów dokumentacyjnych wód podziemnych – studnie wiercone – poligon badawczy Wysin

Lokalizację punktów dokumentacyjnych określono za pomocą odbiornika GPS. Wszystkie zlokalizowane w terenie obiekty hydrogeologiczne poddano ocenie pod kątem możliwości poboru próbek wody do badań fizykochemicznych (brano pod uwagę dostępność, stan techniczny obiektów oraz aktualne użytkowanie zakres i stopień ich wykorzystania oraz zweryfikowano potencjalny wpływ lokalnych ognisk zanieczyszczeń).

W trakcie wizji lokalnej zebrano również informacje na temat poszczególnych punktów dokumentacyjnych od właścicieli lub ich użytkowników.

Wielkość obszaru badań na poszczególnych lokalizacjach wraz z liczbą zinwentaryzowanych punktów dokumentacyjnych przedstawia Tabela 2.8.

**Tabela 2.8** Wielkość obszaru badań na poszczególnych poligonach badawczych wraz z liczbą udokumentowanych obiektów

Nazwa poligonu badawczego	Obszar badań – szacunkowa wielkość powierzchni w km <sup>2</sup>	Liczba zinwentaryzowanych punktów dokumentacyjnych wód podziemnych	Liczba zinwentaryzowanych punktów dokumentacyjnych wód powierzchniowych
Lubocino	12,5	14	5
Stare Miasto	78,5	17	4
Syczyn	78,5	28	–
Wysin	28,0	16	2
Zawada	78,5	15	2
Łebień	12,5	–	–
Gapowo	28,0	16	1

W studniach kopanych, w części studni wierconych oraz piezometrach dokonano pomiaru położenia zwierciadła wody za pomocą elektrycznej świstawki hydrogeologicznej (sonda na przewodzie elektrycznym). Dokonano także wstępnych pomiarów i oznaczeń cech fizycznych próbek wody w zakresie: pH, PEW (przewodność elektrolityczna właściwa) i temperatury.

Rzędną terenu w punktach nie zaniwelowanych ustalono na podstawie mapy topograficznej w skali 1:10 000. Dla pozostałych punktów dokumentacyjnych wartości zaczerpnięto z dokumentacji powykonawczych. Pozyskane dane, wraz z informacją o ujętym/badany poziomie wodonośnym dla każdej lokalizacji, zestawiono w tabeli z punktami dokumentacyjnymi.

Dodatkowo w ramach prac zinwentaryzowano sposób odwadniania zakładów (rowy opaskowe, dreny i zbiorniki drenażowe). Na poligonie badawczym Lubocino i Stare Miasto część zinwentaryzowanych punktów należących do sieci drenażowych podlegała opróbowaniu.

## 2.6.2 Modelowanie

W celu optymalizacji sieci monitoringu oraz wskazania dróg migracji potencjalnych zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej, dla każdego poligonu badawczego wykonano numeryczny model procesów hydrogeologicznych (modele hydrodynamiczne oraz model transportu wykonany dla poligonu badawczego Lubocino).

W ramach prac dokonano dyskretyzacji obszaru badań, określono granice modelu (które niekiedy znacznie wykraczały poza poligon badawczy), zdefiniowano jego warunki brzegowe, dokonano schematyzacji warunków hydrogeologicznych, wybrano odpowiedni algorytm obliczeniowy oraz wykonano kalibrację modelu dla określenia efektywnych wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej. Modele wykonano w układzie współrzędnych PUWG-1992.

Rzędne położenia zwierciadła wód podziemnych, które stanowiły odniesienie w procesie tarowania pozyskano w trakcie prac terenowych oraz ustalono na podstawie map hydroizohips wykonanych dla potrzeb Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (MhP).

Podstawowym kryterium kalibracji modelu była zgodność stanu hydrodynamicznego strumienia wód podziemnych zarejestrowanego podczas kartowania hydrogeologicznego oraz obrazu hydroizohips prezentowanym na MhP ze stanem otrzymanym w wyniku symulacji komputerowej.

Analizie podlegało położenie zwierciadła pomierzonego lub określonego na podstawie map hydroizohips z obliczonym punktach referencyjnych (target typehead). W procedurze kalibracji modelu (metodą automatyczną) za pomocą modułu PEST modyfikowano współczynnik filtracji.

Przyjmuje się, że standardowe odchylenie różnic pomiędzy pomiarami terenowymi a wartościami obliczonymi na modelu nie powinno przekraczać 15% zakresu pomiarów. W analizowanych przypadkach wartość ta nie została przekroczona. W procesie kalibracji modeli otrzymano zadowalającą zgodność stanów policzonych z pomierzonymi.

Dla obliczania i wizualizacji linii prądu strumienia wód podziemnych oraz przybliżonych czasów przepływu tych wód w warstwie wodonośnej wykorzystano moduł MODPATH należący do GroundwaterVistas.

W celu rozwiązania zadania na wykonanych modelach zasymulowano przebieg linii prądu od terenu zakładu. W tym celu rozmieszczono tzw. cząstki (particles) w miejscu zakładu i przeanalizowano ich przebieg w interwale czasowym obejmującym 25 lat, przy założeniu, że wartość porowatości efektywnej utworów budujących czwartorzędową warstwę wodonośną jest zmienna. Ponadto, w przypadku poligonu badawczego Lubocino, analizowano czas przepływu potencjalnych zanieczyszczeń do granic najbliższego GZWP.

Wartość porowatości efektywnej utworów warstw wodonośnych obliczono z wykorzystaniem empirycznego wzoru Biecińskiego opisującego zależność pomiędzy współczynnikiem filtracji a odsączalnością, przy założeniu, że wartość odsączalności jest w przybliżeniu równa porowatości efektywnej (należy pamiętać o tym, że jest to wartość przybliżona).

$$\mu = 0,117 k^{1/7}$$

gdzie: k – współczynnik filtracji [m/d]

Ponadto, jako uzupełnienie prac modelowych, mając na celu ocenę wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie z powierzchni terenu obliczono czas infiltracji wód (potencjalnie zanieczyszczonych) poprzez strefę aeracji. Do obliczeń tych zastosowano wzór Bindemana:

$$V_a = \frac{l}{n_0} \sqrt[3]{\omega^2 k}$$

gdzie:

$V_a$  prędkość przesączania wody przez strefę aeracji,

$n_0$  współczynnik porowatości efektywnej,

$\omega$  w intensywność infiltracji,

$k$  współczynnik filtracji.

Wykorzystując otrzymaną zgodnie z powyższym wzorem prędkość przesączania obliczono czas przesączania do warstwy wodonośnej z powierzchni terenu:

$$t = \frac{l}{V_a}$$

gdzie:

$l$  – droga przesączania (miąższość strefy aeracji).

### 2.6.3 Opróbowanie

Opróbowanie wód zostało wykonane w wybranych punktach dokumentacyjnych zinwentaryzowanych podczas kartowania i miało na celu ocenę stanu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych wraz z identyfikacją zagrożeń dla środowiska wodnego.

Na każdym poligonie badawczym opróbowanie wód podziemnych i powierzchniowych odbyło się co najmniej w dwóch seriach badawczych, przy czym ilość serii zależała od sytuacji na poszczególnych poligonach badawczych. Wyjątek stanowi poligon badawczy Wysin, na którym ze względu na decyzję Operatora o rezygnacji z pierwotnie planowanych do wykonania prac, wykonano tylko jedną serię pomiarową na potrzeby oceny stanu początkowego (przed budową zakładu).

W zależności od stanu zaawansowania prac Operatorów, I seria pomiarowa została przeprowadzona dla stanu początkowego (brak działalności zakładu) lub stanu zastanego (w trakcie funkcjonowania zakładu).

Ilość serii pomiarowych na poszczególnych poligonach przedstawia tabela 2.9.

**Tabela 2.9** Ilość serii pomiarowych wód podziemnych i powierzchniowych na poszczególnych poligonach badawczych

Etap prac operatora	Nazwa poligonu badawczego						
	Lubocino	Stare Miasto	Syczyn	Wysin	Zawada	Łbień	Gapowo
1	2	3	4	5	6	7	8
Stan początkowy (przed powstaniem zakładu)				I seria	I seria		
Stan zastany (w trakcie pracy zakładu)	I seria	I seria					I seria
Stan zastany (w trakcie wiercenia odcinka poziomego)							

1	2	3	4	5	6	7	8
Zakończenie procesu wiercenia odcinka poziomego	II seria		I seria				
Przed zabiegiem szczelinowania hydraulicznego			II seria		II seria		
W trakcie zabiegu szczelinowania hydraulicznego			III seria				
Po zakończeniu prac przez Operatora	III seria	II i III seria	IV seria		III seria		II seria
Po 1–2 latach od zabiegu szczelinowania hydraulicznego		IV seria	V seria		IV seria	I, II i III seria	

Pobór próbek wody ze studni kopanych, częściowo ze studni wierconych (w zależności od użytkowania studni) oraz piezometrów każdorazowo poprzedzany był przepompowaniem obiektu za pomocą pomp zainstalowanych w otworach lub przy wykorzystaniu pomp przenośnych. Próbkę pobierano zgodnie z procedurami stosowanymi przy wykonywaniu badań w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska<sup>5</sup>.

W szczególnych przypadkach stosowano odstępstwa od ww. procedury:

w przypadku braku możliwości pobrania próbki wody surowej ze względu na uzbrojenie studni (brak kranu oraz brak możliwości demontażu instalacji wodnej) próbka wody była pobierana za pomocą jednorazowego próbnika dyskretnego (rurowego) zapuszczanego do otworu,

- w przypadku braku możliwości przepompowania i poboru próbek za pomocą pompy (studnia głębinowa nieuzbrojona, nieużytkowana o niekorzystnych parametrach) poboru próbek wód dokonano bez przepompowania studni za pomocą jednorazowego próbnika dyskretnego (rurowego) zapuszczanego do otworu na głębokość strefy zafiltrowanej,
- w przypadku braku możliwości pobrania próbki wody surowej ze względu na uzbrojenie studni (brak kranu) próbka wody została pobrana z najbliższego sprawnego hydrantu,
- w przypadku braku możliwości przepompowania otworów – opróbowanie wód z sondowań badawczych (ze względu na konstrukcję otworów i technologię wykonania sondowania z tymczasowym filtrem) próbki zostały pobrane za pomocą przewodu PE zakończonego zaworem zwrotnym.

Liczbę opróbowanych punktów dokumentacyjnych w każdej serii badawczej na poszczególnych poligonach badawczych przedstawia tabela 2.10.

**Tabela 2.10.** Liczba opróbowanych punktów dokumentacyjnych w seriach pomiarowych

Nr serii pomiarowej	Liczba opróbowanych punktów dokumentacyjnych						
	Lubocino	Stare Miasto	Syczyn	Wysin	Zawada	Łebień	Gapowo
I	19	15	13	12	13	3	12
II	10	8	3	–	2	5	12
III	10	9	2	–	15	5	–
IV	–	12	13	–	2	–	–
V	–	–	4	–	–	–	–

<sup>5</sup> [http://mjwp.gios.gov.pl/art\\_metodyka/o-metodyce.html](http://mjwp.gios.gov.pl/art_metodyka/o-metodyce.html)



Na poligonie badawczym Lubocino w trakcie wszystkich serii badawczych dokonano poboru próbek wody ze zbiornika na wodę do celów technologicznych oraz zbiorników drenażowych (rys. 2.5). Również na poligonie Stare Miasto, w celu oceny wpływu działalności zakładu na płytkie wody podziemne oraz możliwości wykrycia ewentualnego przedostawania się zanieczyszczeń z placu wiertniczego do tych wód, dokonano poboru próbek z sieci drenażowej zakładu w seriach badawczych nr I, II i III.



**Rys. 2.5** Zbiorniki drenażowe w rejonie zakładu Lubocino

Na każdym poligonie badawczym przed zabiegiem szczelinowania hydraulicznego dokonywano poboru próbek wód, będących składową płynu szczelinującego.

Należy zaznaczyć, że w trakcie prac badawczych na poligonie Stare Miasto dokonano dodatkowego opróbowania wybranych punktów dokumentacyjnych w związku z awaryjnym wypływem płynu pozabiegowego przez flarę oraz w trakcie prac na terenie zakładu związanych ze zwiercaniem korków (powrót płynu zabiegowego) i testów gazowych.

Na poligonie badawczym Syczyn podczas procesu szczelinowania dodatkowo odwiercono dwie sondy sozologiczne i pobrano próbki wód gruntowych.

Zgodnie z przyjętą koncepcją monitoringu wód podziemnych przedstawioną w raporcie końcowym z realizacji badań na poligonie badawczym Stare Miasto, Syczyn i Zawada oraz w raporcie z Łebienia („*Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H*”) po upływie roku lub dwóch od wykonania zabiegu szczelinowania hydraulicznego przeprowadzono badania kontrolne w wytypowanych punktach dokumentacyjnych.

Na poligonie badawczym Stare Miasto dokonano opróbowania wód w tych samych punktach dokumentacyjnych, na podstawie których oceniono stan zastany środowiska wodno-gruntowego (wody powierzchniowe – w tym wyrobisko, wody podziemne). Jednak ze względu na likwidację piezometrów, stanowiących lokalne punkty monitoringowe, na terenie zakładu (spowodowaną rekultywacją terenu zakładu), wykonano sondy badawcze w przybliżonym miejscu lokalizacji piezometrów, w celu poboru próbek wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego.

Sondowania badawcze wykonano z zastosowaniem kolumny rur PE  $\phi 32$  mm z odsłanianym filtrem szczelinowym o szczelinie 0,2 mm. Kolumna została wciśnięta w ślad po wierceniu świdrami ślimakowymi  $\phi 120$  mm, wykonanym samojezdną wiertnicą małogabarytową WGS-160 WH, na podwoziu ISUZU D-MAX. Próbkę pobierano przy użyciu przewodu PE  $\phi 10$  mm zakończonego zaworem zwrotnym do butelek zgodnych z wymaganiami laboratorium. Po zakończeniu poboru próbek kolumna PE była całkowicie wyciągana. Przelot sondowania znajdujący się poniżej zwierciadła wód podziemnych ulegał likwidacji poprzez samozasyp. Przelot w strefie aeracji likwidowano poprzez zasypanie urobkiem zgodnie z kolejnością przewierczanych warstw.

Na poligonie badawczym Syczyn, ze względu na warunki hydrogeologiczne oraz wyniki badań modelowych, opróbowano dwie studnie wiercone zlokalizowane na terenie zakładu, studnię gospodarską zlokalizowaną w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu na kierunku odpływu wód z terenu zakładu oraz źródło położone powyżej zakładu.

Na poligonie badawczym Zawada ze względu na warunki hydrogeologiczne oraz wyniki badań modelowych, opróbowano dwie studnie zlokalizowane na terenie zakładu.

Na poligonie badawczym Łebień dokonano opróbowania w studniach wierconych, w tym w studniach zlokalizowanych na terenie zakładu. Dodatkowo w III serii pomiarowej wykonano sondy badawcze w najbliższej okolicy zakładu.

Sondowania badawcze wykonano metodą stożków gubionych (lost point) z zastosowaniem kolumny rur stalowych  $\phi 36$  mm z odsłanianym filtrem PCV  $\phi 16$  mm. Kolumna została wwibrowana w ślad po wierceniu świdrami ślimakowymi  $\phi 120$  mm, wykonanym samojezdną wiertnicą małogabarytową WGS-160 WH, na podwoziu ISUZU D-MAX (rys. 2.6).



Rys. 2.6. Wiercenie sond badawczych – poligon badawczy Łebień

Po osiągnięciu zakładanej głębokości, w każdym przypadku kolumna została podciągnięta o ok. 0,4 m przy czym następowało zerwanie stożka i odsłonięcie filtra, przez który następował dopływ wody do kolumny. Próbkę pobierano przy użyciu przewodu PE  $\phi 10$  mm zakończonego zaworem zwrotnym do butelek zgodnych z wymaganiami laboratorium.

Po zakończeniu poboru próbek kolumna była całkowicie wyciągana. Przelot sondowania znajdujący się poniżej zwierciadła wód podziemnych ulegał likwidacji poprzez samozasyp. Przelot w strefie aeracji likwidowano poprzez zasypanie urobkiem zgodnie z kolejnością przewierczanych warstw.

W punktach poboru próbki wody podziemnej lub powierzchniowej dokonano:

- pomiaru pH – przenośnym pehametrem mikroprocesorowym SP300 firmy Slandi,
- pomiaru przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) – przenośnym konduktometrem mikroprocesorowym SC300 firmy Slandi,
- pomiaru temperatury – przenośnym pehametrem mikroprocesorowym SP300 firmy Slandi,
- pomiaru głębokości do zwierciadła wody w studniach i piezometrach za pomocą elektrycznej świstawki hydrogeologicznej (sonda na przewodzie elektrycznym),
- poboru próbek wody do analiz laboratoryjnych wskaźników nieorganicznych (aniony, kationy, OWO, Hg),
- poboru próbek wody do analiz laboratoryjnych wskaźników organicznych,
- poboru próbek wody do laboratoryjnych oznaczeń substancji gazowych (metanu).

Próbki były pobierane do pojemników dostarczonych przez laboratoria badawcze i przechowywane oraz transportowane w chłodzonych pojemnikach.

Wszystkie pobrane próbki zostały przekazane do Centralnego Laboratorium Chemicznego PIG-PIB oraz do Laboratorium Politechniki Gdańskiej.

## 2.6.4 Analizy laboratoryjne

Zakres wykonanych oznaczeń w próbkach wód podziemnych był analogiczny do zakresu przyjętego do oceny stanu chemicznego wód podziemnych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska<sup>6</sup>. Badania próbek wód zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB w Warszawie oraz w Laboratorium Chemicznym Politechniki Gdańskiej.

W akredytowanym Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB<sup>7</sup> wykonano następujące analizy próbek wód:

- oznaczenia wskaźników fizykochemicznych: pH (metoda potencjometryczna), przewodnictwo (metoda konduktometryczna),  $\text{NH}_4$ , zasadowość ogólna,  $\text{HCO}_3$ , OWO, ChZT, barwa, cyjanki, substancje powierzchniowo czynne anionowe SPCA (metoda spektrofotometryczna), mętność (metoda nefelometryczna), suma substancji rozpuszczonych (metoda obliczeniowa),
- metodą ICP–AES oznaczono: B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na,  $\text{SiO}_2$ , Sr, Ti, Zn,
- metodą ICP–MS (spektrometria mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną) oznaczono: Li, Be, Al, V, Co, Ni, Cu, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Tl, Pb, U,
- metodą chromatografii jonowej oznaczono: F, Cl,  $\text{NO}_2$ , Br,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{HPO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,
- oznaczenie rtęci wykonano metodą AAS (absorpcyjna spektrometria atomowa) – analizator rtęci AMA 254.

Natomiast laboratorium Politechniki Gdańskiej wykonało oznaczenia wskaźników organicznych dla próbek wód w zakresie:

- benzen, sumę BTEX, metan, sumę węglowodorów alifatycznych o liczbie atomów węgla  $\text{C}_2$ – $\text{C}_{10}$ , trójchloroeten, tetrachloroeten (metoda fazy nadpowierzchniowej (HS), fazę nadpowierzchniową stanowił azot),
- indeks fenolowy (metoda spektrofotometryczna),
- detergenty niejonowe (metoda spektrofotometryczna),
- detergenty anionowe (metoda analogiczna do EPA 425.1),
- indeks olejowy, sumę glikoli (glikolu etylenowego i glikolu propylenowego), sumę WWA (chromatograf gazowy),
- benzo(a)pirenu (chromatograf gazowy)

Należy zaznaczyć, że wskaźniki organiczne nie były oznaczane w większości próbek wód powierzchniowych, zaś w odniesieniu do próbek wód podziemnych zakres oznaczeń był zróżnicowany (pełen zakres dla tzw. próbek wód z punktów reperowych, zaś ograniczony zakres dla pozostałych próbek wód).

## 2.7 Płyny technologiczne i odpady

### 2.7.1. Opróbowanie

W trakcie prac prowadzonych przez Operatora, w zależności od warunków technicznych i konstrukcji linii technologicznych, na poligonach badawczych pobierano próbki:

- zużytej płuczki wiertniczej,
- stałych odpadów wiertniczych – zwiercin,
- płynów szczelinujących,
- płynów pozabiegowych,
- proppantu pozabiegowego,
- odpadów pozabiegowych (odpady powstałe po oczyszczeniu płynu pozabiegowego na linii oczyszczającej oraz odpad stały z separatora zgrubnego).

Wyszczególnienie ilości i rodzajów pobranych próbek na poszczególnych poligonach badawczych zamieszczono w tabeli 2.11.

<sup>6</sup> [http://mjwp.gios.gov.pl/art\\_metodyka/o-metodyce.html](http://mjwp.gios.gov.pl/art_metodyka/o-metodyce.html)

<sup>7</sup> <http://www.pgi.gov.pl/pl/instytut-geologiczny-laboratoria/laboratorium-chemiczne-clch.html>

**Tabela 2.11.** Rodzaj i ilość pobranych próbek odpadów i płynów technologicznych

Nazwa poligonu	Rodzaj pobranych próbek/ilość próbek					
	Zużyta płuczka wiertnicza	Odpad stały wiertniczy	Płyn szczelinujący	Proppant pozabiegowy	Płyn pozabiegowy	Odpad pozabiegowy
Lubocino	2	3	4	1	16	2
Stare Miasto	1	1	1	2	5	–
Syczyn	1	1	5	1	5	3
Wysin <sup>8</sup>	2	2	–	–	–	–
Zawada	1	1	1	1	4	–
Gapowo	1	1	3	–	6	–

W trakcie prac wiertniczych pobierano zwierciny charakteryzujące docelową formację poszukiwawczą (łupki ordowicko-sylurskie), a także płuczki używane na etapie przewiercania ww. formacji. Na poligonie badawczym Wysin pobrano dodatkowo próbki z przewiercanej formacji pstrego piaskowca w celu weryfikacji hipotezy o podwyższonej promieniotwórczości tego horyzontu. Zwierciny pobierano z kontenera zbiorczego i/lub z sit wibracyjnych. Próbki płuczki wiertniczej pobierano ze zbiorników płuczki będącej w obiegu zamkniętym.

Miejsca poboru próbek płynu szczelinującego i płynu pozabiegowego uzależnione były od warunków technicznych przeprowadzania zabiegu (m.in. ilości etapów szczelinowania oraz zróżnicowania używanych cieczy) oraz konstrukcji linii technologicznych.

Próbki proppantu pobierane były z systemu oczyszczania cieczy pozabiegowej. Próbki odpadów pozabiegowych pobierane były w następujących miejscach: z pojazdu transportującego płyn pozabiegowy na oczyszczalnię poza terenem poligonu, na linii oczyszczającej w mobilnej oczyszczalni ścieków Veolia zlokalizowanej na terenie komunalnej oczyszczalni ścieków w Chełmie – płyn oczyszczony oraz odpad stały (poligon badawczy Syczyn), natomiast odpad z separatora zgrubnego został pobrany bezpośrednio z miejsca, w którym czyszczono separator.

Próbki odpadów i płynów technologicznych pobierane były przez pracowników PIG-PIB, a następnie przekazywane do laboratoriów: PIG-PIB, Akademii Górniczo-Hutniczej i Politechniki Gdańskiej celem przeprowadzenia analiz.

### 2.7.2 Badania laboratoryjne

Celem badań laboratoryjnych płuczek, zwiercin, proppantu oraz odpadów stałych pozabiegowych, wykonanych przez AGH, było zbadanie ich właściwości fizykochemicznych, koncentracji substancji organicznych oraz zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych.

Otrzymane wyniki badań zostały wykorzystane do wskazania potencjalnych możliwości dalszego zagospodarowania powstałych odpadów lub możliwości ich zastosowania w innych procesach niż unieszkodliwianie (np. produkcja materiałów budowlanych). W przypadku zużytej płuczki i odpadów wiertniczych uzyskane wartości w wyniku wykonanych badań wymywalności porównano z kryteriami dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętne (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu – Dz. U. 2013, poz. 38). Porównanie to miało charakter wyłącznie poglądowy, w obecnym stanie prawnym unieszkodliwianie przez składowanie odpadów wydobywczych możliwe jest jedynie w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Natomiast w przypadku analizy zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych, uzyskane wyniki badań zużytej płuczki, odpadów wiert-

<sup>8</sup> Zmiana strategii Operatora koncesji – nie wykonywano etapu szczelinowania hydraulicznego.

nicznych i proppantu porównano z wymogami wobec surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi, określonych w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów – Dz. U. 2007, Nr 4, poz. 29.

Dla każdej pobranej próbki zużytej płuczki, odpadu wiertniczego i odpadu stałego pozabiegowego (OSZ) wykonano oznaczenia 64 wskaźników, natomiast dla próbek proppantu oznaczono skład chemiczny na zawartość składników organicznych (węglowodorów) – wykonano 5 oznaczeń.

Oznaczenia kationów: Al, Ca, Fe, Mg, Na Si, Y i Ti wykonano przy użyciu spektrometru emisyjnego z plazmą wzbudzaną indukcyjnie OPTIMA 7300DV firmy Perkin Elmer, a pozostałe kationy oznaczono przy wykorzystaniu spektrometru masowego z plazmą wzbudzaną indukcyjnie ELAN 6100 firmy Perkin Elmer. Do wykonania analizy przy użyciu spektrometru masowego pobrane próbki zostały rozcieńczone 1000-krotnie, a do oznaczeń spektrometrem emisyjnym 100-krotnie. Rozcieńczanie badanych próbek skutkowało podwyższeniem progów oznaczalności poszczególnych kationów.

Próbki płuczek i odpadów wiertniczych poddano również badaniom w celu określenia wymywalności zawartych w nich substancji. Badanie wymywalności wykonano według PN-EN 12457-2:2006. Przygotowanie wyciągu wodnego: jednostopniowe badanie wymywalności odpadu przy L/S = 10 l/kg s.m. Z uśrednionej partii dostarczonego w pojemniku odpadu pobrano około 2–5 kg materiału, a następnie stosując metodę kwartowania odważono taką masę próbki do ługowania, która odpowiadała 100 g suchej masy w niej zawartej (z dokładnością  $10^{-2}$ g). Integralną częścią tego zakresu badań było oznaczenie na wstępie wilgotności według PN-EN 12880:2004. Oznaczanie wilgotności całkowitej – metodą wagową: przy przyjętej masie 2 kg (z dokładnością  $10^{-2}$ g) w procesie wielodobowego suszenia do stałej masy w temp. 105°C. Na tej podstawie każdorazowo obliczano dodatek wody wymywającej, zapewniający stosunek L/S = 10 l/kg s.m. ( $\pm 2\%$ ), a po jej dodaniu pojemnik z dwufazową zawartością umieszczano w urządzeniu mieszającym (wstrząsającym). Ługowanie prowadzono przez 24 godz., po tym czasie wydzielano fazę stałą metodą dekantacji, lub poprzez odwirowanie (najczęściej było to skojarzone działanie), a nadosadowy roztwór wodny (odciek) przeznaczony był do badań analitycznych ze względu na wszystkie wytypowane wskaźniki fizykochemiczne. Koncentracje składników w roztworze ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) przeliczano na kg s.m. odpadu.

Badania laboratoryjne cieczy szczelinujących i płynu pozabiegowego, prowadzone były w celu ustalenia ich składu chemicznego, w tym zawartości substancji organicznych oraz naturalnych izotopów promieniotwórczych. Analiza obejmowała wykonanie 41 oznaczeń koncentracji jonów metali, 26 oznaczeń składników organicznych, w tym sumy węglowodorów z rozbiem na węglowodory alifatyczne i aromatyczne, ogólny węgiel organiczny (OWO), rozpuszczony węgiel organiczny (RWO), indeks fenolowy, substancje powierzchniowo czynne oraz WWA.

W przypadku poligonu Syczyn wykonano również badania próbek odpadów pozabiegowych, w celu porównania składu chemicznego płynów pozabiegowych przed procesem oczyszczania i po procesie oczyszczania oraz wskazania potencjalnych możliwości odzysku/unieszkodliwiania dla tych odpadów.

Normy i procedury badawcze, wykorzystane przy oznaczeniach, zestawiono w Tabeli 2.12

**Tabela 2.12.** Normy i procedury badawcze odpadów wiertniczych i płynów technologicznych zastosowane przez laboratorium AGH

Lp.	Norma podstawowa	Parametr – składnik oznaczany
1	2	3
1	PN-93 Z-15008/02 PN-EN 12880:2004	Oznaczanie wilgotności całkowitej – metodą wagową
2	PN-77/G-04528/02 PN-EN 12879:2004	Oznaczanie strat prażenia – metodą wagową

1	2	3
3	PB WFIS/KUTh/1:1.02.2013	Koncentracja naturalnych pierwiastków promieniotwórczych $^{40}\text{K}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Th}$ – metodą spektrometrii – promieniowania gamma
4	PN-EN 933-1:2012	Oznaczenie składu ziarnowego – metodą analizy sitowej (klasyfikacji mechanicznej)
5	PN-EN 12457-2:2006	Przygotowanie wyciągu wodnego: Jednostopniowe badanie wymywalności odpadu przy L/S = 10l/kg s.m.
6	PN-EN27888:1999	Oznaczenie przewodności elektrycznej – metodą konduktometryczną
7	PN-EN 13656:2002	Roztwarzanie próbki stałej do oznaczania metodą (ICP-MS)
8	PN-EN ISO 17294-1:2007 PN-EN ISO 17294-2:2006	Oznaczanie koncentracji metali – metodą plazmowej spektrometrii masowej (ICP-MS)
9	PN-EN 12457-4:2006	Oznaczenie związków rozpuszczonych (TDS) – metodą wagową
10	PN-EN ISO 9963-1:2001	Zdolność do neutralizacji kwasów (ANC) – metodą miareczkową
11	PN-EN ISO 9963-1:2001	Oznaczenie stężenia jonów $\text{HCO}_3^-$ i $\text{CO}_3^{2-}$ – metodą miareczkową
12	PN-EN 12457-4:2006	Oznaczenie stężenia jonów $\text{Cl}^-$ – metodą miareczkową
13	PN-ISO 6059:1999	Oznaczenie stężenia jonów $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ – metodą miareczkową
14	PN-ISO 9280:2002	Oznaczenie stężenia jonów $\text{SO}_4^{2-}$ – metodą wagową
15	PN-ISO 1690:2000	Oznaczanie zawartości krzemionki – metodą wagową

W Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB wykonano analizy próbek płynów pozabiegowych (PZ). Oznaczano składniki anionowe i kationowe. Ze względu na wysokie stężenia matrycy organicznej, do oznaczeń metodą ICP-MS (spektrometria mas z plazmą indukcyjną sprzężoną) próbki zostały 1000-krotnie rozcieńczone, do oznaczeń metodą ICP-AES próbki zostały 100-krotnie rozcieńczone. Rozcieńczenie skutkuje podwyższeniem progów oznaczalności poszczególnych parametrów. Stosowane procedury badawcze zestawiono w tabeli 2.13.

**Tabela 2.13.** Stosowane procedury badawcze w CLCh PIG-PIB w analizie płynów pozabiegowych

Stosowane metody analityczne objęte zakresem akredytacji:	
1	2
pH	metoda potencjometryczna (PB-01, edycja 6 z 6.11.2009)
przewodność elektryczna właściwa	metoda konduktometryczna (PB-02, edycja 7 z 6.11.2009)
$\text{NH}_4$	metoda spektrofotometryczna (PB-03, edycja 5 z 6.11.2009)
zasadowość ogólna, $\text{HCO}_3$	metoda spektrofotometryczna (PB-07, edycja 4 z 6.11.2009)

1	2
ogólny węgiel organiczny (OWO)	metoda spektrofotometryczna (PB-09, edycja 3 z 6.11.2009)
ChZT – chemiczne zapotrzebowanie tlenu	metoda spektrofotometryczna (PB-10, edycja 3 z 6.11.2009)
barwa	metoda spektrofotometryczna (PB-11, edycja 4 z 6.11.2009)
B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, SiO <sub>2</sub> , Sr, Ti, Zn	metoda ICP-AES zgodnie z PB-28 (edycja 4 z 11.11.2009)
Hg	metoda AAS zgodnie z PB-06 (edycja 4 z 11.11.2009)
Li, Be, Al, V, Co, Ni, Cu, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Tl, Pb, U	metodą ICP-MS zgodnie z PB-37 (edycja 6 18.10.2010)
F, Br, Cl, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , HPO <sub>4</sub> , SO <sub>4</sub>	metoda chromatografii jonowej zgodnie z PB-04 (edycja 12. z 16.01.2012)
<b>Stosowane metody analityczne nie objęte zakresem akredytacji:</b>	
indeks fenolowy, cyjanki, SPCA (substancje powierzchniowo czynne anionowe)	metoda spektrofotometryczna
mętność	metoda nefelometryczna

Laboratorium Politechniki Gdańskiej wykonało oznaczenia wskaźników organicznych dla próbek płynów szczelinujących (P) i pozabiegowych (PZ). Zakres badań obejmował: benzen, suma BTEX, metan, węglowodory C<sub>2</sub>–C<sub>10</sub>, trójchloroeten i tetrachloroeten. Oznaczenia wykonano metodą chromatografii gazowej.

### 2.7.3. Analizy jakościowe

Próbki płynów technologicznych poddano analizie jakościowej w zakresie składników organicznych. Badania wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB.

Próbki poddano ekstrakcji roztworem dichlorometanu, uzyskany ekstrakt analizowano metodą chromatografii gazowej z detekcyjną spektrometrią mas (Agilent GC\_MS 6890N-5973). Identyfikację związków przeprowadzono poprzez porównanie otrzymanych widm masowych z widmami biblioteki NIST (National Institute of Standards and Technology), zawierającej widma ponad 200 tys. związków organicznych.

Jako wynik analizy podano zidentyfikowany związek, jego wzór sumaryczny i numer CAS, czas retencji, a także udział pola powierzchni pików i podobieństwo, oznaczające podobieństwo zarejestrowanego widma do widma katalogowego. Związki wykryte w ekstrakcie dichlorometanowym, ale niemożliwe do jednoznacznej identyfikacji na podstawie widma masowego oraz Indeksu Czasu Retencji (ang. RI), oznaczono jako NN.

Do analizy składu płynów zabiegowych wzięto pod uwagę wyniki charakteryzujące się wartością parametru „Podobieństwo” równą bądź wyższą od 75%, przyjmując ten poziom prawdopodobieństwa za wiarygodny wynik identyfikacji związku. Wykonano zestawienia prezentujące obecność związków w próbkach, celem wskazania substancji lub grupy substancji charakterystycznych, które mogłyby pełnić rolę wskaźników zanieczyszczeń. Względna zawartość składnika w danej próbce oceniono na podstawie udziału pola powierzchni pików.

### 2.7.4 Analizy ekotoksykologiczne

Do badań ekotoksykologicznych, wykonywanych przez Politechnikę Gdańską przekazano próbki zużytej płuczki wiertniczej, zwiercin, płynów szczelinujących i pozabiegowych, a także proppantu pozabiegowego oraz odpadów pozabiegowych, tj. (płyn pozabiegowy magazynowany w zbiorniku ziemnym dostarczony na linię oczyszczającą obsługiwaną przez zewnętrzną firmę serwisową poza

terenem poligonu badawczego oraz płyn oczyszczony na tejże linii oczyszczającej z poligonu badawczego Syczyn oraz stałe odpady z separatora zgrubnego z poligonu Lubocino).

Ekotoksykologia wywodzi się z toksykologii, jednak porównując te dwie dziedziny nauki można zauważyć istniejące między nimi różnice. Toksykologia skupia się na żywych organizmach i oddziaływaniu na nie ksenobiotyków (substancji chemicznych niebędących naturalnymi składnikami organizmów). Dotyczy to głównie pobierania, rozprzestrzeniania i metabolizmu „trucizn” w ich organizmach. Rozpatrując w ten sam sposób ekotoksykologię stwierdza się, iż ta dziedzina nauki również zajmuje się losem substancji chemicznych, jednak dotyczy to ich rozprzestrzeniania w powietrzu, wodzie, glebie i osadach oraz na poszczególnych poziomach łańcucha troficznego. Ponadto ekotoksykologia bierze pod uwagę możliwości chemicznej i biologicznej transformacji substancji chemicznych. Skupia się na rozpatrywaniu oddziaływania zanieczyszczeń na ekosystemy jako całość, rozpoczynając od poziomu molekularnego i komórkowego po osobniczy. Podstawowym narzędziem umożliwiającym oszacowanie poziomu ekotoksyczności są biotesty, czyli eksperymentalna próba biologiczna, której celem jest wykazanie obecności substancji toksycznych w środowisku, albo poznanie jej szkodliwości poprzez ilościowe oszacowanie wpływu tej substancji na żywy organizm (na podstawie porównania z próbą kontrolną).

Termin „badania ekotoksykologiczne” należy rozumieć jako ocenę wpływu substancji i ich mieszanin oraz parametrów fizycznych na organizmy żywe – wpływ ten może być zarówno **korzystny** jak i **negatywny**. Potwierdzenie tego możemy właśnie zauważyć w przypadku uzyskanych w trakcie trwania projektu wyników, gdzie niektóre próbki wręcz wywierały korzystny wpływ na organizmy biotestowe – zjawisko takie nazywa się hormezą. Organizmy badane rozwijały się lepiej w przypadku kontaktu z próbką niż wobec próbki kontrolnej.

Korzystny lub negatywny wpływ czynników na organizmy żywe może pojawić się w krótkim czasie (*odpowiedź ostra*) oraz w długim czasie (*odpowiedź chroniczna*) od rozpoczęcia kontaktu między badaną próbką a organizmami testowymi – dlatego też wskazane jest przeprowadzenie badań z zastosowaniem różnych organizmów (zmodyfikowanych genetycznie bakterii reagujących na kontakt z badaną próbką już po kilku minutach – odpowiedź ostra, oraz skorupiaków i roślin wyższych, wobec których zwalidowane procedury obejmują okres kilku dni – odpowiedź chroniczna). Z tych oto względów zastosowano baterię biotestów (zestaw biotestów obejmujący organizmy z różnych poziomów troficznych). Ponadto mając na uwadze fakt dostarczenia do badań zarówno próbek stałych, jak i ciekłych, zaproponowano organizmy biotestowe żyjące w wolnej toni wodnej, jak i na granicy osad-ciecz. Dzięki temu możliwe było uzyskanie szerszej informacji o wpływie badanych próbek na organizmy testowe, a zatem i na środowisko.

W przypadku zaobserwowania negatywnego wpływu próbki na organizmy żywe rolą badań ekotoksykologicznych jest również stwierdzenie czy występujące substancje są zaadsorbowane czy zaabsorbowane przez matrycę próbki stałej. Wiadomym jest, że substancje zaabsorbowane ulegają łatwo ekstrakcji nawet przez łagodne czynniki ekstrakcyjne jak woda. Z tego względu przeprowadzano ekstrakcję lub rozcieńczanie próbek stałych i domieszkowano je osadem odniesienia.

Próbki badane w niniejszym projekcie były zróżnicowane pod względem konsystencji, badano zarówno ciecz jak i próbki stałe, które poddawano ekstrakcji wodnej, a także próbki dwufazowe.

W próbkach oznaczano toksyczność wobec następujących gatunków organizmów: bakterii *Vibrio fischeri* (ekstrakty wodne i ciecz), skorupiaka *Heterocypris incongruens* i gorczycy *Sinapis alba* (próbki stałe oraz ekstrakty wodne i ciecz). Wymienione gatunki organizmów dobrano celem oszacowania poziomu toksyczności wobec możliwie szerokiej gamy organizmów z różnych poziomów troficznych (producenci, konsumenci, destruenci). Ponadto dokonując wyboru baterii biotestów należało uwzględnić fakt występowania próbek stałych (płyny technologiczne zawierające zwierciny itp.) – test Ostracodtoxkit F™ jest najlepiej poznanym i pierwszym biotestem bezpośredniego kontaktu skorupiaków z osadami/glebami próbek słodkich i słonawych. Badania prowadzono w oparciu o podane w Tabela 2.14 testy i zgodnie z podanymi normami.



Tabela 2.14. Zastosowane testy ekotoksykologiczne

Nazwa mikrobiotestu	TAKSON Gatunek	Mierzony parametr Czas trwania testu	Standardowa procedura
<b>Microtox®</b> (Strategic Diagnostics Inc., USA)	BAKTERIE <i>Vibrio fischeri</i>	spadek bioluminescencji 30 min	PN-EN ISO 11348-2(3):2002
<b>Ostracodtoxkit F™</b> (MicroBioTests Inc., Nazareth, Belgia)	MAŁŻORACZKI <i>Heterocypris incongruens</i>	zahamowanie wzrostu; śmiertelność 6 dni	wg zaleceń producenta (zgodna z ISO 14371:2012)
<b>Phytotoxkit F™</b> (MicroBioTests Inc., Nazareth, Belgia)	GORCZYCA <i>Sinapis alba</i>	zahamowanie kiełkowania i wzrostu korzeni 3 dni	wg zaleceń producenta (zgodna z ISO 11269-1)

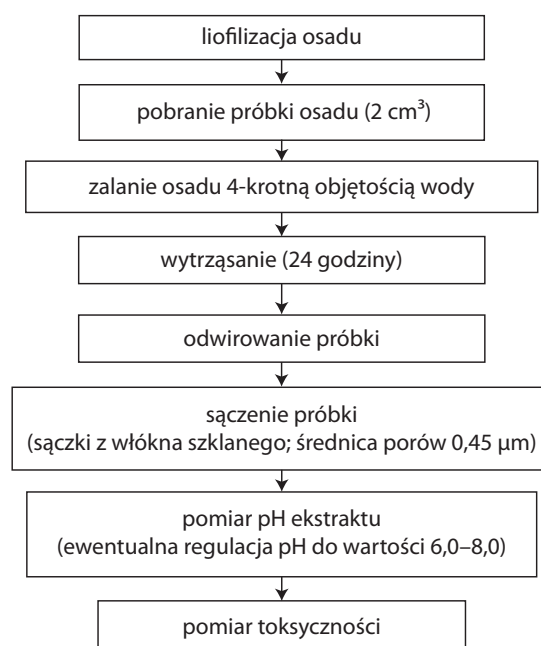
W przypadku próbek o konsystencji dwufazowej, gdy nie jest możliwe przygotowanie jednorodnej mieszaniny, badania toksykologiczne wykonano oddzielnie dla obu frakcji: nadsączu (roztworu ustabilizowanego, odstanego) oraz dla osadu.

Procedury analityczne obejmowały następujące etapy:

- przygotowanie próbek ekstraktów wodnych z osadów do pomiaru toksyczności;
- pomiar toksyczności ostrej z zastosowaniem bakterii bioluminescencyjnych *Vibrio fischeri*;
- przeprowadzenie badań z wykorzystaniem testu opartego na zastosowaniu skorupiaka *Heterocypris incongruens*;
- przeprowadzenia badań z wykorzystaniem testu opartego na zastosowaniu nasion *Sinapis alba*.

Szczegółową charakterystykę poszczególnych etapów procedur analitycznych przedstawiono poniżej. Przygotowanie próbek ekstraktów wodnych z osadów do pomiaru toksyczności

Do pomiaru toksyczności z próbek stałych przygotowano ekstrakty wodne, zgodnie z normą PN-EN ISO 11348-2(3):2002. Liofilizowany osad wytrząsano w napowietrzanej, demineralizowanej wodzie przez 24 godz., na wstrząsarce planetarnej 600 obr./min a następnie odwirowano i przesączono przez sączi z włókna szklanego o średnicy porów 0,45 µm. Ciecz zebrana pod lejkiem z filtrem to przesącz (filtrat), który badano testem Microtox®, z zastosowaniem bakterii) a ciało stałe zebrane na filtrze badano testami z zastosowaniem małżoraczków *Ostracodtoxkit F™* oraz roślin *Phytotoxkit F™*. Szczegółową procedurę przygotowania próbek do badań przedstawiono na schemacie (rys. 2.7).



Rys. 2.7. Schemat przygotowywania wodnych ekstraktów z próbek stałych.

Pomiar toksyczności ostrej z zastosowaniem bakterii bioluminescencyjnych *Vibrio fischeri*

Toksyczność ostrą dla próbek cieczy/ekstraktów wodnych oznaczono z zastosowaniem bakterii bioluminescencyjnych *Vibrio fischeri*. Spośród 27 procedur, dostępnych w oprogramowaniu *MicrotoxOmni™* (firmy *Strategic Diagnostics Inc., USA*) przeznaczonego dla analizatora *Microtox® Model 500*, wybrano procedurę oznaczoną jako „81,9% Basic Test”. Jest to test podstawowy przeprowadzany bez powtórzeń w układzie: 1 próbka kontrolna + szereg 4 rozcieńczeń o ilorazie 2 poczynając od stężenia 91%. Procedurę pomiaru toksyczności ostrej przedstawiono na schemacie (rys. 2.8). Układ pomiarowy mierzy i oblicza Współczynnik Korekcyjny ( $R_t$ ) jako stosunek natężenia światła emitowanego przez próbkę ślepą po określonym czasie pomiaru do natężenia światła emitowanego przed rozpoczęciem doświadczeń. Następnie oblicza się parametr Gamma ( $G$ ) jako stosunek utraty kwantów światła w czasie  $t$  wobec intensywności światła w czasie  $t$  dla danego stężenia próbki zgodnie ze wzorem:

$$G_t = \frac{R_t * I_0}{I_t} - 1$$

gdzie:

$G_t$  parametr gamma

$R_t$  utrata kwantów światła w czasie  $t$

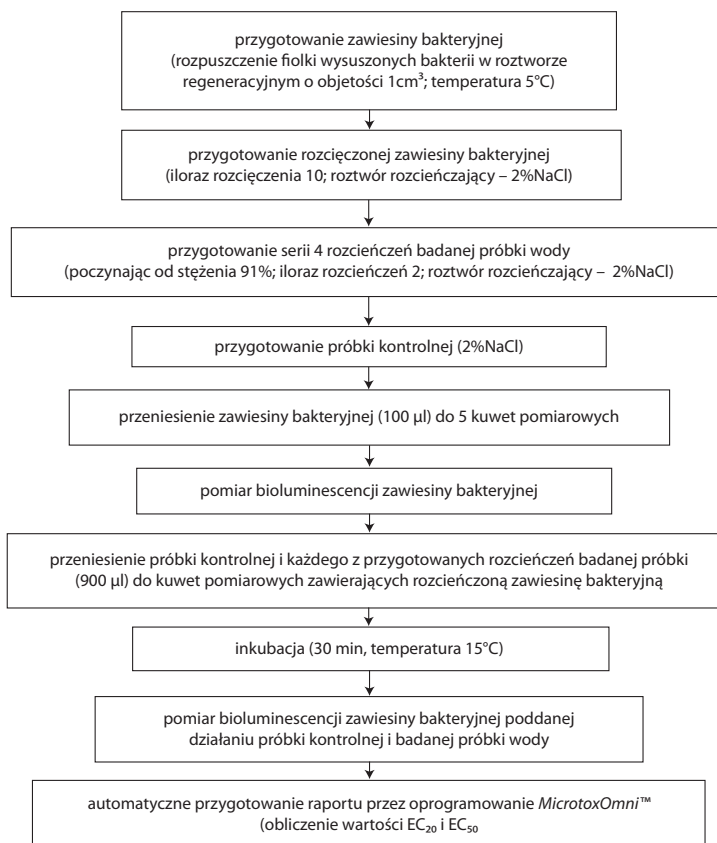
$I_0$  intensywność światła w czasie  $t = 0$

$I_t$  intensywność światła w czasie  $t$  dla danego stężenia próbki

Matematycznego przedstawienia procentowej zmiany badanego parametru w czasie ( $EC_{20}$ ,  $EC_{50}$ ) dokonuje się według wzoru:

$$\text{Efekt \% w czasie } t = \frac{G_t}{(1 + G_t)} * 100$$

gdzie:  $G_t$  – parametr gamma

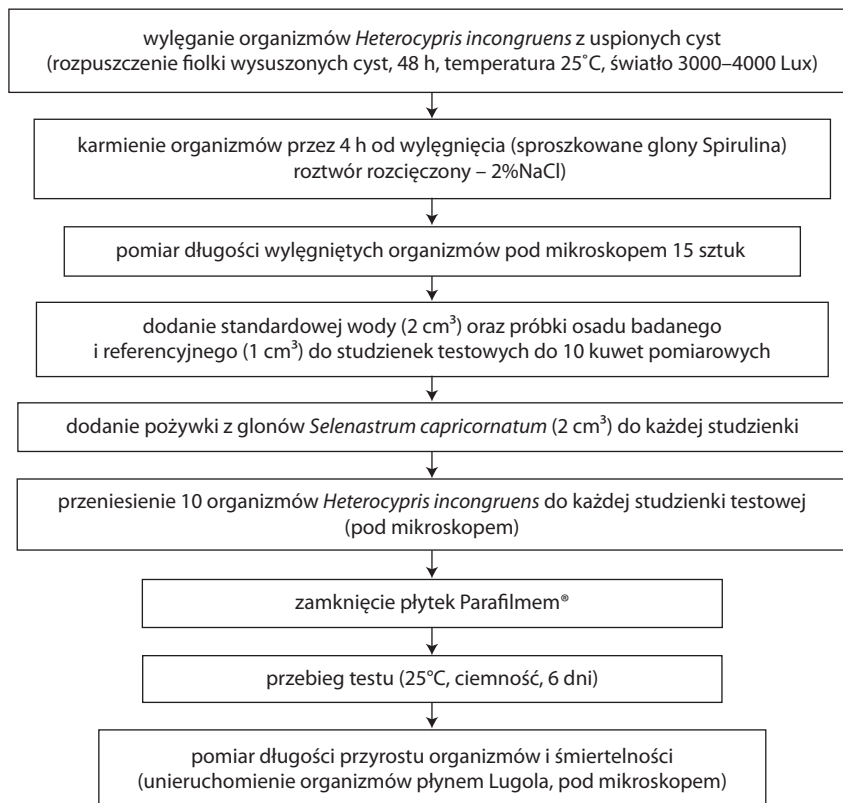


**Rys. 2.8.** Schemat procedury pomiaru toksyczności próbek cieczy w oparciu o zastosowanie bakterii bioluminescencyjnych *Vibrio fischeri*.

### Przeprowadzenie badań z wykorzystaniem testu opartego na zastosowaniu skorupiaka *Heterocypris incongruens*

Badania toksyczności próbek stałych i ciekłych obejmowały również wyznaczenie poziomu toksyczności chronicznej wyznaczonej w oparciu o test „bezpośredniego kontaktu” – *Ostracodtoxit F<sup>TM</sup>* (*MicroBioTests Inc.*, Nazareth, Belgia). Ocenę toksyczności oparto na dwóch efektach: zahamowaniu szybkości wzrostu badanych organizmów oraz na określeniu ich śmiertelności wskutek kontaktu z próbką. Schemat procedury podano na rysunku 2.9.

Do testu wykorzystano osobniki *Heterocypris incongruens* rozwinięte z jaj przetrwalnych (cyst). 52 godziny przed rozpoczęciem testu cysty umieszczono w płytkach Petriego i zalano 10 cm<sup>3</sup> standardowej pożywki przygotowanej w oparciu o dostarczone w zestawie roztwory soli (NaHCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, KCl). Jaja inkubowano w temp. 25°C przy ciągłym oświetlaniu o natężeniu 3000–4000 lux. Świeżo wylęgnięte osobniki *Heterocypris incongruens* mierzono i przenoszono szklaną mikropipetą do wielokomorowych płytek testowych wypełnionych zawiesiną żywych glonów i badaną próbką osadu. Następnie, tak przygotowane płytki inkubowano w ciemności przez 6 dni w temp. 25°C. Po tym czasie mierzono długość tylko żywych małżoraczków i porównano ją z wartością otrzymaną na początku testu. Ponadto w każdej studzience testowej (w jednej płytce znajduje się 6 studzienek) zliczano martwe osobniki. Obliczano % zahamowania wzrostu organizmów i % śmiertelności względem organizmów żyjących w osadzie odniesienia.



**Rys. 2.9.** Schemat procedury pomiaru toksyczności próbek osadów w oparciu o test „bezpośredniego kontaktu” – *Ostracodtoxit F<sup>TM</sup>*.

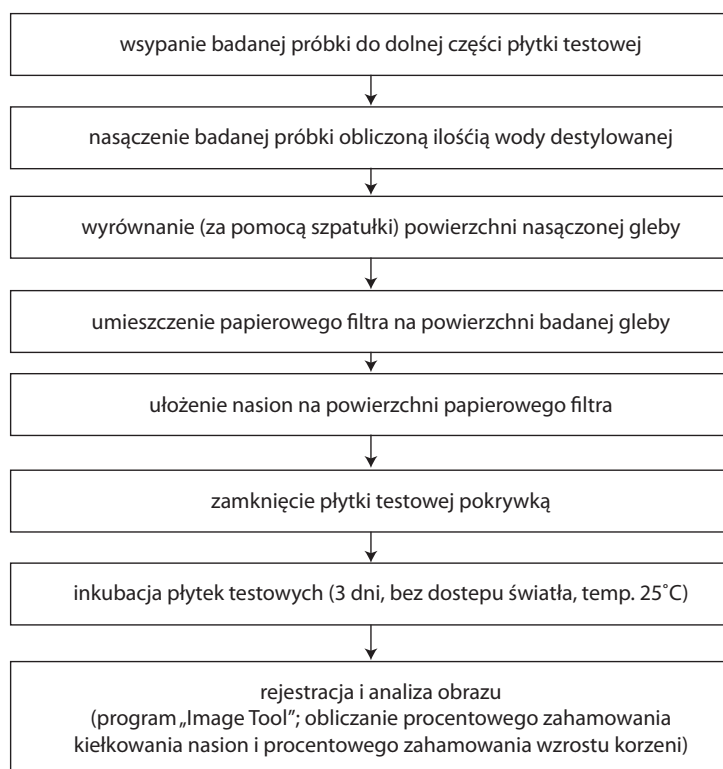
### Przeprowadzenia badań z wykorzystaniem testu opartego na zastosowaniu nasion *Sinapis alba*

Ocenę toksyczności oparto na dwóch efektach: zahamowaniu kiełkowania nasion szybkości wzrostu korzeni badanych nasion wskutek kontaktu z próbką. Schemat procedury podano na rysunku 2.10.

Procedury były odpowiednio modyfikowane, celem dostosowania do wymagań przeprowadzenia badań. Modyfikacje przeprowadzano tak, że:

- w przypadku wyznaczania toksyczności próbek stałych (*Ostracodtoxit F<sup>TM</sup>* oraz *Phytotoxit F<sup>TM</sup>*) przygotowywano szereg próbek dodając do studzienek określone objętości osadu badanego oraz uzupełniając ilość osadu w studzience osadem odniesienia do ostatecznej objętości 2 cm<sup>3</sup>,

- w przypadku wyznaczenia toksyczności próbek ciekłych (*Microtox*<sup>®</sup>) przygotowywano szereg próbek dodając do studzienek (wypełnionych odpowiednim osadem odniesienia) określone objętości badanego przesączu/nadsączu (przygotowanego zgodnie z procedurą przedstawioną na rys 4.11) oraz uzupełniając ilość cieczy w studzience wodą destylowaną do ostatecznej objętości 2 cm<sup>3</sup>.



**Rys. 2.10.** Schemat procedury pomiaru toksyczności ostrej z wykorzystaniem *Sinapis alba* (dotyczy również próbki referencyjnej).

Do testu *Microtox*<sup>®</sup> pobierano 0,9 cm<sup>3</sup> próbki przesączu, a dla testów *Ostracodtoxkit F<sup>TM</sup>* i *Phytotoxkit F<sup>TM</sup>* odpowiednio 2000 cm<sup>3</sup> i 5000 cm<sup>3</sup>.

Wszystkie oznaczenia ekotoksykologiczne przeprowadzono w 3 powtórzeniach, jako wynik podano średnią arytmetyczną. W przypadku wyznaczenia poziomu toksyczności próbek ciekłych próbkę badaną nanoszono na płytkę zawierającą osad referencyjny oraz stosowano wodę destylowaną, jako substancję kontrolną.

### 3 Obszar badań

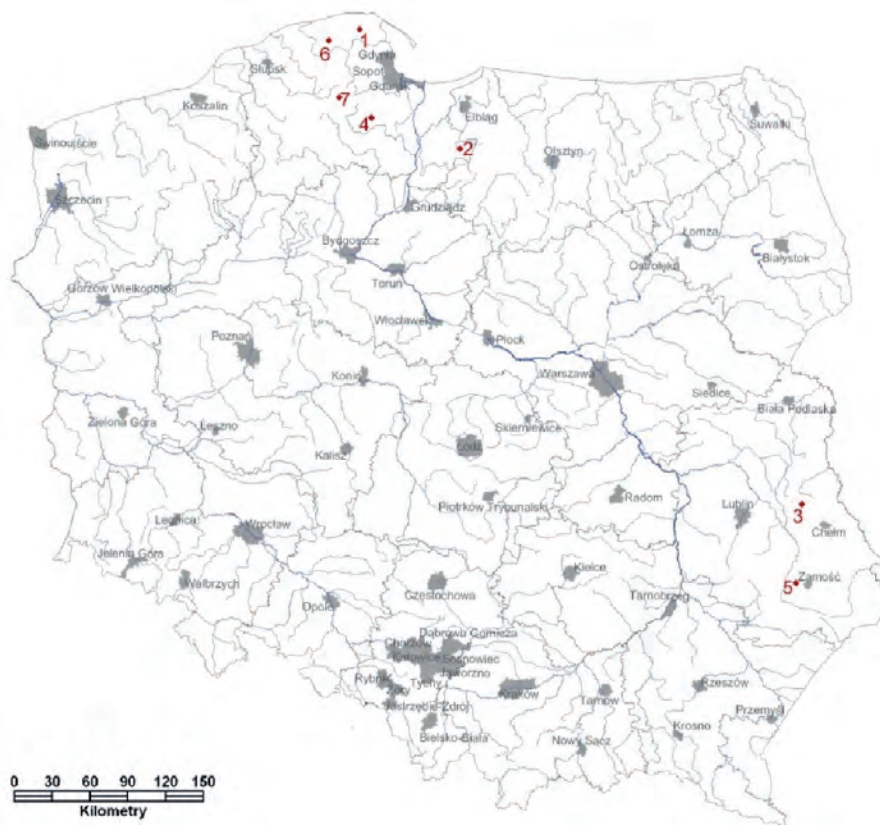
Na obszar badań składają się poligony badawcze wyznaczone na potrzeby projektu wokół siedmiu poszukiwawczych otworów wiertniczych. Termin „poligon badawczy” określa wycinek przestrzeni wokół otworu wiertniczego, w szczególności teren zakładu wykonującego roboty geologiczne oraz jego najbliższe sąsiedztwo. Poligon badawczy nie posiada ściśle wytyczonych granic, definiowane są one teoretycznym zasięgiem potencjalnych oddziaływań zakładu na środowisko i mają zróżnicowany przebieg w zależności od analizowanego elementu środowiska.

Główne kryteria wyboru poligonu do badań w projekcie były następujące:

- reprezentatywność przestrzenna, polegająca na lokalizacji otworów wiertniczych we wszystkich obszarach poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów w Polsce,
- zgoda Operatora koncesji na udział w projekcie, udostępnienie informacji, umożliwienie realizacji badań i obserwacji na terenie zakładu,
- wykonanie wiercenia oraz zabiegu szczelinowania hydraulicznego i realizacja prac w czasie trwania projektu.

Początkowo do projektu wytypowano 5 poligonów badawczych: Syczyn i Zawada w lubelskim obszarze poszukiwań oraz Lubocino, Stare Miasto i Wysin w pomorskim obszarze poszukiwań. W związku ze zmianą harmonogramu prac Operatora na koncesji Stara Kiszewa (poligon Wysin) i rezygnacji z wykonania zabiegu szczelinowania, do projektu dołączono poligon Gapowo. Dodatkowo zrealizowano badania na poligonie Łebień, jako kontynuację projektu wykonanego w 2011 r. przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (i inne jednostki) na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

Lokalizację poligonów przedstawiono na mapie (rys. 3.1). Szczegółowe informacje o poligonach zestawiono w kartach charakterystyk, załącznik 1.



1-Lubocino, 2-Stare Miasto, 3-Syczyn, 4 -Wysin, 5-Zawada, 6-Łebień, 7-Gapowo

Rys. 3.1. Lokalizacja poligonów badawczych.

### 3.1 Uwarunkowania przestrzenne

Poligony badawcze zlokalizowane są w następujących mezoregionach (wg Kondrackiego): Wysoczyzna Żarnowiecka (Lubocino, Łebień), Pojezierze Kaszubskie (Wysin, Gapowo), Pojezierze Iławskie (Stare Miasto), Równina Łęczyńsko-Włodawska (Syczyn), Padół Zamojski (Zawada), zróżnicowanych pod względem ukształtowania powierzchni i krajobrazu.

Na ogół zakłady lokalizowano na płaskim, jak najmniej urozmaiconym terenie, co ułatwia prace budowlane. W przypadku poligonu Lubocino, zakład zlokalizowano na łagodnym skłonie niewielkiego wzniesienia, zniwelowanego w wyniku prac budowlanych. Lokalizacja taka okazała się kłopotliwa ze względu na spływ wód powierzchniowych oraz płytkich wód gruntowych. Konieczne było wybudowanie dodatkowego drenażu od strony wzniesienia. Natomiast poligon Syczyn zlokalizowany był na terenie o wyrównanej powierzchni, jednak w sąsiedztwie rowu melioracyjnego. Niewielka różnica rzędnych terenu pomiędzy wyrównanym placem zakładu a dnem rowu – około 1,5 m – przyczyniła się do powstania uszkodzeń w południowo-zachodniej części ogrodzenia, spowodowanych wymywaniem piaskowej podsypki.

Na położenie geograficzne nakładają się granice administracyjne. Oceniając stan środowiska i analizując wpływ zakładu na otoczenie należy odnosić się do uwarunkowań przyrodniczych oraz do faktycznego zasięgu oddziaływań a nie do granic administracyjnych. Wszystkie zakłady zlokalizowane były w odległości mniejszej niż 3 km od sąsiedniej gminy. W przypadku poligonu Syczyn zakład położony był na terenie gminy Wierzbica, w odległości około 950 m od gminy Cynców. W przypadku poligonu Zawada zakład położony był na terenie gminy Zamość, w odległości około 1150 m od gminy Szczepleszyn. W przypadku poligonu Gapowo zakład położony był na terenie gminy Stężyca, w odległości około 550 m od gminy Sulęcyno.

Dojazd do zakładu najczęściej odbywał się drogami lokalnymi lub gminnymi. Dojazdowe drogi gruntowe prowadzą do zakładu Lubocino (0,45 km), Stare Miasto (0,1 km, utwardzona płytami betonowymi), Syczyn (0,15 km, utwardzona płytami betonowymi), Zawada (1,5 km, nawierzchnia z tłucznią).

Zakłady najczęściej lokalizowano z dala od zabudowań mieszkalnych, w odległości co najmniej 500 m (tabela 3.1). Jedynie na poligonach badawczych Syczyn i Gapowo odległości do siedlisk są mniejsze. W Syczynie najbliższe pojedyncze zabudowania zlokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu, w odległości ok. 50 m od granic zakładu. Pomiędzy zakładem a zabudową mieszkalną zdeponowano jednak warstwę gleby w formie wału ziemnego, co wpływa korzystnie na minimalizację oddziaływań akustycznych. Zwarta zabudowa o charakterze zagrodowym wsi Syczyn również znajduje się stosunkowo blisko, w odległości ok. 200 m. Na poligonie badawczym Gapowo najbliższe pojedyncze siedlisko znajduje się w odległości ok. 360 m od zakładu wykonującego roboty geologiczne Gapowo, ale położone jest tuż przy ruchliwej drodze wojewódzkiej nr 214, po przeciwnej stronie niż zakład.

Wszystkie analizowane zakłady zlokalizowane zostały na terenach użytkowanych rolniczo lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie.

W pobliżu zakładu Stare Miasto eksploatowane są złoża kruszywa (dwa wyrobiska w bezpośrednim sąsiedztwie, w tym jedno czynne). Udokumentowane, lecz nieeksploatowane złoża występują na poligonie Syczyn (złożo węgla kamiennego) oraz w pobliżu poligonu Zawada (złożo ceramiki budowlanej). W odległości 1,2 km od zakładu Gapowo znajdują się udokumentowane i eksploatowane złoża piasków ze żwirami.

Zakłady różniły się wielkością i infrastrukturą. Zajmowały powierzchnię od 1,5 do 3,74 ha. Większość wyposażona była w zbiorniki ziemne. Stałym elementem konstrukcji placu zakładu był wał ziemny powstały ze zdeponowania warstwy gleby.

**Tabela 3.1.** Odległość zakładów od najbliższej zabudowy mieszkalnej na tle gęstości zaludnienia gminy

Zakład wykonujący roboty geologiczne	Odległość zakładu od najbliższej zabudowy mieszkalnej		Gęstość zaludnienia gminy
	pojedynczej	zwartej	
	[km]	[km]	[osób/km <sup>2</sup> ]
Lubocino	0,12	0,8	49
Stare Miasto	0,65	0,65	22
Syczyn	0,05	0,2	37
Wysin	1,0	1,0	42
Zawada	1,0	1,5	113
Łebień	0,7	1,5	48
Gapowo	0,36	0,5	61
Stare Miasto	0,65	0,65	22

## 3.2 Wybrane aspekty prawne i administracyjne

Odwierty biorące udział w projekcie zostały wykonane w wyniku prac geologicznych realizowanych na podstawie koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż, uzyskanych przez Operatorów, zgodnie z obowiązującym porządkiem prawnym. W okresie trwania projektu obowiązek przeprowadzenia postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) zależał od aktualnie obowiązujących aktów prawnych i dotyczył całego obszaru koncesji. W przypadku wniosku o zmianę koncesji organ koncesyjny, uwzględniając zakres prac oraz aktualne przepisy, nakładał obowiązek przeprowadzenia postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko. Informacje na temat poszczególnych koncesji i postępowania OOŚ zestawiono poniżej.

### Poligon badawczy Lubocino

Koncesja „Wejherowo” Nr 4/2009/p z dnia 5 lutego 2009 r.

Decyzja Wójta Gminy Wejherowo z dnia 25 września 2008 r. znak: RGPN/7666/59/2008 o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia;

#### Podstawa prawna:

ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm; rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr. 257 poz. 2573 z późn. zm.)

*postępowanie OOŚ wynikało z możliwości znaczącego oddziaływania na znajdujące się w granicach planowanego przedsięwzięcia obszary Natura 2000;*

*zgodnie z art. 155 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227), która weszła w życie w dniu 15 listopada 2008 r. przepisów ustawy zobowiązujących podmiot planujący podjęcie realizacji przedsięwzięcia do uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach nie stosuje się do podmiotów posiadających decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach wydane na podstawie przepisów ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.)*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 7 października 2010 r.

Postanowienie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 05 sierpnia 2010 r. znak: RDOŚ22-PN.I-6671-651(2)/10/AM stwierdzające brak potrzeby przeprowadzenia postępowania; *(dotyczy przedsięwzięcia polegającego na wykonaniu badań geofizycznych)*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.)

*postępowanie OOŚ wynikało z możliwości znaczącego oddziaływania na znajdujące się w granicach planowanego przedsięwzięcia obszary Natura 2000 utworzone po dacie udzielenia koncesji*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 21 maja 2012 r.

Decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 14 marca 2012 r. znak RDOŚ-Gd-WOO.4210.53.15.2011.ER o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia; *(dotyczy działalności w zakresie wynikającym z wniosku o zmianę koncesji)*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.) rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Koncesja „Elbląg” Nr 29/2008/p z dnia 30 czerwca 2008 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana;

Podstawa prawna:

ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 27 lipca 2010 r.

*jak wyżej – zmiana koncesji dotyczyła jej przeniesienia na inny podmiot; zakres prac bez zmian*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 7 grudnia 2010 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia prac sejsmicznych i wiertniczych na obszarze Jezioro Drużno PLB280013 i PLH280028 oraz zakaz prowadzenia prac sejsmicznych przy użyciu materiałów wybuchowych; w razie konieczności przeprowadzenia ww. prac wymagałoby to zmiany koncesji i uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

*zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397): do postępowania wszczętych przed dniem jego wejścia w życie (15 listopada 2010 r.) stosuje się przepisy dotychczasowe*

### **Poligon badawczy Syczyn**

Koncesja „Wierzbica” Nr 28/2007/p z dnia 30 października 2007 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana;

Podstawa prawna:

ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.); rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przed-



sięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 28 kwietnia 2010 r.

*jak wyżej – zmiana koncesji dotyczyła jej przeniesienia na inny podmiot; zakres prac bez zmian*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 30 października 2012 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek robót geologicznych na obszarach Natura 2000 oraz zakaz prowadzenia prac sejsmicznych przy użyciu materiałów wybuchowych*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 1 lutego 2013 r.

Decyzja Wójta Gminy Wierzbitza z dnia 17 października 2012 r., znak Bd.3.6220.5.2011 o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia;

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

### **Poligon badawczy Wysin**

Koncesja „Stara Kiszewa” Nr 1/2011/p z dnia 11 stycznia 2011 r.

Decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 10 września 2010 r. znak RDOŚ-22-WOO.6670/26-12/08/09/10ER o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia;

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

### **Poligon badawczy Zawada**

Koncesja „Zwierzyniec” Nr 70/2009/p z dnia 10 grudnia 2009 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek robót geologicznych na obszarach Natura 2000*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 30 września 2011 r.

Postanowienie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Rzeszowie z dnia 15 lipca 2011 r. znak WPN.430.123.2011.BA-2 PS o odstąpieniu od nakładania obowiązku przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko (dotyczy przedsięwzięcia polegającego na wykonaniu badań sejsmicznych z zastosowaniem metody wibratorowej)

Postanowienie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Lublinie z dnia 16 sierpnia 2011 r. znak WST.III.430.6.2011.PS o odstąpieniu od nakładania obowiązku przeprowadzenia oceny oddzia-

ływania na środowisko (*dotyczy przedsięwzięcia polegającego na wykonaniu badań sejsmicznych z zastosowaniem metody wibratorowej*)

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.)

### **Poligon badawczy Łebień**

Koncesja „Lębork” Nr 16/2007p z dnia 23 października 2007 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek robót geologicznych na obszarach Natura 2000*

Podstawa prawna:

ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.); rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 12 grudnia 2008 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek prac na obszarach Natura 2000*

Podstawa prawna:

ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.); rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr. 257 poz. 2573 z późn. zm.)

*zgodnie z art. 153 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. Nr 199, poz. 1227), która weszła w życie w dniu 15 listopada 2008 r. do postępowań administracyjnych wszczętych przed jej wejściem zastosowanie mają przepisy ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. Nr 129 poz. 902 z późn. zm.)*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 26 października 2010 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; *obowiązuje zakaz prowadzenia geologicznych prac sejsmicznych i wiertniczych na obszarach Natura 2000 oraz zakaz prowadzenia prac sejsmicznych przy użyciu materiałów wybuchowych*

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr. 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 18 października 2013 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; w zakresie wynikającym z wniosku, tzn. prace sejsmiczne realizowane z wykluczeniem użycia materiałów wybuchowych oraz poza obszarami Natura 2000

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397) *wniosek o zmianę koncesji złożony przed wejściem w życie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2013 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2013, poz. 817) – zastosowano przepisy dotychczasowe, zgodnie z par. 2 niniejszego rozporządzenia*

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 18 września 2014 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; obowiązuje zakaz prowadzenia geologicznych prac sejsmicznych na obszarach Natura 2000 oraz zakaz wykonywania 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

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397 z późn. zm.)

### **Poligon badawczy Gapowo**

Koncesja „Bytów” Nr 17/2010/p z dnia 17 marca 2010 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek robót geologicznych na obszarach Natura 2000

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. Nr 257 poz. 2573 z późn. zm.)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 1 czerwca 2011 r.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia nie wymagana; obowiązuje zakaz prowadzenia jakichkolwiek robót geologicznych na obszarach Natura 2000

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 03 lipca 2012 r.

Decyzja Wójta Gminy Stężyca z dnia 14 czerwca 2012 r. o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia;

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

Zmiana koncesji: decyzja Ministra Środowiska z dnia 14 listopada 2013 r.

Decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 6 marca 2013 r. znak: RDOŚ-Gd-WOO.4210.22.2012.ER.16 o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji przedsięwzięcia;

Podstawa prawna:

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. Nr 199, poz. 1227 z późn. zm.), rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397)

*dla przedsięwzięcia określonego wnioskiem o zmianę koncesji przedsiębiorca uzyskał prawomocną decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach przed dniem wejścia w życie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2013 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2013 r. poz. 817) do niniejszego postępowania zgodnie z paragraf 2 ww. rozporządzenia mają zastosowanie przepisy dotychczasowe; w chwili składania przedmiotowego wniosku była wymagana decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach*

### 3.3 Zróźnicowanie warunków geologicznych i jakość naturalnego uszczelnienia

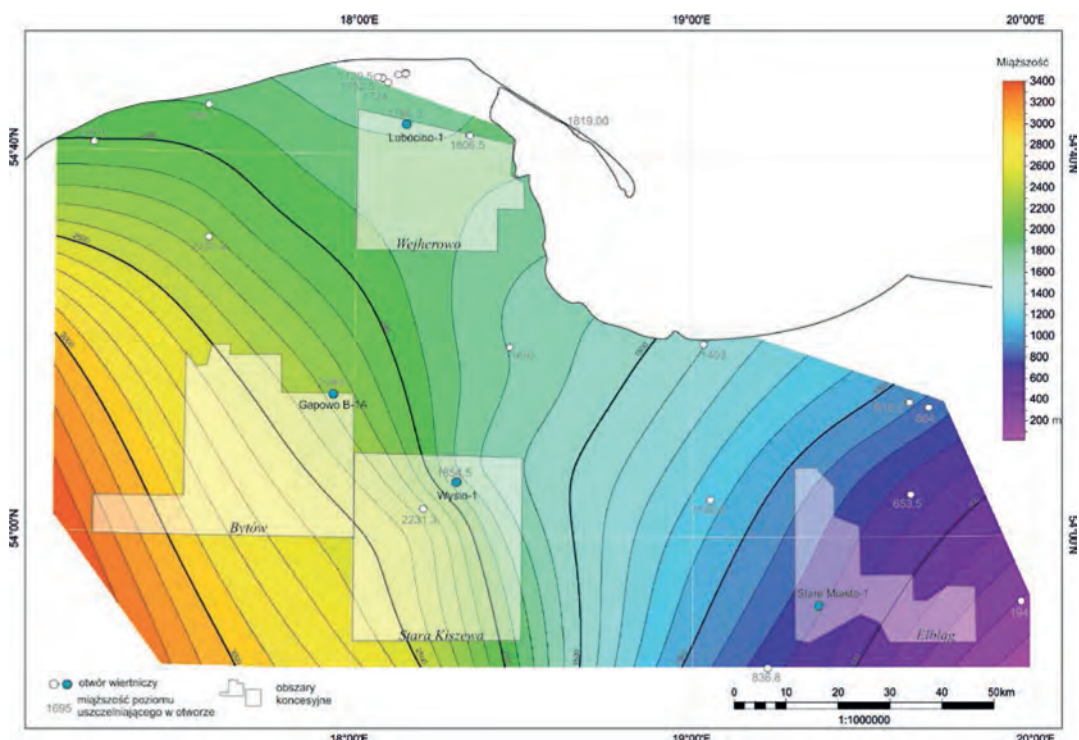
Spośród zagrożeń związanych z oddziaływaniem płynów szczelinujących na struktury tektoniczne w otoczeniu złóż łupkowych wyróżnić można dwa typy: przedostanie się płynu szczelinującego i/lub metanu poprzez spękania i uskoki do poziomu wód użytkowych oraz wystąpienie wstrząsu sejsmicznego na reaktywowanym przez szczelinowanie uskoku.

#### 3.3.1 Obszar pomorski – kontekst strukturalny zagrożeń związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym

##### Kompleksy uszczelniające

Na obszarze pomorskim występują dwa zasadnicze kompleksy uszczelniające: sylurski i cechsztyński.

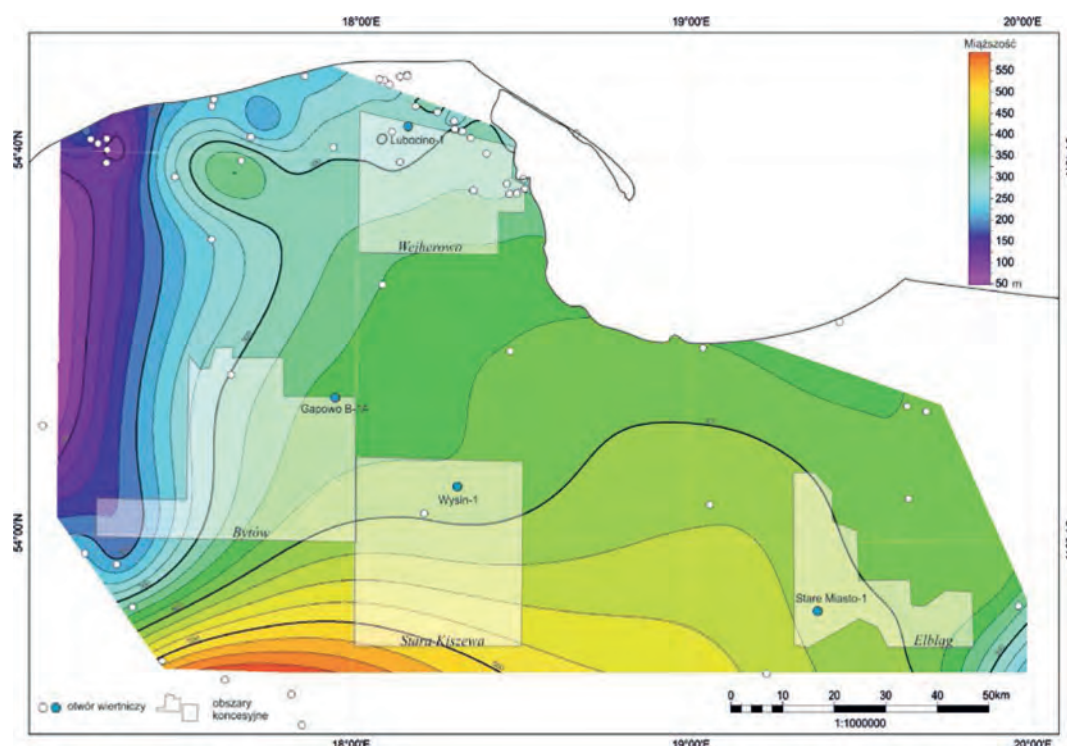
Sylurski kompleks uszczelniający rozprzestrzenił się od stropu najwyższej warstwy szczelinowanej (landoweru) do spągu permu, w którym tylko lokalnie występują przepuszczalne piaskowce miąższości kilku metrów. Ze względu na dużą rangę czynników geotektonicznych, które warunkowały sedymentację i erozję sylurskiego kompleksu uszczelniającego, jego miąższość zmienia się płynnie na badanym obszarze (rys. 3.2): od ponad 3000 m na zachodzie do minimum 300 m na wschodzie. W najbardziej na wschód wysuniętym otworze Stare Miasto-1, minimalna miąższość sylurskiego kompleksu uszczelniającego wynosi ponad 700 m. Zważywszy, że uskoki odnotowane w obrębie tego kompleksu na Pomorzu osiągają zrzuty do 100 m, to nie naruszają one ciągłości kompleksu uszczelniającego. W takim przypadku częściowe rozszczelnienie ekranu mogłoby nastąpić jedynie wzdłuż stref spękań okalających strefy uskoków. Uskoki takie powinna cechować młoda aktywność tektoniczna, gdyż nieczynne spękania są zazwyczaj zmineralizowane węglanem wapnia. Ponieważ nie ma żadnych informacji o współczesnej aktywności stref tektonicznych na badanym obszarze Pomorza, również i tę opcję należy uznać za mało prawdopodobną.



**Rys. 3.2.** Miąższość sylurskiego kompleksu uszczelniającego mierzona od stropu landoweru do spągu permu.

Cechsztyński kompleks uszczelniający składa się z osadów 3 najstarszych cyklotemów, przy czym najważniejsze są sole niższych cyklotemów: najstarsza (Na1) oraz starsza (Na2) obecne na całym ob-

szarze i stanowiące główne warstwy uszczelniające (Wagner, 1988). Poza tymi kompleksami osady cyklotemów młodszych (PZ2 i PZ3) reprezentują głównie siarczany i węglany o relatywnie mniejszej miąższości. Spośród ewaporatów cechsztynu jedynie dolomity nie wykazują właściwości uszczelniających. Mimo iż pomiar przepuszczalności dla próbek soli nie był przeprowadzony, to stwierdzić można, że jest to skała o najlepszych własnościach uszczelniających, o przepuszczalności w zakresie najwyżej kilku nano Darcy (Kettel, 1997). Jednorodna struktura, znikoma porowatość i mała lepkość sprawiają, że przy realistycznych dla Pomorza tempach deformacji tektonicznych, w soli nie rozwijają się zniszczenia kruche, w tym również spękania hydrauliczne. W przypadku rozpatrywanych procesów technologicznych, ekran soli kamiennej, jak również anhydrytu należy uznać za izolację doskonałą zarówno dla propagowania się szczelin jak i przenikania płynów szczelinujących oraz gazu ziemnego. Na badanym obszarze miąższość cechsztyńskiego kompleksu uszczelniającego zmienia się płynnie od 280 m na północy po ok. 500 m na południu (rys. 3.3). Na profilach sejsmicznych z badanych obszarów, obserwowano jedynie nieliczne uskoki lekko naruszające spąg cechsztynu, o zrzucie maksymalnie kilkadziesiąt metrów, jednak żaden z nich nie przebija całego kompleksu ewaporatów. Nie stanowią one żadnego zagrożenia dla rozszczelnienia kompleksu cechsztyńskiego.



**Rys. 3.3.** Miąższość cechsztyńskiego kompleksu uszczelniającego.

Analizę właściwości kompleksów uszczelniających przeprowadzono dla trzech poligonów badawczych – Lubocino, Stare Miasto i Wysin. Z uwagi na brak wystarczającej ilości danych z otworu Stare Miasto-1 oraz braku informacji dotyczących głębokości poboru próbek z otworu Lubocino-1, za otwory reperowe uznano otwór Wysin-1 oraz Kościerzyna IG-1. W otworze Wysin-1 średnie porowatości efektywne (wg interpretacji danych geofizyki otworowej) dla utworów cechsztynu wyniosły 1,51%, jednak średnia ta jest znacznie zawyżona przez utwory dolomitu głównego, w którym porowatość sięga 19% – reszta tego kompleksu ma porowatość zbliżoną do 0%. Średnie porowatości efektywne dla utworów ludlowu i przydolu wynoszą tu 1,40%. Z kolei w otworze Kościerzyna IG-1 średnie porowatości efektywne (wg oznaczeń na próbkach rdzenia) wyniosły 1,73% dla utworów cechsztynu, oraz 1,07% dla utworów ludlowu i przydolu.

Operator koncesji Wejherowo udostępnił dane o przepuszczalności kompleksów łupkowych, uzyskane dla próbek z otworu Lubocino-1. Pomiary przepuszczalności na próbkach opisano zbiorczo jako „próbki ordowik-sylur” (bez podania głębokości). Wziąwszy pod uwagę zakres rdzeniowania można mieć pew-

ność, że próbki pochodzą z interwału 2228–2907 m, co odpowiada stratygraficznie utworom ordowiku i dolnego syluru. Średnia z 96 pomiarów w tym interwale wynosi 2,084 mD, jednak ich mediana jest równa 0,071 mD. Niemal wszystkie oznaczenia związane są z przepuszczalnością szczelinową, która mogła zostać podwyższona sztucznie na skutek odprężenia rdzenia i preparatyki próbek. Można zatem wnioskować, że utwory ordowiku i syluru cechują się znakomitymi właściwościami uszczelniającymi *in situ*.

W kompleksie cechsztynu pomiary przepuszczalności zostały wykonane jedynie dla 3 próbek dolomitu głównego z otworu Niestępowo-1 (przy analizie regionalnych trendów wykorzystano dostępne dane archiwalne o dostatecznej jakości). Wyniki zmienne w granicach od 169 mD do poniżej 1 mD pokazują ogromne zróżnicowanie przepuszczalności dolomitu, co jest charakterystyczną cechą tego kawernowego kolektora. Dolomit główny jest jedyną warstwą, która nie stanowi dobrego uszczelnienia w obrębie kompleksu cechsztyńskiego. Pozostałe warstwy soli i anhydrytu, stwierdzone na podstawie danych geofizyki otworowej, uznać można za bardzo dobre uszczelnienia.

### **Strefy uskokowe w sąsiedztwie otworów**

Możliwość wystąpienia drożnej strefy uskokowej jest ściśle skorelowana z kompleksami, które uskok przecina. W przypadku wszystkich poligonów badawczych na Pomorzu, ponad szczelinowanymi kompleksami ordowiku i najniższego syluru (landoweru) znajdują się grube i nieprzepuszczalne warstwy łupków młodszego syluru, które dodatkowo przykryte są ewaporatami cechsztynu. Warto powtórzyć, że ewaporaty, a zwłaszcza sole kamienne i anhydryty należą do najskuteczniejszych naturalnych uszczelnień spośród wszystkich skał występujących powszechnie na Ziemi. Miąższości kompleksów uszczelniających są wielokrotnie większe niż zrzuty na uskokach w ich obrębie, co wyklucza możliwość rozerwania ciągłości powyższych uszczelnień. Na żadnej z sekcji sejsmicznych z Pomorza nie stwierdzono występowania uskoków przerywających ciągłość cechsztynu, a maksymalne wielkości zrzutów na uskokach wygasających w sylurze rzadko przekraczają 100 m, a nigdzie nie stwierdzono większych niż 200 m. Z tego punktu widzenia uszczelnienie kompleksów łupkowych na Pomorzu, jak i szczelność tnących je stref uskokowych, jest niepodważalna. Obecność stref uskokowych w obrębie kolektora łupkowego może jedynie stanowić utrudnienie w prowadzeniu zabiegów szczelinowania, ale problem ten można rozwiązać na etapie planowania lokalizacji otworu i kierunku odchylenia jego odcinka kierunkowego.

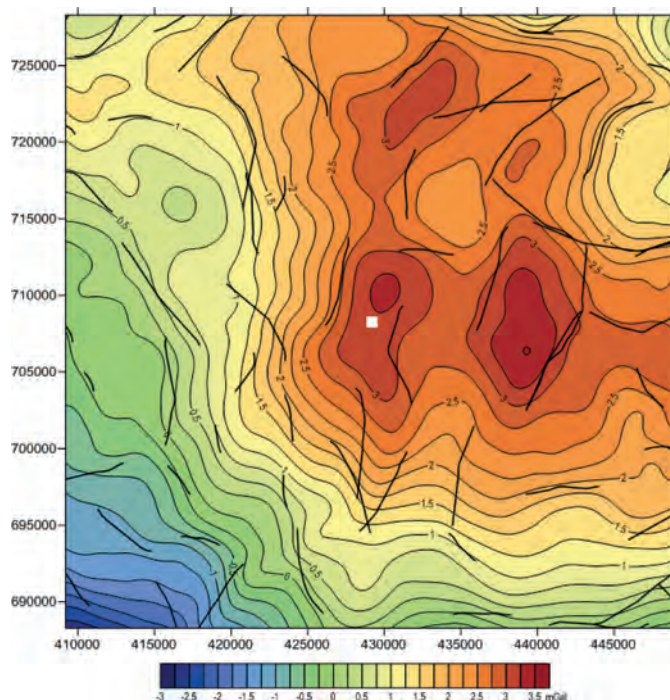
Poniżej zamieszczono podsumowanie analizy budowy tektonicznej poszczególnych poligonów badawczych. Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na ograniczony materiał udostępniony przez Operatorów nie jest ono oparte o pełny zasób danych z poszczególnych lokalizacji. Braki danych z koncesji uzupełniane były dostępnymi informacjami z Narodowego Archiwum Geologicznego.

#### Poligon badawczy Gapowo

Zestaw danych geologicznych z sąsiedztwa otworu Gapowo B-1 nie pozwolił na wykonanie interpretacji budowy tektonicznej obszaru. Główną przeszkodą była słaba jakość profili sejsmicznych z bezpośredniego sąsiedztwa otworu. Na ich podstawie stwierdzono jedynie, że uszczelniający kompleks ewaporatów cechsztynu nie został nigdzie przerwany, jak również nie stwierdzono naruszenia tektonicznego spągu tego kompleksu. Także poniżej cechsztynu nie dostrzeżono uskoków, ale przyczyną tego może być niska jakość rejestracji sygnału.

Analiza lineamentów grawimetrycznych wskazuje, że pod cechsztynem możliwe jest występowanie nieciągłości o przebiegu NNE-SSW w odległości 2 i 3 km od otworu Gapowo B-1, odpowiednio w kierunkach E i W (rys. 3.4). Lineamenty te nie wykazują jednak dużej ciągłości, która sugerowałaby występowanie istotnych stref uskokowych, dlatego mogą być efektem kontrastów gęstości wynikających np. ze zróżnicowania facjalnego cechsztynu. Zwłaszcza, że interpretacja uskoków na podstawie sondowania elektrooporowego, wykonywanego w poziomym odcinku otworu Gapowo B-1A, nie potwierdza zgodności przebiegu uskoków z lineamentami grawitacyjnymi. Geofizyką otworową stwierdzono bowiem występowanie drobnych uskoków o biegach w przybliżeniu NW-SE. Stwierdzono ponadto, że biegi dominującego zespołu stromych spękań (NW-SE) są w przybliżeniu prostopadłe do poziomego odcinka otworu, ale w tym przypadku nie można wykluczyć, że są to poprzeczne pęknięcia technologiczne.

Wszystkie posiadane dane przemawiają za brakiem w sąsiedztwie otworu Gapowo B-1 stref uskokowych o skali mogącej naruszyć integralność uszczelnienia, a zatem nie stwierdzamy zagrożenia migracją płynów szczelinujących lub gazu ku powierzchni i do poziomów wód użytkowych.

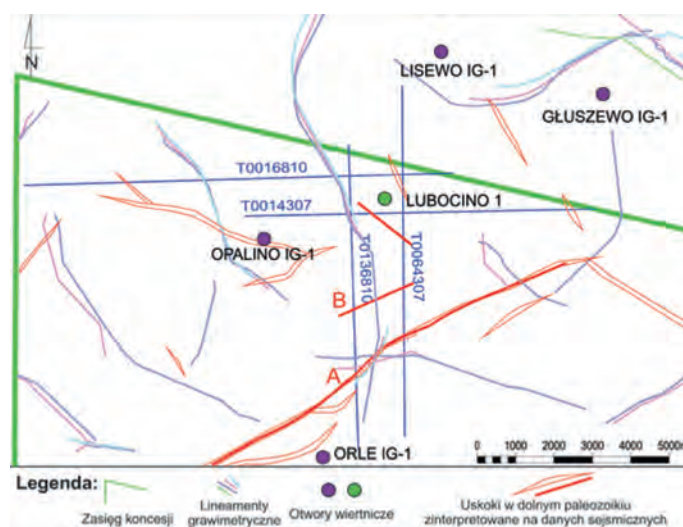


biały kwadrat wskazuje lokalizację otworu Gapowo B-1  
czarnymi liniami zaznaczono lineamenty grawimetryczne

**Rys. 3.4.** Mapy transformowane anomalii w redukcji Bouguera, ukazujące różnicę pomiędzy poziomami analitycznego przedłużenia w górę na poziomy 1 km i 5 km.

#### Poligon badawczy Lubocino

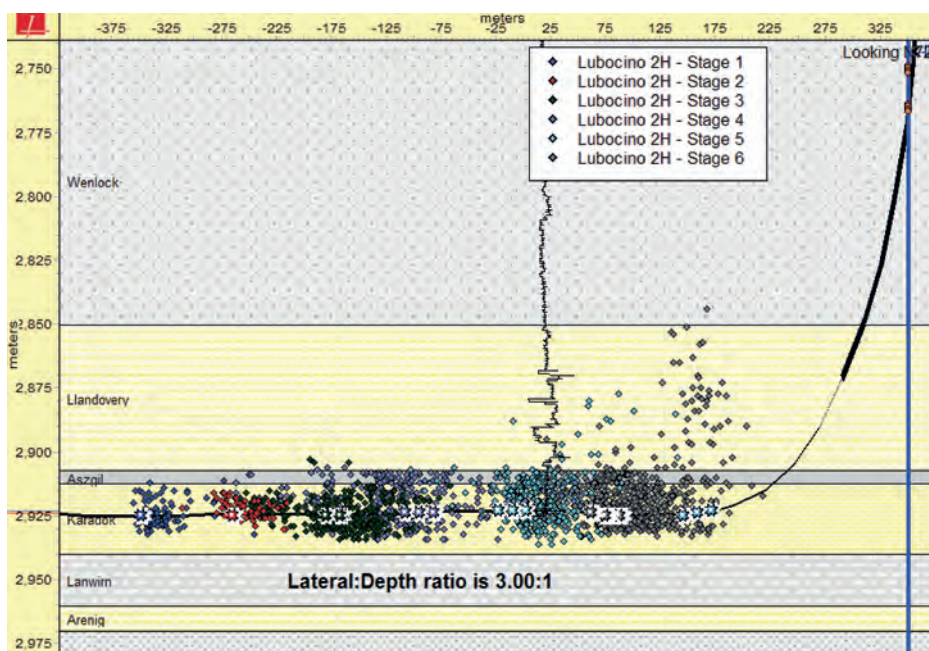
Interpretację tektoniki przeprowadzono na podstawie danych archiwalnych. Żaden ze stwierdzonych w sąsiedztwie wiercenia uskoku (rys. 3.5) nie przecina kompleksu cechsztyńskiego, którego strop leży płasko, tak samo jak przykrywający go kompleks mezozoiczny. Bez względu na wykształcenie struktur w podłożu cechsztynu, niezaburzony kompleks ewaporatów stanowi nieprzekraczalną barierę dla migracji wszelkich płynów związanych ze szczelinowaniem, a także dla gazu lub ropy. Drobne uskoki zlokalizowane w odległości kilkuset metrów na NE i SW od otworu Lubocino-1 (i Lubocino-2H) mogą mieć jedynie znaczenie dla przebiegu i efektywności zabiegu szczelinowania na poziomie kolektora łupkowego.



linie czerwone cienkie – uskoki z dokumentacji sejsmicznej (Grzywa, Trzupek, 2011)  
linie czerwone grube – wyniki interpretacji uzupełniającej wykonanej w projekcie

**Rys. 3.5.** Zestawienie interpretacji głównych uskoku na poziomie dolnego paleozoiku.

W trakcie zabiegu szczelinowania hydraulicznego w poziomym odcinku otworu Lubocino-2H na zlecenie Operatora zewnętrzna firma serwisowa przeprowadziła monitoring sejsmiczny, na podstawie którego scharakteryzowano zasięg szczelin hydraulicznych (rys. 3.6). Stwierdzono, że szczeliny hydrauliczne powstały w interwale od spągu karadoku do spągu wenlocku, a ich rozpiętość w pionie osiągnęła maksymalnie 80 m. Zasięg szczelin od dołu jest limitowany nieprzekraczalną barierą mechaniczną, którą stanowią wapienie formacji z Kopalina, zaś od góry bariera jest mniej efektywna – stanowią ją warstwy o większym udziale minerałów ilastych. Zasięg szczelinowania w poziomie był większy, objęło ono mianowicie obszar średnio oddalony od poziomego odcinka otworu do 180 m.



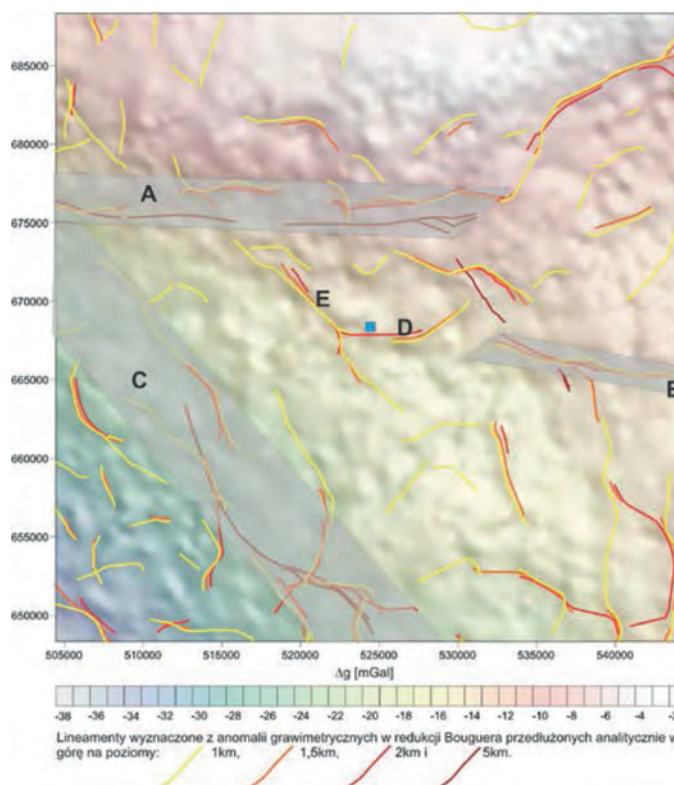
**Rys. 3.6.** Lokalizacja ognisk mikrowstrząsów sejsmicznych towarzyszących szczelinowaniu otworu Lubocino 2H w przekroju pionowym i profilu stratygraficznym górnego ordowiku i dolnego syluru.

### Poligon badawczy Stare Miasto

Niska jakość dostępnych profili sejsmicznych z koncesji Elbląg pozwala jedynie na stwierdzenie ciągłości refleksów w stropie i spągu cechsztynu. Tylko w bezpośrednim sąsiedztwie otworu Stare Miasto-1K przerwanie ciągłości refleksów wskazuje na możliwość występowania uskoku rozcinającego spąg i strop cechsztynu. Zrzut na tym hipotetycznym uskoku nie przekracza kilkudziesięciu metrów, a zatem nie grozi zerwaniem ciągłości kompleksu ewaporatów.

Interpretacja uskoków na podstawie lineamentów grawimetrycznych wskazała na możliwość występowania trzech większych stref uskokowych w znacznym oddaleniu od otworu przekraczającym 5 km (rys. 3.7). Natomiast w bezpośrednim sąsiedztwie otworu (odległość < 1 km) może występować mały uskoku równoleżnikowy, którego obecność na poziomie permu sugeruje zarówno profil sejsmiczny, jak i analiza grawimetryczna. Ten hipotetyczny uskoku może mieć wpływ na przebieg procesu szczelinowania, lecz nic nie wskazuje, aby zagrażał szczelności kompleksu od góry.





lokalizację otworu Stare Miasto–1 zaznaczono niebieskim kwadratem

**Rys. 3.7.** Szkic lineamentów grawimetrycznych dla poziomów 1, 1,5, 2 i 5 km, na tle mapy anomalii w redukcji Bouguera z elementami interpretacji tektonicznej (szare pola).

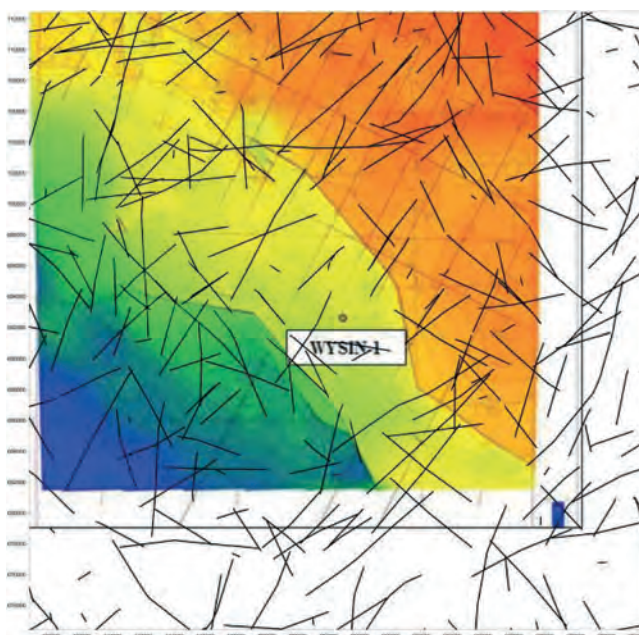
Na podstawie niskiej jakości rejestracji monitoringu mikro-sejsmicznego, ogólnie scharakteryzowano zakres przestrzeni szczelinowanej wokół poziomego odcinka otworu. Asymetria ognisk świadczy o możliwym udziale zastanych struktur tektonicznych w propagacji szczelin. Mimo iż szczeliny mają większy wymiar w pionie niż w poziomie, to nie stwierdzono zdarzeń sejsmicznych w większej odległości niż 100 m od otworu. Po uwzględnieniu błędu lokalizacji zjawisk sejsmicznych można przyjąć, że szczelinowanie nie wykroczyło poza strefę 200 m od otworu (zarówno w pionie, jak i w poziomie), co daje duży margines bezpieczeństwa jeżeli chodzi o możliwość penetracji płynów szczelinujących w poprzek nawet pierwszego kompleksu uszczelniającego syluru.

#### Poligon badawczy Wysin

W interpretacji danych sejsmicznych 2D (rys. 3.8), otwór Wysin-1 znajduje się pomiędzy dwoma uskokami przebiegającymi w kierunku NW-SE, w odległości ok. 4 km po obu stronach otworu. Taka odległość uskoków wyklucza możliwość bezpośredniego wpływu na przebieg szczelinowania. Widoczne na profilach nieciągłości tektoniczne wygasają w obrębie dolnego syluru, zaś strefy zaburzeń sygnału sejsmicznego sięgają do spągu cechsztynu. Na żadnej z analizowanych linii, ponad strefami uskokowymi nie obserwuje się przerwania refleksów w obrębie cechsztynu. Uszczelnienie ewaporatów cechsztynu jest w każdym przypadku nieprzekraczalną barierą dla migracji płynów z kompleksu dolnego paleozoiku do warstw młodszych. W takiej sytuacji mniejsze znaczenie ma fakt, że również znikomą przepuszczalność dla płynów ma nadkład sylurski ponad potencjalnie szczelinowanym kompleksem landoweru, a ewentualne strefy uskokowe w nim rozwinięte mają najprawdopodobniej własności uszczelniające, ze względu na podwyższoną koncentrację minerałów ilastych. Lokalizacja otworu na stopniu tektonicznym pomiędzy uskokami może być istotna jedynie ze względu na dominujący zespół wtórnych spękań, które powinny warunkować preferowany kierunek poziomego odcinka otworu.

Ze względu na rzadką siatkę linii sejsmicznych przebieg uskoków skorelowanych na profilach sejsmicznych jest hipotetyczny. Nie potwierdzają go wyniki analizy lineamentów grawimetrycznych,

które nie pokrywają się z uskokami na podstawie sejsmiki (rys. 3.8). Stwierdzić można jednak, że bez względu na przyjęty przebieg uskoków w sąsiedztwie badanego otworu, strefy uskokowe nie stanowią dróg migracji płynów ku powierzchni i do poziomów wód użytkowych.



**Rys. 3.8.** Zestawienie lineamentów gravimetrycznych na podstawie anomalii Bouguera z przebiegiem uskoków na podstawie profilowań sejsmicznych.

### 3.3.2 Obszar lubelski – kontekst strukturalny zagrożeń związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym

#### Kompleksy uszczelniające

Na obszarze lubelskim zarówno rozkład facji, jak i zachowana miąższość kompleksów uszczelniających jest znacznie bardziej zróżnicowana niż na obszarze pomorskim. Rozdzielenie obszaru basenu lubelskiego dużymi strefami uskokowymi o złożonej ewolucji tektonicznej sprawia, że kompleksy uszczelniające nie zachowują pełnej ciągłości na badanym obszarze i należy je badać niezależnie dla każdej z lokalizacji.

Jako główne uszczelnienie na badanym obszarze należy wskazać kompleks górnosylurski (ludlow i przydol), który znajduje się powyżej potencjalnie szczelinowanych kompleksów dolnego syluru. W otworze Syczyn OU-2K miąższość tego kompleksu wynosi 857 m, co przy położeniu serii złożowej na głębokości ok. 2700 m powinno gwarantować jego uszczelnienie od góry. W otworze Zwierzyniec-1 miąższość kompleksu górnego syluru osiąga 1387 m, co przy jeszcze większej głębokości serii złożowej powyżej 3100 m daje gwarancję jeszcze lepszego uszczelnienia.

Ponad głównym kompleksem uszczelniającym syluru znajdują się lokalnie kompleksy uszczelniające młodszego paleozoiku. W obrębie dewonu są to głównie formacje zwoleńska i sycyńska, zaś w obrębie karbonu formacje: lubelska i Huczwy-Terebina. Mają one nieco gorsze właściwości uszczelniające niż uszczelnienie dolnego paleozoiku, a przede wszystkim są obocznie bardziej zróżnicowane facjalnie, toteż ich wykształcenie i zasięg musi być analizowany niezależnie dla każdej lokalizacji. Np. w przypadku mniejszej miąższości uszczelnienia sylurskiego w otworze Syczyn OU-2K (niż w otworze Zwierzyniec-1), dysponujemy dodatkowym uszczelnieniem dewonu i karbonu o łącznej miąższości 840 m.

Na badanych obszarach nie występuje przykrycie ewaporatami, toteż kompleksów młodszych od karbonu nie można już uznawać za efektywne uszczelnienia. W profilu mezozoiku Lubelszczyzny, mimo nieznacznych deformacji tektonicznych, ze względu na duży udział kruchych węglanów, spodziewać się należy występowania seryjnych spękań, które obniżają właściwości uszczelniające tych kompleksów.

Na Lubelszczyźnie analizę kompleksów uszczelniających przeprowadzono dla poligonów badawczych Syczyn i Zawada. Ze względu na brak wystarczającej ilości danych z nowo wywierconych otworów (odpowiednio Syczyn OU-2K i Zwierzyniec-1), na obszarze obu poligonów do wiarygodnej jakościowej oceny uszczelnień posłużono się danymi archiwalnymi z otworów: Busówno IG-1, Wierzbica 1 i Izbica IG-1, Sułowiec IG-1 i Ruskie Piaski IG-2. Jednak otwory archiwalne referencyjne dla poligonu badawczego Zawada, nie sięgają do utworów syluru górnego, uważanych za główne uszczelnienie dla otworu Zwierzyniec 1. W związku z tym konieczne jest założenie, że własności uszczelniające górnego syluru są w miarę niezmiennie na badanym obszarze. W otworze Busówno IG-1 średnia z 7 oznaczeń porowatości efektywnych na próbach rdzenia w tym interwale, osiągającym miąższość 787 m, wyniosła 2,01%, a każde z 9 oznaczeń przepuszczalności poziomej wskazywało na wartości mniejsze niż 0,75 mD. W rzeczywistości przepuszczalność tych prób może być znacznie mniejsza, tylko rozdzielczość metod pomiarowych jest niewystarczająca dla jej pomierzenia. Dane geofizyki otworowej również wskazują na dobre własności uszczelniające tego kompleksu.

Na poligonie badawczym Syczyn wydzielono dodatkowo cztery kompleksy uszczelniające – związane z osadami dewońskimi (formacja zwoleńska i sycyńska) oraz karbońskimi (formacja lubelska i formacje Huczwy-Terebina). Łączna miąższość tych kompleksów w otworze Busówno IG-1 osiąga 1107,5 m. Ich łączna średnia porowatość efektywna wynosi 5,77% (przy 106 próbkach), średnia przepuszczalność pozioma 17,34 mD (przy 58 próbkach), a średnia przepuszczalność pionowa 10,11 mD (przy 111 próbkach). Wyniki przepuszczalności często były zapisywane jako  $< 1$  lub  $< 0,75$  mD, do obliczeń wzięto pod uwagę górną granicę, co zawyża średnią.

Spośród powyższych kompleksów formacja lubelska ma najgorsze właściwości uszczelniające, które zawyżają wyniki średniej przepuszczalności i porowatości efektywnej dla wszystkich tych kompleksów. Pomimo gorszych własności uszczelniających niż kompleks skał górnosylurskich, warstwy te mogą stanowić zapasowe uszczelnienie w przypadku lokalnego rozszczelnienia kompleksu sylurskiego.

### **Strefy uskokowe**

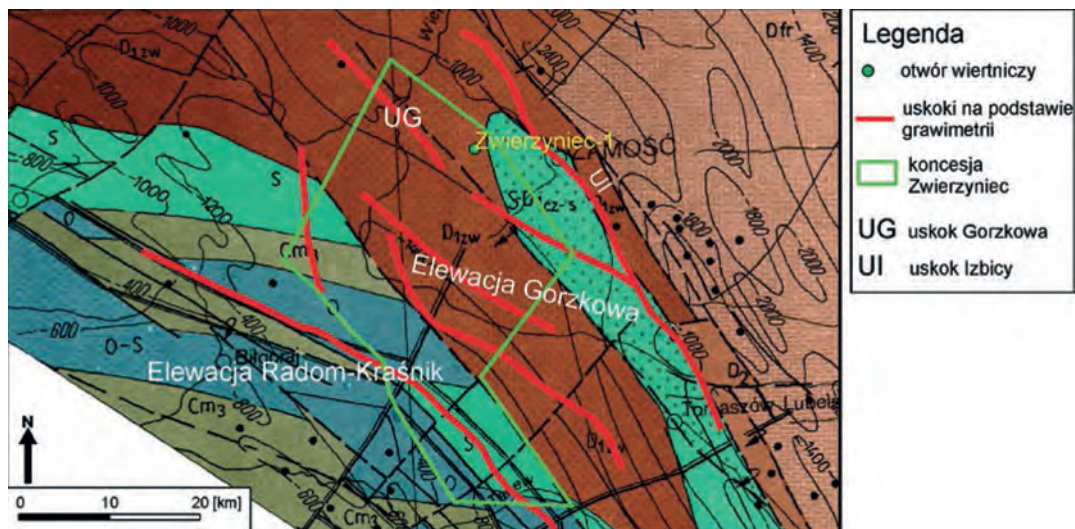
Przy dobrych własnościach uszczelniających warstw górnego syluru zachodzi jedynie pytanie o ich ciągłość w przypadku rozcięcia uskokami oraz o szczelność stref uskokowych. Zjawiska te były badane dla 2 poligonów w sąsiedztwie otworów Zwierzyniec-1 i Syczyn OU-2K.

#### Poligon badawczy Zawada

W otworze Zwierzyniec-1 perspektywiczny kompleks łupkowy znajduje się w stropie ordowiku i w spągu syluru. Informacje na temat lokalizacji uskoków w sąsiedztwie otworu nie są spójne, zatem przyjęto scenariusz niekorzystny, w którym uskoki te znajdują się najbliżej interwału szczelinowanego: uskok Gorzkowa – w odległości 2,5 km na SW, zaś uskok Izbicy – 2,5 km na NE (rys. 3.9). Przy względnie stałym, południkowym kierunku największego naprężenia poziomego na Lubelszczyźnie, szczeliny hydrauliczne będą się propagowały skośnie do biegu obu stref uskokowych. Zwiększa to dystans do stref uskokowych do ok. 3 km. Udany zabieg szczelinowania hydraulicznego łupków obejmuje zwykle obszar 100–200 metrów od otworu. W przypadku nieudanego zabiegu, gdy dominuje propagacja wiodącej szczeliny wzdłuż naturalnego pęknięcia, może ona osiągnąć długość w poziomie zbliżoną do 1 km od otworu (Bennet i in., 2006). W żadnym z tych przypadków szczelinowanie w otworze Zwierzyniec-1 nie powinno doprowadzić do przebicia się szczelin hydraulicznych w obręb głównych stref uskokowych w sąsiedztwie.

Sąsiadujące z otworem Zwierzyniec-1 uskoki są najprawdopodobniej nasunięciami karbońskimi, powstałymi w reżimie uskoków odwróconych. Z powyższego wynika, że uskoki te są niedopasowane do współczesnego pola naprężeń i jako takie nie powinny również ulegać współczesnej reaktywacji.

Wszystkie wyżej przedstawione argumenty oparte na skąpych danych z otoczenia otworu Zwierzyniec-1 wskazują, że szczelinowanie hydrauliczne w poziomie łupków ordowiku i spągu syluru nie może zagrozić wyciekami płynu szczelinującego lub gazu do poziomów wód użytkowych.



UG – uskok Gorzkowa, UI – uskok Izbicy.

**Rys. 3.9.** Lokalizacja otworu Zwierzyniec 1 na tle mapy strukturalno-geologicznej bez utworów młodszych od dewonu (Żelichowski, 1982) wraz z uskokami zinterpretowanymi na podstawie mapy grawimetrycznej zamieszczonej w aneksie 2 (Chevron, 2012).

#### Poligon badawczy Syczyn

Interpretacja wykonana w ramach tego projektu nie potwierdza dotychczasowego modelu tektonicznego otoczenia otworu Syczyn OU-2K. Na profilach nie zarejestrowano wskazanego na mapach (Pożaryski, Dembowski, 1983) uskoku o biegu NE-SW, przebiegającego w odległości poniżej 1 km na SE od otworu (rys. 3.10). Zinterpretowano natomiast dwie strefy uskokowe, których nie ma na dotychczasowych mapach: przebiegająca o ponad 3 km na NE od otworu Syczyn OU-2K strefa uskokowa Syczyna, podłużna względem rozciągłości basenu lubelskiego (o biegu WNW-ESE) oraz znajdująca się w podobnej odległości od otworu ku SE strefa uskoku poprzecznego do rozciągłości basenu (o biegu niesprecyzowanym, gdyż została uchwycona tylko jedną linią sejsmiczną). W obrębie strefy uskokowej niewielkie pionowe przemieszczenia zarówno na poziomie dolnego paleozoiku, jaki w obrębie klastycznego karbonu nie zagrażają jej rozszczelnieniu. Z kolei poprzeczna strefa uskokowa ma znacznie większe zrzuty w poziomie dolnego paleozoiku, które mogą doprowadzić do rozszczelnienia głównego kompleksu uszczelniającego syluru górnego. Ponadto w sąsiedztwie tej strefy można spodziewać się aureoli spękań i drobnych uskokuw niewidocznych na profilach sejsmicznych. Ponieważ uskoku poprzeczny wygasa w spągu karbonu, strefa ta powinna zostać skutecznie uszczelniona od góry ok. 700 m miąższości kompleksem karbońskim. Ewentualna młodsza reaktywacja tej strefy ma małą rangę i nie powinna przyczynić się do rozszczelnienia kompleksu karbońskiego.

Znaczna odległość otworu od stref uskokowych sprawia, że indukowane szczeliny nie powinny zbliżyć się do stref uskokowych, zwłaszcza, gdy długość poziomego odcinka otworu nie przekroczy 2 km. Ten wniosek może ulec modyfikacji po sprecyzowaniu biegu uskoku poprzecznego.

Z punktu widzenia strukturalnego, żadna ze stref uskokowych nie stanowi bezpośredniego zagrożenia migracją płynów z kompleksu dolnego paleozoiku do poziomów wód pitnych, choć doprecyzowania wymagają właściwości uskoku poprzecznego i jego karbońskiego uszczelnienia.

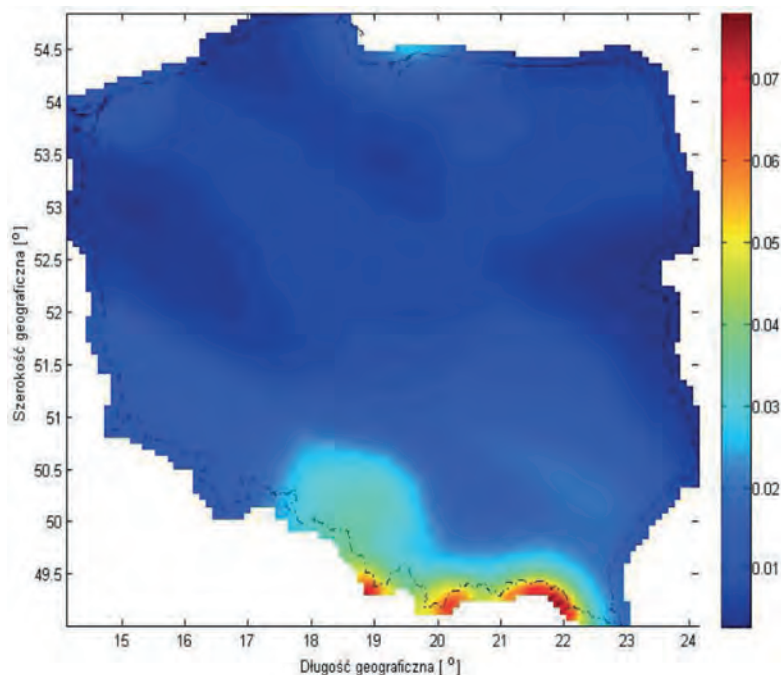


ciągła linia czerwona – główny uskoki Syczyna  
 kropkowana linia czerwona – uskoki przeciwstawny do głównego  
 przerywana linia czerwona – uskoki poprzeczny  
 linie żółte i czarne cienkie – rozmieszczenie analizowanych profili sejsmicznych  
 na mapie w tle uskoki zaznaczone na czarno

**Rys. 3.10.** Przybliżona lokalizacja uskoki w sąsiedztwie otworu Syczyn OU-2K na tle mapy geologicznej (Pożaryski, Dembowski, 1983).

### 3.3.3 Zagrożenie sejsmiczne na badanych obszarach

Obszar Pomorza należy do najspokojniejszych pod względem aktywności sejsmicznej obszarów w Europie. Na rozpatrywanych obszarach koncesyjnych nie stwierdzono występowania wstrząsów sejsmicznych, ani rejestrowanych instrumentalnie w przeciągu ostatnich 100 lat, ani zapisanych w źródłach historycznych z ostatniego 1000-lecia (Guterch, 2009). Epicentra najbliższych wstrząsów o intensywności wyraźnie odczuwalnej na powierzchni znajdują się w odległości ponad 100 km od badanych obszarów. Minimalne ryzyko wystąpienia wstrząsów dotyczy także Lubelszczyzny, gdzie również na rozpatrywanych poligonach badawczych nie stwierdzono wstrząsów sejsmicznych. Niemniej, na podstawie wyników badań geofizyki otworowej, wydaje się, że w tym przypadku ryzyko jest nieco większe niż na Pomorzu, gdyż długie profile kompresyjne zniszczonych ścian (tzw. *breakouts*) w otworach wiertniczych dowodzą występowania znacznie większych dyferencjalnych naprężeń tektonicznych. W przeciwieństwie do Pomorza, gdzie krótkie profile *breakouts* występują sporadycznie i poza zasięgiem kompleksów szczelinowanych.



Skala barwna – przyspieszenie podane jako ułamek przyspieszenia grawitacyjnego [g]

**Rys. 3.11.** Mapa zagrożenia sejsmicznego ukazująca potencjalne nasilenie drgań gruntu jakie nie wystąpi w przeciągu 100 lat z prawdopodobieństwem 90% (wg J. Trojanowskiego w PIG-PIB, 2014).

Minimalne zagrożenie sejsmologiczne na badanych obszarach Pomorza i Lubelszczyzny ilustruje rysunek 3.11, na którym przedstawiono przyspieszenie drgań gruntu jakie nie wystąpią z prawdopodobieństwem 90% w ciągu najbliższych 100 lat. Jest to najnowsza analiza ryzyka sejsmologicznego dla Polski, wykonana na użytek lokalizacji dużych przedsięwzięć infrastrukturalnych, a zwłaszcza lokalizacji elektrowni jądrowych (PIG-PIB, 2014). Ukazuje ona, że na rozpatrywanych obszarach nawet w przeciągu 100 lat eksploatacji spodziewane wstrząsy nie powinny spowodować drgań z przyspieszeniem większym niż 0,02 g. Są to drgania, które nie powodują szkód budowlanych, a w przypadku elektrowni jądrowych wszystkie standardowe konstrukcje odporne są na drgania poniżej 0,1 g, zaś nowocześniejsze konstrukcje – na drgania poniżej 0,3 g. Należy jednak pamiętać, że ilość danych dla wykonania tych statystyk jest minimalna, a ryzyko sejsmiczne określają reguły prawdopodobieństwa. Nie można zatem stwierdzić na pewno, że wstrząs powodujący szkody nie wystąpi, a jedynie stwierdzić, że prawdopodobieństwo takiego wstrząsu jest znikome. Podsumowując, żadne z posiadanych informacji nie wskazują, aby ewentualne indukowane szczelinowaniem wstrząsy sejsmiczne mogły stanowić zagrożenie dla okolicznej ludności lub infrastruktury zarówno na Pomorzu, jak i na Lubelszczyźnie.

### 3.4 Uwarunkowania hydrogeologiczne

Zróznicowanie warunków hydrogeologicznych w charakteryzowanych rejonach badawczych wynika przede wszystkim z różnic w regionalnej budowie geologicznej Polski. Obszary Lubelszczyzny cechuje występowanie wód podziemnych w ośrodkach głównie szczelinowych i szczelinowo-porowych. Dynamika wód podziemnych w tego typu warstwach wodonośnych jest zupełnie odmienna od charakterystycznych dla Niżu Polskiego ośrodków porowych. Dodatkowo czynnikiem różnicującym warunki hydrogeologiczne jest powszechne występowanie poziomów wód zawieszonych na zwietrzelinach utworów węglanowych Lubelszczyzny. Region północny kraju cechuje natomiast skomplikowany układ warstw wodonośnych, w osadach wszystkich zlodowaceń, który bardzo często poddany był zaburzeniom glacitektonicznym, charakterystycznym dla krajobrazu młodoglacjalnego.

Warunki występowania wód podziemnych są w związku z powyższym zróżnicowane ze względu na głębokość położenia stropu warstw wodonośnych głównych użytkowych poziomów wód pod-

ziemnych (GUPW), miąższość zdeponowanych powyżej nich utworów słabo przepuszczalnych lub ich brak, a także współwystępowanie użytkowych poziomów wód podziemnych (UPW) oraz poziomów wód gruntowych, które stanowią często pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny (PPW). W szczególnych przypadkach, zgodnie ze schematyzacją przyjętą na Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”, gdy pierwsza od powierzchni terenu warstwa wodonośna lub zespół warstw spełnia założone kryteria miąższości, wodoprzewodności oraz wydajności potencjalnej i stanowi ponadto podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę podziemną, o dominującym zasięgu i zasobności to jest jednocześnie głównym użytkowym poziomem wodonośnym (PPW = GUPW). Tożsamość ta lub jej brak w połączeniu z występowaniem poziomów wód zawieszonych decydują o różnorodności warunków hydrogeologicznych w rejonach poligonów badawczych, wyznaczonych wokół zakładów wykonujących roboty geologiczne. Obecność poziomów wód zawieszonych wpływa dodatkowo na wydłużenie czasu przesączania się infiltrujących wód opadowych z powierzchni terenu, powodując jednocześnie opóźnienie dotarcia do wód pierwszego poziomu wodonośnego potencjalnych zanieczyszczeń. Naturalną odporność na zanieczyszczenie wód podziemnych kształtuje również, wynikający z budowy geologicznej obszarów oraz położenia w strefach hydrodynamiczno-geomorfologicznych, układ ciśnień piezometrycznych naporowych warstw wodonośnych. W warunkach lokalizacji terenu wiertni w sąsiedztwie naturalnej bazy drenażu, może bowiem występować ochrona hydrodynamiczna głównych użytkowych poziomów wód podziemnych wynikająca ze stabilizacji ciśnienia piezometrycznego na wyższej rzędnej niż zwierciadła w położonej powyżej warstwie PPW. Potencjalnie narażona na zanieczyszczenie z powierzchni terenu pozostaje w tej sytuacji pierwsza od powierzchni terenu warstwa wodonośna. Bliskość lokalnej bazy drenażu determinuje natomiast relatywnie niewielką odległość migracji w wodach podziemnych ewentualnych zanieczyszczeń. Rozpatrywanie wrażliwości wód podziemnych na potencjalne zanieczyszczenia związane z procesami poszukiwania i rozpoznania niekonwencjonalnych złóż węgłowodórów należy zróżnicować również w aspekcie warunków krążenia wód podziemnych, wynikających z typu ośrodka hydrogeologicznego. Prędkość filtracji w ośrodkach szczelinowych lub krasowo-szczelinowych jest bowiem wyższa niż w ośrodkach porowych, jednakże przepływ wód podziemnych jest ściśle uzależniony od występowania i lokalizacji spękań w górotworze.

W ekstremalnej sytuacji nagłego rozszczelnienia cementacji przestrzeni międzyururowej lub między kolumną pionową otworu poszukiwawczego, a górotworem (w trakcie zabiegu szczelinowania hydraulicznego) w/w warunki w zakresie możliwości migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu tracą znaczenie. Decydującą rolę w aspekcie hydrodynamiki zaczynają odgrywać bowiem prędkości filtracji w warstwach wodonośnych, wynikające z ich budowy geologicznej oraz lokalizacja zakładu w strefie hydrodynamiczno-geomorfologicznej. Zdarzenie takie nie miało jednak miejsca w trakcie prowadzonych badań.

Poniżej przedstawiono syntetyczny opis warunków hydrogeologicznych w rejonach lokalizacji zakładów wykonujących roboty geologiczne w związku z poszukiwaniem i rozpoznaniem niekonwencjonalnych złóż węgłowodórów.

### **Poligon badawczy Lubocino**

Wysoczyzna Żarnowiecka, w obrębie której położony jest rejon prowadzonych prac, jest obszarem alimentacji w regionalnym systemie krążenia wód. Wody podziemne odpływają z niej w kierunku północnym i zachodnim, a bazami drenażu są rynna Jeziora Żarnowieckiego, pradolina Płutnicy i obszar nizin nadmorskich z brzegiem morza.

W charakteryzowanym rejonie zidentyfikowano powyżej PPW = GUPW dwa czwartorzędowe poziomy wód zawieszonych (WZ-I i WZ-II). Pierwszy poziom wód zawieszonych (WZ-I) stanowią wody gruntowe, których głębokość występowania swobodnego zwierciadła na terenie zakładu na ogół nie przekracza 5,0 m p.p.t. (0,5–5,0 m p.p.t.). Rozprzestrzenienie płytkich wód gruntowych (WZ-I) jest nieciągłe. W sposób trwały występują tylko w niektórych obniżeniach terenu. Na pozostałym obszarze rozpoznane zostały w odizolowanych warstwach piaszczystych pomiędzy glinami zwałowymi na głębokościach 1,0–8,0 m p.p.t., w których występują okresowo. Rozpoznana miąższość opisywanych nagromadzeń wód w strefie aeracji wynosi 0,5–2,0 m. Drugi poziom wód zawieszonych (WZ-II) o szerokim rozprzestrzenieniu nawiercony został piezometrem na terenie zakładu na głębokości 28,0 m p.p.t. Jego miąższość wynosi ok. 20,0 m. Wody tego poziomu rozprzestrzeniają się prawdopodobnie radialnie z rejonu zakładu, głównie w kierunku zachodnim, wschodnim i północnym. Drenowane są przez źródło zlokalizowane w wąwozie na zachód

od obiektu. Wody te ujmowane były także w zlikwidowanej studni kopanej w szkole w Lubocinie. W rejonie prowadzonych prac poziom ten występuje na głębokościach 10,0–35,0 m p.p.t., a jego miąższość wynosi 1,0–20,0 m. Współczynnik filtracji poziomów wód zawieszonych zawiera się w szerokim przedziale  $1,0 \times 10^{-4} - 5,0 \times 10^{-6}$  m/s.

Pierwszy poziom wodonośny (PPW) zbudowany jest z czwartorzędowych piasków różnoziarnistych oraz piasków i żwirów, a jego strop w zasięgu wysoczyzny morenowej występuje na głębokości ponad 50,0 m. Zwierciadło wody ma charakter napięty i stabilizuje się na rzędnej od 5,0 do 50,0 m n.p.m., tylko lokalnie może występować zwierciadło swobodne. Rozpoznana miąższość PPW w zasięgu wysoczyzny wynosi 6,0–20,0 m. Miąższość warstwy wodonośnej stanowiącej czwartorzędowy główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) wynosi w charakteryzowanym rejonie 25,0–35,0 m. Występuje ona na głębokości ok. 70,0 m p.p.t. Zwierciadło wody ma charakter napięty i stabilizuje się na rzędnej od 15 do 40 m n.p.m., tylko lokalnie może występować zwierciadło swobodne. Pierwszy poziom wodonośny, mimo nie spełniania kryteriów głównego poziomu użytkowego, pozostaje z nim w związku hydraulicznym. W rejonie Lubocina wody PPW łączą się z GUPW stanowiąc jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym, nawierconym na terenie zakładu na głębokości 68,6 m p.p.t. (34,4 m n.p.m.). Spąg warstwy wodonośnej rozpoznany został na głębokości 98,0 m p.p.t. Współczynnik filtracji waha się w przedziale  $1,0 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-5}$  m/s.

Głębsze poziomy wodonośne nie zostały rozpoznane w rejonie Lubocina. Biorąc pod uwagę regionalne rozpoznanie warunków hydrogeologicznych można stwierdzić, że mioceński poziom wodonośny lokalnie łączy się z poziomem czwartorzędowym. Zwierciadło wody ma charakter subartezyjski i stabilizuje się na rzędnych od 3,0 do 48,0 m n.p.m. Oligoceński poziom wodonośny o miąższości od 5,0 do 20,0 m, zbudowany jest z drobno i średnioziarnistych piasków kwarcowych, często z domieszką glaukonitu. Zwierciadło wody ma charakter subartezyjski lub artezyjski i stabilizuje się na wysokościach od ok. 5,0 do 44,0 m n.p.m.

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

W rejonie poligonu badawczego Stare Miasto wyróżniono dwa piętra wodonośne. Pierwsze, w utworach czwartorzędu, obejmuje wody gruntowe (traktowane jako pierwszy poziom wodonośny) oraz jeden lub dwa międzyglinowe użytkowe poziomy wodonośne o zróżnicowanych parametrach, zaś drugie związane jest z utworami paleogenu. W bezpośrednim sąsiedztwie zlikwidowanego zakładu zidentyfikowano pierwszy czwartorzędowy poziom wodonośny (PPW – lokalnie dwuwarstwowy) oraz występujące poniżej: międzymorenowy główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) i międzymorenowy użytkowy poziom wodonośny (UPW). Warstwę wodonośną zbudowaną z piasków oligoceńskich ujęto natomiast w miejscowości Dzierżgoń (ujęcie komunalne). W rejonie wsi Stare Miasto utwory te nie zostały rozpoznane, jednakże ze względu na bardzo szerokie rozprzestrzenienie paleogeneńskiego piętra wodonośnego w charakteryzowanym regionie tworzą one najprawdopodobniej również użytkowy poziom wodonośny (UPW).

Pierwszy poziom wodonośny (PPW) w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu tworzą dwie warstwy wodonośne o zróżnicowanej miąższości do 6,0–8,0 m (piaski wodnolodowcowe pod glinami zwałowymi zlodowacenia Wisły oraz piaski sandrowe na powierzchni terenu), lokalnie pozostające w kontakcie hydraulicznym. Poza obniżeniem w Starym Mieście na północ od wyrobisk (nieczynnego w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu i czynnego, na północny zachód) oraz na terenie zakładu i na południe od niego brak jest osadów sandrowych. Na powierzchni terenu występuje glina zwałowa o miąższości do 5,0–10,0 m, a poniżej warstwa piaszczysta (wodonośna) o miąższości 3,0–5,0 m. Pierwotna miąższość utworów budujących warstwę wodonośną w zasięgu struktury erozyjnej, w obrębie której powstały wyrobiska piasku i żwiru osiągała maksymalnie 18,4–20,0 m. Napięte (pomierzone w ramach prowadzonych prac) oraz lokalnie swobodne (pomiar archiwalne w zasięgu udokumentowanych złóż piasku i żwiru) zwierciadło wody występuje odpowiednio na głębokościach 3,5–7,9 m p.p.t. oraz 1,5–6,8 m p.p.t. Przepływ wód w PPW skierowany jest w stronę nieczynnego wyrobiska oraz dalej w kierunku północno-zachodnim w stronę lokalnej bazy drenażu, którą jest rzeka Dzierżgoń. Współczynnik filtracji w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu określono na podstawie badań modelowych na  $2,3 \times 10^{-5}$  m/s.

Strop warstwy wodonośnej GUPW, zbudowanej z piasków i żwirów wodnolodowcowych interglacjału eemskiego, rozpoznano w rejonie zakładu na głębokości 21,0–50,2 m p.p.t. Jej średnia miąższość wynosi ok. 20,0 m. W bezpośrednim sąsiedztwie ujęta została w przelocie 27,0–46,0 m p.p.t.



studnią w miejscowości Stare Miasto (aktualnie nieczynną). Główny użytkowy poziom wodonośny izolowany jest od powierzchni terenu pakietem glin zwałowych o miąższości ok. 20,0 m. Bezpośrednio w rejonie zakładu miąższość utworów izolujących jest zredukowana do ok. 10,0 m. Związane jest to z istnieniem obniżenia powierzchni glin zwałowych (najprawdopodobniej erozyjnego). W kierunkach na wschód, zachód i południe miąższości utworów słabo przepuszczalnych, występujących powyżej stropu warstwy wodonośnej, są wyższe i dochodzą nawet do 46,0 m. Odpływ wód podziemnych odbywa się w kierunku doliny rzeki Dzierżoń. Napięte zwierciadło wody pomierzone zostało w trakcie prac terenowych w studni wierconej w Starym Mieście na głębokościach 2,1–2,6 m p.p.t. Współczynnik filtracji określony w trakcie próbnego pompowania w/w obiekcie wynosi  $4,6 \times 10^{-5}$  m/s.

Zgodnie z rozpoznaniem regionalnym w omawianym obszarze występuje również druga (dolna) użytkowa warstwa wodonośna (UPW) zaliczona do czwartorzędowego piętra wodonośnego. Warunki występowania tej warstwy nie zostały w rejonie zakładu dostatecznie rozpoznane – brak jest otworów, które ją osiagają. Najbliższe znajdują się w Kielmach, w odległości ok. 2,0 km na wschód. Strop warstwy wodonośnej nawiercono w jednym z nich na głębokości 66,0 m p.p.t., a jej miąższość wynosi 6,0 m. Napięte zwierciadło wody stabilizuje się na głębokości 4,4 m p.p.t. Regionalny kierunek przepływu wód podziemnych w tej warstwie skierowany jest również ku północy. Stopień izolacji warstwy wodonośnej jest wysoki ze względu na występujący powyżej jej stropu kompleks słabo przepuszczalnych glin zwałowych o sumarycznej miąższości 57,5 m, udokumentowanej na ujęciu wiejskim w Kielmach.

Według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 arkusz Dzierżoń (0133) (Waluszko, 1998) strefa, w której wody podziemne w utworach czwartorzędowych tracą swój użytkowy charakter w zakresie możliwości budowy ujęć wód podziemnych do zbiorowego zaopatrzenia w wodę, a pierwszym użytkowym poziomem wodonośnym staje się poziom paleogeński, zaczyna się bezpośrednio na północ od Starego Miasta i ciągnie wąskim pasem (o średniej szerokości ok. 2 km) poprzez miejscowość Dzierżoń w kierunku północnym. Paleogeńskie (oligocen) piaski wodonośne, o miąższości przynajmniej 60,0 m, zalegające na głębokości 109,0–115,0 m, charakteryzują się bardzo korzystnymi parametrami hydrogeologicznymi. Średni współczynnik filtracji wynosi  $1,1 \times 10^{-4}$  m/s. Średnia przewodność wodna osiąga wartość  $550,0 \text{ m}^2/24 \text{ h}$ , a wydajność eksploatacyjna otworów około  $180,0 \text{ m}^3/\text{h}$ . Na południe od miejscowości Stare Miasto poziom ten nie jest ujmowany, w związku z powyższym traci znaczenie głównego użytkowego poziomu wodonośnego i stanowi UPW.

### **Poligon badawczy Syczyn**

W rejonie rozpatrywanego poligonu badawczego występuje jeden połączony czwartorzędowo-górnokredowy poziom wodonośny (PPW = GUPW). Pomimo odmiennych cech zbiornikowych utworów kredy górnej i czwartorzędu osady te tworzą wspólny poziom wodonośny pozostający w łączności hydraulicznej. W rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne swobodne zwierciadło wody występuje zazwyczaj na głębokości do 15,0 m p.p.t., a w obszarach dolinnych na głębokości mniejszej niż 5,0 m p.p.t. Na terenie zakładu udokumentowane zostało na głębokości 2,3–3,3 m p.p.t. Zasilanie poziomu związane jest bezpośrednio z infiltracją wód opadowych, zaś przepływ wód odbywa się w kierunku północno-zachodnim. Bazą drenażu dla wód podziemnych jest dolina Wieprza wraz z dopływami (Świnką). Miąższości GUPW przekraczają w charakteryzowanym rejonie 40,0 m. Współczynnik filtracji utworów kredowych, ze względu na typ ośrodka (szczelinowy) jest wyższy ( $1,6 \times 10^{-4}$  m/s) niż w osadach czwartorzędowych ( $3,5 \times 10^{-5}$  m/s). Obszar badań zlokalizowany jest na obszarze Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 407 (Niecka lubelska – zbiornik Chełm-Zamość).

### **Poligon badawczy Wysin**

Obszar poligonu badawczego Wysin odwadniany jest przez rzekę Więcisę, będącą lewostronnym dopływem Wierzycy, należącej do dorzecza Wisły. Więcisa płynie szeroką, zatorfioną i zmeliorowaną doliną posiadającą dwa zasadnicze kierunki: równoleżnikowy – rynnowy i południkowy – przełomowy.

Obszar badań zlokalizowany jest na obszarze udokumentowanego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 116 (Zbiornik Międzymorenowy Gołębiewo), związanego z poziomem górnoczwartorzędowym. W rejonie Wysina charakter użytkowy mają jedynie wody czwartorzędowego piętra wodonośnego, w obrębie, którego wyróżniono trzy poziomy: przypowierzchniowy, górny i dolnoczwartorzędowy. Występujący lokalnie przypowierzchniowy poziom wodonośny związany jest z osadami dolin cieków. Charakteryzuje się niewielką miąższością i zasobnością, oraz zwierciadłem swo-

bodnym lub o nieznacznym ciśnieniu piezometrycznym. Lokalnie łączy się z utworami wodonośnymi poziomu górnoczwartorzędowego, stanowiącego główny użytkowy poziom wodonośny.

Poziom górnoczwartorzędowy (GUPW) związany jest z osadami zlodowaceń północnopolskich. Występuje pod pokrywą glin na głębokości 15–50 m, jedynie w dolinie rzeki Więcisy zalega płycej – na głębokości 5–15 m. Miąższość poziomu wynosi od 20–40 m w rejonie poligonu badawczego do 10–20 m na południe od niego, w dolinie rzeki Więcisy, przy przewodności wynoszącej odpowiednio 200–500 m<sup>2</sup>/24 h i 100–200 m<sup>2</sup>/24 h. Wydajności potencjalne studni osiągają zwykle 50–70 m<sup>3</sup>/h, natomiast na obszarze doliny rzeki poniżej 30 m<sup>3</sup>/h. Zasilanie poziomu wodonośnego odbywa się głównie poprzez infiltrację wód opadowych, w niewielkim stopniu przez dopływ laterlany i dopływ z cieków powierzchniowych. Przepływ wód odbywa się w kierunku południowym oraz południowo-wschodnim, w kierunku doliny rzeki Więcisy, która wraz ze swym dopływem Rutkownicą, stanowi bazę drenażu wód podziemnych. Zwierciadło ma zwykle charakter napięty.

Poziom dolnoczwartorzędowy (UPW) jest stosunkowo słabo rozpoznany, z uwagi na zasobność poziomu nadległego. Tworzą go osady zlodowaceń środkowopolskich, miejscami również południowopolskich.

Obydwa poziomy pozostają w łączności hydraulicznej, kontaktują się bezpośrednio w obrębie dolin i wciętych głęboko rynien lodowcowych. Zasilanie poziomu dolnego odbywa się również na drodze przesiąkania z poziomu górnego poprzez pakiet słabo przepuszczalnych glin. Poziomy tworzą jeden system wodonośny, charakteryzujący się podobnym sposobem zasilania, takim samym kierunkiem przepływu oraz wspólną bazą drenażu. Współczynniki filtracji określone dla obydwu poziomów wodonośnych w trzech najbliższych ujęciach (Wysin, Stary Wiec, Chrósty Wysińskie) wynoszą od 1,17 do 7,76 x 10<sup>-4</sup> m/s.

### **Poligon badawczy Zawada**

W rejonie poligonu badawczego Zawada występuje jeden poziom wodonośny (PPW = GUPW) związany ze stropowymi utworami kredy górnej (górnego mastrychtu). Na obszarach wysoczyzn, na węglanowych utworach kredy często zalegają pokrywy lessów o miąższości do kilkunastu metrów. W rejonie poligonu badawczego Zawada lessy osiągają miąższość ok. 5,0 m. W zależności od typu skały, z której zbudowana jest przystropowa partia profilu geologicznego, warunki infiltracji wód opadowych są zróżnicowane. Na opokach, do głębokości 1,0–4,0 m, występuje rumosz skalny o korzystnych parametrach infiltracyjnych. Na skałach marglistych i kredzie pizającej występują gliny zwietrzelinowe o niewielkiej przepuszczalności. Przepływ wód podziemnych w charakterzowanym rejonie odbywa się generalnie w kierunku północnym. Bazą drenażu jest dolina Wieprza wraz z dopływami (Łabuńka). W rejonie badań swobodne (lokalnie napięte) zwierciadło wody występuje na głębokości zazwyczaj do 20,0 m p.p.t. W ujęciu studziennym zlokalizowanym najbliżej terenu zakładu („Presbet”) zwierciadło wód podziemnych, nawiercone na głębokości 18,0 m p.p.t. stabilizuje się na głębokości 13,5 m p.p.t. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi powyżej 40 m, a współczynnik filtracji 9,6 x 10<sup>-5</sup> m/s. W dwóch studniach odwierconych na terenie zakładu, o głębokościach 75,0 m każda, rozpoznano swobodne zwierciadło wody na głębokości 15,35 m p.p.t. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi ponad 59,65 m. Na podstawie pompowania parametrycznego określono wydajność jednostkową studni na poziomie 8,91 m<sup>3</sup>/h x 1 m oraz współczynnik filtracji 1,88 x 10<sup>-5</sup> m/s. W rejonie prowadzonych badań wydajności potencjalne typowych studzien wynoszą 30–50 m<sup>3</sup>/h, a przewodność warstwy wodonośnej mieści się w granicach 200–500 m<sup>2</sup>/d. Obszar badań zlokalizowany jest na obszarze Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 407 (Niecka lubelska – zbiornik Chełm-Zamość).

### **Poligon badawczy Łebień**

W rejonie poligonu badawczego Łebień PPW jest tożsamy z GUPW. Głównym użytkowym poziomem wodonośnym jest czwartorzędowy poziom podglinowy. Budują go piaski o różnej granulacji oraz żwiru zlodowacenia środkowopolskiego i północnopolskiego, o miąższości od 5,0 do 40,0 m, które izolowane są od powierzchni terenu glinami zwałowymi o miąższości od 3,0 do 20,0 m. Zwierciadło wody o charakterze napiętym, lokalnie swobodnym, stabilizuje się na rzędnej od ok. 30,0 m n.p.m. do 100,0 m n.p.m. W rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny i występuje na rzędnej 60,24 m n.p.m. (Wolski, 2010). W rejonie prowadzonych prac użytkowy poziom wodonośny występuje na głębokości mieszczącej się w przedziale od 10,0 do 20,0 m p.p.t. przy czym w studniach zlokalizowanych na terenie zakładu pomierzona głębokość występowania zwierciadła

wód podziemnych w okresie grudzień 2013 – lipiec 2014 r. wynosiła ok. 14,0–15,6 m p.p.t. Współczynnik filtracji określony w wyniku modelowania wynosi ok. 16 m/d ( $1,85 \times 10^{-4}$  m/s).

Na omawianym obszarze stwierdzono również występowanie użytkowych poziomów wodonośnych w utworach neogenu i paleogenu. Dwa poziomy neogeńskie związane są z mioceńskimi piaskami drobnoziarnistymi o miąższości nie przekraczającej 40,0 m. Rzędna występowania poziomu dolnego wynosi 0,0–75,0 m n.p.m., natomiast górnego 60,0–100,0 m n.p.m. Poziomy te odznaczają się niewielkimi zasobami i ujmowane są jedynie w Pradolinie Łeby oraz w jej strefie przykrawędziowej (poza rejonem badań), gdzie studnie zazwyczaj ujmują połączony czwartorzędowo-mioceński poziom wodonośny. Poziom paleogeński zbudowany jest z oligoceńskich drobnoziarnistych piasków glaukonitowych o miąższości 10,0–25,0 m. Głębokość występowania tego poziomu stwierdzono na rzędnej 40,0–80,0 m n.p.m. (Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Teren zakładu leży poza zasięgiem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych. Układ hydroizohips w rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne wskazuje na dominujący wpływ rzeki Łeby oraz jej dopływów jako regionalnej bazy drenażu. Widoczny jest niewielki spadek hydrauliczny i duża wartość wodoprzepuszczalności przy niewielkim przepływie jednostkowym (Prussak, 1998). Regionalny przepływ wód odbywa się w kierunku południowym i południowo-wschodnim (PIG-PIB, 2011).

### Poligon badawczy Gapowo

Teren badań położony jest w obrębie wysoczyzny morenowej będącej obszarem zasilania głównego użytkowego poziomu wód podziemnych. Wody podziemne użytkowych poziomów wodonośnych odpływają z jej obszaru oraz z terenu równiny sandrowej, położonej na południowy-wschód od zakładu, w kierunku lokalnej bazy drenażu, którą jest Jez. Raduńskie Górne, powstałe w obrębie głęboko wciętej rynny polodowcowej.

Na obszarze falistej wysoczyzny polodowcowej w bezpośrednim rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne udokumentowano pierwszy poziom wodonośny (PPW) o silnie zróżnicowanych warunkach występowania (Jankowski, Kowalewski, 2008). Nieciągłe przewarstwienia piaszczyste w glinach zwałowych, mające najczęściej charakter soczewek o miąższości nieprzekraczającej 2,0–3,0 m, stanowią lokalne źródło zapotrzebowania w wodę. Występują na głębokości ok. 3,0–6,0 m p.p.t. Drenowane są przez sieć melioracyjną do lokalnych cieków. Sieć drenażu rozbudowana jest zwłaszcza w rejonie jezior i w strefach występowania piasków sandrowych. W bezpośrednim rejonie badań przewarstwienia piaszczyste w obrębie glin zwałowych wykorzystywane są studniami kopanymi, jako źródło zapotrzebowania w wodę na potrzeby gospodarcze.

Główny użytkowy poziom wodonośny (drugi poziom międzymorenowy), jednorodny w skali regionalnej, zbudowany jest w rejonie Klukowej Huty i dalej w kierunku południowym i południowo-wschodnim z dwóch odrębnych warstw wodonośnych, wykształconych w utworach fluwioglacjalnych zlodowacenia warty i odry. Układ obydwu warstw w skali regionalnej wskazuje na występowanie pomiędzy nimi więzi hydraulicznej. Strop górnej warstwy zapada z północy od 124,3 m n.p.m. (85,7 m p.p.t.) do 106,6 m n.p.m. (115,0 m p.p.t.). Na południe i południowy wschód od Klukowej Huty, w odległości ok. 1,5–2,0 km warstwa ta zanika, przy jednoczesnym obniżaniu się jej stropu. Miąższość warstwy jest niewielka i wynosi średnio ok. 8,0–10,0 m. Warstwa dolna występuje w sposób ciągły w całym regionie. W rejonie zakładu buduje główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) w połączeniu z warstwą górną, tworzącą w badanym rejonie dolinę kopalną o ostro zarysowanych granicach. Strop dolnej partii GUPW zapada z północy od rzędnych ok. 110 m n.p.m. (Widna Góra), poprzez 92,0 m n.p.m. (123,8 m p.p.t. – Mściszewice), 95,6 m n.p.m. (126,0 m p.p.t. – Klukowa Huta) do ok. 80–82 m n.p.m. w Stężycy. Miąższość dolnej warstwy wynosi co najmniej 12,0 m w Żurominie (nieprzewiercone), 14,4 m w Stężyckiej Hucie i 20,0 m w Klukowej Hucie. W bezpośrednim sąsiedztwie obszaru badań górna partia GUPW (związana z doliną kopalną) ma strop na rzędnej 115,6 m n.p.m. (106,0 m p.p.t.) w Klukowej Hucie i 122,0 m n.p.m. (81,0 m p.p.t.) udokumentowany w otworze hydrogeologicznym wykonanym na potrzeby zakładu. Łącznie obydwie warstwy tworzą główny użytkowy poziom wodonośny o miąższości sięgającej od 40,0 m w Klukowej Hucie do powyżej 50,0 m w rejonie zakładu. Współczynnik filtracji GUPW warstw mieści się w przedziale

$3,9 \times 10^{-4}$ – $1,5 \times 10^{-5}$  m/s. Średnia przewodność wynosi 100–200 m<sup>2</sup>/24 h, natomiast wydajność potencjalna 40–60 m<sup>3</sup>/h (Lidzbarski, 2000). Napięte zwierciadło wody stabilizuje się w omawianym rejonie na głębokościach 22,0–43,0 m p.p.t. i obniża się w kierunku rynny Jez. Raduńskiego Górnego.

Izolacja poziomu wodonośnego jest pełna, a miąższość słabo przepuszczalnego kompleksu glin zwałowych powyżej jego stropu wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów (76,0–94,5 m), a lokalnie nawet ponad 100,0 m. Poziom ten w zasięgu równiny sandrowej, wzdłuż rynny Jez. Raduńskiego Górnego, traci charakter głównego użytkowego poziomu wodonośnego (klasyfikowany jest jako UPW).

Nad głównym użytkowym poziomem wodonośnym w rejonie zakładu pojawiają się nieciągłe warstwy nie spełniające kryteriów pozwalających zaliczyć ich jako użytkowy poziom wodonośnych. Ich miąższość jest zmienna i waha się od 6,1 m do 9,0 m. Utwory te budują pierwszy międzymorenowy poziom wodonośny, który w rejonie raduńskiej rynny glacialnej posiada charakter GUPW. Poziom ten związany jest z młodszymi utworami fluwioglacjalnymi zlodowacenia warty i bałtyckiego. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi od 10,5 m (Żuromino) poprzez 12,5 m (Stężycza) do 14,0 m (Borucino). Jej strop nawiercono odpowiednio na głębokościach 35,0–50,0 m p.p.t. W bezpośrednim sąsiedztwie jeziora jest słabo izolowany, natomiast w dalszym otoczeniu jest przykryty kompleksem glin zwałowych do 15,0 m miąższości. Współczynnik filtracji utworów tego poziomu wynosi  $1,7\text{--}3,5 \times 10^{-4}$ , przewodność wodna zawiera się w przedziale  $150\text{--}700 \text{ m}^2/24 \text{ h/km}^2$ , a wydajność potencjalna przekracza  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  (Lidzbarski, 2000). Napięte zwierciadło wody występuje na głębokości 20,0–27,0 m p.p.t., a jego położenie obniża się w kierunku Jez. Raduńskiego Górnego.

Pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny (PPW) tworzy równinę sandrową rozciągającą się głównie na wschód od rynny Jeziora Raduńskiego Górnego i Stężyckiego. Poziom ten jest słabo udokumentowany, ponieważ ze względu na głębokie wcięcie rynny Jeziora Raduńskiego Górnego utwory sandrowe są w znacznym stopniu bezwodne. W rejonie jeziora bardzo często poziom sandrowy połączony jest z pierwszą warstwą międzymorenową. Poziom sandrowy budują piaski różnoziarniste i piaski drobnoziarniste, w obrębie których występuje swobodne zwierciadło wody, udokumentowane na głębokościach 2,2–15,4 m p.p.t.

### 3.4.1 Naturalna odporność na zanieczyszczenie

Naturalna odporność na zanieczyszczenie charakteryzowanych poziomów wodonośnych wynika ze stopnia izolacji utworami o słabej przepuszczalności oraz warunków hydrodynamicznych związanych z położeniem w danej strefie geomorfologiczno-hydrodynamicznej układu krążenia wód podziemnych. Prezentowana charakterystyka obejmuje również podział wynikający z piętrowości występowania warstwy wodonośnych w profilu geologicznym.

#### Poligon badawczy Lubocino

Najpłycej występują wody gruntowe, stanowiące pierwszy poziom wód zawieszonych (WZ-I). Zwierciadło wody najczęściej zalega w przedziale głębokości od 0,5 do 5,0 m p.p.t. W efekcie stopień zagrożenia tych wód jest bardzo wysoki. Potencjalny czas dopływu zanieczyszczeń z powierzchni terenu nie przekracza kilku miesięcy.

Izolację drugiego poziomu wód zawieszonych należy również uznać za słabą. W rejonie zakładu nadkład glin występujących od powierzchni terenu ma miąższość kilku metrów. Czas dotarcia potencjalnych zanieczyszczeń obliczony na podstawie zweryfikowanych danych, w oparciu o „Wytyczne metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód Pierwszego poziomu wodonośnego” wynosi ok. 11 lat. Podczas obliczeń nie wzięto pod uwagę faktu zdjęcia nadkładu podczas przygotowania placu budowy terenu wiertni. Dlatego też faktyczny czas dotarcia zanieczyszczeń do warstwy wodonośnej może być krótszy i wynosić nawet poniżej 8 lat.

Stopień zagrożenia GUPW przedstawiony na arkuszu Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 Sławoszyno (0005) (Sierżęga, Chmielowska, 2000) określono jako bardzo niski. Wzięto przy tym pod uwagę opóźnienie dotarcia zanieczyszczeń spowodowane występowaniem PPW i przewarstwień izolujących w rejonie wiertni (izolacja średnia tj. 15–50 m miąższości glin zwałowych). Oceniono, że zagrożenie poziomu użytkowego jest niewielkie, a czas dotarcia zanieczyszczeń można szacować na około 30–50 lat. Wyniki nowych wierceń hydrogeologicznych dokumentują znacznie zredukowaną miąższość utworów izolujących w nadkładzie GUPW, co znacząco przyspiesza migrację ewentualnych zanieczyszczeń do użytkowej warstwy wodonośnej. Stopień podatności GUPW został w związku z powyższym oceniony jako wysoki. Głębokość do tych wód wynosi co prawda powyżej 50 metrów,

jednak izolacja kilkumetrowym kompleksem glin zwałowych jest jedynie częściowa. W efekcie dla badanego obszaru czas przesączania infiltrujących wód do warstwy wodonośnej wyniósł 14 lat.

Rozprzestrzenienie i głębokość położenia poziomów wód zawieszonych, występujących w soczewach piasku wśród glin zwałowych nie wpływa na ostateczny wynik stopnia podatności PPW = GUPW (wysoki – czas dotarcia potencjalnych zanieczyszczeń 5–25 lat).

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Izolację pierwszego poziomu wodonośnego (PPW) w zasięgu wysoczyzny morenowej należy uznać za słabą. Miąższości występujących powyżej warstwy wodonośnej glin zwałowych są niewielkie. Zakład wykonujący roboty geologiczne zlokalizowany został w brzeżnej części lokalnej struktury erozyjnej, w której prowadzona była oraz jest działalność wydobywcza złóż piasku i żwiru. W jej centralnej partii poziom wodonośny pozbawiony jest zupełnie izolacji, a utwory międzymorenowe budujące warstwę wodonośną występują bezpośrednio pod piaskami sandrowymi. Posiadają one swoje wychodnie na powierzchni terenu w dolinie rzeki Dzierzgoń. W dolinie tej głęboko wcięta struktura erozyjna PPW posiada ponadto kontakt hydrauliczny z GUPW tworząc wspólny poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym. W bezpośrednim otoczeniu zakładu niski stopień izolacji powoduje nieznaczne wydłużenie czasu przesączania się infiltrujących wód opadowych. Zgodnie z hydrogeologicznym modelem matematycznym czas infiltracji wód opadowych przez strefę aeracji na terenie zlikwidowanej wiertni wynosi 70 dni. Pierwszy poziom wodonośny cechuje się zatem bardzo wysoką podatnością na zanieczyszczenie z powierzchni terenu.

Zgodnie z Mapą hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000 arkusz Dzierzgoń (Waluszko, 1998) izolację GUPW w rejonie prowadzonych prac należy uznać za częściową (15–50 m miąższości utworów słabo przepuszczalnych w nadkładzie warstwy wodonośnej). Stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego określono zatem jako niski. Naturalną odporność warstwy wodonośnej na możliwość migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu umożliwia dodatkowo stabilizacja napiętego zwierciadła wody GUPW powyżej zwierciadła w PPW, charakterystyczna dla stref drenażowych. W bezpośrednim otoczeniu zakładu naturalne warunki ochrony są jednak gorsze ze względu na występowanie struktury erozyjnej, w wyniku której miąższość izolujących utworów słabo przepuszczalnych została zredukowana, a w dolinie rzeki Dzierzgoń praktycznie ich brak. Łączność hydrauliczna PPW i GUPW w bezpośrednim sąsiedztwie miejscowości Stare Miasto powoduje wzrost stopnia zagrożenia GUPW do wysokiego ze względu na brak izolacji.

Użytkowe poziomy wodonośne ze względu na izolację całkowitą (ponad 50 m utworów słabo przepuszczalnych w nadkładzie warstwy wodonośnej) w rejonie prac poszukiwawczych charakteryzują się bardzo niskim stopniem zagrożenia.

### **Poligon badawczy Syczyn**

Główny użytkowy poziom wodonośny w charakteryzowanym rejonie jest słabo lub praktycznie nie izolowany od powierzchni terenu. Biorąc dodatkowo pod uwagę stosunkowo płytkie położenie zwierciadła wód jego stopień zagrożenia zanieczyszczeniami z powierzchni terenu określa się jako wysoki i bardzo wysoki (Zezula, Pietruszka, 1998; Krajewski, Olszewski, 1998). Obliczony hydrogeologicznym modelem matematycznym czas infiltracji wód poprzez strefę aeracji, którą na terenie zakładu budują piaski różnoziarniste, pyły i piaski pylaste, do zwierciadła wód podziemnych wynosi 107 dni. Oznacza to, że potencjalne zanieczyszczenia z powierzchni terenu mogłyby dotrzeć do warstwy wodonośnej w okresie ok. 3 miesięcy.

### **Poligon badawczy Wysin**

Stopień zagrożenia GUPW przedstawiony na arkuszu Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Skarszewy (0090) (Szelewicka, 1998) określono jako niski. Wzięto przy tym pod uwagę opóźnienie dotarcia zanieczyszczeń spowodowane występowaniem PPW i przewarstwień izolujących w rejonie zakładu (izolacja średnia tj. 15–50 m miąższości glin zwałowych). W bezpośrednim rejonie zakładu wykonującego roboty geologiczne stopień zagrożenia określono jako niski. Średni stopień zagrożenia wyodrębniono w dolinie Więcisy, gdzie znajduje się niewielki pakiet glin podścielających, oraz w rejonie Wysina i Starego Wieca gdzie występują obiekty potencjalnie zagrażające wodom podziemnym. W badaniach modelowych wykonanych na potrzeby niniejszego projektu przeprowadzono ocenę wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie obliczając czas infiltracji wód (potencjalnie zanieczyszczonych) poprzez strefę aeracji. Obliczenia przeprowadzono przy założeniu, że strop warstwy wodonośnej w re-

jonie wiertni występuje na głębokości 27 m (wynik interpolacji) oraz, że ok. 7 m w profilu stanowią piaski, a ok. 20 m gliny zwałowe. Przy takich kryteriach prędkość pionowego przepływu przez strefę aeracji oszacowano na 4,3 roku.

### Poligon badawczy Zawada

Zasilanie kredowego piętra wodonośnego odbywa się głównie poprzez infiltrację opadów bezpośrednio do warstwy wodonośnej (na obszarach wychodni utworów górnej kredy), a także w następstwie przesączania przez przepuszczalne utwory pokrywy czwartorzędowej. W bezpośrednim sąsiedztwie zakładu wykonującego roboty geologiczne nadkład poziomu wodonośnego stanowią lessy oraz zwierzeliny margli, o małej miąższości (14,0 m – studnie wiercone na terenie zakładu) wykazujące słabe własności izolujące. W ramach oceny wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie z powierzchni terenu, obliczono czas infiltracji wód (potencjalnie zanieczyszczonych) poprzez strefę aeracji. Przybliżony czas przesączania przez strefę aeracji wynosi 725 dni. Oznacza to, że potencjalne zanieczyszczenia mogą dotrzeć do warstwy wodonośnej z powierzchni terenu po okresie ok. 2 lat. Stopień zagrożenia GUPW określono w związku z tym jako bardzo wysoki (Czerwińska-Tomczyk, Sadurski, 1998).

### Poligon badawczy Łebień

Wrażliwość na zanieczyszczenie wód pierwszego poziomu wodonośnego w oparciu o „Wytyczne metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód Pierwszego poziomu wodonośnego” została dla obszaru badań określona jako średnia. Nie stwierdzono na charakteryzowanym obszarze terenów o utrudnionej infiltracji. Można natomiast stwierdzić wyraźną korelację głębokości występowania PPW i podatności naturalnej. Wraz ze wzrostem miąższości strefy aeracji wzrasta odporność pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia. Na terenie zakładu izolację poziomu wodonośnego stanowi kompleks glin zwałowych o zmiennej miąższości 3,0–20,0 m, w rejonie padu osiągając zaledwie ok. 3,0 m. Wody podziemne występują stosunkowo płytko na głębokości ok. 14,0–15,6 m p.p.t. Czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń z terenu zakładu do wód podziemnych, uwzględniając lokalne warunki hydrogeologiczne, wynosi min 3,3 roku (1200 dni). Badania modelowe pozwoliły ponadto określić przykładowe czasy dopływu ewentualnych zanieczyszczeń z terenu wiertni do najbliższych czynnych ujęć wód podziemnych, GZWP, cieków, zbiorników wodnych, znajdujących się na kierunku zbliżonym do kierunku spływu wód:

- ujęcia użytkownika prywatnego w odległości 2,1 km na południe – min. 5,6 roku (2040 dni)
- ujęcia gminnego Obliwice (2 studnie) w odległości 2,9 km na południe – min. ok. 6,4 roku (2360 dni),
- ciek wodnego – Kisewskiej Strugi przepływającej w odległości 5,0 km na południowy-wschód od terenu zakładu – min. ok. 8,7 roku (3200 dni),
- najbliższego zbiornika wodnego znajdującego się w odległości 1,5 km na południowy-wschód od terenu zakładu – min. 5 lat (1840 dni),
- zbiornika GZWP nr 107 „Pradolina rzeki Łeba” położonego 7 km na południowy-wschód od obszaru badań – min. 11 lat (4000 dni).

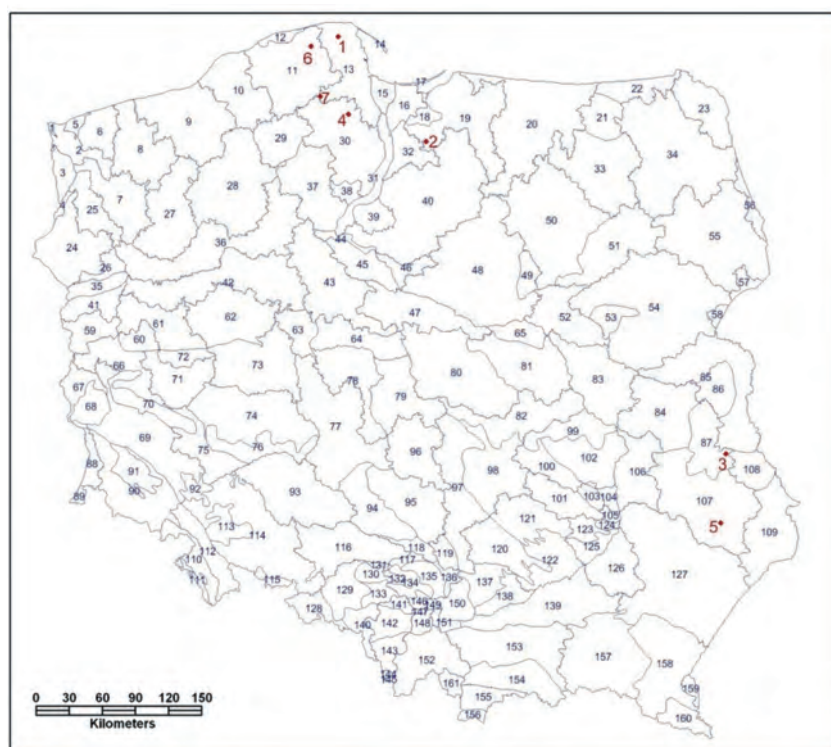
### Poligon badawczy Gapowo

Potencjalnie zagrożony zanieczyszczeniem jest GUPW wykształcony w drugiej międzymorenowej warstwie wodonośnej. Pierwsza warstwa międzymorenowa w tym rejonie posiada charakter nieciągły, podobnie zresztą jak pierwszy poziom wodonośny o zróżnicowanych warunkach występowania (PPW), wykształcony w postaci spiaszczeń i przewarstwień w glinach zwałowych na powierzchni terenu. Utwory międzymorenowe stanowiące użytkowe i główne poziomy wodonośne w strefie wysoczyzn mają niską i bardzo niską wrażliwość na zanieczyszczenia o charakterze antropogenicznym (Witczak, 2011). Są one całkowicie izolowane kompleksem glin zwałowych o miąższości dochodzącej nawet do ponad 100,0 m (druga warstwa międzymorenowa) lub do 50,0 m w przypadku pierwszej warstwy międzymorenowej. W celu dokładnego określenia wrażliwości wód podziemnych GUPW (druga warstwa międzymorenowa) na zanieczyszczenie z powierzchni terenu w sąsiedztwie zakładu, obliczono czas infiltracji wód (potencjalnie zanieczyszczonych) poprzez strefę aeracji. Przybliżony czas przesączania wynosi 2670 dni. Oznacza to, że potencjalne zanieczyszczenia mogą dotrzeć z powierzchni terenu po ok. 7 latach. Odporność poziomu wodonośnego jest zatem wysoka, a wynikająca z niej wrażliwość bardzo niska (Lidzbarski, 2000).

### 3.4.2 Dostępność wód i bezpieczeństwo ilościowe zasobów

Jednym z elementów wpływu na środowisko prac realizowanych na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne jest wykorzystanie wód podziemnych i powierzchniowych na potrzeby zabiegów technologicznych, zwłaszcza szczelinowania hydraulicznego. Istotna jest ocena, jak prowadzone prace mogą wpływać na stan dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i czy mogą spowodować potencjalne zmniejszenie dostępności tych zasobów dla innych użytkowników, zwłaszcza ludności. Mając na uwadze również potencjalne oddziaływanie i presję prowadzonych prac na jednolite części wód podziemnych (JCWPd), które zgodnie z Dyrektywą 2000/60/WE Parlamentu Europejskiej i Rady ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna) oraz implementującą jej zapisy ustawą Prawo wodne (Dz. U 2012, poz. 145) jest podstawową jednostką służącą ocenie stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych, odniesiono prowadzone działania do tych jednostek. Lokalizację poligonów badawczych na tle JCWPd przedstawiono na rysunku 3.12. Granice i zasoby w poszczególnych JCWPd przyjęto zgodnie z aktualnie obowiązującym podziałem na 161 JCWPd. Wykorzystano raport z realizacji zadań państwowej służby hydrogeologicznej w 2013 roku, zadanie nr 19 „Określenie poboru rejestrowanego wód podziemnych w jednolitych częściach wód podziemnych wraz z aktualizacją oceny stanu ilościowego wód podziemnych w JCWPd zagrożonych ryzykiem nieosiągnięcia celów środowiskowych” z marca 2014 roku (Tabela 3.2). Do analizy wykorzystano informacje zgromadzone z bazy danych zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych, prowadzonej w PIG-PIB. Dane o poborze rejestrowanym zestawiono na podstawie informacji przekazywanych przez urzędy marszałkowskie i kopalnie.

By ocenić ewentualne skutki dla zaopatrzenia w wodę innych użytkowników porównano również ilość wykorzystanej wody z rezerwą zasobów wód dostępnych w poszczególnych JCWPd (tabela 3.2). Przyjęto najbardziej niekorzystne założenie, że na potrzeby szczelinowania cała woda pochodzić będzie z poboru podziemnego – studniami na terenie zakładu lub z wodociągów lokalnych. W rzeczywistości w poszczególnych lokalizacjach wykorzystano wodę podziemną pobieraną bezpośrednio przez zakład, wodę podziemną dostarczaną przez lokalne wodociągi oraz wodę powierzchniową (poligon badawczy Stare Miasto).



• lokalizacja poligonów badawczych

1-Lubocino, 2-Stare Miasto, 3-Syczyn, 4-Wysin, 5-Zawada, 6-Łebień, 7-Gapowo

**Rys. 3.12.** Lokalizacja poligonów badawczych na tle Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd).

**Tabela 3.2.** Wielkość zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w jednolitych częściach wód podziemnych, na obszarze których zlokalizowane są poszczególne poligony badawcze

Nr JCWPd	jednostka	11	13	19	30	87	107
		Łebień	Lubocino, Gapowo	Stare Miasto	Wysin	Syczyn	Zawada
Powierzchnia JCWPd	(km <sup>2</sup> )	4097,2	2818,2	3996,5	3942,8	1841,5	5326,2
Zasoby dostępne do zagospodarowania (ZDZP) wg stanu na koniec 2012 r.*	(tys. m <sup>3</sup> /rok)	261 035	138 313	139 912	149 939	98 793	270 308
Czynnik istotnie wpływający na błąd oceny zasobów JCWPd zależny od powierzchni oraz obecności**: JEZ – jeziora; DOL – obszary dolinne;	–	JEZ	JEZ	JEZ	JEZ	DOL	
Wartość redukcji zasobów uwzględniająca czynnik istotnie wpływający na błąd oceny zasobów JCWPd wr (–)	–	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,95
Zasoby dostępne do zagospodarowania zredukowane o współczynnik wr (ZDZP_min) wg stanu na koniec 2012 r.	(tys. m <sup>3</sup> /rok)	208 828	110 650	111 930	119 951	79 034	256 792
Pobór rejestrowany z ujęć wód podziemnych w 2012 r.	(tys. m <sup>3</sup> /rok)	18 289	54 489	8 193	12 576	6 665	36 820
Wartość odwodnienia czynnych zakładów górniczych w 2012 r.	(tys.m <sup>3</sup> /rok)					5 893***	6 500****
Całkowity pobór rejestrowany wód podziemnych w 2012 r. (pobór z ujęć i z odwodnień górniczych)	(tys. m <sup>3</sup> /rok)	18 289	54 489	8 193	12 576	12 558	43 320
Stożek wykorzystania zasobów dostępnych – POB_całk/ZDZP	(%)	7	39	6	8	13	16
Stożek wykorzystania zasobów dostępnych zredukowanych o wr – POB_całk/ZDZP_min	(%)	9	49	7	10	16	17

\* na podstawie danych z bazy zasobów dyspozycyjnych PSH (PIG-PIB)

\*\* na podstawie Herbich i in. 2007, „Opracowanie analizy presji i wpływów zanieczyszczeń antropogenicznych w szczególności wjęciu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych dla potrzeb opracowania programów działań i planów gospodarowania wodami”, „Raport. MŚ, PIG, Warszawa

\*\*\* kopalnia Bogdanka, węgiel kamienny

\*\*\*\* – kopalnia Rejowiec, wapień i margle przem. cementowego



### 3.5 Ochrona przyrody

Zgodnie z *Ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody* (Dz. U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.) formami ochrony przyrody są (art. 6, ust. 1): obszary Natura 2000, parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, pomniki przyrody i stanowiska dokumentacyjne. Dodatkowo funkcje ochronne poszczególnych terenów wzmacnia ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów potencjalnie występujących na obszarze przeznaczonym pod zakład wykonujący roboty geologiczne.

W ramach wykonywanych prac, przeprowadzono analizę lokalizacji każdego zakładu wykonującego roboty geologiczne w aspekcie ewentualnie występujących konfliktów z terenami cennymi przyrodniczo, zdefiniowanymi wg wspomnianej wyżej Ustawy o ochronie przyrody. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że zakład:

- Lubocino usytuowany jest w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu „Puszcza Darżłubska”;
- Syczyn zlokalizowany jest w granicach Chełmskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu;
- Stare Miasto zlokalizowany jest w bezpośrednim sąsiedztwie Obszaru Chronionego Krajobrazu Rzeki Dzierzgoń;
- Gapowo zlokalizowany jest w otulinie Kaszubskiego Parku Krajobrazowego.

Natomiast zakłady: Wysin, Łebień oraz Zawada nie są zlokalizowane ani w bezpośrednim sąsiedztwie ani w obrębie obszarów cennych przyrodniczo. Lokalizację w stosunku do obszarów chronionych występujących na terenie województwa pomorskiego przedstawiono na mapach w załącznikach 2.1, 2.2, 2.3 i 2.4.

Charakterystykę uwarunkowań prawnych wynikających z położenia w granicach obszarów chronionych dla zakładów wykonujących roboty geologiczne: Lubocino i Syczyn przedstawiono poniżej.

#### **Zakład Lubocino**

Analiza lokalizacji zakładu Lubocino w stosunku do występujących na tym terenie obszarów cennych przyrodniczo wykazała, że poligon Lubocino położony jest na terenach wyróżniających się cennymi wartościami przyrodniczymi. Zakład Lubocino usytuowany jest w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu „Puszcza Darżłubska”. W sąsiedztwie zakładu znajdują się, ustanowione Zarządzeniem Wojewody Pomorskiego nr 163/99 z dnia 16 listopada 1999 r., użytki ekologiczne: zbiorowisko szuwarowe Świecińska Topiel o powierzchni 1,25 ha, w odległości 1,7 km na północny wschód od zakładu; łąka i torfowisko Księża Łąka, powierzchnia 3,8 ha, zlokalizowany 2,1 km na południe; Jezioro Witalicz, o powierzchni 8,51 ha, w odległości 2,7 km na północny wschód. W odległości około 3,3 km na północny wschód od zakładu znajduje się specjalny obszar ochrony Natura 2000 – PLH220029 „Trzy Młyny” o powierzchni 765,9 ha. Powierzchnia obszaru pokrywa się częściowo z rezerwatem przyrody „Źródlika Czarnej Wody” oraz Obszarem Chronionego Krajobrazu „Puszcza Darżłubska”. Szereg form ochrony przyrody takich jak: specjalny obszar ochrony Natura 2000 – PLH220090 „Opalińskie Buczyny”, PLB 220007 „Puszcza Darżłubska”, PLH220019 „Orle”, Obszar Chronionego Krajobrazu „Pradolina Redy – Łeby” czy Rezerwat przyrody „Źródlika Czarnej Wody” zlokalizowane są w odległości ponad 5 km od zakładu.

Ze względu na bogactwo występowania różnorodnych form ochrony środowiska w otoczeniu i bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego terenu, warunki realizacji prac na terenie zakładu wynikają bezpośrednio z decyzji Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 14 marca 2012 r. (Nr RDOS-Gd-WOO.4210.53.15.2011.ER) o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięcia pn.: „Poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w obrębie obszaru Koncesji 4/2009/p WEJHEROWO”, która uwzględnia konieczność ochrony cennych wartości przyrodniczych. Zgodnie z pkt 2.3 w/w decyzji „miejsca lokalizacji prac wiertniczych wraz z planem zagospodarowania terenu wiertni (w tym zbiorników ziemnych na czystą wodę oraz na płyn pozabiegowy po szczelinowaniu) należało ustalić w porozumieniu z Regionalnym Dyrektorem Ochrony Środowiska w Gdańsku, po wykonaniu inwentaryzacji przyrodniczej wraz z oceną skutków usytuowania wiertni w stosunku do elementów przyrodniczych terenu przeznaczonego pod wiertnię oraz obszaru będącego w zasięgu jej oddziaływania” oraz z pkt 2.25: „z obszaru planowanych prac wiertniczych należało wykluczyć tereny na których występują gatunki objęte ochroną strefową”. Operator w 2012 r. zlecił wykonanie inwentaryzacji gatunków

i siedlisk przyrodniczych obszaru koncesyjnego. W wyniku prac inwentaryzacyjnych stwierdzono występowanie jednego gatunku płaza w miejscu realizacji inwestycji – jaszczurki zwinki. Gatunek ten, zgodnie z załącznikiem nr 1 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 października 2011 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt (Dz. U. Nr 237, poz. 1419), objęty jest ochroną gatunkową ścisłą i zostały wprowadzone zakazy umyślnego niszczenia jego siedlisk i ostoi, gniazd i innych schronień (§7 pkt 6, 7 i 8 ww. Rozporządzenia). W związku z tym Operator, w celu realizacji prac przygotowawczych teren pod inwestycję oraz prac wiertniczych wraz z zabiegiem szczelinowania, uzyskał decyzję Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 6 czerwca 2012 r. (Nr RDOS-GD-PNII.6401.41.2012.EK.1) zezwalającą na niszczenie siedlisk i ostoi zwierząt, gniazd i innych schronień poprzez wycinkę drzew i krzewów oraz wykonywanie prac ziemnych przy użyciu ciężkiego sprzętu budowlanego. Ponadto Operator uzyskał decyzję Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska z czerwca 2012 r. (Nr DOP-OZGIZ.64.01.8.2012.dł) zezwalającą na umyślne płoszenie i niepokojenie niżej wymienionych gatunków zwierząt: zwinka, skowronek, kania ruda, pliszka żółta, potrzuszcz oraz żuraw. Wszystkie wykonywane prace mają być przeprowadzone pod nadzorem przyrodniczym oraz Operator zobowiązany jest do przedkładania w Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska informacji z zakresu wykorzystania zezwoleń do dnia 15 stycznia każdego roku obowiązywania zezwolenia, przy czym ostatnia informacja zostanie przedłożona do dnia 15 stycznia 2017 r. Do przedłożonych informacji należało załączać sprawozdania z przeprowadzonego nadzoru przyrodniczego. Powyższe zezwolenia ważne są do 31 grudnia 2016 r. Operator wypełniał obowiązek przedkładania do GDOŚ sprawozdań z nadzoru przyrodniczego dla wykonywanych prac.

### **Zakład Syczyn**

Analiza lokalizacji zakładu Syczyn w stosunku do występujących na tym terenie obszarów cennych przyrodniczo wykazała, że poligon badawczy Syczyn położony jest na terenach wyróżniających się cennymi wartościami przyrodniczymi. Usytuowany jest on w granicach Chełmskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu. W sąsiedztwie zakładu, w odległości około 6 km na północ od zakładu, znajduje się specjalny obszar ochrony Natura 2000 – Ostoja Poleska PLH060013, którego granice częściowo pokrywają się z enklawą Poleskiego Parku Narodowego oraz obszar Dobromyśl PLH 060033, położony w odległości ok. 7 km w kierunku południowo-zachodnim. W odległości ok. 6,5 km w kierunku północno-zachodnim od zakładu Syczyn zlokalizowany jest rezerwat florystyczny i wodny Jezioro Świerszczów.

Ze względu na występowanie różnorodnych form ochrony środowiska w otoczeniu i bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego zakładu, warunki realizacji prac na jego terenie wynikają bezpośrednio z decyzji Wójta Gminy Wierzbica z dnia 17 października 2012 r. (Nr Bd.3.6220.5.2011) o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięcia pn.: „*Zmiana zakresu prac i czasu trwania koncesji nr 28/2007p na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na obszarze koncesyjnym Wierzbica (fragmenty bloków koncesyjnych 298,299,319) udzielonej PKN ORLEN S.A. przez Ministra Środowiska w dniu 30 października 2007 r. wraz z decyzją z dnia 28 kwietnia 2010 r. przenoszącą ww. koncesje na spółkę ORLEN Upstream Sp. z o.o. – prace wykonywane metodą otworów wiertniczych o głębokości większej niż 1 000 m*”, która uwzględnia konieczność ochrony cennych wartości przyrodniczych. Zgodnie z zapisami cytowanej decyzji, wszystkie realizowane prace związane z przygotowaniem terenu pod zakład i funkcjonowaniem zakładu, należy prowadzić w sposób uwzględniający zakazy i nakazy obowiązujące na obszarach cennych przyrodniczo, a także z uwzględnieniem występujących na tym terenie zwierząt i roślin. Ponadto dla wytypowanych miejsc lokalizacji zakładu, przed rozpoczęciem prac w terenie należało przedstawić dokumentację dotyczącą oddziaływania zakładu na środowisko Regionalnemu Dyrektorowi Ochrony Środowiska w Lublinie.

## 4 Zakres oddziaływania na środowisko i ludzi

Syntetyczny katalog możliwych negatywnych skutków prac związanych z procesem poszukiwania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów przedstawiono w załączniku 3. Poniżej przedstawiono jego rozwinięcie.

### 4.1 Hałas

Podstawowym celem prowadzonych prac monitoringowych hałasu na poligonach badawczych było określenie rzeczywistego wpływu zakładów wykonujących roboty geologiczne na poziom zanieczyszczenia środowiska akustycznego. Monitoring umożliwia oszacowanie wielkości emisji hałasu i czas jego trwania oraz pozwala odnieść wyniki pomiarów do norm prawnych określających dopuszczalne poziomy hałasu, tym samym pozwalając wyznaczyć obszar oddziaływania oraz stopień uciążliwości dla lokalnych społeczności. Badania prowadzone były zgodnie z metodyką zawartą w rozdziale 2.3. Zakres badań był zróżnicowany na poszczególnych poligonach badawczych i uwarunkowany rodzajem i harmonogramem prac prowadzonych przez poszczególnych Operatorów oraz specyfiką przestrzenną poligonów (odległości zakładów od najbliższej zabudowy mieszkalnej).

Prace badawcze na poszczególnych poligonach rozpoczynały się na różnych etapach zaawansowania działalności zakładów. Na poligonach Wysin i Zawada możliwe było określenie stanu początkowego środowiska akustycznego przed rozpoczęciem prac. Na poligonach Lubocino, Stare Miasto, Syczyn i Gapowo badania hałasu rozpoczęto już podczas działania zakładów wykonujących roboty geologiczne. W odniesieniu do pomiaru hałasu brak pomiarów tła w stanie zerowym nie stanowi utrudnienia dla interpretacji, gdyż w późniejszej analizie pomiary hałasu wykonane w trakcie działania zakładu porównano z hałasem mierzonym w okresie beczynności lub po zakończeniu prac.

#### Poligon badawczy Lubocino

Badania rozpoczęto w trakcie prowadzenia przez Operatora przygotowań do wiercenia, z tego powodu wykonane pomiary hałasu określają stan zastany. Pomiary wykonano na skraju wiertni oraz przy najbliższych zabudowaniach mieszkalnych w miejscowości Lubocino. Zmierzony poziom hałasu wynosił 37,9 dB na skraju wsi najbardziej narażonym na hałas dochodzący z zakładu (punkt pomiarowy zlokalizowany w odległości 500 m w kierunku NW od zakładu), oraz 50,6 dB przed zabudowaniami odległymi o 200 m na N od zakładu. W bezpośrednim sąsiedztwie zakładu zmierzony poziom hałasu wynosił 49,3 dB.

Kolejne pomiary wykonano podczas wiercenia, zabiegu szczelinowania i testów gazowych. Pomiary wykonywano jednocześnie na dwóch stanowiskach: przy wiertni i przy zabudowie mieszkalnej, w odległości 500 m w kierunku NW od zakładu. Poziom hałasu we wsi był z reguły znacznie niższy od dopuszczalnego i tylko w 2 przypadkach nieznacznie przekroczył wartości dopuszczalne w porze dziennej (55,8 i 56,2 dB – około 1dB powyżej dopuszczalnego poziomu), w 1 przypadku w porze nocnej (46,6 dB – o 1,6 dB powyżej dopuszczalnego poziomu). Analiza statystyczna wskazuje, że mniej niż 2,5% pomiarów przekraczało dopuszczalne poziomy hałasu dla zabudowy zagrodowej.

Wyniki rejestracji hałasu podczas wiercenia, szczelinowania oraz testów gazowych pozwoliły prześledzić przebieg zmian poziomu hałasu na wiertni i we wsi. Zazwyczaj obserwowano wyraźną współbieżność tych zmian w czasie. Większym zmianom hałasu na terenie zakładu odpowiadały mniejsze co do wielkości zmiany hałasu we wsi. Zmiany te wskazują, że źródłem hałasu był zakład.

Badania hałasu wykonano również po zakończeniu przez Operatora prac. Pomiary wykonano w 8 punktach i obliczono dla każdej serii równoważne poziomy dźwięku. Otrzymano uśrednioną wartość równą 47,6 dB i wielkość tą należy uznać za stan tła akustycznego na poligonie badawczym.

Przeprowadzone badania na poligonie badawczym Lubocino wskazują, że prace poszukiwawcze nie stanowiły znaczącej uciążliwości dla ludności, zarówno pod względem formalnym (zgodność z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz.U. Nr 120, poz. 826), jak i według opinii mieszkańców, wyrażonej podczas rozmów z zespołem badawczym.

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Referencyjny poziom hałasu na poligonie, z uwagi na trwające już działanie zakładu, zmierzono po zakończeniu prac Operatora. Zarejestrowany poziom hałasu wyniósł 53,1 dB i przyjęto, że ta wielkość reprezentuje stan tła akustycznego w momencie beczynności zakładu wykonującego roboty geologiczne.

Kolejną serię pomiarową przeprowadzono podczas procesu szczelinowania. Pomiarów wykonywano nieprzerwanie przez 3 doby, na terenie zakładu oraz w punkcie pomiarowym zlokalizowanym we wsi (500 m od zakładu). Dla punktu we wsi poziomy hałasu zostały nieznacznie przekroczone dla pory nocnej o 0,7 dB, a dla pory dnia o 1 dB. Jednak porównanie zsynchronizowanych przebiegów zmian hałasu na wiertni i we wsi pozwoliło stwierdzić, że źródło podwyższonego hałasu znajdowało się poza terenem zakładu.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały, że emisje hałasu z terenu zakładu nie wpłynęły na przekroczenie obowiązujących poziomów dopuszczalnych i nie stanowiły zagrożenia dla komfortu mieszkańców.

### **Poligon badawczy Syczyn**

Pomiary poziomu hałasu wykonywano w sposób ciągły równolegle w dwóch miejscach: na terenie zakładu oraz przy najbliższych zabudowaniach mieszkalnych położonych w odległości do 150 m od zakładu. Ponadto wykonano sekwencyjne pomiary w 8 punktach wokół zakładu.

Pomiar referencyjny dla określenia stanu zastanego wykonano podczas prac przygotowawczych do wiercenia (prace badawcze rozpoczęto już w trakcie działalności zakładu). Zmierzony przy bramie wjazdowej na teren zakładu poziom hałasu wyniósł 51,3 dB.

Pomiary poziomu hałasu w trakcie zabiegu szczelinowania wykonano dwuetapowo. W pierwszym etapie wykonano krótkookresowe pomiary poziomu hałasu w punktach rozmieszczonych w różnych kierunkach, w odległości od 80 m do 220 m od zakładu. W tym czasie rejestrowano poziom hałasu także w stałym punkcie przy wjeździe na teren zakładu. Poziom hałasu zmierzony przy zakładzie był w tym czasie dość stabilny i wynosił 75 dB. Pomiary wykonane w 8 punktach poza terenem zakładu wykazały poziom hałasu w przedziale od 64,9 do 71 dB. Czas pomiaru w każdym punkcie wynosił 5 minut. W dwóch punktach, pomiędzy którymi znajdował się budynek mieszkalny oddalony o 80 m, zarejestrowano wielkość hałasu na poziomie ok. 65 dB i tę wartość należy przyjąć za poziom hałasu zaistniałego przy zabudowie.

Dla uzyskania dokładnej informacji o zagrożeniu hałasem w czasie całego wieloetapowego procesu szczelinowania, w drugim etapie hałas monitorowano pomiarem ciągłym w przedziale 7 kolejnych dni. Pierwszy punkt pomiarowy zlokalizowany został przy wjeździe na teren zakładu, drugi natomiast przy jednym z dwóch najbliższych budynków mieszkalnych, ok. 150 m od zakładu. Przekroczenie poziomu odniesienia – dla punktu przy zabudowie – dla pory dziennej (55 dB) występowało każdego dnia i wynosiło: 1 raz poniżej 5 dB, 4 razy 5–10 dB i jeden raz powyżej 10 dB (dokładnie o 17 dB). Porównanie przebiegów rejestracji poziomu hałasu zakładu i przy zabudowaniu prowadzi do wniosku, że przyczyną przekroczeń w porze dziennej była działalność prowadzona na terenie zakładu. Jednak wielkość przekroczeń może być zawyżona, przede wszystkim przez ruch pojazdów na drodze sąsiadującej z zakładem, a także przez hałas związany z codziennymi zajęciami mieszkańców.

### **Poligon badawczy Wysin**

Pomiary hałasu zrealizowano przed rozpoczęciem prac poszukiwawczych przez Operatora, określając stan początkowy. Wykonano pomiar o charakterze krótkookresowym, określając poziom referencyjny hałasu o wartości 52,4 dB.

Podczas wiercenia wykonano ciągle pomiary poziomu hałasu w okresie jednego tygodnia. Miernik został ustawiony przy bramie wjazdowej, ok. 50 m od urządzenia wiertniczego. Wartość uśredniona dla całego okresu pomiarowego wyniosła 65 dB.

Poligon badawczy znajduje się na terenie rolniczym, wśród pól, przy lokalnej drodze i w odległości ok. 1 km od zabudowań mieszkalnych. Dlatego dla oceny zagrożenia hałasem dla mieszkańców nie wykonywano pomiarów hałasu przy domostwach, ale zmierzono rozkład hałasu wokół poligonu dla określenia zasięgu oddziaływania podwyższonego poziomu hałasu. W tym celu wykonano drugą serię, tym razem krótkookresowych, pięciominutowych pomiarów równoważnego poziomu hałasu w kolejnych 8 punktach pomiarowych. Wybrane punkty były usytuowane wokół zakładu, w przybliżeniu na okręgu o promieniu około 200 m od wierconego otworu. W tym samym czasie, przy pomocy drugiego miernika umieszczonego w punkcie przy wjeździe do zakładu rejestrowano poziom hałasu przy wiertni. Zmierzone w poszczególnych punktach poziomy hałasu wahały się pomiędzy

46,6 a 57,1 dB, wartość średnia wyniosła 49,7 dB i jest o 5,3 dB niższa od poziomu dopuszczalnego dla pory dziennej wynoszącego 55 dB.

### **Poligon badawczy Zawada**

Rozpoczęcie prac badawczych przed rozpoczęciem procesu inwestycyjnego umożliwiło pomiar hałasu na etapie określania stanu zerowego. Zmierzony poziom hałasu wynosił 57,5 dB i wynikał z niekorzystnych warunków pogodowych, prędkość wiatru wynosiła 22,5 km/h.

Kolejną serię pomiarową wykonano podczas procesu wiercenia. Całodobowy poziom hałasu zmierzono na terenie zakładu. Zmierzony równoważny poziom dźwięku wynosił dla pory dnia 61,9 dB a dla pory nocy 64,9 dB. Wykonano również krótkookresowe pomiary poziomu dźwięku w pobliżu dwóch najbliższych zabudowań mieszkalnych zlokalizowanych w różnych kierunkach od zakładu. Odległość między zakładem a domostwami wynosiła około 500 m, a czasy pomiaru wynosiły 30 minut. Przed najbliższym domem w kierunku wschodnim równoważny poziom dźwięku wyniósł 43,8 dB, z kolei przed najbliższym domem w kierunku południowym równoważny poziom dźwięku wyniósł 50,6 dB. Biorąc pod uwagę, niskie wartości poziomu hałasu, pomimo niesprzyjających warunków atmosferycznych (wiatr o prędkości ponad 20 km/h), zrezygnowano z dłuższego monitorowania hałasu w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej, uznając wykonane pomiary za wystarczającą podstawę wniosku o braku wpływu zakładu (w zakresie hałasu) w trakcie wiercenia na jakość życia mieszkańców najbliższych zabudowań. W tym samym czasie wykonano pomiary poziomu hałasu w punktach wokół wiertni w odległości około 300 m. Zmierzone wartości równoważnego poziomu dźwięku mieszczą się w przedziale od 53,9 dB do 58,7 dB, nie wykazując zależności od kierunku. Obszar wokół zakładu był płaski, bez przeszkód terenowych.

Podczas szczelinowania hydraulicznego wykonano pomiary dwuetapowo. W pierwszym etapie wykonano całodobowy nieprzerwany rejestr poziomu hałasu na terenie zakładu. Wyznaczony poziom hałasu dla pory dnia wyniósł 81,6 dB, a dla pory nocy 76,8 dB. W czasie zabiegu zastosowano ekrany dźwiękochłonne po południowej stronie stanowisk pomp ciśnieniowych z generatorami dużej mocy, stanowiącymi główne źródło hałasu. Od strony wschodniej osłonę przeciwdźwiękową stanowiły kontenery serwisowe. Z tego powodu wykonano krótkookresowe pomiary poziomu hałasu w odległości około 60 m od źródła dźwięku w różnych punktach (osłoniętych ekranem lub eksponowanych na hałas, w celu określenia skuteczności zastosowanych osłon). Stwierdzono zauważalne, oszacowane na poziomie 5–8 dB, zmniejszenie poziomu hałasu za ekranami w porównaniu z miejscami nieosłoniętymi.

Drugi etap pomiarów objął pojedynczy interwał zabiegu szczelinowania, który trwał 50 minut. Mikrofon znajdował się w odległości około 60 m od źródła dźwięku. Poziom hałasu przed rozpoczęciem analizowanego interwału i po jego zakończeniu wynosił 60 dB. W czasie szczelinowania poziom hałasu wynosił początkowo około 70 dB, a potem wzrósł do 80 dB.

Podczas badań poziomu hałasu nie stwierdzono zagrożeń akustycznych z terenu zakładu dla mieszkańców najbliższych domostw. Taka korzystna sytuacja jest wynikiem usytuowania wiertni w wystarczającej odległości od zabudowań. Operator zastosował również specjalnie zaprojektowane ekrany akustyczne.

### **Poligon badawczy Gapowo**

Pierwszy pomiar krótkookresowy hałasu na poligonie Gapowo wykonano w odległości około 40 m od ogrodzenia zakładu, w czasie gdy nie prowadzono prac na terenie zakładu. Zmierzona wartość poziomu hałasu wyniosła 57,3 dB. Tego samego dnia zmierzono również równoważny poziom dźwięku na skraju wsi Klukowa Huta, w odległości 600 m na NW od zakładu, gdzie otrzymano wynik 51,5 dB.

Kolejne pomiary hałasu wykonano podczas prac wiertniczych. Mikrofon umieszczono na terenie zakładu, w pobliżu pomieszczenia ochrony obiektu. Zmierzony równoważny poziom hałasu wyniósł 67,5 dB. Drugą serię pomiarów hałasu podczas wiercenia przeprowadzono rejestrując jednocześnie poziom hałasu na terenie poligonu i przy najbliższym zabudowaniu mieszkalnym oddalonym ok. 350 m od zakładu. Zmierzony równoważny poziom hałasu wyniósł 62,4 dB. Podczas analizy danych z mikrofonu umieszczonego przy zabudowaniach (zlokalizowanych bezpośrednio przy drodze) stwierdzono, że ze stuprocentową regularnością każdemu przejeżdżającemu pojazdowi towarzyszy pik na krzywej rejestracji hałasu.

W celu wykazania jaki wpływ na wartość równoważnego poziomu dźwięku przy zabudowaniach ma ruch kołowy na pobliskiej drodze, założono dodatkowy punkt pomiarowy. Punkt ten znajdował się w takiej samej odległości od zakładu jak punkt pomiarowy przy zabudowaniach, a jednocześnie

był oddalony od drogi. Zmierzony równoważny poziom hałasu wyniósł 51,4 dB i był o 11 dB niższy niż przy zabudowaniach koło drogi. Obserwacja prowadzi do wniosku, że wpływ ruchu kołowego może znacznie wpłynąć na wartości rejestrowanego poziomu hałasu i niekiedy prowadzić do błędnych konkluzji (przy nie uwzględnieniu tego czynnika w analizie hałasu) dotyczących zakresu wpływu działalności zakładu na środowisko akustyczne.

Po zakończeniu prac wykonano kolejny pomiar hałasu. Na terenie zakładu wyznaczono poziom tła dla pory nocnej i pory dziennej w kolejnych 4 dniach uzyskując dla pory dziennej 56,2 dB oraz dla pory nocnej 48,1 dB.

### Podsumowanie

Na podstawie wyników przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że na poligonach badawczych Lubocino, Stare Miasto, Wysin i Zawada nie wystąpiły uciążliwości spowodowane hałasem. Potwierdzają to też opinie mieszkańców, których pytano o ocenę ewentualnego hałasu. Odległość domostw od zakładów na wymienionych poligonach wynosiła 500 m lub więcej. Zakład Gapowo nie powodował niekorzystnego wzrostu poziomu hałasu w sąsiednich miejscowościach odległych odpowiednio o około 650 i 750 m. Pojedyncze domostwo zlokalizowane bezpośrednio przy drodze, w odległości 350 m od zakładu było przedmiotem starannych badań, które pozwalają stwierdzić, że występujący podwyższony poziom hałasu w decydującym stopniu był generowany przez ruch kołowy.

Jedynie na poligonie badawczym Syczyn stwierdzono przekroczenia norm hałasu, będące wynikiem prac prowadzonych na terenie zakładu. Zakład w Syczynie zlokalizowany był na skraju wsi. Najbliższe zabudowania mieszkalne znajdowały się kilkadziesiąt m od zakładu, kolejne 150 m, ponadto kilkanaście innych w odległości mniejszej niż 500 m. Przekroczenia dla zabudowy zagrodowej (55 dB w ciągu pory dnia i 45 w ciągu pory nocy) były notowane wielokrotnie, zarówno w porze dnia, jak i nocy. Przekroczenia wynosiły: 0–5 dB – 1 raz; 5–10 dB – 1 raz; 10–15 dB – 4 razy; 15–20 dB – 1 raz w ciągu pory dnia oraz 0–5 dB – 1 raz; 5–10 dB – 3 razy w ciągu pory nocy. Najbardziej narażeni byli mieszkańcy dwóch najbliższych domów.

Badania wyraźnie wskazują, że wpływ działalności zakładów na środowisko akustyczne oddziałuje w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów. Kluczowym czynnikiem ograniczającym poziom zanieczyszczenia hałasem jest odległość lokalizacji zakładów od zabudowy mieszkalnej. Również ekranowanie ma wpływ na wartości hałasu, co wykazano na poligonie Zawada. Szerzej zagadnienia te zostały omówione w rozdziale 6.4.

Trudno jednocześnie rozgraniczyć przy obliczaniu równoważnych poziomów dźwięku zakresu wpływu ruchu komunikacyjnego na wielkość mierzonego poziomu hałasu. W przypadku usytuowania zabudowy w bezpośrednim sąsiedztwie drogi istnieje konieczność uwzględnienia w analizie hałasu wytworzonego przez ruch kołowy. Jest to problem, który pojawiał się na poligonach badawczych Syczyn i Gapowo.

## 4.2 Powietrze atmosferyczne

Założeniem prowadzonych badań powietrza atmosferycznego na poligonach badawczych było oszacowanie wielkości emisji zanieczyszczeń wytworzonych podczas działalności zakładów wykonujących roboty geologiczne związane z poszukiwaniem niekonwencjonalnych złóż gazu z łupków. Zakres badań, uwarunkowany specyfiką prac na poszczególnych poligonach, starano się prowadzić w taki sposób, aby oszacować emisje zanieczyszczeń na różnych etapach działalności Operatorów.

### Poligon badawczy Lubocino

W przypadku poligonu badawczego Lubocino rozpoczęcie prac badawczych w trakcie trwania procesu inwestycyjnego uniemożliwiło pomiar zanieczyszczeń atmosfery na etapie określania stanu zerowego. Opróbowanie powietrza wykonano w kilku etapach, podczas wiercenia, szczelinowania, azotowania, odbioru płynu pozabiegowego, wywozu tego płynu, podczas testów gazowych oraz po zakończeniu prac.

Podczas wiercenia otworu żaden z mierzonych parametrów nie przekroczył wartości odniesienia. Podczas procesu szczelinowania nastąpił wyraźny wzrost stężenia metanu i węglowodorów  $C_2$ – $C_{12}$  w powietrzu, pozostałe parametry nie przekroczyły wartości odniesienia. Podczas procesu przepompowywania płynu pozabiegowego ze zbiorników do cystern transportowych, stężenie żadnego z oznaczanych parametrów nie przekroczyło wartości odniesienia.

Pomiary zapylenia wykonane w stanie zastanym, podczas wiercenia, oraz podczas azotowania w żadnym przypadku nie wykazały stężeń pyłu całkowitego przekraczających wartości odniesienia, zwłaszcza że

rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. Nr 16 poz. 87) określa dopuszczalne poziomy pyłu o średnicy poniżej 10  $\mu\text{m}$ , a mierzono pył całkowity bez frakcjonowania. Procesy te przeprowadzono w okresie jesienno-zimowym, kiedy to występowały opady deszczu oraz śniegu, co nie sprzyja występowaniu pyłów w powietrzu.

Wyniki pomiarów stanu powietrza wykonanych po zakończeniu działalności Operatora nie wskazują na obecność w atmosferze podwyższonych stężeń zanieczyszczeń gazowych ani stężeń pyłu całkowitego przekraczających wartości odniesienia.

Stwierdzono, że podczas szczelinowania, azotowania i testów gazowych nastąpił wzrost stężenia metanu i innych węglowodorów alifatycznych, ale po zakończeniu prac stężenia zmniejszyły się do wartości typowych dla tła. Wyniki pomiarów stanu powietrza wykonano po zakończeniu działalności Operatora nie wskazują na negatywne zmiany w atmosferze.

Podczas odbioru płynu z otworu i trwania testów gazowych wykonano dodatkowo oznaczenia stężeń metanu i węglowodorów  $C_2-C_{12}$  bezpośrednio nad zbiornikami na płyn pozabiegowy. Pobrano próbki z nad powierzchni cieczy w zbiorniku typu *gas-buster* (otwarty zbiornik umożliwiający dynamiczny, turbulentny przepływ cieczy i jej odgazowanie) w czasie, kiedy ze względów technologicznych (zbyt małe ilości gazu w cieczy) separatory nie były jeszcze włączone w linię do odbioru płynu. Stwierdzono gwałtowny wzrost w powietrzu stężeń węglowodorów alifatycznych  $C_2-C_{12}$  oraz metanu. Maksymalne stężenie węglowodorów  $C_2-C_{12}$  wyniosło 1 400 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a metanu 653 660  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . W tym samym czasie pobrano próbkę w odległości 50 m od zbiornika, gdzie stężenie metanu spadło do wartości 1 410  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a stężenie pozostałych badanych węglowodorów wyniosło 24 000  $C_2-C_{12}$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a więc bardzo szybko malało wraz z odległością, nie stwarzając zagrożenia wybuchem<sup>9</sup>.

Wyniki powyższego opróbowania świadczą o tym, że istnieje emisja lotnych węglowodorów do powietrza, przynajmniej w początkowej fazie odbioru płynu pozabiegowego. Podobnie, podczas stosowania gazodźwigu, gdy głównym gazem w płynie pozabiegowym jest azot lub inny gaz niepalny, mimo zastosowania separatorów, metan na flarze nie osiągnie takich stężeń, żeby podtrzymać płomień i jest w całości wentylowany do atmosfery. Niestety same pomiary stężenia gazów w powietrzu nie pozwalają na ocenę faktycznych ładunków gazu, jaki przedostał się do powietrza atmosferycznego.

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Rozpoczęcie prac badawczych w trakcie trwania procesu inwestycyjnego uniemożliwiło wykonaniu pomiarów stanu zerowego powietrza atmosferycznego. Wykonano natomiast pomiary po zakończeniu prac przez Operatora, do których porównano serię pomiarową wykonaną podczas szczelinowania. Pomiary podczas szczelinowania wykazały, że nastąpił znaczący wzrost stężenia węglowodorów  $C_2-C_{12}$  oraz około dwukrotny wzrost stężenia dwutlenku siarki, którego wartość przekroczyła wartość odniesienia. Pozostałe parametry nie wykazały znaczących zmian w porównaniu z pomiarami wykonanymi po zakończeniu prac.

### **Poligon badawczy Syczyn**

Próbki powietrza atmosferycznego pobrane na etapie tzw. stanu zastanego przeanalizowano pod kątem wybranych wskaźników potencjalnego zanieczyszczenia. Wszystkie stężenia badanych wskaźników były niższe od wartości odniesienia. Poziom zapylenia w stanie zastanym był poniżej progu wykrywalności 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W trakcie procesu szczelinowania jedyny przypadek przekroczenia wartości odniesienia stwierdzono dla dwutlenku siarki. Wyznaczone stężenie dwutlenku siarki, wynoszące 386  $\text{mg}/\text{m}^3$  nieznacznie przekraczało wartość dopuszczalną dla 1 godziny, czyli 350  $\text{mg}/\text{m}^3$  i po upływie kolejnych dwóch godzin spadło do wartości 146,2  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Pozostałe zanieczyszczenia, łącznie ze stężeniem pyłu całkowitego, nie przekraczały wartości odniesienia, ale nastąpił wyraźny wzrost stężenia węglowodorów  $C_2-C_{12}$  oraz lotnych związków organicznych w powietrzu pod koniec procesu szczelinowania.

### **Poligon badawczy Wysin**

Wykonano ocenę stanu zastanego, przed podjęciem jakichkolwiek prac przez Operatora. W pobranej próbce nie stwierdzono żadnych przekroczeń mierzonych związków. Podczas prowadzonych

<sup>9</sup> Z uwagi na miejsce poboru próbek, wartości pomiarów z nad *gas-bustera*, jako niereprezentatywne dla przyjętej metody badawczej, nie zostały uwzględnione w Tabeli 4.1.

na terenie zakładu prac wiertniczych pobrano 2 próbki powietrza. W żadnej z analizowanych próbek nie wykryto benzenu, a stężenia dwutlenku siarki oraz tlenków azotu były bardzo niskie, 8 do 20 razy niższe od wartości odniesienia. Oznaczono również metan i sumę lotnych związków organicznych (LZO). Oznaczone stężenia tych substancji zarówno podczas badań stanu zerowego, jak i podczas wiercenia były podobne. W pierwszej z badanych próbek stwierdzono nieznaczne przekroczenia węglowodorów  $C_2-C_{12}$  na poziomie  $3920 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (przy wartości odniesienia  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Jednak po godzinie, w drugiej próbce stężenia  $C_2-C_{12}$  spadły do  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pomiar zapylenia nie wykazał przekroczenia wartości odniesienia dla stężenia pyłu.

### **Poligon badawczy Zawada**

Przed rozpoczęciem prac wiertniczych wykonano pomiary zapylenia oraz pobrano próbki powietrza atmosferycznego. Podczas wiercenia wykonano opróbowanie powietrza oraz odstąpiono od wykonania pomiarów zapylenia z powodu niekorzystnych warunków atmosferycznych – silny wiatr, opady, zalegający śnieg. W trakcie zabiegu szczelinowania wykonano pomiary zapylenia oraz pobrano próbki powietrza.

Podczas badań stanu zastanego spośród oznaczanych zanieczyszczeń chemicznych tylko stężenie węglowodorów  $C_2-C_{12}$  ( $3500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) przekroczyło wartość odniesienia. Można przypuszczać, że pomiary wykazały ślad po maszynach stosowanych przy tworzeniu obwałowań (rozpoczęte prace budowlane na terenie zakładu). Pozostałe wyznaczone stężenia zanieczyszczeń są o wiele niższe od wartości odniesienia. Zmierzony poziom zapylenia był poniżej progu wykrywalności  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Wszystkie oznaczone stężenia zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym podczas szczelinowania hydraulicznego były niższe od wartości odniesienia.

### **Poligon badawczy Gapowo**

Próbki powietrza atmosferycznego do analiz chemicznych oraz zapylenia pobrano w pobliżu poligonu przed rozpoczęciem właściwych prac wiertniczych. Wszystkie stężenia badanych wskaźników były niższe od wartości odniesienia. Dla wielkości nienormowanych (metan, suma lotnych związków organicznych LZO) uzyskano wyniki typowe dla spotykanego poziomu tła. Poziom zapylenia w stanie zastanym był poniżej progu wykrywalności stosowanej metody  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Podczas procesu wiercenia próbki pobrano blisko potencjalnego źródła zanieczyszczeń. Wyniki wskazują, że żadna ze zmierzonych wielkości nie przekraczała wartości odniesienia. Stężenie węglowodorów  $C_2-C_{12}$  było bliskie wartości odniesienia ( $2260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oraz  $2960 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ale jej nie przekraczało i było podobne do wartości zmierzonej w stanie zastanym ( $2655 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Stężenia metanu oraz suma lotnych związków organicznych (LZO) były również podobne do zmierzonych w stanie zastanym. Trzeba odnotować wzrost stężenia dwutlenku siarki do wartości  $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , spowodowany przypuszczalnie pracą silników spalinowych pracujących w pobliżu maszyn. Wartość ta stanowiła jednak mniej niż 40% wartości odniesienia i nie stanowiła zagrożenia. Stężenie pyłu całkowitego było poniżej progu czułości stosowanej metody wynoszącego  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Podczas szczelinowania oraz miesiąc później, podczas azotowania, wykonano następną serię pomiarową. W obydwu przypadkach miejsce poboru próbek było zlokalizowane tuż za ogrodzeniem zakładu, po stronie zawietrznej. Wyniki wskazują, że stężenia dwutlenku siarki, tlenków azotu, benzenu i BTEX są wielokrotnie niższe od wartości odniesienia, jednak można zaobserwować niewielki wzrost stężeń w porównaniu z wcześniejszymi pomiarami. Natomiast parokrotnie wzrosły stężenia metanu, węglowodorów  $C_2-C_{12}$  oraz LZO. Stężenie węglowodorów  $C_2-C_{12}$  w powietrzu w czasie szczelinowania przekraczało wartość odniesienia niemal trzykrotnie ( $8544 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), a podczas azotowania – ponad dwukrotnie ( $6540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Były to jedyne przekroczenia stężeń wartości odniesienia w czasie wszystkich etapów. Przed rozpoczęciem procesu, w stanie zastanym, stężenie węglowodorów na granicy zakładu wynosiło  $2655 \mu\text{g}/\text{m}^3$  przy wartości odniesienia  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W czasie szczelinowania zmierzono poziom zapylenia wynosił  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , znacząco poniżej wartości odniesienia. Po zakończeniu pomiaru, podczas rozładunku cysterny z przywiezionym proppantem zaobserwowano unoszącą się chmurę pyłu i dlatego wykonano dodatkowy pomiar zapylenia podczas rozładunku w bezpośredniej bliskości pojazdu. Zmierzona wartość wyniosła  $2560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wynik nie odnosi się do samego zabiegu szczelinowania, a do towarzyszącego mu rozładunku.



Po zakończeniu prac pobrano próbkę powietrza do analizy w dniu 23.10.2014 r. i wykonano oznaczenia związków organicznych: metanu, węglowodorów, LZO, benzenu i BTEX. W odniesieniu do wykonanych oznaczeń można stwierdzić, że stan powietrza po zakończeniu prac był porównywalny do stanu zastanego, a stężenia substancji badanych nie przekraczały wartości odniesienia.

### Podsumowanie

Podczas prowadzonych badań na wszystkich poligonach badawczych nie stwierdzono przekroczeń wartości odniesienia dla  $\text{NO}_x$ , benzenu i BTEX. Spośród mierzonych wskaźników zanieczyszczenia powietrza najczęściej przekroczone zostały wartości odniesienia dla węglowodorów  $\text{C}_2\text{-C}_{12}$  ( $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Wystąpiły na czterech poligonach (Lubocino, Wysin, Zawada, Gapowo), na dwóch pozostałych osiągnęły wielkości bliskie wartości odniesienia. Na dwóch poligonach (Stare Miasto, Syczyn) zanotowano przekroczenia wartości odniesienia dla stężeń dwutlenku siarki. Wielkości maksymalnych wartości zanotowanych stężeń badanych wskaźników przedstawiono w tabeli 4.1.

Niezależnie od uzyskanych wyników, zjawisko emisji węglowodorów do powietrza atmosferycznego przy odbiorze płynu pozabiegowego występuje, a wielkość tej emisji nie może być oszacowana jedynie na podstawie mierzonych stężeń, które odpowiadają wartościom chwilowym, bardzo zmiennym w czasie. Przeciwdziałanie tej emisji przez jak najszybsze zastosowanie separatorów gazowych w toku operacji odbioru płynu i zastosowanie ewentualnych technik dopalania przy stężeniach zbyt niskich dla samodzielnego zapłonu, powinno być zaleceniem dla operatorów.

**Tabela 4.1.** Wartości maksymalnych stężeń badanych wskaźników zanotowane na poszczególnych poligonach

Wskaźnik Poligon badawczy	$\text{SO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{NO}_x$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Metan [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Węglowodory $\text{C}_2\text{-C}_{12}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	LZO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Benzen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	BTEX [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Wartości odniesienia* uśrednione dla 1 h	350	200	nn	3000	nn	30	850
uśrednione dla roku	20	40	nn	1000	nn	5	63
Poziomy dopuszczalne** uśrednione dla 1 h	350	nn	nn	nn	nn	nn	nn
uśrednione dla 1 roku	20	30	nn	nn	nn	5	nn
<b>Lubocino</b>	169 (p)	109 (p)	10108 (p)	7620 (p)	11177 (p)	6,0	23,5 (p)
<b>Stare Miasto</b>	815 (s)	105 (s)	1300 (s)	2900 (s)	5500 (s)	< 1	485 (s)
<b>Syczyn</b>	386 (s)	88,7 (z)	1300 (z)	2800 (z)	15400 (s)	< 1	120 (s)
<b>Wysin</b>	18 (w)	24 (w)	1000 (z)	3920 (w)	6600 (z)	< 1	635 (w)
<b>Zawada</b>	119 (s)	62 (s)	1400 (z)	3500 (z)	6500(z)	< 1	230 (s)
<b>Gapowo</b>	133 (w)	47 (w)	3470 (s)	8544 (s)	32714 (a)	3,2 (s)	33 (s)

 przekroczenia wartości odniesienia

\* wartości odniesienia wg Rozporządzenia Ministra Środowiska 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2010 r., Nr 16, poz);

\*\* poziomy dopuszczalne wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012, poz. 1031);  
w nawiasach ( ) wskazano etap prac prowadzonych na terenie zakładu, podczas którego wystąpiło maksymalne zanotowane stężenie:

z – stan zastany lub zerowy, w – wiercenie, s – szczelinowanie, p – odbiór płynu pozabiegowego.

Wyniki pomiarów zapylenia pokazują, że na żadnym poligonie nie wystąpił wzrost zapylenia spowodowany procesami związanymi bezpośrednio z wierceniem, szczelinowaniem lub testami gazowymi. Na jednym poligonie zaobserwowano natomiast bardzo duży wzrost stężenia pyłu całkowitego spowodowany procesem rozładunku (przesypywanie proppantu z cysterny do zbiorników). Pojedynczy rozładunek takiej cysterny trwał stosunkowo krótko (około 1 godziny), a zasięg oddziaływania był niewielki (obserwowane szybkie opadanie chmury pyłu).

Pylenie może również być konsekwencją transportu realizowanego na potrzeby zakładu po lokalnych drogach gruntowych. Dojazd do większości analizowanych zakładów odbywał się drogami gruntowymi, które na potrzeby Operatorów zostały przez nich utwardzone płytami betonowymi lub tłuczniem. Miało to również skutek ograniczający pylenie. W przypadku poligonu badawczego Zawada, Operator stosował również zraszanie drogi.

Większość zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem powietrza ustępuje po zakończeniu prac dzięki samorzutnej wymianie powietrza. Po demontażu powierzchniowych źródeł zanieczyszczenia powietrza ewentualne zanieczyszczenie powietrza na otwartej przestrzeni nie może się utrzymywać.

### 4.3 Grunt

Zakres oddziaływania zakładu wykonującego roboty geologiczne polegające na wykonywaniu odwiertów i zabiegów stymulacji złoża na grunt wiąże się zarówno z bezpośrednim jego obciążeniem, mechanicznymi zmianami w profilu wskutek niwelacji terenu i usuwania warstwy organicznej, ale także z możliwością zanieczyszczenia substancjami używanymi na terenie zakładu. Natomiast w przypadku przedostawania się gazów z formacji geologicznych uprzywilejowanymi drogami migracji, jakimi mogą być strefy wzdłuż zarurowania odwiertów, w powietrzu gruntowym można spodziewać się zwiększenia koncentracji tych gazów, które po przejściu do powietrza atmosferycznego natychmiast ulegną obniżeniu do wartości niewykrywalnych. Mając to na uwadze, badania wykonane na poligonach badawczych były ukierunkowane zarówno na kontrolę właściwości mechanicznych jak i na stan chemiczny gruntów, w tym powietrza gruntowego.

#### Poligon badawczy Lubocino

Podczas opróbowania w pierwszej serii pomiarowej udokumentowano stan zastany środowiska na poligonie badawczym Lubocino, gdzie wcześniej trwały już prace wiertnicze związane z otworem Lubocino-1, łącznie z zabiegami szczelinowania hydraulicznego. Druga seria opróbowania przeprowadzona została po szczelinowaniu hydraulicznym w otworze Lubocino-2H. Do czasu zakończenia projektu zakład nie został zlikwidowany. W związku z powyższym, na poligonie Lubocino nie realizowano badań dotyczących gleb (zanieczyszczenie, zmiana właściwości w wyniku składowania). Analizę wpływu zakładu na grunt oparto na wynikach badań powietrza gruntowego, obejmujących składniki węglowodorowe oraz radon.

Badania próbek powietrza gruntowego, pobranych w dwóch seriach pomiarowych, wykazały podwyższone stężenia węglowodorów w próbkach powietrza gruntowego pobranych w sąsiedztwie otworu wiertniczego Lubocino-1. Zasięg strefy podwyższonych wartości (w stosunku do wartości w pozostałych punktach opróbowania) zmienił się w stosunku do pomiarów wykonanych przed szczelinowaniem: w bezpośrednim sąsiedztwie otworu Lubocino-1 stężenia zmalały, natomiast wzrosły w kierunku na południowy-zachód i północny-wschód od niego. Trudno określić przyczynę wystąpienia podwyższonych stężeń, jak i zmiany zasięgu strefy.

Wzajemne relacje składników oraz badania izotopowe wskazują, że na skład powietrza gruntowego na poligonie badawczym Lubocino wpływ mają współczesne procesy biochemiczne, na które nakładają się niewielkie rezultaty migracji odzłożowych, związane ze strefą przyotworową a także ślady zanieczyszczeń antropogenicznych z powierzchni terenu.

Badania stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym nie wykazały wpływu procesu szczelinowania na zawartość tego radionuklidu. Zanotowane stężenia są charakterystyczne dla budowy geologicznej analizowanego regionu.

Proces wiercenia otworu i zabieg wielostopniowego szczelinowania hydraulicznego w otworze Lubocino-2H według wyników badań prowadzonych w trakcie i po zakończeniu procesów nie stanowił poważnej uciążliwości dla otoczenia, nie zanotowano też, do czasu zakończenia badań, istotnych

zmian w środowisku naturalnym, mogących być następstwem prowadzonych prac. Wyjątek stanowią podwyższone stężenia węglowodorów w powietrzu gruntowym na terenie zakładu, stwierdzone zarówno w stanie zastanym, jak i po zakończeniu prac w otworze Lubocino–2H, jednak nie udało się ustalić jednoznacznie ich genezy.

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Ze względu na harmonogram prac Operatora oraz czas trwania projektu, na poligonie badawczym Stare Miasto nie rozpoznano tzw. stanu zerowego środowiska (przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac), nie było też możliwości oceny wpływu na warunki lokalne procesu wiercenia otworu pionowego. Stan zastany środowiska został określony tuż przed zabiegiem szczelinowania hydraulicznego.

W pobranych podczas realizacji prac próbkach powietrza gruntowego wartości analizowanych gazowych wskaźników geochemicznych nie odbiegają od naturalnie spotykanych w środowisku przyrodniczym. W pobranych próbkach powietrza gruntowego uwagę zwracają jedynie anomalne stężenia dwutlenku węgla. Efekty te można łączyć ze współczesnymi procesami biochemicznymi. Stężenia pozostałych analizowanych gazowych wskaźników geochemicznych są śladowe.

Niskie stężenie metanu nie pozwoliło na wykonanie analizy izotopowej tego gazu, a tym samym na ustalenie jego genezy. Można przypuszczać, że metan wchodzący w skład powietrza gruntowego strefy przypowierzchniowej posiada zróżnicowaną historię genetyczną. W oparciu o wyniki wykonanych pomiarów atmochemicznych stwierdzono, że zabieg szczelinowania hydraulicznego nie wpłynął na skład powietrza gruntowego w rejonie zakładu.

Wyniki badań stężeń radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym wykazują typowe wahania. Z analizy porównawczej dwóch okresów pomiarowych wynika, że średnia arytmetyczna wzrosła z 10,2 do 18,4 kBq/m<sup>3</sup>, natomiast górna granica zakresu stężeń uległa obniżeniu z 48,7 do 42,9 kBq/m<sup>3</sup>.

Zabieg szczelinowania hydraulicznego przeprowadzony był zgodnie z projektem technicznym i z wyjątkiem kilkuminutowego awaryjnego wypływu płynu pozabiegowego przez flarę, nie odnotowano w czasie jego trwania żadnych nieprzewidzianych zdarzeń, które mogłyby mieć bezpośredni wpływ na otoczenie zakładu. Ewentualne następstwa wystąpienia awaryjnego wypływu płynu pozabiegowego zostały zbadane w ramach zmodyfikowanego w tym celu programu badawczego (dodatkowa seria opróbowania).

Na podstawie przeprowadzonych badań nie można jednoznacznie potwierdzić wpływu na stan środowiska gruntowego wycieku płynu pozabiegowego, który wylał się przez flarę na niewielki obszar po wschodniej i południowej stronie zakładu. Różnice w zawartościach węglowodorów w próbkach pobranych w 2012 r. (suma węglowodorów waha się od 10,915 do 66,478 mg/kg s.m.) i 2014 r. (od 100,581 do 198,296 mg/kg s.m.) wskazują na ich wzrost zawartości w gruntach po zakończeniu rekultywacji. Nie można jednak w sposób jednoznaczny stwierdzić, czy miały na to wpływ roboty geologiczne prowadzone w zakładzie Stare Miasto, czy np. sam proces rozplantowania wałów ziemnych i zaorania pola. Związki, których stężenia w badanych gruntach wzrosły to głównie związki z grupy olejów mineralnych, stosowanych zarówno przy robotach geologicznych, jak i w urządzeniach rolniczych. Biorąc pod uwagę fakt, że oznaczone wartości nie przekraczają granicznych wartości dla gruntów z grupy B na głębokości poniżej 30 cm (wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi), należy się spodziewać, że napowietrzenie i zabiegi agrotechniczne, w tym orka i nawożenie w krótkim czasie spowodują naturalną biodegradację obecnych w gruncie związków.

Natomiast niewątpliwie zwraca uwagę fakt niskich zawartości próchnicy i kwasów huminowych 0,60 Kh w materiale po południowej stronie zakładu, co może potwierdzać mechaniczną degradację struktury gleby podczas prac przygotowawczych pod budowę placu zakładu.

Porównując wyniki analiz próbek z obu serii pomiarowych można stwierdzić, że działalność zakładu nie przyczyniła się do pogorszenia jakości gleby w miejscu wykonywania prac przez Operatora. Wyraźnie wyższa zawartość fosforu oraz potasu w próbkach związana jest z użyciem nawozu przez właściciela pola.

Wykonane badania z wykorzystaniem wysokorozdzielczego, naziemnego skaningu laserowego (LiDAR) nie wykazały bezpośredniego wpływu zabiegu szczelinowania hydraulicznego na uruchomienie ruchów masowych ziemi w zboczu wyrobiska położonego po wschodniej stronie zakładu.

Zgodnie z otrzymanymi wynikami badań kompaktacji podglebia w punktach zlokalizowanych na terenie zakładu oraz na terenie przyległym, wykonanych w miesiąc po całkowitej likwidacji zakładu

można stwierdzić, że na terenie byłego zakładu wykonującego roboty geologiczne nie zaobserwowano kompaktacji profilu glebowego, a tym samym pogorszenia się warunków rolniczych, tj. zmiany stopnia zagęszczenia podłoża w miejscu obciążenia przez infrastrukturę wiertniczą oraz serwisową.

### Poligon badawczy Syczyn

Porównując stężenia metanu w powietrzu gruntowym, zarejestrowane w czterech sesjach pomiarowych (tabela 2.5 i 2.7), zauważa się, pomimo pewnych fluktuacji, że są bardzo wysokie i generalnie rosną w miarę upływu czasu. Dla zbioru wyników otrzymanych w 2012 r. (25 punktów pomiarowych) średnia arytmetyczna wynosi 11553,8 ppm, mediana 4,0 ppm, wartość maksymalna 225000,0 ppm, natomiast dla zbioru wyników z 2014 r. (53 punkty pomiarowe) charakterystyki te były następujące: średnia arytmetyczna – 21044,2 ppm, mediana – 8,4 ppm, wartość maksymalna – 354056,0 ppm.

Wielkości podwyższone grupują się w północnej części badanego obszaru. W sąsiedztwie pobliskich zabudowań gospodarczych i mieszkalnych położonych po zachodniej stronie zakładu nie stwierdzono wzrostów stężeń metanu w żadnym z etapów badawczych. Wśród wyróżniających się punktów o podwyższonych stężeniach metanu jedynie dwa punkty znajdują się poza zasięgiem obszaru przykrytego płytami betonowymi. Pozostałe, w których stwierdzono podwyższone stężenia metanu charakteryzują powietrze gruntowe odizolowane od atmosfery przez wspomniane płyty pokrywające plac zakładu. „Ekran” ten, izolując od atmosfery strefę przypowierzchniową, stwarza dogodne warunki dla fermentacji mikrobialnej w warunkach ograniczonego dopływu tlenu, a ponadto utrudnia naturalną wymianę gazów gruntowych z atmosferą.

Porównując stężenia sumy alkanów  $C_2-C_5$  zarejestrowane w czterech etapach pomiarowych należy stwierdzić, że nie wykazują wyraźnego trendu zmian w czasie. Wskazują na to wartości średnie (46,8 ppm w 2012 r. i 42,5 ppm w 2014 r.) i mediany (0,042 ppm w 2012 r. i 0,036 ppm w 2014 r.). Strefy podwyższonych stężeń grupują się, podobnie jak w przypadku metanu, w północnej części badanego obszaru. Stężenia w relacji do stężeń metanu wskazują na współczesne ich pochodzenie (współczynnik  $C_1/\Sigma(C_2-C_5) > 1000$ ).

W punktach pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż profilu odcinka kierunkowego nie zarejestrowano podwyższonych stężeń metanu w żadnym z etapów badań; z wyjątkiem jednego punktu, w którym stężenie metanu w październiku 2013 r. wynosiło 570 ppm. Brak wyższych homologów metanu w tej próbie wskazuje na jego współczesne pochodzenie.

Porównując stężenia dwutlenku węgla zarejestrowane w czterech etapach badań można stwierdzić, że statystycznie wielkości te fluktuują. Najwyższe stężenie dwutlenku węgla, 19,67% obj., uzyskano w październiku 2013 r. W tym etapie pomiarowym zanotowano również najwyższe wartości miar położenia uzyskanego zbioru stężeń dwutlenku węgla (średnia równa 4,18% obj., w pozostałych seriach od 1,67 do 3,13% obj.; mediana równa 2,17% obj., w pozostałych seriach od 0,57 do 1,19% obj.).

Zasięgi wyróżniających się stężeń dwutlenku węgla grupują się w północnej części badanego obszaru i można je wiązać ze strefami podwyższonych stężeń metanu. Wskazuje to, że wzrost stężeń dwutlenku węgla można wiązać ze współczesnymi przemianami biochemicznymi.

Analiza uzyskanych wielkości stężeń poszczególnych wskaźników geochemicznych wskazuje, że w okresie pomiarowym (od października 2012 r. do lipca 2014 r.) najwyraźniej zmieniły się zbiory stężeń dwutlenku węgla, wodoru i metanu. Wyniki te sugerują zmianę intensywności współczesnych procesów biochemicznych, które są uzależnione od temperatury i wilgotności gruntu (Buraczewski, 1989; Waleńczak, 1987). Dodatkowo, „ekran” utworzony z geomembrany i płyt betonowych izolując od atmosfery strefę przypowierzchniową, może stwarzać dogodne warunki dla fermentacji mikrobialnej w warunkach ograniczonego dopływu tlenu, a ponadto utrudnia naturalną wymianę gazów gruntowych z atmosferą.

Na uwagę zasługuje również bardzo silny wzrost stężeń dwutlenku węgla w trzecim etapie badań (październik 2013), który może wynikać z intensyfikacji współczesnych procesów biochemicznych zachodzących w glebie, a związanych ze wzrostem jej temperatury w okresie letnim. Nie potwierdzają tego jednak pomierzone stężenia wodoru. W tym świetle można przypuszczać, że zwiększone stężenia dwutlenku węgla stwierdzone w powietrzu gruntowym zawierają również składową pochodzenia wglębnego tj. z obecnością pokładów węgla (obszar KWK Bogdanka) i/lub naruszeniem w czasie wiercenia ciągłości utworów zawierających naturalne nagromadzenia węglowodorów (np. utwory karbonu).

Wyniki badań izotopowych (wykonane w dwóch etapach: drugim i trzecim) wskazują, że metan wchodzący w skład badanych gazów gruntowych został głównie wygenerowany w procesach mikrobialnej fermentacji prostych związków organicznych. Stwierdzono mieszanie gazu mikrobialnego

z niewielką składową gazu termogenicznego. Taki stan może być wynikiem migracji gazów z pokładów węgla kamiennego. Na pewno nie jest to gaz termogeniczny związany z utworami syluru (formacja docelowa poszukiwań węglowodorów w przypadku poligonu Syczyn).

Pomiary emisji metanu i dwutlenku węgla z gruntu do powietrza wykonane w 2014 r. (w rok po szczelinowaniu) wykazały, że wypływy gazów są niewielkie i nie stanowią zagrożenia dla środowiska. W punkcie pomiarowym, w którym podczas opróbowania w 2014 r. (harmonogram pomiarów – patrz tabela 2.5) zanotowano największe stężenia metanu w powietrzu gruntowym (354000,0 ppm), stężenie gazu w komorze statycznej w czasie 30 minut wykazywało trend wzrostowy od 3,2 ppm do 10 ppm, a stężenie dwutlenku węgla spadło od 0,19% obj. do 0,14% obj. Uzyskano dodatnią wartość emisji metanu wynoszącą 16,1 [mg·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>]

W dwóch pozostałych punktach pomiarowych stężenie metanu wykazywało trend spadkowy: od 2,6 do 2,1 ppm oraz od 2,3 do 2,1 ppm, policzone wartości emisji metanu na stanowiskach są ujemne. Natomiast stężenie dwutlenku węgla w jednym punkcie nieznacznie wzrosło od 0,13% obj. do 0,19% obj., w kolejnym zaś spadło 0,2% obj. do 0,16% obj.

Spadki stężeń metanu, przy równoczesnym wzroście dwutlenku węgla można wiązać z mikrobialnym utlenianiem metanu do dwutlenku węgla (Buraczewski, 1989; Waleńczak, 1987; Le Mer, Roger, 2001; Zhang, Chen, 1985; Whiticar i in., 1986). W takim przypadku ujemna wartość emisji oznacza, że wypływający z gruntu metan ulega bakteryjnej destrukcji (Etiope, Klusman, 2002).

Dodatnie wartości emisji metanu i dwutlenku węgla pomierzone są relatywnie małe, mimo wysokich stężeń tych gazów w powietrzu gruntowym. W relacji do wyników tego typu badań wykonanych np. w niecce wałbrzyskiej i noworudzkiej (Korus i in., 2002; Dzieńiewicz i in., 2006; Sechman i in., 2006) należy stwierdzić, że dopływy metanu i dwutlenku węgla nie stanowią zagrożenia dla środowiska i bezpieczeństwa ludzi.

Badania stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) w powietrzu gruntowym miały charakter porównawczy (seria opróbowania przed i po zabiegu szczelinowania). Średnia arytmetyczna stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) w powietrzu gruntowym, w drugiej serii badań nieznacznie wzrosła (z 10,1 do 11,3 kBq/m<sup>3</sup>), jednak należy to wiązać z naturalną zmiennością w utworach powierzchniowych, a zanotowane stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) są charakterystyczne dla analizowanego regionu.

### Poligon badawczy Wysin

W próbkach powietrza gruntowego, pobranych na poligonie badawczym Wysin zarejestrowano śladowe ilości gazowych alkanów C<sub>2</sub>–C<sub>5</sub> (średnia równa 0,2 ppm) i alkenów C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub> (średnia równa 0,008 ppm). Praktycznie nie stwierdzono wodoru, a tylko w jednej próbce podniesione stężenie dwutlenku węgla (ok. 3,3% obj., przy średniej 0,8% obj.). Pomierzone wielkości są naturalnie spotykane w strefie przypowierzchniowej.

Stwierdzone anomalne stężenie metanu zarejestrowane na powierzchni mokradła to efekt współczesnych procesów biochemicznych. Podwyższona koncentracja metanu przy wyraźnym braku cięższych homologów świadczy, że jej powodem może być efekt (w zależności od istniejących warunków), fermentacji metanowej, redukcji CO<sub>2</sub> lub działalności mikroorganizmów.

Określone stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) w powietrzu gruntowym, wykonane w 16 punktach pomiarowych, wahały się od 3,8 kBq/m<sup>3</sup> do 41 kBq/m<sup>3</sup> (wartość średnia 10,5 kBq/m<sup>3</sup>).

Wyniki powierzchniowych badań geochemicznych wykazały, że zarejestrowane stężenia węglowodorów mieszczą się w zakresie śladowym. Uzyskane rozkłady ich stężeń stanowią naturalne tło geochemiczne w badanym rejonie. Również zanotowane stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) w powietrzu gruntowym można uznać za charakterystyczne dla analizowanego obszaru.

Wykonane po zakończeniu wiercenia pomiary stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) oraz metanu w powietrzu gruntowym w obrębie placu uszczelnionego folią PEHD nie wykazały koncentrowania się gazu w powietrzu gruntowym (wartość średnia 12,0 kBq/m<sup>3</sup>). Zanotowane wskazania stężenia radonu (<sup>222</sup>Rn) w powietrzu gruntowym są charakterystyczne dla analizowanego regionu. Zarejestrowane stężenia metanu w powietrzu gruntowym są zbieżne z pierwszą serią pomiarową (średnia arytmetyczna pierwszej serii – 2,9 ppm, drugiej serii – 2,95 ppm).

W próbkach gleb pobranych na etapie określania stanu zerowego środowiska oznaczono organiczne wskaźniki zanieczyszczeń. Wyniki wskazują na niewielkie przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń (NDS) dla gruntów zaliczanych do użytków rolnych (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Śro-

dowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi). W jednej próbce pobranej z warstwy przypowierzchniowej stwierdzono przekroczenie wartości dopuszczalnej dla benzyny (1,174 mg/kg przy NDS 1 mg/kg), a we wszystkich pobranych próbkach stwierdzono przekroczenia wartości dopuszczalnej dla sumy węglowodorów aromatycznych (0,146–0,391 mg/kg przy NDS 0,1 mg/kg).

Badania stopnia zagęszczenia gleb zostały wykonane w celu pozyskania danych porównawczych dla późniejszych analiz ewentualnego wpływu prac inżynierskich, wysokiego przymowania gleby oraz ruchu ciężkiego sprzętu na kompaktę warstwy podglebia, wykonywanych po likwidacji zakładu. Przeprowadzono tylko pierwszą serię pomiarową, przed rozpoczęciem budowy zakładu. Drugiej serii, po zakończeniu działalności zakładu (w porozumieniu z Zamawiającym), nie wykonano. Natomiast podczas wizyty na poligonie badawczym po likwidacji infrastruktury zakładu zaobserwowano zubożenie roślinności w miejscach usypania wałów, co może świadczyć o zmianie właściwości (struktury) gleby związanej z oddziaływaniem obciążenia od usypanych wałów.

Wykonane badania z wykorzystaniem wysokorozdzielczego, naziemnego skaningu laserowego (LiDAR) miały służyć stwierdzeniu ewentualnego wpływu działalności zakładu w zakresie przekształceń morfologii terenu. W tym celu przed budową zakładu wykonano zdjęcie skaningowe 3D terenu. Druga seria pomiarowa, mająca na celu wykrycie ewentualnych deformacji powierzchni terenu, nie została przeprowadzona (w porozumieniu z Zamawiającym). W związku z tym nie wykonano analiz potencjalnych przekształceń terenu na podstawie różnicowego NMT.

### **Poligon badawczy Zawada**

Rozpoczęcie badań na poligonie Zawada przed wybudowaniem przez Operatora placu wiertni, szczególnie przed zwałowaniem warstwy glebowej, umożliwiło pobranie próbek gleb, w celu określenia stanu początkowego środowiska.

Badania kompaktacji gleb zostały wykonane w pierwszym etapie prac (stan zerowy, sierpień 2012 r.), w celu pozyskania danych porównawczych dla późniejszych analiz ewentualnego wpływu prac inżynierskich, wysokiego przymowania gleby oraz ruchu ciężkiego sprzętu na kompaktę warstwy podglebia.

W próbkach gleb pobranych na etapie określania stanu zerowego środowiska oznaczono organiczne wskaźniki zanieczyszczeń. Wyniki wskazują na niewielkie przekroczenia wartości dopuszczalnych (NDS) stężeń dla gruntów zaliczanych do użytków rolnych (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi), w jednej próbce dla benzyn (1,195 mg/kg przy NDS 1 mg/kg), w jednej próbce dla oleju mineralnego (53,593 mg/kg przy NDS 50 mg/kg) oraz we wszystkich próbkach dla sumy węglowodorów aromatycznych (0,209–0,3980 mg/kg przy NDS 0,1 mg/kg).

Ponieważ do zakończenia projektu plac wraz z uszczelnieniem nie został zlikwidowany, nie uzyskano wyników porównawczych dla oceny wpływu zakładu.

Badania składu powietrza gruntowego przeprowadzono w kilku seriach (tabela 2.5 i 2.7) Stężenia metanu uzyskane w lipcu 2014 r. generalnie są większe od stężeń uzyskanych w poprzednich seriach pomiarowych. Wielkość maksymalna zarejestrowana w lipcu 2014 r. jest o 1 rząd wielkości większa niż w październiku 2013 r. i o 4 rzędy wielkości większa niż maksimum odnotowane w stanie początkowym. Wzrost ten widoczny jest także w wartości średniej arytmetycznej, która dla zbioru pomiarów z 2012 r. wynosi 1,2 ppm, dla pomiarów z 2013 r. jest równa 335,3 ppm, a dla pomiarów z 2014 r. wynosi 545,5 ppm.

Punkty o wyróżniających się (podwyższonych) stężeniach metanu w obu przypadkach (pomiar z października 2013 r. i lipca 2014 r.) zlokalizowane są w północnej i północno-wschodniej części obszaru badań. Natomiast stężenia metanu w punktach rozmieszczonych 20–40 m od terenu wiertni fluktuują w granicach od ok. 1 ppm do 2,8 ppm i są to wartości charakteryzujące naturalne tło metanu w powietrzu gruntowym (Tedesco, 1995).

Analiza uzyskanych wielkości stężeń poszczególnych wskaźników geochemicznych wskazuje, że najwyraźniej zmieniły się zbiory stężeń dwutlenku węgla, wodoru i metanu. W roku 2014 stężenia dwutlenku węgla spadły, wzrosły natomiast stężenia wodoru i metanu. Wyniki te sugerują zmianę intensywności współczesnych procesów biochemicznych związaną najprawdopodobniej z wpływem temperatury i wilgotności gleby.

Analiza składu trwałych izotopów węgla w metanie, etanie, propanie, butanach, pentanach i dwutlenku węgla oraz trwałych izotopów wodoru w metanie gazu ziemnego (gaz złożowy) z utworów

syluru oraz wartości wskaźników  $C_{HC}$  i CDMI wykazały, że badane gazy strefy przypowierzchniowej są pochodzenia mikrobialnego (powstałe podczas fermentacji mikrobialnej, wywołanej przez organizmy żywe). Dwutlenek węgla gazów strefy przypowierzchniowej wydaje się być pochodzenia termogenicznego. Przesunięcie izotopowe w kierunku gazu termogenicznego może być jednak spowodowane wtórnym utlenieniem mikrobialnego metanu już w strefie przypowierzchniowej. Gaz strefy przypowierzchniowej na pewno nie jest genetycznie związany z gazem występującym w utworach syluru.

Pomiary emisji zmodyfikowaną metodą komór statycznych wykonano w 2014 r. (rok po szczelinowaniu) w punktach pomiarowych wybranych z uwagi na fakt, iż w poprzednich okresach badań w próbkach gazu gruntowego zarejestrowano wysokie, wyróżniające się stężenia metanu i dwutlenku węgla.

Stwierdzone dodatnie wartości emisji metanu i dwutlenku węgla są relatywnie małe. W relacji do wyników tego typu badań wykonanych w niecce wałbrzyskiej i noworudzkiej (Korus i in., 2002; Dzieńiewicz i in., 2006; Sechman i in., 2006) należy stwierdzić, że dopływy metanu i dwutlenku węgla nie stanowią zagrożenia dla środowiska. Intensywność dopływu metanu i dwutlenku węgla z głębi jest niewielka, a pojawiające się anomalne na tym tle stężenia tych gazów w powietrzu gruntowym można uznać za efekty współczesnych procesów biochemicznych. Potwierdziły to wyniki badań składu cząsteczkowego i izotopowego.

Badania stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym miały charakter porównawczy (seria próbowania przed i po zabiegu szczelinowania). Średnia arytmetyczna stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym, w drugiej serii badań nieznacznie wzrosła (z 12,0 do 12,5 kBq/m<sup>3</sup>), natomiast górna granica zakresu stężeń nieznacznie spadła (z 35,0 do 33,7 kBq/m<sup>3</sup>). Zanotowane stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym można uznać za charakterystyczne dla analizowanego regionu, a ich zmienność wynika z naturalnych zmian w strefie przypowierzchniowej.

### Poligon badawczy Łebień

Spośród pomierzonych składników gazowych w 2 lata po wykonaniu zabiegu szczelinowania hydraulicznego, podwyższone wartości stężeń stwierdzono dla metanu (max. 12180,0 ppm) i dwutlenku węgla (max. 13,3%obj.) przy średnich zawartościach metanu 856,9 ppm i CO<sub>2</sub> 4,4 % obj. Wzajemne relacje składu cząsteczkowego w próbkach, w których zarejestrowano te wielkości wskazują przede wszystkim na ich naturalne, bioogiczne pochodzenie. W niektórych próbkach zaznacza się również obecność wyższych homologów metanu wskazujących na przenikanie węglowodorów z głębokich warstw geologicznych. Są to jednak stężenia na poziomie śladowym, a ich obecność w strefie przypowierzchniowej jest efektem mikroprzenikania od nagromadzeń wgłębnych.

Podwyższone stężenia metanu występują głównie w południowej i wschodniej części zbadanego obszaru wokół głowicy odwiertu, generalnie potwierdzone są przez podwyższone stężenia dwutlenku węgla. Podobieństwo rozkładu stężeń metanu i dwutlenku węgla potwierdza sugestię o ich współczesnym, biologicznym pochodzeniu.

Wyniki badań składu trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla oraz trwałych izotopów wodoru w metanie z wybranych dwóch próbek powietrza gruntowego pobranych w grudniu 2013 r. na poligonie badawczym Łebień wykazały, że w analizowanych próbkach podwyższone, anomalne stężenia metanu i dwutlenku węgla w strefie przypowierzchniowej powstały podczas fermentacji mikrobialnej (przy udziale mikroorganizmów).

Celem wykonania badań gruntów w wyznaczonych punktach była próba potwierdzenia, czy w strefie przyotworowej, wokół studni wierconej zlokalizowanej na terenie zakładu oraz w jej sąsiedztwie, w miejscu, w którym dokonywano przeładunku płynów technologicznych ze zbiornika ziemnego na autocysterny nie doszło np. do rozlewu płynów technologicznych, a tym samym do zanieczyszczenia gruntów i migracji zanieczyszczeń do warstwy wodonośnej.

Wartości wskaźników (elementów) fizykochemicznych analizowanych próbek gruntów pobranych w rejonie studni wierconej oraz w miejscu wykonywanych przeładunków płynów technologicznych ze zbiornika ziemnego do autocystern zostały porównane z wartościami granicznymi (NDS) dla gruntów z Grupy B (użytki rolne, wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, Dz. U. Nr 165, poz. 1359). Żaden z normowanych parametrów (bar Ba, benzyny C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>, oleje mineralne C<sub>12</sub>-C<sub>35</sub>) nie przekraczał wartości NDS (max. stwierdzone zawartości wynosiły: baru 58 mg/kg, benzyn C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> < 10 mg/kg i olejów mineralnych C<sub>12</sub>-C<sub>35</sub> < 0,5 mg/kg). Zawartości Cl, Br i Ca, tj. składników, których

znacznie podwyższone stężenia stwierdzono w wodach podziemnych (rozdz. 4.4.1), mieszczą się w zakresie typowych stężeń w glebach i gruntach (max. stwierdzone zawartości wynosiły: Cl 108,8 mg/kg, Br 5,2 mg/kg i Ca 8135,0 mg/kg). Również pozostałe wartości stężeń badanych parametrów nie wskazują na zanieczyszczenie. Charakterystyczna jest podwyższona zawartość Fe (średnia 10644,6 mg/kg), Na (średnia 226,4 mg/kg) i K (średnia 1331,0 mg/kg), którą należy wiązać z głębokością pobrania próbek, a także rodzajem gruntu.

### Poligon badawczy Gapowo

Powierzchniowe badania geochemiczne w rejonie poligonu badawczego Gapowo przeprowadzono w grudniu 2013 r. (stan zastany) i we wrześniu 2014 r. (po szczelinowaniu hydraulicznym). W każdym z etapów badań wykonano opróbowania strefy przypowierzchniowej w punktach pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż ogrodzenia, na zewnątrz terenu zakładu, co wynikało z pokrycia geomembraną całości terenu zakładu.

W obu etapach pomiarowych powietrza gruntowego pomierzone stężenia składników węglowodorowych (metanu, sumy alkanów  $C_2-C_5$ , sumy alkenów  $C_2-C_4$ ) to wielkości śladowe. W przypadku składników węglowodorowych udziały procentowe próbek wskazują na niewielkie spadki stężeń w roku 2014 w stosunku do roku 2013.

Wzrosty stężeń dwutlenku węgla w roku 2014, przy równoczesnym braku związku z pozostałymi wskaźnikami geochemicznymi można wiązać ze zmianami sezonowymi. Stężenia dwutlenku węgla wzrastają po ciepłych okresach roku, a obniżają się w okresach zimnych (Farmer, 1964; Risk i in., 2002).

Pomierzone stężenia węglowodorów i ich zmiany to wartości naturalnie występujące w środowisku glebowym. Nie przekraczają one wartości wyznaczonego tła na obszarach ropo-gazonośnych (Sechman i in., 2011). Natomiast wzrosty stężeń dwutlenku węgla zanotowane w roku 2014 w relacji do roku 2013 wynikają ze zmian sezonowych.

W świetle uzyskanych wyników badań geochemicznych należy stwierdzić, że na poligonie badawczym Gapowo nie stwierdzono wpływu wykonanych prac wiertniczych i zabiegów technologicznych na stan powietrza gruntowego.

### Podsumowanie

Wzajemne relacje składników oraz badania izotopowe wskazują, że na skład powietrza gruntowego i jego zmiany wpływ mają głównie współczesne procesy biochemiczne.

Uzyskane wyniki wskazują, że geomembrana nakryta płytami betonowymi stanowi „ekran”, który izolując od atmosfery strefę przypowierzchniową, stwarza dogodne warunki dla fermentacji mikrobialnej (Whiticar et al., 1986; Buraczewski, 1989; Le Mer, Roger, 2001; Kunicki – Goldfinger, 1994) w warunkach ograniczonego dopływu tlenu, a ponadto utrudnia naturalną wymianę gazów gruntowych z atmosferą

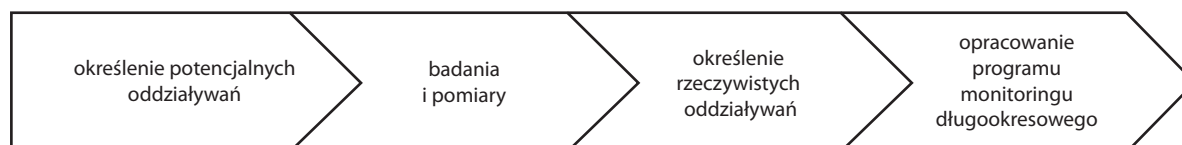
Zarejestrowane stężenia radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym na badanych poligonach są wynikiem generowania tego gazu w procesie radioaktywnego rozpadu uranu, znajdującego się w skandynawskim materiale skalnym w przypowierzchniowych, czwartorzędowych utworach polodowcowych i nie mają związku z zabiegami przeprowadzanymi w zakładach. Zaobserwowane wahania stężeń radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu gruntowym są zjawiskiem typowym. Z reguły zmienność i dynamika stężeń tego gazu w glebie jest duża, powodowana wpływem wielu czynników, a decydującą rolę można przypisać warunkom atmosferycznym oraz dużej zmienności litologicznej i miąższości poszczególnych warstw skalnych badanego obszaru. W utworach czwartorzędowych, w niezmiennym antropogenicznie gruncie przedział zarejestrowanych stężeń radonu wynosi 0,1–135,5 kBq/m<sup>3</sup> (Wołkowicz, Karpińska, Stec, 2007).

Biorąc pod uwagę krótki czas połowicznego rozpadu radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ), tj. 3,8 doby, szacuje się, że radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) może przejść do atmosfery z głębokości max. 200 m przy sprzyjających warunkach tj. zwiększonej przepuszczalności ośrodka skalnego oraz występowaniu skał o podwyższonej koncentracji uranu. Odstępstwem mogą być skrajne przypadki migracji radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) z większych głębokości, wzdłuż dyslokacji tektonicznych lub kolumn rur okładzinowych otworów udostępniających złoża gazu, czego w niniejszym przypadku nie stwierdzono.



## 4.4 Wody powierzchniowe i podziemne

Podstawowym celem badań monitoringowych przeprowadzonych na poszczególnych poligonach badawczych było określenie rzeczywistych oddziaływań na wody powierzchniowe i podziemne (stan ilościowy i stan chemiczny) związanych z działalnością zakładów wykonujących roboty geologiczne. Badania, przeprowadzone zgodnie z metodyką przedstawioną w rozdziale 2.6, poprzedzone były określeniem potencjalnych oddziaływań na wody powierzchniowe i podziemne, co determinowało ich zakres i częstotliwość. Cały cykl badawczy stanowił podstawę do opracowania zaleceń do prowadzenia monitoringu długookresowego (rys. 4.1).



**Rys. 4.1.** Ogólne założenia etapów prowadzonych prac

Zakres prac badawczych był zróżnicowany na poszczególnych poligonach badawczych, co wynikało zarówno z zakresu i harmonogramu prac realizowanych przez operatorów koncesji, dostępności terenu do badań, jak również warunków hydrogeologicznych i środowiskowych panujących w rejonie prowadzonych prac (tabela 4.2). Uwarunkowania hydrogeologiczne, w tym charakterystyka naturalnej odporności na zanieczyszczenie oraz informacje o dostępnych do zagospodarowania zasobach wód przedstawione zostały w rozdziale 3.4 niniejszego opracowania.

**Tabela 4.2.** Poziom odniesienia i liczba serii pomiarowych na poszczególnych poligonach

Poligon badawczy	Lubocino	Stare Miasto	Syczyn	Wysin	Zawada	Łebień	Gapowo
Poziom odniesienia (stan bazowy)	stan zastany	stan zastany	stan zastany	stan początkowy	stan początkowy	stan zastany (lipiec 2011)	stan zastany
Zabieg szczelinowania	tak (poziomy)	tak (poziomy)	tak (poziomy)	nie	tak (pionowy)	tak (poziomy)	tak (poziomy)
Rekultywacja terenu	nie	tak	nie	tak	nie	częściowa	nie
Liczba serii pomiarowych	3	4	5	1	4	3	2

Projektując badania na poszczególnych lokalizacjach, uwzględniając lokalne uwarunkowania (tabela 4.3), przyjęto następujące cele pośrednie umożliwiające określenie rzeczywistego oddziaływania funkcjonowania zakładu wykonującego roboty geologiczne na środowisko wodne w rejonie prowadzonych prac:

- określenie oddziaływania na jakość wód pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego (prace zakładu wykonywane na powierzchni terenu),
- określenie oddziaływania na jakość wód głównego użytkowego poziomu wodonośnego, stanowiącego podstawę zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia,
- określenie oddziaływania na głębokie poziomy wodonośne (podrzędnie użytkowe),
- określenie oddziaływania na Główne Zbiorniki Wód Podziemnych,
- określenie oddziaływania na jakość wód powierzchniowych,

- określenie oddziaływania na stan ilościowy wód powierzchniowych i podziemnych (% wykorzystania zasobów wód),
- określenie możliwości przedostania się płynów złożowych i technologicznych do warstw wodonośnych (ze strefy otworu objętej szczelinowaniem).

#### 4.4.1 Zakres oddziaływania na jakość wód powierzchniowych i podziemnych

Zakres oddziaływania na stan chemiczny wód (jakość wód) prac realizowanych na terenie zakładów wykonujących roboty geologiczne określany był w oparciu o wyniki przeprowadzonych badań w odniesieniu do wszystkich rodzajów poziomów wodonośnych występujących na poszczególnych poligonach badawczych (tabela 4.3). Ilość i harmonogram serii pomiarowych wód podziemnych i powierzchniowych na poszczególnych poligonach badawczych przedstawiono w rozdziale Metodyka (tabela 2.9).

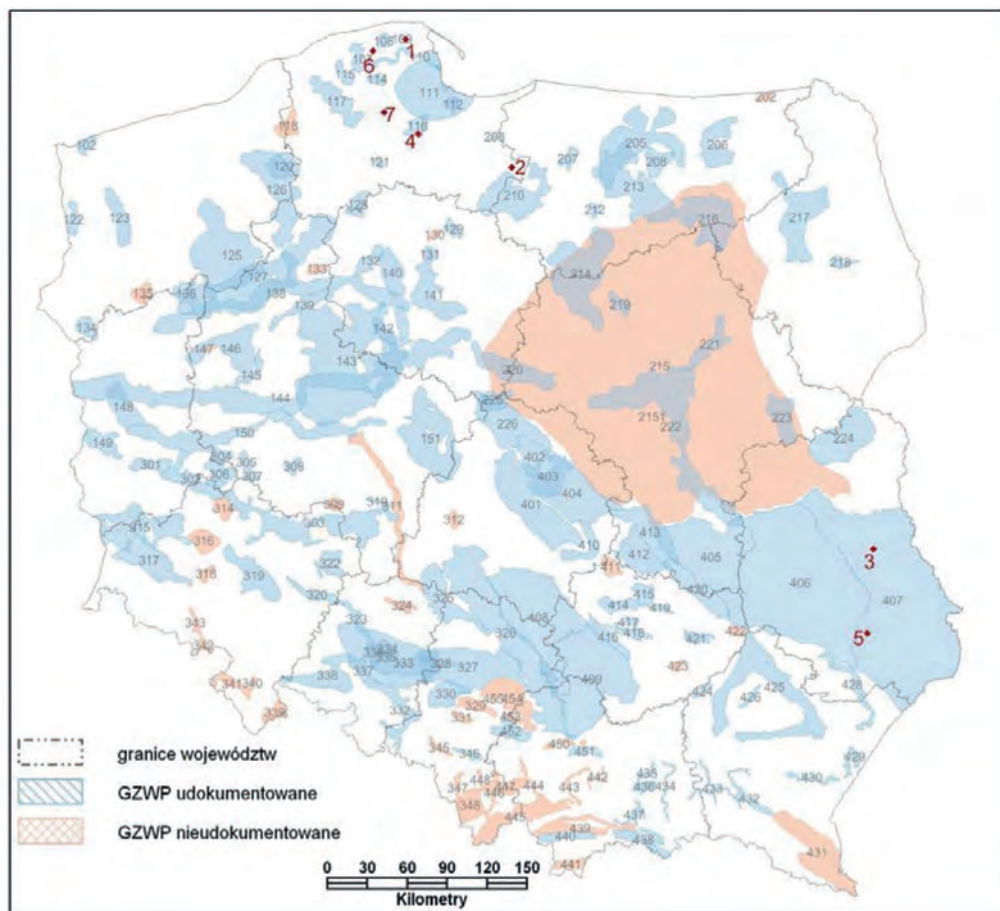
**Tabela 4.3.** Liczba i rodzaj poziomów wodonośnych w rejonie poszczególnych poligonów badawczych

Poligon badawczy	Wody zawieszone	PPW	GUPW	UPW	GZWP (wiek utworów GZWP)
Lubocino	2 poziomy	PPW = GUPW (czwartorzęd)		oligocen	1 km od GZWP 109 (czwartorzęd)
Stare Miasto	brak	PPW (czwartorzęd)	GUPW (czwartorzęd)	czwartorzęd, oligocen	4,5 km od GZWP 210 (czwartorzęd)
Syczyn	brak	PPW = GUPW (kreda–czwartorzęd)		brak	na obszarze GZWP 407 (kreda)
Wysin	brak	PPW (czwartorzęd)	GUPW (czwartorzęd)	brak	na obszarze GZWP 116 (czwartorzęd)
Zawada	brak	PPW = GUPW (kreda)		brak	na obszarze GZWP 407 (kreda)
Łebień	brak	PPW = GUPW (czwartorzęd)		brak	4 km od GWP 108 7,5 km od GZWP 107 (czwartorzęd)
Gapowo	1 poziom	PPW (czwartorzęd)	GUPW (czwartorzęd)	czwartorzęd	4,5 km od GZWP 111 (kreda) 18,5 od GZWP 116 (czwartorzęd)

PPW – pierwszy poziom wodonośny, GUPW – główny użytkowy poziom wodonośny, UPW – podrzędnie użytkowy poziom wodonośny, GZWP – Główny Zbiornik Wód Podziemnych

Trzy spośród siedmiu poligonów badawczych zlokalizowane są na obszarze Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (tabela 4.3 oraz rys. 4.2). Pozostałe cztery poligony zlokalizowane są w niedalekiej odległości od GZWP. Wszystkie analizowane zbiorniki zostały udokumentowane w trybie dokumentacji hydrogeologicznej, ale żaden z nich nie posiada ustanowionego Rozporządzeniem Dyrektora RZGW obszaru ochronnego, na którym obowiązywałyby nakazy, zakazy lub ograniczenia w użytkowaniu terenu.

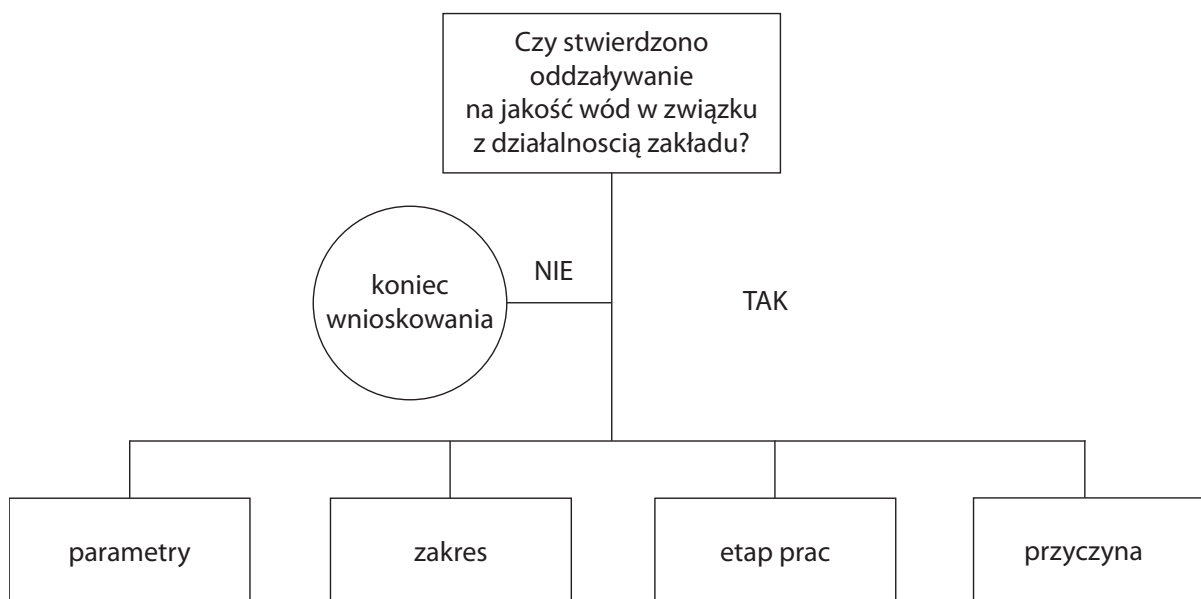
W przypadku, gdy pierwszy poziom wodonośny był tożsamy z głównym użytkowym poziomem wodonośnym (lub też z GZWP) ocena oddziaływania na jakość wód wykonywana była wspólnie. Poniżej przedstawiono krótki opis prezentujący podsumowanie wyników badań na każdym poligonie badawczym wraz z oceną oddziaływania na jakość wód (zgodnie z procedurą przedstawioną na rysunku 4.3). Szczegółowy opis badań i ich wyników na etapie kolejnych serii pomiarowych znajduje się w raportach końcowych z realizacji badań wykonanych dla poszczególnych poligonów badawczych.



• lokalizacja poligonów badawczych

1-Lubocino, 2-Stare Miasto, 3-Syczyn, 4-Wysin, 5-Zawada, 6-Łebień, 7-Gapowo

**Rys. 4.2.** Lokalizacja poligonów badawczych na tle Głównych Zbiorników Wód Podziemnych.



**Rys. 4.3.** Schemat wnioskowania w procedurze oceny oddziaływania na jakość wód.

### **Poligon badawczy Lubocino**

W płytko występujących wodach poziomów zawieszonych stwierdzono zanieczyszczenia charakterystyczne dla płytkich wód podziemnych podatnych na wpływ działalności rolniczej i bytowej człowieka (głównie związki azotu). Charakterystyczna jest obecność potasu oraz detergentów anionowych w ilościach klasyfikujących wody do klasy IV lub V. Ich rozkład czasowo–przestrzenny cechuje się zmiennością sezonową związaną prawdopodobnie z cyklami związanymi z pracami polowymi oraz wpływem ścieków bytowych.

Wyniki badań wód głównego użytkowego poziomu wodonośnego (tożsamy z PPW) wskazują, że są to wody dobrej jakości i o trwałym składzie chemicznym, a większość oznaczeń mieści się w I i II klasie jakości wód podziemnych. Opróbowanie oligoceńskiego poziomu wodonośnego (OI) w punkcie monitoringu SOH II-223/1 zlokalizowanym w Tyłowie obejmowało jedynie mineralizację wody, wyrażoną przewodnością elektrolityczną (PEW) w celu ustalenia wartości referencyjnej oceny potencjalnej ascenzji wód wysoko zmineralizowanych z podłoża. PEW w próbie wody pobranej w I serii badań wynosiła 251  $\mu\text{S}/\text{cm}$  odpowiadając I klasie jakości wód podziemnych.

Średnia jakość wód powierzchniowych dotyczy zbiorników wodnych zasilanych wodami płytkiego krążenia na wysoczyźnie. W wadach tych zanotowano podwyższone wartości indeksu fenolowego i detergentów niejonowych. Podwyższona zawartość fenoli w ww. zbiornikach wodnych może być wywołana dużą ilością materii organicznej zanurzonej w toni wodnej, o czym pośrednio świadczy lekko kwaśny odczyn wody.

Wyniki analiz ścieków ze zbiorników drenażowych zlokalizowanych na terenie zakładu wskazują na wzrost stężeń kilku wskaźników wywołany procesami technologicznymi realizowanymi na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne. Za typowe dla analizowanego procesu wskaźniki uznano potas, sód, chlorki, glin, fenole i detergenty. Ścieki te pozostawały bez kontaktu ze środowiskiem wodno–gruntowym i zagospodarowane zostały w sposób wynikający z obowiązujących przepisów.

Z przeprowadzonych dotychczas badań wynika, że jakość wód podziemnych i powierzchniowych w otoczeniu wiertni Lubocino wg stanu przed szczelinowaniem (stan zastany) i po zabiegu szczelinowania w otworze Lubocino–2H nie uległ zasadniczym zmianom. W otoczeniu zakładu nie stwierdzono zanieczyszczeń wód podziemnych o charakterze przestrzennym. Jakość wód, poziomu stanowiącego główne źródło zaopatrzenia w wodę (GUPW) jest dobra i na obecnym etapie badań nie uwidacznia się wpływ prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznaniem niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na ich jakość. Jakość wód płytkiego poziomu gruntowego, rozpoznanego studniami kopanymi jest bardzo zróżnicowana – od dobrej po złą. Przeprowadzone badania wskazują, że zanieczyszczenia pojawiające się lokalnie w wodach tego poziomu mają swe źródło w bezpośrednim otoczeniu studni. Podwyższone zawartości niektórych związków świadczą o zanieczyszczeniach pochodzenia antropogenicznego związanych przede wszystkim ze złym stanem technicznym studni lub źle zorganizowaną gospodarką ściekowo–odpadową na terenie gospodarstw domowych.. Ponieważ potencjalnie istnieje zagrożenie ascenzji wód zasolonych z głębokiego podłoża (a płyny technologiczne także zawierają wysokie stężenia chlorków mogących być wskaźnikiem ich migracji), przeprowadzono także kontrolne badania mineralizacji i koncentracji chlorków w wodach głębokich warstw wodonośnych. W żadnym przypadku nie stwierdzono wpływu ascenzji zmineralizowanych wód z podłoża.

### **Poligon badawczy Stare Miasto**

Badania przeprowadzone w wodach pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego wykazały znaczne przekroczenia stężeń detergentów anionowych, co spowodowało, że wody te zaliczono do IV i V klasy jakości (słaby stan chemiczny wód). Wyniki badań próbek pobranych ze zbiorników sieci drenażowej wiertni wykazały występowanie detergentów anionowych na każdym etapie prac w stężeniu od 0,4 mg/l do 1,04 mg/l. Zaobserwowana zmienność czasowa i obszarowa stężeń detergentów anionowych w wodach pierwszego poziomu wodonośnego związana jest, co potwierdziła ostatnia seria pomiarowa wykonana we wrześniu 2014 r., z działalnością rolniczą na tym terenie (nawożenie rolnicze i opryski) jak również z przedostawaniem się środków wykorzystywanych do mycia urządzeń lub ścieków komunalnych z terenu wiertni. Podsumowując wyniki oceny płytkich wód podziemnych etapu po zabiegu szczelinowania i przeprowadzenia testów gazowych w otworze Stare Miasto 1/K można stwierdzić, że wody te są wodami słabej jakości, a przekroczenia opisanych powyżej wskaźników wskazują na znaczne przekształcenie antropogeniczne środowiska wodno–gruntowego.

Zaobserwowano znaczne pogorszenie się jakości tych wód zwłaszcza w okresie wiosennym, w czasie roztopów, podczas których dochodzi do spływu powierzchniowego i przedostawania się wszelkich zanieczyszczeń np. z dróg do płytkich wód podziemnych.

W wodach głównego użytkowego poziomu wodonośnego stwierdzono podwyższone zawartości jonów  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{NH}_4^+$ , OWO oraz przekroczenia detergentów anionowych (zdecydowanie pochodzenia antropogenicznego), co spowodowało, że wody te zaliczono do IV klasy jakości. W trakcie kolejnych serii pomiarowych dodatkowo odnotowano podwyższone w stosunku do pozostałych punktów dokumentacyjnych stężenia metanu w wodach na poziomie od 0,587 do 0,931 mg/l. Obecność metanu w wodach podziemnych jest prawdopodobnie pochodzenia biogenicznego (rozkład substancji organicznej).

Ocena stanu wód powierzchniowych po zakończeniu zabiegu szczelinowania hydraulicznego i testów gazowych została przeprowadzona dla wód pobranych z zamkniętego wyrobiska na północ od terenu wiertni. Na każdym z etapów prac stwierdzono, w porównaniu z oceną stanu zastanego, znaczne zawartości detergentów anionowych w stężeniu 0,59–0,88 mg/l. Ich obecność w środowisku wód powierzchniowych jest zdecydowanie pochodzenia antropogenicznego, które należy wiązać z krótkotrwałymi okresami odwilży w czasie zimy lub roztopami wiosennymi. Pozostałe wskaźniki tak jak w przypadku stanu zastanego, w porównaniu z analizami naturalnych cieków powierzchniowych nie odbiegają w znaczący sposób od stanu II klasy jakości naturalnych wód powierzchniowych.

Wyniki badań laboratoryjnych i obserwacji terenowych potwierdziły krótkotrwały i przemijający wpływ działalności zakładu na jakość wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego. Zaobserwowane we wrześniu 2012 r. i w kwietniu 2013 r. podwyższone stężenia detergentów anionowych wskazały na różną zmienność czasową i obszarową, którą można powiązać z rocznym cyklem nawożenia rolniczego, na który nałożyło się oddziaływanie zakładu w trakcie prowadzenia robót geologicznych (działalność socjalna, stosowanie środków konserwujących, czyszczących, pielęgnacyjnych itp.). Nie stwierdzono oddziaływania zakładu na jakość wód powierzchniowych, choć odnotowane wysokie stężenie detergentów jest niewątpliwie pochodzenia antropogenicznego, a do wyrobiska dostają się z wodami z sieci drenarskiej oraz ze spływającymi wodami roztopowymi. Mimo zaistnienia na wiertni problemu technicznego związanego z niekontrolowanym wypływem płynu zwrotnego przez flarę, nie stwierdzono w czasie trwania prac badawczych negatywnego wpływu tego zdarzenia na środowisko płytkich wód podziemnych.

Teren zakładu wykonującego roboty geologiczne zlokalizowany na poligonie Stare Miasto został poddany rekultywacji w sierpniu 2014 r. Po zakończeniu prac rekultywacyjnych została przeprowadzona kolejna seria pomiarowa mająca na celu ocenę stanu środowiska wodnego po przywróceniu terenu do jego pierwotnego użytkowania. W wykonanych we wrześniu 2014 r. badaniach wód pierwszego poziomu wodonośnego w rejonie zlikwidowanego zakładu odnotowano wysokie wartości fenoli, które należy najprawdopodobniej wiązać z etapem rekultywacji obiektu. Można stwierdzić z dużym prawdopodobieństwem, że do środowiska wodno-gruntowego przedostały się w trakcie likwidacji materiału izolującego powierzchnię terenu zakładu. Ze względu na mały zasięg obszarowy, ograniczony do rejonu placu i zbiorników drenarskich oraz bliskość bazy drenażu jest to efekt krótkookresowy. Niższe stężenia względem poprzednich serii pomiarowych wykazują natomiast detergenty anionowe. Pozostałe wskaźniki jakości wód oraz ich zmienność nie są związane z pracami poszukiwawczymi, które prowadzone były na wiertni oraz z etapem jej rekultywacji. Wody głębszych poziomów wodonośnych, ze względu na wysokie wartości arsenu (22,0  $\mu\text{g/l}$ ) zaliczono do V klasy jakości.

### **Poligon badawczy Syczyn**

Na obszarze poligonu Syczyn pierwszy poziom wodonośny jest tożsamy z głównym użytkowym. Wyniki oznaczeń wskaźników jakości wód nie odbiegają znacząco od stanu określonego w pierwszej serii pomiarowej. Lokalnie odnotowane wysokie stężenia jonów potasu, związków azotu i siarczanów wskazują na miejscowe zanieczyszczenia związane z nieuregulowaną gospodarką wodno-ciekową lub nieprawidłowe użytkowanie terenu w bezpośrednim otoczeniu studni. W zakresie wskaźników organicznych stwierdzono wahania w niewielkim zakresie wartości stężeń węglowodorów  $\text{C}_2$ – $\text{C}_{10}$  oraz metanu, co jest związane z odmiennymi warunkami atmosferycznymi panującymi podczas poszczególnych serii pomiarowych (wahania naturalne).

Przeprowadzone badania w 5 seriach pomiarowych nie ujawniły zanieczyszczeń w wodach podziemnych i powierzchniowych pochodzących z terenu zakładu lub związanych z procesami zachodzącymi w trakcie wiercenia i zabiegów szczelinowania. W otoczeniu zakładu nie stwierdzono zanie-

czyszczeń wód podziemnych o charakterze przestrzennym. Zidentyfikowane przypadki dotyczą tylko skażeń o charakterze lokalnym występujących tylko w płytkich wodach gruntowych, gdzie stwierdzono wysokie stężenia siarczanów, i detergentów świadczących o zanieczyszczeniach pochodzenia antropogenicznego. Zanieczyszczenia te związane są prawdopodobnie z nieuregulowaną gospodarką wodno-ściekową oraz lokalnymi zanieczyszczeniami bytowymi. Można też je wiązać ze złym stanem technicznym studni lub niekontrolowanym zrzutem niewielkich ilości ścieków i odpadów z terenu gospodarstw domowych. Z obserwacji terenowych wynika, że skażenie wód podziemnych ma charakter lokalny i nie wykracza poza obręb posesji.

### **Poligon badawczy Wysin**

W rejonie poligonu badawczego Wysin powszechnie ujmowane wody podziemne czwartorzędowego poziomu wodonośnego charakteryzują się dobrym stanem chemicznym (I do II klasy jakości). Punktami reprezentatywnymi dla naturalnego stanu wód podziemnych uznano próbki ze studni wierconych będących ujęciem wód podziemnych dla okolicznych miejscowości oraz próbkę pobraną ze źródła wypływającego u podnóża skarpy w dolinie rzeki Rutkownicy i oddalonego o około 2 km na wschód od terenu zakładu, gdyż nie jest ona obarczona oddziaływaniem czynników zewnętrznych takich jak bezpośrednie sąsiedztwo studni gospodarskich. Otrzymane wyniki wskazują na dobry stan wód. Ze względu na zmianę strategii Operatora, polegającą na rezygnacji po odwierceniu otworu z dalszych etapów prac poszukiwawczych w odwiercie Wysin-1 w porozumieniu z Zamawiającym podjęto decyzję o nie kontynuowaniu badań.

### **Poligon badawczy Zawada**

Na obszarze poligonu badawczego Zawada pierwszy poziom wodonośny jest tożsamy z głównym użytkowym. Wody podziemne cechują się dobrym stanem, zaś lokalnie stwierdzone w płytkich wodach ujmowanych kopanymi studniami gospodarskimi wysokie stężenia siarczanów i detergentów związane są prawdopodobnie z nieuregulowaną gospodarką wodno-ściekową oraz lokalnymi zanieczyszczeniami bytowymi. Można też je wiązać ze złym stanem technicznym studni lub niekontrolowanym zrzutem niewielkich ilości ścieków i odpadów z terenu gospodarstw domowych. Z obserwacji terenowych wynika, że skażenie wód podziemnych ma charakter lokalny. Przeprowadzone badania nie ujawniły zanieczyszczeń o charakterze przestrzennym w wodach podziemnych.

Ocena jakości wód powierzchniowych opiera się na wynikach analiz wód pobranych z 2 cieków zlokalizowanych na północ od terenu zakładu (na kierunku odpływu wód). Pobrane próbki wód powierzchniowych reprezentują więc wody płytkiego krążenia wód. Wyniki oznaczeń wskaźników jakości nie odbiegają od stanu wód podziemnych. W analizowanych próbkach wód powierzchniowych stwierdzono II klasę jakości wód (zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowym norm jakości dla substancji priorytetowych).

W wyniku przeprowadzonych badań terenowych oraz analizy ich wyników należy uznać, że prowadzone przez Operatora prace nie stanowiły zagrożenia dla wód powierzchniowych i podziemnych i tym samym nie spowodowały ich zanieczyszczenia. W zakresie stanu chemicznego wód w rejonie poligonu badawczego Zawada nie stwierdzono oddziaływania ze strony funkcjonowania zakładu. Wyniki oznaczeń wskaźników organicznych i nieorganicznych próbek wód z ostatniej serii pomiarowej (rok po zabiegu szczelinowania w otworze) nie odbiegają od wyników z poprzednich serii pomiarowych. Odnotowano nieznaczny spadek wartości stężeń metanu, przy czym należy podkreślić, że uzyskiwane wartości stężeń metanu w wodach są bardzo małe, zaś wahania naturalne i związane z przebiegiem naturalnych procesów w środowisku wodno-gruntowym.

### **Poligon badawczy Łebień**

Badane wody podziemne ujmowane we wszystkich punktach dokumentacyjnych w rejonie poligonu badawczego Łebień stanowią jeden międzyglinowy poziom wodonośny będący głównym poziomem użytkowym (GUPW). W ogólnej ocenie wody podziemne badane w rejonie poligonu badawczego Łebień charakteryzują się słabym stanem chemicznym (IV klasa jakości, lokalnie V klasa). Przyczyną słabego stanu chemicznego wód jest głównie stwierdzona podwyższona zawartość azotanów i fosforanów. Pozostałe wskaźniki są na poziomie wartości klas jakości I–III (dobrego stanu).

Podwyższone zawartości ww. wskaźników są wynikiem działalności człowieka, głównie związanej z produkcją rolną. Przeprowadzone badania nie wskazują na powiązanie ogólnego stanu jakości wód podziemnych z funkcjonowaniem zakładu wykonującego roboty geologiczne i procesami technologicznymi będącymi częścią prac poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż gazu. Potwierdzeniem takiego wniosku jest porównanie wyników analiz wód pobranych przed zabiegami szczelinowania hydraulicznego w 2011 roku oraz obecnie w 3 seriach opróbowania (XII 2013 r.–VII 2014 r.). Uzyskane wyniki w trakcie serii I–III mieszczą się w granicach tła hydrochemicznego wód z 2011 r. Potwierdzają tym samym, że prace prowadzone przez Operatora koncesji na terenie wiertni związane z wierceniem otworów i szczelinowaniem nie spowodowały zanieczyszczenia wód podziemnych nie stanowią zagrożenia dla jakości wód podziemnych.

Wyniki badań I serii pomiarowej (XII 2013 r.) wskazały na zmianę chemizmu wód podziemnych pobranych w punkcie dokumentacyjnym nr 11 (studnia nr 1 na terenie zakładu) w stosunku do wartości z lipca 2011 r. Stwierdzono znaczące podwyższone wartości chlorków, sodu, wapnia, bromków oraz przewodności PEW.

Otrzymane wyniki były powodem podjęcia decyzji o wykonaniu kolejnej, II serii pomiarowej (IV 2014 r.), której wyniki potwierdziły stwierdzoną poprzednio zmianę chemizmu wód podziemnych. Stwierdzono, wzrost zawartości chlorków, sodu, wapnia i bromków w punkcie dokumentacyjnym nr 11 w stosunku do wartości z grudnia 2013 r. Wyniki badań nie dały jednak jednoznacznej odpowiedzi co do przyczyny takiego stanu ani potencjalnego źródła substancji powodujących podwyższone stężenia tych parametrów. Zdecydowano się na kolejną serię III pomiarową (VII 2014) rozszerzoną m.in. o punkt dokumentacyjny nr 19 (sonda badawcza) wykonany na linii prądu wyznaczonej modelowaniem. **Wyniki badań III serii wskazały znaczące zmniejszenie zawartości chlorków, sodu, wapnia, bromków oraz przewodności PEW w wodach pobranych w punkcie dokumentacyjnym nr 11 w stosunku do wyników uzyskanych w serii II.**

Wyniki badań próbek wód pobranych w sondzie badawczej wykonanej poza terenem zakładu na kierunku odpływu wód (pkt dok. nr 19), dla których wybrane wskaźniki (chlorki, sól, wapń, przewodność PEW) miały wartości zbliżone do tych pobranych w pkt dok. nr 11 potwierdziły kierunek migracji ww. związków zgodny z kierunkiem południowym odpływu wód z terenu zakładu wyznaczonym modelowaniem.

**Należy podkreślić, że stwierdzone stężenia maksymalne: chlorków, sodu, wapnia, bromków i wartości przewodności właściwej PEW w próbkach wód pobranych w punktach dokumentacyjnych nr 11 i 19 we wszystkich prowadzonych seriach I–III nie przekraczały wartości progowych określonych dla dobrego stanu chemicznego wód (III klasy jakości).** W pozostałych dwóch sondowaniach (pkt dok. nr 20 oraz pkt dok. nr 12) wartości te nie odbiegały od charakterystycznych dla przedmiotowego rejonu. Wyniki uzyskane w sondowaniu nr 20 zlokalizowanym na dopływie oraz w studni nr 2 wskazują, że przyczyną zmiany chemizmu wody były najprawdopodobniej prace prowadzone przez Operatora na terenie zakładu.

Z analizy wyników modelowania matematycznego oraz stężeń poszczególnych związków w punktach dokumentacyjnych i ich zmienności określonej podczas poszczególnych serii pomiarowych wynika, że przedostanie się do warstwy wodonośnej czynnika podnoszącego omawiane wyżej parametry miało miejsce podczas prac prowadzonych przez Operatora koncesji na terenie zakładu w okresie pomiędzy czerwcem 2009 roku a czerwcem 2013 roku.

Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki badań, charakter parametrów o podwyższonym stężeniu, rozkład przestrzenny i zmienność stężeń w czasie oraz budowę geologiczną, lokalizację punktów dokumentacyjnych i ówczesne zagospodarowanie terenu zakładu należy przyjąć, że do zmiany chemizmu wód podziemnych doszło w wyniku zdarzenia o charakterze incydentalnym lub krótkookresowym, np. podczas czynności wykonywanej na powierzchni terenu lub płytko poniżej poziomu terenu, w rejonie studni nr 1 (pkt. dok. nr 11).

Jak wynika z obserwowanego rozkładu stężeń wskaźników chemicznych w czasie, zmiana chemizmu wód podziemnych ma charakter przemijający, następuje obniżenie stężeń związane z brakiem źródła zanieczyszczenia, co jest potwierdzeniem incydentalnego charakteru tego zdarzenia.

Nie znaleziono żadnych przesłanek wskazujących na to, aby stwierdzona zmiana chemizmu wód spowodowana była wykonaniem i istnieniem któregośkolwiek z dwóch otworów gazowych (LE-1 i LE-2H) znajdujących się na terenie zakładu. Można więc założyć, że zanieczyszczenie pochodziło z powierzchni terenu i przedostało się do warstwy wodonośnej wraz z infiltracją.

Biorąc pod uwagę analizę wyników badań wykonanych w 2011 r. jak i obecnie w 3 seriach opróbowania można stwierdzić, że stężenia większości badanych wskaźników nie uległo zmianie i nie odbiegają od typowych wartości tła.

Natomiast stwierdzona znacząca zmienność (wzrost) zawartości wybranych składników charakterystycznych dla substancji zanieczyszczających jakimi mogła być solanka (np. płyny technologiczne lub wody pochodzące z odladzania placu) w punktach dokumentacyjnych nr 11 i 19 świadczy o tym, że prace prowadzone przez Operatora koncesji na terenie zakładu spowodowały lokalną, przemijającą zmianę chemizmu wód podziemnych (nie przekraczającą III klasy jakości) w zakresie związków nietoksycznych i niestanowiącą istotnego zagrożenia dla ogólnego stanu chemicznego wód podziemnych.

### **Poligon badawczy Gapowo**

Wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego są wodami V klasy jakości (głównie ze względu na zanieczyszczenia organiczne i ich pochodne). Wyniki badań serii pomiarowej wykonanej po zabiegu szczelinowania hydraulicznego potwierdziły zaobserwowaną wcześniej mozaikową zmienność wskaźników jakości wód podziemnych, co wskazuje raczej na punktowe zanieczyszczenia wód podziemnych wywołane nieuporządkowaną gospodarką wodno-ściekową. Teren w rejonie badań stanowią grunty rozdrobnionej gospodarki rolnej. W oparciu o analizę statystyczną stężeń parametrów organicznych i nieorganicznych można jednoznacznie stwierdzić, że wody pierwszego poziomu wodonośnego są wodami o chemizmie przekształconym antropogenicznie.

Wody głębszych, międzymorenowych poziomów wodonośnych zaliczono do IV klasy jakości – ze względu na zawartość substancji organicznych, lokalnie żelaza, potasu i związków azotu. Podwyższenie stężeń niektórych parametrów związane jest w praktyce z oddziaływaniem człowieka na środowisko przyrodnicze na powierzchni terenu – głównie nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa w badanym rejonie oraz rozdrobniona gospodarka rolna. Zidentyfikowane przypadki dotyczą tylko skażeń o charakterze lokalnym występujących jedynie w płytkich wodach gruntowych, gdzie stwierdzono wysokie stężenia siarczanów i detergentów świadczących o zanieczyszczeniach pochodzenia antropogenicznego. W przypadku wód użytkowych poziomów wodonośnych zaobserwowano znaczne różnice między serią pomiarową pierwszą i drugą głównie w zakresie detergentów anionowych. Odnotowano dwu-, trzykrotne zmniejszenie zawartości detergentów anionowych w wodach drugiego międzymorenowego poziomu wodonośnego.

W wyniku przeprowadzonych badań terenowych oraz analizy ich wyników należy uznać, że prowadzone przez Operatora prace nie stanowiły zagrożenia dla wód powierzchniowych i podziemnych i tym samym nie spowodowały ich zanieczyszczenia. Obserwowana w badaniach hydrogeochemicznych zmienność parametrów pierwszego poziomu wodonośnego oraz użytkowych poziomów wodonośnych jest typowa dla utworów czwartorzędowych niżu polskiego, zaś lokalnie stwierdzone przekroczenia niektórych wskaźników związane są z bezpośrednim otoczeniem punktów pomiarowych oraz sposobem użytkowania terenu.

Wody powierzchniowe występujące w rejonie zakładu cechują się dobrym stanem, badane parametry nie wykraczają poza dopuszczalne stężenia określone w Rozporządzeniu MŚ z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowym norm jakości dla substancji priorytetowych. Stężenia lotnych węglowodórów aromatycznych BTEX we wszystkich próbkach wód podziemnych są mniejsze niż ich zakres oznaczalności.

### **Podsumowanie**

Mając na celu porównanie wyników badań jakości wód na poszczególnych poligonach badawczych na etapie analogicznych prac (przed szczelinowaniem, po szczelinowaniu oraz w przypadku poligonów Stare Miasto, Syczyn, Zawada i Łebień po upływie roku lub 2 lat od zabiegu szczelinowania) w tabeli 4.4 zestawiono średnie wartości oznaczeń uzyskane na poszczególnych etapach prac. Do analizy zastosowano wskaźniki, które w świetle przeprowadzonych badań i ich analizy są parametrami umożliwiającymi ocenę rzeczywistego oddziaływania prac związanych z poszukiwaniem i/lub wydobywaniem gazu z formacji łupkowych. Wskaźniki te zostały także zaproponowane do oznaczeń w ramach monitoringu długookresowego lub realizowanego na kolejnych poligonach badawczych (rozdział 5.5).



Tabela 4.4. Zestawienie wartości średnich z wyników oznaczeń na wybranych etapach opróbowania na poszczególnych poligonach badawczych

Nazwa poligonu	Lubocino		Stare Miasto			Syczyn			Wysin			Zawada			Łebień			Gapowo	
	PPW		PPW			PPW = GUPW			PPW			PPW = GUPW			PPW = GUPW			PPW = GUPW	
Wskaźnik	Jednostka	I etap	II etap	III etap	I etap	II etap	III etap	I etap	II etap	III etap	I etap	II etap	III etap	I etap	II etap	III etap	I etap	II etap	
pH	-	7.38	7.6	7.11	7.31	7.27	7.25	7.46	nb	7.37	7.88	nb	7.71	7.65	7.53				
PEW	µS/cm	323.7	262	863	771	830	657	591	nb	1102	281	nb	480	374	371				
Na		8.73	4.28	11.1	23.57	28.62	9.72	7.65	nb	30	6.2	nb	14.8	5.1	4.7				
K		5.92	2.63	2.2	24.45	38.63	22.3	3.08	nb	2.6	0.9	nb	1.0	5.5	1.6				
Ca		51.75	45.00	1398	105.85	107.35	110	100.67	nb	160.9	47.8	nb	70	61.7	62.6				
Cl		8.82	6.88	24.62	33.77	33.22	14.2	16.59	nb	64.6	15.1	nb	51.6	7.16	7.86				
Sr		0.09	0.07	0.34	0.85	0.77	1.44	0.14	nb	0.71	0.065	nb	0.1	0.116	0.113				
Br		no	no	no	no	no	no	no	nb	no	no	nb	no	no	no				
B		0.0175	0.0125	0.07	0.09	0.14	0.06	0.02	nb	0.08	no	nb	no	0.01	0.01				
Li	mg/l	0.000717	0.000767	0.0074	0.0079	0.0065	0.0138	0.0039	nb	0.1	no	nb	0.0048	0.005	0.0047				
indeks fenolowy*		0.01383	0.11375	no	0.093	no	0.1295	0.1475	nb	no	no	nb	no	0.0355	0.079				
indeks olejowy		0.0542	0.347	0.02563	0.0387	0.0306	no	0.0374	nb	0.017	no	nb	0.028	0.134	0.0239				
detergenty anionowe		0.260	0.160	0.3675	0.3655	0.3155	0.2575	0.2025	nb	0.39	no	nb	0.29	0.29	0.445				
metan		0.00060	0.00105	0.00143	0.00385	0.0014	0.0021	0.0015	nb	0.0012	no	nb	0.0016	0.0022	0.0105				
BTEX		no	no	no	no	no	no	no	nb	no	no	nb	no	no	no				

I etap stan początkowy lub zastany

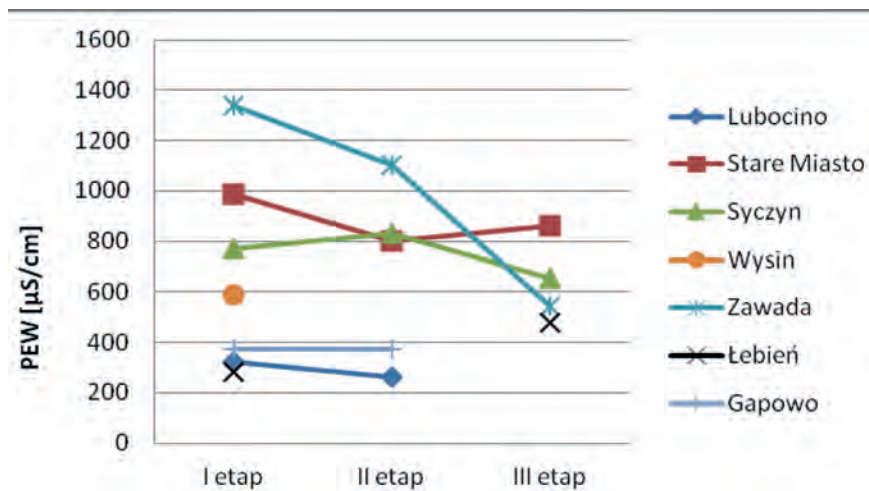
II etap stan po zakończeniu prac przez Operatora (po zabiegu szczelinowania hydraulicznego)

III etap badania monitoringowe dodatkowe (po 1/2 roku lub dwóch latach od zabiegu szczelinowania hydraulicznego – suplement)

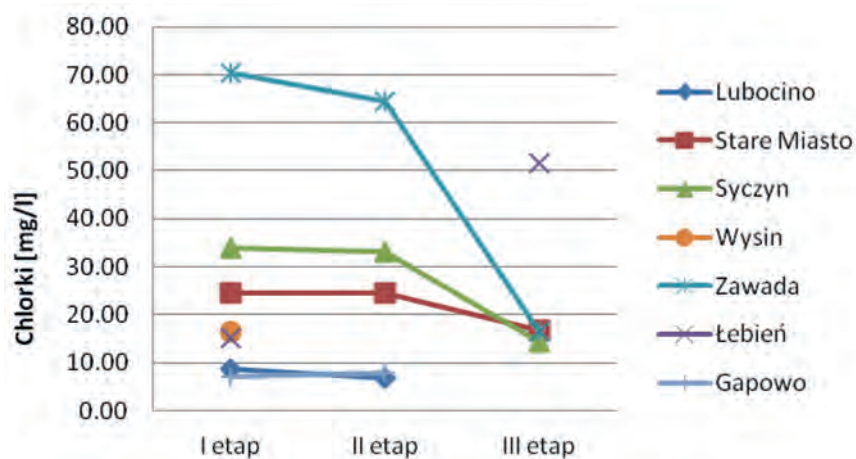
nb – nie badano (w przypadku poligonu badawczego Wysin nie wykonano szczelinowania

no – nie obliczono (ponad 50% wyników poniżej granicy oznaczalności)

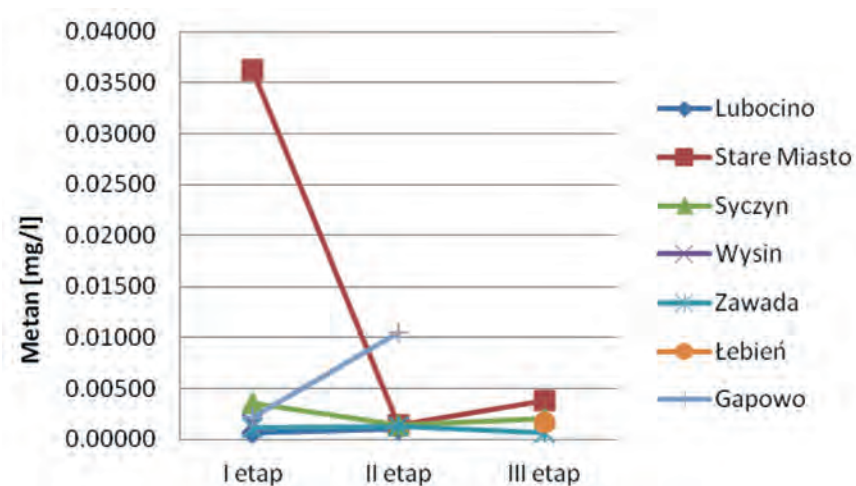
\* – wyniki o niskiej wiarygodności (wymagane są dalsze badania w tym zakresie)



Rys. 4.4. Średnie wartości przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (PEW) na poszczególnych etapach opróbowania (numeracja etapów zgodna z tabelą 4.4).



Rys. 4.5. Średnie wartości stężeń chlorków na poszczególnych etapach opróbowania (numeracja etapów zgodna z tabelą 4.4).



Rys. 4.6. Średnie wartości stężeń metanu na poszczególnych etapach opróbowania (numeracja etapów zgodna z tabelą 4.4).

Porównanie wartości średnich wyników oznaczeń na etapie przed i po szczelinowaniu na poszczególnych poligonach badawczych wskazuje na brak widocznej zmiany parametrów fizykochemicznych wód. Podobnie nie stwierdzono istotnych zmian stężeń analizowanych wskaźników wskazujących na oddziaływanie ze strony działalności zakładów wykonujących roboty geologiczne po upływie roku lub 2 lat od zabiegu szczelinowania hydraulicznego.

Stwierdzony brak oddziaływania zarówno na stan chemiczny (jakość wód) jak również ilościowy w rejonie prowadzonych przez operatorów koncesji prac jest podstawą do stwierdzenia, że rozpatrywane w ramach niniejszego projektu prace związane z poszukiwaniem i rozpoznawaniem gazu z formacji łupkowych nie spowodowały negatywnego oddziaływaniem na GZWP. Szczególną uwagę poświęcono poligonom Syczyn oraz Zawada, gdyż zlokalizowane są na obszarze GZWP o charakterze odkrytym (w dużej części bez izolacji) związanym z utworami szczelinowymi. Nie mniej jednak na tych poligon także nie stwierdzono rzeczywistego oddziaływania na jakość wód zbiornika ani też jego zasoby.

#### 4.4.2 Zakres oddziaływania na stan ilościowy wód podziemnych

Mając na celu określenie zakresu oddziaływania prac zrealizowanych na terenie poszczególnych zakładów wykonujących roboty geologiczne na stan ilościowy wód dokonano analizy wielkości poboru wód na cele związane ze szczelinowaniem hydraulicznym w stosunku do aktualnego sposobu użytkowania wód w rejonie wszystkich poligonów badawczych. Wyznaczone dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych oraz zasoby nie wykorzystane (rezerwy zasobów) odniesiono do poborów wód zrealizowanych na poszczególnych lokalizacjach na potrzeby prowadzonych prac na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne (tabela 4.5). Jak wynika z zestawienia, zapotrzebowanie na wodę do zabiegów szczelinowania w poszczególnych lokalizacjach stanowi niewielki % zasobów dostępnych do zagospodarowania. Zakładając potrzeby wodne innych użytkowników w 2013 i 2014 r. na poziomie zbliżonym do roku 2012, wody wykorzystane na potrzeby zabiegów szczelinowania stanowią do 0,045% niewykorzystanych zasobów dostępnych do zagospodarowania wód podziemnych (dostępnych rezerw). Na tej podstawie można stwierdzić, że prowadzona działalność nie miała negatywnego wpływu na stan zasobów wód podziemnych i ewentualne ograniczenie dostępności tych wód dla innych użytkowników. Istniejąca w poszczególnych JCWPd rezerwa zasobów wód podziemnych wskazuje, że zarówno w przypadku prowadzenia znacznie szerszych prac badawczych i rozpoznawczych, jak również wydobywczych będzie możliwość pokrycia zwiększonego zapotrzebowania.

**Tabela 4.5.** Stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych na potrzeby zabiegów szczelinowania

Poligon badawczy	Nr JCWPd	Zasoby dostępne do zagospodarowania	Rezerwa zasobów	Pobór na potrzeby szczelinowania	% wykorzystania na potrzeby szczelinowania zasobów dostępnych	% wykorzystania na potrzeby szczelinowania rezerwy zasobów
		(wg stanu z 2012 r.)				
		tys. m <sup>3</sup> /rok	tys. m <sup>3</sup> /rok		tys. m <sup>3</sup>	%
Lubocino	13	110 650	56 161	7,967	0,007	0,014
Stare Miasto	19	111 930	103 737	3,212	0,003	0,00319
Syczyn	87	79 034	66 476	37,849	0,05	0,057
Wysin	30	119 951	107 375	brak	brak szczelinowania	brak szczelinowania
Zawada	107	256 792	213 472	1,284	0,0005	0,0006
Łebień	11	208 828	190 539	17,322	0,008	0,009
Gapowo	13	110 650	56 161	25,360	0,023	0,045

### 4.4.3 Przedostanie się płynów złożowych i technologicznych do wód podziemnych

#### Propagacja spękań hydraulicznych ku powierzchni

Scenariusz zanieczyszczenia wód podziemnych na skutek przedostania się do nich płynów złożowych i/lub technologicznych teoretycznie mógłby nastąpić w sytuacji, gdy szczelina, powstała na skutek zabiegów stymulacji złoża, przebije się do warstw mających bezpośredni kontakt hydrodynamiczny z warstwami wodonośnymi. Efektywna propagacja szczeliny ku powierzchni może nastąpić jedynie poprzez wykorzystanie naturalnych spękań i uskoków, które rozcinają kompleksy uszczelniające, zwykle występujące w basenie osadowym powyżej kolektora łupkowego. Jednak zagrożenie pionową migracją płynów technologicznych i złożowych jest ograniczone następującymi czynnikami natury geomechanicznej (Abousleiman i in., 2007; Barree, Gilbert, 2009; DECC, 2014; De Gennaro, 2011; Engelder, Gold, 2008; Jarosiński, 1999; Kratz i in., 2012; McLennan i in., 2011; Sarker, Batzle, 2008; Sarker, Batzle, 2008; Suarez-Rivera, 2011; Zoback, 2010):

- Występowanie warstw o dużym kontraście mechanicznym powoduje znaczne zmiany w wielkości naprężeń poziomych w poszczególnych warstwach. Warstwy o wysokich współczynnikach sprężystości cechują się podwyższonymi wartościami minimalnych naprężeń poziomych, które ograniczają możliwość propagowania się spękania ku górze, stanowiąc naturalne bariery geomechaniczne.
- Efektywną przeszkodą w pionowej propagacji spękań są również powierzchnie warstwowania, które cechują się małą spójnością spowodowaną podwyższonym zaileniem. Na powierzchniach warstw dochodzi do rozwidlania się lub wygasania spękań hydraulicznych, co powoduje spadek efektywności propagowania się strefy szczelinowanej ku górze.
- Im bliżej powierzchni Ziemi tym mniejsza wartość naprężenia pionowego ( $S_v$ ) i większe prawdopodobieństwo ustalenia się reżimu uskoków odwróconych. Reżim taki promuje rozwieranie szczelin poziomych, najczęściej wzdłuż powierzchni uławicenia, które nie mają zdolności do propagacji w pionie.
- Ograniczenie drożności szczelin hydraulicznych w pionie spowodowane jest również nieefektywnym transportem proppantu ku górze. Szczeliny nie podparte proppantem zaciskają się po zabiegu, zwłaszcza, gdy wzdłuż ich powierzchni nie dojdzie do przemieszczenia ścięciowego, którego świadectwem jest zjawisko mikrosejsmiczne.
- Znaczny spadek ciśnienia szczelinowania podczas zabiegu, spowodowany zarówno oporami przepływu w dystalnej strefie szczelinowania jak i, w przypadku transportu ku górze, ciśnieniem hydrostatycznym kolumny płynu szczelinującego. W przypadku szczelin o wysokości większej niż 300 m (należących do wyjątkowo wysokich) – spadek ciśnienia hydrostatycznego wynosi ponad 3 MPa, co stanowi istotną część nadciśnienia w obrębie złoża.
- Przestrzenne rozprzestrzenienie się sieci spękań hydraulicznych powoduje gwałtowny wzrost objętości płynu potrzebnego do ich dalszego wzrostu. Jest to spowodowane zarówno wzrostem pojemności szczelin (m.in. ich rozszerzaniem się ich ku górze) oraz infiltracją płynu do przewarstwień bardziej przepuszczalnych, której intensywność wzrasta wraz z powierzchnią wymiany płynów pomiędzy matrycą skalną a szczeliną (ten mechanizm jest efektywny w złożach pozbawionych nadciśnienia porowego, takich jak w Polsce).

Skumulowane oddziaływanie powyższych czynników powoduje zatrzymanie propagowania się szczelin ku górze, która mogłaby zagrozić zanieczyszczeniem wód poziomów użytkowych. Realny zasięg pionowy szczelin hydraulicznych, powstałych podczas poszukiwania i eksploatacji węglowodorów ze złóż łupkowych, pokazuje zestawienie wykonane na podstawie monitoringu mikrosejsmicznego i inklinometrycznego podczas tysięcy zabiegów na złożach: Barnett, Marcellus, Woodford i Eagle Ford, (Fisher, Warpinski, 2011). Jest to zestawienie miarodajne, gdyż pomiędzy tymi basenami występują wyraźne różnice zarówno w profilach litologicznych, systemach spękań, jak i w kierunkach, wielkościach i reżimach współczesnych naprężeń. Pokazuje ono (rys. 4.7), że pionowy zasięg szczelin ponad głębokością odcinka perforowanego otworu, tylko sporadycznie przekracza 300 m, a w żadnym z tysięcy przypadków szczelina nie przekroczyła 600 m. W basenach Woodford i Eagle Ford szczeliny nie przekroczyły 250 m wżwyż od interwału perforacji. Warto zaznaczyć, że dane te uwzględniają również przypadki, w których płyn szczelinujący penetrował drożne strefy uskokowe powodujące gwałtowne podwyższenie zasięgu pionowego szczelin hydraulicznych. Zestawienia na rysunku 4.7 pokazują,

że im płycej położony jest kompleks szczelinowany, tym mniejszy pionowy zasięg szczelin hydraulicznych. A zatem opisane powyżej mechanizmy powstrzymujące propagację pionowych szczelin ku górze, okazują się w praktyce bardzo efektywne. Mimo znacznego zróżnicowania głębokości szczelinowania w USA od 3,5 do 1 km, w żadnym z przypadków nie odnotowano propagowania się szczelin hydraulicznych do poziomu wód pitnych. W tym miejscu warto powtórzyć, że wysokość szczelin hydraulicznych stwierdzona monitoringiem mikrosejsmicznym w otworze Lubocino-2H nie przekroczyła 80 m. Należy wziąć pod uwagę, że poza rozprzestrzenieniem się spękań, którym towarzyszą mikrowstrząsy sejsmiczne, możliwe jest powolne wyciekanie płynów technologicznych i złożowych po zabiegu szczelinowania, którym nie towarzyszą zjawiska mikrosejsmiczne i deformacje powierzchni mierzone inklinometrami. Zjawiska takie może mieć bardziej ograniczoną skalę i dotyczyć tylko stref tektonicznych, w obrębie których zachodzi naturalne cyrkulacja ascensyjna.

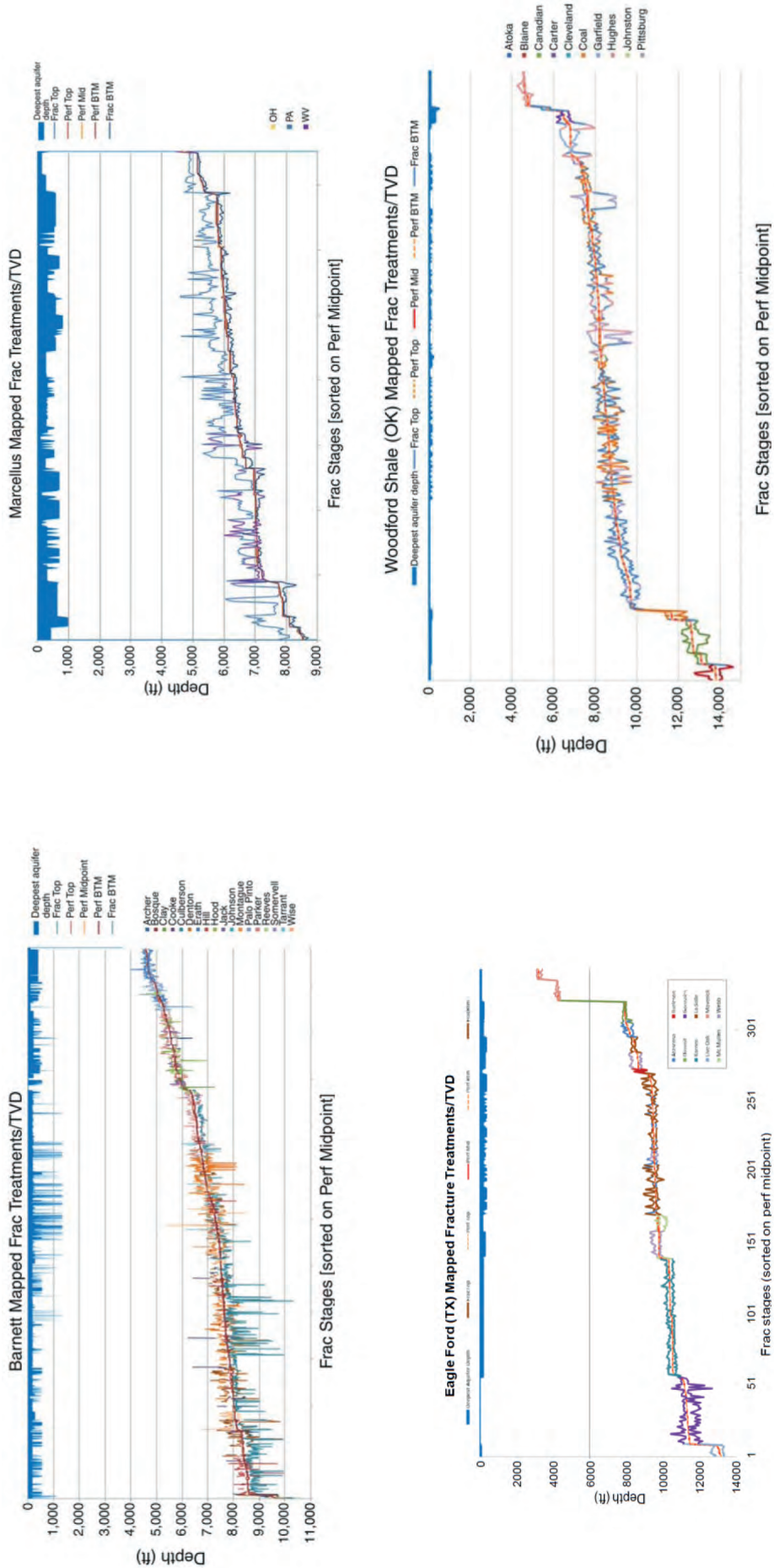
### **Warunki migracji płynów technologicznych i złożowych ku powierzchni**

Z powyższego przeglądu wynika, że do zanieczyszczenia płytkich poziomów wód użytkowych w związku z prowadzeniem na dużą skalę szczelinowania hydraulicznego mogłoby dojść tylko w przypadku koincydencji kilku niekorzystnych czynników:

1. bardzo płytkiego zalegania kompleksu złożowego, przy którym do propagacji pęknięć hydraulicznych wystarcza małe ciśnienie i mniejsza objętość płynu szczelinującego – w porównaniu do zabiegów realizowanych na większych głębokościach;
2. występowania blisko powierzchni ziemi reżimów naprężeń sprzyjających propagowania się szczelin w pionie;
3. przechwycenia znacznej ilości płynów szczelinujących w obręb drożnych stref uskokowych;
4. występowania naturalnej cyrkulacji ascensyjnej w obrębie tej strefy uskokowej;
5. błędu operatora polegającego na kontynuowaniu zabiegu szczelinowania podczas niekontrolowanego wycieku płynu poza złożo – zwykle wyraźnie czytelnego na krzywych ciśnienia i wydajności pomp.

Już pierwszy z warunków nie jest spełniony w żadnym z analizowanych w ramach tego projektu otworów, gdyż najpłycej występujący interwał złożowy znajduje się na głębokości ok. 2700 m w otworze Syczyn OU-2K. Są to głębokości porównywalne z największymi w basenach amerykańskich, które należą również do najbezpieczniejszych pod względem możliwości zaistnienia wycieku.

Jeśli chodzi o warunek 2, reżim naprężeń na mniejszych głębokościach nie został w Polsce zbadany, toteż roboczo założyć można wersję najmniej korzystną, że jest to reżim uskoków normalnych lub przesuwczych, który sprzyja pionowemu propagowaniu się szczelin (Jarosiński, 2006). Za główny czynnik zagrożenia uważane są drożne hydraulicznie uskoki, jednak należy podkreślić, że ze względu na niejednorodność wewnętrznej struktury stref uskokowych, ich drożność jest bardzo zmienna i nieemożliwa do określenia na podstawie zawsze niedostatecznej ilości danych. Przyjmuje się, że czynnikami sprzyjającymi szczelności uskoków są: zachowanie ciągłości warstw uszczelniających pomiędzy skrzydłami uskoku; duży udział skał uszczelniających w zdyslokowanym profilu litologicznym – są one wciskane w obręb stref uskokowych; duża głębokość występowania dyslokacji, która sprzyja jej zaciskaniu przez ciśnienie litostatyczne oraz niskie tempo współczesnych deformacji tektonicznych na danym obszarze, które cechuje brak aktywności sejsmicznej.



**Rys. 4.7.** Zestawienie zasięgu pionowego szczelin hydraulicznych na podstawie wyników monitoringu mikro-sejsmicznego i inklinometrycznego dla czterech basenów łupkowych w USA: Barnett, Marcellus, Woodford i Eagle Ford (wg Fisher i Warpinski, 2011)

W przypadku analizowanych w projekcie otworów, tam gdzie udało się przeprowadzić szacunkowe analizy przepuszczalności stref uskokowych, nie stwierdzono występowania uskoków drożnych hydraulicznie, jak również w żadnym z przypadków nie stwierdzono współczesnej aktywności sejsmicznej w sąsiedztwie analizowanych otworów.

Mimo, iż brak jest informacji co do możliwości występowania w obrębie stref uskokowych naturalnych przepływów ascensyjnych, to utrzymywanie się takiego przepływu spowodowałoby zasolenie wód przypowierzchniowych i obniżyło ich walory użytkowe jeszcze przed wykonaniem szczelinowania, czego nie stwierdzono na etapie badań stanu zastanego.

Przy każdym zabiegu szczelinowania należy się liczyć z możliwością błędu operatora lub urządzeń zabezpieczających. Jednak w rozpatrywanych przypadkach występują istotne ograniczenia technologiczne w postaci maksymalnej wydajności pomp i limitowanej ilości płynu do szczelinowania, które minimalizują skutki potencjalnych błędów.

W przypadku rozpatrywanych otworów poszukiwawczych, wszystkie główne czynniki wskazują na zachowanie szczelności górotworu i z tego powodu błąd operatora (w realistycznym zakresie) nie grozi zanieczyszczeniem wód użytkowych. Wniosek ten nie odnosi się do możliwości przedostawiania się zanieczyszczeń strefą przyotworową.

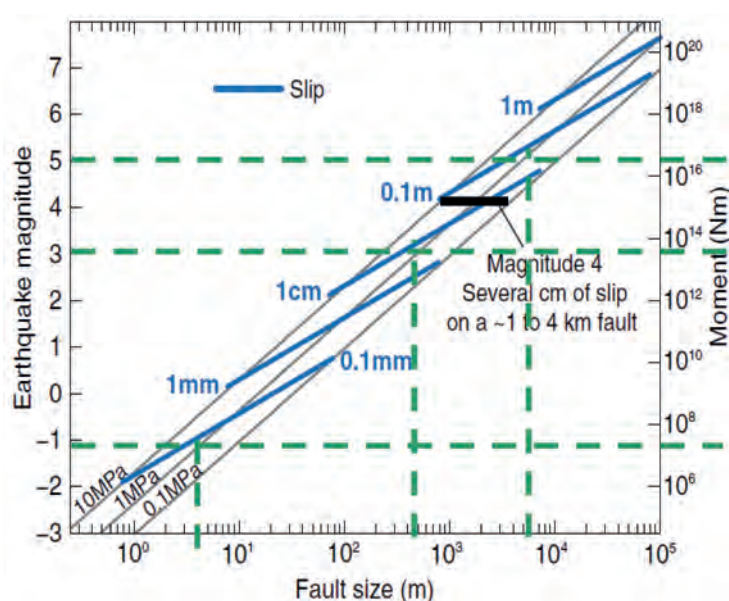
W przypadku potencjalnie możliwej migracji płynu szczelinującego wzdłuż strefy przyotworowej przyczyną tego zjawiska może być między innymi nieprawidłowy stan zacementowania rur okładzinowych i brak integralności otworu. Istnieje jednak szereg obowiązkowych badań (m.in. próby szczelności każdej zapuszczonej kolumny rur okładzinowych, CBL (ang. cement bond log) – stan zacementowania, testy diagnostyczne przed szczelinowaniem) weryfikowanych przez odpowiednie organy kontrolne, które wyznaczają rygorystyczny reżim pracy w trakcie szczelinowania. Realizowane jest to przez Operatorów poprzez zastosowanie adekwatnych technik cementacyjnych i odpowiednio zaprojektowanych otworów. Prawidłowe wykonanie otworu oraz kontrola i weryfikacja poszczególnych operacji w trakcie prowadzenia prac eliminują również te zagrożenia.

Podsumowując, dla żadnego z badanych poligonów badawczych nie istnieją przesłanki, które wskazywałyby na możliwość wycieku płynów technologicznych lub złożowych do wód użytkowych na skutek zabiegów szczelinowania. W warunkach geologicznych występowania perspektywicznych kompleksów łupkowych na Pomorzu, nie ma nawet takiej możliwości teoretycznej, gdyż zrzuty na uskokach są niewspółmiernie małe w relacji do dużej miąższości kompleksów uszczelniających. Kompleksy te wykazują wyjątkową efektywność uszczelniającą ze względu na umiarkowaną zmienność litologiczną, dużą ciągłość oboczną i miąższość, a także niską przepuszczalność (niekiedy niedostatecznie udokumentowaną). Na Lubelszczyźnie prawdopodobieństwo wystąpienia zanieczyszczenia wód użytkowych na skutek zabiegów szczelinowania jest małe, głównie ze względu na znaczną miąższość uszczelnienia kompleksem górnego syluru, które zachowuje znaczną ciągłość. Ze względu na niedostateczną ilość danych nie można ocenić jednorodności jego wykształcenia. Pozostałe, młodsze kompleksy uszczelniające w szeroko pojętym obszarze basenu lubelskiego nie są ciągłe. Ponadto przemieszczenia na uskokach są tu niekiedy większe niż miąższości warstw uszczelniających, co powoduje, że stopień uszczelnienia należy badać niezależnie w każdym pojedynczym przypadku, zwłaszcza tam, gdzie brak ekranu cechsztyńskiego. W badanych przypadkach, odległości od znaczących stref uskokowych były na tyle duże, że nie stwierdzono zagrożenia wyciekami płynów technologicznych i złożowych na skutek szczelinowania

## 4.5 Powierzchnia terenu – zagrożenie indukowanym wstrząsem sejsmicznym

Całkowita energia jednej fazy szczelinowania hydraulicznego jest równa energii wstrząsu sejsmicznego o magnitudzie M 3, który odpowiada najłagodniejszemu wstrząsowi, jaki może odczuć człowiek na powierzchni ziemi. Jednak w przypadku naturalnego wstrząsu sejsmicznego energia ta jest wyzwolana w przeciągu pojedynczych sekund i jest skumulowana na pojedynczej powierzchni przemieszczenia, zaś energia szczelinowania wyzwolana jest w przeciągu kilku tysięcy sekund na rozproszonych powierzchniach poślizgu, które manifestują się w postaci chmury mikrowstrząsów sejsmicznych. Z kolei energia nawet najsilniejszych mikrowstrząsów (M – 1) jest ok. 1 milion razy słabsza od najłagodniejszego wstrząsu odczuwalnego przez człowieka na powierzchni. Warto podkreślić, że energia wstrząsu mogącego spowodować szkody budowlane jest jeszcze 1000 razy większa od energii wstrząsu odczuwalnego.

Zatem, jedynym mechanizmem mogącym spowodować zagrożenie na powierzchni byłoby zainicjowanie naturalnego wstrząsu sejsmicznego, który wyzwoliłby w istocie energię deformacji tektonicznych zakumulowaną w skale. Zjawisko zainicjowania naturalnego wstrząsu sejsmicznego szczelinowaniem łupków zostało stwierdzone m.in. w Blackpool w Wielkiej Brytanii (DECC, 2014). Wstrząs o niewielkiej magnitudzie M 2,3 nie spowodował żadnych zniszczeń. Główną przyczyną zainicjowania wstrząsu zabiegiem technologicznym jest w tym przypadku podwyższenie ciśnienia porowego, które powoduje spadek naprężeń efektywnych. Zgodnie z kryterium wytrzymałości Mohra–Coulomba, przemieszczenie na uskoku może wówczas nastąpić przy niższym poziomie skumulowanej energii. Taki wstrząs indukowany szczelinowaniem może być jedynie słabszy od wstrząsów występujących naturalnie na danym obszarze, gdyż na skutek podwyższenia ciśnienia w trakcie szczelinowania, energia może zostać wyzwolona przy niższym poziomie naprężeń efektywnych. A zatem indukowanie zjawiska sejsmicznego nie stanowi dodatkowego czynnika zagrożenia, a jedynie może przyczynić się do przyspieszenia wystąpienia wstrząsu na danym obszarze.



Poziom energetyczny wstrząsów odczuwalnych na powierzchni i mikro-wstrząsów przy szczelinowaniu:

najniższe niszczące niektóre konstrukcje

300 MWh – najniższe odczuwalne

3 kWh – najsilniejsze mikro-wstrząsy

30 Wh – najniższe rejestrowane mikro-wstrząsy

**Rys. 4.8.** Wykres ukazujący związki pomiędzy magnitudą wstrząsu sejsmicznego, przemieszczeniem w ognisku wstrząsu i długością powierzchni przemieszczenia (uskoku) wg Zoback i Gorelick (2012).

Dla zainicjowania wstrząsu potrzebne jest występowanie w strefie szczelinowanej uskoku znajdującego się w stanie naprężeń bliskim krytycznego. Aby wstrząs taki został odczuty na powierzchni, uskok taki musi mieć znaczne rozmiary, długość co najmniej kilkuset metrów, które pozwoliłyby na skumulowanie i rozładowanie odpowiedniej energii (por. rys. 4.8). Dla zainicjowania wstrząsu powodującego zniszczenia (~M 5), potrzebny jest uskok o długości powyżej 1 km. Tej rangi uskoki są rozpoznawalne na dobrej i średniej jakości profilach sejsmicznych. Należy podkreślić, że towarzyszący szczelinowaniu wzrost ciśnienia porowego o kilka MPa (realistyczna wartość dla szczelinowania łupków) obejmuje obszar o zasięgu kilkuset metrów od otworu, a zatem przy udziale płynów szczelinujących, nawet w przypadku najbardziej niekorzystnej konfiguracji krytycznie naprężonych uskoku trudno będzie zainicjować wstrząs silniejszy od M 4. Silniejsze wstrząsy, o magnitudzie M 4,7 (Arkansas) i M 5,3 (Kolorado/Nowy Meksyk) indukowane były na skutek wieloletniego zatłaczania płynów technologicznych w celu ich utylizacji (m.in. po szczelinowaniu węgla kamiennego) do formacji zbiornikowych (Zoback, Gorelick, 2012). Wstrząsy te nie miały zatem bezpośredniego związku z zabiegami szczelinowania. Ponadto, w tych rejonach USA naturalna sejsmiczność jest znacznie bardziej intensywna niż w Polsce. W Wielkiej Brytanii, w przypadku szczelinowania w łupkach zaleca się, aby już przy wystąpieniu wstrząsu silniejszego od M 0,5 zabieg szczelinowania został przerwany (DECC, 2014).

Jednym z czynników znacznie podwyższającym bezpieczeństwo szczelinowania w Polsce jest duża głębokość perspektywicznych kompleksów łupkowych, ale jest to jednocześnie czynnik wyraźnie



obniżający efekt ekonomiczny eksploatacji potencjalnego złoża. Badane obszary należą do najspokojniejszych pod względem aktywności sejsmicznej w Europie, toteż prawdopodobieństwo wystąpienia tu odczuwalnych wstrząsów indukowanych zabiegami szczelinowania jest wyjątkowo małe. Można ponadto zaryzykować stwierdzenie, że jest ono mniejsze na Pomorzu niż na Lubelszczyźnie. Brak w bezpośrednim sąsiedztwie badanych otworów dużych stref uskokowych nie jest przypadkiem lecz zasadą, którą kierują się firmy operujące na koncesjach. Przy dobrym rozpoznaniu geofizycznym otwory lokalizuje się tak, aby szczeliny hydrauliczne nie osiągnęły stref uskokowych, gdyż zmniejsza to wyraźnie efektywność stymulacji kolektora łupkowego. Uskoków unika się zatem nie tylko ze względów bezpieczeństwa, ale także z przyczyn ekonomicznych, co jest przykładem synergii pomiędzy bezpośrednim interesem inwestora, a dobrem środowiska.

## 4.6 Ocena oddziaływania na obszary chronione

Analizę wpływu na obszary cenne przyrodniczo przeprowadzonych prac w poszczególnych zakładach wykonujących roboty geologiczne polegające na poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż gazu ziemnego w łupkach przedstawiono w tabeli 4.6. W analizie uwzględniono następujące obszary chronione występujące w promieniu 15 km od zakładów: rezerваты, parki narodowe, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu oraz obszary Natura 2000: specjalne obszary ochrony siedlisk i obszary specjalnej ochrony ptaków. Obszarom przypisano parametry lokalizacji względem najbliższych zakładów, określono odległość i kierunek, a także zidentyfikowano ekosystemy zależne od wód, na podstawie bazy danych wg Jarzombkowski F, i inni, 2009. Poligonom przypisano dwa parametry charakteryzujące: dominujący kierunek wiatru oraz kierunek spływu wód podziemnych. Rozpatrując potencjalne oddziaływanie przyjęto następujące założenia, oparte na wynikach badań zrealizowanych w ramach projektu:

- HAŁAS: oddziaływanie możliwe w odległości do 500 m od zakładu
  - 0: odległość pomiędzy obszarem a zakładem > 500 m,
  - 1: odległość pomiędzy obszarem a zakładem < 500 m;
- TRANSPORT: wzmożony ruch kołowy na odcinku od zakładu do najbliższej drogi wojewódzkiej lub do skrzyżowania dróg wojewódzkich
  - 0: zdefiniowany odcinek o wzmożonym ruchu nie przebiega przez lub w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru,
  - 1: zdefiniowany odcinek o wzmożonym ruchu przebiega przez lub w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru;
- WODY: ekosystemy zależne od wód położone na kierunku spływu i w zasięgu potencjalnego czasu migracji
  - 0: obszar zlokalizowany poza kierunkiem spływu wód lub w obszarze zlokalizowanym na kierunku spływu wód nie występują ekosystemy zależne od wód,
  - 1: obszar zlokalizowany na kierunku spływu wód i w obszarze występują ekosystemy zależne od wód;
- POWIETRZE: oddziaływanie możliwe w odległości do 1000 m od zakładu
  - 0: obszar zlokalizowany w kierunku innym niż dominujący kierunek wiatru lub w odległości > 1000 m
  - 1: obszar zlokalizowany zgodnie z dominującym kierunkiem wiatru i w odległości < 1000 m

W wyniku przeprowadzonej analizy nie stwierdzono wpływu na obszary prawnie chronione ze względu na dużą odległość ich występowania od rozpatrywanych zakładów wykonujących roboty geologiczne, z wyjątkiem OCHK Puszcza Darżłubska oraz Chełmski OCHK. Ze względu na lokalizację zakładów Lubocino i Syczyn w granicach obszaru chronionego krajobrazu, prace wykonywane w obrębie tych zakładów mogą mieć potencjalne, krótkotrwałe negatywne oddziaływanie na następujące elementy środowiska: powietrze (związane z kierunkiem dominującym wiatrów) i wody (związane z kierunkiem spływu wód i ich prędkością) oraz mogą powodować zwiększenie poziomu hałasu. Do czynników wpływających negatywnie na powietrze i hałas w obrębie obszarów chronionych w rejonie analizowanych zakładów można zaliczyć również transport. Operatorzy, mając na względzie lokalizację tych zakładów w obszarach cennych przyrodniczo, przed wykonaniem prac związanych z budową zakładów uzyskali decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięcia i uzgodnili warunki realizacji tych inwestycji.

**Tabela 4.6.** Analiza wpływu wybranych aspektów związanych z pracami poszukiwawczymi niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów na obszary przyrodnicze prawnie chronione

NUMER POLIGONU	POLIGON		OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WOD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANS-PORT	WODY	POWIE-TRZE
			A B C D E F	Natura 2000 Specjalne obszary ochrony siedlisk Natura 2000 Obszary specjalnej ochrony ptaków obszar chronionego krajobrazu Park krajobrazowy Park narodowy Rezerwat				0 1	BRAK MOZLIWE		
1	SW	S, SW	B	Puszcza Darżłubska PLB220007	5,09	SE	TAK	0	1	0	0
1	SW	S, SW	B	Bielawskie Błota PLB220010	8,40	NE	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	B	Lasy Łębskie PLB220006	9,74	SW	TAK	0	0	1	0
1	SW	S, SW	B	Przybrzeżne wody Bałtyku PLB990002	12,62	N	NIE	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Trzy Młyny PLH220029	1,92	NE	TAK	0	1	0	0
1	SW	S, SW	A	Opalińskie Buczyny PLH220099	3,46	W	NIE	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Orle PLH220019	6,28	S	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Bielawa i Bory Bażynowe PLH220063	8,49	NE	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Piasńskie Łąki PLH220021	10,06	NW	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Widowo PLH220054	12,21	N	NIE	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Jeziora Choczewskie PLH220096	12,64	W	NIE	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Wejherowo PLH220084	14,37	SE	NIE	0	0	0	0
1	SW	S, SW	A	Białogóra PLH220003	14,97	NNW	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	C	Puszczy Darżłubskiej	0,00	0	TAK	1	1	1	1
1	SW	S, SW	C	Pradoliny Redy-Łeby	5,40	SSW	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	C	Nadmorski	7,38	N	TAK	0	0	0	0
1	SW	S, SW	C	Choczewsko-Saliński	10,40	W	TAK	0	0	0	0

POLIGON				OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANS-PORT	WODY	POWIE-TRZE	
1	SW	S, SW	D	Nadmorski Park Krajobrazowy	9,91	N	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	D	Trójmiejski Park Krajobrazowy	14,15	SE	NIE	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Źródłiska Czarniej Wody – otulina	2,47	NE	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Źródłiska Czarniej Wody	2,96	NE	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Darżlubskie Buki	8,30	SEE	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Zielone	9,14	N	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Bielawa	9,44	NE	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Długosz Królewski w Wierzhucinie	10,83	NNW	TAK	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Widowo	12,21	N	NIE	0	0	0	0	
1	SW	S, SW	F	Piaśnickie Łąki	12,23	NNW	TAK	0	0	0	0	
2	NW	W, NW	B	Lasy Iławskie PLB280005	6,25	SSE	TAK	0	1	0	0	
2	NW	W, NW	A	Ostoja Iławska PLH280053	6,76	SSE	TAK	0	1	0	0	
2	NW	W, NW	A	Aleje Pojezierza Iławskiego PLH280051	9,89	SSW	TAK	0	1	0	0	
2	NW	W, NW	A	Mikołajki Pomorskie PLH220076	12,74	SWW	TAK	0	0	0	0	
2	NW	W, NW	C	Rzeki Dzierzgoń	0,06	N, NE, E, SE	NIE	1	1	0	1	
2	NW	W, NW	C	Jeziora Dzierzgoń	4,60	SWW	NIE	0	0	0	0	
2	NW	W, NW	C	Pojezierza Iławskiego - część A i B	7,24	S	TAK	0	1	0	0	
2	NW	W, NW	C	Rzeki Liwy	12,07	SW	NIE	0	0	0	0	
2	NW	W, NW	C	Jeziora Drużno	12,12	NE	NIE	0	0	0	0	
2	NW	W, NW	D	Park Krajobrazowy Pojezierza Iławskiego	6,41	SSE	TAK	0	1	0	0	
2	NW	W, NW	F	Jezioro Gaudy	12,23	SSE	TAK	0	0	0	0	
3	W	W, SW	B	Bagno Bubnów PLB060001	5,27	NNE	TAK	0	0	0	0	
3	W	W, SW	B	Polesie PLB060019	10,45	NNW	TAK	0	0	0	0	

POLIGON			OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANSPORT	WODY	POWIE-TRZE
3	W	W, SW	A	Ostojia Poleska PLH060013	5,27	N	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Dobromyśl PLH060033	6,95	SW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Jeziora Uściwierskie PLH060009	8,50	NW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Serniawy PLH060057	9,28	NE	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Sawin PLH060068	10,31	E	NIE	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Bachus PLH060056	12,38	E	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Nowosiółki (Julianów) PLH060064	12,92	SSE	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Pawłów PLH060065	13,27	SSW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Krowie Bagno PLH060011	14,22	N	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	A	Stawska Góra PLH060018	15,00	SE	NIE	0	0	0	0
3	W	W, SW	C	Chełmski Obszar Chronionego Krajobrazu	0,00	0	NIE	1	1	1	1
3	W	W, SW	C	Poleski Obszar Chronionego Krajobrazu	8,50	NNW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	C	Pawłowski Obszar Chronionego Krajobrazu	13,19	SSW	NIE	0	0	0	0
3	W	W, SW	D	Chełmski Park Krajobrazowy	8,35	E	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	D	Poleski Park Krajobrazowy	12,48	NNW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	D	Park Krajobrazowy Pojezierze Łęczyńskie	13,11	NW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	E	Poleski Park Narodowy	5,26	NNE	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	F	Jezioro Świerzców	6,29	NW	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	F	Serniawy	9,28	NE	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	F	Bachus	12,38	NE	TAK	0	0	0	0
3	W	W, SW	F	Stawska Góra	15,00	SE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	B	Bory Tucholskie PLB220009	13,79	SW	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Dolina Środkowej Wietlicy PLH220009	3,40	NNW	TAK	0	1	0	0

POLIGON			OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANS-PORT	WODY	POWIE-TRZE
4	N	W, NW	A	Lubieszyniek PLH220074	4,36	W	NIE	0	1	0	0
4	N	W, NW	A	Zielonina PLH220065	4,61	NE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Guzy PLH220068	5,55	NNE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Szumieś PLH220086	5,73	NNW	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Szczodrowo PLH220101	5,87	NEE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Dolina Wierzycy PLH220094	6,21	S-SE	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Przywidz PLH220025	8,34	NNE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Wilcze Błota PLH220093	13,25	SW	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Wielki Klincz PLH220083	13,38	W	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Piotrowo PLH220091	13,48	NW	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Pomlewo PLH220092	14,41	NNE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Huta Dolna PLH220089	14,56	NNE	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	A	Dąbrowka PLH220088	14,76	NW	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	C	Doliny Włetcisy	0,71	E	TAK	0	1	0	0
4	N	W, NW	C	Doliny Wierzycy	3,73	S	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	C	Polaskowski	5,93	SW	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	C	Przywidzki	6,79	NE-W-S	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	C	Borów Tucholskich	12,62	SW	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	D	Kaszubski Park Krajobrazowy	13,46	NW	TAK	0	0	0	0
4	N	W, NW	F	Brzęczek	5,18	S	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	F	Orle nad Jeziorem Dużym	7,81	SW	NIE	0	0	0	0
4	N	W, NW	F	Wyspa na Jeziorze Przywidz	11,85	NNE	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	B	Roztocze PLB060012	3,26	S	TAK	0	0	0	0

POLIGON			OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANSPORT	WODY	POWIE-TRZE
5	NE	S, SW, NW	B	Ostojka Nieliska PLB060020	5,07	WN	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	B	Dolina Górnej Łabuńki PLB060013	9,40	SE	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Niedzielski Las PLH060092	3,96	S	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Niedzielska PLH060044	4,74	SW	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Kąty PLH060010	6,63	S	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Doliny Łabuńki i Topornicy PLH060087	7,25	SE	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Hubale PLH060008	7,27	SE	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Roztocze Środkowe PLH060017	8,45	SW	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Dolina Łętowni PLH060040	10,19	NW	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Uroczyska Lasów Adamowskich PLH060094	10,55	SE	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Kornelówka PLH060091	14,21	NE	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	A	Izbicki Przełom Wieprza PLH060030	14,27	N	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	D	Skierbieszowski Park Krajobrazowy	9,02	NE	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	D	Szczębrzeszyński Park Krajobrazowy	12,13	SWW	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	E	Roztoczański Park Narodowy	8,45	SW	NIE	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	F	Hubale	7,18	SE	TAK	0	0	0	0
5	NE	S, SW, NW	F	Wieprzec	8,46	SE	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	B	Lasy Lęborskie PLB220006	5,78	E	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	A	Jeziora Choczewskie PLH220096	9,49	E, NE	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	A	Łebskie Bagna PLH220040	11,75	SW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	A	Górkowski Las PLH220045	12,62	NWW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	C	Choczewsko – Saliński	5,27	N-E	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	C	Pradoliny Redy – Łęby	5,41	S-SE	TAK	0	1	0	0

POLIGON				OBSZAR CHRONIONY				POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLEDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANS-PORT	WODY	POWIE-TRZE
6	S	W, SW	C	Fragment Pradoliny Łeby i Wzgórza Morenowe	9,31	S	NIE	0	0	0	0
6	S	W, SW	C	Nadmorski	14,65	N	NIE	0	0	0	0
6	S	W, SW	E	Słowiński Park Narodowy – otulina	6,73	NW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Pużyckie Łęgi – otulina	3,94	E	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Pużyckie Łęgi	4,02	E	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Borkowskie Wąwozy	9,17	N	NIE	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Długosz Królewski w Łęczynie	10,16	E	NIE	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Nowe Wiciko	10,98	NWW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Wielistowskie Źródlika	11,04	SE	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Łębskie Bagno – otulina	11,55	SW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Wielistowskie Łęgi	11,69	SE	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Łębskie Bagno	11,75	SW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Las Górkowski	12,62	NWW	TAK	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Choczewskie Cisy	14,46	N	NIE	0	0	0	0
6	S	W, SW	F	Czarne Bagno	14,80	SW	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	B	Bory Tucholskie PLB220009	11,85	S	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	B	Łasy Mirachowskie PLB220008	12,36	N	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego PLH220095	2,37	E, SE	TAK	0	1	0	0
7	SE	SW, SE	A	Rywna Dłużnicy PLH220081	7,31	SW	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Mechowiska Sulęczyńskie PLH220017	8,04	W	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Dolina Słupi PLH220052	9,23	W	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Nowa Sikorska Huta PLH220090	11,30	SE	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Dąbrówka PLH220088	11,43	SE	NIE	0	0	0	0

POLIGON			OBSZAR CHRONIONY					POTENCJALNE ODDZIAŁYWANIE			
NUMER POLIGONU	KIERUNEK SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	DOMINUJĄCY KIERUNEK WIATRU	RANGA	NAZWA	ODLEGŁOŚĆ OD ZAKŁADU	KIERUNEK WZGLĘDEM ZAKŁADU	EKOSYSTEMY ZALĘŻNE OD WÓD <sup>1)</sup>	HAŁAS	TRANS-PORT	WODY	POWIE-TRZE
7	SE	SW, SE	A	Jeziora Kistowskie PLH220097	11,50	NW	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Jeziora Chośnickie PLH220012	13,01	NW	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Piotrowo PLH220091	14,15	SEE	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Leniec nad Wierzą PLH220073	14,87	SSE	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	A	Staniszewskie Błoto PLH220027	15,00	NNE	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	C	Gowidliński	4,48	W	TAK	0	1	0	0
7	SE	SW, SE	C	Lipuski	12,10	SW	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	C	Kartuski	13,41	NEE	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	D	Kaszubski Park Krajobrazowy	1,95	E, SE	TAK	0	1	0	0
7	SE	SW, SE	F	Strzelnica	11,46	SSE	NIE	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	F	Ostrzycki Las	11,54	E	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	F	Żurawie Chrusty	11,55	NE	TAK	0	0	0	0
7	SE	SW, SE	F	Jeziora Chośnickie	13,01	NWW	TAK	0	0	0	0



Potencjalne oddziaływania na obszary znajdujące się w znacznym oddaleniu od zakładów, np. zmiana stosunków wodnych, trwałe zanieczyszczenie powietrza gazami lub pyłem itp. nie zostały stwierdzone, co wynika wprost z dyskusji wyników badań przeprowadzonych w tym zakresie na analizowanych poligonach.

Największą częstość występowania oddziaływań wykazuje transport, co świadczyłoby, że przy poprawnie zlokalizowanych placach wiertni w stosunku do terenów cennych przyrodniczo, to właśnie ruch samochodowy jest największą, pośrednią uciążliwością, która musi być uwzględniona przez Operatorów przy prowadzeniu działalności poszukiwawczej. Wniosek ten można odnieść również do zabudowy mieszkaniowej.

## 4.7 Odpady wiertnicze i płyny technologiczne

### Odpady wiertnicze

Celem przeprowadzonej analizy jest przedstawienie charakterystyki wytwarzanych odpadów wraz z określeniem ich potencjalnego wpływu na środowisko. Charakterystykę wytwarzanych odpadów przedstawiono w ujęciu dwóch basenów: basen pomorski (poligony badawcze: Lubocino, Stare Miasto, Wysin i Gapowo) oraz basen lubelski (poligony badawcze: Syczyn i Zawada).

Zwierziny charakteryzują się ciemnymi barwami w odcieniach od czarno–ziemistej do szaro-grafitowej oraz od czarnej poprzez brązową do rdzawej z przebarwieniami szaroniebieskimi. Konsystencja badanych próbek była głównie błotnista i gliniasta, tylko w przypadku wiercenia Gapowo-1A materiał był dość sypki, z tendencją do lokalnego mikrozbrylania. Ze względu na te właściwości, nie wyznaczono tu takich parametrów jak granica plastyczności oraz wskaźnik plastyczności. Charakterystykę właściwości fizykochemicznych fazy stałej odpadów wiertniczych przedstawiono w tabeli 4.7.

**Tabela 4.7.** Właściwości fizykochemiczne fazy stałej odpadów wiertniczych.

Lp.	Właściwości		
1	Odczyn	pH	7,49–9,65
2	Zawartość wody	[%]	4,9–52,1
3	Strata prażenia w temp. 850°C	[%]	6,5–18,1
4	Granica plastyczności	W <sub>p</sub> [%]	12,08–28,52*
5	Granica płynności	W <sub>L</sub> [%]	18,95–54,69
6	Wskaźnik plastyczności	I <sub>p</sub> [%]	5,74–26,17*
7	Współczynnik filtracji	k = k <sub>10</sub> [m/s]	2,91·10 <sup>-8</sup> –6,24·10 <sup>-6</sup>
8	Wilgotność naturalna	W <sub>N</sub> [%]	4,9–52,1
9	Odczyn	pH	7,49–9,65

\* z wyjątkiem Gapowo-1A

Zawartości składników nieorganicznych w badanych próbkach fazy stałej odpadów wiertniczych w podziale na basen pomorski i basen lubelski przedstawiono w tabeli (tabela 4.8). W próbkach reprezentujących basen pomorski w szerszym zakresie niż na południu występują: glin, żelazo, wapń, magnez, potas i sód. Natomiast w basenie lubelskim w znacznie szerszym zakresie występuje siarka, ogólny węgiel organiczny, rozpuszczony węgiel organiczny i wyższy jest wskaźnik chemicznego zapotrzebowania na tlen. Suma zawartych węglowodorów w basenie pomorskim waha się w granicach 213,79–1 616,14 mg/kg s.m., zaś w basenie lubelskim zaledwie 541,03–631,72 mg/kg s.m., co jednak może być związane nie tylko z warunkami złożowymi, ale też zastosowanym rodzajem płuczki wiertniczej (tabela 4.8 i 4.9).

**Tabela 4.8.** Zawartości składników nieorganicznych w badanych próbkach fazy stałej odpadów wiertniczych w podziale na basen pomorski i basen lubelski

Lp.	Skład	Skład postać tlenkowa	Basen pomorski	Basen lubelski	Skład pierw.	Basen pomorski	Basen lubelski
			%			mg/kg s.m.	
1	Składniki główne	Str. prażenia	6,5–18,11	12,66–13,1	–	65 000–18 1100	126 600–131 000
2		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,47–9,09	4,88–7,26	Al	18 370,1–48 112,7	25 824,7–38 418,3
3		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,97–9,5	4,76–5,31	Fe	20 811,5–66 476,4	33 342,7–37 149,8
4		CaO	2,83–8,75	5,95–6,64	Ca	20 209,2–62 542,9	42 527,4–47 479,2
5		MgO	1,4–4,97	2,89–3,76	Mg	8 432,4–29 968,9	17 449,8–22 697,6
6		Na <sub>2</sub> O	0,26–6,06	0,37–0,41	Na	1 948,4–4 498,7	2 783,6–3 067,1
7		K <sub>2</sub> O	0,82–2,68	1,18–2,02	K	6 794,4–22 247,8	9 801,1–16 762,7
8		SO <sub>3</sub>	1,40·10 <sup>-3</sup> –3,85	1,78–1,99	S	17,3–46 180	23 830,2–214 204
9		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11–0,27	0,2–0,24	P	473,4–1 191,9	851,6–1 051,1
10		Mn <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07–0,25	0,06–0,07	Mn	377,4–1 447,8	362,6–411,4
11		BaO	0,05–0,32	0,1–0,28	Ba	454,7–2 836,3	877,2–2 516,2
12	Składniki śladowe	Li <sub>2</sub> O	4,00·10 <sup>-3</sup> –0,01	5,00·10 <sup>-3</sup> –6,40·10 <sup>-3</sup>	Li	18,6–31,5	25,1–29,8
13		B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,00·10 <sup>-4</sup> –0,01	2,00·10 <sup>-3</sup> –6,70·10 <sup>-3</sup>	B	0,5–33,1	5,0–16,9
14		ZnO	6,70·10 <sup>-3</sup> –0,024	0,011–0,039	Zn	53,4–189,4	90,6–313,2
15		SrO	1,00·10 <sup>-3</sup> –0,069	0,016–0,0281	Sr	87,7–582,2	136,6–237,2
16		SnO <sub>2</sub>	4,00·10 <sup>-4</sup> –5,00·10 <sup>-3</sup>	3,00·10 <sup>-4</sup> –1,10·10 <sup>-3</sup>	Sn	3–24,7	2,5–8,5
17		TiO <sub>2</sub>	1,00·10 <sup>-4</sup> –3,00·10 <sup>-4</sup>	3,00·10 <sup>-4</sup> –3,00·10 <sup>-4</sup>	Ti	0,1–2,3	0,2–2,5
18		As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,00·10 <sup>-4</sup> –2,30·10 <sup>-3</sup>	1,20·10 <sup>-3</sup> –1,40·10 <sup>-3</sup>	As	2,1–14,7	7,5–9
19		SeO <sub>2</sub>	2,00·10 <sup>-5</sup> –2,60·10 <sup>-4</sup>	1,00·10 <sup>-5</sup> –2,50·10 <sup>-4</sup>	Se	0,1–1,8	0,1–1,8
20		MoO <sub>3</sub>	1,80·10 <sup>-5</sup> –7,90·10 <sup>-4</sup>	9,20·10 <sup>-4</sup> –1,60·10 <sup>-3</sup>	Mo	0,2–5,2	6,1–10,9
21		CrO <sub>3</sub>	6,10·10 <sup>-3</sup> –0,018	7,70·10 <sup>-3</sup> –0,012	Cr	31,8–95,4	40,1–64,2
22		CdO	1,00·10 <sup>-5</sup> –4,00·10 <sup>-5</sup>	4,00·10 <sup>-5</sup> –6,00·10 <sup>-4</sup>	Cd	0,1–0,4	0,4–5,3
23		PbO	6,30·10 <sup>-4</sup> –9,90·10 <sup>-3</sup>	1,50·10 <sup>-3</sup> –1,54·10 <sup>-3</sup>	Pb	5,8–91,5	13,5–14,3
24		CoO	8,10·10 <sup>-4</sup> –2,50·10 <sup>-3</sup>	1,20·10 <sup>-3</sup> –1,50·10 <sup>-3</sup>	Co	6,4–19,3	9,3–11,9
25		NiO	3,50·10 <sup>-3</sup> –9,10·10 <sup>-3</sup>	5,30·10 <sup>-3</sup> –7,80·10 <sup>-3</sup>	Ni	27,5–71,3	41,2–61
26		BeO	1,20·10 <sup>-4</sup> –7,10·10 <sup>-4</sup>	2,30·10 <sup>-4</sup> –7,80·10 <sup>-4</sup>	Be	0,4–2,6	0,84–2,8
27		V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,50·10 <sup>-3</sup> –0,021	0,011–0,041	V	47,4–119,4	64,2–230,5
28		CuO	3,50·10 <sup>-3</sup> –4,3	6,40·10 <sup>-3</sup> –7,30·10 <sup>-3</sup>	Cu	27,6–106	50,8–58,6
29		Ag <sub>2</sub> O	0,00–6,00·10 <sup>-5</sup>	1,00·10 <sup>-5</sup> –1,00·10 <sup>-5</sup>	Ag	0,00–0,6	0,1–0,1
30		TiO <sub>2</sub>	7,80·10 <sup>-4</sup> –0,019	6,00·10 <sup>-3</sup> –8,50·10 <sup>-3</sup>	Ti	4,7–114,8	36–51,1
31		HgO	0,00–3,00·10 <sup>-5</sup>	2,00·10 <sup>-5</sup> –2,00·10 <sup>-5</sup>	Hg	0,02–0,3	0,03–0,2
32	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,40·10 <sup>-6</sup> –1,20·10 <sup>-3</sup>	1,00·10 <sup>-5</sup> –1,00·10 <sup>-5</sup>	Sb	0,03–10	0,05–0,05	
33	*UO <sub>3</sub>	0,00–1,40·10 <sup>-3</sup>	1,00·10 <sup>-5</sup> –3,00·10 <sup>-3</sup>	U	0,08–11,8	0,05–24,8	
34				F	29–698	112–192	
35				*NNH <sub>4</sub>	37,6–267	134–155	

**Tabela 4.9.** Zawartość składników organicznych w badanych próbkach fazy stałej odpadów wiertniczych w podziale na basen pomorski i basen lubelski

Lp.	Składnik		Jedn.	Basen pomorski	Basen lubelski
1	Węglowodory:	sumarycznie	mg/kg s.m.	213,79–1 616,14	541,03–631,72
2		alifatyczne	mg/kg s.m.	212,35–1 591,22	480,42–628,79
3		aromatyczne	mg/kg s.m.	1,08–70,18	2,93–60,62
4	Benzyna	sumarycznie	mg/kg s.m.	3,25–210,53	8,84–181,85
5	Olej mineralny	sumarycznie	mg/kg s.m.	99,8–1541,38	359,18–622,94
6	Ogólny węgiel organiczny (OWO)		mg/kg s.m.	3 058–34 241	39 325–40 650
7	Rozpuszczony węgiel organiczny (RWO)		mg/kg s.m.	1 113–7 736	7 548–10 190
8	Indeks fenolowy (fenole)		mg/kg s.m.	< 0,5–0,8	1,4–7
9	ChZT (metoda dichromianowa)		mg/kg s.m.	7 950–89 032	108 400–110 229
10	Związki powierzchniowo-czynne (anionowe)		mg/kg s.m.	9,0–64,6	34,30
11	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)				
11.1		<i>Naftalen</i>	mg/kg s.m	< 0,001–0,018	< 0,001
11.2		<i>Acenaften</i>		< 0,001–0,018	0,005–0,082
11.3		<i>Fluoren</i>		< 0,001–0,012	< 0,001–0,022
11.4		<i>Fenantren</i>		< 0,001–0,109	0,019–0,374
11.5		<i>Antracen</i>		< 0,001–0,004	0,002–0,006
11.6		<i>Fluoranten</i>		< 0,001–0,016	< 0,001–0,2
11.7		<i>Piren</i>		< 0,001–0,018	< 0,001–0,08
11.8		<i>Benzo(a)antracen</i>		0,008–0,446	0,017–0,438
11.9		<i>Chryzen</i>		0,003–0,065	< 0,001–0,079
11.10		<i>Benzo(b)fluoranten</i>		< 0,001–0,012	< 0,001–0,018
11.11		<i>Benzo(k)fluoranten</i>		< 0,001–0,009	< 0,001–0,009
11.12		<i>Benzo(a)piren</i>		< 0,001–0,014	< 0,001–0,016
11.13		<i>Dibenzo(ah)antracen</i>		< 0,001–0,005	< 0,001–0,009
11.14		<i>Benzo(ghi)perylene</i>		< 0,001–0,016	0,02–0,024
11.15		<i>Indeno(1,2,3,c,d)piren</i>		< 0,001–0,014	< 0,001–0,008

< wynik poniżej granicy oznaczalności

W celu określenia potencjalnego oddziaływania na środowisko odpadów wiertniczych wytworzonych w procesie wiercenia oraz potencjalnych możliwości ich wykorzystania posłużono się kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. 2005 nr 186 poz. 1553 wraz z późniejszymi zmianami) zastąpionym Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. z 2013 r., poz. 38). Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabelach 4.10 i 4.11.

Badania analizowanych odpadów wiertniczych na wymywalność, pod kątem ich oddziaływania na środowisko w przypadku unieszkodliwiania tych odpadów poprzez składowanie, wykazały, że odpady te nie spełniałyby kryteriów dopuszczania ich do składowania na poszczególnych typach składowisk jedynie ze względu na parametry zaznaczone kolorem w tabelach 4.10 i 4.11. W tych przypadkach stwierdzono podwyższone zawartości zarówno w stosunku do granicznych wartości dopuszczalnych do składowania odpadów na składowiskach odpadów obojętnych, jak i na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne oraz w pojedynczych przypadkach dla składowisk odpadów niebezpiecznych.

**Tabela 4.10.** Podstawowa charakterystyka próbek odpadów wiertniczych (OSW) ze względu na dopuszczalne graniczne wartości wymywania\* jako kryterium dopuszczania odpadów do składowania – basen pomorski

Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Lubocino		Poligon badawczy Stare Miasto	Poligon badawczy Wysin		Poligon badawczy Gapowo
		Wartość dopuszczalna			1/OSW/1/ 07.09.2012	1/OSW/2/ 01.10.2012		4/OSW/1/ 27.03.2013	4/OSW/2/ 26.04.2013	
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]					
1	Antymon (Sb)	5	0,06	0,7	0,11	$8,33 \cdot 10^{-2}$	$6,77 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$
2	Arsen (As)	25	0,5	2	$5,91 \cdot 10^{-2}$	$1,28 \cdot 10^{-2}$	$7,81 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$	0,13
3	Bar (Ba)	300	20	100	$5,72 \cdot 10^{-2}$	0,76	$1,48 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$7,2 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$
4	Beryl (Be)	-	-	-	$4,70 \cdot 10^{-4}$	$3,09 \cdot 10^{-3}$	$4,95 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$
5	Bor (B)	-	-	-	$1,97 \cdot 10^{-2}$	$2,06 \cdot 10^{-2}$	$2,46 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
6	Chrom (Cr)	70	0,5	10	$7,60 \cdot 10^{-4}$	$5,33 \cdot 10^{-3}$	$1,46 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$
7	Cyna (Sn)	-	-	-	$6,63 \cdot 10^{-2}$	$1,69 \cdot 10^{-2}$	$4,70 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$9,3 \cdot 10^{-3}$	$3,70 \cdot 10^{-2}$
8	Cynk (Zn)	200	4	50	$2,56 \cdot 10^{-2}$	$5,51 \cdot 10^{-2}$	$6,11 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$8,7 \cdot 10^{-2}$
9	Glin (Al)	-	-	-	$5,85 \cdot 10^{-3}$	1,12	0,45	$7,0 \cdot 10^{-3}$	0,18	0,1
10	Kadm (Cd)	5	0,04	1	$5,28 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-3}$	$5,45 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$
11	Kobalt (Co)	-	-	-	$4,20 \cdot 10^{-3}$	$5,81 \cdot 10^{-3}$	$9,02 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
12	Mangan (Mn)	-	-	-	$2,47 \cdot 10^{-3}$	0,34	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
13	Miedź (Cu)	100	2	50	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$1,44 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
14	Molibden (Mo)	30	0,5	10	$2,92 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-2}$	$4,29 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-2}$
15	Nikiel (Ni)	40	0,4	10	$4,52 \cdot 10^{-3}$	$3,47 \cdot 10^{-3}$	$7,47 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
16	Ołów (Pb)	50	0,5	10	$5,50 \cdot 10^{-3}$	$2,57 \cdot 10^{-2}$	$3,84 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$

Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Lubocino		Poligon badawczy Stare Miasto	Poligon badawczy Wysin		Poligon badawczy Gapowo
		Wartość dopuszczalna			1/OSW/1/ 07.09.2012	1/OSW/2/ 01.10.2012		4/OSW/1/ 27.03.2013	4/OSW/2/ 26.04.2013	
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]					
17	Potas (K)	-	-	-	17 400	1 348,8	980,4	26,8	3,2	3 846
18	Rtęć (Hg)	2	0,01	0,2	2,2·10 <sup>-5</sup>	2,8·10 <sup>-4</sup>	4,8·10 <sup>-4</sup>	7,9·10 <sup>-3</sup>	5,7·10 <sup>-3</sup>	3,8·10 <sup>-2</sup>
19	Selen (Se)	7	0,1	0,5	1,78	0,59	1,1	1,5	8,7·10 <sup>-2</sup>	2,05
20	Sód (Na)	-	-	-	14073	4721,2	364,6	23 585	9 465	1133
21	Srebro (Ag)	-	-	-	2,81·10 <sup>-4</sup>	2,67·10 <sup>-3</sup>	4,01·10 <sup>-3</sup>	6,6·10 <sup>-3</sup>	7,9·10 <sup>-3</sup>	2,6·10 <sup>-3</sup>
22	Stront (Sr)	-	-	-	9,19·10 <sup>-2</sup>	0,34	2,41·10 <sup>-2</sup>	9,0·10 <sup>-2</sup>	9,6·10 <sup>-2</sup>	0,39
23	Tal (Tl)	-	-	-	7,82·10 <sup>-2</sup>	5,81·10 <sup>-2</sup>	3,38·10 <sup>-2</sup>	3,0·10 <sup>-2</sup>	2,3·10 <sup>-2</sup>	0,11
24	Tytan (Ti)	-	-	-	1,10·10 <sup>-4</sup>	1,83·10 <sup>-3</sup>	9,48·10 <sup>-4</sup>	1,5·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-3</sup>	8,2·10 <sup>-4</sup>
25	Wanad (V)	-	-	-	9,08·10 <sup>-3</sup>	3,21·10 <sup>-3</sup>	6,77·10 <sup>-3</sup>	8,4·10 <sup>-3</sup>	2,2·10 <sup>-2</sup>	1,4·10 <sup>-2</sup>
26	Wapń (Ca)	-	-	-	521	921,8	360,7	961,9	240,5	3206
27	Żelazo (Fe)	-	-	-	1,41·10 <sup>-2</sup>	3,00·10 <sup>-2</sup>	3,57·10 <sup>-2</sup>	0,15	5,0·10 <sup>-2</sup>	7,0·10 <sup>-3</sup>
28	Azotamonowy(NH4)	-	-	-	18,1	6,8	3	2,6	18	55
29	Brom, bromki (Br)	-	-	-	30,7	16,7	4,9	509	221	16,2
30	Chlorki (Cl <sup>-</sup> )	25 000	800	15 000	44 675,8	5 141,3	1 468,9	34 393	13 473,7	10 637,2
31	Fluorki (F <sup>-</sup> )	500	10	150	12	264	47,6	12,6	37,6	12,4
32	Siarczany (SO4 <sup>2-</sup> )	50 000	1000	20 000	51,3	158,5	465,8	230	94,2	300,1
33	H-węglany (HCO <sup>3-</sup> ) (węglany CO <sup>2-</sup> <sub>3</sub> )	-	-	-	1098,3	6834	3172,9	610,2	2 257,70	1952,6
					(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Lubocino		Poligon badawczy Stare Miasto	Poligon badawczy Wysin		Poligon badawczy Gapowo
		Wartość dopuszczalna			1/OSW/1/ 07.09.2012	1/OSW/2/ 01.10.2012		4/OSW/1/ 27.03.2013	4/OSW/2/ 26.04.2013	
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]					
34	Stale związki rozpuszczone (TDS)	100 000	4 000	60 000	78 920,9	19 991,8	7 028,5	65 010	27 916	21 435
35	Indeks fenolowy	-	1	-	< 0,02	0,25	< 0,02	0,5	≤ 0,02	< 0,01
36	Ogólny węgiel org. (OWO)	-	30 000	-	630	6880	2860	510	2 170	812
37	Rozpuszczony węgiel org. (RWO)	1 000	500	800	620	6360	2650	430	2 030	794
38	Subst. pow. czynne anionowe	-	-	-	< 0,2	2,8	6,4	4,9	6,9	< 0,5
39	ChZT	-	-	-	1080	17200	7340	1 370	5 850	2580
40	Benzyna (sumarycznie)	-	-	-	2,52	3,1	1,94	15,5	5,7	29,4
41	Oleje mineralne (sumarycznie)	-	500	-	5,97	4,08	7,87	97	66,7	6,8
42	Węglowodory (sumarycznie)	-	-	-	8,49	7,19	9,81	112,5	72,4	36,2
43	Węglowodory alifatyczne	-	-	-	7,85	6,15	9,16	107,4	70,5	26,4
44	Węglowodory aromatyczne	-	-	-	0,84	1,03	0,65	5,2	1,9	9,8





Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Lubocino		Poligon badawczy Stare Miasto	Poligon badawczy Wysin		Poligon badawczy Gapowo
		Wartość dopuszczalna			1/OSW/1/ 07.09.2012	1/OSW/2/ 01.10.2012	2/OSW/1/ 23.08.2012	4/OSW/1/ 27.03.2013	4/OSW/2/ 26.04.2013	7/OSW/1/ 13.02.2014
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]					
46	Odczyn-pH	-	-	-	7,68	7,9	7,65	7,49	7,88	8,43
47	Przewodnictwo właściwe [mS/cm]	-	-	-	142,8	5 600	15,6	109	49,6	36,4
48	Zdolność (ANC) do neutralizacji kwasów (pH = 7)	-	-	-	900	5 600	2678	10	37	1 600

Objaśnienia:

\* wg testu podstawowego

1) odpady niebezpieczne, 2) odpady obojętne, 3) odpady inne niż niebezpieczne i obojętne

< wynik poniżej granicy oznaczalności



przekroczenie wartości dopuszczalnej dla odpadów niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętne oraz dla odpadów obojętnych

przekroczenie wartości dopuszczalnej dla odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne oraz dla odpadów obojętnych

przekroczenie wartości dopuszczalnej dla odpadów obojętnych

**Tabela 4.11.** Podstawowa charakterystyka próbek odpadów wiertniczych (OSW) ze względu na dopuszczalne graniczne wartości wymywania\* jako kryterium dopuszczania odpadów do składowania – basen lubelski

Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Syczyn	Poligon badawczy Zawada
		Wartość dopuszczalna			3/OSW/1/23.10.2012	5/OSW/1/06.02.2013
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]	
		[mg/kg s.m.]				
1	Antymon (Sb)	5	0,06	0,7	4,20·10 <sup>-2</sup>	6,1·10 <sup>-2</sup>
2	Arsen (As)	25	0,5	2	4,64·10 <sup>-2</sup>	5,9·10 <sup>-2</sup>
3	Bar (Ba)	300	20	100	7,49·10 <sup>-2</sup>	3,4·10 <sup>-2</sup>
4	Beryl (Be)	–	–	–	6,56·10 <sup>-4</sup>	8,5·10 <sup>-4</sup>
5	Bor (B)	–	–	–	2,53·10 <sup>-2</sup>	4,0·10 <sup>-2</sup>
6	Chrom(Cr)	70	0,5	10	2,88·10 <sup>-3</sup>	3,4·10 <sup>-3</sup>
7	Cyna (Sn)	–	–	–	2,56·10 <sup>-3</sup>	1,0·10 <sup>-2</sup>
8	Cynk (Zn)	200	4	50	3,49·10 <sup>-2</sup>	4,5·10 <sup>-2</sup>
9	Glin (Al)	–	–	–	0,56	0,53
10	Kadm (Cd)	5	0,04	1	5,90·10 <sup>-3</sup>	8,6·10 <sup>-4</sup>
11	Kobalt (Co)	–	–	–	1,20·10 <sup>-2</sup>	4,7·10 <sup>-3</sup>
12	Mangan (Mn)	–	–	–	5,54·10 <sup>-3</sup>	2,8·10 <sup>-3</sup>
13	Miedź (Cu)	100	2	50	1,00·10 <sup>-3</sup>	7,4·10 <sup>-3</sup>
14	Molibden (Mo)	30	0,5	10	7,70·10 <sup>-3</sup>	9,8·10 <sup>-3</sup>
15	Nikiel (Ni)	40	0,4	10	7,25·10 <sup>-3</sup>	2,6·10 <sup>-3</sup>
16	Ołów (Pb)	50	0,5	10	2,08·10 <sup>-2</sup>	3,4·10 <sup>-2</sup>
17	Potas (K)	–	–	–	2179,3	189
18	Rtęć (Hg)	2	0,01	0,2	< 10 <sup>-6</sup>	4,6·10 <sup>-2</sup>
19	Selen (Se)	7	0,1	0,5	1,41	1,6
20	Sód (Na)	–	–	–	692,1	1 431,8
21	Srebro (Ag)	–	–	–	2,73·10 <sup>-3</sup>	3,1·10 <sup>-3</sup>
22	Stront (Sr)	–	–	–	0,12	8,1·10 <sup>-2</sup>
23	Tal (Tl)	–	–	–	1,81·10 <sup>-2</sup>	4,4·10 <sup>-2</sup>
24	Tytan (Ti)	–	–	–	5,36·10 <sup>-4</sup>	3,6·10 <sup>-3</sup>
25	Wanad (V)	–	–	–	5,02·10 <sup>-2</sup>	9,3·10 <sup>-3</sup>
26	Wapń (Ca)	–	–	–	280,6	200,4
27	Żelazo (Fe)	–	–	–	8,68·10 <sup>-2</sup>	0,14
28	Azotamonowy(NH <sub>4</sub> )	–	–	–	< 0,25	7,2
29	Brom, bromki (Br)	–	–	–	2,2	6,7
30	Chlorki (Cl <sup>-</sup> )	25 000	800	15 000	1 418,1	1 418,3
31	Fluorki (F <sup>-</sup> )	500	10	150	10,1	58,4
32	Siarczany (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	50 000	1 000	20 000	123,9	18,6
33	H-węglany(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	–	–	–	2 745,8	959,3

Lp.	Składnik	Kryteria dopuszczania odpadów do składowania			Poligon badawczy Syczyn	Poligon badawczy Zawada
		Wartość dopuszczalna			3/OSW/1/23.10.2012	5/OSW/1/06.02.2013
		1)	2)	3)	[mg/kg s.m.]	
		[mg/kg s.m.]				
	(węglany CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )				601,1	661,8
34	Stale związki rozpuszczone (TDS)	100 000	4 000	60 000	8 309,5	5 305,7
35	Indeks fenolowy	–	1	–	1,7	0,2
36	Ogólny węgiel org. (OWO)		30 000		9 380	6 370
37	Rozpuszczony węgiel org. (RWO)	1 000	500	800	7 280	5 780
38	Subst. pow. czynne anionowe	–	–	–	4,2	8,4
39	ChZT	–	–	–	24 400	18 180
40	Benzyna (sumarycznie)	–	–	–	8,78	18,21
41	Oleje mineralne (sumarycznie)	–	500	–	235,98	184,4
42	Węglowodory (sumarycznie)	–	–	–	244,82	202,6
43	Węglowodory alifatyczne	–	–	–	241,87	196,5
44	Węglowodory aromatyczne	–	–	–		
45	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	–				
	<i>Naftalen</i>	–	–	–	0,012	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Acenafteń</i>	–	–	–	< 10 <sup>-5</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Fluoreń</i>	–	–	–	0,002	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Fenantren</i>	–	–	–	0,001	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Antracen</i>	–	–	–	3,0·10 <sup>-5</sup>	6,0·10 <sup>-5</sup>
	<i>Fluoranten</i>	–	–	–	7,8·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Piren</i>	–	–	–	6,9·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Benzo(a)antracen</i>	–	–	–	0,002	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Chryzen</i>	–	–	–	5,2·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Benzo(b)fluoranten</i>	–	–	–	2,9·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Benzo(k)fluoranten</i>	–	–	–	2,5·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Benzo(a)piren</i>	–	–	–	1,8·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
	<i>Dibenzo(ah)antracen</i>	–	–	–	10 <sup>-3</sup>	< 10 <sup>-5</sup>
<i>Benzo(ghi)perylen</i>	–	–	–	1,3·10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-5</sup>	
<i>Indeno(1,2,3,c,d)piren</i>	–	–	–	< 10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-4</sup>	
46	Odczyn – pH	–	–	–	pH	
					8,55	9,65
47	Przewodnictwo właściwe [mS/cm]	–	–	–	mS/cm	
					11,3	7,68
48	Zdolność (ANC) do neutralizacji kwasów	(pH = 7)	–	–	[mgCaCO <sub>3</sub> /kgs.m.]	
					3 750	73

Objaśnienia jak w tabeli 4.10

Cechą wspólną analizowanych odpadów wiertniczych zarówno z basenu pomorskiego jak i z basenu lubelskiego są przekroczenia dopuszczalnych zawartości chlorków, fluorków, stałych związków rozpuszczalnych oraz rozpuszczalnego węgla organicznego i selenu w stosunku do granicznych wartości dopuszczalnych do składowania odpadów na składowiskach odpadów obojętnych i składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

W basenie pomorskim stwierdzono przekroczenie wartości dopuszczalnych rozpuszczalnego węgla organicznego oraz chlorków dla składowania na składowiskach odpadów niebezpiecznych.

Ponadto w niektórych próbkach zwiercin stwierdzono przekroczenie następujących wskaźników w stosunku do granicznych wartości dopuszczalnych do składowania odpadów na składowiskach odpadów obojętnych:

- antymon, kadm, rtęć dla basenu pomorskiego  
oraz:
- antymon, rtęć, indeks fenolowy dla basenu lubelskiego.

Niniejsze porównanie wykonane na etapie prowadzonych badań służy tylko charakterystyce analizowanego odpadu pod kątem potencjalnego oddziaływania na środowisko w przypadku unieszkodliwiania poprzez składowanie; w obecnym stanie prawnym deponowanie odpadów wydobywczych możliwe jest jedynie w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 r. o *odpadach wydobywczych* – Dz. U. z 2008 r., Nr 138, poz. 865 z późn. zm.). Natomiast od stycznia 2015 r., w związku ze zmianami zapisów ustawy Prawo geologiczne i górnicze, odpady wydobywcze obojętne oraz inne niż niebezpieczne i obojętne będą mogły być składowane w składowiskach podziemnych.

Generalnie wszystkie badane odpady wiertnicze wykazywały toksyczność wobec organizmów testowych lecz zaobserwowano również spadek poziomu ekotoksyczności wraz z rozcieńczaniem próbek. Oznacza to, iż substancje toksyczne wobec wybranych organizmów testowych nie są trwale związane z matrycą stałą odpadu (w tym wypadku okruchami skalnymi) i są łatwo ekstrahowalne.

### Płyny technologiczne

Charakterystykę płynów technologicznych używanych i wytwarzanych w procesie szczelinowania hydraulicznego w kontekście zagrożeń jakie mogą powodować w środowisku, analogicznie jak wytwarzanych odpadów wiertniczych, przedstawiono w ujęciu dwóch basenów: basen pomorski (poligony badawcze: Lubocino, Stare Miasto i Gapowo) oraz basen lubelski (poligony badawcze: Syczyn i Zawada). Poligon Wysin nie był analizowany ze względu na zmianę strategii Operatora (brak przeprowadzenia zabiegu szczelinowania hydraulicznego na tym poligonie).

Skład chemiczny płynów pozabiegowych charakteryzuje się dużą zmiennością zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym. Wpływ na zawartość poszczególnych pierwiastków ma zarówno skład płynu szczelinującego, jak i ośrodek skalny, do którego płyn ten jest zatłaczany. Wyraźnie podwyższone koncentracje niektórych pierwiastków w porównaniu do ich zawartości w płynie szczelinującym mogą wskazywać, że przechodzą one do płynu technologicznego w efekcie jego kontaktu ze skałą (tabele 4.12 i 4.13).

**Tabela 4.12.** Stężenia w płynie pozabiegowym pierwiastków wymytych z formacji szczelinowanych w basenie pomorskim

Pierwiastek	Lubocino	Stare Miasto	Gapowo
	mg/l		
1	2	3	4
bor (B)	$5,82 \cdot 10^{-3}$ –0,49	–	–
bar (Ba)	$1,28 \cdot 10^{-3}$ –1,76	$1,36 \cdot 10^{-2}$	2,91–15,95
wapń (Ca)	0,23–199,56	10,17	18,56–48,46
cez (Cs)	$1,61 \cdot 10^{-3}$ –17,5	$4,6 \cdot 10^{-2}$	0–20,79
potas (K)	12,42–86,68	3,28	–

1	2	3	4
sód (Na)	0,84–601,65	22,14	83,95–187,09
selen (Se)	$4,19 \cdot 10^{-2}$ –0,61	0,30	2,7–40,58
stront (Sr)	$8,80 \cdot 10^{-4}$ –13,22	1,56	3,44–17,3
srebro (Ag)	–	–	$1,13 \cdot 10^{-2}$ – $3,04 \cdot 10^{-2}$
glin (Al)	–	2,36	$1,52 \cdot 10^{-2}$ – $3,67 \cdot 10^{-2}$
arsen (As)	$5,52 \cdot 10^{-3}$ –0,13	–	0,14–1,1
kadm (Cd)	–	–	$7,7 \cdot 10^{-3}$ – $1,2 \cdot 10^{-2}$
siarka (S)	–	2,76	1,29–120,36

– nie stwierdzono podwyższonej koncentracji

**Tabela 4.13.** Stężenia w płynie pozabiegowym pierwiastków wymytych z formacji szczelinowanych w basenie lubelskim

Pierwiastek	Syczyn	Zawada
	mg/l	
bor (B)	$9,04 \cdot 10^{-2}$ –0,6	$3,36 \cdot 10^{-2}$ –0,35
bar (Ba)	0,14–0,46	2,02–59,50
wapń (Ca)	8,30–36,97	2,64–28,43
cez (Cs)	0,11–1,32	0,17–54,57
potas (K)	1,67–13,16	–
lit (Li)	$8,03 \cdot 10^{-2}$ –0,22	$5,66 \cdot 10^{-5}$ –0,60
magnez (Mg)	0,93–3,39	–
sód (Na)	54,34–173,53	16,72–304,63
stront (Sr)	1,12–5,56	0,56–23,45
glin (Al)	–	$3,00 \cdot 10^{-3}$ – $3,06 \cdot 10^{-2}$
kadm (Cd)	–	$1,94 \cdot 10^{-4}$ – $3,64 \cdot 10^{-3}$
kobalt (Co)	–	$6,16 \cdot 10^{-4}$ – $3,01 \cdot 10^{-3}$
żelazo (Fe)	$2,54 \cdot 10^{-2}$ – $7,06 \cdot 10^{-2}$	$5,27 \cdot 10^{-3}$ –1,34
tytan (Ti)	–	$5,97 \cdot 10^{-5}$ – $3,66 \cdot 10^{-4}$
uran (U)	–	$1,69 \cdot 10^{-3}$ – $1,93 \cdot 10^{-2}$
itr (Y)	–	$8,18 \cdot 10^{-5}$ – $1,93 \cdot 10^{-4}$
cynk (Zn)	–	$6,79 \cdot 10^{-4}$ – $2,02 \cdot 10^{-2}$

– nie stwierdzono podwyższonej koncentracji

Płyny pozabiegowe charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości składników organicznych. Różnice występują zarówno pomiędzy poszczególnymi poligonami badawczymi, jak również pomiędzy różnymi partiami płynu z jednego odwiertu (tabela 4.14). Wszystkie badane płyny wykazywały też właściwości toksyczne w stosunku do organizmów testowych, co oznacza, że w żadnym wypadku nie powinny one trafić w formie nieoczyszczonej do środowiska naturalnego, również w sposób niezamierzony, np. w następstwie awarii. Dlatego też należy dołożyć wszelkich starań, żeby płyny pozabiegowe mogły być wykorzystywane na miejscu do kolejnych zabiegów. Ich

transport czy na inne lokalizacje do ponownego wykorzystania czy do obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych powinien odbywać się zgodnie z procedurami transportu odpadów. Prawidłowy proces unieszkodliwienia/oczyszczania tego typu płynów technologicznych daje gwarancję bezpieczeństwa dla ludzi i środowiska.

**Tabela 4.14.** Zawartość składników organicznych w badanych płynach szczelinujących oraz płynach pozabiegowych w podziale na basen pomorski i basen lubelski

Lp.	Składnik	Jedn.	Płyny szczelinujące	Płyny pozabiegowe	Płyny szczelinujące	Płyny pozabiegowe
			Basen pomorski		Basen lubelski	
1	Węglowodory sumarycznie	mg/dm <sup>3</sup>	1,73–424,956	0,49–427,21	40,94–263,97	6,73–146,31
2	Węglowodory alifatyczne	mg/dm <sup>3</sup>	1,70–420,486	0,46–418,08	40,36–258,14	4,64–134,98
3	Węglowodory aromatyczne	mg/dm <sup>3</sup>	0,03–4,47	0,02–18,68	0,58–9,37	0,86–11,85
4	Benzyna sumarycznie	mg/dm <sup>3</sup>	0,10–13,409	0,04–56,06	1,75–28,12	2,57–35,54
5	Olej mineralny sumarycznie	mg/dm <sup>3</sup>	1,63–411,547	0,42–331,97	39,19–246,48	0,45–112,32
6	Ogólny węgiel organiczny (OWO)	mg/dm <sup>3</sup>	724–2 093	115–1090	399–828	131–853
7	Rozpuszczony węgiel organiczny (RWO)	mg/dm <sup>3</sup>	604–2 011	99–919	384–2 188	105–1193
8	Indeks fenolowy (fenole)	mg/dm <sup>3</sup>	0,03–0,04	0,02–0,79	0,03–1,25	0,02–1,20
9	ChZT (metoda dichromianowa)	mg/dm <sup>3</sup>	1 920–5 360	307–6 230	1 303–6840	554–5 920
10	Związki powierzchniowo-czynne (anionowe)	mg/dm <sup>3</sup>	0,30–0,70	0,68–25,66	0,50–25,82	0,50–16,0
11	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)					
11.1	<i>Naftalen</i>	mg/dm <sup>3</sup>	1,9·10 <sup>-5</sup> –4,36·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –2,86·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1,7·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup> –6,5·10 <sup>-4</sup>
11.2	<i>Acenafteń</i>		3,5·10 <sup>-5</sup> –2,38·10 <sup>-4</sup>	6·10 <sup>-5</sup> –1,38·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –3,2·10 <sup>-4</sup>
11.3	<i>Fluoreń</i>		5,6·10 <sup>-5</sup> –6,8·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –4,6·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –2,1·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –2,6·10 <sup>-4</sup>
11.4	<i>Fenantren</i>		4,4·10 <sup>-5</sup> –1,67·10 <sup>-4</sup>	4,3·10 <sup>-5</sup> –2,31·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	1,1·10 <sup>-5</sup> –1,35·10 <sup>-4</sup>
11.5	<i>Antracen</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –3,3·10 <sup>-5</sup>	1,9·10 <sup>-5</sup> –8,79·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –5,6·10 <sup>-5</sup>
11.6	<i>Fluoranten</i>		1,2·10 <sup>-5</sup> –1,4·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1,46·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1·10 <sup>-4</sup>
11.7	<i>Piren</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –3,6·10 <sup>-5</sup>	2,4·10 <sup>-5</sup> –1,16·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –5,4·10 <sup>-5</sup>
11.8	<i>Benzo(a)antracen</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –8,5·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –3,82·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1,2·10 <sup>-4</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –4,3·10 <sup>-5</sup>
11.9	<i>Chryzen</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –2,9·10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup> –8,7·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –8·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>
11.10	<i>Benzo(b)fluoranten</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –2,0·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –3,6·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1,0·10 <sup>-4</sup>
11.11	<i>Benzo(k)fluoranten</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –8·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –2,0·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>

Lp.	Składnik	Jedn.	Pływy szczelinujące	Pływy pozabiegowe	Pływy szczelinujące	Pływy pozabiegowe
			Basen pomorski		Basen lubelski	
11.12	<i>Benzo(a)piren</i>	mg/dm <sup>3</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –1,9·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –6,1·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>
11.13	<i>Dibenzo(ah)antracen</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –< 10 <sup>-5</sup>
11.14	<i>Benzo(ghi)perylene</i>		< 5·10 <sup>-6</sup> –1,6·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –3,3·10 <sup>-5</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup>	< 5·10 <sup>-6</sup> –2,1·10 <sup>-4</sup>
11.15	<i>Indeno(1,2,3,c,d)piren</i>		< 1·10 <sup>-5</sup>	< 1·10 <sup>-5</sup>	< 1·10 <sup>-5</sup>	< 1·10 <sup>-5</sup>

< wynik poniżej granicy oznaczalności

### Koncentracja naturalnych izotopów promieniotwórczych

Badania koncentracji naturalnych izotopów promieniotwórczych zostały wykonane w celu określenia potencjalnego oddziaływania odpadów wiertniczych (zwiercin), zużytych płuczek, płynów technologicznych oraz odpadów stałych pozabiegowych na środowisko oraz zdrowie ludzi, a także w aspekcie wskazania potencjalnych możliwości dalszego zagospodarowania powstałych odpadów lub możliwości ich zastosowania w innych procesach niż unieszkodliwianie. Ze względu na ważny aspekt jakim jest ochrona radiologiczna ludzi oraz środowiska, analizę wyników wraz z ich dyskusją postanowiono zestawić oddzielnie.

Ocenę przeprowadzono w oparciu o Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r., w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz. U. z 2007 r., Nr 4, poz. 29). Zgodnie z zapisami powyższego Rozporządzenia wartości wskaźników aktywności nie mogą przekraczać o więcej niż 20% wartości:

- $f_1 = 1$  i  $f_2 = 200$  Bq/kg w odniesieniu do surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi lub inwentarza żywego,
- $f_1 = 2$  i  $f_2 = 400$  Bq/kg w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w obiektach budowlanych naziemnych wznoszonych na terenach zabudowanych lub przeznaczonych do zabudowy w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego oraz do niwelacji takich terenów,
- $f_1 = 3,5$  i  $f_2 = 1000$  Bq/kg w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w częściach naziemnych obiektów budowlanych nie wymienionych powyżej oraz do niwelacji terenów nie wymienionych powyżej,
- $f_1 = 7$  i  $f_2 = 2000$  Bq/kg w odniesieniu do odpadów stosowanych w częściach podziemnych obiektów budowlanych oraz budowlach podziemnych, w tym w tunelach kolejowych i drogowych, z wyłączeniem odpadów przemysłowych wykorzystywanych w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Dodatkowo, w przypadku dopuszczenia materiału do stosowania jako materiał do podszkapy hydraulicznej, aktywność właściwa izotopów promieniotwórczych radu ( $^{226}\text{Ra} + ^{228}\text{Ra}$ ) nie powinna przekraczać 10 000 Bq/kg.

Wg Komitetu Naukowego ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR) przeciętna światowa zawartość izotopów promieniotwórczych w glebie wynosi odpowiednio:  $^{40}\text{K}$  – 412,  $^{226}\text{Ra}$  – 32 oraz  $^{228}\text{Th}$  – 45 [Bq/kg]. Należy pamiętać, że jest to wartość średnia, a więc w przyrodzie występują gleby o aktywności znacznie (nawet kilkakrotnie) przekraczającej tę wartość.

Natomiast przeciętna światowa zawartość izotopów promieniotwórczych w skorupie ziemskiej wynosi około:  $^{40}\text{K}$  – 650,  $^{226}\text{Ra}$  – 30 oraz  $^{228}\text{Th}$  – 40 [Bq/kg]. Należy jednak dodać, że zawartość tych pierwiastków w skorupie ziemskiej silnie zależy od rodzaju skały i zmienia się mniej więcej w zakresie:

- od kilku do około 2 000 Bq/kg dla  $^{40}\text{K}$ ,
- od kilku do około 150 Bq/kg dla  $^{226}\text{Ra}$  (dla skał towarzyszących pokładom ropy naftowej do kilkuset Bq/kg),
- od kilku do kilkuset Bq/kg dla  $^{228}\text{Th}$ .

W wyniku przeprowadzonej analizy pod kątem oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzi zużytych płuczek oraz odpadów wiertniczych, stwierdzono nieco podwyższone, ale nadal pozostające w przedziale naturalnej zmienności, koncentracje  $^{40}\text{K}$  i  $^{226}\text{Ra}$  w porównaniu do przeciętnej światowej zawartości w glebie.

Aktywności radionuklidów naturalnych w próbkach odpadów zostały zestawione ze średnią radioaktywnością gleby, by zilustrować fakt, że narażenie związane z pracą z tymi odpadami jest porównywalne z narażeniem naturalnym. Aktywności radionuklidów w badanych odpadach można też odnieść do ich aktywności w skorupie ziemskiej. Nieznacznie podwyższona względem średniej, ale pozostająca na poziomie występującym w środowisku, aktywność  $^{40}\text{K}$  w odpadach wiertniczych (od 1092 do 446 Bq/kg w odpadach z basenu pomorskiego oraz od 918 do 739 w odpadach z basenu lubelskiego) była prawdopodobnie konsekwencją kontaktu płuczki ze skałą o nieco wyższym od średniej stężeniu  $^{40}\text{K}$  lub wprowadzenia do obróbki technologicznej płuczki substancji zawierających potas bogaty w ten izotop.

Stężenia izotopów  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Th}$  w badanych odpadach były niskie, odpowiadające ich średnim naturalnym stężeniom w środowisku. Wskaźniki aktywności  $f_1$  i  $f_2$  wyznaczone dla badanych odpadów wiertniczych i zużytych płuczek spełniały wymogi wobec surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi, określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów – Dz. U. 2007, Nr 4, poz. 29. Wartości wskaźników aktywności  $f_1$  i  $f_2$  nie przekraczały wartości odpowiednio 1 i 200 Bq/kg. Wyjątek stanowiła jedna zużyta płuczka wiertnicza z odwiertu Lubocino-2H, w której wskaźnik  $f_1$  wynosił  $1,33 \pm 0,07$ , ze względu na podwyższoną koncentrację  $^{40}\text{K}$ .

Zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w płynach szczelinujących były na niskim poziomie odpowiadającym ich naturalnej koncentracji w środowisku i wynosiły:

dla  $^{40}\text{K}$ : od  $18 \pm 6$  do  $196 \pm 19$  Bq/kg (w basenie pomorskim) oraz od  $< 10$  do  $79 \pm 12$  Bq/kg (w basenie lubelskim, z wyjątkiem jednej próbki, w której wartość  $^{40}\text{K}$  wynosiła 447 Bq/kg);

dla  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Th}$ :  $< 10$  Bq/kg zarówno w basenie pomorskim jak i w basenie lubelskim.

Koncentracje naturalnych izotopów promieniotwórczych w płynach pozabiegowych były nieznacznie wyższe niż w płynach szczelinujących, jednak generalnie nadal w zakresie odpowiadającym ich naturalnej koncentracji w środowisku:

- dla  $^{40}\text{K}$ : od  $51 \pm 11$  do  $347 \pm 20$  Bq/kg (w basenie pomorskim) oraz od  $12 \pm 7$  do  $492 \pm 35$  Bq/kg (w basenie lubelskim);
- dla  $^{226}\text{Ra}$ : od  $< 10$  do  $48 \pm 4$  Bq/kg (w basenie pomorskim) oraz od  $19 \pm 3$  do  $29 \pm 3$  Bq/kg (w basenie lubelskim);
- dla  $^{228}\text{Th}$ : od  $< 10$  do  $21 \pm 3$  Bq/kg (w basenie pomorskim) oraz w basenie lubelskim –  $< 10$  Bq/kg.

Koncentracje izotopów promieniotwórczych  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Th}$  w badanych proppantach pozabiegowych kilkakrotnie przewyższały przeciętną światową zawartość w glebie wg UNSCEAR (basen pomorski i basen lubelski) jednak nadal nie stanowią znaczącego zagrożenia i mogą być np. stosowane w budownictwie w częściach podziemnych obiektów budowlanych oraz budowlach podziemnych. Reasumując, wszystkie odpady wiertnicze i zużyte płuczki spełniają wymagania wynikające z Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego... .

Analizowane odpady pod kątem zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych mogą być, z punktu widzenia ochrony radiologicznej, potencjalnie stosowane do produkcji materiałów budowlanych lub do niwelacji terenów, a także do budowy dróg. Należy zaznaczyć, że w przypadku zastosowania odpadów do niwelacji terenów oraz do budowy dróg, a także obiektów sportowych i rekreacyjnych należy zapewnić, przy zachowaniu wymaganych wartości wskaźników  $f_1$  i  $f_2$ , obniżenie mocy dawki pochłoniętej na wysokości 1 m nad powierzchnią terenu, drogi lub obiektu do wartości nieprzekraczającej 0,3 mGy/h (w szczególności przez położenie dodatkowej warstwy innego materiału). Ponadto odpady te mogą być zastosowane jako dodatek do podsadzki hydraulicznej. Należy jednak zwrócić uwagę, że w praktyce, ze względu na konsystencję, tylko odpady wiertnicze stałe (zwierciny) i ewentualnie proppant mogą mieć zastosowanie w wyżej wymienionych kierunkach.



## 5 Zalecenia do prowadzenia monitoringu środowiska

Głównym warunkiem prawidłowo prowadzonego monitoringu, poza zdefiniowaniem celu jakiemu służy, jest określenie zakresu i częstotliwości badań. Wymaga się także uwzględnienia odpowiednich metod badawczych (uzasadnienie dla wytypowanych punktów opróbowania, odpowiednie dobranie progów oznaczalności i wykrywalności, czułość, niepewność i precyzja oznaczeń). Trzecim elementem monitoringu musi być sensowność ekonomiczna prowadzenia przyjętego zakresu i częstotliwości badań.

Poniższe zalecenia dotyczą prowadzenia monitoringu zarówno procesów i zabiegów wykonywanych podczas prac związanych z poszukiwaniem i eksploatacją niekonwencjonalnych złóż węglowodorów jak i stanu poszczególnych elementów środowiska. Wynikają zarówno z analizy wyników prac prowadzonych w niniejszym projekcie, jak i innych podobnych zadań oraz bogatego doświadczenia zawodowego członków zespołu autorskiego.

### 5.1 Zmiany powierzchni terenu

Wpływ analizowanego przedsięwzięcia na powierzchnię terenu można rozpatrywać w dwóch kategoriach:

- zmiany powierzchni terenu powstające bezpośrednio w wyniku prac Operatora, głównie budowlanych;
- zmiany powierzchni terenu i naruszenie stateczności podłoża powodowane zjawiskami sejsmicznymi indukowanymi zabiegami szczelinowania hydraulicznego.

Zmiany powierzchni powodowane bezpośrednio w wyniku prac na terenie zakładu prowadzącego roboty geologiczne, głównie budowlanych, polegają w tym przypadku na niwelacji, powstawaniu wałów ziemnych i zbiorników ziemnych. Głównym czynnikiem, od którego zależy stopień przekształceń, jest lokalizacja przedsięwzięcia pod względem geograficznym i związane z nią urozmaicenie form rzeźby terenu. Zakłady poddane analizie w ramach niniejszego projektu, w większości przypadków, lokalizowane były na mało urozmaiconych, równinnych terenach. Jedynie zakład Lubocino posadowiony został na skłonie niewielkiego wzniesienia, co powodowało problemy związane ze spływem wód powierzchniowych i płytkich wód gruntowych. Zmiany w ukształtowaniu powierzchni terenu powodowane niwelacją i formowaniem budowli ziemnych na potrzeby placu wiertni mają charakter tymczasowy i odwracalny. Istotność i uciążliwość tego oddziaływania można określić jako niewielką, jednocześnie są to zmiany stwierdzone obserwacją i rzeczywiście występujące w związku z analizowaną działalnością, choć nie specyficzne, tzn. typowe również dla innych przedsięwzięć. Monitoring w tym zakresie jest zbędny. Zalecać można lokalizację zakładów na terenach równinnych oraz uwzględnianie w projektach rekultywacji doprowadzenia terenu do jego pierwotnego stanu, również pod względem ukształtowania powierzchni, np. rozplantowanie wałów ziemnych, demontaż zbiorników oraz odtworzenie naturalnego nachylenia powierzchni terenu.

Na podstawie zrealizowanych badań stwierdza się, że monitoring powierzchni terenu np. z zastosowaniem metod skaningowych 3D na obszarach, gdzie obecnie prowadzone są poszukiwania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, jest zbędny. Jednak jeżeli w przyszłości poszukiwanie czy eksploatacja złóż przeniesie się na tereny o skomplikowanej rzeźbie, zwłaszcza na obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi, monitoring stabilności zboczy w rejonie zabiegów i tras dojazdowych powinien być bezwzględnie wymagany. W takich przypadkach zastosowanie skaningu powierzchniowego 3D, oprócz tradycyjnych metod monitoringu osuwisk, pozwoli przede wszystkim na pozyskanie i przechowywanie danych dotyczących stanu początkowego, jako referencji do pomiarów w trakcie i po zakończeniu prac oraz umożliwi wykonywanie pomiarów kontrolnych również tam, gdzie zakładanie tradycyjnych monitoringów ruchów masowych nie będzie możliwe lub uzasadnione ekonomicznie.

Drugą kategorię wpływu na powierzchnię terenu stanowią potencjalne zmiany morfologii i naruszenie stateczności podłoża powodowane zjawiskami sejsmicznymi indukowanymi zabiegami szczelinowania hydraulicznego. Tego rodzaju oddziaływań nie stwierdzono na podstawie następujących badań:

- dedykowany monitoring sejsmologiczny, realizowany przez Państwową Akademię Nauk na poligonie Łbień oraz Główny Instytut Górnictwa na poligonach Syczyn i Zawada;

- analizę wyników monitoringu mikrosejsmicznego wykonanego przez Operatorów na poligonach Lubocino i Stare Miasto;
- ocena skutków potencjalnych zdarzeń poprzez obserwację zmian powierzchni terenu za pomocą wysokorozdzielczego naziemnego skaningu laserowego LiDAR na poligonie Stare Miasto.

Ocena konieczności realizacji badań mikrosejsmicznych w ramach prac udostępniających złoża należy do Operatorów, niemniej korzystne mogłoby się okazać udostępnianie uzyskiwanych wyników odpowiednim służbom (urzędy górnicze, służba geologiczna), które prowadziłyby analizę uzyskiwanych materiałów pod kątem bezpieczeństwa środowiskowego.

Polska jest obszarem asejsmicznym, jednak na obszarach intensywnych poszukiwań i eksploatacji złóż z wykorzystaniem wierceń kierunkowych i szczelinowania hydraulicznego można rozważyć prowadzenie stałego monitoringu seismologicznego. Projekt taki nie tylko dawałby gwarancję bezpieczeństwa, pozwalając na wczesne wykrycie ewentualnych sygnałów naruszenia stabilności pola naprężeń, ale miałby dużą wartość naukową, np. poprzez wkład metodyczny i analityczny do europejskiej dyskusji na temat wpływu analizowanej działalności na środowisko. Przede wszystkim jednak odpowiadałby na potrzeby opinii publicznej, domagającej się zapewnienia bezpieczeństwa poszukiwań i eksploatacji węglowodorów również pod kątem indukowania ewentualnych wstrząsów sejsmicznych.

## 5.2 Hałas

W procesie poszukiwań gazu z łupków mamy do czynienia z dużą zmiennością poziomu hałasu oraz czasu jego wytwarzania, związaną z poszczególnymi etapami prac prowadzonych podczas działalności zakładu. Z tego powodu założony monitoring powinien być przede wszystkim dostosowany w zakresie i częstotliwości pomiarów do harmonogramu prac wykonanych przez Operatora.

Zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE „hałas w środowisku oznacza niepożądane lub szkodliwe dźwięki powodowane przez działalność człowieka na wolnym powietrzu, w tym hałas emitowany przez środki transportu, ruch kołowy, ruch kolejowy, ruch samolotowy, oraz hałas pochodzący z obszarów działalności przemysłowej”. Pomiary poziomu hałasu wykonuje się w celu określenia uciążliwości dla okolicznych mieszkańców. Skala uciążliwości hałasu dla mieszkańców zależy od trzech czynników: wielkości przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu, czasu oddziaływania hałasu oraz liczby mieszkańców narażonych na hałas. Odczucie dyskomfortu związanego z hałasem przez poszczególnych ludzi jest subiektywne i może rodzić wiele nieporozumień, mających często konsekwencje prawne.

Aby dokonać interpretacji zakresu wpływu zakładów wykonujących roboty geologiczne na hałas należy najpierw określić stan zerowy, tzn. określić poziom dźwięku przed rozpoczęciem przez Operatora działalności, co umożliwi ocenę rzeczywistego stopnia oddziaływania zakładów na środowisko akustyczne. Stwierdzone podczas badań przekroczenia dopuszczalnych norm miały charakter krótkotrwały i najczęściej związane były z pracą generatorów i pomp podczas zabiegu szczelinowania hydraulicznego. W celu określenia stopnia zanieczyszczenia środowiska hałasem zalecane jest prowadzenie monitoringu w sposób ciągły podczas wykonywania przez Operatora najbardziej uciążliwych prac, tzn. emitujących największe zanieczyszczenie środowiska hałasem.

Przeprowadzone badania wykazały, że monitorowanie hałasu wskazane jest w miejscach, gdzie zakłady zlokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkalnej i w odległości do 500 m od niej. W przypadku, gdy najbliższa zabudowa mieszkalna znajduje się bliżej niż 500 m hałas powinien być monitorowany dwupunktowo:

- na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne,
- przy najbliższych zabudowaniach.

Takie prowadzenie monitoringu ułatwia interpretację oraz uwiarygodnia pomiary, które powinny być prowadzone za pomocą cyfrowych analizatorów dźwięku posiadających aktualne świadectwa wzorcowania. Prawnymi kryteriami oceny warunków środowiska są dopuszczalne wartości poziomów dźwięku zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. nr 120 z dnia 14 czerwca 2007 r., poz. 826, z późn. zm.). Celem pomiarów jest wy-

znaczenie wskaźników hałasu mających zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska w odniesieniu do jednej doby:

- **równoważny poziom dźwięku dla pory dnia**  $L_{AeqD}$  odnosi się do najmniej korzystnych 8 kolejnych godzin w ciągu dnia,
- **równoważny poziom dźwięku dla pory nocy**  $L_{AeqN}$  odnosi się do najmniej korzystnej 1 godziny w ciągu nocy.

Jednym z problemów, który zarysował się w trakcie badań, jest trudne rozgraniczenie podczas prowadzenia monitoringu, wpływu zakładów od wpływu ruchu kołowego na poziom hałasu. Aby spróbować określić skalę problemu wykonano dodatkowe pomiary na poligonie badawczym Gapowo, które jednoznacznie wykazały, że w sytuacjach, gdzie pomiary dokonywane są w bezpośrednim sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych, może dojść do „zafałszowania” wyników. Na wielkość wartości równoważonego poziomu dźwięku oraz przekroczenia norm znaczny wpływ miał hałas generowany ruchem kołowym na pobliskiej drodze. Obserwacja ta zwraca uwagę na ważność wykonania pomiarów hałasu podczas stanu zerowego tzn. przed rozpoczęciem działalności zakładów (zarówno na terenie przyszłych prac, jak i w sąsiedztwie najbliższych zabudowań mieszkalnych).

Pomiary hałasu powinny być wykonywane, w miarę możliwości, w odpowiednich warunkach meteorologicznych (temperatura powyżej  $-5^{\circ}\text{C}$ , brak opadów i silnego wiatru). Otrzymane wartości będą stanowiły podstawę do oceny wpływu działalności Operatora na środowisko akustyczne oraz określenia zaistniałych uciążliwości dla lokalnych społeczności, będąc jednocześnie wiarygodnym stanowiskiem przy ewentualnych sporach.

### 5.3 Powietrze atmosferyczne

W świetle przeprowadzonych badań, emisja gazów i pyłów z urządzeń przemysłowych w zakładach prowadzących roboty geologiczne, polegające na wykonaniu otworów wiertniczych udostępniających niekonwencjonalne złoża węglowodorów z ich stymulacją z wykorzystaniem szczelinowania hydraulicznego, nie stanowi istotnego zagrożenia dla środowiska i ludzi. Stężenia gazów takich jak dwutlenek siarki, tlenki azotu, lotnych związków organicznych ( $\text{C}_2$ – $\text{C}_{12}$ ) czy związków z grupy BTEX wzrastają w prawdzie w czasie pracy wysokosprawnych silników spalinowych dużej mocy, ale rzadko się zdarza, żeby ich wartości przekraczały jakiegokolwiek normy czy zalecenia. Z uwagi na fakt, że prace odbywają się na ogół na otwartej przestrzeni i mają charakter krótkotrwały, ewentualne skutki emisji z urządzeń nie mają możliwości utrzymywania się po zakończeniu prac.

Problemem może być zapylenie podczas przeładunku sypkich materiałów, np. proppantu, który wykorzystywany jest w dużych ilościach przy zabiegu szczelinowania hydraulicznego. Mimo, że na ogół przeładunek jednego transportu trwa krótko, to ze względu właśnie na duże ilości materiału, a co za tym idzie, duże ilości transportów, zaleca się, żeby stosować taką formę rozładunku, która zapobiega podnoszeniu się pyłu w powietrzu. Może to być organizacja dostaw w zamkniętych pojemnikach, które w całości mogą być opróżniane wewnątrz silosów zbiorczych lub stosowanie osłon czy rękawów ochronnych przy operacjach.

Nie ma więc potrzeby prowadzenia stałego monitoringu stanu powietrza w czasie trwania zabiegów. Założenie monitoringu przemysłowego powinno pozostać do decyzji operatora zakładu prowadzącego roboty geologiczne.

Bardziej istotną sprawą, związaną z bezpieczeństwem nie tylko lokalnym, ale w skali globalnej, jest wielkość emisji gazów cieplarnianych w procesach udostępnianiem niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Metan, główny składnik gazu ziemnego, jest równocześnie bardzo istotnym gazem cieplarnianym, stąd konieczne jest maksymalne ograniczenie jego niekontrolowanej emisji podczas procesu udostępnienia i eksploatacji złóż gazu ziemnego. Jak pokazuje doświadczenie, emisja taka występuje zarówno ze zbiorników gromadzących płyn pozabiegowy, jak i przez flarę, gdy stężenie gazów palnych jest zbyt małe żeby nastąpił zapłon.

Źródłem emisji metanu mogą być prace związane z próbami gazowymi, jak również wadliwe wykonanie odwiertu (np. nieszczelne zacementowanie), kiedy to emisje mogą przybrać charakter długookresowy. Natężenie emisji metanu zależy od sprzętu używanego podczas stymulacji odwiertu i po jej zakończeniu. Stosowanie obecnie coraz nowocześniejszych rozwiązań technicznych, w tym

dwu i trójstopniowych separatorów, spalanie gazu w tzw. flarze i możliwość dopalania małych ilości w tzw. *closed combustion units* (komora zamkniętego spalania) pozwala na ograniczenie emisji. Jednak wszystkie te urządzenia mają swoje warunki brzegowe, poza którymi nie mogą pracować, np. separatory gazowe nie zadziałają, jeśli stężenie gazu jest zbyt małe, podobnie do podtrzymania płomienia na flarze potrzebne jest pewne minimalne stężenie gazów palnych. W przypadku, gdy te warunki nie są spełnione, następuje niekontrolowana emisja gazów złożowych do atmosfery. Wielkość takiej emisji jest bardzo trudna do zmierzenia i można ją jedynie policzyć z mniejszym lub większym błędem. Jak do tej pory wielkość takiej emisji w Polsce nie została oszacowana, dlatego nie wiadomo, czy jest istotna.

Z powyższego wynika, że monitoring całkowitej emisji metanu w fazie wiercenia i stymulacji odwiertu jest trudny do przeprowadzenia. Prowadzić jednak należy pomiary zmian stężenia metanu w powietrzu podczas operacji wiercenia celem kontroli prawidłowości wykonania odwiertu, w przypadku wykrycia emisji metanu w rejonie odwiertu występuje większe prawdopodobieństwo nieprawidłowego wykonania odwiertu, w szczególności montażu rur okładzinowych i zabiegu cementowania.

Operatorzy zakładów powinni również wykonywać pomiary zawartości gazu w płynach pozabiegowych, gdyż wzrost tej zawartości będzie prawdopodobnie świadczył o nieprawidłowym funkcjonowaniu separatorów i zwiększonej emisji metanu ze zbiorników na te płyny.

Operatorzy, zgodnie ze standardami HSE (*health and safety standards*), powinni też prowadzić ciągłe pomiary stężenia metanu w powietrzu w punktach, gdzie wiadomo, że może się on uwalniać, takich jak ujścia płynu pozabiegowego do zbiorników, a także w pomieszczeniach, gdzie gromadzą się ludzie. W praktyce pomiary te nie mają na celu sprawdzenia rzeczywistych stężeń metanu, tylko określenie, czy stężenie to nie zbliża się do granicznej wartości, tzw. granicy wybuchowości, której przekroczenie stwarza zagrożenie dla życia ludzi i infrastruktury zakładu.

Zadaniem dla środowiska naukowo-technicznego jest natomiast opracowanie metody pomiaru emisji metanu podczas stymulacji odwiertu i testów produkcyjnych. Tylko faktyczny pomiar takiej emisji da odpowiedź na pytanie czy może mieć ona istotny wpływ na wielkość globalnej emisji gazów cieplarnianych oraz czy stosowane metody zapobiegania i ograniczania tej emisji (tzw. *green completion*) są wystarczające. Opracowanie pomiaru całkowitej emisji z danego obszaru pozwoli również w przyszłości na monitorowanie terenów po zamkniętych zakładach wydobywczych pod kątem migracji gazu do powierzchni terenu wzdłuż zlikwidowanych odwiertów.

Łatwiejsza do przeprowadzenia jest kontrola emisji gazu w fazie produkcji, kiedy odwiert jest zabezpieczony głowicą, a gaz przez zamknięte linie jest podawany do zbiorników lub do sieci. Istnieje kilka metod prowadzenia takich pomiarów, które wykonuje się wzdłuż przewodów gazowych i w miejscach najbardziej podatnych na powstawanie wycieków.

Podstawową metodą jest opracowany w latach 90-tych ubiegłego wieku pomiar bezpośredni wycieku gazu z urządzeń przemysłowych w oparciu o technologię HI Flow Sampler (<http://www.bacharach-inc.com/hi-flow-sampler.htm>).

Pomiar tą metodą pozwala oszacować wycieki gazu z dokładnością 10%. Próbnik przeznaczony jest do pomiaru szybkości wycieku gazu wokół różnych przewodów rurowych, obudowy i uszczelnienia zaworów, sprężarek stosowanych w przesyłce gazu ziemnego, magazynowaniu i urządzeń sprężarkowych. Oszacowanie wycieku uzyskuje się przez pobieranie próbek przy bardzo dużej prędkości przepływu (0,08 do 12 m<sup>3</sup>/h), w celu całkowitego wychwycenia gazu wyciekającego z badanego urządzenia. Urządzenie pomiarowe HI Flow Sampler dokładnie mierzy natężenie przepływu strumienia próbek i stężenia gazu ziemnego, co umożliwi obliczenie szybkości wycieku gazu z dokładnością do 10%.

Innym sposobem jest metodyka szacowania wycieków na podstawie analizy izotopowej wybranych składników powietrza (David, Allen, i in., 2013), jednak metoda ta ma wiele wad, w szczególności błąd oceny może wynosić 100%, co sprawia, że jej przydatność jest znikoma.

## 5.4 Grunt

Z uwagi na teoretyczną możliwość migracji gazów złożowych wzdłuż kolumny wykonanych otworów poszukiwawczych proponuje się realizację monitoringu długoterminowego zawartości metanu w powietrzu gruntowym w strefie przyotworowej na każdym poligonie badawczym. Badania prowa-

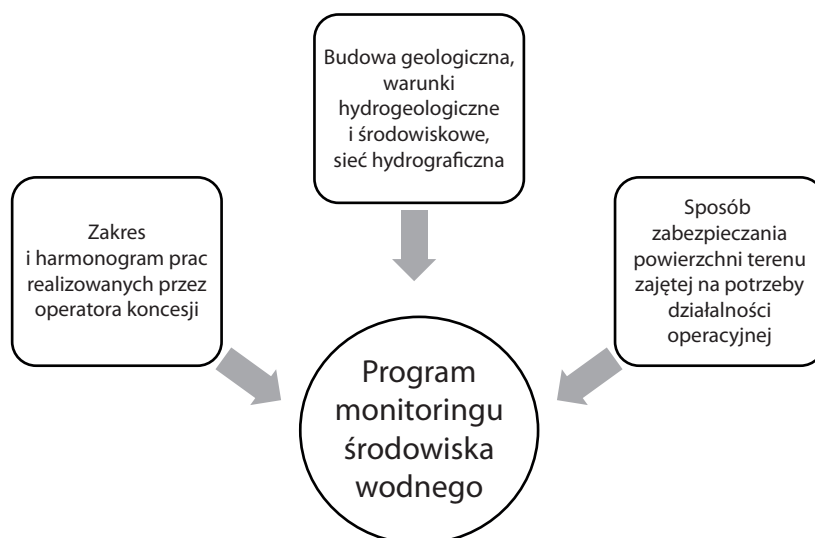
dzony powinny być w strefie przyotworowej, wokół każdego z wykonanych otworów w schemacie trzech profili co 120°, odchodzących promieniście od odwiertu. W przypadku większej ilości odwiertów na terenie jednego zakładu, profile odchodzące od sąsiadujących odwiertów powinny być wspólne.

Próbki proponuje się pobierać przy samym otworze i w odległości 1, 5, 10, 30 m. Badania powinny być prowadzone co najmniej raz na 2 lata, licząc od zakończenia procesów szczelinowania hydraulicznego lub likwidacji otworu, z wykorzystaniem jednakowych technik badawczych, w porównywalnych warunkach atmosferycznych, przy czym nie zaleca się prac w okresie zimowym.

W przypadku rejestracji wyraźnego wzrostu stężeń, należy przeprowadzić rozszerzoną identyfikację izotopową, w celu potwierdzenia ewentualnej migracji gazu wzdłuż kolumny odwiertu.

## 5.5 Wody powierzchniowe i podziemne

Monitoring środowiska wodnego (wody powierzchniowe i podziemne) w rejonie prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem, a także możliwą w przyszłości na obszarze Polski eksploatacją gazu z formacji łupkowych, powinien być przede wszystkim dostosowany w zakresie i częstotliwości pomiarów do zakresu i harmonogramu prac planowanych do wykonania przez operatora koncesji. Dlatego też niezwykle istotne jest zgromadzenie kompleksowej wiedzy na temat przewidywanych prac operacyjnych i ich charakterystyki technologicznej. Drugim elementem jest rozpoznanie sposobu zabezpieczenia powierzchni terenu, w tym systemu odprowadzania wód opadowych. Sposób zagospodarowania i zabezpieczenia powierzchni terenu zajętej na potrzeby działalności operacyjnej jest powiązany z wykonywanymi pracami technologicznymi, ale też powinien być dostosowany do warunków panujących w rejonie prowadzonych prac. Dlatego też nie mniej istotne jest uwzględnienie budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i środowiskowych oraz sieci hydrograficznej, występujących w rejonie prowadzonej działalności (Rys. 5.1).



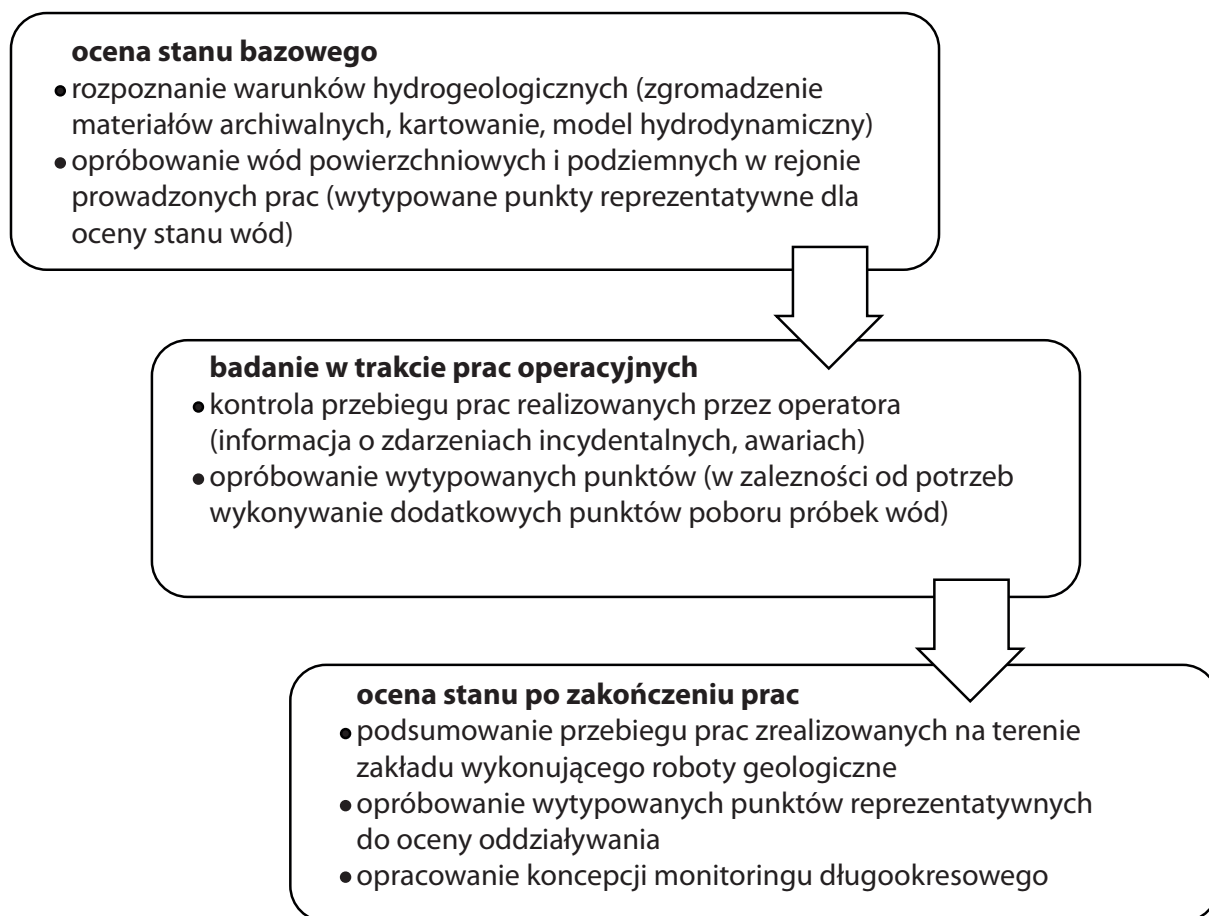
**Rys. 5.1.** Czynniki warunkujące zakres monitoringu środowiska wodnego.

Zmienność budowy geologicznej i uwarunkowań hydrogeologicznych w Polsce jest na tyle duża, że elementy te muszą być każdorazowo analizowane w odniesieniu do konkretnej lokalizacji. Spośród najistotniejszych czynników, które należy uwzględnić na etapie opracowywania programu monitoringu środowiska wodnego należy wymieść:

- ilość poziomów/warstw wodonośnych i ich wzajemne relacje (łączność hydrauliczna, pakiety izolacyjne),
- stratygrafia i rodzaj utworów wodonośnych (typ ośrodka: porowy, szczelinowy, krasowy),
- głębokość występowania pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego,
- głębokość występowania głównego użytkowego poziomu wodonośnego (stanowiącego podstawę zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia),

- charakter zwierciadła wód podziemnych (zwierciadło swobodne/napięte),
- izolacja od powierzchni terenu (rodzaj i miąższość utworów słabo przepuszczalnych),
- kierunek przepływu wód podziemnych,
- odległość od najbliższego cieką (ew. jeziora, rowów melioracyjnych) oraz charakter cieką (drenujący/infiltrujący),
- maksymalna głębokość występowania wód słodkich (ew. strefa aktywnej wymiany wód),
- głębokość występowania wód zmineralizowanych w podłożu,
- obecność stref dyslokacji w podłożu,
- pakiety uszczelniające poniżej warstw wodonośnych wód słodkich.

Zaleca się opracowanie programu monitoringu uwzględniającego lokalne i regionalne aspekty systemu wodonośnego. Do systemu lokalnego należy włączyć punkty obserwacyjne obejmujące pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny – w celu określenia możliwej presji antropogenicznej na wody podziemne związanej przede wszystkim z działalnością na powierzchni terenu. W zależności od potrzeb w ramach systemu lokalnego należy także wykonać dodatkowo piezometry zlokalizowane w bezpośredniej bliskości otworu poszukiwawczego/odwiertu eksploatacyjnego, umieszczone na kierunku przepływu powyżej i poniżej. Sieć regionalna powinna uwzględniać układ użytkowych warstw wodonośnych w skali regionu, regionalne i pośrednie systemy krążenia oraz w uzasadnionych przypadkach (odkryte, słabo izolowane poziomy wodonośne) obecność obszarów chronionych, ekosystemów zależnych od wód i dużych, komunalnych ujęć wód podziemnych.



**Rys. 5.2.** Schemat monitoringu środowiska wodnego w rejonie prac związanych z poszukiwaniem i/lub wydobywaniem gazu z łupków.

Monitoring środowiska wodnego w rejonie prac związanych z poszukiwaniem i/lub wydobywaniem gazu z formacji łupkowych powinien umożliwić ocenę stopnia rzeczywistego oddziaływania na wody powierzchniowe i podziemne prac realizowanych na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne/zakładu górniczego. W tym celu konieczne jest określenie stanu bazowego (początkowego), który będzie stanowił podstawę dla określenia ewentualnych zmian w środowisku wodnym zaistniałych na skutek prowadzonej działalności operacyjnej lub wydobywczej (rys. 5.2). Należy przy tym zaznaczyć, że na tym etapie konieczne jest określenie sposobu dotychczasowego użytkowania terenu. W przypadku, gdy monitoring wprowadzany będzie na etapie funkcjonowania zakładu wykonującego roboty geologiczne niezbędne jest poznanie historii działalności tego zakładu. Bez tych informacji interpretacja wyników badań na kolejnych etapach będzie bardzo utrudniona i niższej wiarygodności. Ważnym aspektem w kontekście historycznej działalności zakładu są miejsca poważnych awarii związanych z emisją do środowiska substancji zanieczyszczających.

Na potrzeby ustalenia **stanu bazowego** należy rozpoznać warunki hydrogeologiczne i hydrogeochemiczne w rejonie planowanych do realizacji prac operacyjnych (w oparciu o dostępne materiały archiwalne i bazy danych, w tym opracowania kartograficzne). Następnym etapem jest wykonanie kartowania hydrogeologicznego w rejonie prowadzonych prac, w tym identyfikacja obiektów, które będą mogły być wytypowane do opróbowania oraz pomiar położenia zwierciadła wód podziemnych. Zidentyfikowane obiekty hydrogeologiczne (studnie kopane i wiercone, piezometry, źródła) powinny być poddane ocenie pod kątem możliwości poboru reprezentatywnych próbek wody do badań fizykochemicznych (stan techniczny otworów, ich dostępność oraz aktualne użytkowanie i zgoda właściciela). Kolejnym krokiem jest wykonanie modelu hydrodynamicznego odwzorowującego warunki hydrogeologiczne występujące w rejonie planowanych do realizacji prac. Badania modelowe, określając kierunki i prędkości przepływu wód podziemnych, umożliwiają wskazanie dróg migracji potencjalnych zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej. Ponadto, pomimo że model, do którego budowy przyjmuje się schematyczną budowę geologiczną, zawsze jest pewnym uproszczeniem rzeczywistych warunków hydrogeologicznych, to pozwala on jednak na przeprowadzenie symulacji zasięgu i czasu migracji zanieczyszczeń. Wyniki badań modelowych powinny być podstawą dla wytypowania punktów opróbowania wód, a także w odniesieniu do monitoringu długookresowego, do określenia częstotliwości opróbowania.

Zaleca się, aby **badania w toku realizacji prac operacyjnych** (wiercenie, szczelinowanie, testy gazowe i inne) na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne/zakładu górniczego były dostosowane do przebiegu tych prac. Kluczową kwestią jest bieżąca informacja na temat postępu prac na terenie zakładu, ale przede wszystkim informacja o zaistniałych awariach w trakcie prac wiertniczych i wyciekach na powierzchni. Mogą to być różnego rodzaju zdarzenia związane z transportem i przechowywaniem substancji chemicznych, płynów technologicznych, odbiorem odpadów, a także odbiorem gazu. W przypadku zaistnienia tego rodzaju zdarzenia należy, wykorzystując wyniki badań modelowych, dokonać analizy możliwości zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych oraz dokonać opróbowania we wskazanym obszarze. Jeżeli brak będzie dostępnych do opróbowania punktów należy zaprojektować i wykonać sondę badawczą celem poboru próbki wody (z uwzględnieniem budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych).

**Badania monitoringowe po uruchomieniu eksploatacji i/lub zakończeniu robót geologicznych** powinny być wykonane w wytypowanych w oparciu o rozpoznanie warunków hydrogeologicznych i hydrograficznych oraz z uwzględnieniem wyników badań modelowych (czas przesączania, kierunek i prędkość przepływu w warstwie wodonośnej). Do badań na tym etapie zaleca się wskazanie punktów zlokalizowanych na terenie zakładu górniczego/byłego zakładu wykonującego roboty geologiczne lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie. W zależności od możliwości należy wskazać 1–2 punkty zlokalizowane na dopływie wód do terenu zakładu oraz 2–4 punkty zlokalizowane na kierunku odpływu wód. Częstotliwość opróbowania powinna być określona w oparciu o obliczenia czasu przesączania wód przez strefę aeracji oraz szacowany czas przepływu w warstwie wodonośnej. Taki tok postępowania przyjęto w ramach niniejszego projektu – tabela 5.1) przedstawiono podstawowe parametry uzyskane w wyniku prac modelowych, co stanowiło podstawę dla opracowania założeń do monitoringu na obszarze poszczególnych poligonów badawczych.

**Tabela 5.1.** Wyniki badań modelowych na poszczególnych poligonach badawczych, stanowiące podstawę do opracowania założeń monitoringu

Nr poligonu badawczego	Lubocino	Stare Miasto	Syczyn	Wysin	Zawada	Łebień	Gapowo
Czas przesączania wód przez strefę aeracji (do pierwszej warstwy wodonośnej)	kilka miesięcy	2–3 miesiące (ok. 70 dni)	3–4 miesiące (ok. 107 dni)	ok. 4 lat	ok. 2 lat	ok. 3 lat	ok. 7 lat
Szacowany łączny czas dopływu (skład. pionowa i pozioma) potencjalnych zanieczyszczeń z terenu wiertni do: najbliższego ujęcia/cieku/ jeziora	10 lat do najbliższej studni kopanej, 30 lat do najbliższego źródła	3 lata do rzeki Dzierzgonki	20 lat do najbliższego ujęcia, 10 lat do rzeki Świnki	6 lat do rzeki Wietcisy	25 lat do najbliższego ujęcia, 15 lat do rzeki Łabuńki	5,5 roku do najbliższego ujęcia, 8,7 lat do Kisewskiej Strugi	40 lat do jez. Raduńskiego Górnego

Definiując zalecenia do prowadzenia monitoringu środowiska wodnego w rejonie prac związanych z poszukiwaniem i/lub wydobywaniem gazu z łupków ważną kwestią jest określenie zakresu badań (oznaczeń wskaźników jakości wód). W kontekście postawionego problemu należy zwrócić szczególną uwagę na współwystępowanie kilku elementów, które należy wziąć pod uwagę przy tworzeniu zakresu badań monitoringu długoterminowego:

- potencjalna obecność w środowisku płynów technologicznych (płyn szczelinujący i płyn pozabiegowy),
- istnienie możliwych efektów szczelinowania – pojawienie się gazów ze złoża niekonwencjonalnego w środowisku,
- naturalnego i/lub zmienionego presją antropogeniczną chemizmu wód użytkowych poziomów wodonośnych.

Definiując zakres oznaczeń z punktu widzenia monitoringu średnio i długookresowego należy wskazać wskaźniki będące:

- łatwe do oznaczania,
- występujące w środowisku w stosunkowo niskich stężeniach,
- o łatwej do wyjaśnienia genezie występowania.

Należy także zastanowić się nad możliwością wprowadzanie w przyszłości do płynu szczelinującego sztucznych wskaźników o określonych właściwościach, które umożliwią identyfikację zasięgu i charakteru potencjalnego zanieczyszczenia metodami znacznikowymi.

Do zabiegów szczelinowania hydraulicznego wykorzystuje się w praktyce głównie wodę z użytkowych poziomów wodonośnych występujących w rejonie otworu. Z tego względu, w procesie przyszłego monitorowania potencjalnego oddziaływania otworu należy brać także pod uwagę parametry nieorganiczne i organiczne występujące w wodach podziemnych poszczególnych poziomów wodonośnych oraz wody powierzchniowe.

Płyn szczelinujący jest mieszaniną naturalnych wód podziemnych i/lub powierzchniowych oraz substancji i preparatów chemicznych, a także proppantu. Ilość domieszek dodawanych do wody na ogół nie przekracza 5% całkowitej objętości płynu szczelinującego. Płyny szczelinujące używane przez poszczególnych operatorów charakteryzują się znaczącym zróżnicowaniem parametrów fizykochemicznych.



W płynach pozabiegowych notowano znaczący wzrost stężeń metali – m.in. strontu, baru, litu, wapnia i magnezu. W skrajnych przypadkach następował wzrost o cztery rzędy wielkości w odniesieniu do płynów szczelinujących.

Analizując składniki nieorganiczne zawarte w płynie szczelinującym i pozabiegowym należy brać pod uwagę środowiskowy aspekt ich oddziaływania. Chemizm obydwu płynów technologicznych może, w przypadku dostania się do warstw wodonośnych prowadzić do szeregu procesów hydrogeochemicznych, z których najistotniejsze z ilościowego punktu widzenia będą procesy rozpuszczania i wytrącania minerałów w obrębie warstw wodonośnych oraz czasowe zintensyfikowanie procesów wymiany jonowej. Odrębną kwestią pozostaje rola bakterii rozwijających się w płynach technologicznych i złożowych oraz intensywność procesów korozji rur okładzinowych odwiertu. Dynamika procesów korozji zależy m.in. od zawartości wolnego tlenu, pH, agresywnego dwutlenku węgla, stężenia jonów chlorkowych i wapniowych. Również wartość PEW powyżej 3 mS/cm wpływa na przyspieszenie procesu korozji.

Porównując wielkość stężeń poszczególnych wskaźników płynów technologicznych oznaczanych na wszystkich poligonach badawczych można wymienić grupę parametrów, których zmiany mogą świadczyć o faktycznym przedostawaniu się do użytkowanych warstw wodonośnych płynów technologicznych (płynu szczelinującego i pozabiegowego) oraz produktów ich ewentualnej migracji po procesie szczelinowania. Do komponentów tych zaliczamy:

- parametry nieorganiczne: przewodność elektrolityczną właściwą (PEW), odczyn (pH), sód, potas, wapń, bor, lit, stront, bar, chlorki,
- organiczne: indeks fenolowy, BTEX,
- gazy: metan, dwutlenek węgla, etan.

Ww. parametry organiczne i nieorganiczne pojawiające się w płynach technologicznych w stężeniach mierzonych do kilku tysięcy większych niż w naturalnych wodach podziemnych są bardzo dobrymi wskaźnikami zanieczyszczenia środowiska wodnego. Ze względu na znaczne koncentracje nawet ich potencjalne mieszanie z wodami podziemnymi w wyraźny sposób w skali lokalnej podnieś wartość średnich stężeń w punktach, gdzie cyklicznie będą wykonywane pomiary monitoringu. W przypadku stosunkowo niewielkich ilości płynów technologicznych mieszających się w strumieniu wód, w sieci monitoringu wskaźniki te dadzą w efekcie zauważalny trend wzrostowy.

W oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 listopada 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. 2013 poz. 1558) proponuje się następujący zakres pomiarowy, w punktach pomiarowych, wytypowanych zgodnie z przedstawioną w pierwszej części rozdziału metodyką:

- pomiar położenia zwierciadła wody;
- pobór próbki wody w celu analizy wskazanych parametrów fizykochemicznych wód podziemnych i powierzchniowych.

Analizy fizykochemiczne powinny być wykonywane w akredytowanym laboratorium chemicznym. Pobór próbek do analiz chemicznych powinien odbywać się zgodnie z polskimi normami lub metodyką referencyjną proponowaną w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 listopada 2013 r. (Dz. U. 2013, poz. 1558). Dostępne są następujące normy dotyczące metod poboru próbek wód podziemnych:

- PN-EN 5667-1:2007. Część 1: Wytyczne dotyczące opracowywania programów pobierania próbek i technik pobierania próbek.
- PN-EN ISO 5667-3:2005. Część 3: Wytyczne dotyczące utrwalania i postępowania z próbkami.
- PN-ISO 5667-11:2004. Część 11: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych.
- PN-ISO 5667-14:2004. Część 14: Wytyczne dotyczące zapewnienia jakości podczas pobierania próbek wód środowiskowych i postępowania z nimi.
- PN-ISO 5667-18:2004. Część 18: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych w miejscach zanieczyszczonych.
- ISO 5667-20:2007. Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making – Compliance with thresholds and classification systems.

Punkty poboru próbek należy przed ich pobraniem przepompować zapewniając co najmniej 3-krotną wymianę wody w obiekcie, tak aby usunąć w całości wodę stagnującą i pobierać próbkę o składzie chemicznym reprezentatywnym dla wody z warstwy wodonośnej. Bezpośrednio w terenie,

w trakcie pobierania próbek należy wykonać pomiary: temperatury wody, odczynu pH i przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), potencjału utleniania – redukcji (redox) i zawartości tlenu. Próbki wody przeznaczone do badań kationów (zwłaszcza metali) należy przefiltrować przez filtr membranowy f 0,45  $\mu\text{m}$  i utwalić poprzez zakwaszenie (lub zgodnie z procedurą wymaganą przez wybrane laboratorium). Próbki wody należy zabezpieczyć w odpowiedni sposób i niezwłocznie dostarczyć do akredytowanego laboratorium. Do pobierania próbek wody należy stosować urządzenia i materiały (pompki, pojemniki na pobrane próbki, odczynniki do utrwalaania próbek, filtry) zapewniające poprawny pobór i nie mające wpływu na skład chemiczny wody.

Proponowany zakres monitorowania elementów organicznych i nieorganicznych w monitoringu długookresowym został przedstawiony w tabeli 5.2. Zestaw badań oparto o typowe, badane w monitoringu wód wskaźniki zanieczyszczeń mogące dostawać się do środowiska na etapie wykonywania otworu, szczelinowania, eksploatacji, likwidacji i potencjalnych awarii.

**Tabela 5.2.** Zakres oznaczeń zalecany do realizacji w ramach monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych

Parametr	Jednostka
<b>Parametry ogólne</b>	
Odczyn pH	
Przewodność elektrolityczna właściwa (PEW)	mS/cm
Zasadowość ogólna	mval/l
<b>Wskaźniki nieorganiczne</b>	
Bar	mg/l
Bor	mg/l
Chlorki	mg/l
Lit	mg/l
Potas	mg/l
Sód	mg/l
Stront	mg/l
Wapń	mg/l
<b>Wskaźniki organiczne</b>	
Lotne węglowodory aromatyczne (BTEX) – benzen, toluen, etylobenzen, o-ksylen, (m+p) – ksylen, suma ksylenów	mg/l
Indeks fenolowy	mg/l
<b>Gazy</b>	
Dwutlenek węgla agresywny	mg/l
Metan	mg/l

**Odczyn (pH)** – pomiar pH pozwala na określenie możliwych kierunków zachodzenia procesów fizykochemicznych w wodach naturalnych i zmienionych antropogenicznie. Znajomość aktywności jonów wodorowych pozwala, bazując m.in. na powszechnie dostępnych w literaturze diagramach pól trwałości w szybki sposób oszacować w jakiej formie będzie w danym środowisku migrował dany związek chemiczny. Tym samym, bez dodatkowych badań może z pewnym przybliżeniem oszacować potencjalną zdolność środowiska do powstawania w nim związków toksycznych. Dlatego też czasami wartość pH stosowana jest jako wskaźnik możliwości pojawienia się w wodach związków toksycznych. Naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 6,5–9,5 jednostek pH (Witczak i in., 2013).

**Przewodność elektrolityczna właściwa** – jest prostym do oznaczenia wskaźnikiem mówiącym o mineralizacji wód. Ze względu na prostotę i bardzo niskie koszty pomiaru jest dobrym wskaźnikiem zawartości substancji rozpuszczonych zawartych w roztworze wodnym w badaniach monitoringowych. Naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,2–0,7 mS/cm. W płynie pozabiegowym notowane są wartości PEW > 100 mS/cm.

**Zasadowość ogólna** – w powiązaniu z zawartością jonów chlorkowych oraz pH wody może służyć do oceny potencjalnej korozyjności wód względem użytych materiałów. Oznaczona zasadowość ogólna niesie ze sobą ładunek informacji o typie potencjalnych równowag istniejących w systemie wodonośnej (krzemianowa, węglanowa, wymiany jonowej). Naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 1–6 mval/l. Wysoka wartość zasadowości ogólnej może świadczyć także o pozostałościach płuczek z etapu procesu wiercenia, cementacji, ale także o dużej dynamice rozpuszczalności węglanów w wodach podziemnych. Wówczas w połączeniu z innymi parametrami może świadczyć o migracji w środowisku wodnym resztek płynów technologicznych.

**Bar** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,01–0,03 mg/l. Bar można stosować jako wskaźnik pojawiania się w środowisku wód beziarczanowych o wysokiej mineralizacji. Jego podwyższone stężenie w wodach użytkowych poziomów może świadczyć o potencjalnym ascenzyjnym pojawianiu się wód głębinowych i mieszaniu z wodami użytkowych poziomów. Jego cechą charakterystyczną jest także tendencja do koncentrowania się w łupkach ilastych – dlatego też proces szczelinowania może wtórnie spowodować pojawienie się znaczących ilości baru w wodach podziemnych (w przypadku rozszczelnienia otworu). Na etapie wiercenia w wodach podziemnych mogą pojawiać się jego zwiększone ilości jeżeli do obciążenia płuczki używano barytu.

**Bor** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,01–0,5 mg/l. Bor, podobnie jak bar może być wskaźnikiem kontaktu wód użytkowych poziomów wodonośnych z wodami mineralnymi. W odróżnieniu od baru nie występuje jednak, jako element płuczek wiertniczych. Wysokie koncentracje boru są charakterystyczne dla biolitów – np. w węglach jego średnia zawartość sięga 75 ppm. W próbkach płynów technologicznych notowano stężenia boru sięgające nawet 49,5 mg/l, natomiast stężenia w wodach podziemnych poziomu czwartorzędowego nie przekraczały 0,05 mg/l. W związku z tak dużymi różnicami stężeń w wodach i płynach technologicznych bor może być wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska płynami technologicznymi.

Ze względu na łatwość, z jaką bor jest sorbowany przez minerały ilaste oraz substancję organiczną, lokalne podwyższenie stężeń boru wokół otworu może świadczyć o dopływie wód z głębiej położonych poziomów wodonośnych.

**Chlorki** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 2–60 mg/l. Jony chlorkowe ze względu na bardzo duże koncentracje w płynach technologicznych, zwłaszcza w płynie pozabiegowym (do 79 000 mg/l) oraz łatwą i szybką migrację w środowisku są idealnym wskaźnikiem pojawiania się pierwszej fali potencjalnych zanieczyszczeń. Większość parametrów organicznych, pomimo potencjalnie znacznie większego oddziaływania na środowisko wodne migruje znacznie wolniej w wodach podziemnych. Dlatego też jony chlorkowe, posiadając współczynnik opóźnienia  $R = 1$  wydają się być wskaźnikiem idealnym. Ich duże stężenia w wodach mogą mieć pochodzenie zarówno naturalne (geogeniczne), jak i antropogeniczne (możliwe pochodzenie z resztek płynów technologicznych). Podwyższenie stężeń w użytkowych poziomach wodonośnych sięgające do 1–2 g/l należy wiązać z presją antropogeniczną pochodzącą z powierzchni terenu, natomiast stężenia występujące w płynach technologicznych i potencjalnych, epizodycznych awariach w obrębie placu wiertni wskazują na znacznie wyższy próg pojawiania się jonów chlorkowych w wodach podziemnych.

**Lit** – podobnie jak bor i bar może występować w zwiększonych ilościach w silnie zmineralizowanych wodach podziemnych. Dlatego też jego pojawianie się w stężeniach przekraczających ok. 0,8 mg/l można interpretować jako wskaźnik mieszania się wód płytszych z wodami głębszych poziomów wodonośnych. Lit jest łatwo sorbowany przez minerały ilaste i substancję organiczną, stąd proces szczelinowania, zwłaszcza przy dużej zawartości jonów amonowych w płynie szczelinującym, może znacząco intensyfikować procesy wymiany jonowej i przechodzenie litu z łupków do płynu pozabiegowego.

**Potas** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,5–10,0 mg/l. Wraz z sodem mogą stanowić wskaźnik wskazujący na zaburzenie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych. W warunkach naturalnych, typowych dla utworów czwartorzędowych, przyjmuje się najczęściej stosunek K:Na jako 1:10. Z analizy stężeń Na i K podanych w tabeli 5.2 wyraźnie widać silne zaburzenie tej

ogólnej prawidłowości – związane głównie z używaniem NaCl jako bazy do stworzenia płynu szczelinującego. Potas jest co prawda dobrym wskaźnikiem zanieczyszczeń antropogenicznych powiązanych z rolnictwem, jednak jego stężenia nigdy nie sięgają tak dużych wartości. Dodatkowo anomalnie wysokie stężenia powiązane są z występowaniem głębinowych silnie zmineralizowanych wód. Notowane zawartości potasu w płynach technologicznych kilkukrotnie przekraczają potencjalne wartości tła hydrogeochemicznego, nawet w wodonościach węglanowych południowej Polski.

**Sód** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 1–60 mg/l. Wraz z potasem mogą stanowić wskaźnik pokazujący na zaburzenie naturalnych procesów zachodzących w wodach podziemnych. W procesie szczelinowania wzrost stężeń sodu może być wywołany jego desorpcją z minerałów ilastych zawartych w łupkach. Zawartość sodu w głębinowych wodach podziemnych może wzrastać nawet do 150 g/l (Witczak i in., 2013), dlatego w przypadku użytkowych poziomów wodonośnych podwyższenie stężeń można interpretować jako pojawianie się w środowisku wodnym płynów technologicznych lub migracji wód z poziomów głębszych. Lokalne zanieczyszczenie wokół obszaru wiertni może być związane z przygotowaniem płynu szczelinującego. Takie incydentalne zjawiska powinny się korelować ze spadkiem zawartości jonów  $\text{Ca}^{+2}$  w wodach i związanemu z tym spadkowi twardości wód. Pomimo, że sód jako pospolicie występujący jon może powodować trudności interpretacyjne w kontekście genezy podwyższonych stężeń, to jednak korelując go z zawartością boru, wapnia i chlorków można dość jednoznacznie określić jego genezę. Dlatego też zaleca się stosowanie go wraz z potasem jako wskaźnik nieorganiczny w monitoringu wód.

**Stront** – jest parametrem nieorganicznym o największym wzroście stężeń pomiędzy płynem szczelinującym a płynem pozabiegowym (tabela 5.2). Wzrost stężeń strontu związany jest z desorpcją strontu z przestrzeni międzypakietowych minerałów ilastych. W naturalnych wodach stosunek wapnia do strontu przekracza 200. W przypadku płynu zwrotnego jest on bardzo szeroki i waha się od ok. 3 do niemal 20, a więc nawet więcej niż w wodach morskich. W solankach niżu polskiego stront występuje w stężeniach sięgających maksymalnie 149 mg/l (Swinoujście). W prowadzonym monitoringu oznaczenie zawartości strontu i jego stosunek do jonów wapnia będzie jednoznacznym wskaźnikiem dopływu wód głębszych.

**Wapń** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 2–200 mg/l. Jest to powszechnie występujący składnik wód podziemnych. W monitoringu wód jest łatwy i tani w oznaczaniu. W typowych wodach podziemnych, ze względu na dominację równowagi węglanowej łatwo opisać jego migrację wodną, a tym samym określić genezę anomalnie występujących stężeń. Tylko w specyficznych warunkach, w wodach o niskiej zawartości siarczanów zawartość jonów wapniowych może przekraczać 1 g/l. W opisywanych lokalizacjach w płynie pozabiegowym jego podwyższone stężenia związane są z wymianą na jony  $\text{Na}^+$ . Jako wskaźnik monitoringu stanowi dopełnienie możliwości interpretacyjnych strontu, dwutlenku węgla i pH.

**BTEX** – nie jest określone naturalne tło dla wód podziemnych, gdyż BTEX występują w środowisku naturalnym tylko w specyficznych warunkach. Obecność ich w wodach podziemnych stanowi wskaźnik oddziaływań antropogenicznych. W przypadku niekonwencjonalnych złóż gazu brak jest wiarygodnych badań wskazujących na zakres stężeń BTEX. W płynie pozabiegowym zanotowano maksymalnie 0,316 mg/l BTEX. W płytkich wodach podziemnych cechą charakterystyczną jest zaniekanie lotnych węglowodorów zawartych w substancjach ropopochodnych poprzez utlenianie się do strefy aeracji i atmosfery (Witczak i in., 2013).

**Indeks fenolowy** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,0–0,001 mg/l. Indeks fenolowy oznacza grupę węglowodorów aromatycznych, w których grupa hydroksylowa związana jest z atomem węgla pierścienia aromatycznego. Do fenoli roślinnych zaliczamy flawonoidy, fenolokwasy, garbniki hydrolizujące i skondensowane. Roślinne fenole powstają w wyniku reakcji zachodzących w procesach metabolicznych. Ze względu na trudność w oznaczaniu i pochodzenie zarówno naturalne, jak i antropogeniczne zawartość fenoli jest trudna do jednoznacznej interpretacji. Uwzględniając jednak, że zawartości fenoli pochodzące z antropogenicznego oddziaływania człowieka sięgają do kilku g/l, a więc są co najmniej 3 rzędy wielkości większe niż powstałe w wyniku procesów naturalnych indeks fenolowy może być w monitoringu wód podziemnych użytecznym wskaźnikiem antropopresji.

**Metan** – w przypadku rozpoznawania, udostępniania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż gazu metan, jako główny składnik gazu ziemnego jest obligatoryjnie wymaganym do badań wskaźnikiem. Ze względu na bardzo niską rozpuszczalność w wodzie, bardzo szybkie utlenianie pod wpływem

wem tlenu, jonów siarczanowych i bakterii jego podwyższona zawartość może być interpretowana najczęściej jako wskaźnik występowania stref stagnacji hydrodynamicznej lub dopływu z głębszych struktur tektonicznych.

**Agresywny dwutlenek węgla** – naturalne tło dla wód podziemnych wynosi 0,0–4,0 mg/l. Badanie monitoringowe agresywnego dwutlenku węgla pozwoli na określenie stanu równowagi węglanowej wód podziemnych, a co za tym idzie pozwoli na ocenę czy obecna w wodach podziemnych zawartość jonów wapnia związana jest tylko z naturalnym procesami hydrogeochemicznym zachodzącymi w warstwach wodonośnych. Jednocześnie oznaczenie zawartości agresywnego CO<sub>2</sub> pozwoli na ocenę agresywności wód i ocenę ich korozyjności.

Celem monitoringu wód podziemnych oraz powierzchniowych jest, przede wszystkim, identyfikacja potencjalnych ognisk zanieczyszczeń. Doświadczenia w zakresie badań płynu zwrotnego wskazują, że monitoring zgodny z przedstawionymi wyżej założeniami w pełni wskaże przyczynę ewentualnego zanieczyszczenia/skażenia. Jednocześnie zestaw parametrów zalecanych do oznaczania, których korelacje mogą świadczyć o podobnej genezie zanieczyszczenia, umożliwi odróżnienie, czy mamy do czynienia z zanieczyszczeniem na drodze presji antropogenicznej pochodzącej z powierzchni terenu, czy z procesów wiercenia i szczelinowania.

## 6 Rekomendacje

### 6.1 Hałas i warunki życia w rejonie wiertni

Na generowanie hałasu związanego z pracami wykonywanymi podczas poszukiwania gazu ze złóż niekonwencjonalnych mają wpływ dwa czynniki:

- wzmożony ruch samochodowy,
- procesy technologiczne na wiertni związane m.in. z wierceniem i szczelinowaniem (trwają łącznie od kilku tygodni do kilku miesięcy).

Emisje hałasu związane z transportem kołowym występują na wszystkich etapach prac: od rozpoczęcia budowy placu, poprzez procesy wiercenia i szczelinowania, do etapu likwidacji zakładu i rekultywacji terenu łącznie. Wzmożony transport występuje okresowo, ograniczony do krótkich przedziałów czasu związany jest z koniecznością dostarczenia urządzeń oraz materiałów niezbędnych do wykonania poszczególnych etapów prac. Zwiększony ruch kołowy dotyczy miejscowości przy drogach dojazdowych do zakładu wykonującego roboty geologiczne i swym zasięgiem przekracza obszar emisji hałasu z samego zakładu. Hałas będący wynikiem wzmożonego ruchu kołowego może oddziaływać na miejscowości, przez które przebiegają drogi dojazdowe, oddalone wiele kilometrów od zakładów. Hałas generowany przez ruch kołowy, związany bezpośrednio z działalnością zakładów, stanowi krótkotrwałą uciążliwość i jest bardzo trudno oszacować na jakim poziomie zwiększa dyskomfort lokalnych społeczności, będąc wartością dodaną do hałasu komunikacyjnego emitowanego niezależnie od robót geologicznych.

Do głównych źródeł hałasu na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne należą wysokoprężne silniki spalinowe, agregaty prądotwórcze, pompy płuczkowe i sita wibracyjne. Hałas jest wyraźnie słyszalny w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu. Prace, zwłaszcza wiertnicze prowadzone są w trybie ciągłym (przez całą dobę), a ich zakres czasowy wynosi od kilku tygodni do kilku miesięcy. W przypadku umiejscowienia zakładu w niedalekiej odległości od zabudowy mieszkalnej, hałas może stwarzać uciążliwość dla mieszkańców.

Istotny wpływ na propagację hałasu w środowisku ma aktualny stan atmosfery (z czego najistotniejszy wpływ na rozprzestrzenienie dźwięku ma wiatr), ukształtowanie terenu oraz ekranowanie. Badania wykazały, że zakłady zlokalizowane na obszarze rolniczym oraz z dala od zabudowań nie stwarzają zagrożenia dla ludzi w zakresie zwiększonej emisji hałasu, a zagrożenie hałasem występuje głównie w sytuacji, gdy w sąsiedztwie zakładu znajduje się zabudowa mieszkalna. Uciążliwości akustyczne można znacząco ograniczyć lokalizując w miarę możliwości tereny pod wiertnie z dala od zabudowań, wykorzystując przy tym naturalne bariery morfologiczne.

W przypadku realizacji prac na terenach o wyższym stopniu zurbanizowania lub na terenach wymagających szczególnej ochrony niezbędne jest prowadzenie prac przy wykorzystaniu urządzeń z dobrze wyciszonymi podzespołami. Należy również wykorzystywać efekt ekranowania innych podzespołów i urządzeń zlokalizowanych na terenie zakładu (Macuda, Łukańko, 2008). W przypadku lokalizacji w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań mieszkalnych niezbędna jest instalacja ekranów akustycznych wokół wiertni, które w istotny sposób ograniczają emisję hałasu do środowiska. Podobną rolę jak ekrany akustyczne spełniają również wały usypywane wokół zakładów z warstw gleby ściągniętych z placów. Bariery takie działają jednak tylko w niewielkiej odległości od źródła emisji hałasu. W odległości ok. 200 m od wiertni rozkład poziomu dźwięku wokół wszystkich urządzeń wiertniczych dąży do rozkładu kołowego. Z badań Macudy (2010) wynika, że przeciętne zasięgi izolinii 45 dB (dopuszczalnej wartości  $L_{Aeq,N}$  dla pory nocnej) pomierzone zostały w odległości ok. 420–440 m od placu wiertni. Podczas zabiegów szczelinowa-

nia hydraulicznego chwilowe poziomy hałas mogą znacznie przekraczać wartości generowane podczas wiercenia, dlatego należy zalecić, żeby w miarę możliwości zakłady mające wykonywać roboty geologiczne ze szczelinowaniem hydraulicznym były lokalizowane nie bliżej niż 450–500 m od zabudowań mieszkalnych.

Zapylenie związane z transportem realizowanym na potrzeby zakładów może być ograniczane poprzez utwardzanie i/lub zraszanie dróg dojazdowych, a także poprzez stosowanie skoordynowanych harmonogramów kursów i ograniczeń prędkości.

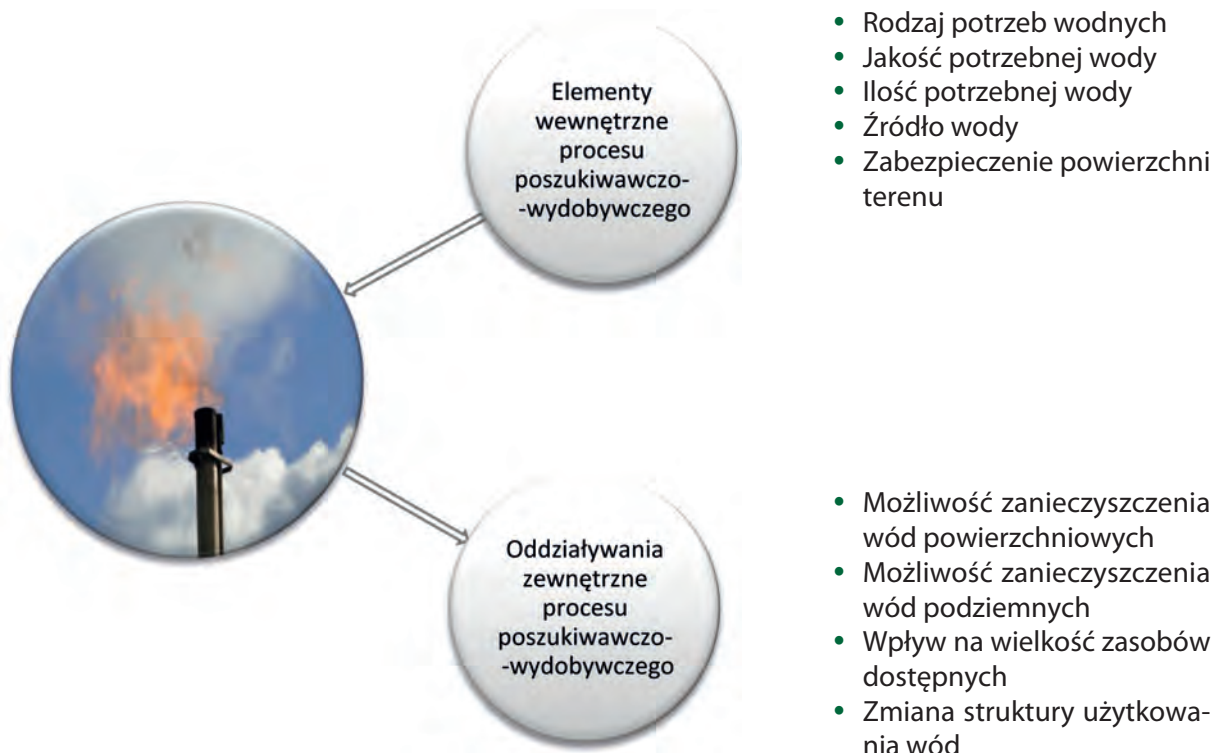
## 6.2 Gospodarka wodna

Celem opracowania rekomendacji jest określenie zaleceń dla operatorów koncesji do prowadzenia prac w sposób pozwalający na skuteczne ograniczenie ryzyka negatywnego oddziaływania na stan wód powierzchniowych i podziemnych. Rekomendacje odnoszące się do gospodarki wodnej dotyczą następujących zagadnień związanych z poszukiwaniem i/lub rozpoznawaniem gazu z formacji łupkowych:

- ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego oraz wód powierzchniowych na skutek prac realizowanych na powierzchni terenu,
- ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia głębszych poziomów wodonośnych na skutek prac prowadzonych w podziemnej części odwiertu (odcinek pionowy odwiertu),
- ograniczenie oddziaływania na stan ilościowy wód (ochrona zasobów wód powierzchniowych i podziemnych).

Analizując powyższe zagadnienia należy wziąć pod uwagę fakt, że aktualnie realizowana w Polsce faza poszukiwania i rozpoznawania gazu z formacji łupkowych różni się w sposób znaczący od fazy eksploatacji złóż. Różnice te nie są związane z samą technologią prowadzonych prac, lecz przede wszystkim ze skalą przedsięwzięcia, co ma szczególne znaczenie właśnie w odniesieniu do gospodarki wodnej. Dotyczy to zwłaszcza aspektów ilościowych.

Kompleksowe spojrzenie na proces poszukiwania i/lub eksploatacji gazu z łupków wymaga zdefiniowania elementów wewnętrznych gospodarowania wodą w procesie poszukiwawczo-wydobywczym wynikających bezpośrednio ze stosowanej technologii oraz potencjalnych oddziaływań zewnętrznych prowadzonej działalności na gospodarkę wodną w rejonie prowadzonych prac (rys. 6.1). Wśród elementów wewnętrznych, od których w dużej mierze zależy efektywność procesu oraz jego bezpieczeństwo, kluczowe jest określenie potrzeb wodnych przedsięwzięcia na każdym jego etapie, w tym także zdefiniowanie wymagań odnośnie jakości potrzebnej na różne cele wody. Stworzenie systemu obiegu wody umożliwiającego jednocześnie monitorowanie w aspekcie ilościowym i jakościowym używanej wody pozwala na jej racjonalne wykorzystanie. Oddziaływania zewnętrzne należy rozumieć jako określenie wpływu na dostępne do zagospodarowania zasoby wód oraz ryzyka potencjalnego zanieczyszczenia środowiska wodnego w rejonie prowadzonych prac, co może doprowadzić do ograniczenia zasobów wód o pożądanej jakości zarówno dla procesów technologicznych jak i zaspokojenia innych, często nadrzędnych celów. Dotyczy to także oddziaływań długookresowych, które w szerszym rozumieniu mają przełożenie na ocenę stanu części wód powierzchniowych i podziemnych (w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej). Prawidłowo zaplanowane elementy wewnętrzne procesu poszukiwawczo-wydobywczego, uwzględniające lokalne uwarunkowania hydrogeologiczne i hydrograficzne, stanowią podstawę dla bezpiecznego prowadzenia działalności wydobywczej i skutecznie ograniczają zdefiniowane ryzyka środowiskowe. Dodatkowo, jako podstawowy element oceny efektywności wprowadzonych rozwiązań mających na celu ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia wód, niezbędne jest prowadzenie monitoringu środowiska wodnego w rejonie prowadzonych prac (zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w rozdziale 5.5).



**Rys. 6.1.** Wewnętrzne czynniki procesu poszukiwania i/lub eksploatacji gazu z łupków oraz ich zewnętrzne oddziaływania w aspekcie gospodarowania wodami.

W odniesieniu do ryzyka zanieczyszczenia płytko występujących wód podziemnych (pierwszy poziom wodonośny, na ogół o swobodnym charakterze zwierciadła, bez izolacji od powierzchni terenu) najistotniejszą kwestią jest odpowiednie zabezpieczenie powierzchni terenu. Mając na celu ograniczenie możliwości przedostania się zanieczyszczeń z powierzchni terenu do wód podziemnych zaleca się następujące działania:

- szczegółowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w rejonie planowanych do realizacji prac (przed rozpoczęciem budowy na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne),
- inwentaryzacja obiektów i obszarów chronionych, istotnych ze względu na ochronę wód podziemnych i powierzchniowych (obszary chronione, ekosystemy związane z wodami, strefy drenażu wód podziemnych, ujęcia wód podziemnych) w zasięgu potencjalnego oddziaływania zakładów wykonujących roboty geologiczne,
- opracowanie założeń monitoringu wód, wytypowanie i przygotowanie punktów badawczych,
- ocena stanu wód przed rozpoczęciem prac,
- niwelacja powierzchni terenu i jej utwardzenie (np. wyłożenie płytami betonowymi),
- uszczelnienie w strefie operacyjnej (tzw. strefa brudna) powierzchni terenu np. poprzez zastosowanie folii,
- w rejonach o podwyższonym tle metanowym w powietrzu gruntowym i/lub bogatych w substancję organiczną należy rozważyć zastąpienie jednolitej warstwy folii uszczelniającej wewnętrznymi wannami z materiałów nieprzepuszczalnych w miejscach składowania substancji chemicznych,
- zaprojektowanie i wykonanie systemu odprowadzania wód opadowych (szczelny rów opaskowy, system drenażu zamkniętego, zbiorniki),
- dodatkowe zabezpieczenie powierzchni terenu w strefach przechowywania paliwa oraz substancji chemicznych i cieczy technologicznych.

Poza wskazanymi powyżej zaleceniami zasadniczą sprawą jest także bieżąca kontrola przebiegu prac na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne, umożliwiającą natychmiastową reakcję w sytuacji wystąpienia zdarzenia awaryjnego.



W odniesieniu do ryzyka zanieczyszczenia głębszych poziomów wód podziemnych (w tym także poziomów użytkowych), poza wskazanymi powyżej kwestiami związanymi z ograniczeniem ryzyka przedostania się zanieczyszczeń z powierzchni terenu, istotne wydaje się także uwzględnienie możliwości przedostania się zanieczyszczeń ze strefy przyotworowej. Przyczyną może być nieprawidłowa konstrukcja lub wykonanie odwiertu, w tym przede wszystkim nieodpowiednio wykonane cementowanie (Labus, 2013). Mając na celu ograniczenie tego ryzyka zaleca się:

- projektowanie konstrukcji otworów w oparciu o szczegółowe rozpoznanie budowy geologicznej w interwale występowania warstw wodonośnych (wprowadzanie dodatkowej kolumny rur okładzinowych do głębokości występowania poziomów wód podziemnych),
- badania szczelności otworów (jakości cementowania) poddawanych zabiegom stymulacji złoża zarówno bezpośrednio przed szczelinowaniem, jak również po zakończeniu prac,
- określenie potencjalnych dróg migracji zanieczyszczeń w warstwach wodonośnych (wyznaczenie linii prądu na podstawie badań modelowych),
- rozpoznanie istniejących ujęć wód podziemnych w zasięgu potencjalnego oddziaływania,
- opracowanie procedur postępowania w trybie awaryjnym (w sytuacji wystąpienia awarii otworu).

W odniesieniu do ograniczenia oddziaływania na stan ilościowy wód rekomenduje się prowadzenie prac na każdym etapie w sposób uwzględniający zasadę racjonalnego gospodarowania wodą. Oznacza to przyjęcie zasady wykorzystywania zasobów wód w sposób zrównoważony, uwzględniający rzeczywiste potrzeby użytkownika (zarówno w aspekcie ilości jak i jakości) oraz niepowodujący pogorszenia stanu wód. Odnosząc te zasady do działalności związanej z poszukiwaniem i/lub eksploatacją gazu z formacji łupkowych zaleca się następujące działania:

- szczegółowe rozpoznanie potrzeb wodnych prac realizowanych w ramach działalności zakładu wykonującego roboty geologiczne (uwzględniając wszystkie etapy prac),
- określenie wymagań jakościowych względem wody wykorzystywanej na poszczególne cele (inna jest wymagana jakość wód wykorzystywanych na cele socjalne, a inna na potrzeby przygotowania płynu szczelinującego),
- określenie wszystkich możliwych źródeł pozyskania wody dla poszczególnych użytkowników wód z uwzględnieniem ich rzeczywistych potrzeb,
- dywersyfikacja źródeł zaopatrzenia w wodę, w tym korzystanie w pierwszej kolejności z istniejących dostępnych źródeł zaopatrzenia w wodę (istniejące ujęcia i sieci wodociągowe, wody powierzchniowe, wody z odwodnień wyrobisk górniczych i inne).

Należy podkreślić, że korzystanie z wód poprzez budowę odrębnego ujęcia wód musi się odbywać w trybie określonym w ustawach Prawo geologiczne i górnicze oraz Prawo wodne według procedur dotyczących szczególnego korzystania z wód wymagającego uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. Musi być także prowadzone zgodnie z obowiązującymi Warunkami korzystania z wód regionu wodnego oraz Warunkami korzystania z wód zlewni (dokumenty planistyczne). Jednocześnie podejmowanie decyzji o lokalizacji prac poszukiwawczo-wydobywczych musi uwzględniać zakazy, nakazy lub ograniczenia w użytkowaniu terenu obowiązujące na obszarze stref ochronnych ujęć lub obszarów ochronnych zbiorników wód śródlądowych (między innymi GZWP). Przyjmując rozwiązanie obejmujące zaopatrzenie w wodę poprzez budowę ujęcia na terenie zakładu wykonującego roboty geologiczne zaleca się objęcie studni ujęcia badaniami monitoringowymi.

Podsumowując rekomendacje dla gospodarowania wodami w procesie poszukiwania i/lub eksploatacji gazu z formacji łupkowych zaleca się stosowanie trzech podstawowych zasad umożliwiających skuteczne ograniczenie ryzyka pogorszenia stanu wód (rys. 6.2). Równoczesne podejmowanie działań mających na celu przeciwdziałanie potencjalnym zanieczyszczeniom, racjonalne wykorzystanie zasobów oraz prowadzenie adekwatnego do lokalnych uwarunkowań monitoringu stanowi podstawę dla bezpiecznego prowadzenia prac i efektywnego zarządzania ryzykiem.

Ponadto należy podkreślić, że nie mniej istotne od przestrzegania powyżej wskazanych zaleceń jest inicjowanie nowych projektów badawczych mających na celu opracowanie nowych, bezpieczniejszych i przyjaźniejszych dla środowiska technologii, ograniczających na przykład potrzeby wodne procesu wydobycia gazu z formacji łupkowych. Podobnie rozwiązania legislacyjne, umożliwiające na przykład wykorzystanie oczyszczonych ścieków na potrzeby szczelinowania hydrau-

licznego, mogą znacząco wpłynąć na ograniczenie potencjalnego oddziaływania działalności wydobywczej na stan wód.



**Rys. 6.2.** Podstawowe zasady gospodarowania wodami w procesie poszukiwania i/lub eksploatacji gazu z łupków

### 6.3 Gospodarka odpadami

W świetle przeprowadzonych badań stwierdzono, że podczas prowadzenia prac na terenie zakładów wykonujących roboty geologiczne na analizowanych poligonach badawczych można generalnie wyróżnić następujące źródła powstawania odpadów:

- proces wiercenia,
- proces szczelinowania hydraulicznego i testów produkcyjnych,
- bieżące utrzymanie, konserwacja oraz obsługa urządzeń znajdujących się na terenie prowadzonych prac.

W wymienionych procesach wytworzono następujące grupy odpadów:

- odpady wydobywcze niebezpieczne i inne niż niebezpieczne (wiertnicze) – w trakcie wykonywania prac wiertniczych oraz prac związanych z zabiegiem szczelinowania hydraulicznego;
- odpady niebezpieczne oraz odpady inne niż niebezpieczne – w wyniku bieżącego utrzymania, konserwacji oraz obsługi urządzeń znajdujących się na terenie prowadzonych prac.

Gospodarka odpadami wydobywczymi powinna być prowadzona w oparciu o zatwierdzony decyzją Program gospodarowania odpadami wydobywczymi, natomiast gospodarka pozostałymi odpadami w oparciu o pozwolenie na wytworzenie odpadów (jeżeli jest wymagane). Jakikolwiek zmiany w programie gospodarowania odpadami wydobywczymi (np. ilości wytwarzanych odpadów czy sposobu ich magazynowania) wymagają przedstawienia właściwemu miejscowo Marszałkowi Województwa oświadczenia o rodzaju zmian, które powinny być zatwierdzone w postaci zawiadomienia o ich przyjęciu.

Wytworzone podczas prac poszukiwawczych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów odpady wydobywcze poddawane są procesom odzysku/unieszkodliwiania. Problemem w tym przypadku jest powstawanie dużej ilości odpadów w bardzo krótkim czasie. Zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi (art. 7, ust. 2 i 3 Ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych – Dz. U. z 2013 r., poz. 1136 z późn. zm.), odpady wydobywcze niebezpieczne mogą być poddane magazynowaniu przez okres maksymalnie do 6 miesięcy, natomiast odpady wydobywcze inne niż niebezpieczne i obojętne – nie dłużej niż rok. Maksymalnie po takim czasie należy poddać je procesom odzysku/unieszkodliwiania.

Odpady i płyny technologiczne (płyny szczelinujące oraz płyny pozabiegowe), powstałe w czasie procesów technologicznych wiercenia i szczelinowania hydraulicznego powinny być badane w celu ustalenia ich charakterystyki oraz potencjalnych zagrożeń dla środowiska w przypadku nie-

kontrolowanego przedostania się do niego zarówno samych odpadów jak i produktów po procesach ich odzysku/unieszkodliwiania. Konieczność badań wynika zarówno z faktu, że płyny produkowane są z zastosowaniem różnych dodatków chemicznych, jak również z różnic geochemicznych przewierczanych warstw skalnych. Uzyskane wyniki badań pozwolą określić czy analizowany odpad/płyn technologiczny powinien być klasyfikowany jako niebezpieczny czy nie, a tym samym wskażą potencjalne sposoby dalszego z nimi postępowania (biorąc pod uwagę również zawartość izotopów promieniotwórczych).

W obszarze gospodarki odpadami, po analizie zarówno obowiązujących przepisów prawnych jak i w wyniku analizy dotychczas wykonanych prac na poligonach badawczych sugeruje się:

- wykorzystanie wyników badań przy opracowywaniu charakterystyk odpadów wydobywczych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2013 r. w sprawie charakterystyki odpadów wydobywczych (Dz. U. 2013 r., poz. 759) oraz wskazaniu potencjalnych sposobów postępowania z odpadami, w tym opracowaniu kryteriów dla metod odzysku i/lub unieszkodliwiania;
- rozszerzenie zakresu wypełniania Karty przekazania odpadów – uzupełnianie informacji o ostatecznym sposobie postępowania i docelowym miejscu przekazania.

#### Opracowanie charakterystyk odpadów wydobywczych

Otrzymane wyniki badań mogą zostać wykorzystane do opracowania charakterystyk odpadów wydobywczych, które są wymagane Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2013 r. w sprawie charakterystyki odpadów wydobywczych (Dz. U. 2013 r., poz. 759). Wykorzystanie tych wyników ułatwi przeprowadzenie procedury badawczej próbek odpadów oraz wskaże potencjalne parametry do analizy laboratoryjnej.

Na podstawie badań ekotoksykologicznych stwierdzono, że zużyta płuczka wiertnicza, zwierciny oraz płyny pozabiegowe mogą stanowić zagrożenie (w przypadku niewłaściwego zagospodarowania) dla organizmów żywych po przedostaniu się w sposób niekontrolowany do środowiska i dlatego należy ściśle przestrzegać zarówno przepisów prawnych, jak i procedur dotyczących transportu oraz procesów odzysku/unieszkodliwiania.

Zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w zużytych płuczkach, zwiercinach oraz płynach pozabiegowych były porównywalne do ich przeciętnej zawartości w glebach (wg UNSCAR). Wyższe wartości aktywności właściwej odnotowano dla próbek proppantu pozabiegowego, co wynikało z podwyższonych (w stosunku do średniej dla gleb) zawartości izotopu  $^{40}\text{K}$ . Wartości te jednak w świetle istniejących przepisów nie stanowiły zagrożenia dla środowiska i życia ludzi. Dlatego analizowane odpady ze względu na zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych mogą być stosowane do produkcji materiałów budowlanych lub do niwelacji terenów, a także do budowy dróg.

Należy zaznaczyć, że w przypadku zastosowania odpadów do niwelacji terenów oraz do budowy dróg, a także obiektów sportowych i rekreacyjnych należy wykonać badania określające moc dawki promieniowania pochłoniętej od tych obiektów na wysokości 1 m. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów – Dz. U. 2007, Nr 4, poz. 29, należy zapewnić dla wymienionych wyżej zastosowań odpadów, przy zachowaniu wymaganych wartości wskaźników  $f_1$  i  $f_2$ , obniżenie mocy dawki pochłoniętej na wysokości 1 m nad powierzchnią terenu, drogi lub obiektu do wartości nieprzekraczającej 0,3 mikrogreja na godzinę (w szczególności przez położenie dodatkowej warstwy innego materiału).

Uzyskane wyniki badań oraz przeprowadzone analizy w zakresie uregulowań prawnych stanowią podstawę do opracowania kryteriów dla metod odzysku i/lub unieszkodliwiania. Opracowanie takich kryteriów usprawniłoby proces zagospodarowania odpadów oraz zintensyfikowałoby jednostki naukowe i podmioty gospodarcze do współpracy w ramach opracowywania nowych technologii odzysku/unieszkodliwiania powstających odpadów wydobywczych.

#### Karty przekazania odpadów

Dla każdego rodzaju wytworzonego odpadu prowadzona powinna być ewidencja ilościowa i jakościowa w postaci Karty ewidencji odpadu oraz Karty przekazania odpadu. Karta ewidencji odpadu

zawiera informacje o ilości wytworzonych odpadów w ujęciu miesięcznym oraz o sposobie gospodarowania odpadem. Karta przekazania odpadu wskazuje posiadacza, który przejął odpad oraz rodzaj i ilość przekazanych odpadów.

Niestety nie ma obecnie obowiązku uzyskiwania informacji na temat ostatecznego miejsca i sposobu odzysku/unieszkodliwienia, choć w Karcie przekazania odpadu jest miejsce na zamieszczenie takiej informacji. Operatorzy koncesji i ich podwykonawcy będący posiadaczami odpadów wydobywczych powinni rozważyć pozyskiwanie i umieszczanie w kartach przekazania odpadów informacji o ich planowanym ostatecznym zagospodarowaniu, co byłoby cenną informacją dla lokalnych społeczności, w oczywisty sposób zainteresowanych bezpieczeństwem swoim i środowiska naturalnego w swoim rejonie. Taka informacja ułatwiłaby również kontrolę prawidłowości procedur dalszego postępowania z przekazanym odpadem uprawnionym do tego organom kontrolnym.

## 6.4 Zabezpieczenie odwiertów eksploatacyjnych

W Polsce nie odbywa się jeszcze wydobywanie gazu z łupków, warto jednak już teraz zwrócić uwagę na to, w jaki sposób zapewnić bezpieczeństwo tego procesu.

Odwierty eksploatacyjne w fazie produkcji nie będą prawdopodobnie wymagały codziennej obsługi, ale ze względu na fakt, że zgodnie z doświadczeniami z innych krajów, głównie z USA i Kanady, produkcja z takich odwiertów może trwać nawet kilkadziesiąt lat, bardzo istotne jest zapewnienie ich integralności w całym okresie produkcji. Jest to istotne zarówno ze względu na ekonomikę przedsięwzięcia, jak i na ochronę środowiska. Przestrzeń pierścieniowa (przestrzenie między rurami okładzinowymi), a także kontakt z otaczającą skałą powinny być zabezpieczone przed możliwością niekontrolowanego wycieku płynów złożowych, głównie gazów podczas procesu wiercenia, szczelinowania i eksploatacji.

Wyniki sondowania odwiertu (tzw. logi) są niezbędnymi danymi zbieranymi przez narzędzia wykorzystywane przy ocenie formacji geologicznej oraz projektowaniu odwiertu. Ponadto, różne rodzaje testów integralności mechanicznej, a także próba ciśnieniowa hydrauliczna muszą być wykorzystywane do oceny integralności w trakcie konstrukcji odwiertu.

Badanie stanu płaszczki cementowej stanowi podstawową procedurę kontroli jakości i stanu technicznego odwiertu. Płaszczki cementowej, która tworzy część bariery przy zabiegu szczelinowania lub podczas eksploatacji wymaga okresowej kontroli. Dodatkowe i bardziej precyzyjne urządzenia pomiarowe powinny być używane w celu sprawdzenia jakości cementu w horyzontalnych sekcjach otworu. W przypadkach, w których stan techniczny odwiertu (poprzez uszkodzenie płaszczki cementowej) pogarsza się w wyniku szczelinowania hydraulicznego lub długoterminowej eksploatacji, konieczne są działania naprawcze, które powinny być identyfikowane na etapie oceny ryzyka. Ważne jest, aby śledzić wszelkie negatywne zmiany pomiędzy ścianą obudowy i cementu podczas eksploatacji.

Plany techniczne i częstotliwość kontroli integralności odwiertów produkcyjnych muszą zależeć od oceny ryzyka w przypadku poszczególnych odwiertów i być dostosowane do technologii produkcji. Kontrolę integralności, zgodnie z zatwierdzonym planem technicznym powinien prowadzić operator zakładu górniczego w porozumieniu i pod nadzorem okręgowego urzędu górniczego. Po zakończeniu produkcji, likwidacji odwiertu i zamknięciu zakładu górniczego należy prowadzić dalszy monitoring potencjalnych emisji gazu w miejscu zlikwidowanego odwiertu.

## Literatura

- Abousleiman, Y.N., Tran, M.H., Hoang, S., Bobko, C.P., Ortega, A., Ulm, F.J., 2007 – Geomechanics field and laboratory characterization of the Woodford Shale: The next gas play. SPE Annual Technical Conference and Exhibition.
- Akerblom G., 1986 – Investigation and mapping of radon risk areas: Lulea, Sweden, Swedish Geol.
- Asher-Bolinder S., i in., 1991 – A preliminary evaluation of environmental factors influencing day-to-day and seasonal soil-gaz radon concentrations
- Barree R.D., Gilbert J.V., 2009 – Stress and Rock Property Profiling for Unconventional Reservoir Stimulation. SPE 118703: 1–18
- Bennet L. Calvez J., Sarver D., Tanner K. i in., 2006 – The Source of Hydraulic Fracture Characterization, Oilfield Review by Schlumberger: [www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield\\_review/ors05/win05/04\\_the\\_source\\_for\\_hydraulic.pdf](http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors05/win05/04_the_source_for_hydraulic.pdf)
- Buckley S. J., Howell J. A., Enge H. D., Kurtz T. H., 2008 – Terrestrial laser scanning in geology: data acquisition, processing and accuracy considerations. Journal of the Geological Society, London, Vol. 165: 625–638.
- Chevron, 2012. Projekt Robót Geologicznych celem poszukiwania i rozpoznania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na obszarze koncesyjnym Zwierzyniec. Aneks 2 (Nr 70/2009/P)
- Cowper C. J., DeRose A. J., 1988 – Chromatograficzna analiza gazów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, ISBN-8320409381, 9788320409383
- Czerwińska- Tomczyk J., Sadurski A., 1998 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Nielisz (0861), Państwowy Instytut Geologiczny.
- David T. Allen D.T, et al., 2013 – Measurements of Methane Emissions at Natural Gas Production Sites, in the United States, PNAS, Oct, 2013, vol. 110 | no. 44, p. 17768–17773
- DECC, 2014 – Fracking UK shale: understanding earthquake risk Department of Energy & Climate Change Report.
- [www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/283837/Seismic\\_v3.pdf](http://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/283837/Seismic_v3.pdf)
- De Gennaro, V., 2011 – Tight Shale Mechanical Properties and Completion Quality. Book of Abstract, Shale Science Conference, Warsaw: 169–188
- Downey M.W., 1994 – Hydrocarbon seal rocks, w The petroleum system – from source to trap: AAPG Memoir 60, str. 159–163
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
- Dzieniewicz M., Kuśmierk J., Rusta T., 1978 – Optymalizacja techniki prowadzenia zdjęć gazowych w świetle badań eksperymentalnych, Techn. Posz. Geol., z.1, Warszawa
- Dzieniewicz M., Kuśmierk J., Rusta T. 1985 – Optimization of soil gas field collection techniques based on experimental studies, Association Petroleum Geochemical Explorationists Bulletin, vol. 1, str. 43–56
- Dzieniewicz M., Sechman H., 2001 – Kowadło sondy udarowej do badania gruntu, Wzór użytkowy RP nr 58584, WUP, 05/2001

- Dzieniewicz M., Sechman H., 2002 – Zestaw do ręcznego pobierania próbek gazowych z warstw przy powierzchniowych, Patent RP nr 184080, WUP, 08/2002
- Dzieniewicz M., Korus A., Kotarba M.J., Sechman H. & Fiszer J. 2006 – Zastosowanie powierzchniowych badań geochemicznych do oceny zagrożenia gazowego na obszarach zlikwidowanych kopalń Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego. Materiały Konferencyjne: Warsztaty Górnicze z cyklu Zagrożenia naturalne w górnictwie, Kraków–Tomaszowice, 12–14. 06.2006, Wydawnictwo IGSMiE PAN, 67, 109–126.
- Engelder, T. and Gold, D.P., 2008 – Geological conundrums involving joints, layer-parallel shortening strain, and the contemporary tectonic stress field. Pittsburgh Association of Petroleum Geologists Field Trip (Sept. 12–13, 2008), AAPG–SEG Eastern Section Meeting Field Trip (Oct. 11–12, 2008).
- Etiopie G. & Klusman R.W., 2002 – Geologic emissions of methane to the atmosphere. *Chemosphere*, 49, 777–789.
- Fisher K. i Warpinski N., 2011 – Hydraulic Fracture–Height Growth: Real Data. SPE 145949: 1–18.
- Fisher Q.J., Knipe R.J., 1998 – Fault sealing processes in siliciclastic sediments, Faulting and fault sealing in hydrocarbon reservoirs, 147, pp. 117–134
- Girardeau–Montaut D., 2005 – Change Detection on Points Cloud Data acquired with a Ground Laser Scanner, D. GirardeauMontaut, M. Roux, R. Marc & G. Thibault, ISPRS Workshop Laser Scanning 2005, Enschede, the Netherlands, September 12–14
- Grzywa E., Trzupek K., 2011 – Opracowanie badań sejsmicznych 2D, temat: Opalino–Lubocino 2D.
- Guterch B., 2009. Sejsmiczność Polski w świetle danych historycznych. *Prz. Geol.* 57: 513–520.
- Jankowski M., Kowalewski T., 2008 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1: 50 000, Pierwszy poziom wodonośny– występowanie i hydrodynamika, arkusz Stężyca (0052), *Arch. PIG–PIB*.
- Jarosiński M., 1999 – Badania współczesnych naprężeń skorupy ziemskiej w głębokich otworach wiertniczych w Polsce metodą analizy struktur zniszczeniowych breakouts. *Instrukcje i Metody Ba-dań Geologicznych PIG*, 56: 1–147
- Jarzombkowski F., Piórkowski H., Jakubowski W., Oświecimska-Piasko Z., Rycharski M., 2009 – Ekosystemy lądowe pozostające w dynamicznych relacjach z wodami podziemnymi i powierzchniowymi dla obszarów dorzeczy w Polsce (z wyłączeniem regionu wodnego Warty). Część II – Opracowanie merytoryczne.
- Kettel D., 1997 – The dynamics of gas flow through rock salt in scope of time. W: Moller–Pedersen P., Koestler A.G. *Hydrocarbon Seals: Importance for Exploration and Production*, Norwegian Petroleum Society, Special Publ. 7: 175–186, Elsevier, Singapore.
- Kleczkowski A.S., Rózkowski A. (red.), 1997 – *Słownik hydrogeologiczny*
- Klusman R.W., 2005 – Baseline studies of surface gas exchange and soil–gas composition in preparation for CO<sub>2</sub> sequestration research: Teapot Dome, Wyoming. *AAPG Bulletin*, 89, 8, 981–1003.
- Kondracki J., 2002 – *Geografia regionalna Polski*. PWN. Warszawa
- Koniecznyńska M. i in., 2011 – Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE–2H. Raport końcowy, PIG–PIB Warszawa 2011 (materiały niepublikowane)
- Korus A., Kotarba M.J., Dzieniewicz M. & Sechman H., 2002 – Evaluation of methane and carbon dioxide flux from Upper Carboniferous coal–bearing strata to near–surface zone in the Wałbrzych Coal District. W: Kotarba M.J. (red.), *Gas hazard in the near– surface zone of the Wałbrzych Coal*

District caused by coal mine closure: geological and geochemical controls, Society of Research on Environmental Changes "GEOSPHERE, Kraków, 175–188

- Korus A., Kotarba M., Dzieńiewicz M., Sechman H. 2010 – Sposób pomiaru strumienia gazów złożowych emitowanych z przypowierzchniowych warstw gruntu do powietrza atmosferycznego. Patent nr PL 206259 B1, Wiad. Urzędu Patentowego 07/10
- Kowalewski T., 2010 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000, Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód, arkusz Łęczyce (0013), Warszawa CAG
- Krajewski S., Olszewski A., 1998 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Sawin (0752), Uniwersytet Warszawski
- Kratz M., Aulia A., Hill A., 2012 – Identifying Fault Activation in Shale Reservoirs Using Microseismic Monitoring during Hydraulic Stimulation: Source Mechanisms, b Values, and Energy Release Rates. CSEG Recorder, 37 (6)
- Kunicki-Goldfinger W.J.H., 1994 – Życie bakterii. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Labus M., 2013 – Wpływ kwaśnych gazów zatłaczanych do otworów na odporność cementów wiertniczych – stan badań, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 456: 349–354
- Leventhal J., 1992 – Modern mobile methane measurement in marshes. United States Geological Survey, Open-File Report, 92-445, 1–24
- Lidzbarski M., 2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Stężycza (0052), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
- Macuda J., Łukańko Ł., 2008 – Pomiary hałasu środowiskowego w przemyśle naftowym i gazowniczym. Wiertnictwo Nafta Gaz; Tom: 21, Z:1.
- Macuda J., 2010 – Środowiskowe aspekty produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż. Prz. Geol., vol. 58, nr 3.
- McLennan et al., 2011 – Panel Discussion: Challenging the Role of Fractures. Book of Abstract, Shale Science Conference, Warsaw: 117–140
- Monserrat O., Crosetto M., 2007 – Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 63 (1), pp. 142–154
- Paczyński B, Sadurski A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, t. I Wody słodkie. PiG, Warszawa
- Phillips J.D., 1997 – "Potential-Field Geophysical Software for the PC, version 2.2, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Open-File Report
- Phillips J.D., Hansen R.O., Blakely R. J., 2007 – "The use of curvature in potential- field interpretation, Exploration Geophysics, 38, str. 111–119
- PIG-PIB, 2014 – Rozpoznanie i kartograficzny obraz neotektonicznej i współczesnej mobilności obszaru Polski w kontekście bezpiecznej lokalizacji elektrowni jądrowych
- Požaryski W., Dembowski Z., 1983 – Mapa geologiczna Polski i krajów ościennych bez utworów kenozoicznych, mezozoicznych i permskich, 1:1 000 000. Wydawnictwa Instytutu Geologicznego.
- Prussak W., 1998 – Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Łęczyce (0013), Warszawa, CAG
- Prawo wodne, ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. z późn. zmianami (tekst jednolity Dz. U. 2012 poz. 145)

- Roeding E., 1997 – Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 116 – Zbiornik międzymorenowy Gołębiewo, Archiwum PIG-PIB.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu – Dz. U. 2013, poz. 38.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi – Dz. U. Nr 165, poz. 1359.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku – Dz. U. Nr 120, poz. 826.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych – Dz. U. 2008, Nr 143, poz. 896.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu – Dz. U. 2010, Nr 16, poz. 87.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych – Dz. U. 2011, Nr 257, poz. 1545.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów – Dz. U. 2007 Nr 4 poz. 29
- Sarker R., Batzle M., 2008 – Effective stress coefficient in shales and its applicability to Eaton's equation. *The Leading Edge*: 798–804
- Sechman H., 2006 – Głębokość poboru próbki gazu podglebowego w powierzchniowych badaniach geochemicznych – próba optymalizacji, *Kwart. AGH – Geologia*, T. 32, z. 2, str. 117–139
- Sechman H., Dzieńiewicz M., Kotarba M.J. & Korus A. 2006 – Criteria of gas hazard assessment in the areas of closed mines of the Wałbrzych Coal District, Southwestern Poland. Near surface 2006: 12th European meeting of environmental and engineering geophysics, Helsinki, 4–6.09.2006, P010.
- Sechman H., Dzieńiewicz M., 2009 – Pomiary emisji metanu w wybranych rejonach polskich Karpat zewnętrznych. *Geologia – kwartalnik AGH*, 35, 4, 129–153.
- Suarez-Rivera R., 2011 – Heterogeneity and Anisotropy in Tight Shales. *Book of Abstract, Shale Science Conference*, Warsaw: 97–116
- Szelewicka A., 1998 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz: Skarszewy (0090), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
- Tsakiri M., Lichti D., Pfeifer N., Terrestrial laser scanning for deformation monitoring. *12<sup>th</sup> FIG Symposium on Deformation Measurements*, Baden, Austria, 22–24 May 2006
- Wagner R. 1988 – Ewolucja basenu *cechsztyńskiego* w Polsce. *Kwart. Geol* 32: 33–52.
- Waluszko, W., 1998 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1: 50 000 Arkusz Dzierzgoń ( 0133), POLGEOL Gdańsk.
- Witczak S., 2011 – Mapa wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie w skali 1: 500 000.



- Witczak S., Kania J., Kmiecik E. 2013 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa
- Wolski J. A. 2010 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych – Zakład Górniczy LE-1. Zakład Projektów i Dokumentacji Geologiczno-Górnico-Środowiskowych geo DRILLING SYSTEM. Sławno-Bobrowiczki. Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
- Wołkiewicz S., Karpińska M., Stec B. 2007 – Naturalne i sztuczne radionuklidy Suwalszczyzny, materiały konferencyjne: Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym, Sejny-Suwałki
- Yielding G., Freeman B., Needham D.T., 1997 – Quantitative fault seal prediction: AAPG Bulletin, v. 81, p. 897–917.
- Zezula H., Pietruszka W., 1998 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Siedliszcze (0751), POLGEOL Lublin,
- Zoback M.D., Gorelick S.M., 2012 – Earthquake triggering and large-scale geologic storage of carbon dioxide. PNAS, 109: 10164–10168
- Zoback M.D., 2010 – Reservoir Geomechanics. Cambridge University Press: 449.
- Żelichowski A.N., 1982 – Mapa strukturalno-geologiczna bez utworów młodszych od dewonu (w: Atlas geologiczno-surowcowy obszaru lubelskiego). Wydawnictwa Geologiczne. Sierzęga P., Chmielowska U., 2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 Arkusz Sławoszyno (0005), POLGEOL S.A.,

## Załączniki

Załącznik 1 – Karty charakterystyki poligonów badawczych

Załącznik 2 – Położenie poligonów badawczych na tle obszarów chronionych

Załącznik 3 – Katalog możliwych do wystąpienia skutków dla środowiska naturalnego w trakcie realizacji prac na potrzeby poszukiwania i rozpoznawania niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów.

## KARTY CHARAKTERYSTYKI POLIGONÓW BADAWCZYCH

## Załącznik 1.1

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		LUBOCINO	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Lubocino / 1</b> <i>odwiert / Operator</i> <b>Lubocino-2H / PGNiG</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	<b>Lubocino / Krokowa / pucki / pomorskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Wejherowo</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Wysoczyzna Żarnowiecka</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
obecność szeregu głębokich obniżen (rynien subglacjalnych i dolin), między którymi występują kępy wysoczyznowe			
Kępa Żarnowiecka o wysokościach bezwzględnych od 60 m n.p.m. w części północnej do ponad 100 m n.p.m. w części północnej, w rejonie badań; różnica wysokości względnych w stosunku do otaczających dolin (Rynna Krokowska, Rynna Jeziora Dobrego, Rynna Żarnowiecka) nie przekracza 50 m; zakład wykonujący roboty geologiczne położony na wysokości 102 m n.p.m., na łagodnym skłonie niewielkiego wzniesienia, zniwelowanego w wyniku prac budowlanych			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	zlewnia Piaśnicy, uchodzącej bezpośrednio do Morza Bałtyckiego		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od adwiertu / kierunek</i>	Czarna Woda / 3 km / NE		
	Piaśnica / 3 km / S, W		
	Jezioro Dobre / 1,5 km / SE		
	Jezioro Żarnowieckie / 3,5 km / W		
	oczko wodne / 0,8 km / S		
	zbiornik retencyjny / 0,5 km / NW		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GŁÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>69 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	napięte, stabilizuje się na rzędnej od 15 do 40 m n.p.m.		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	częściowa (kilkumetrowy kompleks glin zwałowych)		
<i>współczynnik filtracji</i>	0,00001–0,0001 m/s		
<i>kierunek przepływu</i>	SW, ku rynnie Jeziora Żarnowieckiego		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	8-20 lat		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	50-60 lat do granicy GZWP 109		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW) – w rejonie poligonu łączy się z głównym poziomem wodonośnym</b>			
<b>WODY GRUNTOWE (zawieszone)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	warstwa I: 0,5-5 m p.p.t.; warstwa II: 26 m p.p.t.		
<i>charakter zwierciadła</i>	swobodne		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	brak (miejscami występują kilkumetrowej miąższości gliny piaszczyste)		
<i>współczynnik filtracji</i>	0,000005–0,0001 m/s		
<i>kierunek przepływu</i>	N, NW, W		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	8-11 lat		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	warstwa I ok. 10 lat do najbliższej studni kopanej; warstwa II ok. 20 lat do źródła		
<b>GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b> Dolina Kopalna Żarnowiec nr 109 położony 1,5 km w kierunku W od zakładu			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	W część syneklizy perybałtyckiej, SE skłon wyniesienia Łęby		
prekambryjskie podłoże krystaliczne stanowi kompleks metamorficznych skal typu granitoidów; na nim zalegają utwory sedymentacji lądowej eokambru (piaskowce serii żarnowieckiej), które przechodzą w morskie osady kambru (piaszczysto-mułowcowe, warstwowane ilowcami – kambry dolny, piaskowce z glaukonitem, ilowce, mułowce – kambry środkowy – perspektywiczny; stwierdzone przejawy węglowodorów, eksploatowane złoża w sąsiedztwie: Żarnowiec, Dębki, Białogóra, osady wapnisto-ilaste – kambry górny); na osadach kambru zalegają niezgodnie ilowcowo-mułowcowe utwory ordowiku, o miąższości od 50 do 90 m, pochodzące z sedymentacji płytkowodnej; bezpośrednio na utworach ordowiku zalega miąższa pokrywa osadów sylurskich, ilowców i mułowców z wkładkami wapnistymi, o miąższości od 1800 do 1900 m; brak osadów karbonu, dewonu oraz czerwonego spągowca; cechsztyń reprezentowany jest przez 3 cyklotemy: Werra, Stassfurt i Leine; profil osadów mezozoicznych jest w różnym stopniu zerodowany, obejmuje osady pstrego piaskowca, triasu, jury oraz kredy górnej; powierzchnię utworów mezozoicznych przykrywają piaszczyste, żwirowe i mułowcowo-ilaste utwory kenozoiczne o zróżnicowanej miąższości			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		LUBOCINO	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region nadmorski, duża zmienność stanów pogody, zimne lata i łagodne zimy		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,7°C		
<i>średnie opady roczne</i>	< 700 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	S, SW		
<i>długość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	40-60 dni		
<i>długość okresu wegetacyjnego</i>	do 215 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	rezerwat przyrody / Źródlika Czarnej Wody / 5,1 km / NE		
	obszar chronionego krajobrazu / Puszcza Darżłubska / zakład zlokalizowany w obrębie obszaru		
	obszar chronionego krajobrazu / Pradolina Redy - Łeby / 9,5 km / S		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony / Trzy Młyny / 3,3 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony / Opalińskie Buczyny / 6 km / SW		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony / Puszcza Darżłubska / 8,9 km / SE		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony / Orle / 10,8 km / S		
	użytek ekologiczny / Święcińska Topiel (zbiornik szuwarowy) / 1,7 km / NE		
	użytek ekologiczny / Księża Łąka (łąka i torfowisko) / 2,1 km / S		
	użytek ekologiczny / Witalicz (jezioro) / 2,7 km / NE		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIĘDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Puck / 10 km		
	Wejherowo / 2,6 km		
	Gniewino / 3,2 km		
	Choczewo / 12,0 km		
	Władysławowo / 15,5 km		
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Lubocino / pojedyncze zabudowania / 120 m / N		
	Lubocino / pojedyncze zabudowania / 180 m / SW		
	Lubocino / pojedyncze zabudowania / 220 m / E		
	Lubocino / zwarta zabudowa / 800 m / NW		
<b>UŻYTKOWANIE TERENU</b>	zakład położony jest na gruntach ornych, w otoczeniu użytki rolne; w pobliżu niewielkie zakrzaczenia, w odległości 200-300 m od zakładu, w kierunku S i E, znajduje się duży kompleks leśny		
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> 218 / Krokowa – Gdańsk Osowa		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odcinek</i>		
	powiatowa / utwardzona / 2,6 km		
	gminna / gruntowa / 0,45 km		
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>	49 osób / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	wszystkie gospodarstwa domowe w rejonie zakładu mają dostęp do sieci wodociągowej, zaopatrywanej z ujęć w Karlikowie i Tyłowie		
<b>KANALIZACJA</b>	najbliższe miejscowości skanalizowane; w skali gminy z sieci kanalizacyjnej korzysta ponad 67% populacji; 4 oczyszczalnie ścieków zarządzane przez gminną jednostkę budżetową		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	w skali gminy korzysta ponad 34% populacji		

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		LUBOCINO	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
nr ewidencyjny / powierzchnia 71/12 / 2,0 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wału ziemnego na E od placu; piaskowa podsypka, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca w rejonie głowicy		
DRENAŻ	trzy zbiorniki drenażowe zlokalizowane w narożach placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNA	rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia ziemne / 1 / 6000 m <sup>3</sup> / 0,45 ha		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Poszukiwania Nafty i Gazu NAFTA S.A. w Pile (od 2013 r. Exalo)		
OKRES TRWANIA	VIII 2012 – X 2012		
OSIĄGNIĘTA DŁUGOŚĆ / GŁĘBOKOŚĆ	3981 m (MD) / 2924 m (TVD)		
ODCINEK POZIOMY: długość / kierunek	936 m / S		
<b>SZCZELINOWANIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Halliburton Company		
OKRES TRWANIA	02.01.2013 r. – 11.02.2013 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	439 m w przelocie od 3545 m do 3106 m (MD)		
IŁOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	7696 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 244,65 ton proppantu		
IŁOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	do dnia 28.02.2013 r. odebrano 715 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 9% zatłoczonych cieczy zabiegowych)		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
NUMER	4/2009/p		
CEL GEOLOGICZNY	udokumentowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego		
OKRES WAŻNOŚCI	2021 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
przedsięwzięcie zaliczone do mogących znacząco oddziaływać na środowisko (wg stanu prawnego na rok 2012) decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 14 marca 2012 r			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 02.12.2010 r., znak 070/0234/0086/10/08514/BA, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca plan ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
etap wiercenia: nie udostępnione (gospodarka odpadami na etapie wiercenia prowadzona przez wykonawcę wiercenia)			
etap szczelinowania: program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 05.10.2012 r., nr DROŚ-S.7240,188,2012,NB;			
pozwolenie na wytwarzanie odpadów zatwierdzone decyzją Starosty Puckiego z dnia 16.07.2013 r. nr ROŚ.6220.1.2012			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zastany: otwór wiertniczy objęty projektem, Lubocino-2H, to drugi zrealizowany w tej lokalizacji, ale pierwszy z odcinkiem poziomym; pierwszy otwór, Lubocino – 1, odwiercony w 2011 r. trzykrotnie poddany zabiegom stymulacji; po zakończeniu badań związanych z niniejszym projektem Operator przystąpił do wiercenia otworu Lubocino-3; badania rozpoczęto w sierpniu 2012 r., przed rozpoczęciem wiercenia otworu Lubocino-2H			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
drugą serię badań wykonano w czerwcu 2013 r. około 5 miesięcy po zakończeniu zabiegu szczelinowania			

## Załącznik 1.2

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		STARE MIASTO	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Stare Miasto / 2</b>		
	<i>odwiert / Operator</i> <b>Stare Miasto-1K / ENI</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwa</i>	<b>Stare Miasto / Stary Dzierzgoń / sztumski / pomorskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Elbląg</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Pojezierze Iławskie</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
najmłodsza z krain polodowcowych charakteryzująca się dużym zróżnicowaniem i świeżością form rzeźby terenu w obrębie wysoczyzny morenowej falistej, o wysokościach bezwzględnych od 30 m n.p.m. występują wzgórza morenowe o wysokościach względnych dochodzących do 40 m; formy pochodzenia wodnolodowcowego tworzą równiny na przedpołu ciągów morenowych; generalnie skłon terenu ku północy, w kierunku Żuław, w rejonie zakładu rzędne terenu dochodzą do 55 m n.p.m. w głęboko wciętej dolinie rzeki Dzierzgoń, osiągają 40 m n.p.m.; w sąsiedztwie zakładu kilkumetrowe krawędzie wyrobisk poeksploatacyjnych			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	<b>zlewnia rzeki Dzierzgoń (dopływ Nogatu)</b>		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od odwiertu / kierunek</i>	<b>Dzierzgoń / 1,1 km / N</b>		
	<b>sztuczny zbiornik poeksploatacyjny (złoże „Dzierzgoń – Stare Miasto II”) / &lt; 0,1 km / N</b>		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GŁÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>20 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	<b>napięte, stabilizuje się na 2,15-2,60 m p.p.t.</b>		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	<b>ok. 20 m, w rejonie zakładu ok. 10 m</b>		
<i>współczynnik filtracji</i>	<b>0,000046 m/s</b>		
<i>kierunek przepływu</i>	<b>N-NW, ku rzece Dzierzgoń</b>		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	<b>70 dni (do PPW w rejonie zakładu)</b>		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	<b>2,5 roku – do lokalnej bazy drenażu (rzeka Dzierzgoń)</b>		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>5-10 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	<b>napięte, stabilizuje się na 3,5-7,9 m p.p.t.; lokalnie swobodne</b>		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	<b>5-10 m</b>		
<i>współczynnik filtracji</i>	<b>0,000023 m/s</b>		
<i>kierunek przepływu</i>	<b>N-NW, ku rzece Dzierzgoń</b>		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	<b>70 dni (do PPW w rejonie zakładu)</b>		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	<b>70 dni (składowa pionowa) + 2,5 roku (składowa pozioma)</b>		
	<b>baza drenażu: rzeka Dzierzgoń</b>		
<b>GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b> Zbiornik Iławski nr 210, położony 4,5 km w kierunku SWW od zakładu			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	<b>synekliza perybałtycka</b>		
najstarsze utwory prekambryjskie (gnejsy leptytowe) występują na głębokości ok. 3890 m; powyżej znajduje się kompleks skał osadowych paleozoiku o miąższości 1630-1870 m reprezentowanych przez mułowce, piaskowce, w tym glaukonitowe i ilowcowo-mułowce; na kambrze środkowym zalegają piaskowce glaukonitowe dolnego ordowiku oraz czarne łupki ilaste z graptolitami ordowiku środkowego i górnego; z początkiem syluru miała miejsce transgresja morska, której efektem jest powstanie czarnych łupków ilastych, mułowcowych oraz krzemionkowych z fauną graptolitową o miąższości około 7250 m (w profilu otworu Stare Miasto-1); brak osadów dewonu i karbonu; na częściowo zerodowanych osadach syluru występuje seria permska (cechsztyńska, w tym cyklotemy Werra, Stassfurt, Leine); utwory mezozoiku rozpoczynają lądowe lub lagunowe osady ilasto-mułowcowe dolnego triasu, wykształcone w facji pstrego piaskowca, skały węglanowe triasu środkowego i piaskowce oraz ilasto-mułowcowe skały triasu górnego, miąższość triasu to około 600 m; wyżej zalegają utwory jurajskie (o miąższości około 450-550 m): osady terygeniczne (iły, ilowce, mułowce, piaskowce – jura dolna, zlepieńce, piaski, piaskowce – dolna część jury środkowej) oraz morskie (facje ilasto-mułowcowe i ilasto-piaszczyste jury środkowej i wapniste piaskowce, margle, mułowce i iły jury górnej); kredowe osady ilasto-mułowcowe, piaskowce kwarcowo-glaukonitowe, mułowce wapniste i margliste, opoki, gezy, margle mają miąższość około 400-600 m; paleogen reprezentowany jest przez piaski drobnoziarniste paleocenu oraz piaski i słabo zwięzłe piaskowce oligocenu; czwartorzęd reprezentowany jest przez utwory zlodowaceń i interglacjałów oraz osady holocenijskie, miąższość tych utworów średnio wynosi około 120 m			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		STARE MIASTO	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region pomorsko-warmiński, klimat generalnie zimniejszy niż w centralnej Polsce		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,3°C		
<i>średnie opady roczne</i>	600-700 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	NW, W		
<i>długość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	80 dni		
<i>długość okresu wegetacyjnego</i>	180-190 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	rezerwat przyrody / Jezioro Druzno / 18 km / NE		
	Park Krajobrazowy Pojezierza Iławskiego / 7 km / SE		
	Obszar Chronionego Krajobrazu Rzeki Dzierzgoń / 5 km / W		
	Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Dzierzgoń / <0,1 km / N		
	Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Druzno / 18 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Ostoja Iławska / 7 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Aleje Pojezierza Iławskiego / 10 km / S		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Mikołajki Pomorskie / 13 km / SW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Jezioro Druzno / 18 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Budwity / 19 km / E		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Lasy Iławskie / 7 km / SE		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Jezioro Druzno / 18 km / NE		
	użytek ekologiczny / Tywęzy (zbiorniki wodne) / 6 km / W		
	zespół przyrodniczo-krajobrazowy / Jare (dęby) / 5 km / N		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIĘDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Dzierzgoń / 2 km		
	Rychliki / 5,5 km		
	Małdyty / 13 km		
	Zalewo / 10 km		
	Susz / 8 km		
	Prabuty / 8,5 km		
	Mikołajki Pokorskie / 4,5 km		
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Stare Miasto / zwarta zabudowa zagrodowa / 650 m / NW		
<b>UŻYTKOWANIE TERENU</b>	zakład położony jest w sąsiedztwie eksploatowanych złóż kruszywa, oraz wśród pól uprawnych, w odległości 600 m od zakładu, w kierunku S i SW znajduje się duży kompleks leśny Zakręcki Las		
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> 515 / Malbork-Susz		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odciłek</i> lokalna / utwardzona płytami betonowymi / 0,1 km		
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>	22 osoby / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	wszystkie gospodarstwa domowe w rejonie zakładu mają dostęp do sieci wodociągowej, zaopatrywanej z ujęcia w Starym Mieście; w skali gminy z sieci wodociągowej korzysta ponad 77% populacji gminy; mieszkańcy miejscowości niewyposażonych w wodociągi korzystają z prywatnych studni wierconych i kopanych		
<b>KANALIZACJA</b>	najbliższe miejscowości nieskanalizowane; w skali gminy z sieci kanalizacyjnej korzysta 12% populacji, jedynie miejscowości Przemark i Myślice są skanalizowane; 2 oczyszczalnie ścieków zarządzane przez gminną jednostkę budżetową		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	brak		



KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		STARE MIASTO	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
<i>nr ewidencyjny / powierzchnia</i> 349/2 / 2,3 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wału ziemnego na S od placu; piaskowa podsypka, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca PEHD na całej powierzchni placu		
DRENAŻ	drenaż opaskowy wewnętrzny dla tzw. strefy brudnej, z separatorem olei i cząstek stałych, drenaż opaskowy zewnętrzny, dwa zbiorniki drenażowe, zlokalizowane na N od placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNA	<i>rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia</i> poduszkowe / 8 / 190 m <sup>3</sup> każdy / 0,4 ha		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	DrillTec GUT GmbH Grossbohr - und Umwelttechnik		
OKRES TRWANIA	IV 2012-VII 2012		
OŚIĄGNIĘTA DŁUGOŚĆ / GŁĘBOKOŚĆ	3490 m (MD) / 2955 m (TVD)		
ODCINEK POZIOMY: <i>długość / kierunek</i>	300 m / E-NE		
<b>SZCZELINOWANIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Schlumberger		
OKRES TRWANIA	02.10.2012 r. - 06.10.2012 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	247 m w przelocie od 3446 m do 3282 m (MD)		
ILOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	3431 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 203,2 ton proppantu		
ILOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	odebrano 758 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 22% zatłoczonych cieczy zabiegowych)		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
<i>NUMER</i>	29/2008/p		
<i>CEL GEOLOGICZNY</i>	udokumentowanie złóż gazu ziemnego w utworach syluru, ordowiku oraz kambru		
<i>OKRES WAŻNOŚCI</i>	2015 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
przedsięwzięcie zaliczone do mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko (wg stanu prawnego na rok 2012)			
decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 14 marca 2012 r			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 21.09.2012 r., znak 87/0234/0020/12/06282/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca dodatek nr 7 do planu ruchu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 06.08.2012 r., nr DROŚ-S.7240.148.2012.NB;			
program gospodarki odpadami niebezpiecznymi zatwierdzony decyzją Starosty Sztumskiego z dnia 13.08.2012r., nr OS.6230.2.2012.MK			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zastany: otwór objęty projektem Stare Miasto-1K rozpoczyna bieg z wywierconego wcześniej otworu pionowego Stare Miasro-1;			
badania rozpoczęto w sierpniu 2012 r., w trakcie wiercenia otworu kierunkowego			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
drugą serię badań wykonano w październiku 2012 r. około 6 miesięcy po zakończeniu zabiegu szczelinowania;			
w 2014 r. wykonano dodatkową serię badań po rekultywacji terenu			

## Załącznik 1.3

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		SYCZYN	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Syczyn/ 3</b>		
	<i>odwiert / Operator</i> <b>Syczyn OU-2K / ORLEN UPSTREAM</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	<b>Syczyn / Wierzbica / chełmski / lubelskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Wierzbica</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Równina Łęczyńsko-Włodawska</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
rozległa, płaska, podmokła równina z licznymi bagnami, torfowiskami, niewielkimi jeziorami, liczne zagłębienia termokrasowe i krasowe			
w rejonie zakładu rzeźba terenu mało zróżnicowana, średnio około 180 m n.p.m., nieznaczne obniżenie terenu następuje w kierunku południowym, ku Jezioru Syczyńskiemu			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	<b>zlewnia rzeki Świnka (dopływ Wieprza)</b>		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od odwiertu / kierunek</i>	<b>Świnka / 3 km / W-SW</b>		
	<b>Lepitucha / 3 km / E-SE</b>		
	<b>Jezioro Syczyńskie / 0,6 km / S</b>		
	liczne strumyki, kanały oraz skomplikowany system rowów melioracyjnych		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GLÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q-Cr</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>5-15 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	<b>na ogół swobodne</b>		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	<b>słaba lub brak</b>		
<i>współczynnik filtracji</i>	<b>0,00016 m/s – Cr; 0,000035 m/s – Q</b>		
<i>kierunek przepływu</i>	<b>NWW</b>		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	<b>107 dni</b>		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• do ujęcia Ludwinów około 20 lat (7300 dni)</li> <li>• do cieku wodnego - Świnki około 10 lat (3650 dni)</li> <li>• do GZWP 407 – 3 miesiące</li> </ul>		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>tożsamy z GUPW</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>			
<i>charakter zwierciadła</i>			
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>			
<i>współczynnik filtracji</i>			
<i>kierunek przepływu</i>			
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>			
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>			
<b>GLÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b> <b>Chelm-Zamość nr 407, zakład zlokalizowany w obrębie zbiornika</b>			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	<b>Niecka Lubelska</b>		
najstarsze utwory prekambryjskie reprezentowane są przez proterozoiczne granitoidy lub migmatyty, na których leżą piaskowce i mułowce neoproterozoiku; powyżej występują piaskowce i mułowce kambru o miąższości ok. 600 m; ordowickie wapienie i margle, a także skały krzemionkowe i osady klastyczne mają miąższość w granicach kilkudziesięciu metrów; utwory sylurskie wykształcone są głównie jako ilowce i mułowce wapieniste z soczewkami wapieni z lokalnie występującą uwęgloną materią organiczną, mają ponad 800 m miąższości; dewon osiąga miąższość ponad 500 m i reprezentowany jest przez piaskowce kwarcowe, mułowce, ilowce, wapienie organodetrytyczne; karbon reprezentowany jest przez wszystkie ogniwa rozpoznane na terenie Lubelskiego Zagłębia Węglowego, główne zasoby węgla związane są warstwami lubelskimi, występującymi w stropie karbonu; jurajskie wapienie i margle mają miąższość 50-100 m; utwory kredy wykształcone są w postaci słabo zdiagenezowanych skał węglanowych (kreda pizująca), węglanowo-ilastych (margle, wapienie margliste) oraz węglanowo-krzemiankowych (opoki i opoki margliste); miąższość osadów kredowych przekracza 500 m, przy czym strop kredy występuje na zmiennych głębokościach, co wiąże się z procesami erozyjnymi na powierzchni skał węglanowych; utwory czwartorzędowe związane są z działalnością akumulacyjną zlodowacenia środkowopolskiego, ich miąższość w rejonie zakładu wynosi 28 m, wykształcone są w postaci mulków piaszczystych, pyłów piaszczystych, a w ich stropie występują gliny i piaski; lokalnie występują niewielkiej miąższości pokłady torfów			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		SYCZYN	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region chełmski, klimat umiarkowany o cechach kontynentalnych		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,2 °C		
<i>średnie opady roczne</i>	500-600 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	W, SW		
<i>dlugość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	85-90 dni		
<i>dlugość okresu wegetacyjnego</i>	214-216 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	park narodowy / Poleski / 6 km / NE		
	rezerwat / Jezioro Świerszczów (wodny i florystyczny) / 6,5 km / NW		
	park krajobrazowy / Chełmski / 10 km / E		
	park krajobrazowy / Poleski / 13 km / N		
	park krajobrazowy / Pojezierze Łęczyńskie / 5,5 km / N		
	park krajobrazowy / Nadwieporzański / 7 km / W-SW		
	obszar chronionego krajobrazu / Chełmski / zakład zlokalizowany w obrębie obszaru		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk/ Ostoja Poleska / 6 km / N		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk/ Sierniawy / 9 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Bachus / 13 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Sawin / 10 km / E		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Stawska Góra / 14 km / SE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Nowosiółki (Julianów) / 12 km / SE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Pawłów / 12 km / S		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Dobromyśl / 7 km / SW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Jeziora Uściwierskie / 11 km / NW		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków/ Polesie / 11 km / NW		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIĘDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Cyców / < 1 km	Sawin / 10 km	
	Urszulin / 5,5 km	Siedliszcze / 2,5 km	
	Hańsk / 10 km	Chełm / 10,5 km	
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Syczyn / pojedyncze zabudowania / 50 m / W		
	Syczyn / zwarta zabudowa zagrodowa / 200 m / S		
UŻYTKOWANIE TERENU zakład położony jest wśród pól uprawnych i łąk, w odległości 500 m od zakładu, w kierunku N znajduje się kompleks leśny Las Syczyński; zakład zlokalizowany jest w obrębie udokumentowanego złoża węgla kamiennego Lublin K-8, które nie jest eksploatowane; uznane za konfliktowe ze względu na ochronę wód			
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>			
	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> 841 / Cyców-Horodyszcze		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>			
	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odcinek</i>		
	od Cycowa:	powiatowa / utwardzona / 5 km	
		powiatowa / utwardzona / 0,6 km	
		dojazdowa / utwardzona płytami betonowymi / 0,15 km	
	od Werejec:	gminna / utwardzona / 3 km	
		powiatowa / utwardzona / 0,3 km	
		dojazdowa / utwardzona płytami betonowymi / 0,15 km	
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>			
	37 osób / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	wszystkie gospodarstwa domowe w rejonie zakładu mają dostęp do sieci zaopatrywanej przez ujęcie w Wierzbicy, w skali gminy z sieci wodociągowej korzysta ponad 64% populacji		
<b>KANALIZACJA</b>	w skali gminy z sieci kanalizacyjnej korzysta 26% populacji		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	brak		

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		SYCZYN	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
nr ewidencyjny / powierzchnia 195, 196, 197 / 2,6 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wału ziemnego na W od placu; piaskowa podsypka, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca PEHD na całej powierzchni placu		
DRENAŻ	drenaż opaskowy, zbiornik drenażowy zlokalizowany w NE części placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNA	rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia ziemne / 2 / 21060 m <sup>3</sup> + 12848 m <sup>3</sup> / 0,9 ha		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Poszukiwania Nafty i Gazu NAFTA S.A. w Pile (od lutego 2013 r. Exalo)		
OKRES TRWANIA	IX 2012-XI 2012		
OSIĄGNIĘTA DŁUGOŚĆ / GŁĘBOKOŚĆ	4100 m (MD) / 2635,9 m (TVD)		
ODCINEK POZIOMY: długość / kierunek	ok. 1500 m / E		
<b>SZCZELINOWANIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Schlumberger		
OKRES TRWANIA	20.05.2013 r. – 04.06.2013 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	poziomy		
ILOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	38145,7 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 1392,8 ton proppantu		
ILOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	odebrano 7866,2 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 20,6% zatłoczonych cieczy zabiegowych)		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
NUMER	28/2007/p		
CEL GEOLOGICZNY	udokumentowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego		
OKRES WAŻNOŚCI	2016 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
przedsięwzięcie zaliczone do mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko (wg stanu prawnego na 2012)			
decyzja Wójta Gminy Wierzbica z dnia 17.10.2012 r.			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 14.09.2012 r., znak LUB/0234/96/12/JN, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Lublinie zatwierdzająca plan ruchu zakładu,			
decyzja z dnia 20.11.2012 r., znak LUB/0234/118/12/JN, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Lublinie zatwierdzająca dodatek nr 1 do planu ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Lubelskiego z dnia 23.07.2012 r., nr RŚ.V.7240.72.2012.EW			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zastany: otwór poziomy Syczyn OU-1;			
badania rozpoczęto w październiku 2012 r., w trakcie wiercenia otworu Syczyn OU-2K,			
w kwietniu 2013 r. zrealizowano badania dodatkowe			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
w październiku 2013 r. wykonano serię badań w 3 miesiące po zabiegu szczelinowania;			
w lipcu 2014 r. wykonano serię badań w rok po zabiegu szczelinowania			

## Załącznik 1.4

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		WYSIN	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>WYSIN / 4</b> <i>odwiert / Operator</i> <b>Wysin-1 / PGNiG</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	Stary Wiec / Liniewo / kościerski / pomorskie		
<i>obszar koncesyjny</i>	Stara Kiszewa		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	Pojezierze Kaszubskie		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
młodoglacjalna wysoczyzna morenowa z licznymi pagórkami czołowomorenowymi			
wysokości bezwzględne w północnej części obszaru osiągają 200-220 m n.p.m. z kulminacją 246,3 m n.p.m., ku południowi maleją do wartości około 140-130 m n.p.m.; w rejonie zakładu rzędne terenu wynoszą ok. 165 m n.p.m.; wysokości względne wzgórz wynoszą przeważnie 10-25 m; dodatkowym urozmaiceniem rzeźby powierzchni są rynny polodowcowe w większości zajęte przez jeziora, głębokości rynien dochodzą do 30 m			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	zlewnia rzeki Wietcisy (dopływ Wierzycy)		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od odwiertu / kierunek</i>	Wietcisa / 0,8 km / S		
	jezioro Starowieckie / 1,8 km / N		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GLÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	Q		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	20-50 m p.p.t., płycej w dolinie Wietcisy		
<i>charakter zwierciadła</i>	napięty		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	15-50 m		
<i>współczynnik filtracji</i>	0,000117 m/s-0,000776 m/s		
<i>kierunek przepływu</i>	S, ku rzece Wietcisa		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	4,3 roku		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	odległość 900-1000 m w czasie 6-7 lat		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW) łączy się z głównym użytkowym poziomem wodonośnym, tworzą jeden system charakteryzujący się podobnym kierunkiem przepływu oraz wspólną bazą drenażu</b>			
<i>stratygrafia</i>			
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>			
<i>charakter zwierciadła</i>			
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>			
<i>współczynnik filtracji</i>			
<i>kierunek przepływu</i>			
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>			
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>			
<b>GLÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b>	Zbiornik Międzymorenowy Gołębiewo nr 116; zakład w obrębie zbiornika		
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	synekliza perybałtycka, E obrzeże wyniesienia Łeby		
na zdenudowanej powierzchni fundamentu krystalicznego zalegają dwa kompleksy strukturalne: staropaleozoiczny i permomezozoiczny; sedymentację osadów kompleksu staropaleozoicznego rozpoczyna seria osadów kontynentalnych tzw. <i>seria żarnowiecka</i> ; są to osady wielkich stożków napływowych i rzek roztokowych, które w połączeniu z utworami kambry dolnego i środkowego (kambry górny jest w znacznym stopniu zerodowany) stanowią jeden kompleks sedymentacyjny; na nim zalegają utwory ordowiku i syluru, z lukami spowodowanymi erozją i przerwami sedymentacyjnymi; sedymentację utworów mezozoicznych rozpoczynają osady pstrego piaskowca, ilasto-mułcowe z wkładkami skał węglanowych; powyżej występuje wapień muszłowy zbudowany z margli, dolomitów z wkładkami wapieni oraz ilowców, w stropie przechodząc w osady piaszczysto-ilaste, na których zalegają piaskowce; powyżej występują utwory jury dolnej, środkowej oraz górnej, w których lokalnie obserwowane są luki stratygraficzne i erozyjne obejmujące różne ogniwa jurajskie; niezgodnie na jurze występują osady kredowe: piaszczysto-mułcowe (kreda dolna) oraz piaskowce piaszczysto-glaukonitowe, wapień marglisty i margle (kreda górna); osady trzeciorzędu są niekompletne, reprezentowane przez utwory miocenu, wykształcone w postaci węglistych ilów pylastych z przewarstwieniami mułków piaszczystych; osady czwartorzędowe reprezentowane są przez serię utworów lodowcowych i wodnolodowcowych zlodowaceń południowopolskich, środkowopolskich i północnopolskich; osady zlodowaceń południowopolskich znajdują się tylko w obrębie głęboko wypreparowanych w podłożu trzeciorzędowym rynien i dolin; osady piaszczyste, piaszczysto-żwirowe, czasami z licznymi otoczkami, znajdujące się pod, między i nad glinami, są w przeważającej mierze pochodzenia glacialnego i peryglacialnego			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		WYSIN	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region pomorski, duża zmienność i różnorodność stanów pogodowych		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,2°C		
<i>średnie opady roczne</i>	550 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	W, NW		
<i>długość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	50-70 dni		
<i>długość okresu wegetacyjnego</i>	210-220 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	park krajobrazowy / Kaszubski / 13 km / NE		
	obszar chronionego krajobrazu / Wietcisy / 1 km / E, S, W		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Lubieszyn / 5 km / W		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Dolina Środkowej Wietcisy / 4 km / NW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Szumleś / 7 km / NW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Guzy / 6 km / N		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Zielenin / 4 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Szczodrowo / 5 km / E		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Dolina Wierzycy / 6 km / S		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Bory Tucholskie / >15 km / W, SW		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIĘDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Stara Kiszewa / 7,5 km		
	Kościerzyna / 12 km		
	Nowa Karczma / 3,6 km		
	Skarszewy / 1,9 km		
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Stary Wיע / zabudowa zagrodowa / 1 km / E		
	Wysin / zabudowa zagrodowa / 1 km / W		
<b>UŻYTKOWANIE TERENU</b>			
zakład położony jest na gruntach ornych, w bezpośrednim sąsiedztwie pól uprawnych			
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>			
	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> 224 / Tczew-Wejherowo		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>			
	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odcinek</i> od Głodowa: powiatowa / asfaltowa / 4 km		
	od Lubieszyna: powiatowa / asfaltowa / 5 km		
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>			
	42 osoby / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	gospodarstwa domowe w rejonie zakładu, a także sam zakład zasilane są z sieci wodociągowej; w skali gminy z sieci wodociągowej korzysta prawie 88% populacji gminy		
<b>KANALIZACJA</b>	w skali gminy z sieci kanalizacyjnej korzysta 46% populacji		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	długość czynnej sieci przesyłowej w gminie wynosi jedynie 1,2 km, korzysta z niej 0,2% populacji		

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		WYSIN	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
<i>nr ewidencyjny / powierzchnia</i> 175/7 / 1,5 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wału ziemnego po E i W stronie placu; geomembrana, podsypka piaskowa, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca na całej powierzchni placu		
DRENAŻ	drenaż opaskowy, dwa zbiorniki drenażowe zlokalizowane w S części placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNĄ	<i>rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia</i> brak		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Exalo Drilling Grupa PGNiG		
OKRES TRWANIA	III 2013-V 2013		
OŚIĄGNIĘTA DŁUGOŚĆ	4040 m (MD)		
ODCINEK POZIOMY: <i>długość / kierunek</i>	NIE		
<b>SZCZELINOWANIE</b>		nie dotyczy	
GŁÓWNY WYKONAWCA			
OKRES TRWANIA			
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM			
ILOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU			
ILOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ			
ZAGOSPODAROWANIE GAZU			
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
<i>NUMER</i>	1/2011/p		
<i>CEL GEOLOGICZNY</i>	udokumentowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego		
<i>OKRES WAŻNOŚCI</i>	2017 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
przedsięwzięcie zaliczone do mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko (wg stanu prawnego na rok 2010)			
decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 10.09.2010 r. o środowiskowych warunkowaniach, znak RDOŚ-22-WOO.6670/26-12/08/09/10ER			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 06.03.2013 r., znak POZ0234.83.2013.EC/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca plan ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 21.12.2012 r., nr DROŚ-S.7240.231.2012.EB;			
program gospodarowania odpadami niebezpiecznymi zatwierdzony decyzją Starosty Kościerskiego z dnia 14.01.2013 r., nr OŚ.6230.4.2012			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zerowy			
badania rozpoczęto we wrześniu 2012 r., przed rozpoczęciem budowy placu wiertni			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
wykonano badania w trakcie wiercenia, w okresie marzec-maj 2013;			
w otworze nie wykonano zabiegu szczelinowania, nie kontynuowano badań przewidzianych zakresem niniejszego projektu;			
w związku z demontażem placu wiertni wykonano badania kontrolne powietrza gruntowego pod folią izolującą w celu sprawdzenia możliwości koncentracji składników gazowych o różnej genezie pod nieprzepuszczalną izolacją			

## Załącznik 1.5

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ZAWADA	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Zawada / 5</b> <i>adwiert / Operator</i> <b>Zwierzyniec-1 / Chevron Polska</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	<b>Zawada / Zamość / zamojski / lubelskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Zwierzyniec</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Padół Zamojski</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
rozległa kotlina ograniczona wyraźnymi krawędziami otaczających ją wzniesień			
wysokości bezwzględne osiągają 210–260 m n.p.m., rzeźba terenu na ogół płaska, zaznaczają się rozległe garby i wzgórza			
ostańcowe wznoszące się 10–20 m nad dno kotliny, oddzielają rozległe, suche doliny o łagodnych zboczach;			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	<b>zlewnia rzeki Łabuńka (dopływ Wieprza)</b>		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od adwiertu / kierunek</i>	<b>Łabuńka / 6 km / N</b>		
	<b>Wieprz / 7 km / SW</b>		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GLÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Cr</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>20 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	<b>na ogół swobodne</b>		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	<b>brak lub słaba</b>		
<i>współczynnik filtracji</i>	<b>0,0000188 m/s</b>		
<i>kierunek przepływu</i>	<b>N-NNE, ku rzece Łabuńka</b>		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	<b>725 dni</b>		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	<b>15-20 lat – do lokalnej bazy drenażu (rzeka Łabuńka)</b>		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW)</b> <b>tożsamy z GUPW</b>			
<i>stratygrafia</i>			
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>			
<i>charakter zwierciadła</i>			
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>			
<i>współczynnik filtracji</i>			
<i>kierunek przepływu</i>			
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>			
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>			
<b>GLÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b> <b>Chełm-Zamość nr 407, zakład zlokalizowany w obrębie zbiornika</b>			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	<b>NW część basenu lubelskiego</b>		
poligon badawczy znajduje się na obszarze wyniesienia Radom-Kraśnik; wypiętrzenie utworów niższego paleozoiku i zredukowana miąższościowo pokrywa mezozoiczna, liczne luki stratygraficzne, znaczne różnice w stratygrafii, miąższościach, stopniu wyniesienia i erozji poszczególnych utworów oraz lukach sedymentacyjnych; podstawowy cel wierceń w ramach prac poszukiwawczo-rozpoznawczych na koncesji Zwierzyniec to skały dolnego syluru: osady wenloku składają się z ciemnoszarych i czarnych, lekko wapnistych łupków graptolitowych; osady dolnego landoweru składają się z ciemnoszarych i czarnych łupków graptolitowych, często wapnistych, przewarstwionych mułowcami dołomitowymi; drugorzędny cel wierceń to skały zbiornikowe górnego syluru: osady ludlowu składają się z szarych i ciemnoszarych laminowanych, wapnistych, tępliczych iłowców i mułowców zawierających graptolity, osady przydolu składają się głównie z szarogłazów z przewarstwieniami szarych iłowców wapnistych i mułowców, z nielicznymi warstwami zawierającymi graptolity; w profilu otworu Zwierzyniec-1 nie występują utwory dewonu ani karbonu; w innych pobliskich otworach udokumentowano utwory dewonu lub dewonu i karbonu, nie stwierdzono natomiast w żadnym z tych otworów utworów permu i triasu; na stropie paleozoicznego podłoża zalega seria osadów mezozoicznych rozpoczynająca się węglanowymi skałami jury środkowej i górnej, o łącznej miąższości około 460 m; na wapieniach jury górnej niezgodnie zalega kredowy kompleks morskich osadów węglanowych o miąższości do około 920 m, głównie jasnoszare wapienie margliste, ku stropowi przechodzą w margle z przewarstwieniami opok; nie zachowały się żadne osady paleogenu i neogenu; na urozmaiconej morfologicznie powierzchni skał kredowych zalegają utwory czwartorzędowe; w profilu dominują osady o genezie rzecznej, obok osadów eolicznych i deluwialnych; w rejonie poligonu badawczego na powierzchni występują lessy tworzące rozległą pokrywę, zalegającą na starszych utworach czwartorzędowych, o genezie rzeczno-peryglacjalnej; osady holocenijskie na analizowanym obszarze reprezentują mulki i piaski tarasów zalewowych, torfy; namuły torfiaste, namuły zagłębieni bezodpływowych i den dolinnych oraz piaski i mulki deluwialne			



KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ZAWADA	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region lubelsko - zamojski, stosunkowo krótkie pory przejściowe		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,5°C		
<i>średnie opady roczne</i>	600 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	S, SW, NW		
<i>dlugość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	80-100 dni		
<i>dlugość okresu wegetacyjnego</i>	210-220 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	park narodowy / Rostoczański / 9 km / S		
	rezerwat / Hubale (faunistyczny) / 7,5 km / SE		
	rezerwat / Wieprzec (torfowiskowy) / 8 km / SE		
	park krajobrazowy / Skierbieszowski / 7 km / NE		
	park krajobrazowy / Pojezierze Łęczyńskie / 5,5 km / N		
	park krajobrazowy / Nadwieprzański / 7 km / W-SW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk/ Rostocze Środkowe / 9 km / S		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk/ Hubale / 7,5 km / SE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Doliny Łabuńki i Topornicy / 8 km / NE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Niedzieliski Las / 3 km / E		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Niedzieliska / 4,5 km / SE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Kąty / 6 km / SE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Dolina Łętowni / 10,5 km / NW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Kornelówka / 15 km / NW		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Rostocze / 3,5 km / S		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Dolina Górnej Łabuńki / 8 km / S		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Ostoja Nieliska / 5 km / NW		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIĘDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Szczebrzeszyn / 1 km	Stary Zamość / 6,0 km	
	Sułów / 3,2 km	Zamość miejska / 5,5 km	
	Nielisz / 1,5 km		
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Kolonja Siedliska / pojedyncze zabudowania / 1 km / E, SE		
	Zawada / zwarta zabudowa zagrodowa / 1,5 km / S		
UŻYTKOWANIE TERENU: zakład położony jest na gruntach ornym, w bezpośrednim sąsiedztwie pól uprawnych; wg studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Zamość tereny te charakteryzują się obecnością gospodarstw rolnych i dobrymi glebami, ich wiodącą funkcją jest produkcja żywności; w odległości 550 m na SE od zakładu znajduje się udokumentowane złożo ceramiki budowlanej nieeksploatowane z powodu konfliktowości (gleby chronione) oraz zagospodarowania terenu (infrastruktura kolejowa i energetyczna)			
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> droga krajowa 74 / Sulejów-Zosin		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>	<i>kategoria drogi / rodzaju nawierzchni / odcinek</i> lokalna / gruntowa / 1,5 km		
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>	113 osób / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	gospodarstwa domowe w rejonie zakładu zasilane są z ujęć indywidualnych ujmujących poziom kredowy, położone na W od zakładu miejscowości zaopatrywane są w wodę z ujęcia w Szczebrzeszynie		
<b>KANALIZACJA</b>	w skali gminy z sieci kanalizacyjnej korzysta 10% populacji; trudności w rozwoju sieci kanalizacyjnej powodowane głównie dużym udziałem zabudowy rozproszonej		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	w skali gminy z sieci gazowej korzysta 40% populacji		

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ZAWADA	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
nr ewidencyjny / powierzchnia 894, 895 / 2,7 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wału ziemnego dokoła placu; piaskowa podsypka, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca na całej powierzchni placu		
DRENAŻ	drenaż opaskowy, zbiornik drenażowy zlokalizowany w E części placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNĄ	rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia kontenery / - / 1512 m <sup>3</sup> / -		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Hydro-Nafta Sp z o.o. (do 54 m p.p.t.) Poszukiwania Nafty i Gazu NAFTA w Pile (od 2013 r. Exalo Drilling Grupa PGNiG)		
OKRES TRWANIA	XII 2012 - II 2013		
OSIĄGNIĘTA GŁĘBOKOŚĆ	3192m (TVD)		
ODCINEK POZIOMY: długość / kierunek	NIE		
<b>SZCZELINOWANIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	Halliburton		
OKRES TRWANIA	06.07.2013 r.; 10.07.2013 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	2 m w przelocie od 2973 m do 2971 m (MD)		
IŁOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	1248 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 49,871 ton proppantu		
IŁOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	odebrano 372 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 30% zatłoczonych cieczy zabiegowych)		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
NUMER	70/2009/p		
CEL GEOLOGICZNY	udokumentowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego		
OKRES WAŻNOŚCI	2017 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
wg stanu prawnego na 2009 r. przedsięwzięcie nie stanowiło przedsięwzięcia mogącego potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko; w 2011 r., przy zmianie koncesji, przedsięwzięcie (prace sejsmiczne) uznano za mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na obszary Natura 2000; postanowieniem z dnia 15.07.2011 r. Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w Rzeszowie oraz postanowieniem z dnia 16.08.2011 r. Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w Lublinie odstąpili od nakładania obowiązku przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko dla przedsięwzięcia polegającego na wykonaniu badań sejsmicznych z zastosowaniem metody wibratorowej			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 28.09.2012 r., znak LUB00234/88/12/TN, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Lublinie zatwierdzająca plan ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi [w fazie wiercenia] zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Lubelskiego z dnia 09.07.2012 r., nr RŚ.V.7240.68.2012.EW;			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi [w fazie szczelinowania i testów] zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Lubelskiego z dnia 10.05.2013 r., nr RŚ.V.7240.12.2013.WS;			
pozwolenie na wytwarzanie odpadów innych niż wydobywcze zatwierdzone decyzją Marszałka Województwa Lubelskiego z dnia 10.05.2013 r., nr RŚ.V.7240.5.2013.RS oraz zmienione decyzją Marszałka Województwa Lubelskiego z dnia 22.11.2013 r.			
program gospodarowania odpadami niebezpiecznymi zatwierdzony decyzją Starosty Zamojskiego z dnia 08.11.2012 r., nr ROŚ.6223.13.7.2012			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zerowy: badania rozpoczęto w sierpniu 2012 r., przed rozpoczęciem budowy placu wiertni			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
drugą serię badań zrealizowano w październiku 2013 r., 3 miesiące po zabiegu szczelinowania; w lipcu 2014 r. wykonano serię badań w rok po zabiegu szczelinowania			

## Załącznik 1.6

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ŁEBIEŃ	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Łebień / 6</b>		
	<i>odwiert / Operator</i> <b>Łebień LE-2H / Lane Energy Poland</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	<b>Rekowo / Nowa Wieś Lęborska / lęborski / pomorskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Lębork</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Wysoczyzna Żarnowiecka</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
morena denna najmłodszego zlodowacenia, kępy wysoczyznowe oddzielone rynnami i dolinami polodowcowymi			
powierzchnia Kępy Tawęcińskiej kształtuje się na wysokości od 90 m n.p.m. w części północnej do 70 m n.p.m. w części południowej, dolinne obniżenia o płaskich dnach ograniczające kępę wykorzystywane są przez cieki			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	<b>zlewnia rzeki Kisewska Struga (dopływ Łeby)</b>		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od odwiertu / kierunek</i>	<b>Kisewska Struga / 2,5 km / E</b>		
<i>obszar występowania torfów wypełniony wodą / 1,3 km / SE</i>			
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GŁÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>	<b>14,5-5,6 m p.p.t.</b>		
<i>charakter zwierciadła</i>	<b>swobodne, lokalnie napięte</b>		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	<b>zmienna miąższość od 3 do 20 m, w rejonie zakładu ok. 3 m</b>		
<i>współczynnik filtracji</i>	<b>0,000185 m/s</b>		
<i>kierunek przepływu</i>	<b>S, SSE</b>		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	<b>brak danych</b>		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	<b>w okresie 10-letnim nie dalej niż 1500 m; do bazy drenażu (Kisewska Struga) &gt; 30 lat</b>		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW) – w rejonie poligonu łączy się z głównym poziomem wodonośnym</b>			
<i>stratygrafia</i>			
<i>głębokość występowania warstwy wodonośnej</i>			
<i>charakter zwierciadła</i>			
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>			
<i>współczynnik filtracji</i>			
<i>kierunek przepływu</i>			
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>			
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>			
<b>GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b>			
<b>Zbiornik międzymorenowy Salino nr 108, na NE od zakładu Pradolina rzeki Łeba nr 107, na S od zakładu</b>			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	<b>W część syneklizy perybałtyckiej, centralna część wyniesienia Łeby</b>		
podłoże krystaliczne (gnejsy) występuje na głębokości ponad 3000 m; powyżej miąższa pokrywa osadowa: utwory kambru, ordowiku, syluru i permu; luka stratygraficzna obejmuje okresy dewonu, karbonu i dolnego permu, aż do cechsztynu; piętro to budują iłowce, mułowce, piaskowce, ku stropowi zaczynają dominować wapienie, dolomity, gipsy, anhydryty oraz sole kamienne; sylurskie iłowce charakteryzują się bardzo dużą miąższością, około 2 000 m; mezozoik o miąższości około 500 m reprezentowany jest przez iłowce i mułowce wapieniste triasu, jurajskie piaski, piaskowce i iłowce oraz kredowe piaskowce, iłowce i mułowce; na osadach mezozoicznych zalegają utwory paleogenu o miąższości od 70 do 200 m; po ustąpieniu morza górno-kredowego zapanowały warunki lądowe, które trwały do środkowego eocenu; w środkowym eocenie nastąpiła ponowna transgresja; w miocenie nastąpiła sedimentacja lądowa w lokalnych zbiornikach słodkowodnych; profil osadów czwartorzędowych jest zredukowany w wyniku kolejnych etapów egzaracji lodowcowej oraz erozji wód roztopowych; w rejonie zakładu od powierzchni występuje warstwa gliny piaszczystej (plejstocen) o miąższości 3–4 m, głębiej – utwory klastyczne ostatniego zlodowacenia: piaski różnoziarniste, z domieszką żwirów i nielicznych otoczków			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ŁEBIŃ	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	region nadmorski, duża zmienność stanów pogody, zimne lata i łagodne zimy		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+7,8°C		
<i>średnie opady roczne</i>	675 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	W, SW		
<i>długość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	55-65 dni		
<i>długość okresu wegetacyjnego</i>	200-210 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	Natura 2000 Obszary specjalnej ochrony ptaków / Lasy Łęborskie / 5,78 km / E		
	Natura 2000 Specjalne obszary ochrony siedlisk / Jeziora Choczewskie / 9,49 km / E, NE		
	Natura 2000 Specjalne obszary ochrony siedlisk / Łebskie Bagna / 11,75 km / SW		
	Natura 2000 Specjalne obszary ochrony siedlisk / Górkowski Las / 12,62 km / NWW		
	obszar chronionego krajobrazu / Choczewsko-Saliński / 5,27 km / N-E		
	obszar chronionego krajobrazu / Pradoliny Redy-Łeby / 5,41 km / S-SE		
	obszar chronionego krajobrazu / Fragment Pradoliny Łeby i Wzgórza Morenowe na Południe od Łęborka / 9,31 km / S		
	obszar chronionego krajobrazu / Nadmorski / 14,65 km / N		
	park narodowy / Słowiński Park Narodowy - otulina / 6,73 km / NW		
	rezerwat / Pużyckie Łęgi - otulina / 3,94 km / E		
	rezerwat / Pużyckie Łęgi / 4,02 km / E		
	rezerwat / Borkowskie Wąwozy / 9,17 km / N		
	rezerwat / Długosz Królewski w Łęczynie / 10,16 km / E		
	rezerwat / Nowe Wicko / 10,98 km / NWW		
	rezerwat / Wielistowskie Źródlika / 1,04 km / SE		
	rezerwat / Łebskie Bagno - otulina / 11,55 km / SW		
	rezerwat / Wielistowskie Łęgi / 11,69 km / SE		
	rezerwat / Łebskie Bagno / 11,75 km / SW		
	rezerwat / Las Górkowski / 12,62 km / NWW		
	rezerwat / Choczewskie Cisy / 14,46 km / N		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIEDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Wicko / 2,2 km	Łębork / 8,8 km	
	Choczewo / 3,7 km	Potęgowo / 15,8 km	
	Łęczycze / 2,6 km	Główczyce / 10 km	
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejsowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Karlíkowo Łęborskie / zabudowa rozproszona, zagrodowa / 0,7 km / NE		
	Karlíkowo Łęborskie / pojedyncze zabudowania / 1,2 km / E		
	Rekowo Łęborskie / zabudowa rozproszona, zagrodowa / 1,5 km / SE		
UŻYTKOWANIE TERENU: w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu dominują użytki rolne, grunty orne, pastwiska, łąki;			
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>			
	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> droga krajowa 6 / Szczecin-Trójmiasto		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>			
	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odcinek</i>		
	od drogi krajowej 6:		powiatowa / asfaltowa / 10,5 km
	od drogi wojewódzkiej 214 Łeba-Warlubie:		powiatowa / asfaltowa / 7,5 km
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>			
	48 osób / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIĄGI</b>	gospodarstwa domowe w rejonie zakładu mają dostęp do sieci wodociągowej; mieszkańcy miejscowości niewyposażonych w wodociągi korzystają z prywatnych studni		
<b>KANALIZACJA</b>	kanalizację sanitarną w sąsiedztwie zakładu posiadają Obliwice i część Łebienia, na pozostałym obszarze ścieki z gospodarstw domowych gromadzone są w zbiornikach bezodpływowych		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	w skali gminy z sieci gazowej korzysta 10% populacji		

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		ŁEBIEŃ	str.3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
<i>nr ewidencyjny / powierzchnia</i> 147/1 / 3,74 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu zdeponowana w formie wałów ziemnych na N, S i E od placu; piaskowa podsypka, płyty betonowe		
USZCZELNIENIE	brak		
DRENAŻ	podziemny, betonowy zbiornik na wody deszczowe zbierane systemem drenażowym z placu, usytuowany w południowej części placu, zbiornik posadowiony na głębokości ok. 3 m ppt		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNA	<i>rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia</i> ziemne / 2 / 6000m <sup>3</sup> + 12 000 m <sup>3</sup> / 1,3 ha		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	MND Drilling & Services		
OKRES TRWANIA	V 2011 – VI 2011		
OSIĄGNIĘTA GŁĘBOKOŚĆ	4 075m (MD)		
ODCINEK POZIOMY: <i>długość / kierunek</i>	1000 m / SSW		
<b>SZCZELINOWANIE I TESTY PRODUKCYJNE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	szczelinowanie: Schlumberger; testy produkcyjne: Exalo		
OKRES TRWANIA	szczelinowanie: 19.08.2011 r.-28.08.2011 r.; testy produkcyjne: IX 2011 r. i VII 2013 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	poziomy		
ILOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	17302,5 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 1191,07,88 ton proppantu <small>dane zweryfikowane po 2011 r.</small>		
ILOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	odebrano 7 759,48 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 45% zatłoczonych cieczy zabiegowych) <small>dane uwzględniające testy produkcyjne w 2013 r.</small>		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
<i>NUMER</i>	16/2007/p		
<i>CEL GEOLOGICZNY</i>	rozpoznanie występowania gazu ziemnego w łupkach dolnosylurskich i ordowickich		
<i>OKRES WAŻNOŚCI</i>	2016 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
nie wymagana			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 12.04.2011 r., znak 132/0234/0001/11/02193/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca plan ruchu zakładu;			
decyzja z dnia 09.08.2011 r., znak 212/0234/0002/11/058550/NW, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca dodatek nr 1 do planu ruchu zakładu;			
decyzja z dnia 19.09.2012 r., znak 212/0234/0002/12/06445/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca dodatek nr 2 do planu ruchu zakładu;			
decyzja z dnia 17.04.2013 r., znak POZ 0234.180.2013.SB/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca dodatek nr 3 do planu ruchu zakładu;			
decyzja z dnia 20.06.2013 r., znak POZ 0234.356.2013.EC/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca dodatek nr 3 do planu ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 02.05.2011 r., znak DROŚ-S.EB.7654.91.2011.EB, oświadczenie Lane Energy Poland na temat planowanych zmian w programie gospodarowania odpadami wydobywczymi z dnia 28 .05.2013 r. (na podstawie art. 12. ust. 4 ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczymi); program gospodarki odpadami niebezpiecznymi zatwierdzony decyzją Starosty Powiatowego w Łęborku z dnia 18.04.2011 r., znak OŚ.6230.3.2011; decyzja Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 14.05.2013 r., znak DROŚ-S.7243.16.2013.EB – Pozwolenie na wytwarzanie odpadów z instalacji eksploatowanej w celu stymulowania i testowania otworu wiertniczego			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
nie dotyczy			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
wykonano badania w dwa lata po zabiegu szczelinowania w otworze; uzyskane wyniki porównano z wynikami badań wykonanych w 2011 r. w ramach projektu „Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H”			

## Załącznik 1.7

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		GAPOWO	str.1/3
<b>POLIGON</b>	<i>nazwa / oznaczenie</i> <b>Gapowo / 7</b>		
	<i>odwiert / Operator</i> <b>Gapowo B-1/B-1A / Indiana Investments</b>		
<b>LOKALIZACJA</b>			
<i>miejsowość / gmina / powiat / województwo</i>	<b>Gapowo / Stężycza / kartuski / pomorskie</b>		
<i>obszar koncesyjny</i>	<b>Bytów</b>		
<b>UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE</b>			
<b>POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE</b>			
<i>mezoregion (Kondracki, 2006)</i>	<b>Pojezierze Kaszubskie</b>		
<b>UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI</b>			
urozmaicony krajobraz, duża liczba jezior			
wysoczyzna morenowa o bardzo zróżnicowanej powierzchni; wyróżnia się linia wzniesień moren czołowych; na północ od moren czołowych rozpościera się falisty i pagórkowaty obszar wysoczyzny, na południe zaś wyrównana powierzchnia terenu zbudowana z utworów sandrowych i opadająca w kierunku południowym;			
brak jest lasów, urozmaicheniem krajobrazu są niewielkie jeziora, torfowiska i zagajniki; wyróżniającymi się formami krajobrazowymi są rynny glacialne; rynnę raduńską wypełnia Jezioro Raduńskie Górne i Jezioro Stężyckie			
<b>HYDROGRAFIA</b>			
<b>ZLEWNIA</b>	<b>Jezioro Raduńskie Górne</b>		
<b>NAJBLIŻSZE CIEKI / ZBIORNIKI WODNE</b>			
<i>nazwa / odległość od odwiertu / kierunek</i>	<b>Jezioro Raduńskie Górne / 2,5 km / SE</b>		
<b>WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE</b>			
<b>GLÓWNY UŻYTKOWY POZIOM WODONOŚNY (GUPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wadonośnej</i>	pierwszy poziom międzymorenowy: 20-27 m p.p.t. drugi poziom między morenowy: 22- 43 m p.p.t.		
<i>charakter zwierciadła</i>	napięte		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	pierwszy poziom międzymorenowy – pełna izolacja, lokalnie brak; drugi poziom międzymorenowy – pełna izolacja		
<i>współczynnik filtracji</i>	0,000015-0,00039 m/s		
<i>kierunek przepływu</i>	SE		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	> 7 lat		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	do najbliższej studni wierconej > 30 lat		
<b>PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY (PPW)</b>			
<i>stratygrafia</i>	<b>Q</b>		
<i>głębokość występowania warstwy wadonośnej</i>	2,2 – 15,43 m p.p.t.		
<i>charakter zwierciadła</i>	swobodne, lokalnie napięte		
<i>izolacja od powierzchni terenu</i>	lokalnie izolację stanowi nadkład glin zwałowych piaszczystych		
<i>współczynnik filtracji</i>	brak danych		
<i>kierunek przepływu</i>	SE		
<i>czas przesączania z powierzchni terenu</i>	brak danych		
<i>łączny czas dopływu potencjalnych zanieczyszczeń</i>	brak danych		
<b>GLÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b>			
Subniecka Gdańska nr 111, w odległości ok. 14,5 km na NE od zakładu Zbiornik międzymorenowy Gotębiewo nr 116, w odległości ok. 18,5 km na SE			
<b>GEOLOGIA</b>			
<b>LOKALIZACJA</b>	głęboko pogrążona W część syneklizy perybałtyckiej		
podłoże krystaliczne występuje na głębokości od 4000 do ponad 5000 m p.p.t. i zapada w kierunku SSW; najstarszymi rozpoznanymi skałami osadowymi są prekambryjskie czerwone zlepieńce i piaskowce arkozowe serii żarnowieckiej; osady kambru to piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowe oraz wapienie i wapienie margliste z wkładkami drobnoziarnistych krzemionkowych piaskowców kwarcowych o łącznej miąższości około 285 m; w otworze Gapowo B-1 nawiercono ordowickie wapienie i wapienie margliste formacji z Kopalina, ciemnoszare iłowce z przewarstwieniami czarnych łupków wapienistych formacji Sasina, szare iłowce przewarstwione materią organiczną z przelawiczeniami margli i wapieni formacji z Prabut, o łącznej miąższości 50 m; utwory syluru budują monotony kompleks ilasto-mułowcowy, zawierający niewielką domieszkę węglanów w spoiwie, w postaci konkrekcji wapiennych, cienkich warstewek wapieni lub dolomitów; sumaryczna miąższość utworów syluru w otworze Gapowo B-1 wynosi 2312 m; na kompleksie skał sylurskich, z dużą luką stratygraficzną, obejmującą cały młodszy paleozoik, leżą permskie piaskowce (czerwony spągowiec) o miąższości około 43 m; nad nim zalegają utwory należące do trzech najstarszych cyklotemów, w tym kończące sedymentację permską osady o charakterze terygenicznym; utwory mezozoiku są bardzo zredukowane, powszechnie występują luki stratygraficzne; osady paleogenu i neogenu to szare, drobnoziarniste piaski oraz krzemionkowe i krzemionkowo-węglanowe piaskowce (2013 m); utwory czwartorzędowe, głównie połodowcowe, mają znaczne miąższości od 110–180 m na obszarze elewacji trzeciorzędu do ponad 250 m w rejonie rynny raduńskiej			

KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		GAPOWO	str.2/3
<b>KLIMAT</b>			
<i>region</i>	pojezierze pomorskie		
<i>średnia temperatura roczna</i>	+6,5°C		
<i>średnie opady roczne</i>	630 mm		
<i>dominujące wiatry</i>	SW, SE		
<i>długość zalegania pokrywy śnieżnej</i>	70-80 dni		
<i>długość okresu wegetacyjnego</i>	210-220 dni		
<b>OCHRONA PRZYRODY</b>			
	<i>ranga obszaru / nazwa / odległość od zakładu w linii prostej / kierunek</i>		
	park krajobrazowy / Kaszubski / 2,5 km / E, SE		
	obszar chronionego krajobrazu / Gowidliński / 4,5 km / W		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego / 2,5 km / E oraz 4 km / SSE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Rynna Dłużnicy / 7,7 km / SSW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Miechowiska Sulęczyńskie / 8,5 km / W		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Dolina Słupi / 9 km / W		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Jeziora Chośnickie / 13 km / WNW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Jeziora Kistowskie / 12 km / WNW		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Kurze Grzędy / 15,75 km / NNE		
	Natura 2000 specjalny obszar ochrony siedlisk / Staniszewskie Błoto / 15 km / NNE		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Lasy Mirachowskie / 12 km / N		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Dolina Słupi / 12 km / S		
	Natura 2000 obszar specjalnej ochrony ptaków / Bory Tucholskie / 19 km / WNW		
<b>UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNE I GOSPODARCZE</b>			
<b>SĄSIEDZTWO</b>			
<b>NAJBLIŻSZE GMINY</b>	<i>gmina / odległość od zakładu do granicy gminy w linii prostej</i>		
	Sulęczyno / 0,5 km		
	Sierakowice / 5,5 km		
	Kartuzy / 10,3 km		
	Somonino / 13,0 km		
	Kościerzyna / 5,3 km		
<b>NAJBLIŻSZE ZABUDOWANIA</b>	<i>miejscowość / charakter zabudowy / odległość zakładu od zabudowań w linii prostej / kierunek</i>		
	Klukowa Huta / zwarta zabudowania / 0,5 km / E, SE		
	Reja / pojedyncze zabudowania / 0,7 km / NE		
	Dubowo / pojedyncze zabudowania / 0,3 km / SE		
	Stężyczka Huta / zwarta zabudowa / 1,0 km / SW		
UŻYTKOWANIE TERENU zakład położony jest na gruntach ornych, w bezpośrednim sąsiedztwie pól uprawnych; od N i E graniczy z małym kompleksem leśnym; w odległości 1,2 km na SE od zakładu znajduje się kopalnia odkrywkowa złoża piasków ze żwirami „Żuromino II” o powierzchni blisko 40 ha			
<b>DOJAZD</b>			
<b>DROGA WOJEWÓDZKA</b>			
	<i>nr drogi wojewódzkiej / przebieg</i> 214 / Łeba-Warlubie		
<b>DROGI DOJAZDOWE</b>			
	<i>kategoria drogi / rodzaj nawierzchni / odcinek</i> wjazd bezpośrednio z drogi wojewódzkiej		
<b>DEMOGRAFIA</b>			
<b>GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA</b>			
	61 osób / km <sup>2</sup>		
<b>INFRASTRUKTURA</b>			
<b>WODOCIAGI</b>	w skali gminy z sieci wodociągowej korzysta 93% populacji		
<b>KANALIZACJA</b>	system odprowadzania ścieków istnieje jedynie we wsi gminnej Stężyczka i obejmuje ok. 90% jej mieszkańców, ok. 20% ogółu mieszkańców gminy; ścieki sanitarne ze wszystkich pozostałych miejscowości są gromadzone w zbiornikach bezodpływowych		
<b>CIEPŁOWNICTWO</b>	indywidualne źródła grzewcze, brak scentralizowanej gospodarki ciepłej		
<b>SIEĆ GAZOWA</b>	brak		

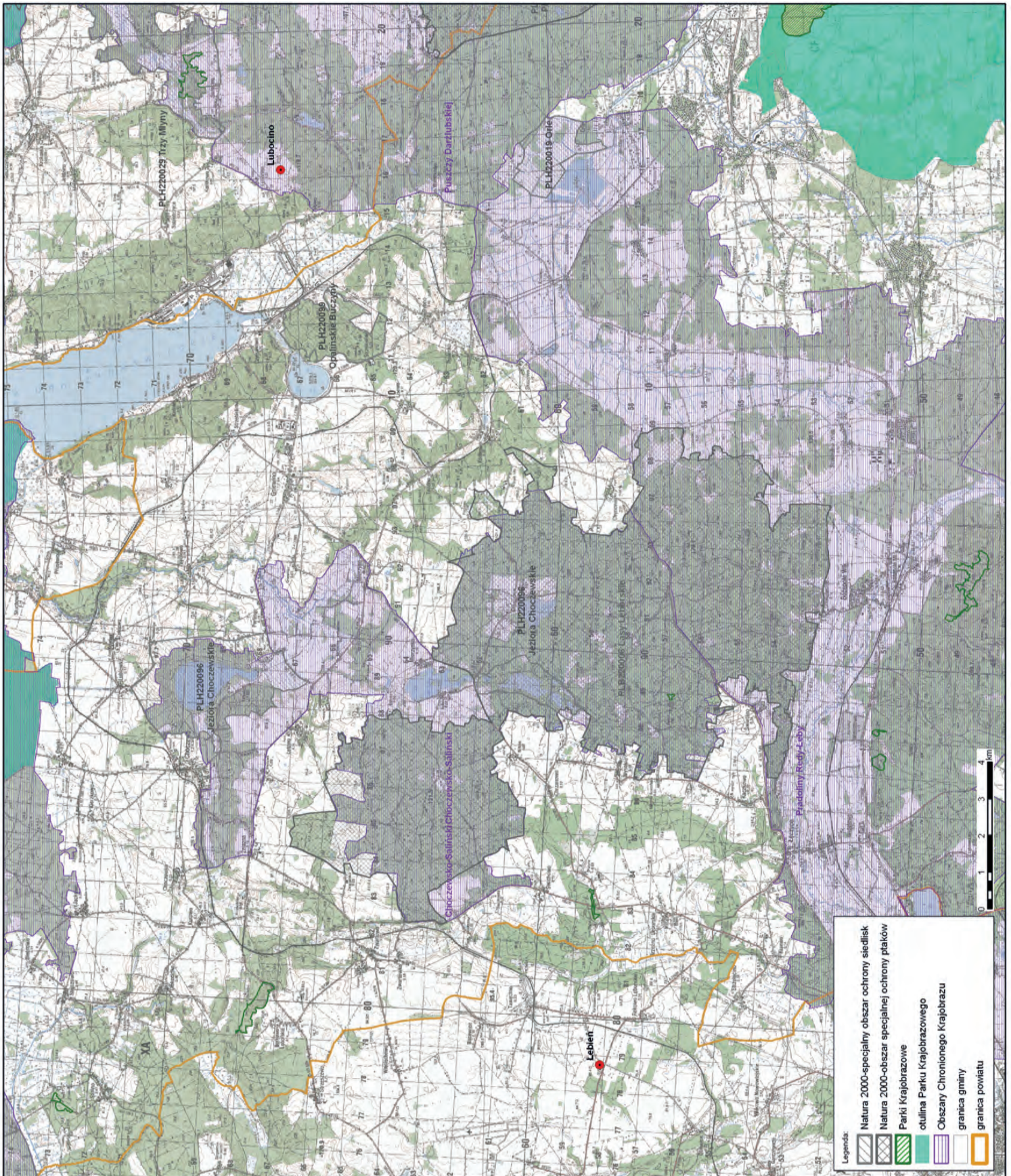
KARTA CHARAKTERYSTYKI POLIGONU BADAWCZEGO		GAPOWO	str. 3/3
<b>ZAKŁAD WYKONUJĄCY ROBOTY GEOLOGICZNE</b>			
<b>DZIAŁKA</b>			
nr ewidencyjny / powierzchnia 8,9 / 3,16 ha			
<b>ZAGOSPODAROWANIE PLACU</b>			
PRZYGOTOWANIE	niwelacja, zebrana warstwa humusu, folia uszczelniająca, nawierzchnia z tłucznia		
USZCZELNIENIE	folia uszczelniająca na całej powierzchni placu		
DRENAŻ	drenaż opaskowy, zbiornik drenażowy zlokalizowany w E części placu		
ZBIORNIKI NA WODĘ TECHNOLOGICZNĄ	rodzaj / liczba / pojemność / powierzchnia basen / 1 / 10000 m <sup>3</sup> / 0,3 ha		
<b>WIERCENIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	MND Drilling & Services		
OKRES TRWANIA	I 2014-II 2014		
OSIĄGNIĘTA DŁUGOŚĆ / GŁĘBOKOŚĆ	6058 m (MD) / 4183 m (TVD)		
ODCINEK POZIOMY: długość / kierunek	2272 m / NE		
<b>SZCZELINOWANIE</b>			
GŁÓWNY WYKONAWCA	United Oilfield Services		
OKRES TRWANIA	12.05.2014 r.-14.05.2014 r.		
ODCINEK OBJĘTY ZABIEGIEM	w przelocie od 5859,8 m do 4408,9 m (MD)		
ILOŚCI WYKORZYSTANEJ WODY I PROPPANTU	26022 m <sup>3</sup> cieczy zabiegowej / 591,45 ton proppantu		
ILOŚĆ CIECZY POWRACAJĄCEJ	odebrano 5899 m <sup>3</sup> płynu pozabiegowego (ok. 22,67% zatłoczonych cieczy zabiegowych)		
ZAGOSPODAROWANIE GAZU	spalanie w pochodni		
<b>ADMINISTRACJA</b>			
<b>KONCESJA</b>			
NUMER	17/2010/p		
CEL GEOLOGICZNY	udokumentowanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach: dolnego permu, dolnego syluru, górnego ordowiku i środkowego kambru		
OKRES WAŻNOŚCI	2016 r.		
<b>DECYZJA O ŚRODOWISKOWYCH UWARUNKOWANIACH ZGODY NA REALIZACJĘ PRZEDSIĘWZIĘCIA</b>			
decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku z dnia 06.03.2013 r., nr RDOŚ-Gd-WOO.4210.22.2012.ER			
<b>PLAN RUCHU</b>			
decyzja z dnia 05.12.2013 r., znak POZ0234.761.2013.EC/KM, Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu zatwierdzająca plan ruchu zakładu			
<b>GOSPODARKA ODPADAMI</b>			
program gospodarowania odpadami wydobywczymi zatwierdzony decyzją Marszałka Województwa Pomorskiego z dnia 28.11.2013 r., nr DRO-S.7240.40.2013.EB; decyzja Starosty Kartuskiego z dnia 9.03.2012 r., znak R.6220.12.2011.EZ, udzielająca pozwolenia na wytwarzanie odpadów, w związku z eksploatacją instalacji tj. urządzenia wiertniczego do poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów			
<b>BADANIA</b>			
<b>STAN POCZĄTKOWY</b>			
stan zastany: otwór pionowy Gapowo B-1 wywiercony w 2012 r.; otwór kierunkowy Gapowo B-1A odwiercony z tej samej lokalizacji badania rozpoczęto w grudniu 2013 r., przed rozpoczęciem wiercenia otworu kierunkowego			
<b>STAN KOŃCOWY</b>			
drugą serią badań zrealizowano we wrześniu 2014 r., po zakończeniu przez Operatora testów gazowych			



**POŁOŻENIE POLIGONÓW BADAWCZYCH  
NA TLE OBSZARÓW CHRONIONYCH**

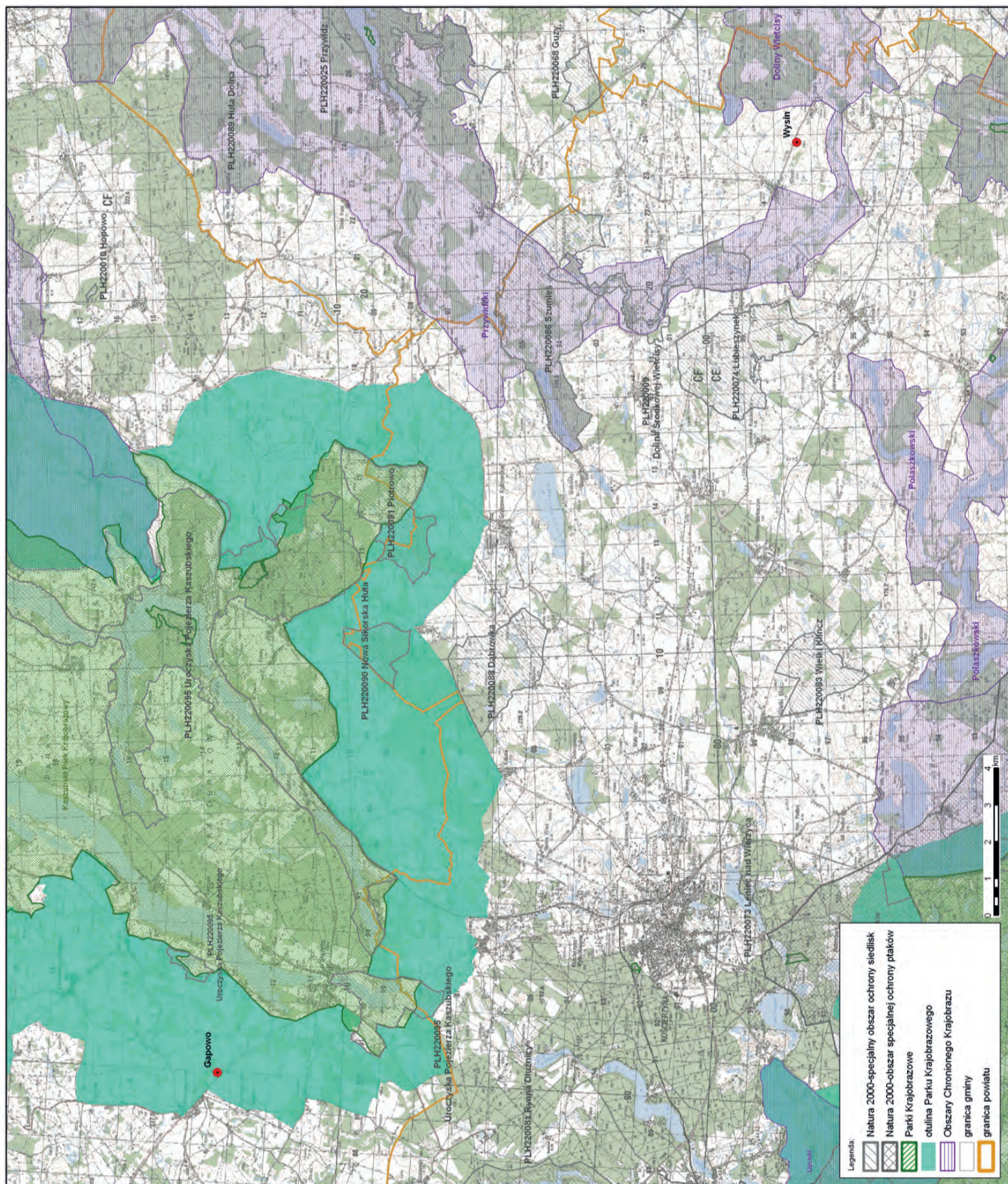
### Załącznik 2.1

#### Położenie poligonów badawczych Lubocino i Łebień na tle obszarów chronionych



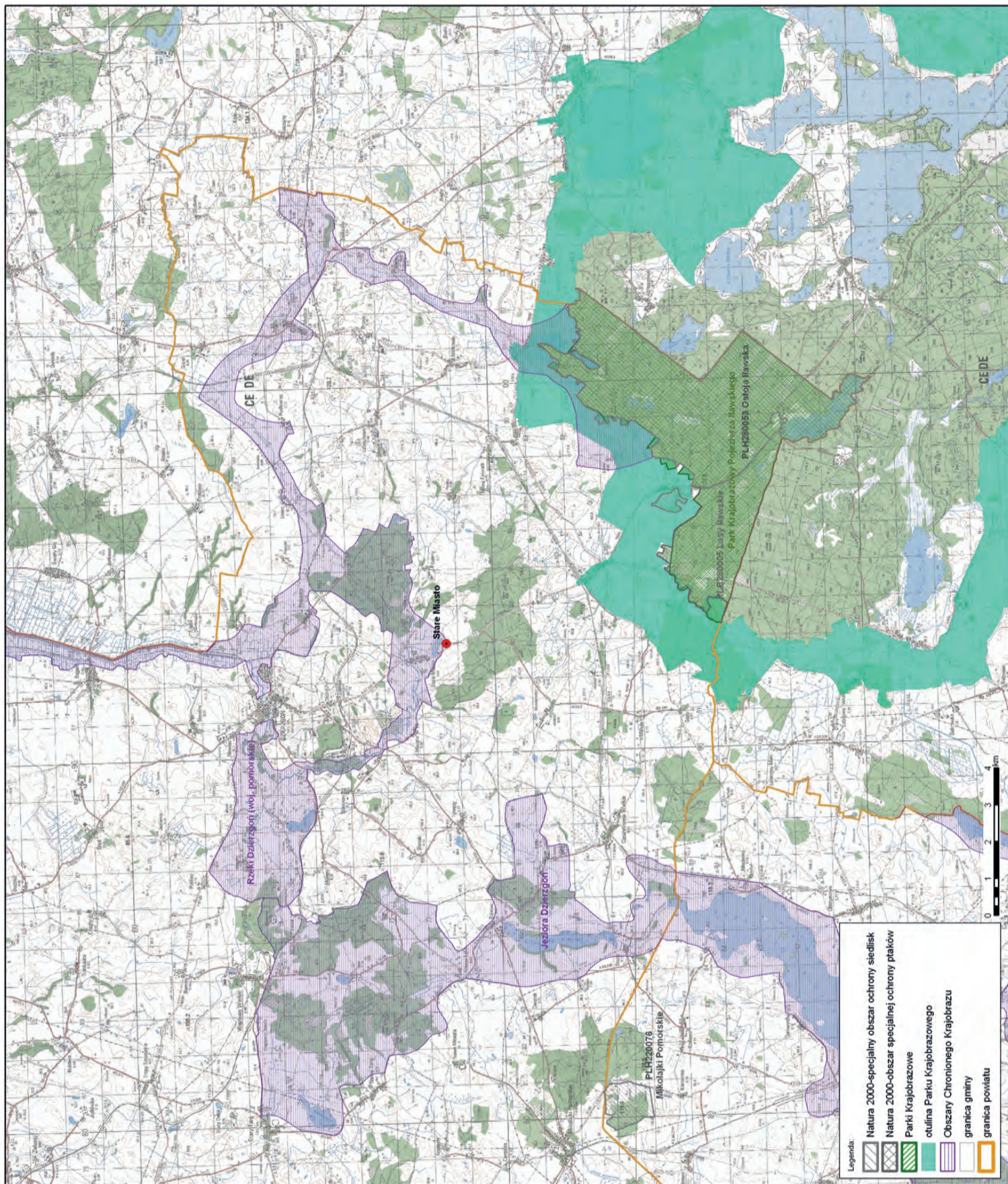
Załącznik 2.2

Położenie poligonów badawczych Gapowo i Wysin na tle obszarów chronionych



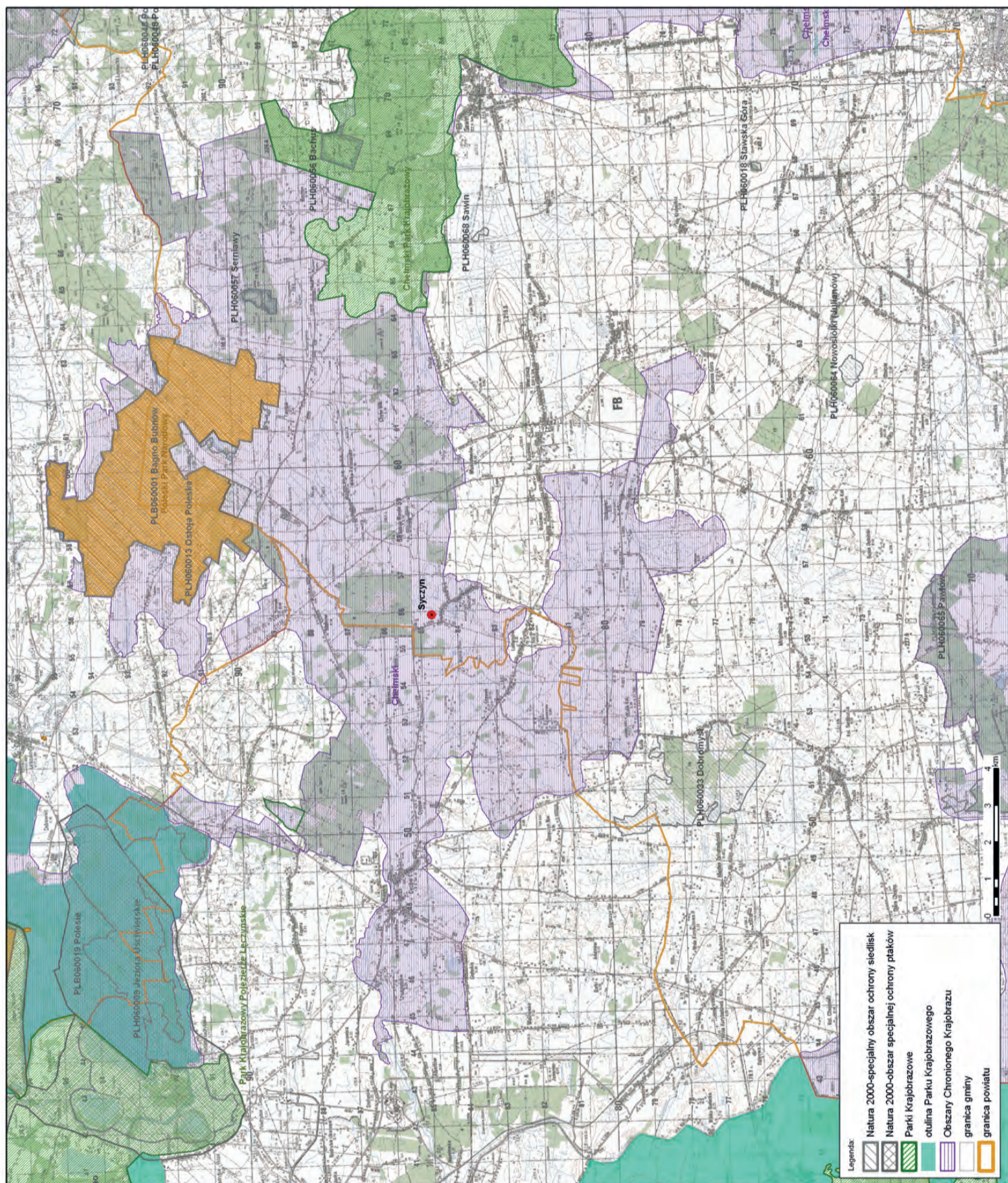
### Załącznik 2.3

#### Położenie poligonu badawczego Stare Miasto na tle obszarów chronionych



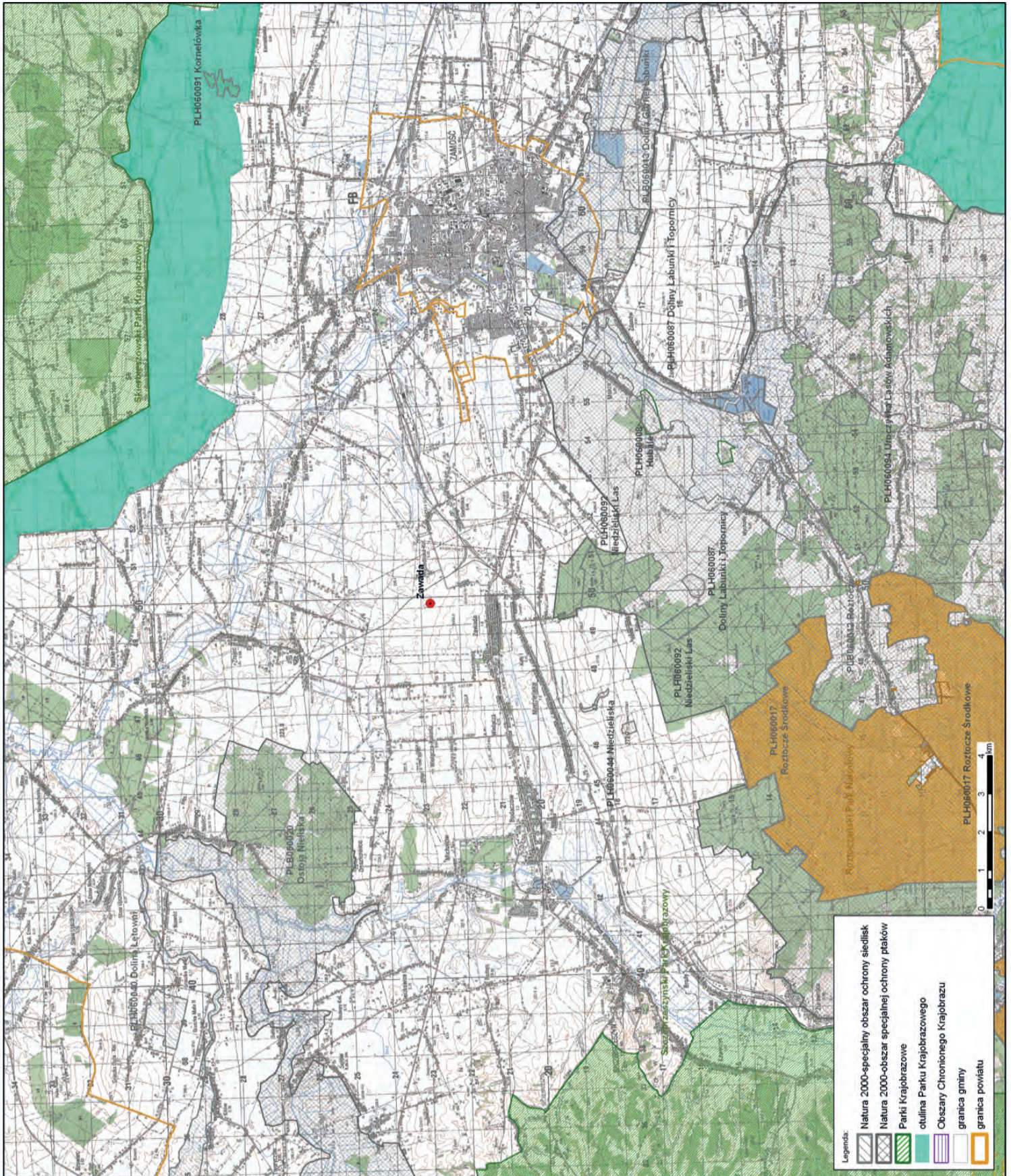
Załącznik 2.4

Położenie poligonów badawczych Syczyn na tle obszarów chronionych



## Załącznik 2.5

## Położenie poligonów badawczych Zawada na tle obszarów chronionych



### Katalog możliwych do wystąpienia skutków dla środowiska naturalnego w trakcie realizacji prac na potrzeby poszukiwania i rozpoznawania niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów.

Element środowiska		Etap prac – potencjalne przyczyny				likwidacja odwiertu i rekultywacja terenu
Skutek	prace przygotowawcze (budowa zakładu)	wiercenie otworu	szczelnienie hydrauliczne i testy gazowe	6		
1	2	3	4	5	6	
Powietrze atmosferyczne	zanieczyszczenie powietrza	emisja spalin podczas przejazdu i pracy pojazdów oraz urządzeń pracujących, emisja spalin związana z ruchem kołowym	emisja spalin związana z ruchem kołowym, pracą agregatów pracujących i urządzeń wiertniczych, emisja zanieczyszczeń związana z działalnością socjalno-bytową zakładu (kotłownia zakładowa)	emisja spalin związana z pracą agregatów pompowych, emisja spalin związana z ruchem kołowym, emisja gazu złożowego, spalanie gazu w pochodni, emisja zanieczyszczeń związana z działalnością socjalno-bytową zakładu (kotłownia zakładowa)	emisja spalin podczas przejazdu i pracy pojazdów oraz urządzeń pracujących, emisja spalin związana z ruchem kołowym	
	zapylenie powietrza	pylenie z powierzchni terenu podczas prac ziemnych, wzmożony ruch kołowy po drogach nieutwardzonych	pylenie z powierzchni placu wiertni	wzmożony ruch kołowy po drogach nieutwardzonych, pylenie z powierzchni terenu zakładu, zdarzenia incydentalne podczas przeładunku propanantu	pylenie z powierzchni terenu podczas prac ziemnych, wzmożony ruch kołowy po drogach nieutwardzonych	
Grunt i gleba	zanieczyszczenie gruntu	przygotowanie terenu zakładu przy wykorzystaniu gruntu przywiezionego z poza terenu (potencjalnie zanieczyszczonego), ruch kołowy, praca ciężkiego sprzętu budowlanego (wyciek substancji ropopochodnych), zdarzenia incydentalne (awaria sprzętu)	niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu	niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu, zdarzenia incydentalne (np. wyciek płynu pozbiegowego przez flare), niewłaściwe postępowanie z odpadami	ruch kołowy, praca ciężkiego sprzętu (wyciek substancji ropopochodnych), zdarzenia incydentalne (awaria sprzętu), nieprawidłowa likwidacja materiału izolującego powierzchnię terenu (pozostawienie gruntu i materiałów zanieczyszczonych)	
	naruszenie naturalnej struktury gruntów w posadowieniu zakładu	przygotowanie placu pod budowę zakładu, mechaniczne zmiany w profilu głębowym (usunięcie warstwy organicznej)	dlugotwale obciążenie gruntów- zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	dlugotwale obciążenie gruntów- zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	odtworzenie warstwy gleby na terenie zakładu	
	pogorszenie właściwości produkcyjnych gleby	dlugotwale obciążenie gruntów – zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	dlugotwale obciążenie gruntów- zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	dlugotwale obciążenie gruntów- zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	dlugotwale obciążenie gruntów- zmiana stopnia zagęszczenia podłoża	nieprawidłowa rekultywacja
	kumulacja gazów (np. metanu, dwutlenku węgla) w powietrzu gruntowym		fermentacja mikrobiałna w warunkach ograniczonego dopływu tlenu (na obszarze uszczelnienia folią)	przedostawanie się gazów z formacji geologicznych, fermentacja mikrobiałna w warunkach ograniczonego dopływu tlenu (na obszarze uszczelnienia folią)		

1	2	3	4	5	6
<b>Wody podziemne</b>	zanieczyszczenie płytkich wód gruntowych	intensywny ruch kłowy, praca ciężkiego sprzętu budowlanego, zdarzenia incydentalne (np. wyciek substancji ropopochodnych)	niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu, niewłaściwa konstrukcja otworu (nieszczelność otworu), zdarzenia incydentalne (np. awaria sprzętu wiertniczego)	intensywny ruch kłowy (wyciek substancji ropopochodnych), niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu, zdarzenia incydentalne (np. awaria urządzeń), niewłaściwe postępowanie z odpadami	intensywny ruch kłowy, praca ciężkiego sprzętu, zdarzenia incydentalne (np. wyciek substancji ropopochodnych), nieprawidłowa likwidacja materiału izolującego powierzchni terenu (pozostawienie gruntu i materiałów zanieczyszczonych)
	zanieczyszczenie użytkownych poziomów wodonośnych	intensywny ruch kłowy, praca ciężkiego sprzętu budowlanego, zdarzenia incydentalne (np. wyciek substancji ropopochodnych)	złe rozpoznanie budowy geologicznej terenu, niewłaściwa konstrukcja otworu, zły dobór parametrów wiercenia, niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu, niewłaściwa konstrukcja otworu, zdarzenia incydentalne (np. awaria sprzętu wiertniczego)	niewłaściwe zabezpieczenie terenu zakładu, rozszczelnienie odwiertu (migracja cieczy szczelinującej lub gazu) brak lub niewłaściwy system drenażu na terenie zakładu, niewłaściwe postępowanie z odpadami	nieprawidłowa likwidacja otworu
	zanieczyszczenie głębszych poziomów wodonośnych		złe rozpoznanie budowy geologicznej terenu, niewłaściwa konstrukcja otworu, zły dobór parametrów wiercenia	udroźnienie lokalnych stref dyslokacyjnych, rozszczelnienie odwiertu (migracja cieczy szczelinującej lub gazu)	nieprawidłowa likwidacja otworu
	połączenie poziomów wodonośnych		złe rozpoznanie budowy geologicznej terenu, niewłaściwa konstrukcja otworu, zły dobór parametrów wiercenia		nieprawidłowa likwidacja otworu
<b>Wody powierzchniowe</b>	zubożenie zasobów				
	zanieczyszczenie wód powierzchniowych	intensywny ruch kłowy, spływ powierzchniowy z terenu zakładu, zdarzenia incydentalne (np. wyciek substancji ropopochodnych)	odpływ podziemny zanieczyszczonych wód powierzchniowych do wód powierzchniowych, spływ powierzchniowy z terenu zakładu	dobór wód na potrzeby przygotowania płynu szczeniującego	spływ powierzchniowy z terenu placu
<b>Powierzchnia terenu i krajobraz</b>	zubożenie zasobów				
	zmiany ukształtowania powierzchni terenu	przygotowanie placu pod budowę zakładu			brak odtworzenia pierwotnego ukształtowania powierzchni terenu
	zmiany w krajobrazie	zmiana przeznaczenia użytkowania i zagospodarowania terenu	zmiana w zagospodarowaniu terenu zakładu (np. obecność wieży wiertniczej)	zmiana w zagospodarowaniu terenu zakładu	
	naruszenie stabilności skarp i zboczy	prace sejsmiczne, praca urządzeń i ciężkich pojazdów mechanicznych, intensywny ruch kłowy			
<b>Inne</b>	uciążliwość związane z emisją hałasu	prace sejsmiczne, intensywny ruch kłowy, praca ciężkiego sprzętu budowlanego	praca urządzenia, wiertniczego, agregatów prądotwórczych, pomp, kompresorów, wentylatorów itp., ruch kłowy	intensywny ruch kłowy, krótkotrwała lecz intensywna praca agregatów pompowych, mieszalników itp. podczas zatłaczania płynu szczelinującego, praca agregatorów prądotwórczych	intensywny ruch kłowy, praca ciężkiego sprzętu, praca agregatów prądotwórczych
	drgania i indukowane wstrząsy sejsmiczne	intensywny ruch kłowy	intensywny ruch kłowy	wykonanie perforacji i zatłaczanie płynu szczelinującego, intensywny ruch kłowy	wytwarzanie, magazynowanie, transport i unieszkodliwianie/odzysk odpadów, np. elementy geomembrany oraz folii PEHD, zanieczyszczone płyty betonowe
	problemy związane z gospodarką odpadami		wytwarzanie, magazynowanie, transport i unieszkodliwianie/odzysk odpadów wyrobionych: płynu pozabiegowego oraz odpadów z bieżącego utrzymania, obsługi i konserwacji maszyn i urządzeń		









