



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, sekretariat@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP PL 5250008040

www.pgi.gov.pl

Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze łebień LE-2H

Raport końcowy

Warszawa, listopad 2011 r.

Zespół autorski:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

Monika Konieczńska

Małgorzata Woźnicka

Olga Antolak

Rafał Janica

Grzegorz Lichtarski

Magdalena Nidental

Jacek Otwinowski

Anita Starzycka

Bartosz Stec

Grzegorz Wróbel

Analizy chemiczne: Centralne Laboratorium Chemiczne PIG-PIB

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Gdańsku – Laboratorium WIOŚ Gdańsk

Ryszard Potrykus

Barbara Gdaniec Rohde

Tomasz Włodarski

Analizy chemiczne: Laboratorium Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Gdańsku

1	WSTĘP	4
1.1	CEL OPRACOWANIA.....	4
1.2	PRZEDSTAWIENIE INWESTYCJI	4
2	CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ	5
2.1	GEOMORFOLOGIA I UKSZTAŁTOWANIE TERENU, HYDROGRAFIA	5
2.2	BUDOWA GEOLOGICZNA.....	6
2.3	WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE	7
2.4	ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENNE I WALORY KRAJOBRAZOWE.....	8
2.5	OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE I TERENY O OGRANICZONYM UŻYTKOWANIU.....	12
3	CHARAKTERYSTYKA PROCESU SZCZELINOWANIA HYDRAULICZNEGO	15
4	IDENTYFIKACJA POTENCJALNYCH ZAGROŻEŃ	19
5	IDENTYFIKACJA ELEMENTÓW ŚRODOWISKA PODLEGAJĄCYCH PRESJI.....	26
6	ZAKRES BADAŃ I ZASIĘG PRZESTRZENNY ANALIZY.....	28
7	WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ	38
7.1	ZJAWISKA SEJSMICZNE	38
7.2	EMISJE (GAZY, HAŁAS, PROMIENIOWANIE)	38
7.3	MOŻLIWOŚCI EKSHALACJI GAZÓW ZŁOŻOWYCH	41
7.4	PŁYNY TECHNOLOGICZNE I ODPADY	43
7.5	WPŁYW NA WODY POWIERZCHNIOWE.....	48
7.6	WPŁYW NA WODY PODZIEMNE	49
8	PODSUMOWANIE WPŁYWU NA ŚRODOWISKO PROCESU SZCZELINOWANIA HYDRAULICZNEGO WEDŁUG STANU PO ZAKOŃCZENIU PRAC.....	58
9	REKOMENDACJE DO PROWADZENIA DALESZYCH BADAŃ I OBSERWACJI.....	62
10	PODSUMOWANIE I WNIOSKI OGÓLNE.....	65
11	LITERATURA.....	67
12	SPIS ZAŁĄCZNIKÓW	70

1 Wstęp

1.1 Cel opracowania

Podstawowym celem prac prowadzonych przez koordynowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy zespół badawczo-rozpoznawczy w rejonie Zakładu Górniczego Łebień było wykonanie badań aspektów środowiskowych zabiegu szczelinowania hydraulicznego, przeprowadzonego w sierpniu 2011 r. w otworze poszukiwawczym LE-2H przez należącą do grupy 3Legs Resources spółkę Lane Energy Poland. Prace zostały wykonane na polecenie Ministerstwa Środowiska w uzgodnieniu z inwestorem. Otwór, w którym przeprowadzono w odcinku poziomym pierwszy w Polsce zabieg szczelinowania hydraulicznego skał łupkowych, zlokalizowany na obszarze koncesyjnym Lębork, wykonany został w ramach koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego nr 16/2007p. Zabieg szczelinowania hydraulicznego przeprowadzono zgodnie z dodatkiem nr 1 do Planu Ruchu zatwierdzonym przez dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu. Zgodnie z powyższym dokumentem zasadniczym zadaniem otworu Łebień LE-2H było poszukiwanie niekonwencjonalnych akumulacji gazu ziemnego w utworach drobno klastycznych syluru i ordowiku.

1.2 Przedstawienie inwestycji

Firma Lane Energy Poland Sp. z o.o., należąca do grupy 3Legs Resources, prowadzi prace w miejscowości Rekowo Lęborskie, w ramach koncesji Nr 16/2007p z dnia 23.10.2007 r. Koncesja obejmuje poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w rejonie koncesyjnym „Lębork”, zlokalizowanym w lądowej części basenu Morza Bałtyckiego w północnej Polsce. Celem prowadzonych prac jest rozpoznanie występowania gazu ziemnego w łupkach dolno sylurskich i ordowickich oraz określenie technicznych możliwości jego wydobywania.

Zakład Górniczy Łebień zlokalizowany jest na działce nr 147/1, obręb Rekowo, gmina Nowa Wieś Lęborska (powiat lęborski, woj. pomorskie). Teren wiertni, zajmujący powierzchnię 3,74 ha, położony jest przy drodze powiatowej Łebień- Rekowo Lęborskie, w północno- wschodniej części gminy. Sąsiednie gminy powiatu lęborskiego (Wicko) oraz powiatu wejherowskiego (Choczewo, Łęczyce) położone są w odległości od 2 do 4 km od zakładu górniczego.

W ramach prac poszukiwawczych na omawianym obszarze koncesyjnym w 2010 r. wykonano pionowy odwiert testowy LE-1 (początek wiercenia: czerwiec 2010 r.) o głębokości około 3,5 km, na którym przeprowadzono próbny zabieg szczelinowania na małą skalę (pojedynczy etap; listopad 2010 r.). W czerwcu 2011 r. zakończono wiercenie drugiego otworu z odcinkiem poziomym LE-2H. Całkowita głębokość otworu wynosi 4 075 m, sekcja pozioma o długości około 1 000 m przebiega w kierunku południowo – południowo – zachodnim (SSW).

Zakład górniczy dysponuje własnym ujęciem wody technologicznej na potrzeby wierceń i zabiegów szczelinowania. Ujęcie zlokalizowane jest na terenie wiertni, w zachodniej części działki. Ujęcie stanowią dwa otwory: eksploatacyjny (nr 1) i awaryjny (nr 2) pobierające wodę z utworów czwartorzędowych. Zatwierdzone zasoby eksploatacyjne ujęcia wynoszą $Q_e=10,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (zgodnie z Decyzją Nr 370/10 znak OŚ.III.6224-01/01 z dnia 24 czerwca 2010 r. Starosty Powiatu Lęborskiego - pozwolenie wodnoprawne na wykonanie obudowy studni SW-1 i SW-2 wraz z urządzeniami poboru wody na terenie wiertni Łebień LW1).

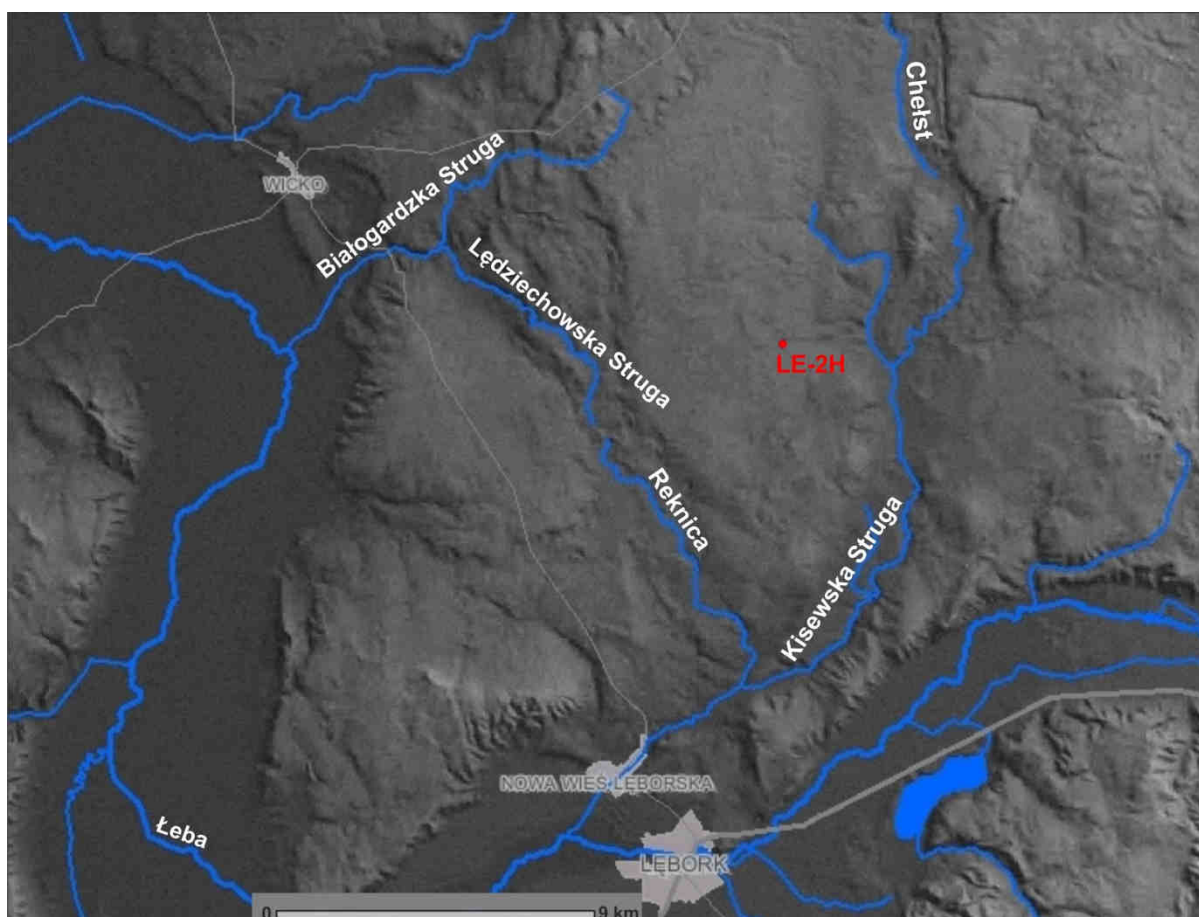
Na terenie zakładu znajdują się dwa zbiorniki ziemne o pojemnościach 6 000 i 12 000 m^3 przeznaczone do magazynowania wody technologicznej.

2 Charakterystyka terenu badań

2.1 Geomorfologia i ukształtowanie terenu, hydrografia

Zgodnie z fizycznogeograficznym podziałem Polski [Kondracki, 2000] analizowany obszar należy do makroregionu Pobrzeże Koszalińskie, do mezoregionu Wysoczyzna Żarnowiecka, która od południa i zachodu graniczy z Pradolina Łeby i Redy, od północy z Wybrzeżem Słowińskim, a od wschodu z Pobrzeżem Kaszubskim (makroregion Pobrzeże Gdańskie).

Wysoczyzna Żarnowiecka (*Lęborska*) jest moreną denną najmłodszego zlodowacenia, którą rozcinają rynny i doliny polodowcowe, tworząc kępy wysoczyznowe. Inwestycja zlokalizowana jest na Kępie Tawęcińskiej. Powierzchnia kępy kształtuje się na wysokości od 90 m n.p.m. w części północnej do 70 m n.p.m. w części południowej. Od strony wschodniej Kępę Tawęcińską od Kępy Salińskiej rozdziela Rynna Zwartowska i dolina Kisewskiej Strugi. Od zachodu granice z Kępą Redkowską stanowi Dolina Reknicy (*Lędziechowska*). Dolinne obniżenia o płaskich dnach (ryc. 1) wykorzystywane są przez ciek: Kisewską Strugę (dopływ Łeby) i Chełst (wpływa do jeziora Sarbsko) oraz Reknice (*Rekowską Strugę*, dopływ Kisewy) i Lędziechowską Strugę (uchodzi do Białogardzkiej Strugi).



Ryc. 1. Ukształtowanie powierzchni terenu i sieć rzeczna (źródło: CBDG)

Obniżenia pełnią ważną rolę w strukturze przyrodniczej obszaru ze względu na występowanie zbiorowisk leśnych, łąkowych, torfowiskowych i wielu elementów hydrograficznych. Pełnią funkcję lokalnych korytarzy ekologicznych (Studium..., 2010).

Rejon badań położony jest w granicach zlewni Łeby, która jest jedną z rzek przymorza. W najbliższym sąsiedztwie inwestycji, około 2,5 km na wschód, przepływa Kisewska Struga (ryc. 2), prawostronny dopływ Łeby (*wpada do Łeby pod nazwą Kisewa*). W rejonie miejscowości Tawęcino, na rzędnej 95 m n.p.m. przebiega wododział, wody spływają do Kanału Białogardzkiego na zachodzie i Kisielewskiej Strugi na wschodzie. Zachodnią część Kępy Tawęcińskiej odwadniają: Reknica (dopływ Kisewskiej Strugi) i Łędziechowska Struga (dopływ Białogardzkiej Strugi). Wymienione cieki charakteryzują się kilkoma wąskimi korytami, zwłaszcza w strefach źródłowych.



Ryc. 2. Kisewska Struga (czerwiec 2011)

W okolicy występują liczne rowy melioracyjne oraz zagłębienia bezodpływowe. W rejonie miejscowości Rekowo Lęborskie, około 1 300 m na południowy wschód od ZG Łebień, obniżony, podmokły obszar występowania torfów wypełniony jest wodą (stan na lipiec 2011).

2.2 Budowa geologiczna

Analizowany obszar położony jest w zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego, w centralnej części wyniesienia Łeby, stanowiącego zachodnią część syneklizy perybałtyckiej. Podłoże krystaliczne, w postaci gnejsów (Morawski W., 1990 r.) występuje na głębokości ponad 3 000 m. Powyżej występuje miąższa pokrywa osadowa, składająca się z utworów 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 wśród tych osadów zaczynają dominować wapienie, dolomity, gipsy, anhydryty oraz sole kamienne. Utwory sylurskie – iłowce – charakteryzują się bardzo dużą miąższością, około 2 000 m. Właśnie łupki ordowiku i syluru są przedmiotem rozpoznania jako potencjalne niekonwencjonalne złoża gazu ziemnego.

Mezozoik o miąższości około 500 m reprezentowany jest przez iłowce i mułowce wapniste 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 górnokredowego zapanowały warunki lądowe, które trwały do środkowego eocenu. W środkowym eocenie nastąpiła ponowna transgresja. W miocenie nastąpiła sedimentacja lądowa w lokalnych zbiornikach słodkowodnych (Morawski, 1990).

Profil osadów czwartorzędowych jest zredukowany w wyniku kolejnych etapów egzaracji lodowcowej oraz erozji wód roztopowych. W rejonie ZG Łebień 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. Na głębokości 44 m p.p.t. stwierdzono występowanie mułków i mułków buro – węglowych, które uznano za utwory neogenu (Wolski, 2010).

2.3 Warunki hydrogeologiczne

Teren Zakładu Górniczego Łebień i jego najbliższej okolicy, zgodnie z regionalizacją hydrogeologiczną słodkich wód podziemnych Polski, należy do subregionu przymorskiego (Paczyński, 1995; Paczyński, Sadurski red., 2007).

Podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę do celów pitnych i gospodarczych w rozpatrywanym rejonie jest podglinowy poziom czwartorzędowy, który stanowi główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW). Poziom ten budują piaski o różnej granulacji oraz żwiry zlodowacenia środkowopolskiego i północnopolskiego, o miąższości od 5 do 40 m, które izolowane są od powierzchni terenu glinami zwałowymi o miąższości od 3 do 20 m. Zwierciadło wody o charakterze napiętym, lokalnie swobodnym, stabilizuje się na rzędnej od ok. 30 m n.p.m. do 100 m n.p.m. W rejonie Zakładu Górniczego Łebień 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 do 20 m p.p.t., przy czym w studni zlokalizowanej na terenie wiertni pomierzona głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych w lipcu 2011 r. wynosiła 14,4 m p.p.t.

Omawiany poziom wodonośny ujmowany jest licznymi studniami, których wydajność potencjalna zmienia się od 10 do 120 m³/h, przy czym najmniej korzystne parametry hydrogeologiczne występują w strefie przykrawędziowej Pradoliny Łeby (Prussak, 1998). Użytkowy poziom czwartorzędowy, ze względu na rozcięcia erozyjne powierzchni terenu (dolina Kisewskiej Strugi) oraz obecność piaszczystych przewarstwień w glinach zwałowych, odznacza się stosunkowo wysokim modułem zasobów odnawialnych – 540 m³/24h km² i stosownej do tego wartości modułu zasobów dyspozycyjnych – 280 m³/24h km² (Prussak, 1998).

Układ hydroizohips w rozpatrywanym obszarze 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 (zał. 2).

Zgodnie z opracowaniem autorskim bazy danych GIS MhP „Pierwszy poziom wodonośny - występowanie i hydrodynamika” w skali 1:50 000 arkusz Łęczyce (Kwaterkiewicz, Nerkowski, 2006) omówiony czwartorzędowy poziom wodonośny stanowi jednocześnie pierwszy od powierzchni terenu poziom wodonośny (GUPW=PPW). Ze względu na liczne przewarstwienia piaszczyste w zalegających powyżej glinach, w rejonie tym należy spodziewać się lokalnego występowania płytszych wód podziemnych, o zmiennym i nieciągłym zwierciadle wody, odznaczających się zróżnicowanymi warunkami występowania i własnościami warstw wodonośnych. Te lokalne poziomy wodonośne ujmowane są studniami gospodarskimi (kopanymi) w okolicznych miejscowościach. Wszystkie ujęcia zaopatrujące wodociągi ujmują czwartorzędowy, podglinowy poziom wodonośny.

Wyznaczony w rejonie badań średni stopień zagrożenia GUPW (Prussak, 1998) został potwierdzony w 2010 roku jako średni stopień podatności na zanieczyszczenie (w ramach realizacji warstw informacyjnych „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód”). Przybliżony czas wymiany połowej pojemności wodnej przez utwory strefy aeracji pierwszego poziomu wodonośnego (MRT – Mean Residence Time) został określony na 30 lat (porównaj [Wpływ na wody podziemne](#), str. 55).

Rozpatrywany rejon poszukiwań gazu z terenu Zakładu Górniczego Łebień leży poza zasięgiem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych. Najbliżej omawianego terenu, w kierunku północno-wschodnim, położony jest zbiornik nr 108 - „Zbiornik międzymorenowy Salino”, a w kierunku południowym zbiornik nr 107 - „Pradolina rzeki Łeba”. Obydwa zbiorniki zostały udokumentowane przed 2010 r., lecz nie mają ustanowionych zarządzeniem dyrektora RZGW obszarów ochronnych, na których obowiązywałyby nakazy, zakazy lub ograniczenia w użytkowaniu terenu.

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 m. Głębokość występowania poziomu dolnego wynosi 0-75 m n.p.m., natomiast górnego na 60-100 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 otwory ujmują zazwyczaj połączony czwartorzędowo-mioceński poziom wodonośny. Poziom paleogeński zbudowany jest z oligoceńskich drobnoziarnistych piasków glaukonitowych o miąższości 10-25 m. Głębokość występowania tego poziomu stwierdzono na rzędnej 40-80 m n.p.m. (Paczyński, Sadurski red., 2007).

Obszar badań położony jest w obrębie jednolitej części wód podziemnych (JCWPd) nr 11, która obejmuje zlewnie Słupi, Łupawy i Łeby. Stan wód w zlewniach określono jako dobry, zarówno pod względem jakości jak i rezerw wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Wody mineralne typu Cl-Na mogą występować na opisywanym obszarze (region wyniesienia Łeby) stosunkowo płytko i zgodnie z „*Mapą zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce*” w skali 1:800 000 (Felter i in., 2011) ich strop występuje do głębokości 300 m p.p.t. Wody w utworach kredy i jury odznaczają się mineralizacją do 10 g/dm³ i temperaturą poniżej 20°C. W poziomach wodonośnych triasu mineralizacja wód wynosi do ok. 25 g/dm³, a zarejestrowana temperatura ponad 20°C (wody te często zawierają podwyższone wartości jodu). Zostało to potwierdzone w najbliższym położonym od terenu Zakładu Górniczego Łebień otworze Lębork IG-1.

Wody mineralne z utworów permu (cechsztyń) to przeważnie stężone solanki o mineralizacji do ponad 250 g/dm³, które są oddzielone od głębszych poziomów wodonośnych kompleksem 3000 m nieprzepuszczalnych skał syluru (iłowce, łupki – 2000 m) i ordowiku (wapienie margliste i ilaste – 1000 m). W piaskach kwarcytowych kambru stwierdzono niewielki dopływ wód o mineralizacji ok. 180-200 g/dm³ i temp. w złożu do ok. 70°C. Utwory podłoża krystalicznego są w zasadzie bezwodne (Felter i in., 2011; Paczyński, Płochniewski, 1996).

2.4 Zagospodarowanie przestrzenne i walory krajobrazowe

Struktura zagospodarowania przestrzennego i charakter zabudowy

W strukturze użytkowania gruntów w bezpośrednim sąsiedztwie Zakładu Górniczego Łebień dominują użytki rolne, grunty orne, pastwiska, łąki (ryc. 3). Niewielkie kompleksy leśne znajdują się w odległości powyżej 1 km na południowy wschód od wiertni oraz w odległości 3-5 km na południowy zachód i wschód od tej lokalizacji. W najbliższym otoczeniu znajdują się miejscowości: Łebień, Karlikowo Lęborskie, Rekowo Lęborskie, Obliwice i Tawęcino.

Teren zakładu znajduje się w obrębie strefy o charakterze rolno-leśnym, predysponowanej do wielofunkcyjnego rozwoju wsi (Studium..., 2010).

We wsiach Łebień, Rekowo Łęborskie i Obliwice przeważa zabudowa skupiona, jedynie na terenie Karlikowa Łęborskiego jest ona rozproszona.

W rejonie występuje zarówno budownictwo jednorodzinne, jak i wielorodzinne. Budownictwo wielorodzinne przeważa w miejscowościach, gdzie w przeszłości zlokalizowane były Państwowe Gospodarstwa Rolne, takich jak Łebień i Obliwice. W pozostałych miejscowościach dominuje zabudowa jednorodzinna.



Ryc. 3. Widok na teren ZG Łebień od strony wschodniej; Rekowo Łęborskie, czerwiec 2011 r.

Sytuacja gospodarcza

Dominującą funkcją gospodarczą rejonu jest rolnictwo, z dobrymi warunkami rozwoju (gleby dobrej jakości). Głównym kierunkiem produkcji rolnej w sektorze indywidualnym jest kierunek zwierzęcy i mieszany. Większość powierzchni zasiewów (w gospodarstwach indywidualnych) stanowią zboża (dominują żyto, pszenica i jęczmień). Średnia powierzchnia indywidualnych gospodarstw rolnych w gminie Nowa Wieś Łęborska wynosi 22,3 ha. Dominują gospodarstwa prywatne, a funkcjonujące w przeszłości Państwowe Gospodarstwa Rolne, zostały częściowo przejęte przez Agencję Własności Rolnej Skarbu Państwa i wydierżawione rolnikom indywidualnym oraz innym podmiotom.

Infrastruktura techniczno - inżynierska

Budynki prywatne, w tym siedliska rolnicze zaopatrywane są w ciepło indywidualnymi piecami na węgiel, drewno lub miał, coraz częściej wprowadzane są kotły na olej opałowy lub gaz ciekły. Najradszą formą produkcji ciepła jest energia elektryczna. Budynki mieszkalne komunalne, w tym budynki wielorodzinne po byłych PGR posiadają lokalne kotłownie. Planuje się systematyczną modernizację źródeł ciepła. Na terenie gminy Nowa Wieś Łęborska nie istnieją alternatywne źródła ciepła tj. wykorzystanie siły wiatru, energii słonecznej i wodnej, nie wykorzystuje się także biogazu.

Na terenie gminy Nowa Wieś Lęborska istnieje jedna stacja redukcyjno-pomiarowa gazu I stopnia w miejscowości Mosty – stacja ta posiada przepustowość wystarczającą dla zaspokojenia potrzeb gminy. Przez teren gminy przebiega gazociąg wysokiego ciśnienia DN 200. Sieć gazowa nie jest dobrze rozwinięta, a z gazu korzysta jedynie 10,3% mieszkańców gminy. Przewiduje się budowę drugiej nitki gazociągu wysokiego ciśnienia DN 500 tzw. gazociąg północny. Koncepcja gazyfikacji przewiduje zaopatrzenia w gaz odbiorców przemysłowych. Planuje się budowę sieci średniego ciśnienia od stacji redukcyjnej do Nowej Wsi Lęborskiej i od stacji redukcyjnej SRI – II stopnia przy zakładzie FARM FRITES POLAND do miejscowości Pogorzelice. Na terenie gminy przewiduje się minimalny rozwój sieci gazowej, która będzie obejmowała miejscowości: Nowa Wieś Lęborska, Lubowidz, Leśnice, Pogorzelice.

Zbiornicze zaopatrzenie w wodę mieszkańców gminy odbywa się z ujęć wody zlokalizowanych w poszczególnych wsiach zasilających lokalne wodociągi zbiorowe. Kilka wsi połączonych jest wodociągami grupowymi (Darzewo - Laska, Kębłowo Nowowiejskie - Łowcze, Krępa Kaszubska - Darżkowo, Tawęcino - Karlikowo Lęborskie).

Wszystkie ujęcia posiadają wygródzone strefy ochrony bezpośredniej, zgodnie z ustaleniami decyzji w pozwoleniach wodno-prawnych. Stopień zwodociągowania gminy wynosi 99%. Najbliżej ZG Łebień położone są ujęcia wód w: Łebieniu, Obliwicach i Tawęcinie.

Gospodarka ściekowa jest słabo rozwinięta. W Łebieniu zlokalizowana jest oczyszczalnia ścieków (przepustowość 179,4 m³/d), będąca w złym stanie technicznym. W gminie znajdują się jeszcze trzy oczyszczalnie ścieków. Fragmentaryczne układy kanalizacyjne występują w budynkach sektora mieszkalnego byłych PGR. Kanalizację sanitarną w sąsiedztwie wiertni posiadają Obliwice i część Łebienia. Na pozostałym obszarze ścieki z gospodarstw domowych gromadzone są w zbiornikach bezodpływowych, z których wywożone są do punktów zlewnych w oczyszczalni ścieków lub przez zbiorniki przepływowe odprowadzane są do gruntu, ewentualnie do wód powierzchniowych w sposób niekontrolowany.

Komunikacja i transport

Zakład Górniczy Łebień zlokalizowany jest przy skrzyżowaniu szutrowej drogi gminnej z drogą powiatową nr 39316 (Łebień – Rekowo Lęborskie) o nawierzchni asfaltowej. Droga 39316 łączy drogę wojewódzką nr 214 (Łeba - Warlubie) oraz drogę powiatową nr 39321 (Bąsewice - Rekowo Lęborskie – Łęczyce), która w kierunku północnym prowadzi do drogi wojewódzkiej nr 213 (Słupsk - Celbowo). W pobliżu wiertni przebiega linia kolejowa Lębork – Choczewo – Wejherowo, otwarta w 1910 r., obecnie zawieszona.

W odległości około 11 km (w linii prostej) na południe od ZG Łebień przebiega droga krajowa nr 6 łącząca Szczecin z Trójmiastem - dwa najważniejsze ośrodki miejskie w północnej Polsce. Obecnie jest to droga klasy GP (droga główna ruchu przyspieszonego). Planowana jest budowa drogi kategorii ekspresowej – S6 (Trasa Lęborska) jako odcinka trasy Via Hanseatica - istotnego ciągu komunikacyjnego o znaczeniu międzynarodowym, którego rozwój istotny jest dla całego obszaru Południowego Bałtyku.

Równolegle do drogi krajowej nr 6 przebiega linia kolejowa nr 202 Gdańsk Główny - Stargard Szczeciński, o znaczeniu krajowym i międzynarodowym. Tzw. Magistrala Nadbałtycka jest czynna w ruchu pasażerskim i towarowym.

Sieć dróg w gminie jest wystarczająca, a jedynym ograniczeniem jest stan techniczny nawierzchni lub, w przypadku dróg gminnych, brak nawierzchni utwardzonej, co przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych utrudnia lub uniemożliwia przejazd po odcinkach gruntowych. Duża

ilość malowniczo poprowadzonych dróg o małym natężeniu ruchu stwarza możliwość rozwoju szlaków do turystyki pieszej, rowerowej i konnej. Szczególnie dobrze nadają się do tych celów drogi leśne (Studium..., 2010).

Turystyka i rekreacja

Analizowany teren charakteryzuje się umiarkowaną atrakcyjnością turystyczną. Funkcja turystyczna gminy Nowa Wieś Lęborska nie jest w pełni wykształcona (Program..., 2008). Według danych z 2009 r. (GUS), na terenie gminy zarejestrowano 23 całoroczne miejsca noclegowe. Udzielono 1 658 noclegów dla 1 370 korzystających, co oznacza, że najczęściej korzystano z jednodobowych noclegów.

Gmina posiada korzystne warunki przyrodnicze do rozwoju turystyki kwalifikowanej i agroturystyki, o czym decydują (Studium..., 2010):

- usytuowanie w stosunkowo niewielkiej odległości od wybrzeża Bałtyku;
- znaczący udział obszarów cennych przyrodniczo i atrakcyjnych krajobrazowo;
- istnienie szlaków turystyki pieszej i rowerowej (regionalne trasy rowerowe: nr 114 Wejherowo – Lębork – Wicko, wzdłuż dróg powiatowych nr 1456, 1322, 1318 oraz nr 124 Choczewo – Lębork – Bytów, wzdłuż drogi powiatowej nr 1322);
- rzeka Łeba – szlak turystyki wodnej łączący tereny turystyczno-rekreacyjne Pojezierza Kaszubskiego z terenami nadmorskimi;
- atrakcyjne położenie komunikacyjne (droga krajowa nr 6 i linia kolejowa Gdańsk – Szczecin, droga wojewódzka nr 214).

Duże znaczenie dla turystyki i rekreacji w gminie ma jezioro Lubowidz o powierzchni 168 ha, położone około 9 km na południe od ZG Łebień. Otoczone lasami, oddalone jest o kilkadziesiąt metrów od drogi krajowej Gdańsk – Szczecin. Wokół jeziora zlokalizowane są liczne kąpieliska i ośrodki wypoczynkowe.

Demografia

W gminie Nowa Wieś Lęborska mieszka około 13 tys. mieszkańców (wg danych GUS i Urzędu Gminy). Średnia gęstość zaludnienia gminy wynosi 48 osób na 1 km², gęstość zaludnienia powiatu lęborskiego to 91 osób na km² (wg danych GUS i Urzędu Gminy). Przyrost naturalny w gminie jest dodatni i wysoki - w 2010 roku wynosił 8 promili. Dodatkowo jest również saldo migracji, wynoszące 76 osób. W ciągu ostatnich 15 lat liczba ludności gminy zwiększyła się o 1 431 osób (11%).

W promieniu 3 km od ZG Łebień zlokalizowane jest 5 obrębów geodezyjnych, zamieszkałych w sumie przez blisko 2000 osób.

Tabela 1. Dane demograficzne okolic Zakładu Górniczego Łebień

lp.	obręb geodezyjny	miejsowości	liczba ludności	gęstość zaludnienia [os/km ²]
1	Łebień	Łebień	975	74,14
2	Obliwice	Obliwice	203	35,55
3	Rekowo Lęborskie	Rekowo Lęborskie	245	23,79
4	Karlikowo Lęborskie	Karlikowo Lęborskie	90	33,21
5	Tawęcino	Tawęcino, Bąsewice	480	35,14

Źródło: Urząd Gminy Nowa Wieś Lęborska, stan na dzień 31.12.2009 r.; za: „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Nowa Wieś Lęborska”

Udział ludności w wieku produkcyjnym w stosunku do ogólnej liczby mieszkańców (dane GUS, 2010 r) wynosi 65% i jest nieznacznie większy od średniej dla powiatu (64,6%). Odsetek ludności w wieku przedprodukcyjnym jest wyższy w porównaniu dla tego wskaźnika dla powiatu (odpowiednio 24% i 21,7%). Odsetek zarejestrowanych bezrobotnych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym (dane GUS, 2009 r.) w gminie Nowa Wieś Lęborska wynosił 12,3% (przy średniej dla powiatu 9,7% i dla województwa 7%).

2.5 Obszary prawnie chronione i tereny o ograniczonym użytkowaniu

Zakład Górniczy Łebień nie jest zlokalizowany w granicach terenów prawnie chronionych. Brak takich terenów również w bezpośrednim i dalszym sąsiedztwie.

Najbliższe tereny objęte ochroną w ramach sieci Natura 2000 zlokalizowane są na wschód od analizowanego obszaru; w odległości około 9 km od wiertni występują:

- specjalny obszar ochrony siedlisk Jeziora Choczewskie (PLH220096)
- obszar specjalnej ochrony ptaków Lasy Lęborskie (PLB220006), którego fragmenty objęte są ochroną również w ramach rezerwatu przyrody (Długosz Królewski w Łęczynie) oraz obszarów chronionego krajobrazu (Choczewsko – Salińskiego oraz Pradoliny Redy – Łeby).

Obszary ochrony siedlisk występują również w odległości około 12 km w kierunku północno-zachodnim: Górkowski Las (PLH220045) (jednocześnie rezerwat przyrody) oraz w podobnej odległości w kierunku południowo-zachodnim: Łebskie Bagna (PLH 220040) (rezerwat przyrody Czarne Bagno i Łebskie Bagno).

Okolo 20 km w kierunku północno-zachodnim znajduje się Słowiński Park Narodowy, którego otulina obejmuje tereny położone w odległości ponad 12 km od ZG Łebień.

W promieniu około 10 km w kierunkach wschodnim, południowo- wschodnim i południowym występują obszary chronionego krajobrazu:

- Choczewsko – Saliński OchK
- OchK Pradoliny Redy – Łeby
- OchK Doliny Łeby
- OchK Fragment pradoliny Łeby ze wzgórzami morenowymi na południe od Lęborka.

Najbliższe rezerwaty przyrody to:

- Górkowski Las i Nowe Wicko: w odległości około 12 km w kierunku północno-zachodnim; jednocześnie obszar ochrony siedlisk Natura 2000 Górkowski Las;
- Czarne Bagno i Łebskie Bagno: w odległości około 12 km w kierunku południowo-zachodnim; jednocześnie obszar ochrony siedlisk Natura 2000 Łebskiej Bagna;
- Puzyckie Łęgi: w odległości około 4 km w kierunku wschodnim;
- Długosz Królewski w Łęczynie: w odległości około 9 km w kierunku wschodnim; jednocześnie obszar specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 Lasy Lęborskie;
- Wielistowskie Źródła i Wielistowskie Łęgi: w odległości około 12 km w kierunku południowo-wschodnim

W miejscowości Tawęcino, zlokalizowanej w odległości około 2,5 km na północny wschód od ZG Łebień, ochroną objęte są drzewa pomnikowe. Status pomnika przyrody oznacza zakaz wycinania i uszkodzania drzew, a także zalecenie pozytywnej ekspozycji w krajobrazie, poprzez (Studium..., 2010):

- ochronę przed zabudową terenu w promieniu 15 m od pni drzew,
- dbałość o estetykę najbliższego otoczenia (dotyczy terenów zabudowanych),

- pozostawianie naturalnej roślinności wokół pomników,
- unikanie prowadzenia liniowych elementów infrastruktury nadziemnej w pobliżu pomników, prowadzenie podziemnych ciągów infrastrukturalnych poza systemami korzeniowymi drzew pomnikowych,
- zakaz zrywania kory, pączków, owoców oraz liści,
- zakaz usuwania pokrywy glebowej, palenia ognisk.

Najbliższy użytek ekologiczny zlokalizowany jest w odległości około 7 km w kierunku południowo-wschodnim (do miejscowości Łęczyce). W kierunku wschodnim, w odległości około 10 km, użytki ekologiczne położone są w granicach Choczewsko – Salińskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu. Liczna grupa użytków ekologicznych zlokalizowana jest na obszarze korytarza Pradoliny Redy – Łęby, w części o przebiegu południowym, na zachód od Łęby.

Za korytarze ekologiczne o znaczeniu lokalnym, istotne dla struktury przyrodniczej obszaru, uznano (Studium..., 2010):

- pasmo związane z przebiegiem rzek Reknicy i Łędziechowskiej Strugi (bruzda Łebieńsko – Kębska)
- pasmo związane z przebiegiem Kisewskiej Strugi.

Lokalne korytarze ekologiczne zlokalizowane są w promieniu około 2,5 km od zakładu górniczego.

W promieniu około 10 km występują obszary włączone do sieci ECONET (Liro i in, 1998):

- Pradolina Redy – Łęby: krajowy korytarz ekologiczny;
- Obszar Wybrzeża Bałtyku: międzynarodowy obszar węzłowy

W omawianym rejonie projektowane są następujące formy ochrony przyrody (Studium, 2010):

- Obszar Chronionego Krajobrazu Pradoliny Łęby;
- Lęborski Park Krajobrazowy;
- użytek ekologiczny w obrębie terenu bagienno – torfowiskowego o pow. 20,86 ha, dz. Nr 231, obręb Redkowice, Leśnictwo Janowice – na wniosek Nadleśnictwa Lębork;
- użytek ekologiczny, obszar położony w obrębie pradoliny Łęby, w rejonie Leśnic, stanowiący miejsce żerowe dla bociana białego;
- stanowisko dokumentacyjne: fragment nieczynnego wyrobiska w rejonie miejscowości Lubowidz, ze stromą, odkrywkową ścianą podlegającą naturalnym procesom niszczenia oraz dnem wyrobiska, z którego pod dużym ciśnieniem wybija woda;

oraz na terenie Lęborka (według Inwentaryzacji i waloryzacji przyrodniczej miasta Lęborka, 2001):

- Zespół Przyrodniczo – Krajobrazowy „Drętowskie Buczyny”;
- użytek ekologiczny Dolina Świniuchy.

Przebieg granic OChK i parku krajobrazowego został zaproponowany w koncepcji wojewódzkiej (Kostarczyk, Przewoźniak, 2001 r.). O ustanowieniu w/w form ochrony zdecydować powinien Wojewoda, na obecnym etapie jest to tylko propozycja wstępna, wymagająca uszczegółowienia zasad ochrony oraz uzgodnienia i określenia granic obszaru. Użytki ekologiczne i stanowiska dokumentacyjne, zgodnie z obowiązującym prawem, może ustanowić Wojewoda, a jeżeli Wojewoda tej formy nie wprowadzi, może ją ustanowić Rada Gminy.

Jak wcześniej wspomniano, analizowany obszar położony jest poza zasięgiem głównych zbiorników wód podziemnych. W sąsiedztwie zlokalizowane są GZWP nr 107 „Pradolina Rzeki Łęby” w kierunku południowym i nr 108 „Zbiornik międzymorenowy Salino”, którego granica przebiega ok. 5 km w kierunku północno-wschodnim od ZG Łebień. Obydwa zbiorniki zostały udokumentowane przed 2010 r., lecz nie mają ustanowionych zarządzeniem dyrektora RZGW obszarów ochronnych, na których obowiązywałyby nakazy, zakazy lub ograniczenia w użytkowaniu terenu.

Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 107 Pradolina Rzeki Łeby z 1995 r. (*zatwierdzona decyzją MOŚZNiL Nr KDH 2/013/5914/96 z dnia 30 września 1996 r.*) wyznaczała Obszary Najwyższej Ochrony ONO oraz Obszary Wysokiej Ochrony OWO, ze względu na płytkie występowanie warstwy wodonośnej oraz brak wystarczającej izolacji od powierzchni terenu. Obszar Wysokiej Ochrony obejmował m.in. miejscowość Łebień, położoną około 3 km na zachód od ZG Łebień.

Opracowana w 2001 roku „Dokumentacja hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych nr 108 Salino” (*przyjęta bez zastrzeżeń przez Ministerstwo Środowiska Departament Geologii i Koncesji geologicznych - zawiadomienie DG/kdh/ED/489-6355a/2002 z dnia 03 kwietnia 2002 r.*) ze względu na naturalną odporność wód podziemnych na zanieczyszczenia nie przewidywała utworzenia strefy ochronnej poza granicami zbiornika.

3 Charakterystyka procesu szczelinowania hydraulicznego

Skały łupkowe formacji perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż gazu to utwory klastyczne o niezwykle małej przepuszczalności rzędu poniżej 1 mD. W procesie poszukiwania i rozpoznawania gazu z łupków niezbędne są zabiegi intensyfikacyjne, mające na celu zmianę parametrów strefy przyodwiertowej, a konkretnie zwiększenie przepuszczalności skał w odcinku szczelinowanym, co umożliwi uruchomienie dopływu gazu do otworu. Szczelinowanie hydrauliczne w poziomych otworach jest aktualnie podstawowym zabiegiem stymulującym wykonywanym w otworach zarówno poszukiwawczych, jak i eksploatacyjnych. W efekcie szczelinowania w wybranej części górotworu wytwarzane jest nadciśnienie, w wyniku którego następuje wyindukowanie penetratywnego systemu spękań, które stanowią drogi migracji gazu ziemnego do otworu wiertniczego.

Szczelinowanie skały jest procesem złożonym, składającym się z kilku etapów, który ogólnie można podzielić na fazę wytworzenia szczelin, fazę podparcia szczelin za pomocą materiału podsadzkowego i fazę usunięcia cieczy szczelinującej. Proces jest cały czas monitorowany za pomocą urządzeń pozwalających na kontrolę szeregu parametrów związanych ze szczelinowaniem m.in. w sposób ciągły rejestrowane jest ciśnienie tłoczenia oraz ilość i gęstość wtłaczanych płynów technologicznych, prędkość podawania środków chemicznych, koncentracja materiału podsadzkowego oraz ciśnienie w rurach okładzinowych.

Zabieg szczelinowania hydraulicznego wymaga znacznych ilości wody, która wykorzystywana jest do przygotowania płynu szczelinującego. Odpowiednia ilość wody musi być dostępna na miejscu wykonywania zabiegu przed rozpoczęciem prac, dlatego też na terenie Zakładu Górniczego Łebień wykonano częściowo nadpowierzchniowe zbiorniki na wodę o pojemnościach 6 000 m³ i 12 000 m³ (ryc. 4), w których zgromadzono wodę w ilości przewidzianej do wykonania zabiegu szczelinowania. Zbiorniki napełnione zostały wodą pobraną ze studni zlokalizowanych na terenie wiertni o zatwierdzonych zasobach eksploatacyjnych w wysokości 10 m³/h. Napełnianie basenów wodą prowadzone było od wiosny do połowy sierpnia 2011 r. W momencie rozpoczęcia wykonywania zabiegu szczelinowania obydwa baseny były wypełnione wodą.



a

b

Ryc. 4. Zbiorniki na wodę zlokalizowane na terenie Zakładu Górniczego Łebień, a – zbiornik nr 1, b – zbiornik nr 2

Proces szczelinowania w poziomym odcinku otworu poszukiwawczego LE-2H został przeprowadzony w dniach 19-28 sierpnia 2011 r.. W celu prawidłowego przeprowadzenia procesu szczelinowania niezbędne było zbudowanie infrastruktury naziemnej, na którą składały się wspomniane zbiorniki na wodę, zestaw agregatów pompowych, zbiorniki materiału podsadzkowego, blender, manifold oraz szereg urządzeń kontrolnych i sterujących (ryc. 5). Szczelinowanie przeprowadzono z użyciem urządzenia Coiled Tubing – giętkiego przewodu umożliwiającego

zatłaczanie cieczy technologicznych oraz zapuszczania narzędzi wgłębnych do odwiertu. Zabieg szczelinowania hydraulicznego, zgodnie z dodatkiem nr 1 do Planu ruchu, wykonano w 13 interwałach głębokości przewidzianych do perforacji, szczelinowań i badań. Na każdym z interwałów o planowanej długości ok. 45 – 50 m, wykonano analogiczne zabiegi specjalistyczne polegające na oczyszczeniu strefy przyodwiertowej, intensyfikacji przepływu oraz uszczelnieniu. Szczelinowanie w poszczególnych interwałach podzielone było na 14 etapów, różniących się w zależności od wcześniej przyjętych założeń, czasem trwania, ilości zatłaczanego płynu oraz rodzajem i proporcjami dodawanego propantu.



Ryc. 5. Linia agregatów pompowych przygotowana do szczelinowania

W każdym z 13 interwałów wykonano za pomocą materiałów wybuchowych perforację rur okładzinowych. Przed zasadniczym szczelinowaniem, przeprowadzano każdorazowo zabieg kwasowania przemywającego, polegający na zatłoczeniu do odwiertu (w każdym interwale) 8 m³ początkowo 20%, w późniejszych interwałach – 15% roztworu kwasu solnego, z dodatkami związków chemicznych zapewniających prawidłowy dalszy przebieg zabiegu (w celu rozpuszczenia osadów węglanowych, udroźnienia otworu, usunięcia frakcji ilastej, której pęcznienie blokuje szczeliny zmniejszając tym samym przepuszczalność skały).

Następnie wykonywano zasadnicze szczelinowanie, polegające na wtłoczeniu do ośrodka skalnego, według wcześniej sporządzonego schematu, odpowiednich ilości płynu szczelinującego. Kontrola ciśnienia tłoczenia płynu dawała możliwość określenia momentu powstania szczelin, który charakteryzuje się spadkiem ciśnienia tłoczenia przy jednoczesnym wzroście chłonności odwiertu.

Po wytworzeniu sieci spękań w ośrodku skalnym, następowało wtłoczenie płynu szczelinującego z dodatkiem propantu w postaci piasku kwarcowego o ściśle dobranej granulacji i piasku pokrytego żywicą. Propant spełnia rolę podsadzki, mającej na celu przeciwdziałanie zamykaniu się szczelin po zdjęciu ciśnienia płynu technologicznego. Po wtłoczeniu odmierzonej ilości płynu szczelinującego, wtłaczano do otworu przybitkę wodną, której zadaniem było „wepchnięcie” płynu z propantem w złożę, a następnie zamykano głowicę. Proces szczelinowania w jednym interwale trwał ok. 2 godzin.

Kolejnym zadaniem było zaizolowanie zeszczelinowanej strefy przed przejściem do kolejnego interwału. Do izolacji poszczególnych interwałów wykorzystano pakery (pot. korki) - urządzenie do szczelnego zamknięcia światła rur okładzinowych przed kolejnym odcinkiem przeznaczonym do szczelinowania.

Opisane powyżej czynności powtarzano w 13 interwałach w kolejności od końca poziomego odcinka odwiertu do jego początku. W poszczególnych interwałach wykorzystywano od 1 181,73 do 1 744,47 m³ zaczynu płynu szczelinującego (woda plus substancje chemiczne¹) oraz średnio ok. 100 Mg propantu. Łącznie w 13 interwałach użyto 17 322,6 m³ wody, do której w sumie dodano 462,09 m³ różnego rodzaju substancji chemicznych (co stanowi ok. 2,5% objętości tzw. zaczynu płynu szczelinującego) oraz 1 271,88 Mg propantu. Szczegółowy wykaz zużytych ilości wody, substancji chemicznych i propantu w poszczególnych interwałach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie ilości zużytej wody oraz pozostałych środków na potrzeby zabiegu szczelinowania hydraulicznego z podziałem na poszczególne interwały

Interwał	Płyn bazowy (woda)	Substancje chemiczne	Zaczyn (woda + substancje chemiczne)	Propant
	m ³	m ³	m ³	Mg
1	1519,60	40,44	1560,04	107,39
2	1175,56	34,35	1209,91	91,14
3	1247,72	40,39	1288,11	107,03
4	1515,11	32,63	1547,74	107,67
5	1157,30	34,56	1191,86	91,72
6	1302,39	39,79	1342,18	105,48
7	1274,65	37,91	1312,56	100,68
8	1310,61	40,87	1351,48	107,67
9	1199,81	32,77	1232,58	86,90
10	1152,23	29,50	1181,73	78,30
11	1419,28	27,55	1446,83	98,90
12	1706,17	38,30	1744,47	103,40
13	1342,17	33,03	1375,20	85,60
RAZEM	17322,60	462,09	17784,69	1271,88

Po wykonaniu zabiegu szczelinowania, czyli zatłoczeniu do otworu płynu szczelinującego we wszystkich zaprojektowanych interwałach, przystąpiono do zwiercania pakerów (korków) oddzielających poszczególne interwały szczelinowania w otworze. W procesie tym przy każdym korku zatłaczano do odwiertu ok. 10 m³ płuczki polimerowej sporządzonej na bazie wody pobieranej z basenów. Po zwierceniu każdego korka odbierano z otworu ilość płynu zbliżoną do zatłoczonej w danym etapie (wyrównanie ciśnienia w otworze). Odbierany płyn podlegał procesowi oczyszczania w ramach zainstalowanego na terenie wiertni systemu osadników i filtrów (porównaj [Płyny technologiczne](#), str. 43). Po przejściu przez instalację oczyszczającą płyn przechowywany był w opróżnionych już basenach (otwartych zbiornikach naziemnych). Część oczyszczonego płynu została powtórnie wykorzystana w procesie zwiercania korków.

Po zwierceniu i usunięciu wszystkich korków rozpoczęto w otworze zdejmowanie gradientu ciśnienia celem spowodowania przepływu gazu. Do otworu zatłaczano azot w ilości 248 633,2 nm³ (normal cubic meters), co spowodowało zwrot płynu i przepływ gazu. Łącznie w trakcie wszystkich zabiegów na potrzeby testów gazowych, które trwały od 8 do 22 września, z otworu odebrano 2780,7 m³ płynu zwrotnego. Płyn zwrotny podlegał oczyszczeniu w zainstalowanej na terenie wiertni instalacji (separator, osadniki i filtry), a następnie składowany był w basenach pierwotnie wykorzystywanych do gromadzenia wody technologicznej. Po zakończeniu działań na terenie Zakładu

¹ Szczegółowe zestawienie rodzajów substancji chemicznych znajduje się w Dodatku nr 1 do Planu Ruchu na wykonanie otworu poszukiwawczego łebień LE-2H, zatwierdzonego decyzją Dyrektora OUG – Poznań, znak: I.dz. 132/0234/0001/11/02193/KM z dnia 12.04.2011 r.

Górniczego Łebień płyn z basenów został przetransportowany na teren innego zakładu górniczego celem wykorzystania w zabiegu szczelinowania hydraulicznego.

Po wykonaniu zabiegu stymulacji złoża w odwiercie przeprowadzono testy gazowe – produkcyjne (ryc. 6), a następnie otwór został zabezpieczony.



Ryc. 6. Zakład Górniczy Łebień podczas testów gazowych

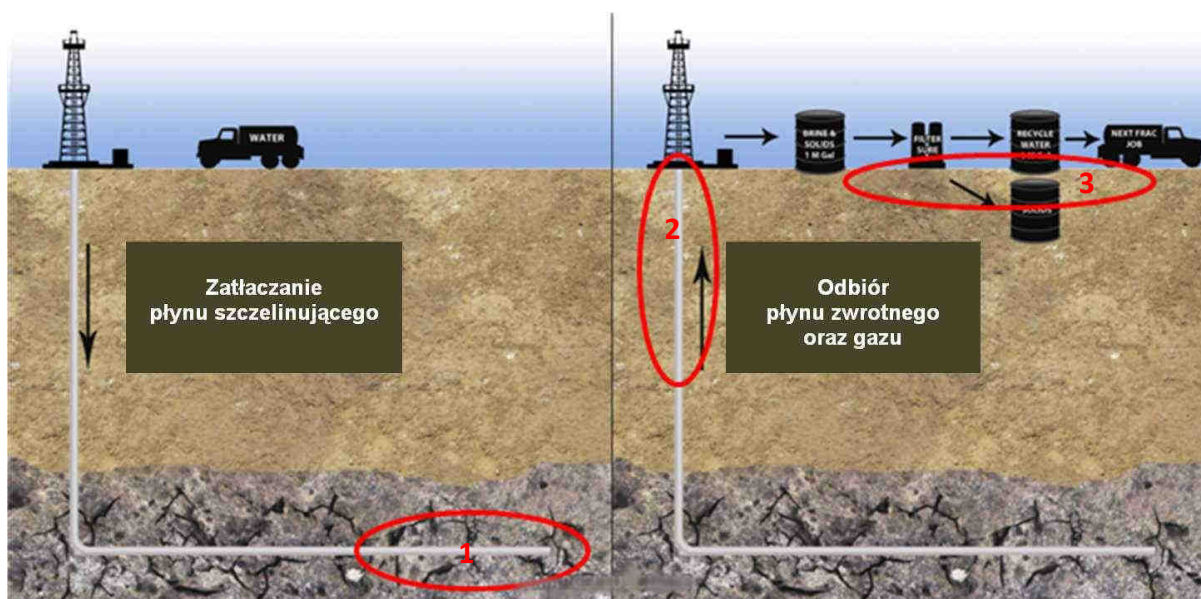
Zabieg szczelinowania hydraulicznego w horyzontalnym odcinku otworu Łebień LE-2H w ramach prac poszukiwawczo – rozpoznawczych gazu z łupków był pionierskim zabiegiem wykonanym na obszarze Polski, dlatego też podlegał wnikliwej ocenie pod kątem potencjalnego oddziaływania na poszczególne elementy środowiska naturalnego. Wyniki tych prac zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu.

4 Identyfikacja potencjalnych zagrożeń

Teoretyczne drogi migracji zanieczyszczeń

Na potrzeby zbadania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego przeprowadzono analizę wykonanego w otworze zabiegu, uwzględniając wszystkie etapy prac, począwszy od prac przygotowawczych do zabezpieczenia otworu. Zdefiniowano najważniejsze z punktu widzenia środowiska momenty w procesie, określając zakres oraz wstępny harmonogram prac badawczo – rozpoznawczych. Jednocześnie wskazano potencjalne rodzaje i możliwości migracji zanieczyszczeń w rejonie prowadzonych prac. W analizie uwzględniono wszystkie, nawet bardzo mało prawdopodobne, możliwości przedostania się potencjalnych zanieczyszczeń do środowiska, w tym do atmosfery, gruntu, wód podziemnych i powierzchniowych. W oparciu o analizę techniczną procesu szczelinowania wyróżniono trzy potencjalne możliwości migracji substancji zanieczyszczających (ryc. 7):

1. migracja uprzywilejowanymi drogami krążenia z poziomego odcinka odwiertu – zanieczyszczenia ciekłe i gazowe do poziomów wodonośnych,
2. migracja ze strefy przyotworowej – zanieczyszczenia ciekłe i gazowe do poziomów wodonośnych i na powierzchnię terenu,
3. migracja z powierzchni terenu do gruntu i dalej do poziomów wodonośnych.



Ryc. 7. Schematyzacja zabiegu szczelinowania hydraulicznego wraz z zaznaczeniem potencjalnych dróg migracji zanieczyszczeń (1 – migracja z poziomego odcinka otworu, 2 – migracja wzdłuż rur okładzinowych, 3 – migracja z powierzchni terenu)

Biorąc pod uwagę prawie 3000 m izolacji pomiędzy formacją łupków podlegających szczelinowaniu i użytkowymi poziomami wodonośnymi oraz powierzchnią terenu, możliwość przedostania się potencjalnych substancji zanieczyszczających czy to z płynu szczelinującego, czy wzbudzonego gazu bezpośrednio z poziomego odcinka odwiertu wydaje się mało prawdopodobna. Dla takiej migracji musiałyby istnieć uprzywilejowane drogi w postaci np. głębokich stref tektonicznych lub innych głębokich, źle zabezpieczonych odwiertów. Według analiz istniejących materiałów (porównaj [Możliwości migracji gazów złożowych](#), str. 20-22) żadne z takich potencjalnych ułatwień w rejonie ZG łebień nie występują, w związku z czym ta droga potencjalnej migracji zanieczyszczeń do środowiska została pominięta w przeprowadzanej analizie.

Możliwość przemieszczania się zanieczyszczeń wzdłuż kolumny pionowego odcinka otworu powinna być brana pod uwagę w przypadku złego wykonania lub rozszczenia się cementowej izolacji wokół rur okładzinowych. Biorąc pod uwagę, że ze względów tak bezpieczeństwa, jak i ekonomicznych, jakość i poprawność wykonania takiej izolacji jest monitorowana w czasie całego procesu szczelinowania i prób gazowych, można założyć, że zanieczyszczenie środowiska tą drogą może nastąpić jedynie w przypadku awarii lub błędu ludzkiego. W obu tych przypadkach informacja o incydencie byłaby znana prawdopodobnie zanim jakiegokolwiek zanieczyszczenie dotarłoby do powierzchni terenu lub użytkowych poziomów wodonośnych.

Trzecia rozpatrywana możliwość to przedostanie się substancji zanieczyszczających z powierzchni terenu do gruntu, wód powierzchniowych i podziemnych wraz ze spływem powierzchniowym oraz infiltracją wód opadowych. Biorąc pod uwagę specyfikę i złożoność samego procesu szczelinowania, tzn.:

- wykorzystywanie dużych ilości paliwa i substancji chemicznych,
- konieczność ich magazynowania i mieszania na terenie wiertni,
- pracę pod ogromnymi ciśnieniami,
- konieczność zebrania i zabezpieczenia dużych ilości płynów technologicznych (przygotowywanych i zwrotnych),
- wykorzystywanie różnego typu zbiorników ziemnych i sztucznych

oraz dodatkowe potencjalne zagrożenia, takie jak:

- ścieki z zaplecza socjalnego,
- ścieki deszczowe z powierzchni utwardzonych placów technologicznych, gromadzące się w lokalnych zastoiskach i wchłaniane przez grunt,
- ruch kołowy ciężkiego sprzętu na terenie zakładu górniczego

niebezpieczeństwo zanieczyszczenia środowiska wydaje się możliwe i niniejsze opracowanie ukierunkowano głównie na ocenę wystąpienia potencjalnego zanieczyszczenia powierzchni terenu i wód podziemnych tą drogą.

Możliwości migracji gazów złożowych

Na podstawie bogatych doświadczeń z eksploatacji gazu ziemnego ze złóż konwencjonalnych (szczególnie na przedgórzu Karpat) można założyć, że w przypadku złóż typu shale gas największe zagrożenie emisjami metanu może wiązać się z (Ciechanowska i in., 2008):

- migracją gazu przez naturalne strefy szczelinowe lub uskokowe,
- wadliwym wykonaniem otworu, co skutkuje powstaniem szczelin międzyrurowych oraz pozarurowych.

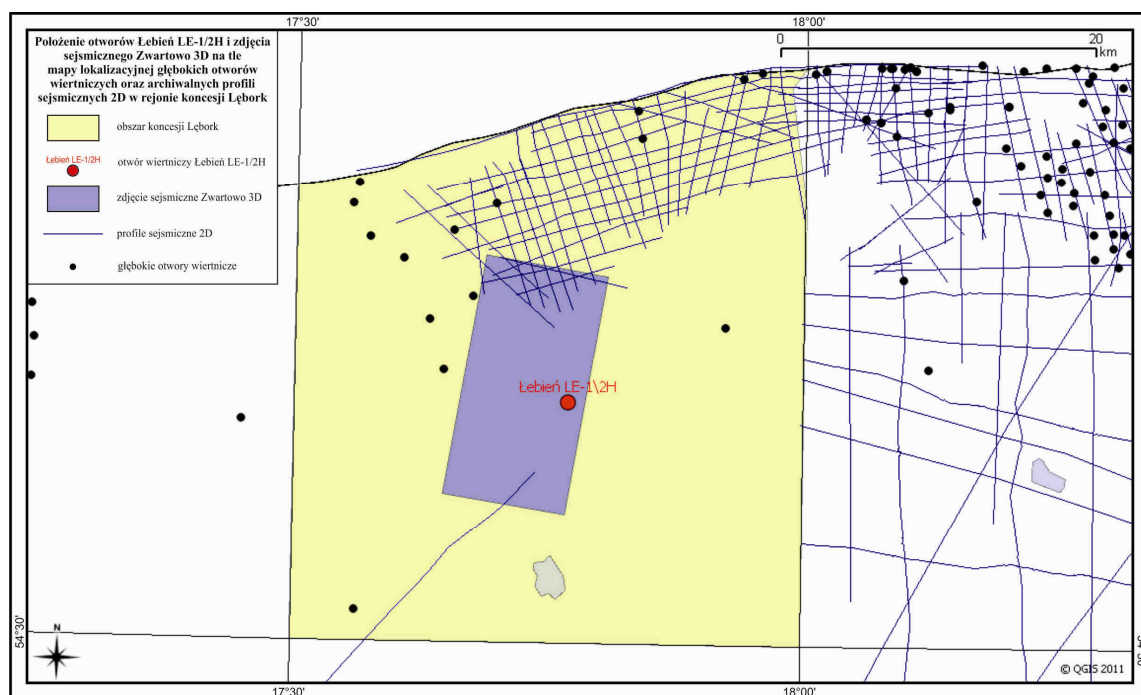
Rozpoznanie wgłębnej budowy geologicznej, a w szczególności rozwoju strukturalnego obszaru objętego pracami poszukiwawczymi powinno dążyć do jak najlepszego zdiagnozowania istnienia i przebiegu stref naturalnie predysponowanych do migracji gazu.

Materiały archiwalne z obszaru koncesyjnego Lębork (pochodzące z okresu przed wydaniem koncesji) to nieliczne profile głębokich wierceń oraz nierównomiernie rozmieszczone profile sejsmiczne 2D (ryc. 8). Większość otworów zlokalizowanych na obszarze koncesji Lębork, które osiągnęły strop osadów syluru, nie osiągnęły poziomów najbardziej perspektywicznych z punktu widzenia poszukiwań złóż typu shale gas, tj. utworów dolnego syluru (landoweru) oraz ordowiku. W bezpośrednim sąsiedztwie otworów Łebień LE-1 i LE-2H znajdują się tylko 2 głębokie wiercenia, które dostarczają informacje o ww. utworach: Lębork IG-1, znajdujący się ok. 10 km na SW od omawianych otworów oraz Lubiny-1, położony ok. 14 km na N od nich.

Pokrycie obszaru koncesji Łębork profilami sejsmicznymi jest bardzo nierównomierne (ryc. 8). Wszystkie profile sejsmiczne wykonane metodą refleksyjną na potrzeby poszukiwań konwencjonalnych złóż węglowodorów zlokalizowane są w północnej części koncesji. Dane zebrane zostały w latach 1992-94 przez Geofizykę Toruń Sp. z o.o. na zlecenie PGNiG S.A. Celem poszukiwawczych prac sejsmicznych były utwory piaszczyste kambru środkowego. Kilka linii sejsmicznych z tego tematu (np. T0230194, T0330194, T0350194, T0380194) znajduje się na północ od otworów Łebień LE-1/2H w odległości około 5-7 km (Wilk, 1995).

Linia sejsmiczna położona na SW od analizowanych otworów to profil GBB10387, pochodzący z tematu Głębokie Badania Sejsmiczne, rejon Łębork, wykonanego przez Państwowy Instytut Geologiczny oraz Przedsiębiorstwo Badan Geofizycznych (Białek i in., 1991). Celem prac było zbadanie struktury litosfery za pomocą metody refleksyjnej. Jednakże uzyskane wyniki były generalnie dość niskiej jakości. Stosunkowo dobrze (choć i tak znacznie gorzej niż na konwencjonalnych poszukiwawczych profilach sejsmicznych) zobrazony został kompleks cechsztyński-mezozoiczny. Natomiast z interwału pod-cechsztyńskiego, który jest głównym obiektem obecnych poszukiwań, zarejestrowano stosunkowo niewiele czytelnych horyzontów sejsmicznych. W kontekście prac poszukiwawczych ukierunkowanych na złoża typu shale gas. Wyniki na profilu GBB10387 mają znikome znaczenie.

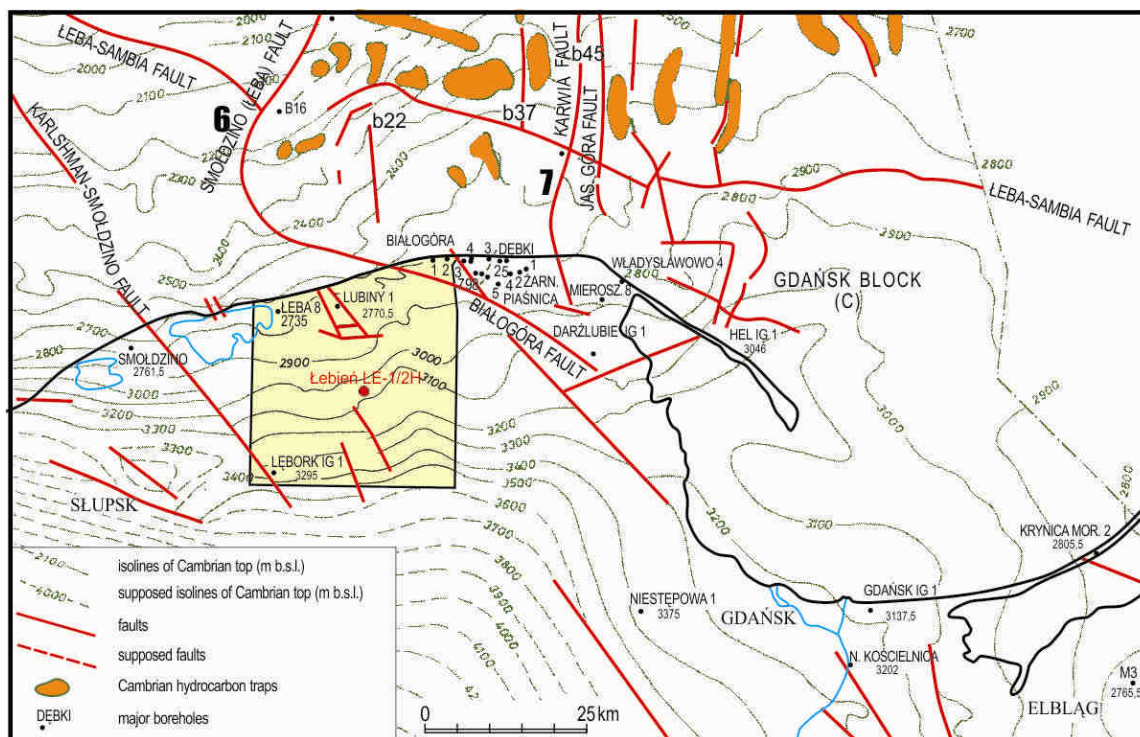
Analiza danych sejsmicznych wykonanych przez Geofizykę Toruń Sp. z o.o. na zlecenie PGNiG S.A. na początku lat 90. XX w., ze względu na znaczną odległość od otworów Łebień LE-1/2H nie pozwala na stwierdzenie czy omawiane otwory są zlokalizowane w strefach uskokowych lub w ich najbliższym otoczeniu.



Ryc. 8. Położenie otworów Łebień LE-1/2H i zdjęcia sejsmicznego Zwartowo 3D na tle mapy lokalizacyjnej głębokich otworów wiertniczych oraz archiwalnych profili sejsmicznych 2D w rejonie koncesji Łębork

Najnowsze dane sejsmiczne pomierzone na obszarze koncesji Łębork zostały wykonane w drugiej połowie 2009 roku przez Geofizykę Toruń Sp. z o.o. na zlecenie firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o. Jest to zdjęcie sejsmiczne Zwartowo 3D o powierzchni około 125 km², którego zadaniem było rozpoznanie strukturalno-tektoniczne utworów dolnego syluru i ordowiku (ryc. 8).

Według opublikowanej w ostatnich latach mapy strukturalnej kambru obejmującej m.in. wyniesienie Łeby (Domżański i in., 2004) (ryc. 9), otwory Łebień LE-1/2H znajdują się w odległości około 3 km na północ od najbliższej strefy uskokuwej. Należy jednakże pamiętać, że jest to mapa regionalna, której dokładność jest ograniczona z punktu widzenia precyzyjnych analiz strukturalno-tektonicznych, szczególnie w obszarach takich jak centralna i południowa część koncesji Łębork, gdzie brak jest zarówno głębokich wierceń, jak i profili sejsmicznych. W takich sytuacjach obecność stref tektonicznych interpretowana jest w oparciu o dane grawimetryczne.



Ryc. 9. Położenie otworów Łebień LE-1/2H na tle mapy strukturalnej kambru (wg Domżański i in., 2004) w rejonie koncesji Łębork

Podsumowując, ze względu na brak dostępu do najnowszych danych sejsmicznych zebranych w rejonie prac wiertniczych, nie jest możliwe jednoznaczne określenie istnienia i przebiegu ewentualnych stref uskokuwych, mogących stanowić potencjalne drogi migracji gazów i płynów. Jednakże, biorąc pod uwagę analizę opublikowanej mapy strukturalnej kambru i fakt wykonania przez koncesjonariusza badań sejsmicznych na temacie Zwartowo 3D, których celem geologicznym było w głównej mierze wytypowanie optymalnej lokalizacji pierwszego, testowego otworu poszukiwawczego oraz świadomość zagrożenia dla dalszych badań jakie niesie ze sobą usytuowanie wierceń w bezpośrednim sąsiedztwie strefy uskokuwej, należy założyć, że otwór Łebień LE-2H jest zlokalizowany w bezpiecznej odległości od stref uskokuwych.

Zjawiska sejsmiczne

W Polsce bardzo rzadko zdarzają się wstrząsy sejsmiczne. Zakład Górniczy Łebień zlokalizowany jest w obrębie stabilnej tektonicznie Platformy Wschodnioeuropejskiej.

W ciągu ostatnich lat pojawiły się doniesienia o zarejestrowaniu wstrząsów towarzyszących eksploatacji gazu łupkowego, głównie w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie, a ostatnio w Wielkiej Brytanii (zał. 10). W południowo – zachodniej Anglii (Lancashire) w kwietniu i w maju 2011 r. wystąpiły podziemne wstrząsy o magnitudzie 2,3 oraz 1,5. Raport sejsmologów i geologów stwierdza,

że wstrząsy, z dużym prawdopodobieństwem, zostały wywołane przez zabiegi szczelinowania w otworze poszukiwawczym gazu łupkowego (Baisch, de Pater, 2011).

Jednocześnie w przytoczonym raporcie podkreślono, że przyczyną indukowania wstrząsów były skomplikowane i specyficzne warunki geologiczne w rejonie wiercenia. Ryzyko wystąpienia kolejnych silnych wstrząsów oceniono jako mało prawdopodobne.

Gazy i pyły

Z terenu działań wiertniczych do atmosfery mogą być emitowane następujące zanieczyszczenia:

- gaz ziemny z ewentualnych rozszczelnień strefy przyotworowej,
- dwutlenek siarki, powstający w trakcie spalania oleju napędowego w silnikach spalinowych,
- dwutlenek azotu, powstający w trakcie spalania oleju napędowego w silnikach spalinowych,
- tlenek węgla, towarzyszący produktom spalania oleju w silnikach wysokoprężnych,
- benzen, jako produkt niepełnego spalania paliwa w silnikach wysokoprężnych,
- inne węglowodory, jako produkt niepełnego spalania paliwa w silnikach wysokoprężnych,
- węgiel elementarny w postaci sadzy, jako produkt niepełnego spalania paliwa w silnikach wysokoprężnych.

Gaz ziemny składa się w 95% z metanu. Towarzyszyć mu może dwutlenek węgla, azot, w małych ilościach siarkowodor i inne wtrącenia węglowodorów. Niewielka obecność siarkowodoru nadaje przykry zapach, a większe jego stężenia są toksyczne dla ludzi i zwierząt. W środowisku siarkowodor łatwo utlenia się do dużo mniej toksycznego dwutlenku siarki, w wodzie przechodząc w formę nietoksycznych siarczanów. Według relacji przedstawicieli inwestora, w gazie ziemnym z otworu LE-2H nie występował siarkowodor.

Poszukiwania gazu ziemnego metodą wykonywania odwiertów odbywają się z wykorzystaniem silników spalinowych dużej mocy, wykorzystujących jako paliwo olej napędowy. Ich praca powoduje wprowadzanie do atmosfery spalin w ilości proporcjonalnej do uruchamianej mocy silników. Silniki te nie są eksploatowane w trybie ciągłym lecz włączane w miarę zapotrzebowania.

Podczas prac wiertniczych i zabiegów stymulujących należy spodziewać się również podwyższonej emisji pyłów. Jednakże w otoczeniu ZG Łebień głównym źródłem emisji pyłów zwłaszcza latem jest wykonywanie prac rolniczych. Z tego względu ewentualne emisje pyłowe powstałe w czasie procesu szczelinowania nie byłyby wykrywalne, a ich poziom na pewno nie byłby porównywalny z ilością pyłów wprowadzanych do atmosfery przez zabiegi rolnicze.

Hałas

Głównym źródłem hałasu emitowanego z obszaru poszukiwania gazu łupkowego jest praca silników wysokoprężnych oraz pomp dużej mocy w trakcie wykonywania odwiertów i zabiegów intensyfikacyjnych. Ponadto ruch kołowy związany z dostawami materiałów i urządzeń jest istotnym źródłem dźwięków innych niż występujące dotychczas na terenach rolnych ze słabymi drogami asfaltowymi. Wszystkie inne rodzaje aktywności związane z poszukiwaniem gazu nie stanowią istotnego źródła hałasu.

Gospodarka odpadami

W czasie prac związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym powstają odpady, których ilości oraz właściwości, a tym samym stopień i kierunek oddziaływania na środowisko jest zróżnicowany i zmienny.

Ilość odpadów powstających podczas szczelinowania stanowi niewielki procent wszystkich odpadów wiertniczych wytwarzanych podczas wykonywania otworu.

Główną masę odpadów wytwarzanych przy szczelinowaniu stanowi płyn zwrotny, zawierający niewielkie ilości niewykorzystanego propantu, który mimo to tworzy główną część suchej masy w odpadzie. Wbrew powszechnemu przekonaniu, płyn zwrotny nie wynosi na powierzchnię istotnych ilości materiału autochtonicznego ze strefy szczelinowanej, gdyż nie ma on możliwości dostać się do wewnątrz rur okładzinowych. Może natomiast zawierać znaczące ładunki chemiczne zarówno środków użytych do szczelinowania, jak i rozpuszczonych substancji wyługowanych ze szczelinowanych pokładów. Łupki bitumiczne zawierają do 25% materiału organicznego, w tym związki zawierające siarkę i azot oraz metale ciężkie (rtęć, kadm, cynk, ołów, miedź, arsen, nikiel, chrom, kobalt, wanad) i niekiedy pierwiastki promieniotwórcze. Związki te w przeważającej części są praktycznie nierozpuszczalne w wodzie w normalnych warunkach ciśnienia i temperatury. Jednak ciśnienia i temperatura, jakie panują na głębokościach powyżej 3 000 m mogą umożliwiać częściowe przechodzenie do roztworów niektórych substancji, które po powrocie na powierzchnię wytrącają się w postaci zawiesiny.

Mobilnymi w środowisku substancjami, zawartymi w odpadach ze szczelinowania są przede wszystkim sól i chlorki, głównie pochodzenia antropogenicznego – z zastosowanych wcześniej płuczek wiertniczych. Z terenu Polski nie są dotychczas znane żadne wyniki badań dokumentujących skład chemiczny i właściwości fizyczne odpadów ze szczelinowania.

Głównym celem prawidłowej gospodarki odpadami powstającymi w procesie szczelinowania (oprócz stosowania się do przepisów prawa w tej dziedzinie) powinna być minimalizacja ich masy, co z kolei oznacza jak najbardziej efektywne oddzielenie części stałych od wody technologicznej. Pozwala to nie tylko ograniczyć masę odpadu, który trafia do środowiska, ale również ponownie wykorzystać płyn technologiczny, chroniąc zasoby wodne i energię potrzebną na ich pozyskanie.

Promieniotwórczość

Naturalne radionuklidy występują na całej Ziemi, a ich promieniowanie (wraz z promieniowaniem kosmicznym) tworzy naturalne tło promieniowania jonizującego, stale oddziałujące na organizmy żywe.

W Polsce wykonano badania radioaktywności skał z rdzeni wiertniczych z otworów poszukiwawczych gazu łupkowego Markowola–1 w woj. lubelskim i Lubocino–1 w woj. pomorskim (Sojski, 2011a, b). Badania te pokazują, że potencjalnie gazonośne utwory skalne z głębokości 3 500 – 4 500 m mają niski poziom radioaktywności i spełniają np. wymagania, jakim powinny odpowiadać surowce i materiały stosowane w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego określone przez przepisy Rozporządzenia 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. Nr 4, poz. 29).

Zakładając jednak, że w badanym rejonie przewiercane skały charakteryzowałyby się wyższym stopniem radioaktywności, to nie one same stanowiłyby zagrożenie, ale te produkty rozpadu promieniotwórczego, które mogłyby pojawić się na powierzchni. Takim produktem, ze względu na dobrą rozpuszczalność w wodzie, może być radon. Najważniejszym radionuklidem radonu z punktu widzenia wpływu na środowisko jest izotop ^{222}Rn , który jest produktem rozpadu szeregu uranowego ^{238}U , gazem szlachetnym kilkakrotnie cięższym od powietrza, pozbawionym w normalnych warunkach barwy, zapachu i smaku. Jego czas połowicznego rozpadu to ok. 3,8 doby.

W Polsce radon w powietrzu atmosferycznym pochodzi głównie z osadów lodowcowych zawierających materiał skandynawski bogaty w uran. Znane jednak na świecie są przypadki emisji radonu z dużych głębokości przez np. dyslokacje tektoniczne. W takim przypadku mamy do czynienia z dyfuzyjnym charakterem migracji radonu do atmosfery wywołanym głównie różnicą gradientu ciśnień. Teoretycznie analogiczne zjawisko może zachodzić, gdy wzbogacona w uran formacja skalna zostanie udostępniona, zwłaszcza otworem horyzontalnym. Ponadto, dobrze rozpuszczalny radon mógłby wtedy migrować wraz z powracającym płynem technologicznym.

Jednak nawet bez emisji z dużych głębokości stężenia radonu w powietrzu gruntowym mogą sięgać tysięcy bekereli na metr sześcienny. Wielkość ekshalacji radonu z gruntu jest zależna od miejsca (rodzaj gleby, geologia podłoża) oraz warunków atmosferycznych (ciśnienie, siła i kierunek wiatru, wilgotność). Dlatego też poziom stężenia radonu w glebie może się zmieniać wraz z porą dnia, roku itp.

Poważne awarie i zagrożenia naturalne

Rejon Zakładu Górniczego Łebień nie jest zagrożony wystąpieniem katastrof naturalnych (powódzie, tsunami, trzęsienia ziemi, itp.). Z oceny zagrożenia gminy Nowa Wieś Lęborska wynika, że do potencjalnych zagrożeń mogących doprowadzić do sytuacji kryzysowych należy zaliczyć: pożary i nieprzewidziane zjawiska pogodowe, takie jak huragany i intensywne opady.

Podczas prowadzenia prac związanych ze szczelinowaniem na terenie samej wiertni mogą wystąpić sytuacje awaryjne, spowodowane np. nieprzewidzianymi warunkami złożowymi, błędami załogi lub zawodnością sprzętu. Ze względu na położenie zakładu z dala od siedzib ludzkich, skutki takich awarii nie powinny być uciążliwe dla lokalnej społeczności, a ich wpływ na jakość środowiska, dzięki możliwości szybkiego podjęcia działań zaradczych, powinien być znikomy.

5 Identyfikacja elementów środowiska podlegających presji

Atmosfera

Na terenie gminy Nowa Wieś Lęborska wykonywane były przez WIOŚ w Gdańsku badania jakości powietrza atmosferycznego (stężenia dwutlenku azotu metodą pasywną), w wyniku których stwierdzono, że wartości stężeń są znacząco mniejsze od dopuszczalnych. Wobec względnie małej liczby źródeł zanieczyszczeń (o przeważnie znikomej uciążliwości) oraz dobrych warunków przewietrzania stan aerosanitarny na przeważającym obszarze gminy jest dobry. Okresowo w najbliższym otoczeniu emitorów (głównie rejon Nowej Wsi Lęborskiej i Lęborka) mogą występować większe dopuszczalne stężenia gazów i opady pyłu wynikające z warunków topoklimatycznych, lecz nie stanowią one zagrożenia dla zdrowia ludzi i dla środowiska.

Zakład Górniczy Łebień położony jest na terenach rolniczych, z dala od zwartej zabudowy wiejskiej. W najbliższej odległości znajdują się zabudowania wsi Karlikowo Lęborskie w linii prostej około 500 metrów od wiertni. Otoczenie wiertni stanowią pola uprawne, w sezonie 2011 obsiane rzepakiem, pszenicą i żytem. W tych warunkach emisje z prac wiertniczych mogą zmieniać skład atmosfery poprzez wprowadzanie gazów nie występujących w naturalnych warunkach na tych obszarach, zwiększać zawartość gazów towarzyszących spalaniu paliw w zabudowie wiejskiej oraz charakterystycznych dla emisji z pojazdów drogowych. Może też zwiększyć się zawartość pyłów w powietrzu pochodzących z używania dużych silników wysokoprężnych do prac wiertniczych.

Krajobraz

Zakład Górniczy Łebień położony jest wśród pól uprawnych, przy drodze, wzdłuż której rosną drzewa i zarośla. Nie jest to teren szczególnie cenny ze względu na walory krajobrazowe.

Działalność górnicza jest widoczna w krajobrazie, choć znacznie bardziej zapadający w pamięć był widok wieży wiertniczej podczas głębiania otworu niż infrastruktury używanej przy zabiegu szczelinowania. W obu jednak przypadkach zmiany w krajobrazie mają jedynie charakter czasowy. Na dłużej pozostaną jedynie wały ziemne wokół zakładu i dwa częściowo nadpoziomowe zbiorniki na wodę technologiczną. Obecnie, według stanu na październik 2011 r., widoczna jest jeszcze głowica otworu z systemem zaworów i urządzeń kontrolnych.

Powierzchnia terenu, gleby

Presja na powierzchnię terenu ze strony działalności górnictwa otworowego polega przede wszystkim na kompaktacji warstw podglebia (gleba w rozumieniu górnej warstwy organicznej na ogół jest zdejmowana i zwałowana wokół terenu, tworząc rodzaj ogrodzenia) poprzez długotrwałe obciążenia oraz na potencjalnym zanieczyszczeniu substancjami używanymi przy wierceniu i zabiegach intensyfikacyjnych, w tym wypadku szczelinowania hydraulicznego oraz przy transporcie. Presji takiej podlega nie tylko teren zakładu górniczego, ale też tereny przyległe, służące np. za miejsca postojowe dla samochodów dostawczych i osobowych. Transport ciężkich urządzeń i materiałów może też wpływać na degradację sztucznych nawierzchni dróg i ciągów komunikacyjnych.

Ze względu na specyfikę samego procesu szczelinowania hydraulicznego, teoretycznie jest możliwe, że w jego efekcie zostaną wywołane drgania sejsmiczne odczuwalne na powierzchni terenu.

Wody powierzchniowe

Obszar lokalizacji Zakładu Górniczego Łebień znajduje się w zlewni rzeki Łeby uchodzącej do morza Bałtyckiego. Obszar bezpośredniego sąsiedztwa zakładu nie jest odwadniany jakimkolwiek ciekim. Potencjalnym odbiornikiem ewentualnych zanieczyszczeń ciekłych, poprzez system rowów melioracyjnych, jest Kisewska Struga, stanowiąca bezpośredni dopływ rzeki Łeby.

Wody podziemne

Najbardziej narażony na zanieczyszczenie z powierzchni terenu jest najpłytszy poziom czwartorzędowy, który stanowi główny użytkowy poziom wodonośny. W rejonie Zakładu Górniczego Łebień zwierciadło wód podziemnych tego poziomu ma charakter swobodny i występuje na głębokości ok. 15 m p.p.t.. Warstwa gliny w nadkładzie na rozpatrywanym obszarze ma niewielką miąższość (ok. 3 m), co decyduje o niskim stopniu odporności na zanieczyszczenie poziomu wodonośnego. Według opracowań regionalnych przybliżony czas dotarcia ewentualnych zanieczyszczeń konserwatywnych z powierzchni terenu do wód pierwszego poziomu wodonośnego został określony na ok. 30 lat, lecz na terenie ZG Łebień należy się spodziewać, że ten czas będzie krótszy ze względu na niewielką miąższość utworów izolujących. Po dotarciu do strefy zawodnionej zanieczyszczenie takie migrowałoby zgodnie z regionalnym przepływem wód w kierunku południowym i południowo-wschodnim.

Człowiek

Przedsięwzięcia związane z poszukiwaniem gazu łupkowego wywołują w środowisku społecznym napięcia i obawy. Wynikają one m.in. ze świadomości potencjalnej uciążliwości prowadzonych działań, braku pełnej informacji na temat wykorzystywanych procesów technologicznych, czy wreszcie sprzeczności reprezentowanych wartości i interesów. To wszystko może prowadzić do powstania konfliktu społecznego.

Działania związane z poszukiwaniem gazu łupkowego od pewnego czasu stały się częścią informacji podawanych przez media. Część doniesień skupia się na sensacyjnych i często nie potwierdzonych przypadkach wystąpienia wyjątkowo szkodliwego oddziaływania poszukiwania lub eksploatacji gazu łupkowego na środowisko, w tym na zdrowie ludzi. Wiadomości takie trudno zweryfikować, stąd część mieszkańców z obszarów, na których mają się odbywać poszukiwania gazu łupkowego podchodzi co najmniej nieufnie, jeśli nie z niechęcią do perspektywy lokalizacji wierceń w pobliżu miejsca ich zamieszkania.

Do chwili obecnej w Polsce odnotowano kilka znaczących akcji protestacyjnych związanych z działaniami poszukiwania gazu łupkowego. Zdaniem osób zaangażowanych w te konflikty, brakuje przede wszystkim konsultacji społecznych i rzeczowej, udzielonej odpowiednio wcześniej informacji.

6 Zakres badań i zasięg przestrzenny analizy

Na potrzeby zbadania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego przeprowadzono analizę wykonanego w otworze zabiegu, uwzględniając wszystkie etapy prac, począwszy od prac przygotowawczych do końcowego zabezpieczenia otworu. Zdefiniowano najważniejsze momenty w procesie określając zakres oraz wstępny harmonogram prac badawczo-rozpoznawczych. Szczegółowy harmonogram, przedstawiający poszczególne etapy prac, prezentuje tabela 3.

Tabela 3. Harmonogram prac prowadzonych w rejonie otworu Łebień LE-2H

Data	Etapy prac na terenie ZG Łebień	Etapy prac zespołu badawczego
13.06. - 18.07.2011	Zakończenie wiercenia, demontaż urządzenia wiertniczego	Etap I – wizja terenowa, opracowanie istniejących materiałów, przygotowanie do badań
19.07 - 31.07.2011	Przygotowanie terenu wiertni do zabiegu szczelinowania	Etap II – określenie stanu zerowego atmosfery, powierzchni terenu, powietrza gruntowego, wód powierzchniowych i podziemnych, początek badań sejsmicznych
01.08. - 18.08.2011	Transport i montaż urządzeń do szczelinowania, testy bezpieczeństwa	
19.08 - 28.08.2011	Wykonanie zabiegu szczelinowania hydraulicznego	Etap III – pomiary stężenia zanieczyszczeń w powietrzu i poziomu hałasu, badania sejsmiczne, pobór próbek wód podziemnych i płynów technologicznych do badań laboratoryjnych
31.08 - 07.09.2011	Zwiercanie korków, zdejmowanie ciśnienia w otworze	
08.09. - 22.09.2011	Testy produkcyjne, zatłaczanie azotu	Etap IV – badania stanu powietrza gruntowego, pobór próbek gazu złożowego, pomiary emisji, pobór próbek wód podziemnych i płynów technologicznych, analizy chemiczne pobranych próbek wód podziemnych, analizy chemiczne i toksykologiczne płynów technologicznych
23.09. - 13.10.2011	Demontaż urządzeń, zabezpieczenie otworu i terenu wiertni, wywóz odpadów	Etap V – pobór próbek wód podziemnych i płynów technologicznych, kontynuacja badań chemicznych i toksykologicznych w pobranych próbkach wód i płynów, analizy pobranych próbek gazowych, dalsze pomiary emisji z gruntu i w powietrzu atmosferycznym

Prace prowadzone były przez zespoły badawcze reprezentujące różne ośrodki naukowe oraz służby państwowe zgodnie z zakresem ich kompetencji i profilem działalności. Całość koordynował i nadzorował Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie.

Monitoring zjawisk sejsmicznych

Monitoring sejsmiczny procesu szczelinowania od etapu drugiego do piątego (tabela 3) prowadził Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, w ramach projektu „Monitoring zagrożenia sejsmicznego obszaru Polski”. Pomiary sejsmiczne prowadzono w okresie od 15 lipca do 30 września 2011 r., co pozwoliło na określenie poziomu zakłóceń sejsmicznych przed rozpoczęciem zabiegów szczelinowania hydraulicznego i w jego trakcie oraz zarejestrowanie ewentualnych zdarzeń sejsmicznych występujących z opóźnieniem. Wykorzystano 10 mobilnych stacji sejsmicznych,

rozmieszczonych w odległościach od 1 do 25 km od odwiertu. Lokalizację stacji sejsmicznych zamieszczono w załączniku 10.

Atmosfera

Pomiary stężeń zanieczyszczeń gazowych w powietrzu atmosferycznym oraz poziomu hałasu w atmosferze wykonał Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska z Gdańska. Zrezygnowano z pomiarów stężenia pyłów w powietrzu atmosferycznym ze względu na niespecyficzność tego wskaźnika i dominację emisji z innych źródeł niż instalacje zakładu górniczego. Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono w załączniku 1.

Jako wskaźniki potencjalnego zanieczyszczenia wybrano: dwutlenek siarki, tlenki azotu, benzen, metan, tlenek węgla i siarkowodór. Pomiary wykonano mobilnym analizatorem Draeger CMS, metodą kolorymetryczną (ryc. 10). Serię pomiarową powtórzono trzykrotnie, w dniach 19 lipca, 19 sierpnia i 30 sierpnia 2011 r. w trzech różnych lokalizacjach. Wielkości mierzonych imisji przeliczono na warunki normalne (temperatura 0°C - 273,15 K, ciśnienie 1013,25 hPa).



Ryc. 10. Pomiary stężeń zanieczyszczeń gazowych w powietrzu atmosferycznym na terenie ZG Łebień

Dodatkowo zastosowano technikę pomiarów pasywnych, pozwalającą na zbadanie dużo niższych poziomów stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń. Do badań wytypowano dwutlenek siarki, dwutlenek azotu i benzen. Metoda polega na ciągłej sorpcji zanieczyszczeń z powietrza przez miesięczny okres ekspozycji. Próbniki, eksponowane były dwukrotnie, w okresach sierpień – wrzesień oraz październik – listopad 2011 r.

Pomiary hałasu wykonano w trzech punktach pomiarowych celem zobrazowania zmian związanych z emisją i rozprzestrzenianiem się fal dźwiękowych w terenie (ryc. 11). W raporcie przedstawiono uśrednione wyniki serii pomiarowych.



Ryc. 11. Pomiar hałasu przy najbliższych zabudowaniach (punkt pomiarowy nr 3)

Promieniotwórczość

W ramach prowadzonych prac w celu wykluczenia ewentualnych sugestii o zagrożeniu radonowym pochodzącym z formacji łupkowych zespół PIG-PIB przeprowadził w ramach prac etapu drugiego (tabela 3) w dniach 19 - 20 lipca 2011 badania zawartości stężenia radonu (^{222}Rn) w powietrzu glebowym. Badania powtórzono w losowo wybranych punktach 13 października 2011 r. w ramach prac etapu piątego.

W pierwszej serii pomiarowej punkty pomiarowe rozmieszczono w siatce złożonej z kwadratów o bokach 100 x 100 m (24 punkty leżące poza obszarem wiertni). Na terenie samej wiertni zaprojektowano dodatkowo 5 punktów, z centralnie usytuowanym punktem pomiarowym przy głowicy otworu. Lokalizację punktów w terenie przeprowadzono metodą azymutalno - krokową przy wykorzystaniu podkładów topograficznych w skali 1:10 000.

Obszar badań objął swym zasięgiem powierzchnię ok. 17 ha. Ze względu na ukształtowanie terenu i trudności w poborze próbek, niektóre punkty zostały przesunięte względem zaprojektowanej sieci punktów.

Pobór próbek powietrza glebowego wykonano za pomocą sond (ryc. 12) wbijanych na głębokość 80 cm. Głębokość poboru próbki wynikała z następujących czynników:

- wpływ dobowych wahań warunków atmosferycznych (ciśnienie, wilgotność powietrza, siła wiatru, dobowe zmiany temperatury w obrębie sezonu) są minimalne i można ich nie uwzględniać
- głębokość 80 cm gwarantuje odcięcie dopływu powietrza atmosferycznego do sondy, którą pobierane jest powietrze glebowe, dając pełną gwarancję, że badana jest emanacja gazu pochodzącego z podłoża geologicznego.

Pobrane próbki powietrza glebowego o pojemności 150 ml były analizowane za pomocą przenośnej aparatury RADON DETECTOR LUK-3B. Przy użyciu specjalnej strzykawki próbka powietrza glebowego 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 glebowym wyrażone w kBq/m³, gdzie 1 Bekerel to jeden rozpad promieniotwórczy atomu w ciągu jednej sekundy.



Ryc. 12. Sonda i próbnik powietrza glebowego

W drugiej serii pomiarowej, mającej na celu porównanie wyników badań przed i po procesie szczelinowania, ograniczono liczbę punktów badawczych do 7 (6 poza obszarem wiertni oraz 1 w obrębie wiertni). Lokalizacja wybranych punktów pomiarowych odpowiada wcześniej zaprojektowanej siatce opróbowania. Odległość pomiędzy punktami wyniosła ok. 200 m. Metodyka opróbowania i analizy powietrza glebowego była analogiczna jak w serii pierwszej. Stężenie radonu (^{222}Rn) w powietrzu glebowym zbadano w punktach: 6, 8, 10, 14, 20, 22 i 24 (zał. 1).

Możliwości ekshalacji gazów złożowych

W celu udokumentowania stanu środowiska przed rozpoczęciem prac związanych z zabiegami szczelinowania (etap drugi), zespół PIG-PIB wykonał pomiary stężenia metanu w powietrzu glebowym. Do badań terenowych wykorzystano przenośny miernik metanu marki Seitron oraz zestaw pomiarowy własnej konstrukcji (ryc. 13). Pomiary wykonano w dniach 19 – 20 lipca 2011 r. w miejscach naturalnie predysponowanych do podwyższonych koncentracji metanu pochodzenia biogenicznego, takich jak podmokłe łąki, zagłębienia bezodpływowe i rozlewiska. Punkty pomiaru wytypowano na podstawie zdjęć lotniczych, map topograficznych w różnych skalach, mapy geologicznej w skali 1: 50 000 oraz wizji terenowej. Punkty te znajdują się w promieniu 5 km od wiertni. Dodatkowo wykonano pomiary w tej samej siatce, w której pomierzono stężenia radonu wokół oraz na terenie wiertni. Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na mapie dokumentacyjnej (zał. 1). Metodyka poboru próbek powietrza glebowego była analogiczna jak w badaniach stężeń radonu.

Ponadto w 2 etapie prac na terenie ZG Łebień zainstalowano punkt do pomiarów stężenia metanu w strefie aeracji. Niewielka miąższość utworów izolujących (gliny) przy ponad 10 metrowej miąższości strefy aeracji (piaski różnoziarniste) umożliwiły zainstalowanie w obrębie strefy aeracji filtra typu *direct well*. W wykonanym punkcie badawczym prowadzono oznaczenia stężenia metanu we wszystkich kolejnych etapach prac prowadzonych na terenie wiertni. Po zakończeniu prac otwór nie został zlikwidowany. Obecnie jest zabezpieczony i umożliwia prowadzenia w nim dalszych obserwacji.

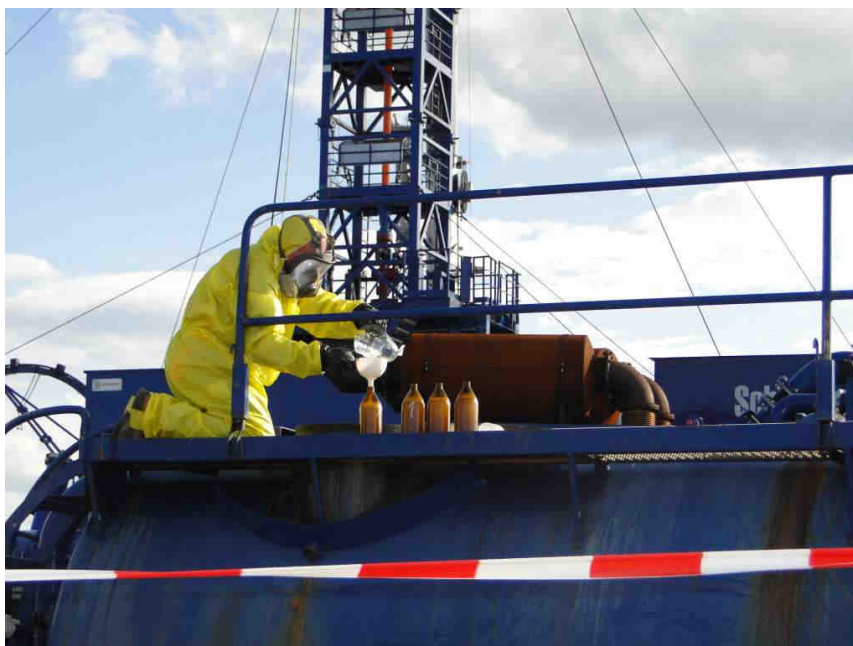


Ryc. 13. Zestaw pomiarowy stężenia metanu w powietrzu glebowym

Bezpośrednio po wykonaniu zabiegu szczelinowania hydraulicznego specjaliści z Instytutu Nafty i Gazu z Krakowa wykonali w tych samych punktach opróbowanie powietrza glebowego do analiz laboratoryjnych składu chemicznego i stosunków izotopowych węgla. Pobrali również dwie próbki gazu pochodzącego z otworu w celu porównania charakterystyki gazu z łupków i związków organicznych z powietrza glebowego. Badania te miały określić, czy gaz z łupków nie pojawił się w powietrzu glebowym oraz dostarczyć danych do takich obserwacji w przyszłości. Szczegółowy zakres i metodykę badań INiG przedstawiono w załączniku 11.

Płyny technologiczne i odpady

Podczas zabiegu szczelinowania hydraulicznego (etap trzeci) i testów gazowych (etap czwarty) pracownicy Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego z Warszawy prowadzili prace związane z rozpoznaniem procesu technologicznego, zebraniem danych dotyczących ilości wody wykorzystywanej do zabiegu, monitorowaniem ilości i jakości wody gromadzonej w basenach technologicznych. Pobierano próbki płynów zatłaczanych – kwasu solnego (ryc. 14) i płynu szczelinującego celem wykonania analiz laboratoryjnych, chemicznych i toksykologicznych. Pobranie bezpośrednie próbki płynu szczelinującego, ze względu na jego ostateczne zmieszanie dopiero w wysokociśnieniowej części instalacji nie było możliwe. Linia technologiczna została zaprojektowana w ten sposób, że część pomp transportowała dwukrotnie zatężony płyn z substancjami chemicznymi i propanem, a druga wodę technologiczną bez dodatków. Obie te linie mieszały się następnie w stosunku 1:1. Pobrano więc dwie próbki - zatężonego płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym i wody technologicznej. Do dalszych badań obie te próbki zostały zmieszane w stosunku 1:1.



Ryc. 14. Pobór próbek kwasu solnego z wanny kwasowej do badań laboratoryjnych

Wraz z rozpoczęciem procesu zwiercania korków oddzielających poszczególne interwały szczelinowania rozpoczęto pobieranie próbek surowego i oczyszczonego płynu powracającego z otworu (ryc. 15).



Ryc. 15. Pobór próbek surowego płynu zwrotnego do badań laboratoryjnych

Próbki płynu pobrano po zwierceniu 3 i 6 korka, a następnie w pierwszej dobie pojawienia się gazu w otworze, w dziesiątej dobie, kiedy odwrócono obieg zatłaczania azotu do otworu oraz w ostatniej dobie przed zamknięciem odwiertu. Za każdym razem pobierano płyn surowy oraz płyn oczyszczony (przed podaniem do basenu zbiorczego). Pobrano również próbki z basenu, w którym gromadzono oczyszczony płyn zwrotny. Działania te miały na celu określenie stanu chemicznego płynu powracającego z otworu oraz ocenę zabiegów służących jego zagospodarowaniu. Jednocześnie przeprowadzono ocenę ilości płynu zwrotnego zestawiając bilans wodny pełnego zabiegu szczelinowania wykonanego w otworze.

Analizy chemiczne pobranych próbek płynów wykonane zostały w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB w Warszawie, natomiast badania ekotoksyczności wykonał Zakład Biologii Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Szczegółowy zakres i metodykę badań toksykologicznych przedstawiono w załączniku 12.

W celu oceny prowadzenia prawidłowej gospodarki odpadami i efektywności działań podjętych w tym zakresie, specjaliści z PIG-PIB zebrali informacje na temat programów gospodarowania odpadami wiertniczymi i niebezpiecznymi ZG łebień. Przeprowadzili również wizję lokalną na rekultywowanym składowisku odpadów komunalnych w Lucinie, gm. Wicko, gdzie, zgodnie z w/w programami trafiły odpady pochodzące ze szczelinowania i zapoznali się z technologią wykorzystania tych odpadów w procesie rekultywacji składowiska. Zapoznali się z dokumentami potwierdzającymi ilość i fakt przekazania odpadów zgodnie z w/w programami.

Wody powierzchniowe

Badania jakości wód powierzchniowych prowadził Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Gdańsku. Punkt pomiarowy ustalono na Kisewskiej Strudze, poniżej Brzeźna Lęborskiego (lokalizacja w załączniku 1). Badania jakości wód Kisewskiej Strugi wykonało Laboratorium WIOŚ w Gdańsku. Próbkę pobrano trzykrotnie – 19 lipca, 30 sierpnia i 20 września 2011 r. (ryc. 16). Do badań wybrano następujące wskaźniki zanieczyszczeń: pH, tlen rozpuszczony, BZT₅ (pięciodniowe biologiczne zapotrzebowanie tlenu), chlorki, siarczany, sód, potas, sumę azotu azotanowego i azotynowego, azot Kjeldahla, azot ogólny, OWO (ogólny węgiel organiczny), sumę węglowodorów C₁₀ – C₄₀, bor, detergenty (anionowe i niejonowe) oraz siarczki.



Ryc. 16. Pobór próbek wód powierzchniowych

Wody podziemne

Prace badawcze w rejonie Zakładu Górniczego Łebień w zakresie oceny wpływu procesu szczelinowania hydraulicznego na wody podziemne prowadził Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy z Warszawy. Obserwacje obejmowały okres od zakończenia wiercenia otworu LE-2H (czerwiec 2011 r.) do zakończenia testów produkcyjnych w odwiercie (październik 2011 r.). Tak ustalony przedział czasowy umożliwiał udokumentowanie stanu początkowego przed wykonaniem zabiegu szczelinowania hydraulicznego (po odwierceniu otworu), wykonanie badań w trakcie szczelinowania i testów produkcyjnych oraz określenie stanu wód podziemnych bezpośrednio po zakończeniu wszystkich prac w otworze i na terenie wiertni.

W pierwszym etapie realizacji zadania zgromadzono dane i informacje niezbędne do określenia warunków hydrogeologicznych rozpatrywanego obszaru oraz zapoznano się z zakresem i rodzajem planowanego zabiegu szczelinowania. Przeprowadzono wizję terenową obszaru badań, w tym zakładu górniczego. W promieniu ok. 2 km od wiercenia wykonano kartowanie hydrogeologiczne obejmujące identyfikację obiektów hydrogeologicznych, w których wykonano pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych. Ponadto wszystkie odnalezione w terenie otwory hydrogeologiczne poddano ocenie pod kątem możliwości poboru próbki wody do badań fizykochemicznych (brano pod uwagę stan techniczny otworów, ich dostępność oraz aktualne użytkowanie). Łącznie skartowano i poddano ocenie 17 studni wierconych (w 5 studniach wierconych wykonano pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych) oraz 3 studnie kopane (w wszystkich studniach kopanych dokonano pomiaru położenia zwierciadła wód podziemnych). Informacje na temat zidentyfikowanych obiektów hydrogeologicznych zestawiono w załącznikach 8 i 9, zaś ich lokalizację przedstawiono na mapie dokumentacyjnej (załącznik 1).

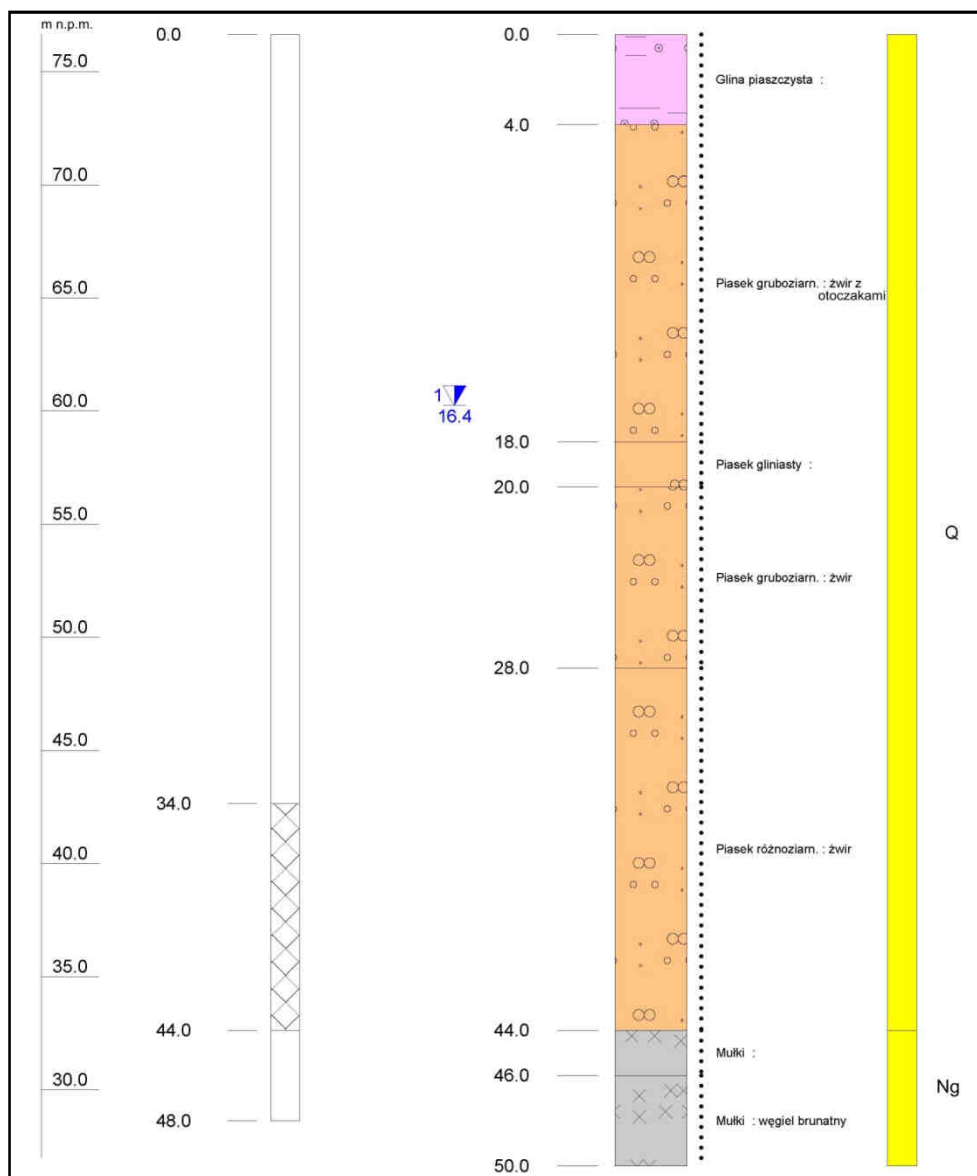
W oparciu o zgromadzone informacje (dane archiwalne z zasobów Centralnego Banku Danych Hydrogeologicznych i bazy danych Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000) oraz wyniki prac terenowych przeprowadzono badania modelowe przepływu wód podziemnych w rejonie wiercenia LE-2H. Konstrukcja modelu matematycznego i tok pracy dostosowane zostały do głównych celów badań modelowych, które zdefiniowane zostały następująco:

- wykonanie i kalibracja modelu odzwierciedlającego stan hydrodynamiczny strumienia wód podziemnych,
- przeprowadzenie symulacji umożliwiających określenie kierunków i oszacowanie prędkości przepływu wód podziemnych w rejonie wiercenia dla wyznaczenia obszaru, który potencjalnie może zostać zanieczyszczony na skutek przemieszczania się substancji zanieczyszczających w wodach podziemnych.

Przyjmując jako tzw. stan zerowy środowiska okres po zakończeniu wiercenia otworu, a przed przygotowaniem do szczelinowania, w drugim etapie wykonano prace terenowe i laboratoryjne mające na celu ocenę aktualnego na ten okres stanu wód podziemnych. W 9 wytypowanych punktach dokumentacyjnych pobrano próbki wód podziemnych do oznaczeń laboratoryjnych oraz w terenie wykonano polowe oznaczenia podstawowych wskaźników jakości wód (przewodności elektrycznej właściwej - PEW, odczynu pH, temperatury wody, stężeń chlorków Cl^- , siarczanów SO_4^{2-} , azotanów NO_3^{2-} , azotynów NO_2^{2-} , azotu amonowego NH_4^+) w wybranych punktach dokumentacyjnych. Każdorazowo przed poborem próbki otwory hydrogeologiczne były przepompowane za pomocą pomp zainstalowanych w otworach lub przy wykorzystaniu pomp przenośnych. Próbkę pobierane były zgodnie z procedurami stosowanymi przy wykonywaniu badań w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zakres oznaczeń także był analogiczny do zakresu przyjętego do oceny stanu chemicznego wód podziemnych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Lokalizacja obiektów hydrogeologicznych, które podlegały opróbowaniu w ramach II etapu prac przedstawiona została na mapie dokumentacyjnej (zał. 1).

Trzeci etap prac obejmował wykonanie badań w trakcie przeprowadzania zabiegu szczelinowania hydraulicznego w otworze LE-2H. W tym okresie zebrano dane dotyczące ilości wody wykorzystywanej do zabiegu szczelinowania i rozpoznano system obiegu wody w trakcie prowadzenia zabiegu stymulacji złoża.

W czwartym etapie prac monitorowano jakość wód podziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie otworu, wykonując pomiary i pobierając do oznaczeń laboratoryjnych próbki wody ze studni zlokalizowanej na terenie wiertni (ryc. 17).



Ryc.17. Profil studni zlokalizowanej na terenie ZG Łebień (na podstawie CBDH, PIG-PIB)

Wraz z zakończeniem wykonywania wszelkich zabiegów w otworze i jego szczelnym zamknięciem rozpoczęto ostatni, piąty etap prac zespołu w ramach niniejszej oceny, obejmujący badania końcowe. Celem oceny systemu zarządzania wodą w procesie, kontynuowano opróbowanie płynu technologicznego przechowywanego w basenie (powtórnie wykorzystanego w zabiegu). Po raz kolejny pobrano próbki wody ze studni zlokalizowanej na terenie wiertni, stanowiącej podstawowy punkt dokumentacyjny dla oceny stanu wód podziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie otworu. Jednocześnie, w oparciu o wyniki analiz chemicznych płynu szczelinującego, określono substancje

stanowiące znaczniki dla oceny oddziaływania przeprowadzonego zabiegu szczelinowania hydraulicznego na stan wód podziemnych (substancja nie występująca w sposób naturalny w przyrodzie, wyraźnie obecna w stosowanych płynach technologicznych oraz możliwa do oznaczenia w szerokim spektrum). Biorąc pod uwagę analizę warunków hydrogeologicznych oraz wyniki prac modelowych określono możliwości migracji potencjalnych zanieczyszczeń oraz wskazano punkty do dalszych badań i obserwacji. Opracowano rekomendacje do dalszych prac monitoringowych w rozpatrywanym obszarze.

7 Wyniki przeprowadzonych badań

7.1 Zjawiska sejsmiczne

Podczas pomiarów prowadzonych w okresie od 15 lipca do 30 września 2011 r. nie zarejestrowano żadnych lokalnych zjawisk sejsmicznych, które mogłyby mieć związek ze szczelinowaniem hydraulicznym na otworze łebień LE-2H.

Stacja sejsmiczna zlokalizowana najbliżej odwiertu (około 1 km) zarejestrowała sygnał parasejsmiczny generowany przez urządzenia wykorzystywane do zabiegu, głównie pompy, pracujące na powierzchni. W odniesieniu do norm budowlanych stwierdzono, że drgania generowane przez urządzenia pracujące w czasie szczelinowania nie stanowiły zagrożenia dla ludzi i budynków w okolicy.

Szczegółowe sprawozdanie z monitoringu sejsmicznego prowadzonego w rejonie ZG łebień stanowi załącznik 10 do niniejszego opracowania.

7.2 Emisje (gazy, hałas, promieniowanie)

Gazy emitowane do atmosfery

W wyniku przeprowadzonych pomiarów stężeń dwutlenku siarki, tlenków azotu, benzenu, metanu, tlenku węgla i siarkowodoru nie uzyskano wyników powyżej granicy oznaczalności stosowanego urządzenia. Oznacza to, że stężenia analizowanych składników są niższe niż wartości zestawione w tabeli 4. W większości wskaźników oznacza to również, że są co najwyżej równe lub niższe od wartości obowiązujących stężeń referencyjnych (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), uwzględniając niepewność rzędu wielkości, która mieści się w definicji stężenia referencyjnego.

Tabela 4. Progowie wartości wykrywalności analizatora Draeger CMS zastosowanego do bezpośrednich pomiarów zanieczyszczeń atmosfery

Wskaźnik	Stężenie	
	ppm	µg/m ³
dwutlenek siarki	0,4	517
dwutlenek azotu	0,5	646
benzen	0,2	259
metan	20,0	25 860
tlenek węgla	5,0	6 465
siarkowodór	0,2	259

Dodatkowo zastosowano technikę pomiarów pasywnych pozwalającą na zbadanie dużo niższych poziomów stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń. Do badań wytypowano dwutlenek siarki, dwutlenek azotu i benzen. Metoda polega na ciągłej sorpcji zanieczyszczeń z powietrza przez miesięczny okres ekspozycji. Próbniki, zlokalizowane na mapie dokumentacyjnej (Zał. 1.; punkty pomiarowe zanieczyszczeń powietrza nr 1 - 7), eksponowane były dwukrotnie, w okresach sierpień - wrzesień oraz październik - listopad 2011 r. Uzyskane wyniki z pierwszego okresu ekspozycji są o dwa rzędy wielkości mniejsze od stężeń referencyjnych (tabela 5).

Tabela 5. Wyniki pomiarów wskaźników zanieczyszczenia atmosfery metodą pasywną

Okres ekspozycji sierpień – wrzesień 2011		
Wskaźnik	Średnie stężenie $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stężenie referencyjne $\mu\text{g}/\text{m}^3$
dwutlenek siarki	5,54	200
dwutlenek azotu	9,61	350
benzen	0,70	30

Hałas

Pomiary hałasu wykonano w trzech punktach pomiarowych celem zobrazowania zmian związanych z emisją i rozprzestrzenianiem się w terenie. W tabeli 6 przedstawiono uśrednione wyniki serii pomiarowych. Normy poziomu hałasu w środowisku obowiązują na terenach zabudowanych.

Tabela 6. Wyniki pomiarów hałasu w okolicy Zakładu Górniczego Łebień

Nr zgodny z zał. 1	lokalizacja	Wyniki pomiarów dB			Wielkości normatywne* dB
		19.07.2011	19.08.2011	09.09.2011	
1	Granica zakładu (przy ogrodzeniu placu technologicznego)	38,1	62,9 – 76,0	56,4	nn
2	Przy drodze do Karlikowa Łębskiego	36,9	68,6	48,3	nn
3	Przy zabudowie mieszkaniowej w Karlikowie Łębskim	36,2	53,9	44,0	55,0

nn – nie normowane

* wg: Rozporządzenie MŚ z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz. U. 2007 nr 120 poz. 826

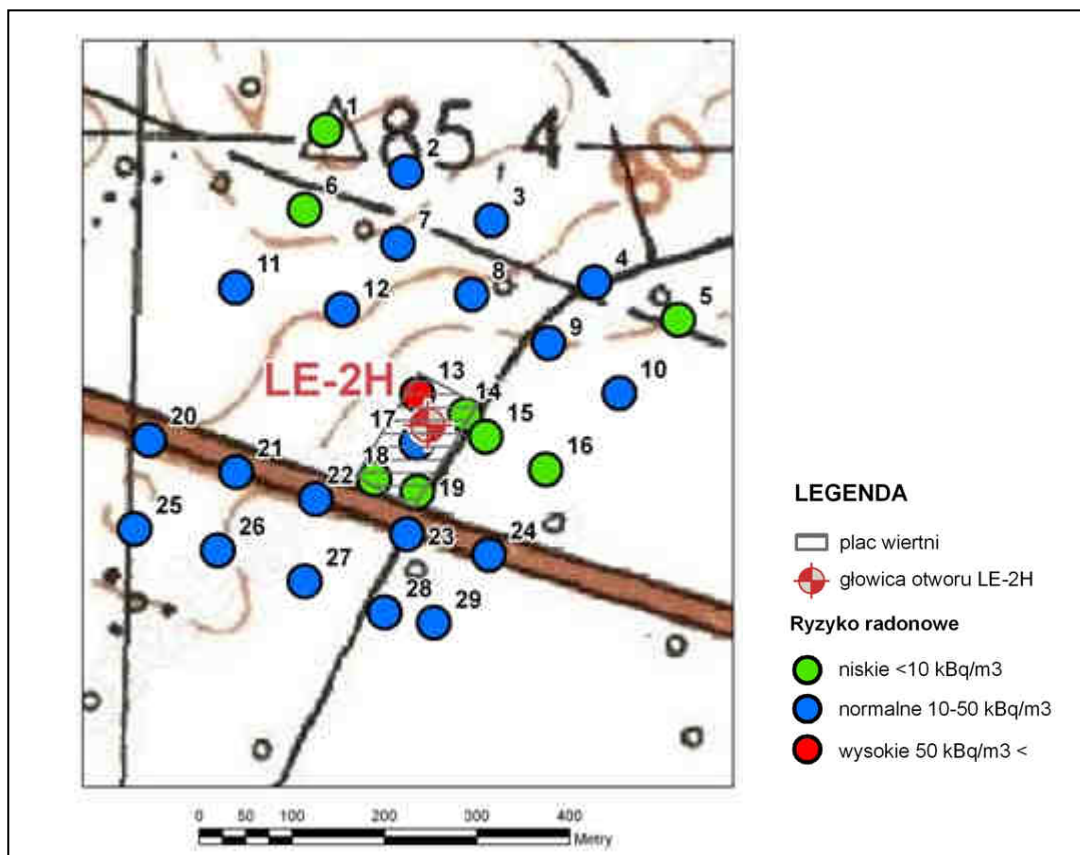
Głównym źródłem hałasu podczas szczelinowania jest praca silników wysokoprężnych dużej mocy. Na granicy zakładu, przy ogrodzeniu rejestrowano chwilowe poziomy hałasu na poziomie 77,5 dB. Po uwzględnieniu tła i czasu pracy równoważny poziom dźwięku osiągał 76 dB. Wraz ze wzrostem odległości ulega on wytłumieniu. Przy zabudowie mieszkalnej osiąga poziom 53,9 dB nie przekraczając dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku dla pory dziennej ustalonych na 55 dB.

Analiza stężenia radonu w powietrzu glebowym

Podczas pierwszej serii pomiarowej przed zabiegiem szczelinowania hydraulicznego w otworze LE-2H średnia arytmetyczna stężenia radonu (^{222}Rn) w glebach na badanym obszarze wyniosła 22,3 kBq/m^3 , przy wartościach zmieniających się od 2 kBq/m^3 do 101,5 kBq/m^3 . Zgodnie z przyjętą klasyfikacją ryzyka radonowego wg Akerblum (1986) (poniżej 10 kBq/m^3 – niskie, 10-50 kBq/m^3 – normalne, powyżej 50 kBq/m^3 – wysokie), 8 spośród wszystkich przeanalizowanych próbek charakteryzowało się niskim ryzykiem radonowym, 20 normalnym, 1 wysokim (ryc. 18).

Maksymalne stężenie radonu zanotowano w NW części obszaru wiertni, w odległości ok. 100 m od głowicy otworu LE-2H. W najbliższym sąsiedztwie głowicy otworu (ok. 5 m), wskazania zawartości radonu były na pograniczu małego i normalnego ryzyka radonowego (10,1 kBq/m^3). W pozostałych punktach zlokalizowanych na obszarze wiertni oraz na E od niej stwierdzono niskie ryzyko radonowe. Podobną sytuację zaobserwowano w NW i NE narożnikach siatki pomiarowej. W kolejnych punktach

wykazano średnie ryzyko radonowe. Spośród uzyskanych wyników 72% odpowiadało niskiemu ryzyku radonowemu, 24 % normalnemu i 4% wysokiemu.



Ryc. 18. Wyniki pomiarów stężenia radonu w powietrzu glebowym na tle podkładu topograficznego

W drugiej serii pomiarowej średnia arytmetyczna stężenia radonu (²²²Rn) dla badanych punktów wyniosła 8,7 kBq/m³, wartość minimalna 1,6 kBq/m³, a maksymalna 42,4 kBq/m³. 86% wyników mieściło się w granicach niskiego, a jedynie 14 % – średniego ryzyka radonowego.

Duże zróżnicowanie wartości stężeń radonu spowodowane jest zmiennością litologiczną i różną miąższością poszczególnych warstw. Szczególnie dobrze widać to w przypadku glin zwałowych. Wiąże się to z faktem, że gliny zwałowe w analizowanym rejonie reprezentowane są zarówno przez odmiany piaszczysto – żwirowe, jak i silnie ilaste. Dominuje w ich składzie materiał skandynawski, zawierający podwyższone koncentracje uranu. Ponadto przewarstwienia piaszczysto - żwirowe w obrębie glin powodują, że są one kolektorem emisji radonu. Należy nadmienić, że na terenie wiertni wykonano wyrównanie terenu, co wiązało się z uzupełnieniem deniwelacji terenu piaskiem (miejscami nawet do 1 m). Pobór próbek powietrza glebowego z tego typu gruntu dodatkowo wpływał na zróżnicowanie wyników badań.

Z porównania wyników badań wykonanych w obu seriach wynika, że po szczelinowaniu w otworze LE-2H średnia arytmetyczna stężenia radonu w powietrzu glebowym w badanych punktach uległa nieznacznemu zmniejszeniu. W punktach pomierzonych w obu seriach wyniosła 20,8 kBq/m³ w pierwszej i 8,7 kBq/m³ w drugiej serii. Spadek stężenia radonu zauważono w 6 z 7 analizowanych punktów. Rozpiętość przedziału stężenia radonu zasadniczo nie uległa zmianie. Stopień ryzyka radonowego w rejonie wyraźnie zmalał.

Obserwowanych zmian nie należy jednak wiązać z działalnością na terenie ZG Łebień. Przyczyną zaobserwowanych zmian w powietrzu glebowym mogły być m.in. zmienne czynniki atmosferyczne w dwóch okresach badawczych (ciśnienie, temperatura i wilgotność powietrza, prędkość wiatru itp), zmienny poziom zawodnienia gruntu oraz wynikająca z tego nieznacznie różna głębokość poboru próbek.

W obrębie strefy przyotworowej na terenie ZG Łebień nie stwierdzono podwyższonej koncentracji radonu (^{222}Rn) w powietrzu glebowym, stąd wyklucza się dyfuzję radonu wzdłuż np. rur okładzinowych odwiertu. W badanym rejonie radon (^{222}Rn) generowany jest w przypowierzchniowej strefie podłoża geologicznego. Uzyskane wyniki badań są charakterystyczne dla rejonu wykazującego bardzo zróżnicowaną litologię podłoża geologicznego.

7.3 Możliwości ekshalacji gazów złożowych

Analiza stężenia metanu w powietrzu glebowym

Badania metanu w powietrzu glebowym przed zabiegiem szczelinowania w otworze LE–2H ze względu na wykorzystaną metodykę dały wyniki o charakterze jakościowym, obrazujące rzędy wielkości stężeń jakie występują w badanym rejonie. Największe wartości zanotowano w gruntach organicznych w obniżeniach terenu – w punkcie nr 31 w Tawęcinie, na podmokłym terenie w sąsiedztwie cieku (ryc. 19) oraz w punktach nr 36 przy rozlewisku w rejonie Rekowa Lęborskiego i nr 38 na torfiastych łąkach wzdłuż Kisewskiej Strugi (ryc. 20 i 21). Stężenie metanu w pozostałych punktach było niewielkie. Jedynie w jednym punkcie, zlokalizowanym na wiertni otrzymano niejednoznaczne wyniki. Kilka pomiarów wykonanych w krótkich odstępach czasu dało odczyty od zera do kilkuset ppm. Ze względu na lokalizację w pobliżu wjazdu na teren obiektu oraz skokowe odczyty pomiarów uznano ten pomiar za mało wiarygodny. Późniejsze badania INiG nie potwierdziły obecności metanu w tym miejscu.



Ryc. 19. Punkt pomiaru stężenia metanu nr 31 – Tawęcino Nad Torem



Ryc. 20. Punkty pomiaru stężenia metanu nr 36 i 37 – Rekowo Lęborskie



Ryc. 21.: Punkt pomiaru stężenia metanu nr 38 – łąka nad Kisewską Strugą

Badania wykonane przez Instytut Nafty i Gazu w dniach 5 – 7 września 2011 r, po zabiegach szczelinowania na otworze, potwierdzają występowanie niskiego (znacznie poniżej 100 ppm) tła geochemicznego metanu oraz obecność metanu biogenicznego na terenach podmokłych i zatorfionych. Dodatkowym potwierdzeniem biogenicznego pochodzenia gazu są wyniki badań składu izotopowego węgla w dwutlenku węgla, w których δC^{13} wynosi około -22‰ .

Na podstawie wykonanych badań w rejonie ZG Łebień, Instytut Nafty i Gazu nie stwierdził żadnych przejawów migracji gazów złożowych bezpośrednio po przeprowadzeniu zabiegu szczelinowania w otworze LE-2H.

Szczegółowe sprawozdanie z prac wykonanych przez INiG w rejonie ZG Łebień stanowi załącznik 11 do niniejszego opracowania.

7.4 Płyiny technologiczne i odpady

Płyiny technologiczne

Płyn szczelinujący do zabiegu wykonanego w ZG Łebień przygotowywany był przez firmę Schlumberger na terenie zakładu, bezpośrednio w trakcie trwania zabiegu. Substancje wykorzystane do jego produkcji zostały dostarczone w opakowaniach firmowych z identyfikatorami wymaganymi przepisami prawa polskiego i międzynarodowego (ryc. 22).



Ryc. 22. Identyfikatory i certyfikaty pochodzenia na opakowaniach składników płynu szczelinującego

Płyn zwrotny po zabiegu szczelinowania hydraulicznego był oczyszczany z substancji stałych w procesie filtracji, co umożliwiło jego ponowne użycie do procesów technologicznych.

Linia oczyszczająca dla płynu zwrotnego została zbudowana przez firmę Mi SWACO. W pierwszym etapie oczyszczania płyn powracający z otworu przechodził przez separator gazu i kondensatu, po czym trafiał do zbiorników, gdzie następowała wstępna separacja sedymentacyjna. Dalej płyn transportowany był za pomocą pompy wirowej na sito wibracyjne, wyposażone w 4 ekrany oddzielające cząstki o średnicy 100 mikronów. Pozwoliło to oddzielić największe zawiesiny i zapewniło przerobienie dużych ilości płynu w czasie ($1,8 \text{ m}^3/\text{min}$). Następnie płyn przesyłany był do urządzenia filtracyjnego z workami zatrzymującymi zawiesinę o średnicy 100 mikronów i 50 mikronów, a w zależności od potrzeb, również 25 mikronów. Kolejnym elementem linii technologicznej oczyszczania mechanicznego było dwukomorowe urządzenie filtracyjne z kartridżami (ryc. 23). Dla początkowych partii płynu zastosowano średnicę 20 mikronów, a następnie średnicę 10 mikronów. Jednocześnie pracowały 104 kartridże. Oczyszczony płyn kierowany był z linii filtracyjnej do powierzchniowego zbiornika na wodę technologiczną.



Ryc. 23. Urządzenie filtrujące z kartridżami

Na potrzeby niniejszego opracowania zestawiono bilans wodny wykonanego zabiegu szczelinowania hydraulicznego (tabela 7). Łącznie we wszystkich zabiegach do otworu zatłoczono 21 240,19 m³ wody technologicznej. Największa jej ilość w postaci płynu szczelinującego – 17 784,69 m³ (17 322,6 m³ wody plus 462,09 m³ substancji chemicznych) została zatłoczona w trakcie szczelinowania hydraulicznego. W momencie zwiercania korków oddzielających poszczególne interwały szczelinowania, rozpoczęło się stopniowe odbieranie płynu z otworu. W czasie testów produkcyjnych sukcesywnie zdejmowany był gradient ciśnienia, co skutkowało oddawaniem płynu zwrotnego przez otwór. Łącznie w trakcie procesu zwiercania korków oraz testów gazowych z odwiertu odebrano 2 780,7 m³ płynu, co stanowi ok. 15,6 % ilości zatłoczonej cieczy.

Tabela 7. Bilans wodny procesu szczelinowania hydraulicznego w otworze LE-2H

Rodzaj prac	Ilość wody technologicznej zatłoczonej do otworu	Ilość powracającej wody technologicznej w czasie procesu	Ilość płynu zwrotnego ze szczelinowania
	[m ³]		
Przygotowanie odwiertu do zabiegu szczelinowania	324,0	324,0	-
Szczelinowanie	17 784,69	-	-
Zwiercanie korków	3 131,5	3131,5	805,5
Testy gazowe	-	-	1 975,2
Razem	21 240,19	3455,5	2 780,70

Wyniki badań chemizmu w pobranych próbkach wód technologicznych (zał. 6) pozwoliły na następujące spostrzeżenia:

- woda w zbiorniku nr 2, z którego była brana do procesu, różniła się znacznie pod względem chemicznym od wody ze studni wierconej, zawierała wielokrotnie więcej chlorków, sodu i baru, a również węgla organicznego, potasu, boru, żelaza i niektórych metali;
- skład chemiczny powracającego płynu był bardzo zmienny, najwyższe ładunki zanotowano po otworzeniu wszystkich korków w pierwszych dniach testów gazowych, gdy zaczął docierać do powierzchni właściwy płyn zwrotny ze szczelinowania;

- w miarę trwania testów gazowych zmniejszała się ilość wracającego płynu i w zbiorniku nr 1, do którego zrzucano oczyszczony płyn, ładunki chemiczne były nieznacznie niższe przez rozcieńczenie wcześniejszymi, uboższymi w substancje chemiczne partiami;
- w zbiorniku nr 2, do którego przepompowano pod koniec testów gazowych zawartość zbiornika nr 1, zanotowano kilkakrotnie niższe ładunki substancji chemicznych niż w oczyszczonym płynie zwrotnym pobieranym z instalacji i cieczy ze zbiornika nr 1.

Obserwacje te pozwoliły na ustalenie lub potwierdzenie następujących faktów:

- nie cała woda użyta do zabiegu szczelinowania pochodziła bezpośrednio ze studni – w zbiorniku przechowywany był płyn technologiczny, odzyskany w procesie odwadniania płuczki wiertniczej;
- płyn zwrotny rozumiany jako część płynu szczelinującego oddawanego przez odwiert w czasie zwiercania korków oddzielających poszczególne interwały szczelinowania dociera do powierzchni w bardzo niewielkiej ilości; większa jego objętość wraca dopiero po zaprzestaniu pompowania jakiegokolwiek płynu do otworu i ma wyraźnie wyższe ładunki chemiczne niż płyn odbierany w czasie zwiercania korków i czyszczenia otworu przy użyciu obiegu płynu technologicznego;
- początkowo stopień oczyszczenia płynu zwrotnego nie był zadowalający, filtry szybko się zatykały, a płyn trafiający do zbiornika nr 1 był słabo oczyszczony; sytuacja poprawiła się po zastosowaniu sita wibracyjnego, a płyn ze zbiornika 1 ponownie przefiltrowano;
- nie wykorzystano całej wody zgromadzonej do szczelinowania w zbiorniku nr 2 dlatego po końcowym przefiltrowaniu płynu ze zbiornika nr 1 do zbiornika nr 2 na skutek rozcieńczenia wyraźnie spadły stężenia badanych substancji.

Badania toksykologiczne również potwierdziły zmienność właściwości płynów technologicznych. Próbką roztworu kwasu solnego była silnie toksyczna dla roślin wyższych i ekstremalnie toksyczna dla pozostałych bioindykatorów. Próbką płynu szczelinującego była słabo toksyczna do toksycznej w odniesieniu do roślin wyższych, ryb i glonów, natomiast silnie toksyczna dla skorupiaków. Próbką płynu zwrotnego po zwierceniu drugiego korka była toksyczna dla wszystkich organizmów testowych i silnie toksyczna dla skorupiaków. Próbką płynu szczelinującego po zwierceniu korków piątego i szóstego wykazała mniejsze zakresy wartości jednostek toksyczności ostrej: nie toksyczna lub słabo toksyczna dla roślin wyższych i ryb oraz toksyczna dla glonów i skorupiaków. Próbką płynu zwrotnego pobranego po azotowaniu była toksyczna i silnie toksyczna dla organizmów testowych oraz ekstremalnie toksyczna w odniesieniu do skorupiaków. Nieco niższe wartości jednostek toksyczności ostrej zanotowano dla próbki płynu zwrotnego pobranego tuż przed zamknięciem otworu. Szczegółowe sprawozdanie z badań toksykologicznych stanowi załącznik 12 do niniejszego opracowania

Gospodarka odpadami

Podczas prac związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym w celu poszukiwania gazu łupkowego wytworzone zostały dwie podstawowe grupy odpadów:

- odpady związane z pracami wiertniczymi i samym szczelinowaniem. Odpady te będą w dalszej części pracy nazywane "odpadami wiertniczymi" lub "odpadami wydobywczymi",
- odpady powstające w związku z funkcjonowaniem wiertni, prowadzeniem prac pomocniczych, przebywaniem pracowników na wiertni, itp - zakwalifikowane do grup: 13, 15, 16 i 20 (np. sorbenty, środki czystości, oleje i smary, odpady komunalne). Odpady te powstawały podczas wszystkich prac związanych z wykonywaniem otworu i nie jest możliwe określenie, jaka ich masa została wytworzona podczas procesów szczelinowania. Odpady te nie są przedmiotem rozważań w niniejszym opracowaniu, jednakże stwierdzono, że gospodarka nimi odbywa się w sposób prawidłowy i zgodny z posiadanymi decyzjami (m.in. selektywne zbieranie, przekazywanie uprawnionym podmiotom) (ryc. 24).



Ryc. 24. Pojemniki do selektywnej zbiórki odpadów na terenie ZG Łebień

W celu uzyskania niezbędnych decyzji związanych z gospodarką odpadami firma Lane Energy Poland Sp. z o.o. wystąpiła do Marszałka Województwa Pomorskiego z wnioskiem z dnia 20.02.2011 r. o wydanie decyzji zatwierdzającej program gospodarowania odpadami wydobywczymi (zgodnie z art. 9. ust. 1 i 3, art. 11. ust. 1 oraz art. 40 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych, organem właściwym w sprawach odpadów wydobywczych dla przedsiębiorstw, dla których koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie, wydobywanie kopalin ze złoża udziela Minister właściwy do spraw środowiska lub Marszałek Województwa jest Marszałek Województwa). Firma wystąpiła o decyzję z terminem ważności dwóch lat.

Przed wydaniem decyzji Marszałek Województwa Pomorskiego zwrócił się z prośbą o zaopiniowanie ww. wniosku firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o. do:

- Wójta Gminy Nowa Wieś Lęborska (pismo nr DROŚ-S.7240.91.2011 EB z dnia 31 marca 2011 r.),
- Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu (pismo DROŚ-S.7240.91.2011 EB z dnia 31 marca 2011 r.).

Oba powyższe organy pozytywnie zaopiniowały ww. wniosek o wydanie decyzji zatwierdzającej program gospodarowania odpadami wydobywczymi przez firmę Lane Energy Poland Sp. z o.o.:

- postanowienie Wójta Gminy Nowa Wieś Lęborska z dnia 6 kwietnia 2011 r. (pismo nr RR.6230.2.2011),
- postanowienie Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego w Poznaniu z dnia 18 kwietnia 2011 r. (pismo nr 001/521/0022/11/02343/BP).

Marszałek Województwa Pomorskiego wydał dnia 2 maja 2011 r. decyzję zatwierdzającą program gospodarowania odpadami wydobywczymi dla firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o. powstającymi na terenie wiertni Łebień LE-2H (pismo nr DROŚ-S.EB.7240.20011.EB).

Ponadto, firma Lane Energy Poland Sp. z o.o. złożyła do Starosty Powiatu Lęborskiego wniosek o wydanie decyzji zatwierdzającej program gospodarki odpadami niebezpiecznymi (zgodnie z art. 17 ust. 1 pkt.1, art. 19 ust. 2 pkt.3 i ust. 5 oraz art. 21 i 63 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach). Starosta Powiatu Lęborskiego zwrócił się do Wójta Gminy Nowa Wieś Lęborska o zaopiniowanie wniosku, który wydał dnia 6 kwietnia 2011 r. pozytywną opinię (pismo

nr RR.6230.1.2011). Dnia 18 kwietnia 2011 r. Starosta Powiatu Łębskiego wydał decyzję zatwierdzającą Program gospodarki odpadami niebezpiecznymi (pismo nr OŚ.II.7644-79/10). Decyzja obowiązuje do 31 grudnia 2011 r.

W dniu 21.03.2011 r. Lane Energy Poland Sp. z o. o. przedłożyła Staroście Łębskiemu informację o odpadach innych niż niebezpieczne, powstających w trakcie prowadzenia prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż węglowodorów na otworze łebień LE-2H.

Podczas prac związanych z zabiegiem szczelinowania hydraulicznego w łebieniu wytworzono odpady wiertnicze, zaliczone według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów do grupy 01² podgrupy 01 05³ rodzaju 01 05 08⁴. Wytworzone odpady wydobywcze miały konsystencję stałą, płynną lub półpłynną. Zostały zagospodarowane w dwojaki sposób, zgodnie z posiadanymi przez firmę Lane Energy Poland Sp. z o.o. decyzjami.

Odpady o konsystencji stałej zawierały głównie piasek kwarcowy (propant), który został odzyskany z płynu zwrotnego na filtrach i kartridżach omówionego wcześniej systemu oczyszczania płynu zwrotnego lub rozsypał się po terenie zakładu w czasie transportu i przesypywania do urządzeń produkujących płyn szczelinujący. Odpady te w ilości 7,9 Mg przekazane zostały firmie PHU Trade Michał Leśny, Zawady 12, 63-520 Grabów nad Proszą, posiadającemu decyzję Starosty Łębskiego z dnia 14.04.2010 r. – zezwolenie na prowadzenie odzysku odpadów. Odpady wytworzone w procesie szczelinowania użyte zostały do rekultywacji składowiska odpadów w Lucinie, gmina Wicko według posiadanej przez operatora technologii. Odpady wydobywcze na składowisko w Lucinie transportowała firma FHU Mikom, ul. Chełmińska 24, 64-550 Duszniki, posiadający decyzję Starosty Szamotulskiego z dnia 21.06.2010 r. – zezwolenie na prowadzenie transportu odpadów.

Technologia odzysku odpadów wiertniczych do technicznego zamykania i rekultywacji składowiska, w oparciu o którą prowadzona była rekultywacja składowiska w Lucinie zakłada wykonanie prac w pięciu etapach:

- identyfikacja odpadów – określenie kodu oraz rozpoznanie wyników analiz fizykochemicznych i reologicznych pod kątem wymogów ich zastosowania i doboru środków stabilizujących – zestalających. Etap ten stanowił akceptację odpadów do odzysku.
- selekcja – w zależności od wyników kontroli jakości odpadów, miały być one użyte do różnych celów przy rekultywacji.
- stabilizacja – zestalanie – mieszanie i granulowanie odpadów ze spoiwami - cementem, aktywnymi popiołami lotnymi, bentonitem, gipsem, itp.
- komponowanie na materiał użytkowy przez zagęszczanie i dokruszanie.
- monitoring – użyte odpady podlegać miały kontroli jakościowo-ilościowej.

Nie udało się dotrzeć do dokumentów, które potwierdzałyby, że powyższe wymagania w przypadku odpadów z procesu szczelinowania z ZG Łebień zostały spełnione. Wizyty na składowisku w Lucinie jedynie częściowo potwierdziły wykonywanie selekcji odpadów, nie jest też pewne, że były przeprowadzane badania fizykochemiczne i reologiczne w tej części materiału. Wiadomo jedynie, że firma PHU Trade nie zakwestionowała odpadów pochodzących z procesu szczelinowania jako nie spełniających wymogów opracowanej technologii oraz, że faktycznie wykonywała okresowo badania przygotowywanych przez siebie mieszanek. Dodatkowo kontrola przeprowadzona w dniach 20 października - 4 listopada 2011 r. przez WIOŚ na terenie składowiska w Lucinie nie stwierdziła naruszeń i nieprawidłowości.

² Odpady powstające przy poszukiwaniu, wydobywaniu, fizycznej i chemicznej przeróbce rud oraz innych kopalin

³ Płuczki wiertnicze i inne odpady wiertnicze

⁴ Płuczki wiertnicze zawierające chlorki i odpady inne niż wymienione w 01 05 05 i 01 05 06

Pozostała masa odpadów, w tym osad pochodzący ze zbiornika powierzchniowego, w którym gromadzono oczyszczony płyn technologiczny, o konsystencji bardziej płynnej, została również zaklasyfikowane pod kodem 01 05 08 i w ilości 86,4 Mg trzema transportami przekazane Spółce z o.o. Port Service, ul. Mjr Sucharskiego 75, 80-601 Gdańsk (posiadającej decyzję Wojewody Pomorskiego z dnia 15.07.2005 r. – pozwolenie zintegrowane na prowadzenie instalacji do odzysku i unieszkodliwiania odpadów).

W kartach przekazania tej partii odpadów, nie został wskazany rodzaj procesu, któremu powinien zostać poddany odpad, a przekazujący nie wnioskował o wydanie dokumentu potwierdzającego odzysk i recykling. Wiadomo jednak, że spółka Port Service prowadzi instalację - Stację Termicznej Obróbki Odpadów, w której dokonuje utylizacji odpadów w temperaturze 1100°C (z równoczesnym prowadzeniem odzysku ciepła z odpadów). Technologia zapewnia pełne unieszkodliwienie odpadów, a zastosowany system oczyszczania spalin zapewnia parametry emisji nie stwarzające zagrożenia dla środowiska. Popiół ze spalania odpadów jest badany i w zależności od właściwości jest przekazywany na składowisko: odpady inne niż niebezpieczne - do Konina, odpady uznane za niebezpieczne – do kraju członkowskiego UE.

7.5 Wpływ na wody powierzchniowe

Stan czystości Kisewskiej Strugi przed wykonaniem zabiegu szczelinowania charakteryzuje próbka pobrana dnia 19.07.2011 r. Wykorzystano również wyniki archiwalne okresowych badań stanu czystości Kisewskiej Strugi wykonanych w 2009 r. przez WIOŚ Gdańsk, Delegatura w Słupsku.

Tabela 8. Wyniki badań wód powierzchniowych wykonanych przed zabiegiem szczelinowania

Lp	Wskaźnik	Pobór 2009 r (średnia z 12 wyników)	Pobór 19.07.2011 r.	Wielkości normatywne*
1	odczyn pH	7,9	8,1	6-8,5
2	tlen rozpuszczony (mg/l)	9,73	9,78	>7
3	BZT ₅ (mg/l)	4	1,4	<3
4	chlorki (mg/l)	no	10,9	<200
5	siarczany (mg/l)	no	36,4	<150
6	sód (mg/l)	no	0,592	nn
7	potas (mg/l)	no	3,07	nn
8	azot azotynowy i azotanowy suma (mg/l)	1,72	1,58	nn
9	azot ogół. Kjeld. (mg/l)	0,848	0,756	2
10	azot ogólny (mg/l)	2,57	2,34	<5
11	OWO (mg/l)	9,41	4,27	<10
12	węglowodory suma C10-C40 (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,2
13	bor (mg/l)	no	<0,010	<2
14	detergenty anionowe (mg/l)	no	<0,1	nn
15	detergenty niejonowe (mg/l)	no	<1,0	nn
16	siarczki (mg/l)	no	0,11	nn

* wg: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz. U. 2008 nr 162 poz. 1008

	no - nie oznaczono, nn - nie normowane
	wielkości normatywne dotrzymane
	wielkości normatywne przekroczone

Badania wykonywano w przekroju pomiarowym przy ujściu Kisewskiej Strugi do rzeki Łeby. Punkt ten znajduje się poniżej ewentualnego dopływu zanieczyszczeń z zakładu górniczego w Łebieniu. Wyniki obrazujące dobrą jakość wód przedmiotowego cieku przed wykonaniem zabiegu

szczelinowania przedstawiono w tabeli 8. Prezentowane wyniki archiwalne to uśrednione stężenia wskaźników zanieczyszczeń z 12 comiesięcznych poborów prób. Przedstawiono wskaźniki zbieżne z wytypowanymi na potrzeby obserwacji jakości wód powierzchniowych związanych z badaniami środowiskowymi w Łebieniu.

Kolejne próbki pobrano po wykonaniu zabiegu szczelinowania, w dniach: 30.08. oraz 20.09.2011 r. Odniesienie do obowiązujących norm prezentuje tabela 9. Wszystkie normowane wskaźniki dotrzymują obowiązujących wielkości normatywnych. Analizowane próbki dotrzymują wartości graniczne właściwe dla I klasy jakości wód według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych. Nie wykryto obecności detergentów (poniżej granicy oznaczalności).

Tabela 9. Wyniki badań wód powierzchniowych wykonanych po zabiegu szczelinowania

Lp	Wskaźnik	Pobór 30-08-2011	Pobór 20-09-2011	Wielkości normatywne*
1	odczyn pH	7,7	7,8	6-8,5
2	tlen rozpuszczony (mg/l)	10,19	9,87	>7
3	BZT5 (mg/l)	1,1	1,4	<3
4	chlorki (mg/l)	11,8	11,7	<200
5	siarczany (mg/l)	36,9	33,7	<150
6	sód (mg/l)	5,69	5,67	nn
7	potas (mg/l)	1,76	1,86	nn
8	azot azotynowy i azotanowy suma (mg/l)	1,49	1,65	nn
9	azot ogół. Kjell. (mg/l)	1,02	0,825	2
10	azot ogólny (mg/l)	2,51	2,48	<5
11	OWO (mg/l)	4,49	5,19	<10
12	węglowodory suma C10-C40 (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,2
13	bor (mg/l)	<0,010	<0,010	<2
14	detergenty anionowe (mg/l)	<0,1	<0,1	nn
15	detergenty niejonowe (mg/l)	<1,0	<1,0	nn
16	siarczki (mg/l)	<0,04	<0,04	nn

* wg: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz. U. 2008 nr 162 poz. 1008

	no - nie oznaczono, nn - nie normowane
	wielkości normatywne dotrzymane
	wielkości normatywne przekroczone

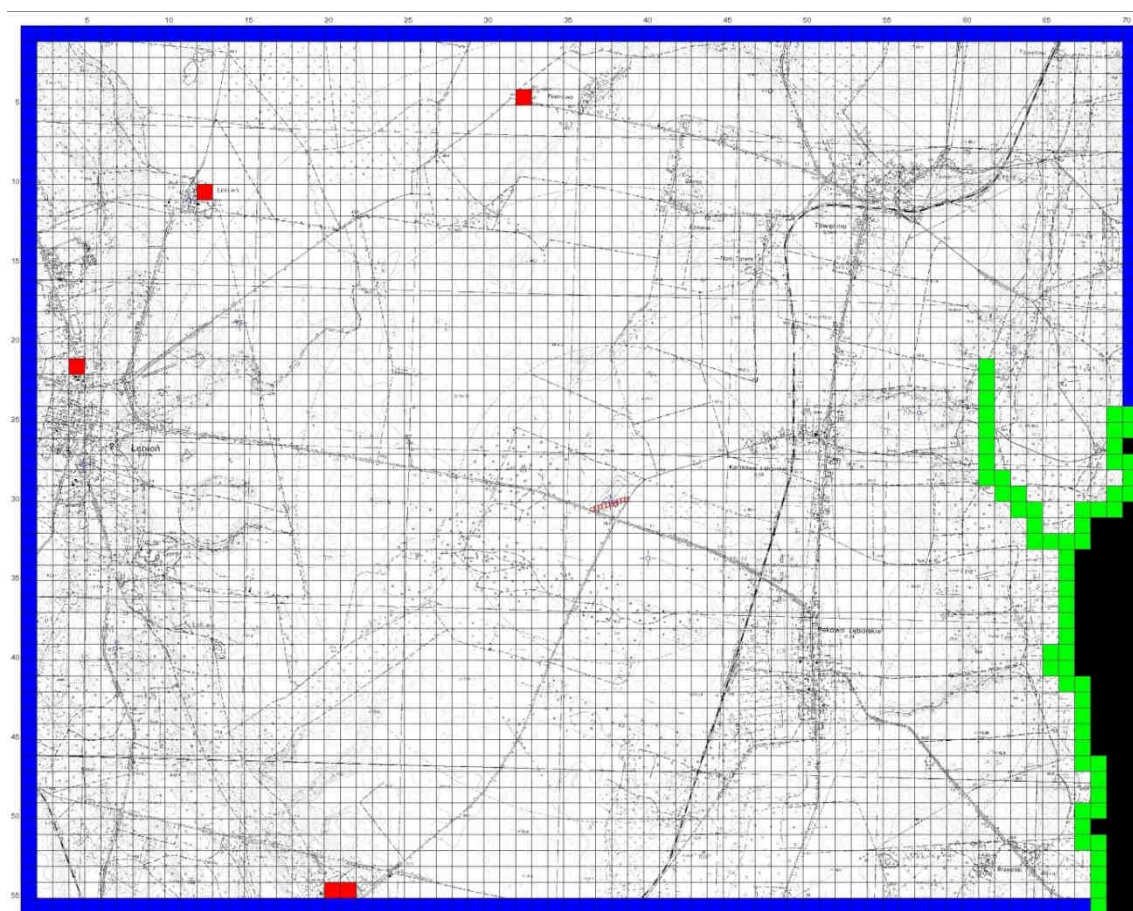
7.6 Wpływ na wody podziemne

Model numeryczny warunków hydrodynamicznych obszaru badań

Celem określenia warunków hydrogeologicznych panujących w rejonie prowadzonych prac oraz zdefiniowania możliwości migracji potencjalnych zanieczyszczeń wykonano model numeryczny. Do modelowania matematycznego użyto programu Groundwater Vistas v. 5.39 (moduły liczące MODFLOW i MODPATH oraz moduł kalibracyjny PEST). Do zarządzania danymi uzyskanymi podczas prac terenowych oraz archiwalnymi danymi hydrogeologicznymi wykorzystano środowisko ArcGIS 9.1. Dla przeprowadzenia badań modelowych dokonano dyskretyzacji obszaru badań, określono granice modelu, zdefiniowano jego warunki brzegowe, dokonano schematyzacji warunków hydrogeologicznych, wybrano odpowiedni algorytm obliczeniowy oraz wykonano kalibrację modelu dla określenia efektywnych wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej. Obszar badań

zdiskretyzowany został kwadratową siatką o kroku 100 m. Rozmiar siatki dyskretyzacyjnej wynosi 70 kolumn i 56 wierszy. Całkowita powierzchnia zdiskretyzowanego obszaru wynosi 39,2 km². Model wykonano w układzie współrzędnych PUWG-1992.

Północną, zachodnią, południową i częściowo wschodnią granicę modelu odwzorowano warunkiem brzegowym 1-szego rodzaju o zadanym położeniu zwierciadła wody podziemnej. Południowy odcinek wschodniej granicy oparto o Kisewską Strugę, gdzie założono warunek brzegowy 3-go rodzaju. Warunek ten ustalono w oparciu o rzędne zwierciadła wody w tych rzekach na podstawie mapy topograficznej w skali 1:10 000 oraz terenowe pomiary geometrii koryta i pomiary rzędnej zwierciadła wody. Zasilanie infiltracyjne wód podziemnych w obszarze modelu oraz pobór wody przez studnie odwzorowano warunkiem brzegowym 2-go rodzaju (ryc. 25).



Ryc. 25. Warunki brzegowe: niebieski – I (constant head), czerwony – II (well), czarny – II (no flow), zielony – III (river)

W procesie schematyzacji hydrogeologicznej określono, iż na obszarze badań występuje jeden użytkowy poziom wodonośny, o zwierciadle napiętym oraz lokalnie swobodnym, w piaszczysto - żwirowych utworach czwartorzędu, z nieciągłymi przewarstwieniami nieprzepuszczalnymi o niewielkiej miąższości i rozprzestrzenieniu. Zbudowany model przepływu wód jest więc modelem jednowarstwowym. Wody podziemne zasilane infiltracją opadów atmosferycznych przemieszczają się generalnie w kierunku południowo wschodnim ku Kisewskiej Strudze oraz południowo zachodnim w kierunku Kanału Łębskiego i Łęby, które są tu bazą drenażu. Przedmiotowy obszar leży na wododziale niskiego rzędu pomiędzy Łębą a jej dopływem Kisewską Strugą. Tak zdefiniowany schemat hydrogeologiczny uzupełniono o następujące założenia:

- spąg poziomu wodonośnego jest szczelny,
- pole prędkości filtracji wód podziemnych jest stałe w czasie,

- składowa pionowa prędkości przepływu wody podziemnej jest zaniedbywana w stosunku do składowej poziomej,
- przedmiotowy poziom wodonośny jest w kontakcie hydraulicznym z Kisewską Strugą.

Zastosowany matematyczny model ustalonego w czasie przepływu wód podziemnych to przedstawione poniżej równanie:

$$\frac{\partial}{\partial x}(m(x,y)k(x,y)\frac{\partial H(x,y)}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(m(x,y)k(x,y)\frac{\partial H(x,y)}{\partial y}) + Q_{inf}(x,y) + Q_{st}(x,y) = 0$$

gdzie:

$H(x,y)$ – położenie zwierciadła wody podziemnej w punkcie (x,y)	[L]
$m(x,y)$ – miąższość warstwy wodonośnej w punkcie (x,y)	[L]
$k(x,y)$ – współczynnik filtracji w punkcie (x,y)	[L/T]
$Q_{inf}(x,y)$ – natężenie infiltracji w punkcie (x,y)	[L ³ /T]
$Q_{st}(x,y)$ – wydatek studni w punkcie (x,y)	[L ³ /T]

Przedstawione równanie rozwiązywane jest metodą różnic skończonych przy zastosowaniu prostokątnej sieci dyskretyzacyjnej o stałym kroku.

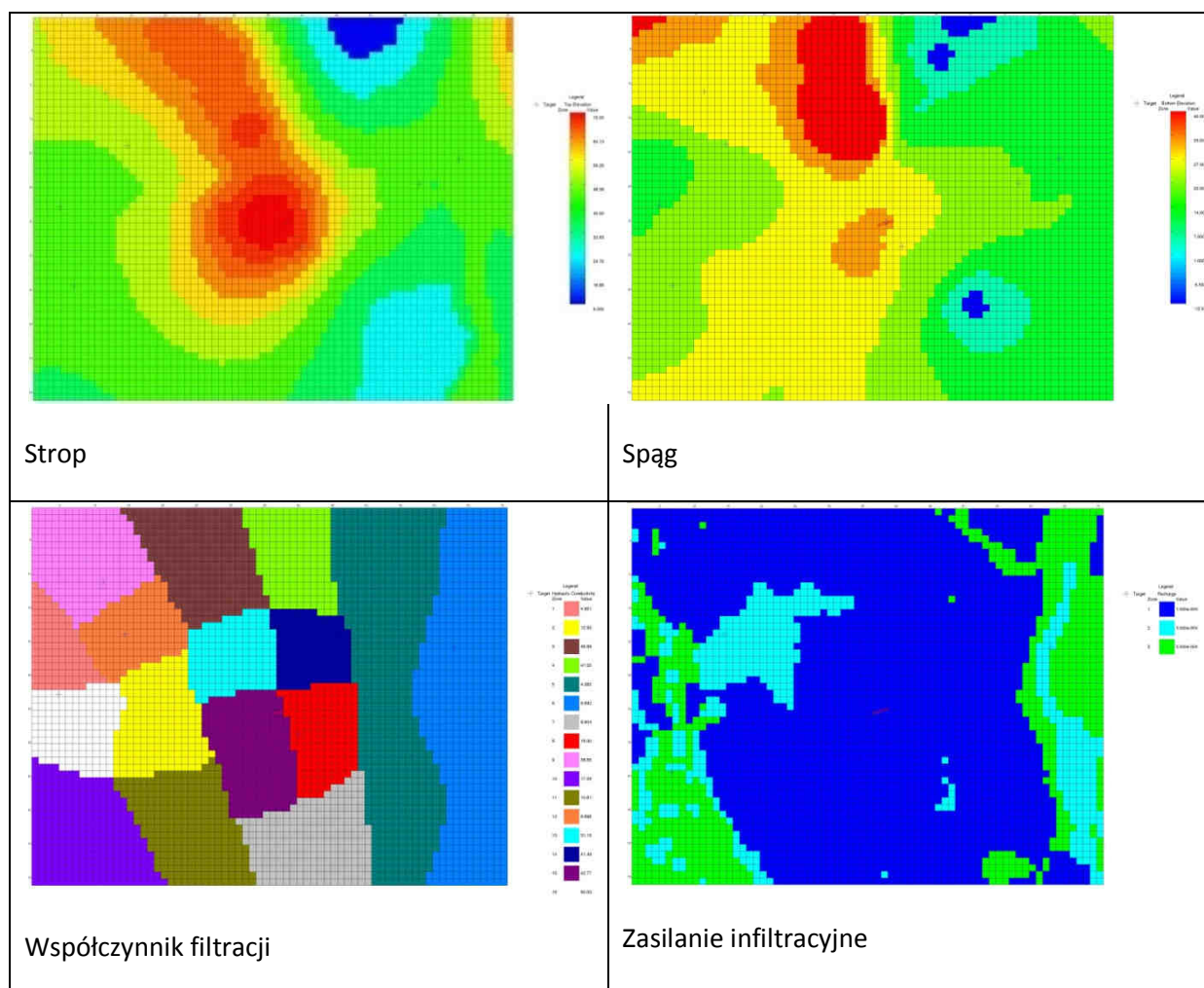
Przyjęty schemat obliczeniowy zakłada wprowadzenie dla poszczególnych bloków obliczeniowych wartości rzędnych stropu i spągu warstwy wodonośnej oraz współczynnika filtracji. W przypadku obszarów o zwierciadle swobodnym strop stanowi wyliczone przez model zwierciadło wód podziemnych. Rzędne spągu i stropu wprowadzono poprzez import plików przygotowanych w programie ArcGIS 9.1 i utworzonych na podstawie interpolacji danych z otworów hydrogeologicznych przewiercających spąg i/lub strop warstwy wodonośnej. Do interpolacji danych użyto metody Inverse Distance Weighting (IDW) dostępnej w module Geostatistical Analyst (ryc. 26).

Wstępnie obraz rozkładu współczynnika filtracji warstwy wodonośnej uzyskano poprzez interpolację wartości współczynnika „k” (z próbnych pompowań) dostępnych w Centralnym Banku Danych Hydrogeologicznych. Przestrzenna interpretacja współczynnika filtracji nie została uwiarygodniona w procesie kalibracji modelu. W procesie tym gradientowy rozkład uzyskany z interpolacji został odrzucony i zastąpiony układem mozaikowym utworzonym w oparciu o wykształcenie geomorfologiczne, w którym wyróżniono 16 obszarów i wstępnie przypisano jednakową wartość 20,0 m/d. Wartość ta była następnie zmieniana w procesie tarowania automatycznego przy użyciu modułu PEST (ryc. 26). Uzyskano następujące wartości dla poszczególnych obszarów (w m/d):

I – 4.95	V – 4.28	IX – 38.85	XIII – 31.15
II – 12.95	VI – 6.69	X – 17.59	XIV – 41.49
III – 48.87	VII – 8.90	XI – 10.61	XV – 42.77
IV – 47.35	VIII – 16.00	XII – 8.89	XVI – 60.00

Zasilanie infiltracyjne modelu zadano w wysokości wynikającej ze średniego z wielolecia natężenia opadów atmosferycznych i budowy geologicznej terenu (na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 – arkusz i autor). Dla modelu ustalono 3 zgeneralizowane klasy wartości wskaźnika infiltracji (ryc. 26):

- I – 0.0001 m³/24h/m² – dla obszarów zbudowanych z gruntów słabo przepuszczalnych,
- II – 0.0003 m³/24h/m² – dla obszarów zbudowanych z gruntów średnio przepuszczalnych,
- III – 0.0005 m³/24h/m² – dla obszarów zbudowanych z gruntów dobrze przepuszczalnych.



Ryc. 26: Parametry modelu

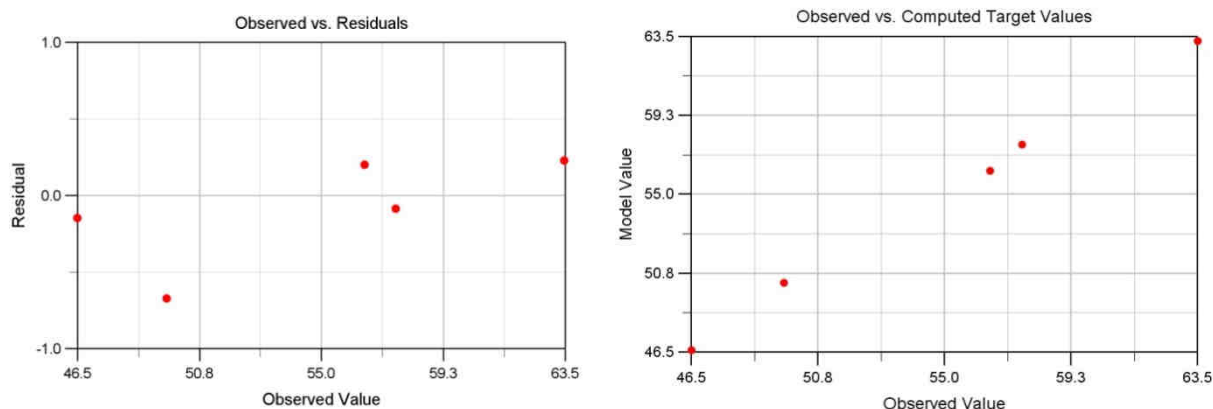
W tabeli 10 przedstawiono ogólny bilans modelu ($m^3/24h$).

Tabela 10: Ogólny bilans modelu

IN	OUT
CONSTANT HEAD = 23253.0293	CONSTANT HEAD = 22920.7051
WELLS = 0.0000	WELLS = 232.0000
RIVER LEAKAGE = 0.0000	RIVER LEAKAGE = 7116.2769
RECHARGE = 7016.0000	RECHARGE = 0.0000
TOTAL IN = 30269.0293	TOTAL OUT = 30268.982

Podstawowym kryterium kalibracji modelu była zgodność stanu hydrodynamicznego strumienia wód podziemnych zarejestrowanego podczas kartowania hydrogeologicznego ze stanem otrzymanym w wyniku symulacji komputerowej. Analizie podlegało położenie zwierciadła pomierzonego i obliczonego w 5 punktach referencyjnych (target type head).

W procedurze kalibracji modelu (metodą automatyczną) za pomocą modułu PEST modyfikowano określone na modelu hydrogeologicznym parametry: współczynnik filtracji oraz opory hydrauliczne koryt rzecznych. Wyniki kalibracji przedstawiono na ryc. 27.



Ryc. 27. Wykresy ilustrujące wyniki kalibracji

Po każdej wykonanej symulacji dokonywano analizy obliczonych stanów wód podziemnych. W procesie kalibracji otrzymano zadowalającą zgodność stanów policzonych z pomierzonymi w terenie. W tabeli 11 przedstawiono zestawienie ilustrujące dopasowanie w poszczególnych punktach i podsumowanie statystyczne kalibracji.

Tabela 11: Podsumowanie kalibracji

Name	X	Y	Observed	Computed	Residual
Łebień ZOZ	417292.83	753633.12	46.5	46.647221	-0.147221
WiertniaLE-2H	420592.12	753397.03	57.6	57.685799	-0.085799
Karlikowo kol.	422525.52	753958.95	49.6	50.268693	-0.668693
Łebień PGR	417950.61	755301.80	63.5	63.270818	0.229182
Rolland rzepak	420827.48	753044.17	56.5	56.296526	0.203474
Residual Mean: -0.093811			Min. Residual: -0.668693		
Res. Std. Dev: 0.324379			Max. Residual: 0.229182		
Sum of Squares: 0.570111			Range in Target Values: 17.000000		
Abs. Res. Mean: 0.266874			Std. Dev./Range: 0.019081		

Model matematyczny zawsze jest pewnym uproszczeniem rzeczywistych warunków hydrogeologicznych. Dlatego wyniki symulacji modelowych są obarczone pewnym błędem, który jest wynikiem zawsze niepełnego rozpoznania hydrogeologicznego badanego systemu wodonośnego oraz koniecznymi uproszczeniami dokonywanymi podczas schematyzacji. W przypadku modelu sporządzonego dla oceny kierunków i czasów przepływu wymienić można czynniki ograniczające dokładność prognoz modelowych, jak i sprzyjające wiarygodności wyników.

Czynniki ograniczające wiarygodność:

- ograniczona ilość punktów pomiarowych zwierciadła wód podziemnych w rejonie wiercenia. W wielu z istniejących studni wierconych nie ma możliwości pomiaru,
- położenie opiniowanego wiercenia w strefie wododziałowej, co utrudnia precyzyjne określenie kierunków przepływu wód podziemnych i interpretację hydroizohips,
- mozaikowa zmienność współczynnika filtracji.

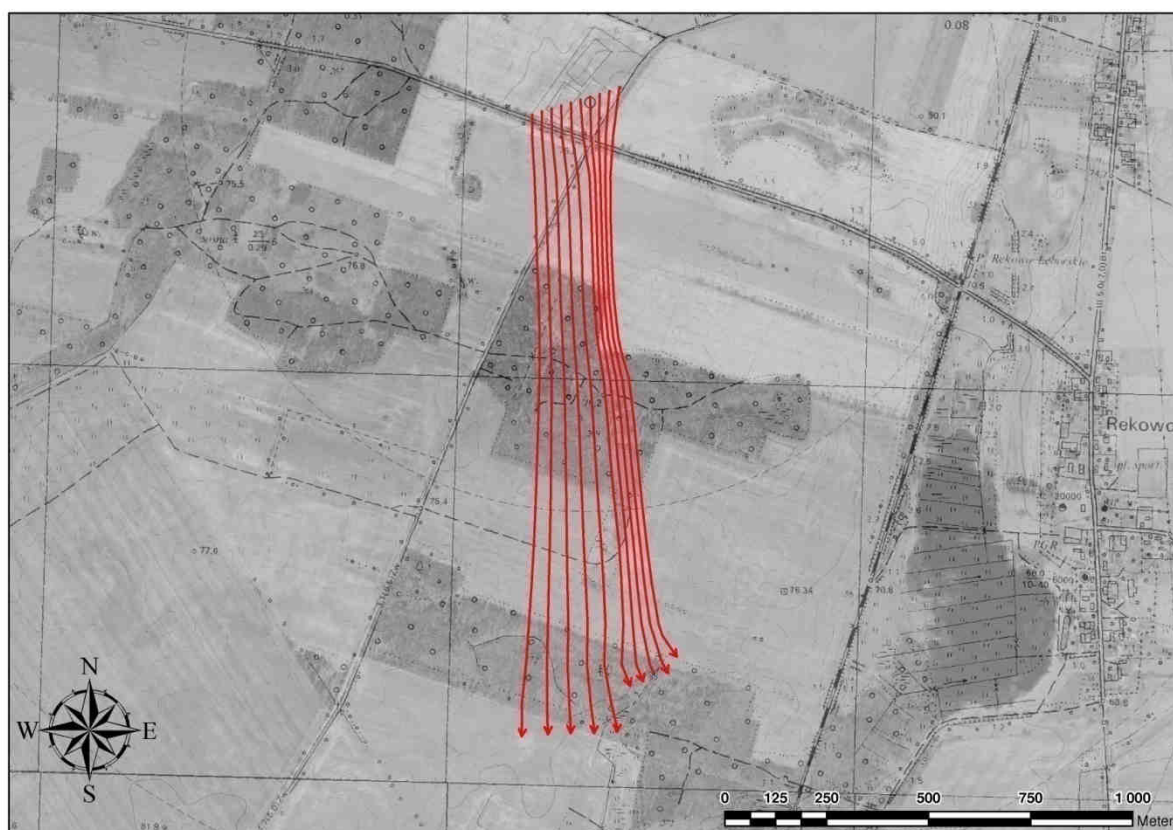
Czynniki zwiększające wiarygodność prognoz:

- prosta i łatwo dająca się zidentyfikować budowa geologiczna,
- rozpoznane warunki hydrogeologiczne na wiertni (dwa otwory studienne),
- konstrukcja i identyfikacja modelu na podstawie wiarygodnych danych geologicznych dostępnych w CBDH oraz aktualnych danych pozyskanych w terenie.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe uwarunkowania, zarówno te wskazujące na niedostatkі rozpoznania, jak i pokazujące elementy zwiększające wiarygodność prognozy, wykonany model może być uznany za wystarczająco wiarygodny dla wykorzystania w celu określenia kierunków, w których przemieszczają się wody podziemne w rejonie wiercenia Łebień LE-2H oraz oszacowania prędkości ich przepływu. Pomimo opisanych niedostatków rozpoznania model jest narzędziem prognoz znacznie bardziej wiarygodnym od analitycznych czy graficznych metod obliczeniowych. Czynnikiem znacznie poprawiającym wiarygodność może być w przyszłości wykorzystanie wyników obserwacji monitoringowych zalecanych do wykonania.

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

W celu rozwiązania zadania na modelu zasymulowano przebieg linii prądu od terenu wiertni. W tym celu rozmieszczono tzw. „cząstki” (particles) w miejscu wiertni Łebień LE-2H i przeanalizowano ich przebieg w interwale czasowym obejmującym 10 lat, przy założeniu, że wartość porowatości efektywnej utworów budujących warstwę wodonośną jest stała i wynosi 0,2 (ryc. 28).



Ryc. 28: Linie prądu dla dziesięcioletniego czasu przepływu wód podziemnych

Na podstawie powyższej analizy stwierdzono, że wody przepływają w kierunku południowym. Nie można jednak wykluczyć kierunku południowego – południowo – wschodniego (pewne odchylenie w kierunku Kisewskiej Strugi).

Przeprowadzona symulacja wskazuje, że w okresie dziesięcioletnim wody podziemne przepłyną odległość nie większą niż 1 500 m w kierunku południowym. Z regionalnego obrazu hydroizohips wynika, że wody te są drenowane przez Kisewską Strugę w rejonie pomiędzy miejscowościami

Strzelęcino i Wilkowo Nowowiejskie, a czas ich dopływu do bazy drenażu przekracza znacznie okres 30 lat.

Stan początkowy wód podziemnych w rejonie ZG Łebień

Na potrzeby określenia stanu chemicznego wód podziemnych przed wykonaniem zabiegu szczelinowania hydraulicznego w otworze LE-2H w lipcu 2011 r. pobrano do badań laboratoryjnych próbki wód podziemnych z 9 wytypowanych punktów dokumentacyjnych. Do opróbowania wyznaczono użytkowane studnie wiercone (8) oraz kopane (1) zlokalizowane w promieniu do 2 km od odwiertu. Studnie wiercone ujmują pierwszy poziom wodonośny będący jednocześnie głównym użytkowym poziomem wodonośnym. Studnie kopane ujmują wody zawieszone. Punkty zostały zlokalizowane koncentrycznie względem wiercenia, jednak ze szczególnym wskazaniem na kierunek południowy i południowo-wschodni jako kierunek przepływu wód podziemnych z terenu wierni (zał. 2). Wytypowane punkty są reprezentatywne dla określenia aktualnego, naturalnego stanu chemicznego wód podziemnych w rozpatrywanym rejonie. W tabeli 12 przedstawiono wartości podstawowych parametrów fizykochemicznych oznaczonych w punktach opróbowania.

Tabela 12: Podstawowe parametry fizyko-chemiczne oznaczone w punktach opróbowania (numeracja zgodna z zał. 1)

Nr punktu	Rodzaj punktu	Użytkownik	Lokalizacja	Temperatura wody [°C]	pH	PEW [μS/cm]	Zasadowość ogólna [mgCaCO ₃ /l]	TOC [mg/l]
2	studnia kopana	prywatny	Rekowo Lęborskie	11,1	6,87	377	160	3,5
4	studnia wiercona	ujęcie gminne	Tawęcino	9,0	7,84	318	101	<1,0
7	studnia wiercona	ujęcie gminne	Łebień	10,2	7,48	474	194	<1,0
9	studnia wiercona	prywatny	Karlikowo Lęborskie 4	10,2	7,26	772	279	1,9
10	studnia wiercona	prywatny	Karlikowo Lęborskie	9,6	7,89	309	99	<1,0
11	studnia wiercona	Zakład górniczy	Łebień	9,4	7,74	314	116	<1,0
13	studnia wiercona	„Rolland”	Obliwice	-	8,43	130	118	1,4
15	studnia wiercona	„Rolland”	Obliwice	9,5	7,78	362	125	<1,0
17	studnia wiercona	ujęcie gminne	Obliwice	10,3	7,57	324	123	<1,0

Wartości oznaczonych w badanych wodach podstawowych parametrów fizykochemicznych mieszczą się w granicach tła hydrogeochemicznego (zakres wartości stężeń charakterystycznych zgodny z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych), co kwalifikuje je jako wody o dobrym stanie chemicznym.

Wody podlegające ocenie charakteryzują się w przewodzie niską przewodnością elektrolityczną właściwą (PEW) oraz odczynem zbliżonym do obojętnego lub słabo zasadowym, co jest charakterystyczne dla płytko występujących wód pochodzenia infiltracyjnego strefy klimatu umiarkowanego. Zawartość ogólnego węgla organicznego (TOC) jest niska, mieszcząca się w zakresie dla I klasy jakości wód (<5 mg/dm³).

Na potrzeby pełnej charakterystyki chemicznej badanych próbek wód podziemnych oznaczono wskaźniki organiczne i nieorganiczne. Łącznie wykonano oznaczenia 47 wskaźników nieorganicznych

oraz 49 wskaźników organicznych. W tabeli 13 zestawiono wyniki oznaczeń wybranych wskaźników nieorganicznych (numeracja zgodna z tabelą 12).

Tabela 13: Wyniki oznaczeń wybranych elementów nieorganicznych* (zielony – I klasa, żółty – II klasa, pomarańczowy – III klasa, brązowy – IV klasa, czerwony – V klasa)

Nr punktu		10	2	9	15	11	17	7	4	13
HCO ₃	m/dm ³	121	195	340	153	142	150	237	123	144
NO ₂		0,02	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
NO ₃		17,7	20,2	103	0,21	9,52	0,01	3,00	28,9	< 0,10
NH ₄		< 0,05	0,10	< 0,05	0,22	< 0,05	< 0,05	0,10	< 0,05	< 0,05
Cl		8,32	4,93	21,4	17,8	11,4	11,9	19,8	13,1	18,2
SO ₄		50,1	10,6	50,6	56,3	40,8	47,1	56,7	37,4	6,72
Ca		54,7	21,8	128,1	67,8	57,3	59,7	89,8	53,4	12,6
Fe		0,01	0,01	< 0,01	2,30	0,12	0,98	0,25	0,01	0,07
K		1,4	87,2	41,2	1,2	0,9	1,3	2,0	0,8	0,7
Mg		5,0	3,8	10,9	6,2	4,9	6,0	8,1	6,4	3,0
Mn		0,014	0,017	< 0,001	0,144	0,014	0,084	0,116	0,011	0,032
Na		6,1	4,6	11,0	5,9	6,3	4,7	8,7	6,2	6,3
P		0,06	1,74	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

* klasyfikacja klas jakości zgodnie z Załącznikiem do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 23.07.2008 r.

Podsumowując należy stwierdzić, że generalnie wody podziemne ujmowanego powszechnie w okolicy Zakładu Górniczego Łebień poziomu wodonośnego charakteryzują się dobrym stanem chemicznym. Wartości stężeń większości oznaczanych składników mieszczą się w przedziale dla I, II lub III klasy jakości wód podziemnych, czyli dobrego stanu chemicznego wód (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych). Jednie próbki wody z punktu nr 2 (Rekowo Lęborskie – studnia kopana) oraz nr 9 (Karlikowo – prywatna studnia wiercona) wskazują na obniżoną jakość wód w tych punktach dokumentacyjnych. Stwierdzono tu wartości stężeń potasu przekraczające wartości graniczne dla dobrego stanu wód. Ponadto wysokie stężenie azotanów w punkcie nr 9 wskazuje na odrolnicze zanieczyszczenie wód podziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie punktu dokumentacyjnego.

Stan wód podziemnych w czasie trwania szczelinowania i prób złożowych

Mając na celu ocenę potencjalnego oddziaływania na wody podziemne prac prowadzonych w otworze LE-2H monitorowano na bieżąco stan chemiczny wód pobieranych ze studni zlokalizowanej na terenie wiertni w odległości ok. 67 m od odwiertu. Biorąc pod uwagę warunki hydrogeologiczne występujące w bezpośrednim sąsiedztwie otworu oraz terenu wiertni badaną studnię przyjęto jako najbardziej reprezentatywną dla oceny zmian w zakresie chemizmu wód podziemnych spowodowanych potencjalnym oddziaływaniem prac prowadzonych na terenie zakładu górniczego.

W omawianej studni reperowej w trakcie prowadzonych prac wykonano pięciokrotne opróbowanie celem wykonania badań laboratoryjnych. Zestawienie wyników wykonanych oznaczeń przedstawiono w tabeli 14. Badania wykonano w trakcie następujących prac prowadzonych na terenie ZG Łebień:

1. po wykonaniu wiercenia, w trakcie prac przygotowawczych do zabiegu szczelinowania,
2. po zatłoczeniu płynu szczelinującego, w trakcie zwiercania korków,
3. w trakcie prób gazowych (zatłaczanie azotu),
4. po zakończeniu prób gazowych, po zamknięciu otworu,
5. po zakończeniu wszelkich prac na terenie wiertni.

Wyniki wykonanych oznaczeń wskazują na brak zmian w chemizmie badanych wód. Nie uległy podwyższeniu stężenia badanych wskaźników, co wskazuje na brak wpływu prowadzonych prac na jakość wód podziemnych na terenie Zakładu Górniczego Łebień.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań w studni zlokalizowanej na terenie wiertni podjęto decyzję o zaniechaniu ponownego poboru próbek wód do oznaczeń laboratoryjnych w okolicznych studniach zbadanych w ramach I etapu prac. Wyniki prac modelowych dostarczyły informacji o kierunkach i czasie przepływu wód podziemnych. Dane te były podstawą opracowania wskazań do dalszych badań monitoringowych w rejonie otworu LE-2H.

Tabela 14: Wyniki oznaczeń wykonywanych na próbkach wód pobieranych ze studni na terenie wiertni w poszczególnych etapach prac (objaśnienia numeracji w tekście)

Etap opróbowania		1	2	3	4	5
Parametr	nr próbki jednostka	5	24	28	29	32
pH	-	7,74	7,71	7,70	7,71	7,73
PEW	mS/cm	314	374	358	360	350
TOC	mg/l	<1,0	<1,0	1,4	<1,0	1,1
Zasadowość ogólna	mg CaCO ₃ /l	116	126	121	125	129
HCO ₃	mg/l	142	154	148	153	157
NO ₂		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
NO ₃		9,52	9,18	9,29	9,99	7,54
NH ₄		<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05
Cl		11,4	14,8	11,8	10,4	10,3
SO ₄		40,8	40,8	41,9	45,2	41,4
Ca		57,3	59,9	60,6	57,6	58,0
Fe		0,12	0,11	0,08	0,02	0,06
K		0,9	4,9	4,9	0,8	0,9
Mg		4,9	5,2	5,3	5,1	5,0
Mn		0,014	0,015	0,015	0,009	0,013
Na		6,3	6,4	6,4	6,4	6,3
P		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

8 Podsumowanie wpływu na środowisko procesu szczelinowania hydraulicznego według stanu po zakończeniu prac

Atmosfera

Prace prowadzone w głębi ziemi mające na celu rozszczelnienie warstwy gazonośnej nie wpływają na stan czystości atmosfery. Uwolniony gaz jest unieszkodliwiany w pochodni, gdzie następuje utlenienie węglowodorów i innych gazów towarzyszących.

Efektywnym źródłem zanieczyszczeń są silniki wysokoprężne, służące do napędzania urządzeń wykonujących zabieg szczelinowania. Chwilowa emisja spalin oceniana wizualnie jest wyrazista. Jednakże pomiary stanu czystości atmosfery wykonane w nawietrznej, potencjalnej strudze spalin nie wykazały przekroczenia obowiązujących standardów. Na pomniejszenie konsekwencji emisji spalin wpływa też fakt ograniczonego czasowo uruchamiania tych urządzeń.

Hałas

Głównym źródłem hałasu podczas szczelinowania jest praca silników wysokoprężnych dużej mocy. Na granicy zakładu, przy ogrodzeniu rejestrowano chwilowe poziomy hałasu na poziomie 77,5 dB. Po uwzględnieniu tła i czasu pracy równoważny poziom dźwięku osiągał 76 dB. Wraz z wzrostem odległości ulega on wytłumieniu. Przy zabudowie mieszkalnej osiąga poziom 53,8 dB nie przekraczając dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku dla pory dziennej ustalonych na 55 dB.

Powietrze gruntowe

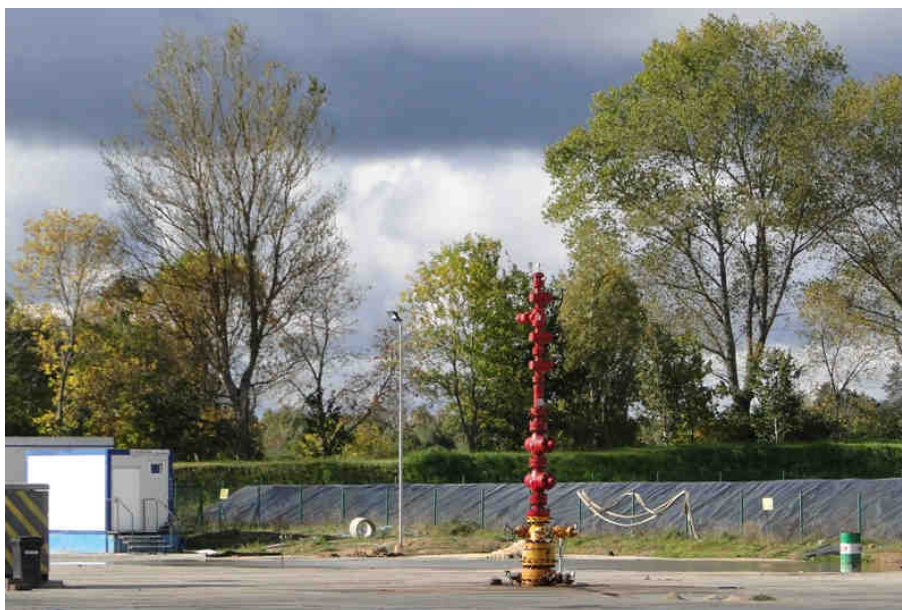
Szczelinowanie hydrauliczne przeprowadzone w otworze LE-2H nie spowodowało jak do tej pory żadnych zmian w składzie powietrza glebowego tak pod kątem stężenia radonu, jak i ilości oraz składu metanu. Nie odnotowano także obecności metanu w strefie aeracji na terenie wiertni. Na tej podstawie można przypuszczać, że zabieg nie spowodował otwarcia dróg migracji dla gazów z głębi ziemi ani w rejonie wiercenia, ani w samej strefie przyotworowej.

Nie wyklucza to jednak możliwości wystąpienia w przyszłości takiej migracji, np. w miarę postępu kolejnych prac na terenie zakładu związanych z dalszym rozpoznaniem parametrów złoża za pomocą otworu LE-2H lub po jego zamknięciu w efekcie rozszczelnienia. Niebezpieczeństwo takie towarzyszy jednak wszystkim otworom o tak dużej głębokości, nie tylko odwiertom służącym poszukiwaniu i rozpoznaniu złóż gazu łupkowego.

Powierzchnia terenu

Zakład Górniczy Łebień stanowi element krajobrazu gminy Nowa Wieś Lęborska od wielu miesięcy. Jego wygląd się zmienia w zależności od prowadzonego w danej chwili etapu prac, ale w świadomości lokalnej społeczności nie stanowi elementu szpecącego w sposób szczególny krajobraz. Zapalona przez jakiś czas pochodnia stanowiła nawet rodzaj atrakcji turystycznej i była celem wizyt przedstawicieli różnych instytucji, mediów i zwykłych obywateli.

Teren zakładu w chwili obecnej jest uporządkowany, zbędne urządzenia, w tym wieża wiertnicza oraz zbiorniki mobilne zostały wywiezione, zaś głowice obu otworów zabezpieczone i pilnowane przez całodobową ochronę (ryc. 29).



Ryc. 29. Zabezpieczona głowica otworu łebień LE-2H (stan na październik 2011 r.)

Oddziaływanie szczelinowania hydraulicznego przeprowadzonego w otworze łebień LE-2H na powierzchnię terenu było krótkotrwałe i nie wywołało żadnych widocznych zmian. Polegało przede wszystkim na zwiększeniu obciążenia poprzez ustawienie urządzeń i materiałów na terenie zakładu. Całkowity skumulowany wpływ działalności zakładu na powierzchnię gruntu na jego terenie tak pod kątem zmian fizycznych jak i ewentualnego zanieczyszczenia będzie można ocenić dopiero po usunięciu nawierzchni z płyt betonowych.

Zabieg szczelinowania nie wywołał na powierzchni żadnych drgań lub wstrząsów mogących stwarzać zagrożenie dla budynków czy infrastruktury.

Proces szczelinowania hydraulicznego wytworzył niewielką ilość odpadów stałych, które zostały zagospodarowane na rekultywowanym składowisku odpadów komunalnych. Duży udział w ich masie stanowił piasek kwarcowy, który nie był wykorzystany w procesie, ale rozsypał się przy transporcie na terenie zakładu.

Płyn zwrotny z procesu szczelinowania okazał się substancją o zmieniających się właściwościach, ale generalnie o dużych ładunkach substancji chemicznych (zwłaszcza chlorków, sodu i baru) i silnej toksyczności w stosunku do różnych grup organizmów. Należy jednak podkreślić, że płyny technologiczne znajdowały się pod stałą kontrolą, tak, że ich niekontrolowany wyciek do środowiska w sytuacji normalnej pracy Zakładu Górniczego Łebień nie był możliwy. Dzięki zastosowaniu specjalnej linii do oczyszczania oraz ciągłemu monitorowaniu jej skuteczności udało się osiągnąć taki stopień oczyszczenia, że dużą część płynu zwrotnego można było zagospodarować jako ciecz technologiczną do kolejnego zabiegu szczelinowania w innym otworze. Dzięki temu zabiegowi została zredukowana ilość odpadów o konsystencji płynnej i mogły być przekazane do specjalistycznej utylizacji, przez co zawarte w nich ładunki zanieczyszczeń nie trafiły do środowiska.

Wody powierzchniowe

W dotychczasowych obserwacjach nie zauważa się wpływu prac związanych ze szczelinowaniem na jakość wód powierzchniowych. Przy robotach zorganizowanych tak jak w Łebieniu nie następował zrzut zanieczyszczeń do cieku badanego przez WIOŚ Gdańsk. Nie zarejestrowano skarg na rzucanie zanieczyszczeń do środowiska. Prace w głębi ziemi nie przenosiły się na warunki hydrologiczne w otoczeniu wiertni. W związku z przynajmniej czasowym zakończeniem prac na terenie ZG Łebień nie

należy spodziewać się jakiegokolwiek wpływu wykonanych dotąd prac na jakość wód powierzchniowych.

Wody podziemne

Ze względu na wcześniejsze zgromadzenie wody dla potrzeb technologicznych w zbiornikach powierzchniowych, zabieg szczelinowania, mimo wykorzystania prawie 18 000 m³ wody z podglinowego czwartorzędowego poziomu wodonośnego, nie wpłynął na zmniejszenie zasobów wód podziemnych w rejonie wiertni. Woda była pobierana z ujęcia na terenie ZG Łebień w sposób zgodny z pozwoleniem wodno-prawnym przez okres kilku miesięcy.

W oparciu o przeprowadzone badania i oznaczenia w rejonie otworu poszukiwawczego LE-2H, biorąc pod uwagę specyfikę zabiegu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w sierpniu 2011 r. w otworze, należy postawić wniosek, że według stanu na drugą połowę października 2011 r. nie stwierdzono negatywnego oddziaływania na wody podziemne wykonanych prac. Badania kontrolne jakości wód podziemnych w studni na terenie zakładu górniczego, a więc w punkcie położonym najbliżej odwiertu nie wskazują na pogorszenie jakości wód podziemnych. Wszystkie prace prowadzone na terenie zakładu górniczego w rozpatrywanym okresie wykonywane były z zachowaniem niezbędnych środków minimalizujących możliwość negatywnego oddziaływania na środowisko wód podziemnych. Do takich działań należy zaliczyć m.in. system oczyszczania płynu zwrotnego, sposób przechowywania odpadów w szczelnych zbiornikach oraz zabezpieczenie powierzchni terenu płytami betonowymi i folią izolującą. Jednocześnie podczas prowadzenia prac związanych z zabiegiem szczelinowania hydraulicznego nie odnotowano wystąpienia awarii lub nieprzewidzianych zdarzeń powodujących niebezpieczne zjawiska dla wód podziemnych. Jednakże biorąc pod uwagę warunki hydrogeologiczne rozpatrywanego obszaru, zalecane jest prowadzenie kontrolnych oznaczeń wybranych wskaźników fizyko-chemicznych w punktach badawczych zlokalizowanych na kierunku przepływu wód podziemnych.

Człowiek

Z rozmów z mieszkańcami miejscowości położonych w bliskiej odległości od ZG Łebień wynika, że są oni świadomi uciążliwości, jakie niesie z sobą wykonywanie otworu i inne działania związane z poszukiwaniem gazu łupkowego. Jednakże mieszkańcy, z którymi odbyto rozmowy są zwolennikami poszukiwań i eksploatacji tego surowca. Jako argumenty przeważające za taką postawą mieszkańcy wymieniali przede wszystkim: spodziewane korzyści finansowe w postaci opłat eksploatacyjnych i inwestycje, jakie dzięki temu będzie można wykonać w gminie, ożywienie gospodarcze gminy, możliwość znalezienia pracy, wiara w rekompensatę w razie wystąpienia jakichkolwiek szkód związanych z poszukiwaniem gazu. Duża część rozmówców patrzyła na sprawę szerzej, twierdząc, że kraj potrzebuje cennego surowca, więc oni nie będą blokować jego wydobycia.

Postawa taka w dużej części jest wynikiem współpracy firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o. z lokalnymi władzami i społecznością. W ramach tej współpracy firma przeprowadziła oficjalne konsultacje dla okolicznych mieszkańców oraz decydentów szczebla gminnego, powiatowego i wojewódzkiego. Konsultacje odbyły się przed każdym etapem prac. Spotkanie informacyjne w sprawie wykonywania odwiertu poziomego i szczelinowania hydraulicznego odbyło się dnia 20 kwietnia 2011 r. w Łebieniu. Przybyło na nie około 50 osób - m.in. Wójt Gminy Nowa Wieś Lęborska, przedstawiciele Urzędu Gminy Nowa Wieś Lęborska, Starostwa Powiatowego w Lęborku, Urzędu Marszałkowskiego Województwa Pomorskiego, pracownicy firm PR, dziennikarze, mieszkańcy terenów znajdujących się sąsiedztwie planowanych prac. Przedstawiciel zarządu Lane Energy Poland Sp. z o.o. zapoznał audytorium z kwestiami związanymi z techniczno-logistyczną stroną wykonanych dotychczas prac oraz zakresem planowanych działań związanych z wykonaniem odwiertu poziomego i szczelinowania hydraulicznego. Po prezentacji odbyła się dyskusja dotycząca planowanego zabiegu.

Największe obawy mieszkańców budziły kwestie związane z potencjalnym zanieczyszczeniem wód pitnych metanem, zniszczenia dróg ciężkim sprzętem, uciążliwością hałasu, potencjalnymi wstrząsami sejsmicznymi i awariami wiertniczymi. Na każde pytanie została udzielona odpowiedź. Jednym z wniosków ze spotkania jest fakt, że zarówno mieszkańcy gminy, jak też obecni przedstawiciele władz gminnych, powiatowych i wojewódzkich byli bardzo pozytywnie nastawieni do projektu prac. Widzieli w tym ogromny potencjał rozwojowy regionu.

Nadzwyczajne zagrożenia środowiska (poważne awarie i katastrofy naturalne)

Podczas wykonywania zabiegu szczelinowania na terenie zakładu nie wystąpiły żadne awarie lub nadzwyczajne sytuacje, które stanowiłyby zagrożenie dla środowiska i zdrowia lub życia ludzi.

Podczas prac nie odnotowano też niekorzystnych zjawisk atmosferycznych, mogących wpływać na przebieg procesów i bezpieczeństwo ludzi.

9 Rekomendacje do prowadzenia dalszych badań i obserwacji

Hałas

Istotną ingerencją w środowisko jest emisja hałasu w trakcie wszystkich etapów poszukiwania jak i inwestycji zmierzających do przemysłowego wydobywania gazu łupkowego. Zaleca się monitorowanie emisji hałasu w dalszych etapach funkcjonowania Zakładu Górniczego Łebień. Poziom hałasu powinien być mierzony przede wszystkim przy zabudowie mieszkaniowej, a wyniki pomiarów będą miały zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem.

Powierzchnia terenu

Ze względu na długi okres funkcjonowania zakładu górniczego przed rozpoczęciem szczelinowania, nie można było ustalić naturalnego stopnia skompaktowania gruntów na terenie wiertni. Nie można było również przeprowadzić badań stanu aktualnego ze względu na fakt, że cały teren zakładu jest nadal pokryty betonową nawierzchnią. Z tych samych powodów nie przeprowadzono badań geochemicznych gruntów z terenu wiertni w celu sprawdzenia występowania ewentualnego zanieczyszczenia pochodzącego z któregośkolwiek z etapów funkcjonowania zakładu. Badania takie powinny zostać przeprowadzone w przypadku zamknięcia ostatecznego zakładu przed przywróceniem terenu do pierwotnego rolniczego zastosowania. Ze względu na brak pomiarów tzw. stanu zerowego, powinny zostać wykonane analogiczne badania w części otaczających gruntów, nie będących pod bezpośrednim wpływem zakładu górniczego i ich wyniki przyjęte jako poziom referencyjny dla poszczególnych parametrów.

W przypadku stwierdzenia jakiegokolwiek zanieczyszczenia na terenie zakładu górniczego po jego likwidacji, operator zakładu lub jego następca będzie zobowiązany do usunięcia szkody w środowisku.

Wody powierzchniowe

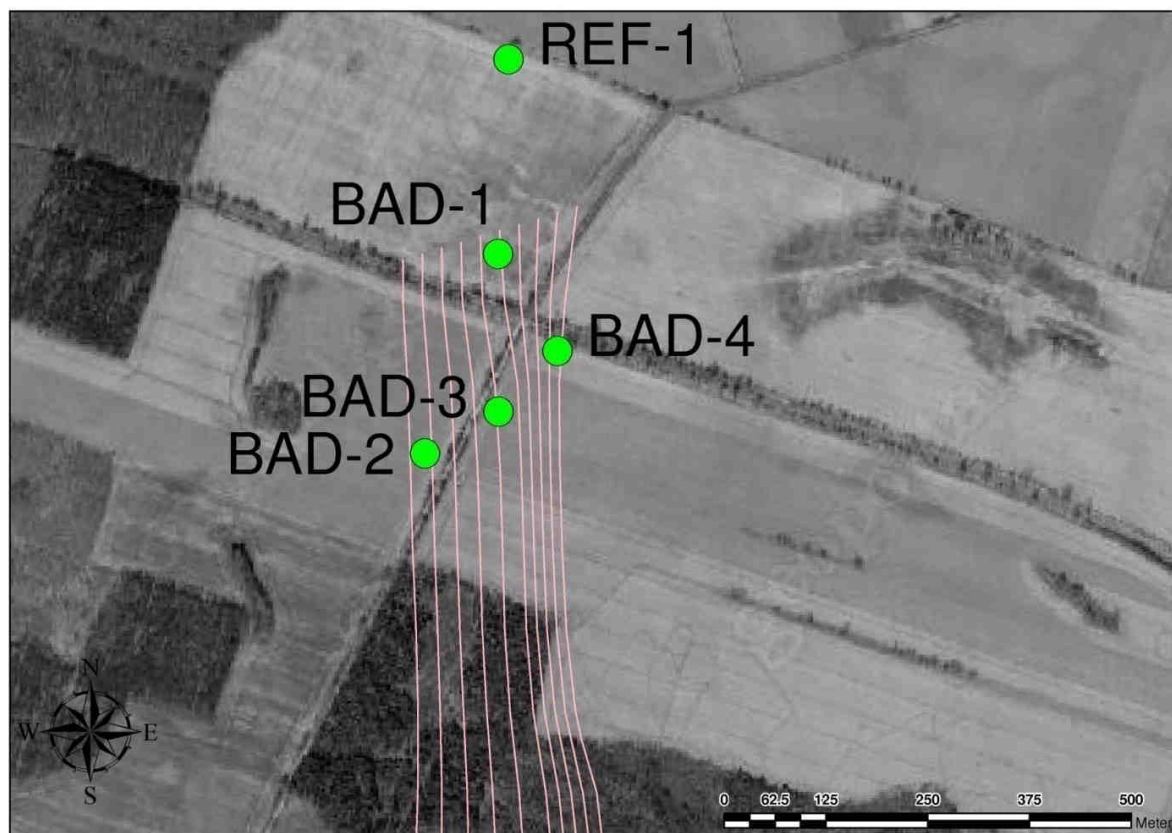
Jakość wód Kisewskiej Strugi jest monitorowana w punkcie pomiarowym wykorzystanym do niniejszego opracowania w ramach obserwacji regionalnych. Zaleca się kontynuację tych obserwacji przez WIOŚ nie tyle ze względu na potencjalne oddziaływanie ze strony zakładu górniczego, ale w celu gromadzenia danych bazowych dla kontroli stanu środowiska podczas ewentualnej eksploatacji gazu, jeżeli do niej dojdzie na tym terenie w przyszłości.

Wody podziemne

W oparciu o rozpoznanie warunków hydrogeologicznych, w tym w szczególności wyniki prac modelowych zasadne wydaje się prowadzenie w rejonie otworu poszukiwawczego LE-2H badań monitoringowych w studni zlokalizowanej na terenie wiertni oraz w punktach badawczych zlokalizowanych na kierunku przepływu wód podziemnych.

Zaleca się wykonanie trzech piezometrów (otworów badawczo-obserwacyjnych) na kierunku przepływu poniżej wiertni LE-2H oraz jednego (referencyjnego) powyżej (ryc. 30). Piezometry badawcze powinny być odwiercone w odległości odpowiadającej rocznemu przepływowi w warstwie wodonośnej. Wraz ze studniami zlokalizowanymi obecnie na terenie wiertni (ujmującymi spągowy przelot warstwy wodonośnej) będą one monitorować efekty potencjalnego zanieczyszczenia wód podziemnych z powierzchni terenu lub ze strefy przyotworowej. Piezometry te należy wykonać tak, aby obserwacjami objąć całą szerokość strumienia wód podziemnych przepływającego pod obszarem wiertni. Powinny one ujmować stropową część warstwy wodonośnej oraz część strefy aeracji

powyżej zakresu wahań zwierciadła wód podziemnych (tak, aby umożliwić badanie najbliższych frakcji produktów ropopochodnych).



Ryc.30. Proponowane rozmieszczenie punktów obserwacyjnych

Ze względu na dość znaczne opóźnienie jakie nastąpi pomiędzy wystąpieniem ewentualnego zanieczyszczenia na powierzchni terenu a potencjalnym zanieczyszczeniem wód podziemnych, zaleca się wykonanie na wiertni co najmniej jednego otworu obserwacyjnego ujmującego strop i strefę wahań zwierciadła wód podziemnych.

Czas pionowego przepływu przez strefę aeracji obliczono w oparciu o wzór Bindemana:

$$V_a = \frac{1}{n_0} \sqrt[3]{\omega^2 k}$$

gdzie:

- V_a - prędkość przesączania wody przez strefę aeracji
- n_0 - współczynnik porowatości efektywnej
- ω - intensywność infiltracji
- k - współczynnik filtracji

Czas przesączania wyniesie:

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

gdzie:

- l - droga przesączania

Czas przepływu wody przez strefę aeracji obliczamy dla dwóch stref:

- Gliny piaszczyste stanowiące strop strefy aeracji
 $k = 10^{-6} \text{ m/h} = \sim 0,09 \text{ m/d}$ wartość uśredniona dla strefy aeracji przyjęta na podstawie opisu litologicznego profilu
 $n_o = 0,45$ przyjęto z nomogramu B. Kozerskiego (dla tak niewielkiej wartości współczynnika filtracji wartość tą należy traktować jako znacznie przybliżoną)
 $l = 3,0 \text{ m.}$ wartość uśredniona, w rejonie wiertni
- Piaski gruboziarniste z otoczkami
 $k = 10^{-3} \text{ m/h} = \sim 90 \text{ m/d}$ wartość uśredniona dla strefy aeracji przyjęta na podstawie opisu litologicznego profilu
 $n_o = 0,3$ przyjęto za literaturą
 $l = 12,0 \text{ m.}$ wartość uśredniona, w rejonie wiertni

W obu przypadkach przyjęto wartość współczynnika infiltracji $\omega = 1,80 \cdot 10^{-4} \text{ m/d}$ (średnia wartość w domenie modelu).

Po przeprowadzeniu wyliczeń otrzymujemy czas przesączania z powierzchni terenu:

$$t = 945 + 252 = 1197 \text{ dni} = 3,3 \text{ roku}$$

Z powyższych obliczeń wynika, że obserwacje i badania wody w piezometrach i w studniach znajdujących się na terenie wiertni powinny być prowadzone przez 4 lata. W przypadku nie stwierdzenia zmian chemizmu wód podziemnych w tym okresie obserwacje powinny być zaniechane. W przypadku stwierdzenia zmian chemizmu wód podziemnych, które mogły być spowodowane pracami na wiertni należy sporządzić program badań na następne 4 lata zakładający odwiercenie piezometrów na 2 – 5 letnim okresie przepływu. Oczywiście obserwacje należy wznowić w każdym przypadku wznowienia prac na wiertni po upływie czteroletniego okresu obserwacyjnego.

10 Podsumowanie i wnioski ogólne

Przeprowadzone przez zespół badawczy w okresie od czerwca do października 2011 r. prace w rejonie Zakładu Górniczego Łebień oraz kompleksowa analiza wykonanego w otworze LE-2H zabiegu szczelinowania hydraulicznego pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków ogólnych odnoszących się przede wszystkim do otoczenia proceduralno-administracyjnego procesu. Formułując ogólny wniosek o niewielkim stopniu wpływu na środowisko naturalne przeprowadzonego w analizowanym otworze zabiegu, jednocześnie warto zwrócić uwagę na kilka aspektów przeprowadzonych prac, które mają wpływ na analogiczne prace prowadzone w innych otworach.

1. Jak pokazuje przykład działań Lane Energy Poland sp. z o. o., w celu nawiązania współpracy z lokalną społecznością i uzyskania jej aprobaty dla planowanych działań niezbędny jest dialog z miejscowymi władzami i społeczeństwem, w tym przede wszystkim rzetelna informacja na temat zakresu i ryzyka podejmowanych prac oraz przyszłych korzyściach z nich płynących. Społeczeństwo lokalne musi dostać jasny przekaz, że jest partnerem działań i że od jego świadomych decyzji zależy przyszłość jego regionu i w szerszej perspektywie – całego kraju.
2. Szczelinowanie hydrauliczne jako zabieg stymulujący, otwierający dostęp do złoża gazu łupkowego nie ma długotrwałego wpływu na środowisko naturalne, o ile oczywiście jest wykonany prawidłowo według najlepszej wiedzy fachowej, z zachowaniem wszystkich obowiązujących norm i przepisów BHP oraz zgodnie z wydanymi prawidłowo i ze znajomością tematu decyzjami administracyjnymi.
3. Krótkotrwały wpływ procesu szczelinowania hydraulicznego na lokalne warunki środowiskowe polega przede wszystkim na emitowaniu podwyższonych poziomów hałasu, wzmożonym ruchu pojazdów, w tym również wielkogabarytowych o dużym tonażu oraz możliwości produkowania specyficznego rodzaju odpadu z płynu technologicznego powracającego po zabiegu. Wpływ ten można zminimalizować przez stosowanie prawidłowych procedur oraz podejmowanie właściwych decyzji administracyjnych.
4. Należy za wszelką cenę dążyć do jak najdłuższego wykorzystywania płynu zwrotnego ze szczelinowania w kolejnych procesach technologicznych przez stosowanie zabiegów uzdatniających i regenerujących. Płyn może być wykorzystywany na miejscu lub transportowany do innych lokalizacji. Działania takie z jednej strony spowodują ochronę środowiska naturalnego przed potencjalnym wprowadzeniem do niego dużych ładunków zanieczyszczeń po każdym pojedynczym zabiegu szczelinowania, z drugiej wpłyną na zmniejszenie zapotrzebowania na czystą wodę do kolejnych zabiegów stymulujących.
5. Doprecyzowanie procedury administracyjnej, pozwalającej w bezpieczny dla środowiska sposób wykorzystywania płynu zwrotnego jako płynu technologicznego do kolejnych zabiegów szczelinowania hydraulicznego również w innych lokalizacjach, umożliwi obniżenie kosztów poszukiwań i eksploatacji gazu ze złóż niekonwencjonalnych, a tym samym może wpłynąć obniżając na przyszłą cenę gazu na rynku.
6. Należy opracować metodykę badań odpadów, w tym zakresu badań, umożliwiających wydzielenie poszczególnych typów odpadów wytwarzanych podczas procesu szczelinowania, obecnie klasyfikowanych pod wspólnym kodem 01 05 08. Opracowanie ww. metodyki dałoby odpowiedź na pytanie, czy konieczne jest uzupełnienie katalogu odpadów o kolejne rodzaje odpadów z grupy 01.
7. Odpady powstające w procesie szczelinowania hydraulicznego powinny być badane pod kątem właściwości fizycznych i chemicznych, a wyniki tych badań dostępne publicznie. Nieznajomość faktycznych właściwości odpadu stwarza zagrożenie niewłaściwego ich traktowania czy

zagospodarowania przez operatorów instalacji i obiektów składowania i unieszkodliwiania odpadów.

8. Wydaje się zasadne opracowanie wytycznych dotyczących sposobów zagospodarowania odpadów ze szczelinowania, stałych i płynnych, tak aby było to zgodne z obowiązującym prawem i nie stanowiło zagrożenia dla środowiska.
9. Konieczne wydaje się dalsze gromadzenie informacji na temat składu stosowanych płynów szczelinujących celem umożliwienia prowadzenia badań dążących do określenia substancji będących znacznikami w przypadku migracji zanieczyszczeń.
10. Doświadczenia z przeprowadzonych prac wskazują na zasadność kontynuowania tego typu badań monitoringowych w rejonie analogicznych prac związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż gazu z łupków. Pozwalają one na jednoznaczną ocenę wpływu na poszczególne komponenty środowiska wykonanego zabiegu w konkretnych uwarunkowaniach środowiskowych, geologicznych i hydrogeologicznych.

11 Literatura

- Baisch S., de Pater C.J., 2011 – Geomechanical Study of Bowland Shale Seismicity – Synthesis Report. Cuadrilla Resources Ltd.
- Białek T., Grzesik H., Gadomski D., Żelichowski A., 1991 – Dokumentacja badań sejsmicznych refleksyjnych z tematu: Głębokie badania sejsmiczne na profilu GB-1-III-86/89 "Kostrzyn-Lębork". Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
- Bralczyk M., 2001 – Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 108 – Salino. PG Polgeol S.A., Gdańsk; przyjęta bez zastrzeżeń przez Ministerstwo Środowiska Departament Geologii i Koncesji geologicznych - zawiadomienie DG/kdh/ED/489-6355a/2002 z dnia 03 kwietnia 2002 r.
- Ciechanowska M i inni., 2008 - Analiza i ocena zagrożeń ekshalacjami gazu. Studium przypadku. Projekt EFRR Interreg III: Ekshalacje gazu ziemnego - polsko - ukraiński problem Przedgórze Karpat, Kraków
- Domżański J., Górecki W., Mazurek A., Myśko A., Strzetelski W., Szamałek K., 2004 – The prospects for petroleum exploration in the eastern sector of Southern Baltic as revealed by sea bottom geochemical survey correlated with seismic data. *Przegląd Geologiczny*, 52: 792-799
- Felter A. i in., 2011 – Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce (część tekstowa, mapa 1:800000). PIG, Warszawa
- GUS, Bank Danych Lokalnych, www.stat.gov.pl
- Karger M.M., Masłowska M., Michałowska M., 2003 – Objasnienia do mapy geologiczno- gospodarczej Polski 1:50 000 ark. Łeba. PIG, Warszawa
- Kondracki J., 2000 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa
- Kostarczyk A., Przewoźniak M. i in., 2001; Identyfikacja struktury przyrodniczej i dziedzictwa kulturowego oraz koncepcja przestrzenna ich ochrony i kształtowania w województwie pomorskim. Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk
- Kwapisz B., Mądry S., Popielski W., 2003 – Objasnienia do mapy geologiczno- gospodarczej Polski 1:50 000 ark. Lębork. PIG, Warszawa
- Kwaterkiewicz A., Nerkowski, P., 2006 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” ark. Łączyce (0013) – objaśnienia. Warszawa, CAG
- Libardzki M. 1995– Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 107 – Pradolina rzeki Łeby. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne Sp. z o.o., Gdańsk; zatwierdzona decyzją MOŚNiL Nr KDH 2/013/5914/96 z dnia 30 września 1996 r.
- Liro A. (red.), 1998 – Strategia wdrażania krajowej sieci ekologicznej ECONET – Polska. Wydawnictwo Fundacji IUCN Poland, Warszawa
- Morawski W., 1990 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 ark. Lębork. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- Morawski W., 1990 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 ark. Łeba. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

- Paczyński B, Sadurski A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, t. I Wody słodkie. PIG, Warszawa
- Paczyński B. (red.), 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski 1:50000 cz. II Wyd. PAE SA, Warszawa
- Paczyński B. Płochniewski Z., 1996 – Wody mineralne i lecznicze Polski. PIG, Warszawa
- PROGRAM ochrony środowiska dla Gminy Nowa Wieś Lęborska - Aktualizacja na lata 2008-2011 z uwzględnieniem perspektyw do roku 2015
- Prussak W., 1998 – Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arł. Łęczyce (0013), Warszawa, CAG
- RADON w środowisku życia, pracy i nauki mieszkańców Dolnego Śląska – materiały konferencyjne 2006. Polski Klub Ekologiczny, Wrocław
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz. U. 2007 nr 120 poz. 896
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych, Dz. U. 2008 nr 143 poz. 826
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz. U. 2008 nr 162 poz. 1008
- 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 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)
- Skompski S., 1985 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 ark. Choczewo. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- Sojski G., 2011 – Ochrona środowiska w praktyce. Odwiert Markowola-1 - studium przypadku działań prowadzonych z troską o środowisko. Warsztaty PGNiG S.A. - Samorządy, Markowola - rok po zabiegu hydraulicznego szczelinowania, 18 lipca 2011 r., publ. internet
- Sojski G., 2011 – Odpowiedzialne zarządzanie aspektami środowiskowymi w poszukiwaniach gazu z łupków. Warsztaty PGNiG S.A. - Samorządy, Lubocino, 29 września 2011 r., publ. internet
- STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Nowa Wieś Lęborska, 2010
- USTAWA o odpadach, z dn. 27 kwietnia 2001 r. , tekst jednolity Dz. U. 2010 Nr 185 poz. 1243
- USTAWA o odpadach wydobywczych, z dnia. 10 lipca 2008 r., Dz. U. 2008 Nr 138 poz. 865
- Wilk W., 1995 – Opracowanie badań sejsmicznych, temat: Łeba – Żarnowiec, rejon: Lubiny – Białogóra. Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny, 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-Górnictwo-Środowiskowych „geo DRILLING SYSTEM”. Sławno-Bobrowiczki. Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

Wołkowicz S., 2007 – Potencjał radonowy Sudetów wraz z wyznaczeniem obszarów występowania potencjalnie leczniczych wód radonowych

Wołkowicz S., Karpińska M., Stec B., 2007 – Naturalne i sztuczne radionuklidy Suwalszczyzny

Woźniak M., Gruszecki J., 2003 – Objasnienia do mapy geologiczno- gospodarczej Polski 1:50 000 ark. Choczewo. PIG, Warszawa

Woźniak M., Gruszecki J., 2003 – Objasnienia do mapy geologiczno- gospodarczej Polski 1:50 000 ark. Łęczyce. PIG, Warszawa

Zaleszkiewicz L., 2005 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 ark. Łęczyce. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

Zawisza L. (2007). Ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego występujących przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu oraz podczas eksploatacji złóż węglowodorów. Praca studialno-badawcza (niepublikowana), CAG PIG-PIB

Cyfrowe bazy danych

Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

12 Spis załączników

Załączniki graficzne:

- ZAŁĄCZNIK 1 Mapa dokumentacyjna w skali 1:25 000
ZAŁĄCZNIK 2 Mapa elementów hydrodynamiki w skali 1:25 000

Załączniki tabelaryczne:

- ZAŁĄCZNIK 3 Punkty pomiarowe zanieczyszczeń powietrza wraz z wynikami
ZAŁĄCZNIK 4 Punkty pomiarowe hałasu wraz z wynikami
ZAŁĄCZNIK 5 Wyniki pomiarów stężeń metanu i radonu w powietrzu glebowym
ZAŁĄCZNIK 6 Wyniki analiz laboratoryjnych płynów technologicznych
ZAŁĄCZNIK 7 Wyniki opróbowania wód powierzchniowych
ZAŁĄCZNIK 8 Zestawienie wyników pomiarów studni kopanych
ZAŁĄCZNIK 9 Zestawienie wyników pomiarów studni wierconych

Załączniki tekstowe:

- ZAŁĄCZNIK 10 Monitoring sejsmiczny szczelinowania hydraulicznego na otworze łebień LE-2H. Instytut Geofizyki PAN, Warszawa, w ramach Monitoringu sejsmicznego obszaru Polski
- ZAŁĄCZNIK 11 Badanie tła węglowodorowego w powietrzu glebowym oraz analizy gazu złożowego w celu określenia parametrów pozwalających na podanie genezy potencjalnego występowania gazu ziemnego poza instalacją wraz z aneksem, Instytut Nafty i Gazu, *Umowa Nr 603/2011/6 zawarta w dniu 25.08.2011 pomiędzy Skarbem Państwa – Ministerstwem Środowiska a Instytutem Nafty i Gazu*
- ZAŁĄCZNIK 12 Badania ekotoksykologiczne na potrzeby oceny ryzyka środowiskowego procesu szczelinowania hydraulicznego wraz z aneksem, Wydział Inżynierii Środowiska PW, *Umowa nr 604/2011/G z dnia 12.09.2011 pomiędzy skarbem Państwa – Ministerstwem Środowiska a Politechniką Warszawską, Wydziałem Inżynierii Środowiska, Zakładem Biologii*

MAPA DOKUMENTACYJNA SKALA 1:25 000



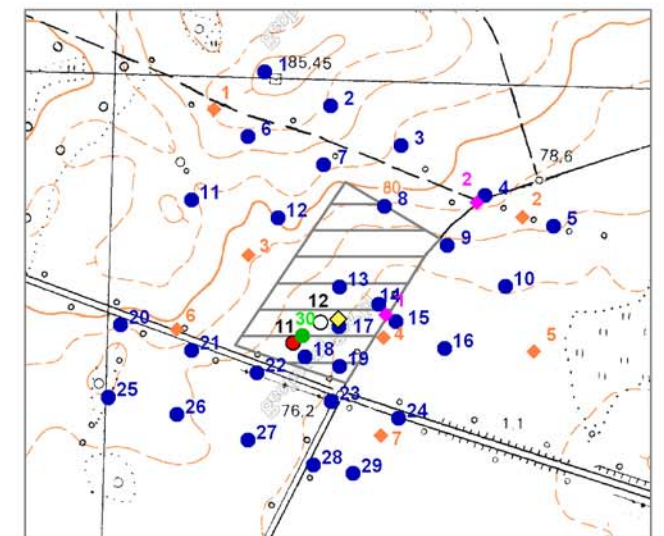
OBJAŚNIENIA

PUNKTY OPRÓBOWANIA
Numery według załączników: 3, 4, 5, 8, 9

-  1 Studnia wiercona
-  Studnia wiercona opróbowana
-  1 Studnia kopana
-  Studnia kopana opróbowana
-  5 Punkt opróbowania metanu i radonu w powietrzu glebowym
-  30 Punkt opróbowania metanu w powietrzu glebowym
-  1 Punkt pomiarowy zanieczyszczenia powietrza
-  1 Punkt pomiarowy hałasu pochodzącego od urządzeń i instalacji
-  Punkt opróbowania wód powierzchniowych
-  Otwór wiertniczy LE-2H

INNE

 Zakład Górniczy ŁEBIEŃ



0.1 0.0 0.1
km



W zakresie dotyczącym wód podziemnych
sfinansowano ze środków wypłaconych przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

0.25 0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
km

MAPA ELEMENTÓW HYDRODYNAMIKI SKALA 1:25 000



OBJAŚNIENIA

GLĘBOKOŚĆ DO POZIOMU WODONOŚNEGO*:

5-10 m	<5 m
10-20 m	5-20 m
20-50 m	

HYDRODYNAMIKA**

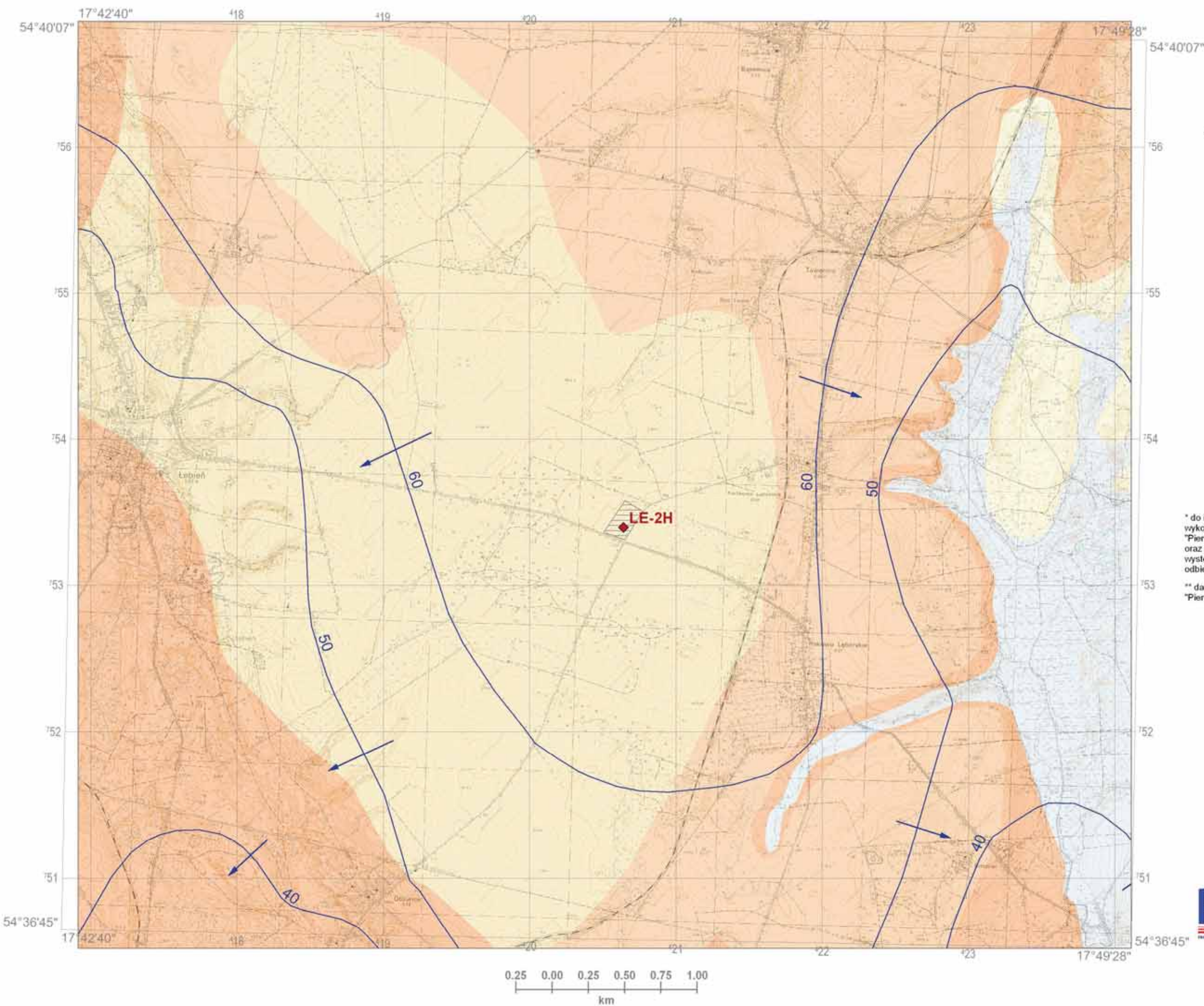
- 50 hydroizohipsa poziomu wodonośnego, m n.p.m.
 —> lokalny kierunek przepływu wód podziemnych

INNE

- Zakład Górniczy ŁEBIEN
 Otwór wiertniczy LE-2H

* do interpretacji głębokości do poziomu wodonośnego wykorzystano dane z bazy danych GIS MhP 1:50 000
 "Pierwszy poziom wodonośny - występowanie i hydrodynamika" oraz dane z wykonanego modelu numerycznego (lokalnie mogą występować obszary o głębokości do poziomu wodonośnego odbiegające od wyznaczonej)

** dane z bazy danych GIS MhP 1:50 000
 "Pierwszy poziom wodonośny - występowanie i hydrodynamika"



ZAŁĄCZNIK 3
Punkty pomiarowe zanieczyszczeń powietrza wraz z wynikami

Lp.		1	2	3	4	5	6	7	Stężenia referencyjne*
Nr zgodny z mapą zał. 1		3	4	5	2	1	6	7	
Data / okres		19.VII.2011	19.VIII.211	30.VIII.2011	VIII – IX 2011	VIII – IX 2011	VIII – IX 2011	VIII – IX 2011	
Pomiar		analizator Draeger CMS	analizator Draeger CMS	analizator Draeger CMS	próbniiki pasywne	próbniiki pasywne	próbniiki pasywne	próbniiki pasywne	
dwutlenek siarki	µg/m ³	< 517	< 517	< 517	6,05	6,3	5,9	20,2	350
dwutlenek azotu		< 646	< 646	< 646	7,9	5,71	4,56	3,99	200
benzen		< 259	< 259	< 259	0,58	1,03	0,6	0,59	30
metan		< 25 860	< 25 860	< 25 860	-	-	-	-	3 000
tlenek węgla		< 6 465	< 6 465	< 6 465	-	-	-	-	30 000
siarkowodór		< 259	< 259	< 259	-	-	-	-	20
dwutlenek węgla	ppm	450	380	370	-	-	-	-	wielkość kontrolna

*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

ZAŁĄCZNIK 4
Punkty pomiarowe hałasu wraz z wynikami

Lp.	Numer zgodny z mapą zał. 1	Opis lokalizacji	Wyniki pomiarów dB			Wielkości normatywne* dB
			19.07.2011 <i>przed szczelinowaniem</i>	19.08.2011 <i>w trakcie szczelinowania</i>	09.09.2011 <i>w trakcie prób gazowych</i>	
1	1	Granica zakładu (przy ogrodzeniu placu technologicznego)	38,1	62,9 – 76,0	56,4	nn
2	2	Przy drodze do Karlikowa Lęborskiego	36,9	68,6	48,3	nn
3	3	Przy zabudowie mieszkaniowej w Karlikowie Lęborskim	36,2	53,9	44,0	55,0

nn – nie normowane

Lp.	Numer zgodny z mapą zał. 1	Współrzędne WGS 84		Głębokość poboru m p.p.t.	CH ₄ [ppm]	²²² Rn [kBq]	Data pomiaru	Uwagi
		N	E					
1	1	543827,67	174606,49	0,8	0	9,6	20.07.2011	
2	2	543826,26	174611,37	0,8	0	24,0	20.07.2011	
3	3	543824,62	174616,61	0,8	0	17,1	20.07.2011	
4	4	543822,53	174622,89	0,8	0	19,3	20.07.2011	
5	5	543821,27	174627,97	0,8	0	6,7	20.07.2011	
6	6	543824,89	174605,31	0,8	0	7,7	20.07.2011	
7	6	543824,89	174605,31	0,8	\		13.10.2011	
8	7	543823,74	174610,96	0,8	0	39,3	20.07.2011	
9	8	543822,01	174615,47	0,7	0	30,8	20.07.2011	
10	8	543822,01	174615,47	0,8	\	5,7	12.10.2011	
11	9	543820,37	174620,18	0,8	0	17,0	20.07.2011	
12	10	543818,66	174624,49	0,8	0	15,3	20.07.2011	
13	10	543818,66	174624,49	0,4	\	2,1	13.10.2011	
14	11	543822,12	174601,25	0,8	0	26,2	20.07.2011	
15	12	543821,42	174607,66	0,8	0	44,4	20.07.2011	
16	13	543818,50	174612,30	0,8	0	101,5	19.07.2011	
17	14	543817,80	174615,20	0,4	0	2,0	19.07.2011	
18	15	543817,07	174616,47	0,7	0	5,2	20.07.2011	
19	16	543815,95	174620,12	0,8	0	6,3	20.07.2011	
20	17	543816,80	174612,30	0,8	0	10,1	19.07.2011	
21	18	543815,50	174609,80	0,4	0	3,2	19.07.2011	
22	19	543815,00	174612,40	0,3	patrz uwagi	2,9	19.07.2011	punkt zlokalizowany na linii wjazdu na plac; stał tu agregat prądotwórczy wyniki poszczególnych pomiarów: 1) start: 600; średnia: 60-70; max:803 2) 0 3) 0 4) 460 5) 352
23	20	543816,74	174556,18	0,8	0	41,3	20.07.2011	
24	20	543816,74	174556,18	0,8	\	3,2	13.10.2011	
25	21	543815,68	174601,45	0,8	0	10,5	20.07.2011	
26	22	543814,78	174606,28	0,8	0	32,0	20.07.2011	
27	22	543814,78	174606,28	0,8	\	4,1	13.10.2011	
28	23	543813,62	174611,83	0,6	0	26,4	20.07.2011	
29	24	543812,95	174616,80	0,8	0	16,7	20.07.2011	
30	24	543812,95	174616,80	0,6	\	1,6	13.10.2011	
31	25	543813,63	174555,39	0,8	0	28,1	20.07.2011	
32	26	543812,94	174600,44	0,8	0	34,4	20.07.2011	
33	27	543811,90	174605,71	0,7	0	30,8	20.07.2011	
34	28	543810,88	174610,56	0,8	0	21,8	20.07.2011	
35	29	543810,55	174613,53	0,8	0	15,7	20.07.2011	
36	30	543816,10	174608,90	\	0	\	19.07.2011	pomiar stężenia metanu w powietrzu zgromadzonym w obudowie studni
37	31	543915,30	174707,40	0,1	> 10 000	\	19.07.2011	podmokłości wzdłuż cieku (dzis bez przepływu ale mokro)pobór próbki powietrza glebowego możliwy tylko z bardzo małej głębokości; wynik metanu: poza skalą
38	32	543855,60	174359,40	0,8	0	7,3	19.07.2011	
39	33	543855,70	174620,10	0,4	800	0,0	19.07.2011	
40	34	543834,20	174612,60	0,1	0	\	19.07.2011	teren zawodniony; pobór powietrza glebowego możliwy tylko z bardzo małej głębokości
41	35	543816,00	174641,80	0,4	0	1,2	19.07.2011	
42	36	543756,90	174705,00	0,3	250	1,8	19.07.2011	
43	37	543746,80	174656,50	0,8	0	21,2	19.07.2011	
44	38	543731,60	174846,70	0,6	110	19,8	19.07.2011	

\ nie badano

numer laboratoryjny parametr/jednostka		1014/11/14	1014/11/17	1014/11/18	1014/11/19	1014/11/23	1014/11/26	1014/11/27	1014/11/30
pH	-	6,35	5,80	5,73	6,63	6,72	6,01	6,15	7,47
przewodność el. właściwa	mS/cm	12,14	13,76	15,41	53,10	123,40	49,60	45,40	11,93
zasadowość ogólna	mg CaCO ₃ /l	173	199	221	293	417	260	202	136
OWO (ogólny węgiel organiczny)	mg/l	82	34	39	67	129	74	74	11
indeks fenolowy	mg/l	8	8	6	15	20	15	10	<2
cyjanki	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<1,0	<0,5	<0,5	<0,2
SPCA (substancje powierzchniowo czynne anionowe)	mg/l	<0,5	8	6	13	31	11	11	1
F	mg/l	0,4	1,2	1,8	6,1	4,9	3,1	2,9	1,6
Cl	mg/l	4100	4500	5200	20000	48000	18000	16000	3800
NO ₂	mg/l	0,5	0,8	0,6	1,8	4,2	1,7	1,6	0,6
Br	mg/l	25	40	50	200	500	180	160	40
NO ₃	mg/l	0,5	0,5	0,5	2,2	7,1	2,3	2,5	0,4
HPO ₄	mg/l	<3	<3	<3	<30	<90	<30	<30	<3
SO ₄	mg/l	52	<5	<5	<50	<150	<50	<50	29
HCO ₃	mg/l	211	243	270	357	509	317	246	166
NH ₄	mg/l	9	12	14	57	159	52	46	11
B	mg/l	2,5	3,8	4,0	15,3	40,1	14,4	12,9	2,7
Ba	mg/l	5,3	10,4	14,7	75,4	217,9	70,1	60,8	13,1
Ca	mg/l	318	531	620	2793	7568	2648	2340	529
Cr	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,3	<0,03	<0,03	<0,03
Fe	mg/l	23,4	17,4	17,6	11,7	22,2	22,3	19,7	2,4
K	mg/l	82	123	130	228	536	276	255	51
Mg	mg/l	31	51	62	265	759	248	217	50
Mn	mg/l	1,44	1,24	1,78	4,51	11,32	5,99	7,07	1,09
Na	mg/l	2118	2164	2423	8871	22596	8425	7515	1685
P	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<0,5	<0,5	<0,5
SiO ₂	mg/l	17	24	18	32	67	34	33	14
Sr	mg/l	25,8	46,7	61,0	307,7	856,9	287,7	251,4	52,8
Ti	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2	<0,02	<0,02	<0,02
Zn	mg/l	0,31	0,18	0,14	0,33	0,60	0,23	0,19	0,06
Hg	µg/l	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Li	µg/l	685	987	1110	4753	11885	4696	3912	862
Be	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Al	µg/l	69	202	176	1039	93	711	587	142
Co	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	µg/l	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cu	µg/l	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Rb	µg/l	99	135	144	499	1190	484	423	105
Mo	µg/l	7	5	4	4	5	5	4	2
Ag	µg/l	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1
Cd	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sb	µg/l	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1
Pb	µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
U	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

przekroczenie najwyższych dopuszczalnych wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków przemysłowych zgodnie z Zał. 3 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. W sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego

nr laboratoryjny	nr terenowy	data poboru	opis próbki
1014/11/10	2	18.08.2011	woda technologiczna z basenu otwartego nr 2, 1 dzień przed szczelinowaniem
1014/11/14	5	31.08.2011	płyn zwrotny oczyszczony po zwierceniu 3 korka
1014/11/17	8	01.09.2011	płyn zwrotny oczyszczony po zwierceniu 6 korka
1014/11/18	9	08.09.2011	woda technologiczna z basenu otwartego nr 1, 1 dzień po zwierceniu wszystkich korków, zapalona flara
1014/11/19	10	08.09.2011	flowback po filtrach (oczyszczony), 1 dzień po zwierceniu wszystkich korków, zapalona flara
1014/11/23	13	09.09.2011	flowback po filtrach (oczyszczony), 2 dzień po zwierceniu wszystkich korków, zapalona flara
1014/11/26	16	11.09.2012	flowback po filtrach (oczyszczony), 5 dni po zwierceniu korków, pobór wykonany przez Lane Energy
1014/11/27	17	16.09.2011	woda technologiczna z basenu otwartego nr 1, po zabiegu azotowania, w trakcie prób gazowych
1014/11/30	20	26.09.2011	woda technologiczna z basenu otwartego nr 2, po zamknięciu otworu i przefiltrowaniu z basenu 1 do basenu 2, przed wywiezieniem na Warblino

Lp.	Wskaźnik	Pobór 19.07.2011 r.	Pobór 30.08.2011 r.	Pobór 20.09.2011 r.	Wielkości normatywne*
1	odczyn pH	8,1	7,7	7,8	6-8,5
2	tlen rozpuszczony (mg/l)	9,78	10,19	9,87	>7
3	BZT5 (mg/l)	1,4	1,1	1,4	<3
4	chlorki (mg/l)	10,9	11,8	11,7	<200
5	siarczany (mg/l)	36,4	36,9	33,7	<150
6	sód (mg/l)	0,592	5,69	5,67	nn
7	potas (mg/l)	3,07	1,76	1,86	nn
8	azot azotynowy i azotanowy suma (mg/l)	1,58	1,49	1,65	nn
9	azot ogólny Kjeldahla (mg/l)	0,756	1,02	0,825	2
10	azot ogólny (mg/l)	2,34	2,51	2,48	<5
11	OWO (mg/l)	4,27	4,49	5,19	<10
12	węglowodory suma C10-C40 (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2
13	bor (mg/l)	<0,010	<0,01	<0,01	<2
14	detergenty anionowe (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	nn
15	detergenty niejonowe (mg/l)	<1,0	<1,0	<1,0	nn
16	siarczki (mg/l)	0,11	<0,04	<0,04	nn

no - nie oznacza się
nn - nie normowane

* Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych
Dz. U. 2008 nr 162 poz. 1008

Numer studni kopanej zgodny z mapą Zał. 1	Współrzędne wg pomiaru GPS		Miejscowość	Użytkownik	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Poziom wodonośny					Uwagi
	ϕ	λ				Stratygrafia	Głębokość do zw. wody [m]	Głębokość do dna [m]	Rzędna zwierciadła [m n.p.m.]	Data pomiaru [dd-mm-rrrr]	
1	54°37'38.1"	17°47'26.3"	Rekowo Lęborskie	prywatny	68,50	Q	1,56	5,80	66,94	30.06.2011	stara, poniemiecka studnia, nie używana, źle zabezpieczona
2	54°37'48.5"	17°47'18.6"	Rekowo Lęborskie 26/2	prywatny	75,00	Q	3,21	8,70	71,79	30.06.2011	stara studnia wykładana kamieniem, użytkowana stale
3	54°38'22.7"	17°43'04.9"	Łebień 5/1	prywatny	60,00	Q	3,40	4,60	56,60	1.07.2011	dobrze zabezpieczona, użytkowana do podlewania

Numer studni wierconej		Współrzędne wg pomiaru GPS		Miejscowość Użytkownik	Otwór				Poziom wodonośny				Uwagi
zgodny z mapą Zał. 1	zgodny z bankiem HYDRO	ϕ	λ		Rok wykonania	Stratygrafia spagu	Głębokość [m]	Rzędna terenu [m n.p.m]	Stratygrafia	Głębokość stropu [m] $\frac{A}{M}$	Głębokość do zw. wody [m] $\frac{A}{M}$	Data pomiaru [dd-mm-rrrr] $\frac{A}{M}$	
1	40022	54°40'03.3"	17°47'08.0"	Bąsewice ujęcie lokalne	1966	Q	88,0	78,50	Q	<u>78,60</u> -	<u>13,00</u> -	<u>1966</u> -	nieczynna, zamknięta
2	40043	54°40'02.5"	17°47'07.6"	Bąsewice ujęcie lokalne	1972	Q	94,0	76,80	Q	<u>80,00</u> -	<u>12,60</u> -	<u>1972</u> -	nieczynna, zamknięta
3	-	54°40'02.5"	17°47'07.7"	Bąsewice ujęcie lokalne	-	Q	105	76,60	Q	-	-	-	nieczynna, zamknięta, brak danych w CBDH
4	130033	54°39'40.2"	17°45'38.0"	Tawęcino ujęcie wiejskie	1969	Q	51,0	94,30	Q	<u>33,00</u> -	<u>29,80</u> -	<u>1969</u> -	czynna, zamknięta
5	120026	54°39'17.3"	17°43'40.3"	Łebień gospodarstwo rolne	1968	Q	41,5	82,50	Q	<u>27,00</u> -	<u>16,60</u> 17,50	<u>1968</u> 01.07.2011	nieczynna
6	-	54°39'17.56"	17°43'44.07"	Łebień	-	-	-	-	-	-	-	-	nieczynna, zamknięta, brak danych w CBDH, wizja terenowa
7	120044	54°38'41.50"	17°43'02.07"	Łebień ujęcie wiejskie	1972	Q	34,0	61,10	Q	<u>17,20</u> -	<u>10,70</u> -	<u>1972</u> -	czynna
8	120009	54°38'41.8"	17°43'05.9"	Łebień ośrodek zdrowia	1962	Q	31,5	60,00	Q	<u>18,00</u> -	<u>10,00</u> -	<u>1962</u> -	nieczynna, zlikwidowana, zasypana obudowa
9	-	54°38'33.1"	17°47'21.1"	Karlikowo Łęborskie użytkownik prywatny	-	Q	24,0	70,20	Q	- -	- 9.00	- 20.07.2011	czynna
10	130162	54°38'33.0"	17°48'06.7"	Karlikowo Łęborskie gospodarstwo rolne	2010	Q	44,7	63,50	Q	<u>41,00</u> -	<u>5,50</u> -	<u>2010</u> -	czynna
11	130157	54°38'16.1"	17°46'08.9"	Łebień ZG LE1 studnia nr 1	2010	Ng	50,0	76,64	Q	<u>16,40</u> -	<u>16,40</u> -	<u>30.04.2010</u> -	czynna
12	130158	54°38'17.0"	17°46'10.4"	Łebień, ZG LE1 studnia nr 2	2010	Ng	52,0	75,93	Q	<u>15,60</u> 14,40	<u>15,60</u> 14,40	<u>30.04.2010</u> 30.06.2011	czynna, studnia awaryjna
13	-	-	-	Łebień Rolland Sp. z o.o.	2001	Q	61,0	78,70	Q	<u>54,00</u> -	<u>17,60</u> 17,24	<u>2001</u> 11.08.2011	dane z dokumentacji, brak danych w CBDH
14	130051	54°37'39.4"	17°47'21.1"	Rekowo Łęborskie Ujęcie wiejskie	1973	Q	65,0	68,00	Q	<u>41,00</u> -	<u>10,00</u> -	<u>1973</u> -	nieczynna, zamknięta
15	-	54°37'15.5"	17°45'19.6"	Obliwice Rolland Sp. z o.o. studnia nr 2	-	Q	20,0	81,00	Q	-	8,00	-	dane od właściciela studni, brak danych w CBDH
16	120081	54°36'57.7"	17°44'37.7"	Obliwice Rolland Sp. z o.o. Studnia nr 1	2000	Q	25,0	50,90	Q	<u>8,50</u> -	<u>2,70</u> 3,35	<u>2000</u> 21.07.2011	czynna
17	120030	54°36'54.1"	17°44'37.4"	Obliwice Ujęcie wiejskie	1969	Ng	52,0	56,90	Ng	<u>33,50</u> -	<u>3,10</u> -	<u>1969</u> -	czynna, zamknięta



Monitoring seismiczny szczelinowania hydraulicznego na otworze Łebień LE-2H

Zadanie wykonano zgodnie z **aneksem nr 1/259 z dnia 15.07.2011**
do projektu pt. „**Monitoring zagrożenia seismicznego obszaru Polski**”
realizowanego na wniosek Ministra Środowiska, ze środków Narodowego
Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
(umowa nr 445/2007/Wn-07/F6-bp-tx/D)

**mgr Jacek Trojanowski, mgr Beata Plesiewicz,
mgr inż. Jerzy Suchcicki, dr inż. Jan Wiszniowski**
Dział Monitoringu Geofizycznego
Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
ul. Księcia Janusza 64
01-452 Warszawa
tel. +48 022 6915 622
e-mail: monitoring@igf.edu.pl

Warszawa, 10 października 2011 r.





Uwagi wstępne

W związku z dyskusją w sprawie poszukiwań i eksploatacji gazu łupkowego pojawiły się obawy o możliwe zagrożenie środowiska naturalnego. Najwięcej z nich dotyczy możliwości zanieczyszczenia wód podziemnych, ale są również związane z niebezpieczeństwem wystąpienia wstrząsów sejsmicznych. W ciągu ostatnich lat pojawiały się doniesienia o zarejestrowaniu wstrząsów, które towarzyszyły eksploatacji gazu łupkowego. Doświadczenia ze Stanów Zjednoczonych, Kanady, a ostatnio również z Wielkiej Brytanii, pokazały że takie informacje są przyjmowane przez społeczeństwo z dużą obawą. Oczekuje się zatem od instytucji państwowych, że zadbają o bezpieczeństwo i nadzór nad procesem poszukiwań, a potem eksploatacji złóż. W związku z tym, Ministerstwo Środowiska poleciło Instytutowi Geofizyki Polskiej Akademii Nauk przeprowadzenie monitoringu sejsmicznego podczas szczelinowania hydraulicznego, prowadzonego na odwiercie *Łebień LE-2H* koło Łebienia, gmina Nowa Wieś Lęborska, powiat lęborski, woj. pomorskie. Prace są prowadzone na podstawie koncesji udzielonej firmie *Lane Energy Poland Sp. z o.o.*

Szczelinowanie poziomego odcinka otworu poszukiwawczego było pierwszym tego typu zabiegiem w Polsce. Otwór został wykonany tak jak otwór produkcyjny, różni się jedynie licencją, przyznaną na poszukiwanie, a nie eksploatację. Również pierwszy raz w Polsce przeprowadzono monitoring sejsmiczny procesu szczelinowania. W związku z tym przedsięwzięcie to było eksperymentem, który wymagał starannego przygotowania i przeprowadzenia go. Celem projektu było sprawdzenie ewentualnych efektów sejsmicznych wywołanych szczelinowaniem hydraulicznym.

W związku z realizacją tego zadania konieczne było częściowe przerwanie rejestracji w regionach określonych wcześniej dla projektu *Monitoring zagrożenia sejsmicznego obszaru Polski* i przeniesienie części stacji sejsmicznych w rejon odwiertu. Od wyznaczenia zadania do rozpoczęcia jego realizacji było bardzo mało czasu, co wymagało bardzo dużego zaangażowania logistycznego i finansowego. Aneks do umowy spowodował pozaplanowe zadania, dla których nie przewidziano dodatkowego finansowania. W badaniu wykorzystano dziesięć mobilnych stacji sejsmicznych, które rozmieszczono w różnych odległościach od 1 do 25 km od odwiertu. Miało to na celu umożliwienie rejestracji ewentualnych bardzo słabych wstrząsów bezpośrednio z rejonu odwiertu, ale również rejestrację i lokalizację ewentualnych silniejszych wstrząsów, gdyby takie się pojawiły. Ważnym kryterium wyboru miejsca do instalacji aparatury pomiarowej był poziom zakłóceń oraz techniczna i logistyczna możliwość instalacji. Wszystkie te czynniki miały wpływ na ostateczny rozkład sieci pomiarowej i są kompromisem tych założeń. Rysunek 1 przedstawia ostateczną lokalizację wszystkich dziesięciu stacji.

Rejestrację rozpoczęto 15 lipca 2011 r., w celu określenia tzw. „stanu zero”, czyli poziomu zakłóceń sejsmicznych przed rozpoczęciem procesu szczelinowania. Szczelinowanie rozpoczęto 19 sierpnia, a zakończono 28 sierpnia. Przez cały okres prowadzenia szczelinowania w rejonie Łebienia przebywał zespół specjalistów czuwających nad prawidłowym przebiegiem rejestracji, co umożliwiało podjęcie natychmiastowej reakcji w przypadku awarii którejkolwiek ze stacji. Od 28 do 30 sierpnia wykonawca szczelinowania prowadził prace technologiczne – testujące jakość zabiegu szczelinowania hydraulicznego. Pomiary sejsmiczne prowadzono jeszcze przez miesiąc, do końca września, w celu sprawdzenia, czy z opóźnieniem nie wystąpią jakieś wstrząsy sejsmiczne. Po zakończeniu pomiarów stacje sejsmiczne zostały zdemontowane i przeniesione w miejsca, z których zostały wcześniej zabrane, celem kontynuacji głównego zadania określonego w projekcie.

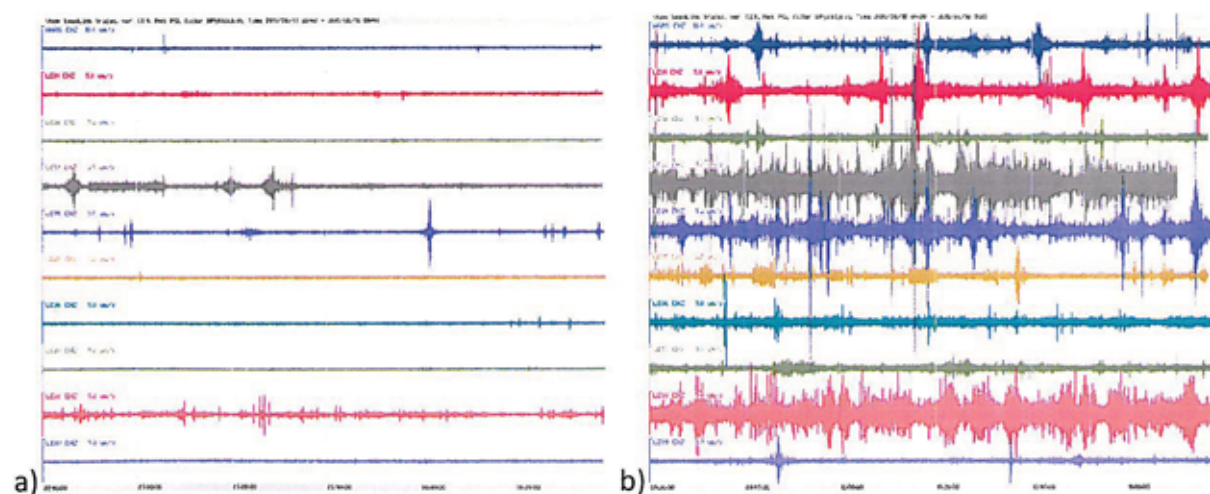


neuronowa pozwala rozpoznawać sekwencje czasowe dowolnej długości. Sztuczna sieć neuronowa jest z matematycznego punktu widzenia układem równań, o pewnych współczynnikach, które wymagają dobrania. Współczynniki te wyznacza się metodą uczenia, która polega na korygowaniu wartości współczynników, minimalizując błąd pomiędzy wartością oczekiwaną, a rzeczywistą wartością wyjścia sieci neuronowej. Sieć neuronowa uczona jest na bazie danych treningowych, w skład których wchodzi grupa danych odnosząca się do rzeczywistych zjawisk sejsmicznych oraz grupa zakłóceń wywołanych działalnością ludzką. Odpowiednio przygotowana sieć neuronowa pozwala na detekcję zjawisk tak słabych, że ich amplituda nie przekracza amplitudy szumu. Wykorzystanie korelacji czasowych pomiędzy stacjami pozwala na skuteczną eliminację przypadkowych zakłóceń. Sieć była uczona na danych pochodzących z projektu *Monitoring zagrożenia sejsmicznego obszaru Polski*. Szacunkowa skuteczność określona na danych testowych wynosi ok. 85%, czyli taki procent rzeczywistych zjawisk powinien zostać wykryty. Wysoka skuteczność jest okupiona stosunkowo wysokim udziałem fałszywych detekcji, ok. 60%, co wymaga znacznego zaangażowania geofizyków w weryfikację wszystkich detekcji, ale jest to najefektywniejsza metoda wykrywania słabych wstrząsów.

Ze względu na wagę prowadzonych badań dokonano również szczegółowego przeglądu wizualnego wszystkich zapisów z okresu, kiedy były prowadzone szczelinowania.

Wyniki pomiarów

Miejsce prowadzenia pomiarów znajduje się w odległości ok. 20 km od morza, które generuje drgania mikrosejsmiczne o częstotliwościach znajdujących się w paśmie sejsmicznym. Ponadto znaczna gęstość zaludnienia terenu Polski powoduje silny wpływ zakłóceń antropogenicznych, które często pokrywają się z pasmem drgań sejsmicznych. Efekt ten widać wyraźnie przy porównaniu zapisów dziennych z nocnymi. W dzień, średnia amplituda szumów jest ok. dwukrotnie wyższa oraz występują liczne, krótkotrwałe zakłócenia wysokoamplitudowe. Przykładowe zapisy z nocy i dnia przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Różnica w poziomie szumów w nocy – rys a) i dzień – rys. b).

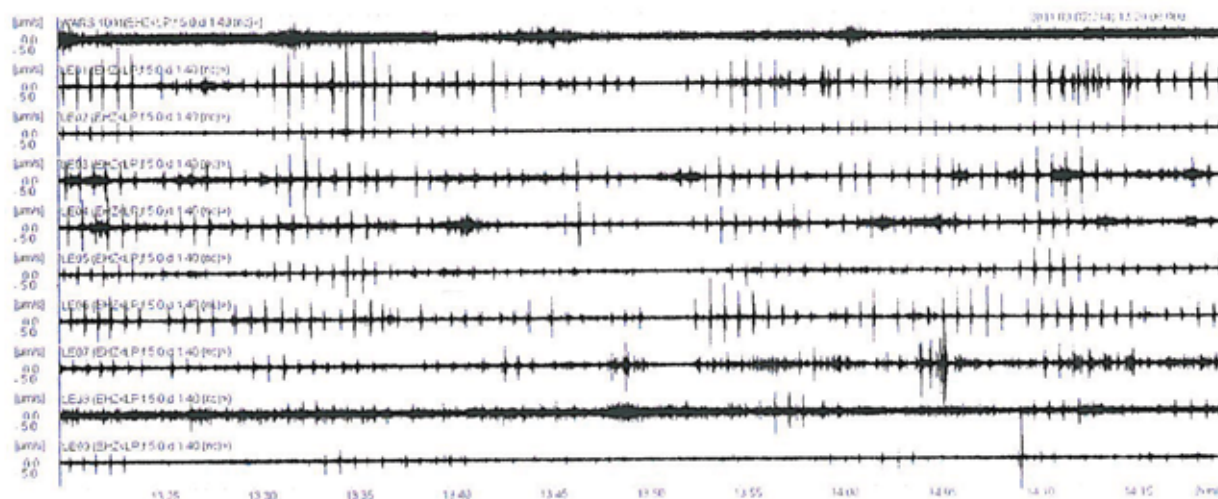
Przy pomocy sieci neuronowej dokonano analizy danych zebranych w czasie całego okresu monitorowania okolic Łebienia. Wyniki zestawiono w tabeli 1.



Tabela 1. Wyniki detekcji zjawisk sejsmicznych zarejestrowanych w czasie monitoringu odwiertu Łebień LE-2H

Liczba detekcji	Poprawne detekcje	Wstrząsy telesejsmiczne	Wstrząsy regionalne
1712	52	46	6

Znaczna liczba wygenerowanych detekcji jest spowodowana w głównej mierze przez zakłócenia, które były rejestrowane na wielu stacjach. Przykładowy zapis tego typu zjawisk, zarejestrowanych na wszystkich stacjach w rejonie Łebienia, przedstawia rysunek 3. Zakłócenie składało się z serii impulsów, które propagowały się z prędkościami akustycznymi, co wyklucza sejsmiczny charakter zjawiska. Źródło impulsów znajdowało się na wschód od rejonu Łebienia i było aktywne po kilka godzin dziennie i było wielokrotnie obserwowane w czasie prowadzenia monitoringu.



Rys. 3. Przykładowy zapis zakłóceń, które pochodziły spoza rejonu odwiertu, ale generowały liczne fałszywe detekcje wychwycone przez sieć neuronową.

Rzeczywistych wstrząsów sejsmicznych, było 52, z czego większość to odległe trzęsienia ziemi (zjawiska telesejsmiczne), a tylko 6 wstrząsów regionalnych.

W czasie całego okresu monitorowania otworu Łebień LE-2H, nie zanotowano żadnych lokalnych zjawisk sejsmicznych, które mogłyby mieć związek z szczelinowaniem hydraulicznym.

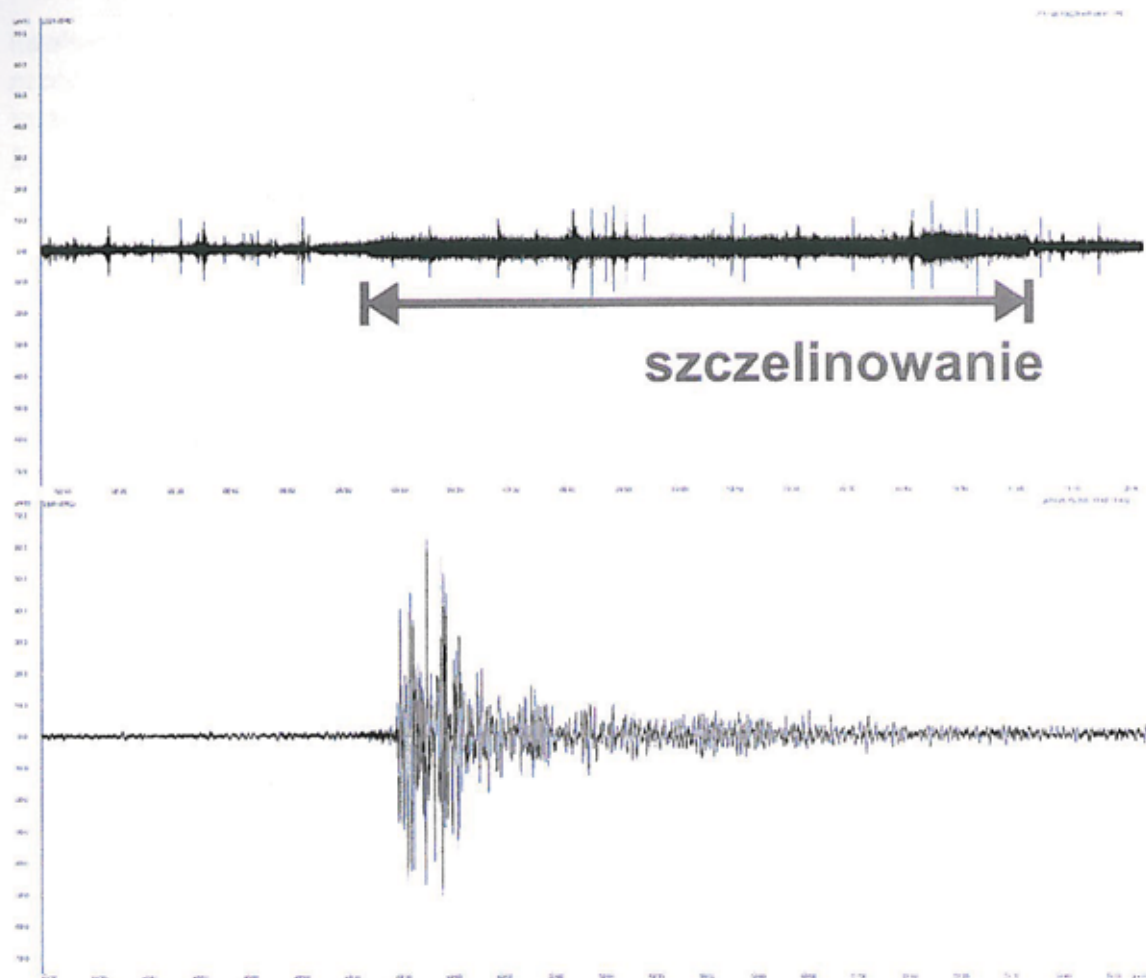
Badany otwór znajduje się na stabilnej tektonicznie Platformie Wschodnioeuropejskiej (prekambryjskiej), co znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia jakichkolwiek wstrząsów, nie występują tu bowiem żadne aktywne uskoki, które mogłyby być źródłem ewentualnych wstrząsów wywołanych przez szczelinowanie hydrauliczne.

Jedynym mierzalnym efektem był sygnał parasejsmiczny zarejestrowany przez stację sejsmiczną najbliższą odwiertu (~1 km). Źródłem tego sygnału były urządzenia (głównie pompy) pracujące na powierzchni przy odwiercie. Charakter sygnału był zbliżony do sygnału tła, ale o amplitudzie około dwukrotnie wyższej. Pojedynczy etap szczelinowania trwał ok. 2 godzin. Przykładowy zapis przedstawiono na rys. 4. Zarejestrowano 13 etapów szczelinowania w dniach 19 – 28 sierpnia. Przez dwa następne dni były prowadzone testy na odwiercie. Cały proces szczelinowania można uznać za zakończony w dniu 30 sierpnia 2011 r. Dla porównania przedstawiono jeden z odległych wstrząsów zarejestrowanych przez tę samą stację, który przedstawiono w tej samej skali amplitudowej (prędkość przemieszczeń





[$\mu\text{m/s}$]). Pomimo odległości wielu tysięcy kilometrów, wstrząs z rejonu Fidżi dał dziesięciokrotnie większe amplitudy niż szczelinowanie monitorowane z odległości ok. 1 km i nie był odczuwalny przez ludzi w okolicy Łebienia.



Rys. 4. Zapis szczelinowania jednego z odcinków odwiertu poziomego, który trwał ok. 2 godzin. Widoczne jest tylko nieznaczne zwiększenie amplitudy sygnału tła (górną). Trzęsienie ziemi w rejonie Fidżi, magnituda 7.3, odległość od epicentrum ok. 15500 km, czas uniwersalny w źródle 19:31:02.0 15.09.2011 (dół). Oba zjawiska przedstawiono w tej samej skali amplitudowej (prędkość przemieszczeń w $\mu\text{m/s}$).

Wpływ drgań na ludzi i budynki

Wpływ drgań na ludzi i budynki jest określony w Polsce przez dwie normy budowlane PN-88/B-02171 - *Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach* oraz PN-85/B-02170 - *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki*. Zgodnie z pierwszą z tych norm, przyspieszenia poniżej 5 mm/s^2 nie są w żadnym stopniu niebezpieczne dla ludzi. Druga z tych norm stwierdza, że oddziaływanie sił bezwładności na budynek można całkowicie pominąć przy projektowaniu, gdy amplituda przyspieszeń ruchu poziomego nie przekracza 0,005 przyspieszenia ziemskiego, czyli ok. 50 mm/s^2 . Tymczasem maksymalne amplitudy przyspieszeń rejestrowane podczas szczelinowania nie przekraczały $0,5 \text{ mm/s}^2$.

W związku z powyższym, drgania generowane przez urządzenia pracujące w czasie szczelinowania nie stanowiły zagrożenia dla ludzi i budynków w okolicy.





Podsumowanie i wnioski końcowe

Szczelinowanie hydrauliczne jest procesem, którego przebieg bardzo silnie zależy od lokalnych warunków geologicznych. W związku z tym część wniosków wynikających z przeprowadzonego monitoringu otworu Łebień LE-2H odnosi się tylko do tego konkretnego szczelinowania. Inne natomiast mają charakter ogólny.

1. *Wnioski dotyczące szczelinowania w miejscowości Łebień w dniach 19 – 28.08.2011:*

- nie zarejestrowano żadnych wstrząsów sejsmicznych, mogących mieć związek ze szczelinowaniem;
- badania w okresie czterech tygodni poprzedzających szczelinowanie i czterech tygodni po szczelinowaniu również nie wykazały żadnych wstrząsów;
- drgania gruntu spowodowane pracą urządzeń przy odwiercie nie stanowią zagrożenia dla ludzi i budynków w okolicy;

2. *Wnioski natury ogólnej:*

- wstrząsy towarzyszące szczelinowaniu są bardzo słabe i z tego powodu ich rejestracja na powierzchni ziemi jest bardzo trudna, a czasem niemożliwa;
- zjawiska silniejsze, które można zarejestrować na powierzchni, a następnie zlokalizować, są bardzo rzadkie;
- wstrząsy, które mogą być odczute przez ludzi są niezwykle rzadkie w rejonach eksploatacji gazu łupkowego, a ich bezpośredni związek ze szczelinowaniem nie jest z reguły jednoznacznie potwierdzony;
- występowanie wstrząsów w znacznym stopniu jest uzależnione od struktury geologicznej w miejscu szczelinowania, w szczególności od istnienia naturalnych uskoków;
- informacja o sejsmiczności naturalnej w badanym rejonie jest niezwykle istotna dla późniejszej oceny wpływu eksploatacji gazu łupkowego na ewentualne zwiększenie regionalnej aktywności sejsmicznej;

Sejsmiczność generowana procesem szczelinowania hydraulicznego jest bardzo niska, ale zdarzają się silniejsze zjawiska, które mogą mieć związek ze szczelinowaniem. Istnieją również doniesienia o wzroście aktywności sejsmicznej w rejonach eksploatacji gazu łupkowego, np.: Wielka Brytania – Lancashire, Kanada – Kolumbia Brytyjska. W celu jednoznacznego stwierdzenia, czy aktywność sejsmiczna rzeczywiście wzrosła, niezbędne jest posiadanie wiedzy na temat wcześniejszego poziomu aktywności. W warunkach niskiej sejsmiczności, tak jak w Polsce, wymaga to prowadzenia pomiarów jak najdłużej przed rozpoczęciem eksploatacji gazu. Pozwoli to w przyszłości jednoznacznie potwierdzić lub obalić tezę o zagrożeniu sejsmicznym związanym z eksploatacją gazu łupkowego.

Z-ca DYREKTORA
ds. Technicznych i Monitoringu

mgr inż. Marian Hościłowicz



**Badanie tła węglowodorowego w powietrzu glebowym oraz analizy gazu złożowego
w celu określenia parametrów pozwalających na podanie genezy potencjalnego występowania
gazu ziemnego poza instalacją.**

WSTĘP

Opracowanie pn. "Badanie tła węglowodorowego w powietrzu glebowym oraz analizy gazu złożowego w celu określenia parametrów pozwalających na podanie genezy potencjalnego występowania gazu ziemnego poza instalacją", wykonano na podstawie umowy Nr 603/2011/6 zawartej w dniu 25.08.2011 pomiędzy Skarbem Państwa – Ministerstwem Środowiska a Instytutem Nafty i Gazu.

Praca obejmowała kilka punktów:

- Wyznaczenie siatki poboru próbek powietrza glebowego wokół wiertni Łebień LE-2H (Rys.1-2)
- Pobór prób powietrza glebowego w terenie (40 sztuk) z wykorzystaniem własnego sprzętu (zestawu sondażowego)
- Pobór dwóch prób gazu złożowego w odstępach kilku dniowych po wykonanych zabiegach szczelinowania na otworze Łebień LE-2H
- Dostarczenie próbek w workach tedlarowych do laboratorium
- Analiza chromatograficzna gazu pod kątem określenia składu molekularnego
- Analiza GCIRMS dla oznaczenia składu trwałych izotopów węgla w metanie, etanie i ditlenku węgla
- Opracowanie wyników i zestawienie tabelaryczne wraz z przygotowaniem raportu końcowego.

Opracowanie oprócz wyników badań zawiera opis zastosowanych metod badawczych oraz metryki poszczególnych próbek pobranych do analizy.

I. Metodyka poboru próbek powietrza glebowego (gruntowego)

Do badań prowadzonych w ramach realizowanego zlecenia wykorzystano jedną z technik metody zdjęcia „gazu wolnego”, tj. sondowania gazów glebowych (gruntowych) w celu zbadania składu powietrza glebowego na obecność w nim metanu i określeniu jego stężenia.

Taką metodę wykorzystuje się najczęściej podczas:

- monitoringu szczelności podziemnych magazynów gazu ziemnego,
- monitoringu szczelności składowisk odpadów komunalnych,
- badania skuteczności rekonstrukcji lub likwidacji odwiertów gazowych - badania przed i po robotach górniczych,
- badania skuteczności cementowania odwiertów gazowych - badania przed i po wierceniu otworów,
- wykrywania ekshalacji gazowych (pochodzenia geogenicznego i antropogenicznego),
- wykrywania nieszczelności gazociągów,
- badania wpływu eksploatacji złóż węglowodorów na środowisko naturalne,
- badania wpływu likwidacji metanowych kopalń węgla kamiennego na środowisko
- badaniu gazów wybuchowych i toksycznych na terenach zdegradowanych ekologicznie,
- badania składu gazów gruntowych na terenach przeznaczonych pod budownictwo.

W zakres prac związanych z zastosowaną metodą wchodzi:

Prace przygotowawcze:

- zebranie i analiza niezbędnej dokumentacji bazowej (geodezyjnej, geologicznej, geochemicznej) dotyczącej przewidzianego rejonu badań.
- zaprojektowanie zdjęcia gazowego (tj. planu rozmieszczenia punktów pomiarowych) w oparciu o dostępną dokumentację, wizję lokalną i wywiad środowiskowy rejonu badań.
- opracowanie wyników i sporządzenie dokumentacji sprawozdawczo-wynikowej z wykonanych badań.

Prace polowe:

- rekonesans w rejonie badań - wizja lokalna, wywiad środowiskowy.
- wykonanie otworów badawczych (wg przyjętego planu)
- szczelne umieszczenie w otworach sond i nadanie im identyfikatorów z podstawowymi danymi: rejon, symbol, numer punktu pomiarowego.

- pobranie z sond prób materiału do badań analitycznych
- zabezpieczenie i dostarczenie prób do laboratorium analitycznego

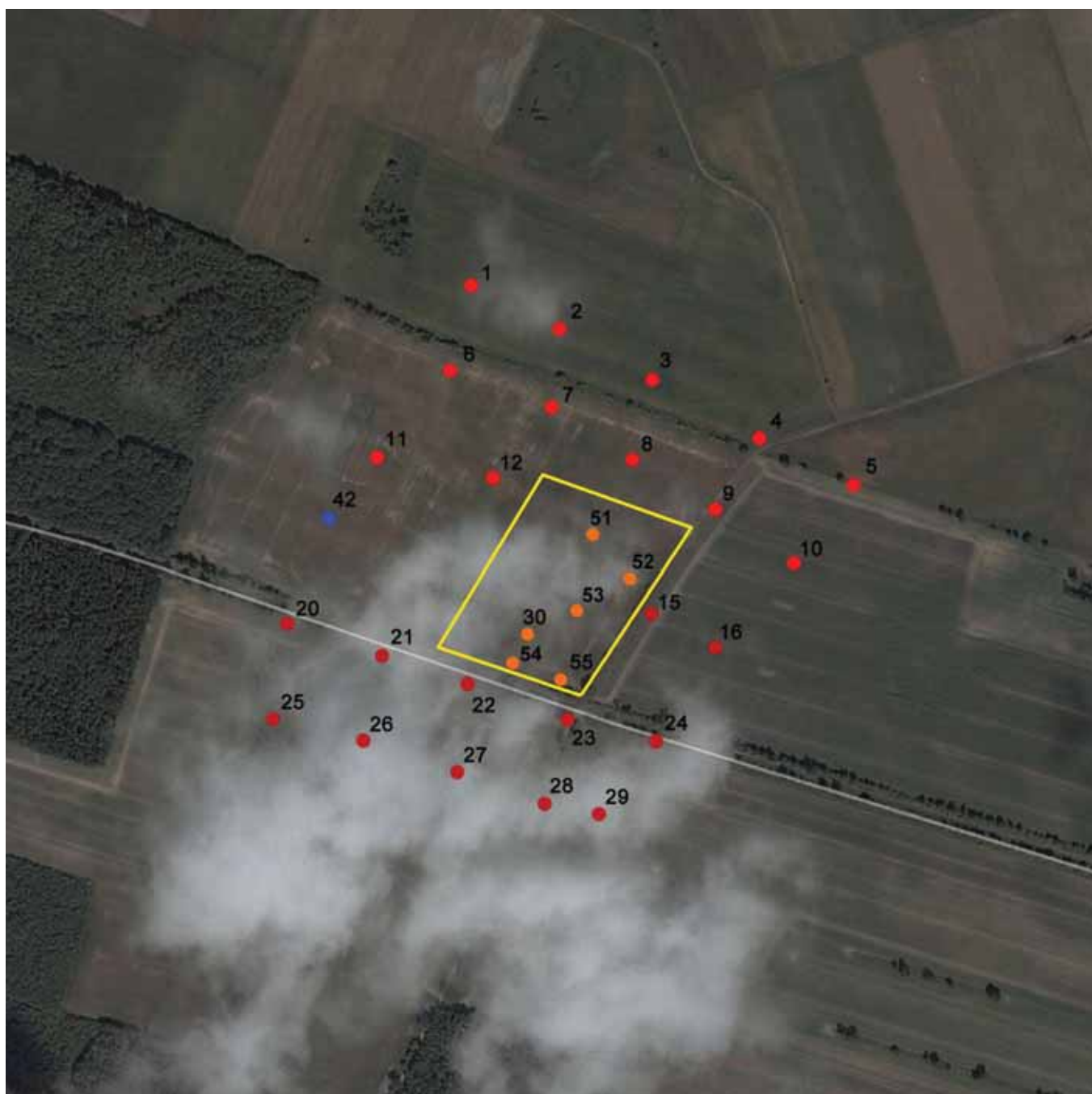
Sposób poboru próbek podczas pomiarów terenowych w Łebieniu.

Próbki do badań pobrali pracownicy Zakładu Technologii Energii Odnawialnych w dniach 5 – 7 i 12 – 13 września 2011 roku (Jerzy Dudek, Piotr Klimek, Grzegorz Kołodziejak)

W celu wykonania otworów badawczych do poboru gazu glebowego (gruntowego) wykorzystano spalinowy młot udarowy Wacker BH 23 z zestawem sondażowym w skład którego wchodzi drażone żerdzie z gwintem stożkowym, stożek prowadzący dokręcany do żerdzi oraz adapter (łącznik) służący do połączenia żerdzi.

Wiercenie otworów do głębokości około 2 m wykonywano używając dokręcanych do siebie żerdzi, z których pierwsza zakończona była końcówką prowadzącą (szpicem). Po skończeniu wiercenia, żerdzie wyciągane były przy pomocy jednoramiennej wyciągarki o udźwigu 20 kN, która jest na wyposażeniu zestawu sondażowego. Po odwierceniu otworu, wkładano do niego sondę którą stanowiła rurka z PE, w górnej części zaślepiona i wyposażona w uszczelniacz oraz króciec umożliwiający pobór próbki gazu glebowego przy użyciu aspiratora. Sondę umieszczano w taki sposób, aby uszczelniacz był schowany w otworze, natomiast przy wylocie otworu uklepywano ziemię tak, aby dokładnie przylegała do posadowionej w nim sondy.. Powietrze glebowe wpływa do sondy na zasadzie naturalnej dyfuzji. Próbkę powietrza glebowego pobierano do worków tedlarowych o pojemności od jednego do trzech litrów, przy pomocy pompki wyposażonej w rotametr typu: „Supleco Air Sampler” Model 1067 produkcji USA. Pompką zasysano mieszaninę gazów z sondy i przetłaczano ją do pojemnika (worka tedlarowego). Po wypełnieniu pojemnika powietrzem glebowym zamykano zawór i przekazano pobrane próbki do laboratorium Zakładu Geologii Instytutu Nafty i Gazu, gdzie poddano je badaniom analitycznym.

Uwaga: okres czasu od zainstalowania sondy do poboru próbki uzależniony był m.in. od prac polowych wykonywanych na terenie objętym badaniami.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Łebień LE-2H, w których prowadzono monitoring gazu glebowego.



Rys.2. Lokalizacja punktów pomiarowych wokół wiertni Łebień LE-2H oddalonych o ponad 1000m.
Punkty zaznaczone na mapie zgodnie z wykazem protokołów pobrania.



Rys.3. Rejon badań wokół wiertni.



Rys.4. Wykonywanie odwiertów do głębokości 2m w celu założenia sond.



Rys.5. Prace plove w rejonie bagnistym



Rys. 6. Założona sonda do poboru próbki gazu glebowego



Rys.7. Pobór próbki gazu do worka tedlarowego



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 1/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	31									
Współrzędne punktu	N	54	39	14	8					
	E	17	47	07	4					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	18:15									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,2 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć

UWAGI:



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 2/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	33									
Współrzędne punktu	N	54	38	56	4					
	E	17	46	21	7					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	18:25									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 3/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	38									
Współrzędne punktu	N	54	37	32	1					
	E	17	48	46	1					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:45									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	18:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 4/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	37									
Współrzędne punktu	N	54	37	47	0					
	E	17	6	57	5					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:30									
Głębokość otworu	1,8 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	17:30									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,8 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 5/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	35									
Współrzędne punktu	N	54	38	16	2					
	E	17	46	41	0					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:55									
Głębokość otworu	1,9 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	19:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,9 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 6/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	34									
Współrzędne punktu	N	54	38	35	1					
	E	17	46	13	2					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:15									
Głębokość otworu	1,9 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	18:45									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,9 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 7/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	39									
Współrzędne punktu	N	54	38	06	4					
	E	17	46	01	2					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:40									
Głębokość otworu	1,8 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	14:50									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,8 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 8/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	40									
Współrzędne punktu	N	54	37	58	1					
	E	17	45	52	5					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	14:45									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 9/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	41									
Współrzędne punktu	N	54	37	51	4					
	E	17	45	44	9					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	14:45									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 10/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	28									
Współrzędne punktu	N	54	38	10	9					
	E	17	46	0	6					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:45									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	19:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 11/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	29									
Współrzędne punktu	N	54	38	10	4					
	E	17	46	13	5					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	14:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	19:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 12/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	27									
Współrzędne punktu	N	54	38	11	7					
	E	17	46	05	7					
Data wykonania otworu	05.09.2011									
Godzina wykonania otworu	14:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	05.09.2011									
Godzina poboru	15:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 13/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	23									
Współrzędne punktu	N	54	38	13	6					
	E	17	46	11	8					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	9:30									
Głębokość otworu	2 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	17:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 14/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	24									
Współrzędne punktu	N	54	38	12	9					
	E	17	46	16	8					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	9:45									
Głębokość otworu	2 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	17:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 15/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	22									
Współrzędne punktu	N	54	38	14	8					
	E	17	46	06	3					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	9:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	17:20									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 16/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	21									
Współrzędne punktu	N	54	38	15	7					
	E	17	46	01	5					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:00									
Głębokość otworu	2,0 m ptt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	17:30									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 17/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	26									
Współrzędne punktu	N	54	38	12	9					
	E	17	46	00	5					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	17:40									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 18/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	25									
Współrzędne punktu	N	54	38	14	0					
	E	17	45	55	4					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	18:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 19/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	20									
Współrzędne punktu	N	54	38	16	8					
	E	17	45	56	2					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:45									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	18:20									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 20/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	15									
Współrzędne punktu	N	54	38	17	1					
	E	17	46	12	3					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	18:30									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 21/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	9									
Współrzędne punktu	N	54	38	20	4					
	E	17	46	20	2					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	06.09.2011									
Godzina poboru	18:40									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 -2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 22/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	4									
Współrzędne punktu	N	54	38	22	5					
	E	17	46	22	9					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	11:15									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 -2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 23/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	5									
Współrzędne punktu	N	54	38	21	3					
	E	17	45	28	0					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:45									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	11:30									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 24/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	10									
Współrzędne punktu	N	54	38	18	7					
	E	17	46	24	5					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	11:45									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 25/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	16									
Współrzędne punktu	N	54	38	16	0					
	E	17	46	20	1					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	12:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ptt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 26/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	3									
Współrzędne punktu	N	54	38	24	6					
	E	17	46	16	6					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	12:20									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 27/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	2									
Współrzędne punktu	N	54	38	26	3					
	E	17	46	11	4					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:45									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	12:30									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 28/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	1									
Współrzędne punktu	N	54	38	27	7					
	E	17	46	06	5					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	12:40									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 29/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	6									
Współrzędne punktu	N	54	38	24	9					
	E	17	46	05	3					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	13:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 30/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	7									
Współrzędne punktu	N	54	38	24	1					
	E	17	46	10	9					
Data wykonania otworu	06.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	13:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 31/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	8									
Współrzędne punktu	N	54	38	22	0					
	E	17	46	15	5					
Data wykonania otworu	07.09.2011									
Godzina wykonania otworu	9:30									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	17:45									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 32/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	11									
Współrzędne punktu	N	54	38	22	2					
	E	17	46	01	3					
Data wykonania otworu	07.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:00									
Głębokość otworu	1,9 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	18:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 33/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	12									
Współrzędne punktu	N	54	38	21	4					
	E	17	46	07	7					
Data wykonania otworu	07.09.2011									
Godzina wykonania otworu	10:15									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	18:20									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 34/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	42									
Współrzędne punktu	N	54	38	20	1					
	E	17	45	58	5					
Data wykonania otworu	07.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:00									
Głębokość otworu	2,0 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	07.09.2011									
Godzina poboru	18:35									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 2,0 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm ³ <u>worek tedlarowy 2 dm³</u> pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 35/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	51									
Współrzędne punktu	N	54	38	19	6					
	E	17	46	13	2					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:10									
Głębokość otworu	1,5 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	18:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,5 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 36/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	52									
Współrzędne punktu	N	54	38	18	2					
	E	17	46	15	3					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:30									
Głębokość otworu	1,8 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	18:40									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,8 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 37/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	53									
Współrzędne punktu	N	54	38	17	1					
	E	17	46	12	3					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	11:50									
Głębokość otworu	1,5 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	18:50									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,5 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 38/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	30									
Współrzędne punktu	N	54	38	16	4					
	E	17	46	09	6					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:00									
Głębokość otworu	2,5 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	19:00									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,8 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	<u>worek tedlarowy 1dm³</u> worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 39/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	54									
Współrzędne punktu	N	54	38	15	4					
	E	17	46	08	8					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	12:20									
Głębokość otworu	1,7 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	19:10									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,7 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć



Monitoring powietrza glebowego

Protokół nr 40/2579/SN

Nr punktu pomiarowego	55									
Współrzędne punktu	N	54	38	14	9					
	E	17	46	11	5					
Data wykonania otworu	12.09.2011									
Godzina wykonania otworu	13:00									
Głębokość otworu	1,8 m ppt									
Pobór próby										
Data poboru	12.09.2011									
Godzina poboru	19:20									
Głębokość poboru próby (zakres)	1,0 – 1,8 m ppt									
Rodzaj pojemnika*	worek tedlarowy 1dm³ worek tedlarowy 2 dm ³ pipeta szklana „SUPELCO” pipeta szklana „GLIWICE”									

* - zaznaczyć

II. Prace Laboratoryjne

II.1 Metodyka badań

Do badań dostarczono 40 próbek powietrza glebowego w workach tedlarowych oraz dwie próbki gazu złożowego z odwiertu Łebień LE-2H w stalowych pipetach. Zarówno w próbkach powietrza glebowego jak i gazu złożowego analizowano skład molekularny i izotopowy.

II.1.1. Skład molekularny

Analizy chromatograficzne określały zawartość następujących składników:

O₂, N₂, CO, CO₂, C₁, C₂, C₃, iC₄, nC₄ podczas analiz powietrza glebowego oraz O₂, N₂, CO, CO₂, C₁, C₂, C₃, iC₄, nC₄, iC₅, nC₅, neoC₅, i sum węglowodorów C₆, C₇, C₈ i C₉ podczas analiz gazu złożowego. Do analizy GC zastosowano chromatograf gazowy AGILENT 7890A z oprogramowaniem ChemStation oraz układ kolumn i detektorów:

- detektor TCD i FID 1 - kolumny kapilarne: HP-PLOT/Q i HP-MOLESIEVE 5A
- detektor FID 2 - kolumna kapilarna HP-PONA

II.1.2. Skład izotopowy

Do oznaczeń składu izotopowego węgla oraz wodoru wykorzystano spektrometr masowy GC-IRMS (Isotope Ratio Mass Spectrometer) Delta V Advantage. Preparatyka próbek następowała „on-line” dzięki połączeniu spektrometru z chromatografem TRACE GC ULTRA firmy Thermo Electron Corporation. Rozdział składników gazu następował na kolumnie kapilarnej HP-PLOT/Q.



Rys. II.1. Spektrometr masowy Delta V Advantage sprzężony z analizatorem elementarnym Flash 2000 oraz chromatografem gazowym Trace GC Ultra



Rys. II.2. Spektrometr masowy Delta V Advantage

II.2. Wyniki analiz powietrza glebowego

Skład molekularny powietrza glebowego został przedstawiony w tabelach od II.1 do II.4. Składniki zostały przeliczone do 100% gazu a wyniki przedstawione w jednostkach [ppm]. Podczas analizy składu izotopowego możliwe było tylko oznaczanie $\delta^{13}\text{C}$ w ditlenku węgla (poza nielicznymi wyjątkami, z uwagi na zbyt małą ilość gazu do analizy lub ze względu na niską zawartość CO_2). Metan nie mógł być analizowany pod kątem składu izotopowego z względu na zbyt niskie stężenia jego występowania (poza limitem detekcji dla składu izotopowego). Wyniki zostały przedstawione w tabeli numer II.5.

Tabela II.1. Skład molekularny gazów glebowych pobranych z punktów numer: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oraz 10 [ppm]

	Punkt nr 1/1	Punkt nr 2/1	Punkt nr 3/1	Punkt nr 4/1	Punkt nr 5/1	Punkt nr 6/1	Punkt nr 7/1	Punkt nr 8/1	Punkt nr 9/1	Punkt nr 10/1
O ₂	208 057,5	186 243,3	208 956,1	69 605,5	204 909,1	167 834,9	180 410,5	174 350,7	206 087,2	192 337,2
N ₂	789 925,0	797 136,6	789 103,0	856 413,4	788 872,5	795 423,5	796 406,6	800 516,7	789 653,4	792 159,2
CO ₂	2 010,6	16 609,0	1 933,5	73 965,6	6 214,3	36 733,6	23 175,2	25 116,6	4 253,3	15 494,4
CO	3,0	4,1	3,4	4,7	2,7	2,9	3,1	5,2	1,9	3,2
C ₁	3,8	5,9	4,0	9,1	1,5	5,2	4,6	9,1	4,2	5,1
C ₂	0,0	1,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,9
C ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
i-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
n-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela II.2. Skład molekularny gazów glebowych pobranych z punktów numer: 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24 oraz 25 w [ppm]

	Punkt nr 11/1	Punkt nr 12/1	Punkt nr 15/1	Punkt nr 16/1	Punkt nr 20/1	Punkt nr 21/1	Punkt nr 22/1	Punkt nr 23/1	Punkt nr 24/1	Punkt nr 25/1
O ₂	173 507,2	210 349,5	206 407,7	187 805,2	189 368,1	206 230,2	169 713,4	168 163,8	205 643,2	209 147,6
N ₂	793 215,7	788 982,8	791 239,0	793 644,4	788 335,3	790 243,0	778 879,2	799 218,7	787 892,1	788 998,9
CO ₂	33 274,1	662,9	2 344,4	18 548,4	22 288,5	3 518,2	51 402,5	32 609,7	6 461,0	1 848,4
CO	1,8	2,5	3,6	1,9	3,3	3,6	2,6	4,0	2,2	2,4
C ₁	1,2	2,3	5,4	0,0	4,8	5,1	2,3	3,9	1,6	2,7
C ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
i-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
n-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela II.3. Skład molekularny gazów glebowych pobranych z punktów numer: 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35 oraz 37 [ppm]

	Punkt nr 26/1	Punkt nr 27/1	Punkt nr 28/2	Punkt nr 29/1	Punkt nr 30/1	Punkt nr 31/2	Punkt nr 33/1	Punkt nr 34/2	Punkt nr 35/1	Punkt nr 37/2
O ₂	205 964,2	200 341,2	207 578,6	204 766,0	204 898,7	152 374,8	204 680,6	198 587,7	208 727,9	178 642,4
N ₂	790 341,6	792 817,7	784 717,2	789 958,8	792 012,6	759 567,7	788 113,8	760 143,1	788 797,2	785 370,4
CO ₂	3 686,8	6 819,3	7 698,7	5 270,5	3 084,9	87 742,3	7 200,9	41 256,7	2 055,4	35 974,3
CO	3,3	5,4	2,0	2,5	2,4	6,5	2,3	5,3	2,7	4,4
C ₁	4,1	13,8	3,6	2,2	1,4	308,6	2,5	7,2	416,9	8,6
C ₂	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
i-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
n-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela II.4. Skład molekularny gazów glebowych pobranych z punktów numer: 38, 39, 40, 41, 42, 51, 52, 53, 54 oraz 55 w [ppm]

	Punkt nr 38/1	Punkt nr 39/1	Punkt nr 40/1	Punkt nr 41/1	Punkt nr 42/1	Punkt nr 51/1	Punkt nr 52/1	Punkt nr 53/1	Punkt nr 54/1	Punkt nr 55/1
O ₂	167 198,8	205 829,6	191 977,8	115 119,6	199 936,1	195 753,5	207 085,9	207 445,3	209 777,1	176 668,0
N ₂	793 067,5	789 493,0	787 126,4	837 685,7	789 690,2	796 137,5	789 899,7	789 895,6	788 657,7	786 571,4
CO ₂	39 393,5	4 669,1	20 890,4	47 178,0	10 371,6	8 084,4	2 872,9	2 648,6	1 560,8	36 756,0
CO	3,6	3,4	2,8	5,2	2,2	6,8	3,1	4,4	2,3	3,0
C ₁	336,6	4,8	2,6	9,7	0,0	15,4	138,4	6,1	2,2	1,6
C ₂	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
C ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
i-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
n-C ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela II. 5. Skład izotopowy węgla $\delta^{13}\text{C}$ w ditlenku węgla w powietrzu glebowym [‰ vs PDB]

	$\delta^{13}\text{C}$ [‰]		$\delta^{13}\text{C}$ [‰]		$\Delta^{13}\text{C}$ [‰]		$\Delta^{13}\text{C}$ [‰]
Punkt nr 1	-22,0	Punkt nr 11	-24,1	Punkt nr 26	-21,5	Punkt nr 38	-21,8
Punkt nr 2	-23,9	Punkt nr 12	-14,5	Punkt nr 27	-22,2	Punkt nr 39	-23,1
Punkt nr 3	-21,1	Punkt nr 15	-18,4	Punkt nr 28	ns	Punkt nr 40	-20,9
Punkt nr 4	-25,8	Punkt nr 16	-22,9	Punkt nr 29	ns	Punkt nr 41	-23,3
Punkt nr 5	-21,9	Punkt nr 20	-23,8	Punkt nr 30	-11,7	Punkt nr 42	-22,4
Punkt nr 6	-24,1	Punkt nr 21	-23,4	Punkt nr 31	ns	Punkt nr 51	-20,7
Punkt nr 7	-24,7	Punkt nr 22	-23,1	Punkt nr 33	-20,1	Punkt nr 52	-20,4
Punkt nr 8	-23,7	Punkt nr 23	ns	Punkt nr 34	ns	Punkt nr 53	-18,7
Punkt nr 9	-23,0	Punkt nr 24	-24,5	Punkt nr 35	-21,7	Punkt nr 54	-17,0
Punkt nr 10	-23,0	Punkt nr 25	ns	Punkt nr 37	ns	Punkt nr 55	-22,4

ns – brak możliwości pomiaru ze względu na zbyt małą ilość gazu do analizy lub ze względu na niską zawartość CO_2

II.3. Wyniki analizy gazu złożowego z odwiertu Łebień LE-2H

Gaz złożowy był pobierany z odwiertu Łebień LE-2H dwa razy, w dniach 12.09.2011 i 26.09.2011 po zabiegach szczelinowania. Skład izotopowy zarówno węgla jak i wodoru dla poszczególnych składników przedstawił w tabeli II.6. Dytlenek węgla występował w gazie ziemnym na tak niskim poziomie, że oznaczenie jego $\delta^{13}\text{C}$ było niemożliwe.

Tabela II.6. Skład izotopowy węgla $\delta^{13}\text{C}$ [‰ vs PDB] oraz wodoru δD [‰ vs VSMOW] w poszczególnych składnikach gazów złożowych pobranych z odwiertu Łebień LE-2H w dniach 12.09.2011 i 26.09.2011

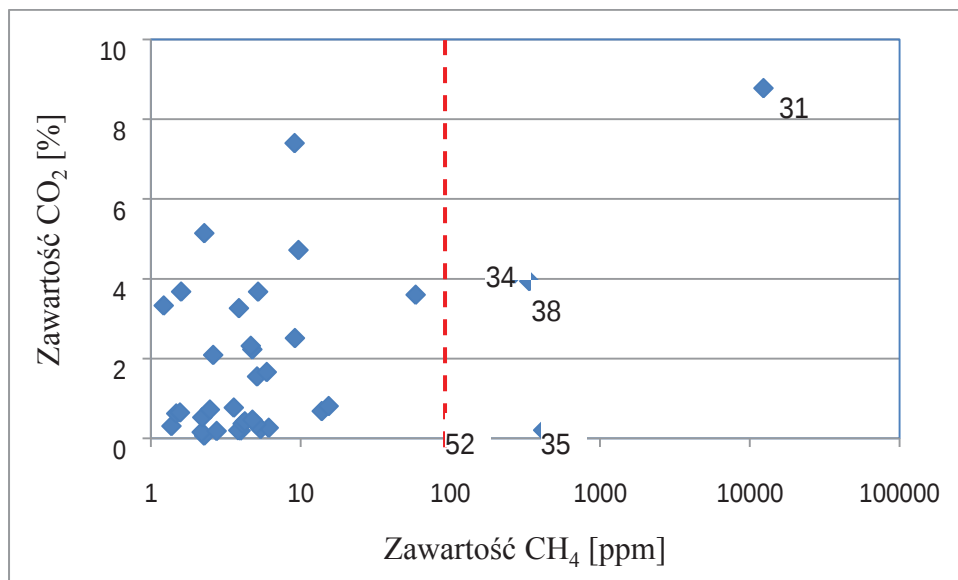
	gaz z odwiertu Łebień, 12.09.2011	gaz z odwiertu Łebień, 26.09.2011
$\delta^{13}\text{CO}_2$	ns	ns
$\delta^{13}\text{C}_1$	-42,6	-42,2
$\delta^{13}\text{C}_2$	-33,9	-33,9
$\delta^{13}\text{C}_3$	-28,3	-28,1
$\delta^{13}\text{n-C}_4$	-26,7	-27,0
$\delta^{13}\text{n-C}_5$	-26,6	-26,5
$\delta\text{D CH}_4$	-149,3	-152,2

ns – brak możliwości pomiaru ze względu na zbyt małą ilość składnika

Aneks

do raportu końcowego pracy pn. "Badanie tła węglowodorowego w powietrzu glebowym oraz analizy gazu złożowego w celu określenia parametrów pozwalających na podanie genezy potencjalnego występowania gazu ziemnego poza instalacją", wykonanej na podstawie umowy Nr 603/2011/6.

W wyniku wykonanych badań składu molekularnego powietrza glebowego można wydzielić cztery grupy próbek ze względu na zróżnicowane zawartości CO_2 oraz CH_4 (Rys.1).



Rys.1. Zawartość metanu w powietrzu glebowym wokół wiertni Łebień LE-2H w stosunku do zawartości ditlenku węgla.

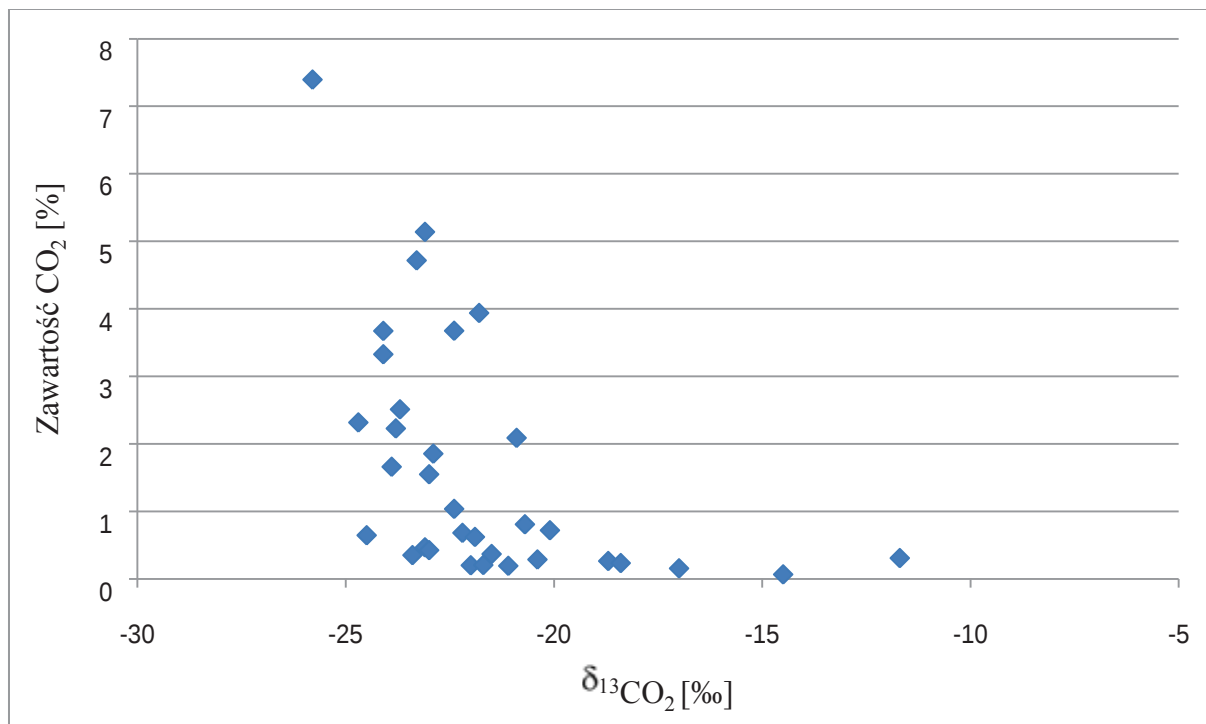
Pierwsza grupa próbek to cztery próbki (nr 34, 38, 35 i 52) zawierające powyżej 100 ppm metanu przy równoczesnej zawartości CO_2 do 4%. Obecność metanu w tych próbkach, szczególnie nr 34 i 38, jest najprawdopodobniej związana z ich miejscem poboru (łąki oraz okolice rzek i rozlewisk). Obecność metanu i dwutlenku węgla w takich próbkach może być następstwem zachodzących procesów gnilnych i fermentacyjnych podczas których produkowany jest gaz biogeny. Dla wymienionych próbek skład izotopowy węgla

w ditlenku węgla wynosi około -22‰ , co może wskazywać na jego organiczne pochodzenie. Pojedynczą próbką którą cechuje wysoka zawartość CO_2 i CH_4 jest próbka numer 31, która również posiadała najwyższą zawartość metanu podczas badań przeprowadzonych przed procesem szczelinowania w odwiercie Łebień LE-2H. Miejscem poboru tej próbki są okolice torowiska co może oznaczać antropogeniczny charakter związków w niej zawartych. Niestety ilość pobranego gazu była niewystarczająca do wykonania analiz izotopowych co uniemożliwiło precyzyjne określenie genezy tych gazów. Pozostałe próbki zawierały nieznaczące ilości metanu (znacznie poniżej 100 ppm), które można uznać za regionalne tło geochemiczne. Wśród tej grupy próbek można dokonać zróżnicowania ze względu na skład izotopowy węgla w ditlenku węgla. Wyraźnie widać, że przy wyższych zawartościach CO_2 $\delta^{13}\text{C}$ jest bardziej ujemna. Jest to związane z mniejszym udziałem CO_2 pochodzenia atmosferycznego (posiadającego $\delta^{13}\text{C}$ wynoszącą około -8‰) a większym udziałem CO_2 związanego z procesem fotosyntezy i respiracji ($\delta^{13}\text{C}$ około -26‰) (Rysunek 2).



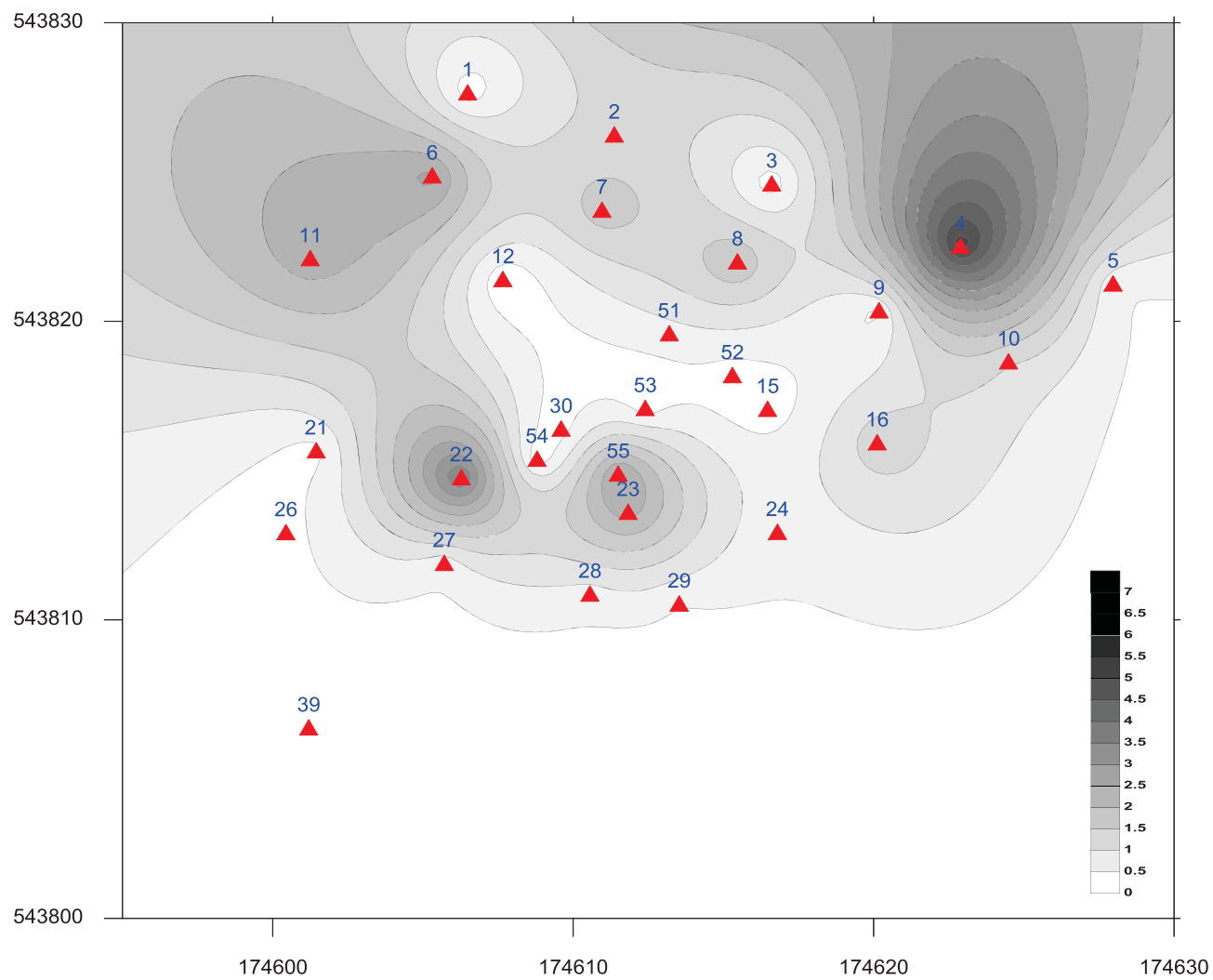
Rys.2. Skład izotopowy węgla w różnych miejscach na Ziemi oraz średnioroczny wpływ na atmosferyczną wartość $\delta^{13}\text{C}$ (Dane: Yakir, 2004).

Zmienność składu izotopowego węgla w ditlenku węgla w zależności od jego udziału w powietrzu glebowym przedstawiono na rysunku 3.

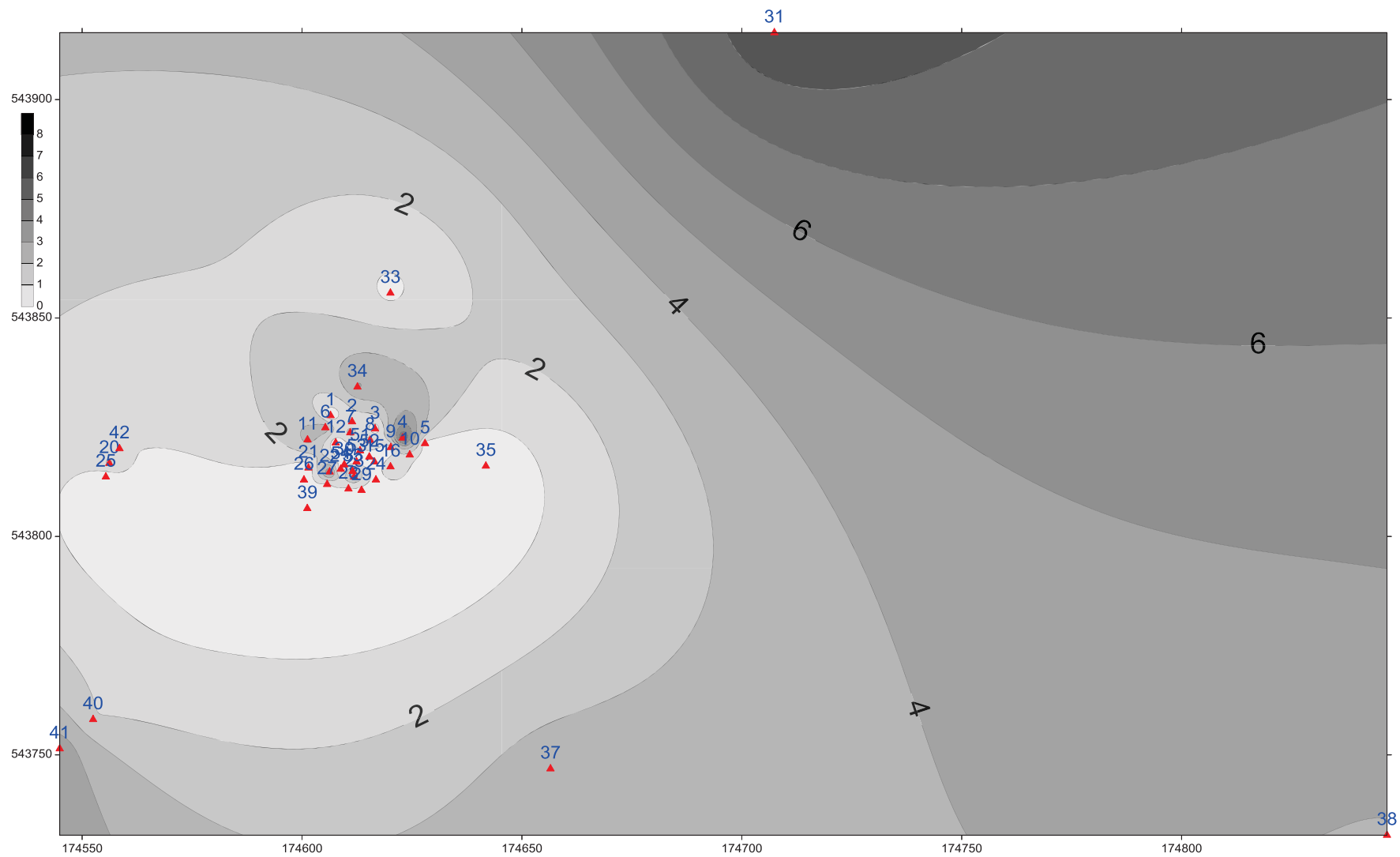


Rys.3. Skład izotopowy węgla w CO₂ [‰] w zależności od zawartości CO₂ w powietrzu glebowym [%]

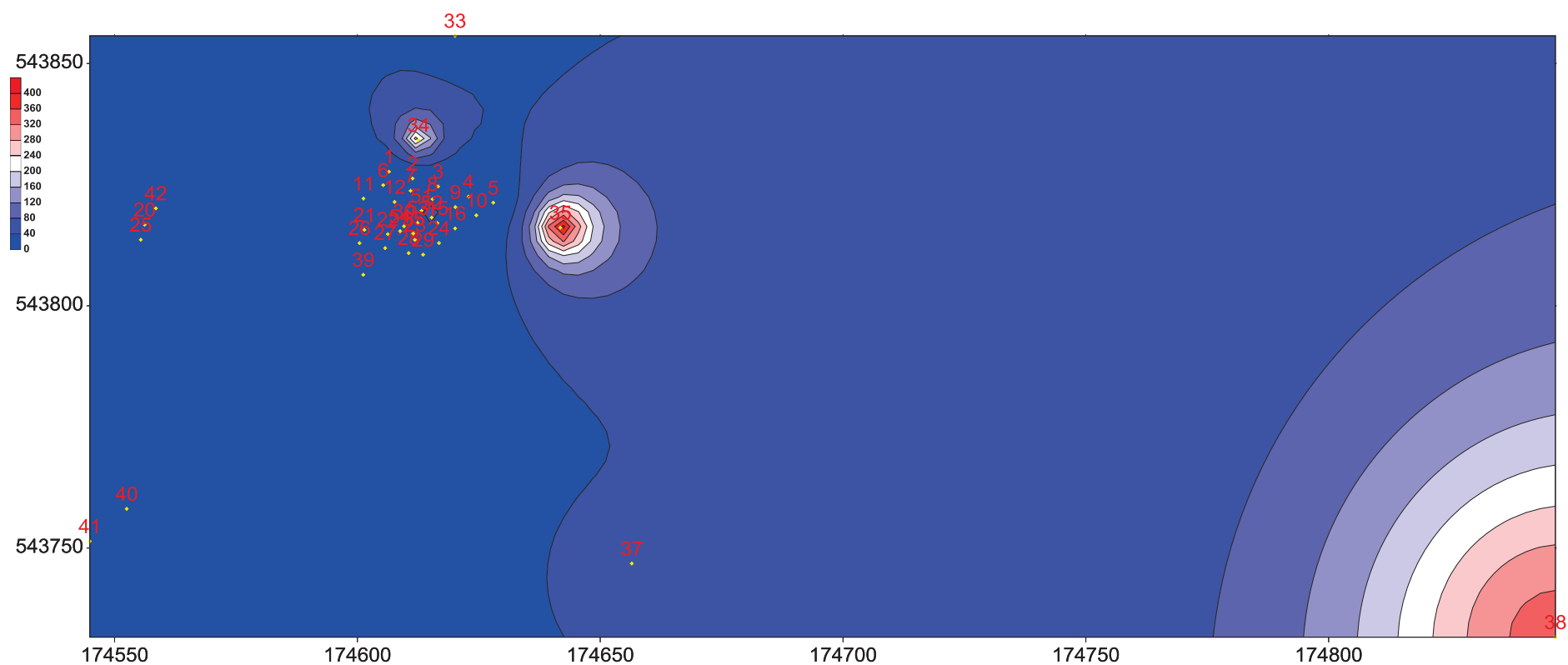
Uwzględniając główny cel zadania, jakim było określenie wpływu prac prowadzonych podczas szczelinowania w odwiercie Łbień LE-2H na zawartość metanu w powietrzu glebowym, należy stwierdzić, iż nie zauważono wzrostu koncentracji metanu w badanych próbkach. Oznacza to, że zabiegi technologiczne nie miały, w tym wypadku, zauważalnego wpływu na skład powietrza glebowego. Rozkład koncentracji metanu i ditlenku węgla w próbkach powietrza pobranego na zaplanowanej siatce poboru prób przedstawiają rysunki 4 i 5.



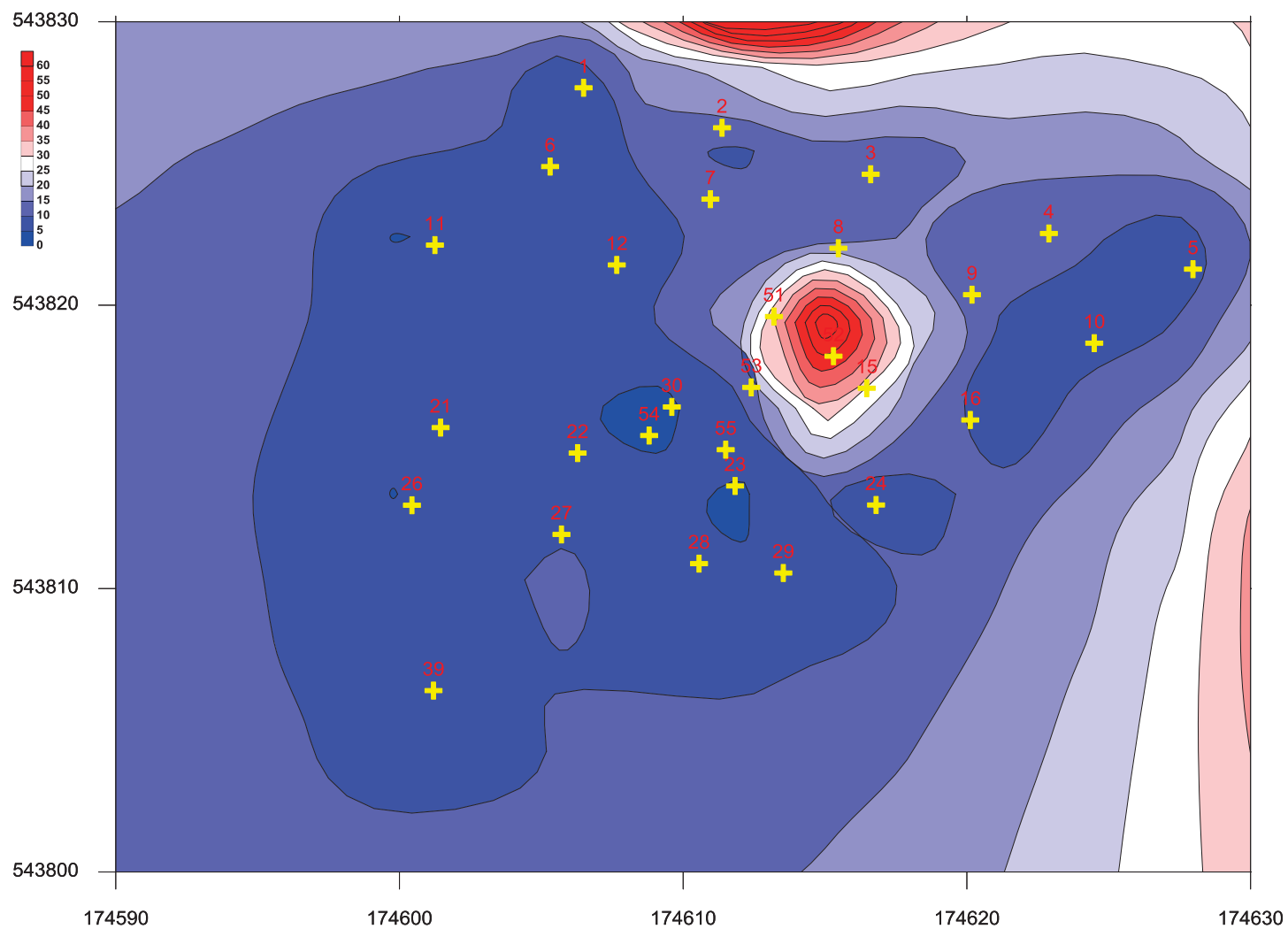
Rys. 4a. Mapa zawartości ditlenku węgla w powietrzu glebowym w rejonie bezpośredniego sąsiedztwa odwiertu Łebień LE-2H



Rys. 4b. Mapa zawartości ditlenku węgla w powietrzu glebowym w rejonie odwiertu Łebień LE-2H (z uwzględnieniem punktów peryferyjnych)



Rys. 5a. Mapa zawartości CH₄ w powietrzu glebowym w rejonie odwiertu Łebień LE-2H (z uwzględnieniem punktów peryferyjnych)



Rys. 5b. Mapa zawartości CH_4 w powietrzu glebowym w rejonie bezpośredniego sąsiedztwa odwiertu Łebień LE-2H



POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA

**Badania ekotoksykologiczne na potrzeby oceny ryzyka
środowiskowego procesu szczelinowania hydraulicznego**

Autorzy:

prof. nzw. dr hab. Monika Załęska-Radziwiłł

prof. dr hab. Maria Łebkowska

mgr Katarzyna Affek

mgr Nina Chrzanowska

Warszawa, październik 2011

	POLITECHNIKA WARSZAWSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA ZAKŁAD BIOLOGII		
Temat pracy	Badania ekotoksykologiczne na potrzeby oceny ryzyka środowiskowego procesu szczelinowania hydraulicznego		
Autorzy	KIERUJĄCY PRACĄ: Prof. nzw. dr hab. Monika Załęska-Radziwiłł Współwykonawcy: Prof. dr hab. Maria Łebkowska Mgr Katarzyna Affek Mgr Nina Chrzanowska		
Kierownik Zakładu	Prof. dr hab. Maria Łebkowska		
Numer tematu	501H/1110/3469	Numer raportu	ZB//2011/81
Słowa kluczowe	Szczelinowanie hydrauliczne, ciecze technologiczne, badania ekotoksykologiczne, ocena zagrożenia		
Streszczenie	Przeprowadzono ocenę ekotoksyczności sześciu próbek cieczy z procesu szczelinowania hydraulicznego: 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania, płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą rozcieńczonego próbką wody w proporcji 1:1, płynu zwrotnego pobranego po zwierceniu 2 korka, płynu zwrotnego pobranego po zwierceniu 5/6 korka, płynu zwrotnego po zabiegu azotowania w otworze, płynu zwrotnego po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu. Wykonano badania w zakresie toksyczności ostrej w odniesieniu do wzrostu glonów, immobilizacji skorupiaków, przeżywalności ryb oraz kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin wyższych. Badane płyny wykazały szkodliwość dla organizmów wodnych, szczególnie silną dla skorupiaków i glonów. Najwyższe wartości jednostek toksyczności ostrej TU ₅₀ uzyskano dla próbek: 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania - 2000, płynu zwrotnego po zabiegu azotowania w otworze- 156,25, płynu zwrotnego po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu - 63, 69. Najmniej szkodliwy był płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka. Stwierdzono, że badane płyny stanowią zagrożenie dla środowiska wodnego i gruntowego. Bezpieczne ich stężenia zawierają się w granicach od 0,0017% (próbka 1) do 3,462% (próbka 7). Płyny zwrotne powinny być poddane procesom oczyszczania, przewidywanym dla szkodliwych ścieków przemysłowych.		
Uwagi	Wszelkie dane zawarte w raporcie stanowią własność Zleceniodawcy i Wykonawcy. Niniejszy raport nie może być kopiowany, przedrukowywany lub w inny sposób wykorzystywany (w całości lub części) bez pisemnej zgody Zleceniodawcy lub Wykonawcy		

Badania ekotoksykologiczne na potrzeby oceny ryzyka środowiskowego procesu szczelinowania hydraulicznego

podstawa prawna opracowania – umowa nr 604/2011/G z dnia 12.09.2011r. pomiędzy Skarbem Państwa- Ministerstwem Środowiska a Politechniką Warszawską, Wydziałem Inżynierii Środowiska, Zakładem Biologii.

1. Wprowadzenie

Zgodnie z zakresem merytorycznym wykonana praca będzie stanowiła element pakietu informacji niezbędnych do efektywnego zarządzania, kontroli i nadzoru nad przedsięwzięciami związanymi z poszukiwaniem, rozpoznaniem i ewentualną eksploatacją niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce. Przeprowadzone badania ekotoksykologiczne próbek cieczy technologicznych stosowanych do szczelinowania hydraulicznego oraz cieczy technologicznej zwrotnej, w zakresie toksyczności ostrej są niezbędne w szacowaniu ryzyka środowiskowego podczas awarii instalacji, niekontrolowanych rozlewów cieczy i sytuacji grożących zanieczyszczeniem wód i gleby. Rozpoznanie szkodliwości cieczy technologicznych, stosowanych przy wydobywaniu gazu łupkowego powinno stanowić podstawę podjęcia działań celem oczyszczenia, (utylicacji) tych cieczy.

2. Cel i zakres pracy

Celem pracy była ocena ekotoksyczności sześciu próbek cieczy stosowanych w procesie szczelinowania hydraulicznego:

- 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania;

- płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą rozcieńczonego próbką wody w proporcji 1:1;
- płynu zwrotnego pobranego po zwierceniu 2 korka;
- płynu zwrotnego pobranego po zwierceniu 5/6 korka;
- płynu zwrotnego po zabiegu azotowania w otworze;
- płynu zwrotnego po zabiegu azotowania, przed zamknięciem otworu.

Zakres badań obejmował:

- przeprowadzenie testów: wzrostowego z glonami *Raphidocelis subcapitata*, immobilizacji ze skorupiakami *Daphnia magna*, przeżywalności z rybami *Lebistes reticulatus*, kiełkowania nasion i wczesnego wzrostu trzech gatunków roślin - *Sorghum saccharatum*, *Lepidium sativum*, *Sinapis alba*;
- wyznaczenie wartości stężeń letalnych i efektywnych LC(EC)_{50-t};
- obliczenie jednostek toksyczności ostrej TU_a;
- ocenę toksyczności badanych próbek w stosunku do bioindykatorów w oparciu o kryteria Unii Europejskiej;
- obliczenie stężeń bezpiecznych (SC – *safe concentration*) w odniesieniu do toksyczności ostrej;
- ocenę zagrożenia dla środowiska naturalnego.

3. Metodyka badań

3.1. Próbkki do badań

Próbki zostały dostarczone przez Zleceniodawcę godnie z harmonogramem i opisem przedstawionym w tabeli 1.

Badaniami objęto 6 prób - 5 w postaci niezmienionej dostarczonej do Wykonawcy, natomiast próbka płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą - dwukrotnie zatężona (próbka 3) zgodnie z zaleceniem Zleceniodawcy została do badań rozcieńczona wodą ze zbiornika napowierzchniowego (próbka W) w proporcji 1:1.

Tabela 1. Rodzaj próbek i harmonogram dostarczania do wykonawcy badań

Numer (oznaczenie) próbki	Rodzaj próbki	Objętość próbki [dcm ³]	Data dostarczenia próbek do wykonawcy
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	5	22-08-2011
W	Woda ze zbiornika napowierzchniowego	5	
3	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą (dwukrotnie zatężona)	5	
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	5	02-09-2011
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	5	
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	5	12-09-2011
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania, przed zamknięciem korka	5	19-09-2011

3.2. Testy ekotoksyczności

3.2.1. Test hamowania wzrostu glonów słodkowodnych z wykorzystaniem jednokomórkowych zielenic

Badanie przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w normie PN-EN ISO 8692 [1]. W teście wykorzystano jednokomórkowe zielenice *Raphidocelis subcapitata* (*Selenstrum capricornutum*) szczep numer CCALA 433. Szereg rozcieńczeń badanych próbek wykonano stosując podłoże mineralne do hodowli glonów. Próbkę zaszczepiano zawiesiną glonów będącą w fazie logarytmicznego wzrostu. Zagęszczenie komórek glonów na początku testu (czas 0) wynosiło 10⁴ komórek/ml. Inkubację prób prowadzono w aparacie Fitotron w stałej temperaturze 23°C, przy ciągłym oświetleniu 8000 lx przez 72 h, po czym przeprowadzono badania ilościowe przy użyciu mikroskopu odwróconego. Test przeprowadzono w trzech powtórzeniach; prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z powtórzeń.

3.2.2. Test immobilizacji (unieruchamiania) z *Daphnia magna*

Badanie przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w normie OECD 202 [2]. W teście użyto neonaty (organizmy nie starsze niż 24 godziny) *Daphnia magna* pochodzące z hodowli własnej Zakładu Biologii Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Szereg rozcieńczeń badanych próbek wykonano stosując wodę uzdatnioną po biofiltrze. Do każdego stężenia wprowadzono po 10 organizmów testowych. Test prowadzono w temperaturze 20°C przez 48 godzin. W każdym badanym stężeniu po 24 i 48 godzinach określano % unieruchomionych zwierząt. Podczas badania zwierzęta nie były karmione. Test przeprowadzono w trzech powtórzeniach; prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z powtórzeń.

3.2.3. Test ostry - przeżywalności na gupiku *Lebistes reticulatus* Peters

Badanie przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w PN-90/C-04610 [3]. W teście użyto ryby *Lebistes reticulatus* Peters przed ujawnieniem dymorfizmu płciowego, pochodzące z hodowli własnej Zakładu Biologii Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Szereg rozcieńczeń próbek wykonano stosując wodę uzdatnioną po biofiltrze. Do każdego badanego stężenia wprowadzono po 5 osobników. Test prowadzono w temperaturze 20°C przez 96 godzin. W każdym badanym stężeniu po 24, 48 i 96 godzinach określano % martwych ryb. Podczas badania zwierzęta nie były karmione. Test przeprowadzono w trzech powtórzeniach; prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z powtórzeń.

3.2.4. Test kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin - Phytotoxkit™

Badanie przeprowadzono zgodnie z metodyką zawartą w instrukcji wykonawczej producenta testu firmę MicroBiotests (Belgia) [4]. W teście zastosowano wyselekcjonowane nasiona trzech gatunków roślin: jednoliścienne *Sorghum saccharatum* oraz dwuliścienne *Lepidium sativum* i *Sinapis alba*, które dostarczone zostały przez producenta testu. Wykonano szereg rozcieńczeń próbek stosując wodę destylowaną, a następnie nasączono nimi standardową glebę umieszczoną w płytkach testowych, po czym przykryto ją filtrem papierowym. Na wierzchu filtra umieszczono w jednej linii po 10 nasion tej samej rośliny. Płytki testowe inkubowano w temperaturze 25°C przez 3 dni, po czym określano % inhibicji kiełkowania i wzrostu korzeni. Pomiarów długości korzeni dokonano przy użyciu oprogramowania

komputerowego do cyfrowej analizy obrazu UTHSCSA ImageTool wersja 3.0. Badanie przeprowadzono w trzech powtórzeniach; prezentowane wyniki są średnią arytmetyczną z powtórzeń.

3.3. Procedury obliczeniowe

3.3.1. Określenie inhibicji wzrostu glonów

Szybkość wzrostu glonów określono na podstawie równania:

$$\mu = \frac{\ln N_n - \ln N_o}{t_n}$$

gdzie: N_o - liczba komórek glonów w 1 cm³ w czasie t_o ;

N_n - liczba komórek glonów w 1 cm³ w czasie t ;

t_n - czas ($t - t_o$).

Inhibicję wzrostu obliczano zgodnie z równaniem:

$$I\mu_i = \frac{\mu_c - \mu_i}{\mu_c} \cdot 100$$

gdzie: $I\mu_i$ - procent inhibicji;

μ_i - średnie tempo wzrostu glonów w badanym stężeniu;

μ_c - średnia tempo wzrostu glonów w próbie kontrolnej.

3.3.2. Określenie inhibicji wzrostu roślin wyższych w teście PhytotoxkitTM.

Procentowe zahamowanie kiełkowania nasion oraz procentowe zahamowanie wzrostu korzeni obliczono według wzoru:

$$I = \frac{A - B}{A} \cdot 100$$

gdzie: A - średnia liczba nasion kiełkujących lub długości korzeni w glebie kontrolnej;

B - średnia liczba nasion kiełkujących lub długości korzeni w próbce badanej.

3.3.3. Obliczenie stężeń letalnych i efektywnych $LC(EC)_{50-t}$

Stężenia letalne i efektywne [% v/v] określono przy użyciu metody probitowej [5] zgodnie z równaniem:

$$LC(EC)_{50-t} = 10^{\frac{5-\bar{y}+a\cdot\bar{x}}{a}}$$

gdzie: $\bar{x}$ - wartość średnia logarytmów poszczególnych stężeń;

a - współczynnik regresji;

5 - wartość stała probitu odpowiadająca 50 % śmiertelności / inhibicji;

$\bar{y}$ - średnia wartość probitów odpowiadająca % śmiertelności / inhibicji dla poszczególnych stężeń.

3.3.4. Obliczenie jednostek toksyczności ostrej - TU_a

Jednostki toksyczności ostrej TU_a [6] obliczono według wzoru:

$$TU_a = \frac{100}{LC(EC)_{50}}$$

gdzie:

$LC(EC)_{50}$ – stężenie śmiertelne (lub efektywne), wyznaczone dla każdego z wykonanych testów toksyczności [% v/v],

100 – najwyższe stężenie próbki badanej [% v/v].

3.3.5. Obliczenie stężeń bezpiecznych (SC – *safe concentration*)

Stężenia bezpieczne [% v/v] badanych próbek obliczono według metodyki US EPA [7, 8] ze wzoru:

$$SC = \frac{CMC}{TU_{a, \max} RPF} \times 100\%$$

gdzie:

CMC – najwyższe stężenie próbki wyrażone w TU_a , które w krótkim okresie czasu (1h) nie powoduje u organizmów wodnych ostrych efektów toksycznych ($CMC=0,3$)

$TU_{a,max}$ – najwyższa z wartości jednostek toksyczności TU_a dla próbki

$RPMF$ (*Reasonable Potential Multiplying Factor*) – mnożnik zależny od współczynnika zmienności, poziomu ufności i prawdopodobieństwa

4. Wyniki badań

4.1. Badania testowe

- Test wzrostowy na glonach *Raphidocelis subcapitata*

Badania wykazały, że najbardziej toksyczną próbką hamującą wzrost glonów była próbka 20% HCl z dodatkiem z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania; EC_{50-72h} wynosiło 0,05% (tabela 2).

Tabela 2. Wyniki badań ekotoksykologicznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego uzyskane w teście hamowania wzrostu glonów *Raphidocelis subcapitata*

Numer próbki	Rodzaj próbki	$EC_{50-72 h}$ [% v/v] (95% przedział ufności)
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	0,05 (0,02-0,9)
3+W 1:1	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1	36,06 (32,1-39,96)
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	13,56 (11,26-15,99)
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	87,12 (79,98-94,34)
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	4,18 (3,53- 4,78)
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu	5,46 (4,21- 6,66)

Znacznie mniej szkodliwe okazały się próbki płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym i płyny zwrotne pobrane po zwierceniu 2 korka i 5/6 korka - EC_{50-72h} wynosiły odpowiednio 36,06%, 13,56% i 87,12%. Płyny zwrotne po zabiegu azotowania charakteryzowały się większą toksycznością, EC_{50-72h} to 4,18% i 5,46%.

-Test immobilizacji na skorupiakach *Daphnia magna*

Skorupiaki *D. magna* okazały się bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia obecne w próbkach niż glony. Wartości EC_{50-48h} dla większości próbek były w granicach od 0,05% (próbka 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania) do 8,76% (płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka). Najmniej toksyczny okazał się płyn zwrotny po zwierceniu 5/6 korka - EC_{50-48h} wynosiło 65,81%. (tabela 3).

Tabela 3. Wyniki badań ekotoksykologicznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego uzyskane w teście immobilizacji ze skorupiakami *Daphnia magna*

Numer próbki	Rodzaj próbki	$EC_{50-24 h}$ [% v/v] (95% przedział ufności)	$EC_{50-48 h}$ [%v/v] (95% przedział ufności)
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	0,05 (0,01-0,09)	0,05 (0,01-0,09)
3+W 1:1	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1	11,22 (7,35-15,92)	5,56 (3,37-8,57)
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	8,76 (5,37-12,81)	8,76 (5,37-12,81)
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	89,19 (77,7-98,3)	65,81 (57,4-74,8)
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	0,70 (0,51-0,89)	0,64 (0,49-0,81)
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu	2,30 (1,89-2,71)	1,57 (1,27-1,94)

Należy podkreślić, że w przypadku próbek większości płynów następował przyrost reakcji testowej w okresie 24 – 48 godzin, charakteryzujący się spadkiem wartości EC_{50} .

- Test przeżywalności na rybach *Lebistes reticulatus*

Płyny technologiczne - próbki: 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej, 2 płyny zwrotne po zabiegu azotowania oddziaływały szkodliwie na ryby w stężeniach LC₅₀-96h odpowiednio: 0,07%, 9,97% i 9,19%. Pozostałe próbki były zdecydowanie mniej szkodliwe (tabela 4).

Tabela 4. Wyniki badań ekotoksykologicznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego uzyskane w teście przeżywalności z rybami *Lebistes reticulatus*

Numer próbki	Rodzaj próbki	EC ₅₀ -24 h [% v/v] (95% przedział ufności)	EC ₅₀ -48 h [% v/v] (95% przedział ufności)	EC ₅₀ -96 h [% v/v] (95% przedział ufności)
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	0,07 (0,05-0,13)	0,07 (0,05-0,13)	0,07 (0,05-0,13)
3+W 1:1	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1	50 (39,9-59,9)	42,59 (34,45-53,4)	42,59 (34,45-53,4)
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	60,20 (51,8-68,9)	60,20 (51,8-68,9)	60,20 (51,8-68,9)
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	>100	>100	>100
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	15,59 (11,38-19,59)	12,50 (8,82-15,98)	9,97 (6,64-13,3)
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu	17,89 (15,99- 19,78)	11,15 (9,85-13,45)	9,19 (7,98-10,49)

W przypadków trzech próbek – z piaskiem kwarcowym i dwóch płynów po zabiegu azotowania następował przyrost reakcji testowej w czasie.

-Test kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin - Phytotoxkit™

Badane próbki były bardziej szkodliwe w zakresie inhibicji wzrostu korzeni aniżeli w odniesieniu do inhibicji kiełkowania; najbardziej toksyczną próbką okazał się 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej; EC_{50-72h} (inhibicja wzrostu korzeni) dla *Sorghum* wynosiło 1,44%, dla *Lepidium* – 1,20%, a dla *Sinapis* 1,81% (tabela 5). Znaczną szkodliwość zaobserwowano w przypadku dwóch próbek płynów zwrotnych po zabiegu azotowania. Wartości EC_{50-72h} (inhibicja wzrostu korzeni) były w zakresie od 5,33% do 15,42%. Pozostałe próbki płynów nie charakteryzowały się znaczną toksycznością.

4.2. Profile toksyczności dla poszczególnych próbek

Sporządzono profile toksyczności badanych próbek polegające na ustawieniu końcowych punktów reakcji testowej od wartości najwyższych do najniższych $LC(EC)_{50-t}$. Jednocześnie obliczono jednostki toksyczności ostrej TU_a i dokonano oceny toksyczności dla poszczególnych organizmów testowych.

Próbka 1 - 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania okazała się silnie toksyczna dla roślin wyższych i ekstremalnie toksyczna dla pozostałych bioindykatorów. Wartości TU_a zawierały się w granicach od 25 do 2000 (tabela 6).

Próbka 3+W (1:1) płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą i rozcieńczona wodą była słabo toksyczna do toksycznej w odniesieniu do roślin wyższych, ryb i glonów natomiast silnie toksyczna dla skorupiaków (tabela 7).

Próbka nr 4 – płynu zwrotnego po zwierceniu 2 korka okazała się toksyczna dla wszystkich organizmów testowych, z wyjątkiem skorupiaków, dla których była silnie toksyczna (tabela 8). Wartości TU_a zawierały się w granicach od 1,66 do 11,42.

Próbka nr 7 – płynu zwrotnego pobranego po zwierceniu 5/6 korka nie wykazała toksyczności lub była słabo toksyczna dla roślin wyższych i ryb, natomiast dla glonów i skorupiaków charakteryzowała się toksycznością II klasy (tabela 8). Wartości TU_a były w zakresie 0 - 1,52.

Tabela 5. Wyniki badań ekotoksykologicznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego uzyskane w teście kiełkowania i wczesnego wzrostu roślin Phytotoxkit™

Numer próbki	Rodzaj próbki	<i>Sorghum saccharatum</i> EC ₅₀ -72 h [% v/v] (95% przedział ufności)		<i>Lepidium sativum</i> EC ₅₀ -72 h [% v/v] (95% przedział ufności)		<i>Sinapis alba</i> EC ₅₀ -72 h [% v/v] (95% przedział ufności)	
		Inhibicja kiełkowania	Inhibicja wzrostu korzeni	Inhibicja kiełkowania	Inhibicja wzrostu korzeni	Inhibicja kiełkowania	Inhibicja wzrostu korzeni
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	1,88 (1,33-2,45)	1,44 (1,12-1,76)	3,99 (3,10-4,85)	1,20 (0,98-1,44)	3,84 (2,98-4,85)	1,81 (1,21-2,41)
3+W 1:1	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1	45,19 (41,63-48,92)	64,04 (60,32-67,84)	>100*	61,05 (57,15-64,95)	87,79 (78,42-94,89)	>100**
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	35,23 (31,11-39,33)	34,88 (30,58-38,42)	47,32 (43,12-51,44)	39,99 (35,59-45,01)	38,32 (34,12-42,58)	25,11 (23,20-28,12)
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	>100	>100**	>100	>100	>100***	>100***
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	22,84 (18,9-25,73)	5,33 (4,10-6,53)	8,84 (7,34-9,44)	7,64 (6,14-8,25)	12,50 (10,20-14,80)	11,51 (9,90-13,11)
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu	24,06 (21,90-26,16)	7,03 (5,53-8,63)	14,01 (11,8-16,21)	12,61 (10,21-14,99)	15,42 (13,12-17,72)	13,25 (11,35-15,15)

*inhibicja kiełkowania nasion w stężeniu 100% wynosiła 33%;

**inhibicja wzrostu korzeni w stężeniu 100% wynosiła 48,6%;

***inhibicja kiełkowania nasion i wzrostu korzeni w stężeniu 100 % wynosiła 30%

Tabela 6. Profil toksyczności dla próbki 1 - 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej LC(EC) ₅₀ -t [% v/v]	TU _a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	3,99	25,06	III	Silnie toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	3,84	26,04	III	Silnie toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	1,88	53,19	III	Silnie toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	1,81	55,25	III	Silnie toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	1,44	64,44	III	Silnie toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	1,20	83,33	III	Silnie toksyczna
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	0,07	1420	IV	Ekstremalnie toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	0,05	2000	IV	Ekstremalnie toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	0,05	2000	IV	Ekstremalnie toksyczna

Tabela 7. Profil toksyczności dla próbki 3+W 1:1 - Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej LC(EC) ₅₀ -t [% v/v]	TU _a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	>100	<1	I	Słabo toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	>100	<1	I	Słabo toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	87,79	1,14	II	Toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	64,04	1,56	II	Toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	61,05	1,62	II	Toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	45,19	2,12	II	Toksyczna
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	42,59	2,34	II	Toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	36,06	2,73	II	Toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	5,56	17,99	III	Silnie toksyczna

Tabela 8. Profil toksyczności dla próbki 4 - Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej LC(EC) ₅₀ -t [% v/v]	TU _a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	60,20	1,66	II	Toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	47,32	2,11	II	Toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	39,99	2,50	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	38,32	2,61	II	Toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	35,23	2,84	II	Toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	34,88	2,87	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	25,11	3,98	II	Toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	13,56	7,37	II	Toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	8,76	11,42	III	Silnie toksyczna

Tabela 9. Profil toksyczności dla próbki 7 - Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej LC(EC) ₅₀ -t [% v/v]	TU _a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	>100	0	0	Nietoksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	>100	0	0	Nietoksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	>100	0	0	Nietoksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	>100	0	0	Nietoksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	>100	<1	I	Słabo toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	>100	<1	I	Słabo toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	>100	<1	I	Słabo toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	87,12	1,15	II	Toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	65,81	1,52	II	Toksyczna

Próbka nr 12a – płynu zwrotnego pobranego po zabiegu azotowania była toksyczna i silnie toksyczna dla niemal wszystkich organizmów testowych oraz ekstremalnie toksyczna w odniesieniu do skorupiaków (tabela 10). Wartości TU_a zawierały się w szerokich granicach od 4,38 – 156,25.

Tabela 10. Profil toksyczności dla próbki 12a - Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej $LC(EC)_{50-t}$ [% v/v]	TU_a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	22,84	4,38	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	12,50	8,00	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	11,51	8,61	II	Toksyczna
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	9,97	10,03	III	Silnie toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	8,84	11,31	III	Silnie toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	7,64	13,09	III	Silnie toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	5,33	18,76	III	Silnie toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	4,18	23,09	III	Silnie toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	0,64	156,25	IV	Ekstremalnie toksyczna

Próbka nr 15 – płynu zwrotnego po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu była na ogół toksyczna dla roślin wyższych i silnie toksyczna dla pozostałych bioindykatorów (tabela 11). Wartości TU_a były w zakresie od 4,16 do 63,69.

Tabela 11. Profil toksyczności dla próbki 15 - Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu

Organizm testowy	Kryterium oceny toksyczności	Punkt końcowy reakcji testowej LC(EC) ₅₀ -t [% v/v]	TU _a	Klasa toksyczności	Ocena toksyczności
<i>Sorghum saccharatum</i>	Kiełkowanie nasion	24,06	4,16	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Kiełkowanie nasion	15,42	6,49	II	Toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Kiełkowanie nasion	14,01	7,14	II	Toksyczna
<i>Sinapis alba</i>	Wzrost korzeni	13,25	7,55	II	Toksyczna
<i>Lepidium sativum</i>	Wzrost korzeni	12,61	7,93	II	Toksyczna
<i>Lebistes reticulatus</i>	Przeżywalność	9,19	10,88	III	Silnie toksyczna
<i>Sorghum saccharatum</i>	Wzrost korzeni	7,03	14,22	III	Silnie toksyczna
<i>Raphidocelis subcapitata</i>	Wzrost	5,46	18,32	III	Silnie toksyczna
<i>Daphnia magna</i>	Immobilizacja	1,57	63,69	III	Silnie toksyczna

4.3. Wyznaczanie bezpiecznych stężeń badanych próbek dla organizmów wodnych

Obliczono wartości stężeń bezpiecznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego spełniających warunek $CMC \leq 0,3 TU_a$, to jest takich stężeń, które pozwalają na przeżycie organizmów wodnych w okresie 1 godziny bezpośrednio po dostaniu się zanieczyszczeń do wody. Biorąc pod uwagę 99% poziom ufności i 99% prawdopodobieństwo najniższe wartości stężeń bezpiecznych uzyskano dla próbek: 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania – 0,0017%, płynu zwrotnego po zabiegu azotowania w otworze – 0,017% płynu zwrotnego po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu – 0,066% (tabela 12).

Tabela 12. Wartości stężeń bezpiecznych próbek płynów z procesu szczelinowania hydraulicznego dla organizmów wodnych spełniających warunek $CMC \leq 0,3 TU_a$

Numer próbki	Rodzaj próbki	$TU_{a \max}$	RPMF		Stężenie bezpieczne (SC) [% v/v]	
			95-95*	99-99**	95-95	99-99
1	20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania	2000	3,1	8,7	0,0048	0,0017
3+W 1:1	Płyn szczelinujący z piaskiem kwarcowym pokryty żywicą, rozcieńczony próbką wody (W) ze zbiornika napowierzchniowego w proporcji 1:1	17,99	3,4	10,4	0,490	0,160
4	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 2 korka	11,42	2,1	4,3	1,251	0,611
7	Płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka	1,52	2,4	5,7	8,224	3,462
12a	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania w otworze	156,25	3,5	11,3	0,055	0,017
15	Płyn zwrotny po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu	63,69	2,8	7,1	0,168	0,066

*95% poziom ufności i 95% prawdopodobieństwo

**99% poziom ufności i 99% prawdopodobieństwo

W dalszej kolejności próbkę 3+W (1:1) płynu szczelinującego z piaskiem kwarcowym pokrytym żywicą należałoby rozcieńczyć do 0,16%, a próbkę płynu zwrotnego po zwierceniu 2 korka – do 0,611%. Najwyższe stężenie bezpieczne 3,462% uzyskano dla próbki płynu zwrotnego po zwierceniu 5/6 korka. Wyznaczone stężenia bezpieczne przy 95% poziomie ufności i 95% prawdopodobieństwie są 2-3-krotnie wyższe.

5. Wnioski

5.1. Badane płyny wykazały szkodliwość dla organizmów wodnych, a szczególnie silną toksyczność dla bezkręgowców – skorupiaków *Daphnia magna* oraz glonów. W mniejszym stopniu okazały się szkodliwe dla roślin wyższych – sorga, pieprzycy i gorczycy.

5.2. Najwyższe wartości jednostek toksyczności ostrej TU_a uzyskano dla próbek: 20% HCl z dodatkami z wanny kwasowej do I etapu szczelinowania – 2000, próbki płynu zwrotnego po zabiegu azotowania w otworze – 156,25 oraz próbki płynu zwrotnego po zabiegu azotowania przed zamknięciem otworu – 63,69. Wartości te są zbliżone do stwierdzanych w kraju wartości dla ścieków rafineryjnych i farmaceutycznych. Najmniej szkodliwy był płyn zwrotny pobrany po zwierceniu 5/6 korka – $TU_a = 1,52$.

5.3. Badane płyny stanowią zagrożenie dla środowiska wodnego i gruntowego. Bezpieczne ich stężenia przy 99% poziomie ufności i 99% prawdopodobieństwie zawierają się w granicach od 0,0017% (próbka 1) do 3,462% (próbka 7).

5.4. Płyny zwrotne powinny być poddane procesom oczyszczania, przewidywanym dla szkodliwych ścieków przemysłowych.

Bibliografia

1. PN-EN ISO 8692 (2008) Jakość wody – Test hamowania wzrostu glonów słodkowodnych z wykorzystaniem jednokomórkowych zielenic.
2. OECD 202 (1984) *Daphnia*, ostry test unieruchomienia i rozmnażania- Część I.
3. PN-C-04610-04 (1990) Woda i ścieki. Badania toksyczności zanieczyszczeń dla organizmów wodnych. Oznaczanie toksyczności ostrej na gupiku *Lebistes reticulatus* Peters.
4. Phytotoxkit TM Seed germination and early growth microbioassays with higher plants. Standard Operational Procedure. MicroBiotests, Belgium.
5. Weber E. (1972) Grundriss der biologischen Statistik für naturwissenschaftler landwirte und Mediziner., VEB Fischer Verlag, Jena.

6. Łebkowska M., Załęska-Radziwiłł M., Słomczyńska B. (2004) Toksykologia środowiska – ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
7. US EPA (1991) Technical support document for water Quality-based toxics control. EPA/505/2-90-001. Washington DC: Office of Water, US Environmental Protection Agency.
8. Muszyński A., Załęska-Radziwiłł M., Łebkowska M., Nowak D. (2007) Biological and electrochemical treatment of used metalworking fluids: a toxicity-reduction evaluation. Arch. Environ. Con. Tox., 52, s. 483-488.
9. Persoone G., Goyvaerts M., Janssen C., De Coen W., Vangheluwe M. (1993) Cost-effective acute hazard monitoring of polluted waters and waste dumps with the aid of Toxkits, Final Report. Commission of the European Communities, ACE 89/BE 2/D3.