



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, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

Oddział Górnośląski im. St. Doktorowicza-Hrebnickiego w Sosnowcu

ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec, tel. 32 266 20 36, fax 32 266 55 22, sekretariat.og@pgi.gov.pl

www.pgi.gov.pl

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNA

otworów badawczych Wesola PIG-1 i Wesola PIG-2H intersekcyjnie połączonych



SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

WYKONANO JAKO ZADANIE PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ
(nr tematu: 22.5804.1201.00.1)

Kierownik Projektu:

dr Janusz Jureczka
upr. geol. nr 02 1012

Dyrektor Oddziału
Górnośląskiego PIG-PIB:

dr Janusz Jureczka

Zespół autorski:

mgr Katarzyna Strzezińska	upr. II-1322
mgr inż. Jerzy Hadro	upr. I-0337; II-1134
mgr Włodzimierz Krieger	upr. 02 1122
mgr inż. Jan Kwarciański	upr. II-1242
mgr inż. Wiesław Kiełbik	upr. KRZ KRA.02300/179/98
mgr Izabela Ługiewicz-Mołas	
mgr inż. Michał Rolka	
mgr Robert Formowicz	

Sosnowiec, październik 2015 r.

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	1
1.1. Podstawy formalno-prawne wykonanych prac	2
1.2. Opis zadania geologicznego – cel, termin rozpoczęcia i zakończenia prac	5
2. Położenie, charakterystyka geograficzna oraz zagospodarowanie terenu	8
2.1. Położenie administracyjne oraz geologiczno-górnictwo	8
2.2. Charakterystyka geograficzna – morfologia i hydrografia	9
2.3. Obiekty i obszary chronione	10
2.4. Zagospodarowanie terenu	11
3. Charakterystyka geologiczna rejonu otworów Wesoła PIG-1 i PIG-2H	12
3.1. Rozpoznanie geologiczne i górnicze (w tym warunków metanowych)	12
3.1.1. Rozpoznanie geologiczne i górnicze	12
3.1.2. Rozpoznanie warunków metanowych	17
3.1.3. Wcześniejsze prace wykonane w ramach realizacji Projektu	22
3.1.4. Ocena stanu rozpoznania	29
3.2. Budowa geologiczna	30
3.2.1. Stratygrafia i litologia	31
3.2.2. Tektonika	35
3.3. Warunki hydrogeologiczne	39
3.3.1. Piętra wodonośne	39
3.3.2. Chemizm wód i zawodnienie	41
3.4. Jakość oraz parametry petrofizyczne i petrograficzne węgla	42
3.5. Warunki metanowe	50
4. Przebieg i zakres prac	53
4.1. Wybór lokalizacji oraz technologii wierceń	53
4.2. Prace geodezyjne	62
4.3. Otwór pionowy Wesoła PIG-1	63
4.3.1. Informacje podstawowe	63
4.3.2. Przebieg prac – roboty przygotowawcze i wiertnicze	65

4.3.3. Dozór geologiczny i opróbowanie	69
4.3.4. Polowe laboratorium kontrolno-pomiarowe (mudlogging)	70
4.3.5. Polowe laboratorium desorpcji węgla	72
4.3.6. Badania geofizyczne	73
4.4. Otwór kierunkowy Wesoła PIG-2H	75
4.4.1. Informacje podstawowe	75
4.4.2. Przebieg prac – roboty przygotowawcze i wiertnicze	77
4.4.3. Dozór geologiczny i opróbowanie	83
4.4.4. Laboratorium kontrolno-pomiarowe (mudlogging)	83
4.4.5. Badania geofizyczne	83
4.5. Testy dopływu metanu	84
4.6. Szczelinowanie hydrauliczne pokładu węgla 510	89
4.7. Instrumentacja przychwyconego przewodu wiertniczego w otworze Wesoła PIG-2H	93
4.8. Ochrona środowiska, likwidacja odwiertów i rekultywacja terenu	97
4.9. Badania laboratoryjne	100
4.9.1. Badania własności gazowych węgla	102
4.9.2. Badania chemiczno-technologiczne, petrograficzne i petrofizyczne węgla	104
4.9.3. Badania gazu i wód złożowych z testów produkcyjnych	106
4.9.4. Badania środowiskowe	107
5. Wyniki oraz interpretacja przeprowadzonych prac i badań	108
5.1. Profil otworu pionowego Wesoła PIG-1	108
5.1.1. Stratygrafia i litologia	108
5.1.2. Zmienność gazowa profilu	110
5.2. Profil otworu kierunkowego Wesoła PIG-2H	112
5.2.1. Stratygrafia i litologia	112
5.2.2. Zmienność gazowa profilu	114
5.3. Badania geofizyczne	115
5.4. Badania gazowe węgla	118
5.4.1. Testy desorpcji – metoda USBM	118
5.4.2. Badania izoterm sorpcji metanu	124
5.4.3. Badania metanonośności pokładów węgla	125

5.4.4. Porównanie zawartości gazu określonej metodą USBM (test desorpcji) z metanonością oznaczoną metodą jednofazowej, próżniowej degazacji	127
5.5. Jakość, petrografia oraz własności petrofizyczne węgla	128
5.6. Testy dopływu metanu	137
5.7. Stan środowiska	142
6. Podsumowanie i wnioski z wykonanych prac	144
6.1. Podsumowanie przebiegu prac	144
6.2. Wnioski z wykonanych prac	146
7. Literatura	148

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW GRAFICZNYCH

1. Przeglądowa mapa topograficzna z lokalizacją otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:50 000	
2. Mapa geologiczno-gospodarcza rejonu otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:50 000	
3. Mapa dokumentacyjna z lokalizacją otworów archiwalnych i wykonanych otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:50 000	
4. Mapa geologiczno-strukturalna utworów węglonośnych karbonu rejonu otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:50 000	
5. Mapa sytuacyjno-wysokościowa z lokalizacją otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:10 000	
6. Mapa powierzchni stropu karbonu otoczenia otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:10 000	
7. Mapa strukturalna spągu pokładu 510 otoczenia otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:10 000	
8. Przekrój geologiczny A-A' (północ-południe) otoczenia otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – skala 1:10 000	
9A. Plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją otworu badawczego Wesoła PIG-1 – skala 1:2 000	

9B. Plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją otworu badawczego Wesoła PIG-2H – skala 1:2 000

10A. Karta otworu wiertniczego Wesoła PIG-1 – skala 1:1000

10B. Karta otworu wiertniczego Wesoła PIG-2H – skala 1:1000

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW TEKSTOWYCH – MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Otwór badawczy Wesoła PIG-1

1. Otwór badawczy Wesoła PIG-1 – litologia przewierconych warstw
2. Sprawozdanie końcowe z prac laboratorium kontrolno-pomiarowego na otworze poszukiwawczym Wesoła PIG-1, Kraków, luty 2014, Geokrak sp. z o.o.
3. Raport końcowy z badań analitycznych wykonanych na próbach pobranych z otworu Wesoła PIG-1, Kraków, czerwiec 2014, Geokrak sp. z o.o.
4. Dokumentacja geofizyczna z otworu Wesoła PIG-1, Kraków, Geofizyka Kraków S.A.,
 - Wyniki interpretacji pomiarów geofizyki wiertniczej, wykonanych zestawem firmy Halliburton, interwał 154–1000 m
 - Ocena stanu zacementowania rur 9 5/8”, interwał 0–154 m
 - Ocena stanu technicznego otworu na podstawie pomiarów geofizyki wiertniczej, interwał 900–998 m
 - Opracowanie pomiarów wykonanych dipolową sondą akustyczną WSTT WAVE SONIC (zapisy falowe po filtracji), interwał 154–989 m
 - Wyniki interpretacji pomiarów wykonanych dipolową sondą akustyczną WSTT WAVE SONIC (czasy interwałowe fali P, S, ST, obliczone przy pomocy funkcji semblance), interwał 154–989 m
 - Wyniki obliczeń parametrów sprężystych na podstawie pomiarów wykonanych dipolową sondą akustyczną WSTT WAVE SONIC, interwał 154–989 m
 - Wyznaczanie anizotropii akustycznej ośrodka skalnego na podstawie pomiarów sondą akustyczną WSTT, interwał 240–600 m
 - Analiza geometrii otworu na podstawie pomiaru skanerem elektrycznym XRMI, interwał 154–998 m
 - Wyniki przetwarzania i interpretacji obrazu skanera elektrycznego XRMI (wykres upadów warstw i szczelin), interwał 154–500 m
 - Wyniki przetwarzania i interpretacji obrazu skanera elektrycznego XRMI (wykres upadów warstw i szczelin), interwał 500–998 m

- Analiza spektrometrycznego profilowania gamma, interwał 154–994 m
- Wyniki analizy składu litologicznego, porowatości i przepuszczalności programem ULTRA, interwał 154–994
- Zestawienie profilowań po procedurach korekcyjnych, normalizacja profilowań dla wstępnej oceny składu litologicznego i nasycenia, interwał 154–1000 m
- Profilowanie geofizyczne GTET-CSNG-SDLT
- Profilowanie geofizyczne ICT-NAVI
- Profilowanie geofizyczne MICROLOG

Otwór badawczy Wesoła PIG-2H

5. Otwór badawczy Wesoła PIG-2H – litologia przewierconych warstw
6. Sprawozdanie końcowe z prac laboratorium kontrolno-pomiarowego na otworze poszukiwawczym Wesoła PIG-2H, Kraków, kwiecień 2014, Geokrak sp. z o.o.
7. Dokumentacja geofizyczna z otworu Wesoła PIG-2H, Kraków, Geofizyka Kraków S.A.,
 - Ocena stanu zacementowania rur 13 3/8” w otworze Wesoła PIG-2H
 - Profilowania geofizyczne D4TG-FIAC w otworze Wesoła PIG-2H

Testy produkcyjne i szczelinowanie

8. Testy produkcyjne dopływu metanu – zestawienie danych
9. Testy produkcyjne – raporty dzienne przebiegu prac
 - 0/T – 40/T – przed szczelinowaniem
 - 1/T 2 – 39/T 2 – po szczelinowaniu
10. Raport z badań gazowych wykonanych na próbach z testu dopływu metanu pobranych z otworu Wesoła PIG-1, Kraków, wrzesień 2014, Geokrak sp. z o.o.
11. Raport z badań gazowych wykonanych na próbach z testu dopływu metanu pobranych z otworu Wesoła PIG-1 po zabiegach szczelinowania, Kraków, kwiecień 2015, Geokrak sp. z o.o.
12. Analiza laboratoryjna składu chemicznego wód złożowych – zestawienie raportów
13. Raport końcowy z zabiegu szczelinowania SurgiFrac – Kraków, listopad, 2014, Halliburton

Monitoring środowiska

14. Analiza laboratoryjna składu chemicznego gruntów – zestawienie raportów

1. Wstęp

Niniejszą dokumentację geologiczną otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H opracowano w ramach przedsięwzięcia pt. *„Przedeksploatacyjne odmetanowanie pokładów węgla otworami powierzchniowymi – ocena zastosowania w warunkach złożowych i górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wraz z odwierceniem otworu badawczego”*, realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (umowa nr 608/2012/FG-GO-DN/D/Wn-07 z dnia 26.09.2012 r.) w ramach zadań państwowej służby geologicznej.

Celem przedsięwzięcia było doświadczalne – poprzez wykonanie otworu badawczego – określenie warunków przedeksploatacyjnego odmetanowania i odzysku metanu powierzchniowymi otworami wiertniczymi w rejonach czynnych kopalń, z uwzględnieniem możliwości zastosowania hydraulicznego szczelinowania pokładów węgla. Przedsięwzięcie składało się z dwóch zintegrowanych etapów badawczych:

- Etap I: *„Studium wykonalności przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego w warunkach złożowych i górniczych GZW wraz z opracowaniem projektu robót geologicznych wiercenia badawczego”*
- Etap II: *„Odwiercenie i udokumentowanie otworu badawczego (w technologii wiercenia horyzontalnego rozgałęzionego) w celu oceny przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego”*.

Przedsięwzięcie to w warunkach polskich miało całkowicie nowatorski charakter, a wykonane otwory badawcze – charakter pilotażowy i parametryczny. W Polsce technologie wierconych z powierzchni otworów kierunkowych w złożach kopalń węgla kamiennego nie były wcześniej stosowane, a przeprowadzenie w takich otworach zabiegów szczelinowania pokładów w celu przedeksploatacyjnego odmetanowania było nowatorskie również w skali światowej. Stąd całość prac przedsięwzięcia miała charakter badawczo-rozwojowy, o potencjalnych – w przyszłości – możliwościach wykorzystania komercyjnego: rozpoczęcia szerokiego zakresu działań związanych z eksploatacją metanu, odmetanowaniem kopalń i poprawą bezpieczeństwa pracy w kopalniach, w tym także z oceną ekonomiczną dotychczasowych metod odmetanowania w porównaniu z odmetanowaniem otworami

powierzchniowymi. Wdrożenie tej metody odmetanowania pozwoliłoby także na zmniejszenie efektu cieplarnianego.

W trakcie prac I Etapu przedsięwzięcia dokonano m.in. przeglądu złóż wszystkich kopalń metanowych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Spośród nich na podstawie opracowanych kryteriów geologiczno-górnich oraz środowiskowych wybrano złoża 4 kopalń, jako potencjalne lokalizacje otworu badawczego: „Makoszowy-Sośnica” Ruch „Sośnica”, „Szczygłowie”, Mysłowice-Wesoła” i „Budryk”. Następnie po szczegółowej analizie złóż tych kopalń wybrano obszar kopalni „Mysłowice-Wesoła” Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. oraz pokłady 501-510 w partii Az złoża „Wesoła”, jako ostateczną lokalizację otworu badawczego, spełniającą najwięcej optymalnych kryteriów dla wykonania eksperymentu. Kolejna analiza, przeprowadzona już dla konkretnych warunków złożowych i górniczych w partii Az, oraz uwzględniająca elementy środowiskowe powierzchni, określiła podstawowe założenia technologii wierceń dla realizacji eksperymentu badawczego polegające na:

- odwierceniu otworu pionowego **Wesoła PIG-1** do pokładów 501-510
- odwierceniu z drugiej lokalizacji powierzchniowej kierunkowego wiercenia **Wesoła PIG-2H**, z odcinkiem horyzontalnym w pokładach 501-510 za przecięciem intersekcyjnym z osią wiercenia Wesoła PIG-1.

1.1. Podstawy formalno-prawne wykonanych prac

Niniejszą dokumentację geologiczną otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H opracowano na podstawie artykułu 88 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011 r., nr 163, poz. 981 z późn. zm.), jako dokumentację inną, dotyczącą prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny. Zawartość dokumentacji jest zgodna Rozporządzeniem ministra środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych (Dz.U. z 2011 r., nr 282, poz. 1656).

Podstawowym dokumentem dla odwiercenia otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H oraz wykonania wszystkich prac i badań polowych oraz laboratoryjnych był:

1. Projekt robót geologicznych wykonania badawczego otworu wiertniczego Wesoła PIG-1 wraz z otworem horyzontalnym rozgałęzionym Wesoła PIG-2H w celu oceny

przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla w połączeniu z odzyskiem metanu w obszarze górniczym KWK „Mysłowice-Wesoła”, zatwierdzony przez Ministra Środowiska – Decyzja DGKks-4740-1/13395/13/MJ z dnia 5.04.2013 r.

Roboty wiertnicze oraz wszystkie prace polowe wykonano na podstawie następujących dokumentów:

2. Umowa z dnia 28.09.2013 r. o współpracy pomiędzy Państwowym Instytutem Geologicznym – Państwowym Instytutem Badawczym a Katowickim Holdingiem Węglowym S.A. w zakresie realizacji projektu pt. Przedeksploatacyjne odmetanowanie pokładów węgla otworami powierzchniowymi – ocena zastosowania w warunkach złożowych i górniczych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego wraz z odwierceniem otworu badawczego” w granicach koncesji należących do KHW, w tym prac wiertniczych na wyznaczonym fragmencie złoża węgla kamiennego w granicach KWK „Mysłowice-Wesoła” w Mysłowicach.
3. Plan ruchu zakładu wykonującego roboty geologiczne niepolegające na badaniach geofizycznych wymagających użycia środków strzałowych na wykonanie otworu badawczego „Wesoła PIG-1”, na okres 16.10.2013 r. do 31.12.2016 r., zatwierdzony przez Dyrektora OUG w Katowicach – Decyzja KAT.0234.331.2013 z dnia 13.11.2013 r.
4. Dodatek nr 1 do planu ruchu zakładu wykonującego roboty geologiczne niepolegające na badaniach geofizycznych wymagających użycia środków strzałowych na wykonanie otworu badawczego „Wesoła PIG-1”, na okres 16.10.2013 r. do 31.12.2016 r., zatwierdzony przez Dyrektora OUG w Katowicach – Decyzja KAT.0234.331.2013 z dnia 20.11.2013 r.
5. Plan ruchu zakładu wykonującego roboty geologiczne niepolegające na badaniach geofizycznych wymagających użycia środków strzałowych na wykonanie otworu badawczego „Wesoła PIG-2H”, na okres 16.12.2013 r. do 31.12.2014 r., zatwierdzony przez Dyrektora OUG w Katowicach – Decyzja KAT.0234.359.2013 z dnia 23.12.2013 r., wraz z decyzjami zmieniającymi termin ważności planu ruchu:
 - Decyzja KAT.0234.359.2013 z dnia 23.12.2014 r. – zmiana terminu ważności do 31.01.2015 r.
 - Decyzja KAT.0234.359.2013 z dnia 27.01.2015 r. – zmiana terminu ważności do 15.02.2015 r.
6. Dodatek nr 1 do planu ruchu zakładu wykonującego roboty geologiczne niepolegające na badaniach geofizycznych wymagających użycia środków strzałowych na

wykonanie otworu badawczego „Wesoła PIG-2H”, na okres 16.12.2013 r. do 31.12.2014 r., zatwierdzony przez Dyrektora OUG w Katowicach – Decyzja KAT.0234.359.2013 z dnia 23.12.2013 r.

7. Decyzja Marszałka Województwa Śląskiego w Katowicach nr 2429/OS/2013 z dnia 14 listopada 2013 r. udzielająca pozwolenia na wytwarzanie odpadów innych niż wydobywcze, wytworzonych w miejscu poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania kopalin ze złóż oraz ich magazynowania i przeróbki.
8. Decyzja Marszałka Województwa Śląskiego w Katowicach nr 2958/OS/2013 z dnia 28 listopada 2013 r. zatwierdzająca program gospodarki odpadami wydobywczymi.

Sprawy związane z prawami do gruntów, na których usytuowano wiercenia oraz rekultywacją terenów po zakończeniu prac regulowały następujące dokumenty:

9. Umowa najmu nr G 17/13 z dnia 29.04.2013 r. gruntów Skarbu Państwa, pozostających w zarządzie PGL – Lasy Państwowe Nadleśnictwa Katowice, wraz z aneksami do tej umowy:
 - Aneks nr 1 z dnia 29.12.2014 r.
 - Aneks nr 2 z dnia 30.06.2015 r.
10. Decyzja Dyrektora Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach nr 26/2013 z dnia 16.05.2013 r. zezwalająca na czasowe wyłączenie z produkcji gruntów leśnych o pow. 2,0451 ha.
11. Decyzja Prezydenta Miasta Katowice nr KŚ-IV.645.35.2014.WM z dnia 3.07.2015 r. uznająca za zakończoną rekultywację terenu położonego w Katowicach przy ul. Beskidzkiej, działka nr 919/38 (plac wiertni Wesoła PIG-2H).
12. W trakcie postępowania administracyjnego – Decyzja Prezydenta Miasta Katowice uznająca za zakończoną rekultywację terenu położonego w Katowicach przy ul. Beskidzkiej, działka nr 1055/2 (plac wiertni Wesoła PIG-1); ze względu na konieczność przesunięcia czasu rekultywacji i zalesienia terenu wiertni Wesoła PIG-1 na miesiące jesienne, w trakcie opracowania niniejszej dokumentacji decyzja ta nie była jeszcze wydana (orientacyjny czas wydania decyzji – grudzień, 2015 r.).

Oprócz wymienionych wyżej dokumentów prawnych, realizacja robót wiertniczych objęta była szeregiem dokumentów technicznych, w tym projektami technicznymi poszczególnych części robót, zatwierdzanymi przez kierowników ruchu. Między innymi dla otworu:

Wesoła PIG-1:

- Projekt wiercenia otworu Wesoła PIG-1, październik, 2013 r.

- Program prac płuczkowych na otwór Wesoła PIG-1, listopad, 2013 r.
- Projekt prac związanych z wykonaniem testu „Wywołanie dopływu medium złożowego do otworu Wesoła PIG-1 z pokładu węgla 510”, czerwiec, 2014 r.
- Projekt prac likwidacyjnych odwiertu Wesoła PIG-1, kwiecień, 2015 r.

Wesoła PIG-2H:

- Projekt techniczny wiercenia otworu Wesoła PIG-2H, październik, 2013 r.
- Program prac płuczkowych na otwór Wesoła PIG-2H, styczeń, 2014 r.
- Projekt techniczny hydraulicznego szczelinowania odwiertu Wesoła PIG-2H, wrzesień 2014 r.
- Projekt intensyfikacji dopływu metanu z pokładu węgla 510 KWK „Mysłowice-Wesoła” do odwiertu Wesoła PIG-2H, październik, 2014 r.
- Projekt prac likwidacyjnych odwiertu Wesoła PIG-2H – luty, 2015 r.

1.2. Opis zadania geologicznego – cel, termin rozpoczęcia i zakończenia prac

Odwiercenie zestawu połączonych otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H stanowiło integralną część wymienionego we wstępie przedsięwzięcia, dotyczącego określenia warunków przedeksploatacyjnego odmetanowania kopaliń w połączeniu z odzyskiem metanu, przy zastosowaniu wykonanych z powierzchni wierceń horyzontalnych i z uwzględnieniem możliwości zastosowania hydraulicznego szczelinowania pokładów węgla. W przedsięwzięciu tym bezpośrednim celem otworów badawczych odwierconych w obszarze KWK „Mysłowice-Wesoła” było:

- szczegółowe rozpoznanie profilu geologicznego utworów karbonu węglonośnego do głębokości 1000 m (przewiercenie spągu górnośląskiej serii piaskowcowej i pokładów węgla 501-510);
- określenie metanonośności oraz własności fizycznych, chemicznych, petrofizycznych i petrograficznych przewiercanych pokładów węgla na podstawie prób z rdzenia;
- wykonanie profilowań geofizycznych oraz testów przepuszczalności pokładów węgla 501-510 *in situ*;
- przeprowadzenie wstępnych testów dopływu metanu z pokładów węgla 501-510, w tym z opcjonalnym zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego.

W zestawie połączonych otworów, zadaniem otworu pionowego Wesoła PIG-1, częściowo rdzeniowanego, było przede wszystkim rozpoznanie profilu geologicznego i rozkładu

metanonośności pokładów węgla oraz dostarczenie materiału do badań laboratoryjnych. Otwór ten następnie w czasie testów dopływu metanu służył jako otwór produkcyjny z zapuszczonym zestawem wgłębnym do pompowania wód złożowych i gazu. Z kolei zadaniem otworu kierunkowego Wesoła PIG-2H (bezdzeniowego), intersekcyjnego do otworu pionowego, było udostępnienie pokładów węgla 501-510 poprzez odcinek horyzontalny dla umożliwienia dopływu metanu w czasie testów, a także przeprowadzenia zabiegów szczelinowania hydraulicznego (Jureczka i in., 2013).

Lokalizacja zestawu otworów została zintegrowana z projektowanymi robotami górnictwymi w KWK „Mysłowice-Wesoła” tak, aby po zakończeniu testów dopływu metanu można było rozpocząć eksploatację pokładu węgla, w którym wcześniej usytuowano wiercenia horyzontalne, a tym samym fizycznie sprawdzić wynik eksperymentu i potencjalny spadek metanonośności węgla. Należy tu zaznaczyć, że na etapie projektowania zakładano odwiercenie dwóch odcinków horyzontalnych w pokładach węgla 501-510. Uzyskane w trakcie prac wyniki badań wykazały jednak bardzo niskie parametry petrofizyczne i zbiornikowe tych pokładów, a co za tym idzie konieczność wykonania szczelinowania, co z kolei – ze względu na technologię zabiegu – spowodowało rezygnację z jednego odcinka horyzontalnego (szerzej na ten temat w rozdziale 4.1).

Założone cele i zadania otworów badawczych zostały w pełni zrealizowane. Z planowanych badań polowych nie przeprowadzono tylko z powodów formalnych testów przepuszczalności *in situ* w otworze Wesoła PIG-1 (odstąpienie wykonawcy od podpisania umowy i brak możliwości ze względów czasowych – konieczność przystąpienia do orurowania otworu – powtórzenia postępowania przetargowego). Na podkreślenie, oprócz wypełnienia zakładanych zadań, zasługuje również fakt pozytywnego wydzwieku wykonanych prac w środowisku górnictwem, w tym przełamania obaw przed szczelinowaniem w sąsiedztwie czynnych wyrobisk górnictwem.

Terminy prac

Złożony charakter wykonanych robót wiertniczych oraz badań geologicznych, których wyniki zamieszczono w niniejszej dokumentacji, nie pozwalają zawęzić czasu ich wykonania tylko do czasu wiercenia otworów badawczych. Z praktycznego punktu widzenia realizacja prac rozpoczęła się od uzyskania decyzji zatwierdzającej projekt robót geologicznych, a zakończyła uzyskaniem decyzji zatwierdzających przeprowadzoną rekultywację terenów obu wiertni. W tabeli 1 zestawiono daty i okresy wykonania głównych etapów prac i badań, przy czym ograniczono się tylko do prac podstawowych, z pominięciem terminów wykonania

szeregu robót przygotowawczych przed rozpoczęciem wierceń (uzbrojenia terenu wiertni, montażu urządzeń) oraz robót rekonstrukcyjnych związanych z testami dopływu metanu i zabiegami szczelinowania. Pominęto również czasy prac i badań uzupełniających, w tym prace geodezyjnych i badań środowiskowych.

Tabela 1. Rozkład czasowy podstawowych prac dla otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H

Czynność	Data/Okres
Zatwierdzenie Projektu robót geologicznych	5.04.2013 r.
Odwiercenie otworu Wesoła PIG-1 (gł. 1000 m)	
Zatwierdzenie Planu ruchu dla otworu Wesoła PIG-1	13.11.2013 r.
Rozpoczęcie wiercenia otworu Wesoła PIG-1	11.12.2013 r.
Osiągnięcie głębokości końcowej 1000 m otworu Wesoła PIG-1	6.01.2014 r.
Zakończenie wiercenia otworu Wesoła PIG-1 (po geofizyce i orurowaniu)	12.01.2014 r.
Odwiercenie otworu Wesoła PIG-2H (gł. 1918 m MD)	
Zatwierdzenie Planu ruchu dla otworu Wesoła PIG-2H	23.12.2013 r.
Rozpoczęcie wiercenia otworu Wesoła PIG-2H	8.02.2014 r.
Zakończenie wiercenia otworu Wesoła PIG-2H	22.03.2014 r.
Testy dopływu metanu oraz zabieg szczelinowania hydraulicznego	
Pierwsza seria testów (przed szczelinowaniem)	4.07. – 12.08.2014 r.
Test odbudowy ciśnień po pierwszej serii testów	13.08. – 19.08.2014 r.
Szczelinowanie hydrauliczne	27.10. – 31.10.2014 r.
Instrumentacja przychwyconego przewodu w otworze Wesoła PIG-2H	4.11.2014 – 13.02.2015 r.
Druga seria testów (po szczelinowaniu)	24.02 – 3.04.2015 r.
Likwidacja odwiertów i rekultywacja terenów wiertni	
Zakończenie likwidacji otworu Wesoła PIG-2H (bez odcinka horyzontalnego)	21.02.2015 r.
Zatwierdzenie rekultywacji terenu wiertni Wesoła PIG-2H	3.07.2015 r.
Likwidacja otworu Wesoła PIG-1	17.04.2015 r.
Zatwierdzenie rekultywacji terenu wiertni Wesoła PIG-1	grudzień, 2015 r.

2. Położenie, charakterystyka geograficzna oraz zagospodarowanie terenu

2.1. Położenie administracyjne oraz geologiczno-górnictwo

Pod względem administracyjnym otwór badawczy Wesoła PIG-1 wraz z otworem kierunkowym Wesoła PIG-2H zostały zlokalizowane w województwie śląskim w obrębie powiatu grodzkiego miasta Katowice (dzielnica Murcki) – figura 1. W obrębie dzielnicy Murcki wykonane odwierty znajdują się w jej południowo-wschodniej części na terenie Lasów Państwowych Nadleśnictwa Katowice (Leśnictwo Murcki – Wesoła PIG-1, Leśnictwo Lędziny – Wesoła PIG-2H). Lokalizację otworu badawczego Wesoła PIG-1 wraz z otworem horyzontalnym Wesoła PIG-2H na mapie topograficznej z podziałem administracyjnym przedstawia załącznik graficzny 1, na planach sytuacyjno-wysokościowych – załączniki graficzne 9A, 9B, a współrzędne kartograficzne w układach 1992, 2000/6 oraz geograficznym – tabela 2.

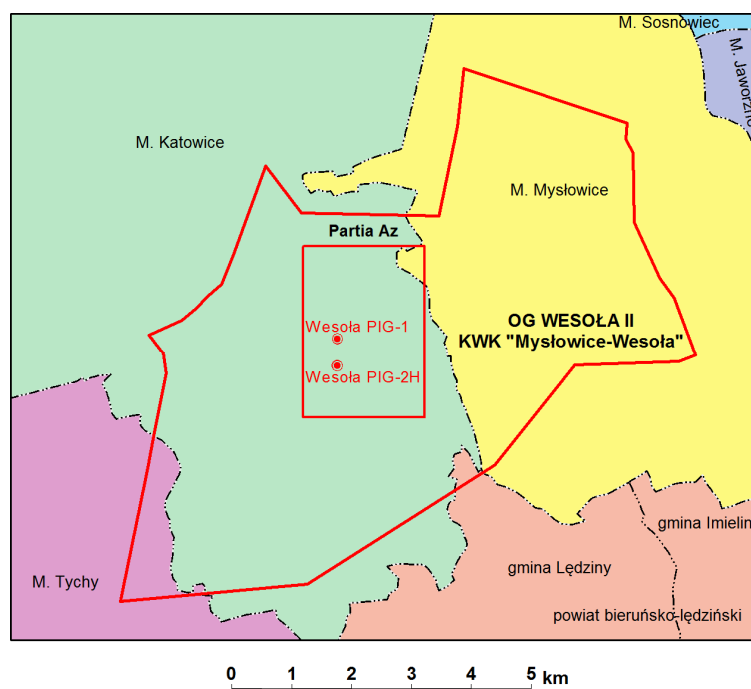


Fig. 1. Administracyjne i górnicze położenie otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H

Tabela 2. Współrzędne otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H

Otwór	Układ współrzędnych				Współrzędne geograficzne		Wysokość współrzędna z [m n.p.m.]
	1992		2000/6				
	x	y	x	y	długość	szerokość	
Wesoła PIG-1	257094,9	505456,4	5561111,3	6576879,6	19°04'35,20"E	50°10'51.76"N	268,0
Wesoła PIG-2H	256638,8	505454,2	5560654,9	6576883,6	19°04'35,07"E	50°10'36,99"N	261,0

Geologicznie, odwierty zostały zlokalizowane w obrębie złoża węgla kamiennego „Wesoła” (partia Az – fig. 1), położonego w centralnej części Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego, na północnym skłonie niecki głównej.

Pod względem górniczym otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H znajdują się w obrębie obszaru górniczego „Wesoła II” Kopalni Węgla Kamiennego „Mysłowice-Wesoła”, należącej do Katowickiego Holdingu Węglowego S.A (fig. 1, zał. graf. 2). Nadzór i kontrolę górniczą na tym obszarze sprawuje Okręgowy Urząd Górniczy w Katowicach.

2.2. Charakterystyka geograficzna – morfologia i hydrografia

Geografia i morfologia

Pod względem geograficznym rejon obu odwiertów znajduje się w obrębie Wyżyny Śląskiej, w mezoregionie – Wyżyna Katowicka (Kondracki, 2009). Jest to obszar powstały na podłożu skał karbońskich, na których płatowo zalegają utwory węglanowe triasu. Ukształtowanie powierzchni rejonu odwiertów jest stosunkowo słabo zróżnicowane. Rzędne powierzchni terenu wahają się w granicach 255–315 m n.p.m. (zał. graf. 1), na ogół jednak – z wyjątkiem kilku płaskich wzgórz – nie przekraczają wysokości 280–290 m n.p.m., zwłaszcza w bezpośrednim otoczeniu odwiertów (zał. graf. 5). Teren opada w kierunku doliny Przyrwy, przepływającej na wschód od obszaru odwiertów. Rzędna otworu Wesoła PIG-1 wynosi ok. 268 m n.p.m., a otworu kierunkowego Wesoła PIG-2H – ok. 261 m n.p.m.

Hydrografia

Rejon odwiertów odwadniany jest w kierunku południowym przez niewielkie ciekі – Przyrwę (Potok Ławecki) i jej dopływ Pstrążnik oraz gęstą sieć rowów melioracyjnych (fig. 2). Koryta cieków są sztuczne, na znacznych odcinkach wyprostowane w stosunku do pierwotnego ich przebiegu, często pogłębione, miejscami obetonowane. Ich przebudowa na ogół była wymuszana likwidacją szkód górniczych. W obrębie lasów na północ od zabudowań kopalni „Mysłowice-Wesoła” znajduje się zbiornik rekreacyjny „Wesoła-Fala” z ośrodkiem wypoczynkowym (ok. 3 km od odwiertów). W skali regionalnej omawiany obszar znajduje się w dorzeczu rzeki Wisły, w obrębie zlewni II rzędu rzek Przemszy i Gostyni.

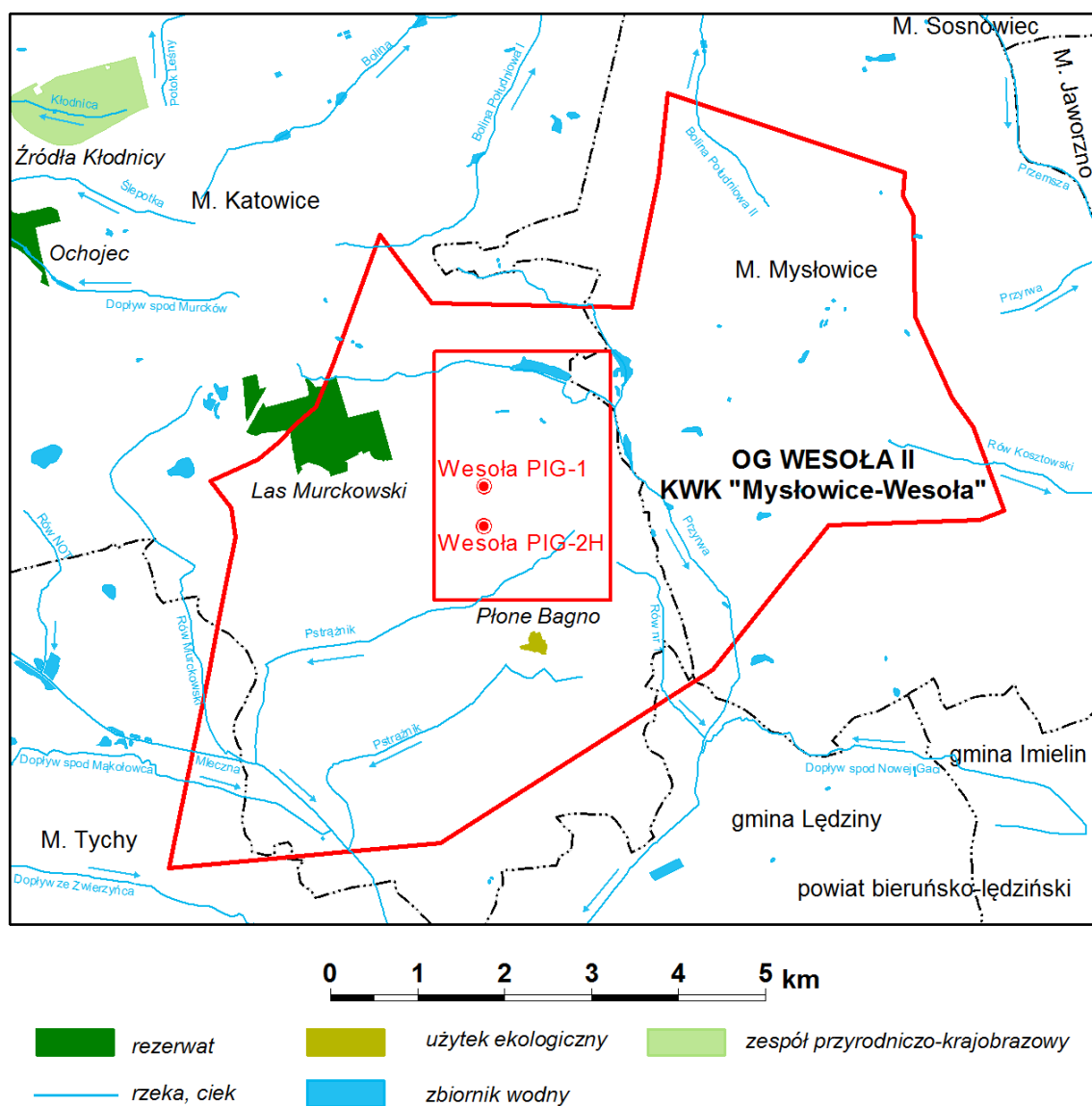


Fig. 2. Hydrografia rejonu wierceń oraz położenie otworów w stosunku do obszarów chronionych

2.3. Obiekty i obszary chronione

Najbliższe otoczenie odwiertów zajmują lasy, należące do zwartego kompleksu zwanego Lasami Murckowskimi. Są one zaliczone – podobnie jak pozostałe lasy Górnśląskiego Okręgu Przemysłowego – do lasów ochronnych specjalnego przeznaczenia (w strefie oddziaływania przemysłu). W ich obrębie, około 2 km na północny zachód od otworów znajduje się rezerwat fitocenotyczny „Las Murckowski” o powierzchni 102,56 ha, utworzony w celu zachowania fragmentu lasu mieszanego o cechach naturalnych, m.in. starych drzewostanów bukowych i licznych pomnikowych dębów, będących pozostałościami dawnej Puszczy Śląskiej. Z kolei około 2 km na południe od otworów badawczych znajduje się użytek ekologiczny „Płone Bagno” o powierzchni 4,22 ha, obejmujący torfowisko

wysokie ze stanowiskami wielu roślin chronionych, m.in.: bagna zwyczajnego, borówki bagiennej, żurawiny błotnej, wełnianki pochwowatej. Pozostałe przyrodnicze obszary chronione, są położone w znacznie większej odległości: ok. 6 km – rezerwat przyrody „Ochojec” oraz ok. 7 km – zespół przyrodniczo-krajobrazowy „Źródła Kłodnicy”. Lokalizacja wszystkich obiektów przyrodniczych przedstawiona jest na załączonej mapie geologiczno-gospodarczej (zał. graf. 2), a w formie uproszczonej na figurze 2. W rejonie odwiertów, a także w szerszym ujęciu – w tej części województwa śląskiego, nie występują obszary chronione Natura 2000.

Gleby chronione, głównie bielcowe i brunatne wyługowane (klasy IV, rzadziej III) tworzą niewielkie kompleksy w rejonie osiedla Wesoła, w znacznej odległości od odwiertów. Trzeba przy tym zaznaczyć, że w omawianym rejonie duża część gruntów uległa degradacji na skutek wieloletniej eksploatacji górniczej (Jochemczyk, Olszewska, 2002).

Pozostałe obiekty chronione oraz ważne z punktu widzenia ochrony środowiska (typu: pomniki przyrody, zabytki architektury, ujęcia wód, stanowiska archeologiczne) znajdują się w znacznych odległościach od odwiertów i nie kolidowały z prowadzonymi robotami geologicznymi (zał. graf. 2).

2.4. Zagospodarowanie terenu

Bezpośrednie otoczenie odwierconych otworów to tereny leśne (zał. graf. 1, 5). Najbliższe obszary zabudowane stanowią położone ok. 1 km na wschód tereny przemysłowe kopalni „Mysłowice-Wesoła” z szybami głównymi, a także położony znacznie dalej na północ (ok. 3 km) szyb „Wacław”. Najbliższe osiedla mieszkaniowe znajdują się około 3–3,5 km na wschód od odwiertów. Generalnie jest to obszar słabo zurbanizowany, przeważa tu zabudowa jednorodzinna, typu wiejskiego, jedynie w obrębie dzielnicy Mysłowic – Wesoła występuje zabudowa osiedlowa, wielorodzinna.

Tereny położone poza obrębem lasów w niewielkim stopniu są użytkowane rolniczo, znaczną ich część stanowią nieużytki, oraz przydomowe ogródki. Oprócz budynków mieszkalnych znajdują się tu również lokalne ośrodki usługowe.

Sieć komunikacyjna jest dobrze rozwinięta – około 6 km na północ od otworów badawczych przebiega autostrada A4, a około 5 km na zachód droga krajowa 86, liczne są też drogi gminne. W bezpośrednim sąsiedztwie odwiertów przebiega droga łącząca osiedle Wesoła w Mysłowicach z osiedlem Kostuchna w Katowicach (ul. Beskidzka). Od kopalni

„Mysłowice-Wesoła” na wschód biegnie przemysłowa linia kolejowa, łącząca się z linią kolejową Katowice–Oświęcim.

Zagospodarowanie terenu w rejonie wierceń prezentuje załączona mapa topograficzna (zał. graf. 1), natomiast bezpośredniego otoczenia odwiertów w skali szczegółowej – mapa sytuacyjno-wysokościowa (zał. graf. 5). Na wyznaczonych lokalizacjach odwiertów i placach pod zabudowę wiertni nie występują obiekty infrastruktury naziemnej i podziemnej.

3. Charakterystyka geologiczna rejonu otworów Wesoła PIG-1 i PIG-2H

3.1. Rozpoznanie geologiczne i górnicze (w tym warunków metanowych)

3.1.1. Rozpoznanie geologiczne i górnicze

Dokumentowane otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H odwiercono w centralnej części zagospodarowanego złoża węgla kamiennego „Wesoła” (partia Az – zał. graf. 3). Rozpoznanie geologiczne rejonu odwiertów jest związane z rozpoznaniem i eksploatacją tego złoża. Początki eksploatacji węgla kamiennego sięgają tu połowy XIX w. (eksploatacja powierzchniowa i wokół płytkich szybów). Eksploatację podziemną w skali przemysłowej rozpoczęto w 1911 r. W 1952 r. oddano do eksploatacji nową kopalnię „Wesoła” (w latach 1967–1989 pod nazwą „Lenin”), którą w 1973 r. powiększono o pole południowe (obszar położony na południe od uskoku Książęcego). Obecnie kopalnia funkcjonuje pod nazwą „Mysłowice-Wesoła” (po połączeniu w 2007 r. z kopalnią „Mysłowice”).

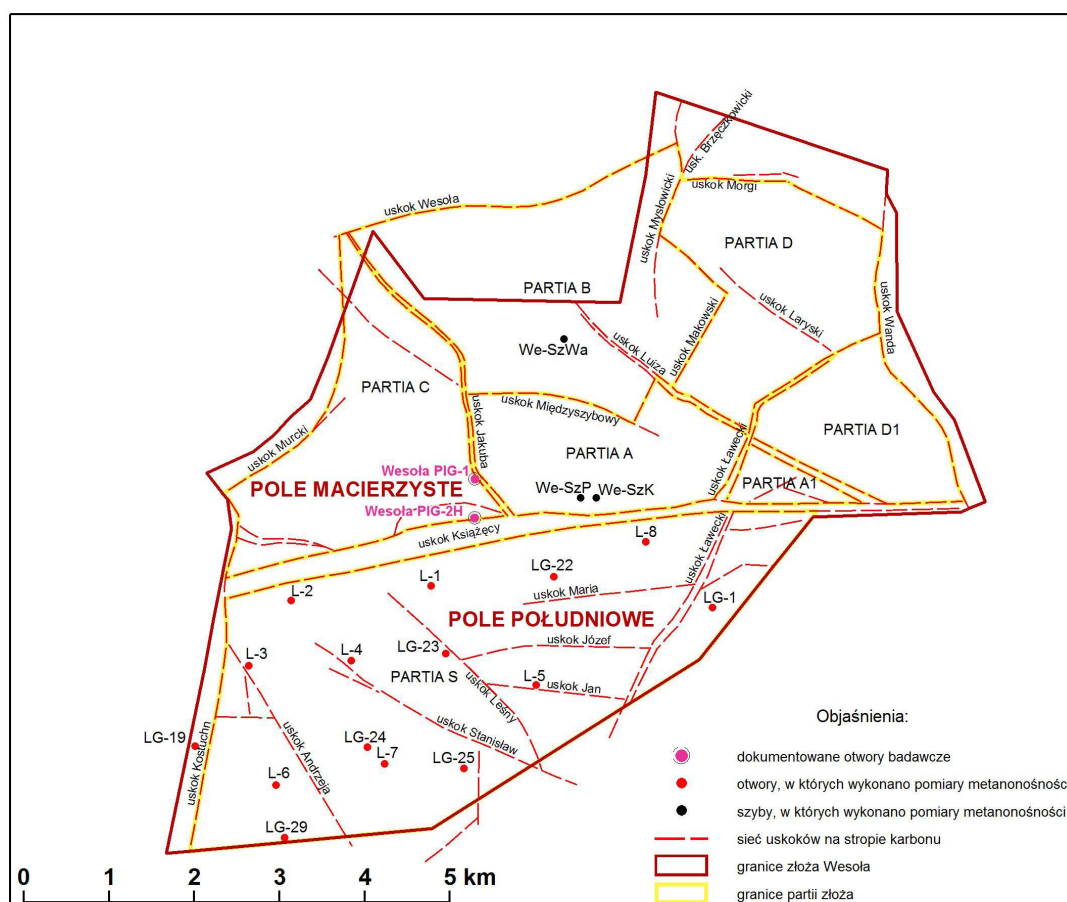
W miarę postępu eksploatacji i sięgania do coraz głębiej zalegających pokładów węgla zachodziły na przestrzeni XX wieku zmiany w rozpoznaniu złoża, zarówno otworami powierzchniowymi, jak i robotami górniczymi oraz otworami dołowymi. Pierwsze wiercenia rozpoznawcze wykonano przed pierwszą wojną światową we wschodniej części złoża (głównie płytkie otwory do pokładu 318). W latach 1940–1942 odwiercono dwa głębokie otwory (We-127 o gł. 1213,30 m i We-130 o gł. 916,65 m), w których rozpoznano głębiej zalegające pokłady węgla, w tym pokład 510. W tym też czasie (1942 r.) rozpoczęto głębienie Szybu Bronisław, który w 1951 r. pogłębiono do 529,58 m, do pokładu 350. Kolejne 3 otwory odwiercono w latach 1950–1953 (We: 1/145, 3/147 i 11, o głębokościach w granicach 277,00–692,20 m), dokumentując pokład 334 oraz 408. W tych latach rozpoczęto eksploatację pokładów 328 i 329 z poziomu 230 m oraz opracowano pierwszą dokumentację

geologiczną, w której policzono zasoby dla pokładów warstw załęskich: 327, 328, 329, 331, 334, 347, 404, 405 oraz dla pokładu 510 z warstw siodłowych.

Kolejne prace poszukiwawcze prowadzono w latach 1954–1955. Oprócz kilku płytkich otworów odwiercono również 4 otwory (We: 5-8) o głębokościach w granicach 305,00–594,30 m, którymi osiągnięto pokłady: 349, 350, 364, 407/2. Nowa dokumentacja geologiczna złoża z 1955 r. objęła łącznie 26 pokładów węgla, oprócz wcześniej dokumentowanych pokładów także pokłady warstw łaziskich (211, 212, 215, 216) oraz orzeskich s.s. (303, 308, 312, 315, 318, 320, 324, 325, 326), a z warstw załęskich także pokłady 345, 364 i 401. W latach 1956–1963 w celu dalszego rozpoznania złoża oraz udokumentowania pokładów warstw załęskich, rudzkich i siodłowych odwiercono 28 otworów badawczych o głębokościach od 500 do 1100 m (We: 2-4, 10, 12, 15-22, 24-26, 28-30, 32-36 oraz We-H2). Otwory te sięgnęły spągowych pokładów warstw załęskich (pokłady 350, 353, 402 i 404/5) oraz pokładów warstw rudzkich i siodłowych (408, 409/2 i 510). W partii A złoża odwiercono wówczas otwór We-25 (gł. 972,00 m), a na pograniczu partii B otwór We-26 (gł. 856,00 m), które przed odwierceniem otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H stanowiły jedyne źródło informacji z powierzchniowego rozpoznania wiertniczego pokładu 510 w rejonie dokumentowanych otworów badawczych w skrzydle wiszącym uskoku Książęcego. Oprócz otworów głębokich, odwiercono także kilkadziesiąt płytszych otworów (do pokładów 318 i 327), pogłębiono szyb Piotr do pokładu 407/1 oraz wykonano 26 otworów geologiczno-rozpoznawczych z podziemnych wyrobisk. Rozpoznanie złoża prowadzono również robotami górniczymi z poziomu 230 m w pokładach: 312, 318, 320, 324, 328, 329 i 331 oraz w pokładzie 331 z poziomu 320 m. W pokładzie 349 rozpoczęto roboty udostępniające z poziomu 465 m. Był to bardzo intensywny okres rozpoznania geologicznego i górniczego, zakończony opracowaniem w 1963 r. nowej dokumentacji geologicznej w kat. A+B+C₁+C₂, w której obliczono zasoby węgla dla 28 pokładów. Zrezygnowano z dokumentowania pokładów warstw łaziskich oraz młodszych pokładów warstw orzeskich s.s. do pokładu 315 włącznie. Z kolei w warstwach załęskich w stosunku do poprzedniej dokumentacji udokumentowano także pokłady: 341, 342, 346, 349, 350, 353, 361, 402, 404/1, 404/5, 405/1, 405/2, a w warstwach rudzkich s.s. i siodłowych pokłady: 407/1, 408, 409/1, 410 i 501. Udokumentowany został również 1 pokład warstw porębskich.

Począwszy od połowy lat 60. XX w. do czasów obecnych w granicach pola macierzystego (w skrzydle wiszącym uskoku Książęcego) nie prowadzono prac

Kolejne wiercenia powierzchniowe w obszarze dzisiejszego złoża miały miejsce w polu południowym kopalni (skrzydło zrzucone uskoku Książęcego) po roku 1976, kiedy odwiercono 8 otworów powierzchniowych z grupy „Lenin” (L: 1–8) o głębokościach w granicach 1024,40–1297,00 m, z kompletem badań geofizycznych, gazowych, geologiczno-inżynierskich i laboratoryjnych. Dwa z tych otworów (L: 2 i 5) przewierciły pokład 510, natomiast położony najbliżej partii Az otwór L-1 został zatrzymany na pograniczu warstw załęskich i rudzkich s.s. (p. 407) – fig. 3, zał. graf. 3.



14

W następnym dziesięcioleciu w trakcie prowadzonych w latach 1984–1986 prac projektowych obejmujących sąsiedni obszar złożowy „Lędziny” w polu południowym i w jego sąsiedztwie odwiercono trzy głębokie otwory badawcze z grupy „Lędziny-Głęboka”: LG-1 (gł. 1306,40 m), LG-22 (gł. 1391,10 m) oraz LG-26 (gł. 1571,10 m). Wszystkie te otwory przewierciły warstwy siodłowe z pokładem 510. Oprócz prac wiertniczych w polu południowym prowadzono również rozpoznanie robotami górniczymi w pokładzie 308. W 1986 r. opracowano Dodatek nr 2 do dokumentacji, którego celem była aktualizacja zasobów węgla kopalni z włączeniem pola południowego. W polu południowym kontynuowano wiercenia w ramach realizacji projektu rozpoznania pokładów warstw rudzkich i siodłowych dla projektowanej kopalni „Lędziny-Głęboka”. W latach 1988–1991 na obszarze złoża „Wesoła” odwiercono kolejnych 6 otworów z tej grupy (LG: 19, 23-25, 29) o głębokościach w granicach 1358,00–1574,00 m. Wiercenia te potwierdziły prawidłowość ustalonej poprzednio identyfikacji pokładów, wykazały istotne zmiany w grubości, jakości, stopniu rozpoznania złoża oraz wpłynęły na konieczność korekty tektoniki. W otworach LG-23 i LG-29 przeprowadzono badania, których celem było dokładne określenie warunków hydrogeologicznych w tej części złoża. Z kolei roboty górnicze kontynuowane w pokładzie 308 pozwoliły na uszczegółowienie budowy strukturalnej.

Otwory wiertnicze z grupy „Lędziny-Głęboka” zakończyły rozpoznanie geologiczne otworami powierzchniowymi na obszarze złoża „Wesoła” (zał. graf. 3). Dalsze prace rozpoznawcze w ostatnich 20 latach prowadzone były tylko robotami górniczymi oraz otworami dołowymi. Znaczną ilość wierceń dołowych, skoncentrowanych głównie na rozpoznaniu pokładów warstw rudzkich s.s. i siodłowych, wykonano w połowie lat dziewięćdziesiątych. Dane z tych wierceń umożliwiły pełną ocenę wartości złoża. Uzyskano szczegółowe informacje dotyczące miąższości i jakości głęboko zalegających pokładów, których rozpoznanie w tym rejonie opierało się poprzednio na nielicznych otworach powierzchniowych z lat 50. i początku 60 (Bojarski, 1996). Wyniki badań jakościowych pozwoliły na zmianę typu węgla w pokładach warstw rudzkich z płomiennych (31) na typ węgla energetycznych (32-33) i koksowych (34).

Oprócz wiertniczych prac dołowych, szczegółowe rozpoznanie geologiczne złoża w okresie ostatnich dwudziestu kilku lat postępowało poprzez prace udostępniające prowadzone na czynnych poziomach 465 m i 665 m oraz na budowanym poziomie 865 m. W polu południowym roboty te dotyczyły pokładów: 301, 308 i 318, a w partii macierzystej pokładów: 341, 349, 401, 404/1 i 404/5, 405/1, 405/2, 414, 416, 418, 501, 510.

Rejon otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H w partii Az

Rejon odwiertów badawczych w partii Az złoża „Wesoła” jest rozpoznany głównie robotami górniczymi i otworami dołowymi, a w mniejszym zakresie także powierzchniowymi otworami wiertniczymi. Otworów wiertniczych w tej partii złoża (przed uskokiem Książęcym) odwiercono z powierzchni tylko 6 i są to otwory sprzed 50 lat, a niektóre jeszcze starsze (tab. 2, zał. graf. 3). Pośród nich istotne znaczenie dla rozpoznania głębszych partii złoża mają tylko otwory Wesoła 25 i 26, które przewierciły pokład 510. Dla stanu rozpoznania głębiej zalegających pokładów węgla znaczenie mają również położone w pobliżu, w skrzydle zrzuconym uskoku Książęcego, nowsze otwory Lenin 1 i Łędziny Głęboka 22. W omawianej partii złoża znajdują się także szyby główne kopalni (tab. 3).

Tabela. 3. Otwory wiertnicze i szyby w rejonie otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H w partii Az

Nazwa otworu/szybu (wg karty)	Symbol otworu na mapach	Rok odwiercenia/zgłębnienia	Głębokość [m]	Ostatni przewiercony pokład
otwory wiertnicze				
B. 26	We-26	1961	856,00	510
B. 4	We-4	1959	551,5	350
1/145 Wesoła	We-1/145	1950	424,00	334
Nr 67	We-67	1908	301,02	strop karbonu
B. 17	We-17	1960	867,90	404/5
B. 25	We-25	1961	972,00	510
Łędziny Głęboka 22*	LG-22	1985	1391,1	510
Lenin 1*	L-1	1976	1290,00	407
szyby				
Szyb Karol	We-SzK	1966	746,00	405/2
Szyb Bronisław	We-SzB	1942/1951	529,58	350
Szyb Piotr	We-SzP	1962	762,80	407/1

* otwory zlokalizowane w skrzydle zrzuconym uskoku Książęcego

Podstawowe znaczenie dla rozpoznania partii Az złoża „Wesoła” miały roboty górnicze związane z eksploatacją pokładów węgla, która w tym rejonie złoża jest prowadzona od blisko 90 lat. W tym okresie, nie licząc obecnie eksploatowanego pokładu 501, eksploatacją objęto 11 pokładów warstw orzeskich s.s. i załęskich (tab. 4). Najbliżej pokładu 501, w odległości średnio ok. 180 m, znajduje się pokład 405/2, który był eksploatowany 25–30 lat temu. Oprócz robót górniczych, stan rozpoznania tej części złoża uzupełnia

kilkadziesiąt otworów dołowych o zróżnicowanych długościach, na ogół w granicach kilkunastu-kilkudziesięciu metrów, wierconych w różnych latach zarówno w celach rozpoznawczych, jak i technicznych. Od 2012 r. w partii Az eksploatowany jest pokład 501, a w niedalekiej przyszłości planowana jest eksploatacja pokładu 510, w którym odwiercono odcinek horyzontalny otworu Wesoła PIG-2H. Należy przy tym zauważyć, że pokłady 501 i 510 w tej partii złoża stanowią praktycznie jeden gruby pokład węgla oddzielony przerostem o zmiennej miąższości nie przekraczającej 1 m.

Tabela 4. Eksploatacja pokładów węgla w partii Az złoża „Wesoła”

L.p.	Numer pokładu	Lata eksploatacji	Odległość od pokładów 501-510 [m]
1.	318	1924–1949	~800–880
2.	324	1963–1964	~760–830
3.	327	1949–1960	~750
4.	328	1952–1962	~700
5.	329	1953–1960	~690
6.	331	1955–1964	~630–660
7.	334	1957–1970	~610–630
8.	349	1967–1973	~410–430
9.	401	1974–1977	~280
10.	404/5	1978–1983	~210
11.	405/2	1981–1988	~180
12.	501	od 2012	-

3.1.2. Rozpoznanie warunków metanowych

Rozpoznanie warunków metanowych w rejonie dokumentowanych otworów badawczych jest związane z intensywnością i głębokością eksploatacji węgla kamiennego w poszczególnych częściach złoża „Wesoła” oraz z głębokością rozpoznania geologicznego za pomocą otworów wiertniczych. Badania metanonośności pokładów były prowadzone:

- w otworach wiertniczych wierconych z powierzchni,
- w szybach,
- w otworach dołowych,
- w wyrobiskach dołowych – udostępniających (przekopy, upadowe) oraz eksploatacyjnych (chodniki, pochylnie).

Pomiary metanonośności węgla z rdzeni powierzchniowych otworów wiertniczych wykonano wyłącznie w polu południowym złoża. Ogółem w latach 1976–1991 na obszarze tej części złoża pomiary metanonośności wykonano w 14 otworach wiertniczych z grupy Lenin (L: 1–8) oraz z grupy Lędziny Głęboka (LG: 1, 19, 22-25, 29). Pomiary wykonano metodą całkowitej, dwufazowej degazacji próżniowej (metoda pojemników, zwana też metodą KPG). Pomiary metanonośności węgla prób pobranych podczas drażenia szybów kopalni wykonano w trzech szybach: „Piotr”, „Karol” i „Wacław”.

Pomiary metanonośności pokładów węgla w wyrobiskach dołowych są wykonywane zarówno na etapie udostępniania złoża (wyrobiska kamiennie-węglowe), jak również na etapie rozczinki złoża i przygotowania eksploatacji. Ilość pomiarów i stosowana metodyka poboru prób do badań oraz metodyka wykonywania badań jest regulowana odpowiednimi przepisami odnośnie prowadzenia bezpiecznej eksploatacji w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny. Stosowanie tych przepisów w praktyce powoduje, że pomiary metanonośności pokładów węgla wykonywane są na skalę masową. Ilość pomiarów metanonośności wykonanych w granicach złoża „Wesoła” można szacować na około 1200.

Dla rozpoznania parametrów gazowych rejonu dokumentowanych otworów badawczych – w szerszym ujęciu – istotne znaczenie mają również prace wykonane przez firmę AMOCO Poland Ltd., która w latach 1994–1997 na obszarze posiadanej koncesji (znaczna część obszaru niecki głównej) odwierciła 15 otworów wiertniczych o głębokościach w interwale 1259,60–2210,60 m. Część z tych otworów zlokalizowano w stosunkowo niedużej odległości od złoża „Wesoła” (w granicach kilku-kilkunastu kilometrów), w tym jeden otwór – Amoco Wygorzele 1 – w bezpośrednim sąsiedztwie złoża, ok. 700 m od jego południowej granicy. Głębokość otworów determinowana była projektem badawczym, który zakładał rozpoznanie metanonośności głównie pokładów węgla górnosląskiej serii piaskowcowej. Pokłady tej serii uznano za najbardziej perspektywiczne dla pozyskiwania metanu. We wszystkich otworach wiertniczych wykonano badania laboratoryjne obejmujące:

- ocenę zawartości i jakości (skład chemiczny) gazu w pokładach węgla,
- określenie izoterm sorpcji dla metanu (wybrane pokłady węgla, 1–3 prób w otworze),
- ocenę stopnia nasycenia węgla gazem (w oparciu o pomierzoną izotermę sorpcji i pomierzoną metanonośność pokładów węgla),
- określenie własności chemiczno-technologicznych węgla (według norm ASTM),
- określenie składu petrograficznego węgla oraz refleksyjności wityritu.

Pomiary zawartości gazu (metanu) wykonano dwoma metodami: metodą całkowitej degazacji próżniowej (metoda „polska” KPG) oraz metodą amerykańską USBM. Wyżej wymienione pomiary wykonano na odcinkach rdzeniowanych dla pokładów węgla o minimalnej miąższości 0,60 m. We wszystkich otworach wykonano profilowania geofizyczne, natomiast w wybranych otworach wykonano również:

- testy zatłaczania (dla określenia przepuszczalności oraz wytrzymałości węgla i skał płonnych – testy *in situ*),
- długotrwałe testy produkcyjne,
- testy odbudowy ciśnienia (*pressure build up test*).

Długotrwałe testy produkcyjne wykonano w 9-ciu otworach, Amoco: Czarków 1, Frydek 1, Goczałkowice 1, Łąka 1, Pszczyna 1, Świerczyniec 1, Urbanowice 1, Wygorzele 1, Żwaków 1, z których trzy (Urbanowice 1, Wygorzele 1, Żwaków 1) zlokalizowano w odległości kilku kilometrów od złoża „Wesoła” (tab. 5). Przygotowanie do testów produkcyjnych w tych trzech otworach było wykonywane poprzez perforację rur i szczelinowanie, a w dwóch z nich (Urbanowice 1 i Wygorzele 1) dodatkowo poprzez kawitację (wykonanie kawerny – *open hole completion*) – tab. 6. Kawitację przeprowadzano w pokładzie 510, w otworach bosych, tuż pod butem rur. W otworze Wygorzele 1 interwał głębokościowy objęty kawitacją (pokład 510) był testowany niezależnie, natomiast w otworze Urbanowice 1 udostępniony przez kawitację pokład 510 był testowany łącznie z pokładami węgla zalegającymi wyżej, udostępnionymi poprzez perforację i szczelinowanie.

Tabela 5. Parametry wybranych otworów Amoco

Nazwa otworu	Symbol otworu	Głębokość [m]	Spąg pokładu 510 [m]	Odległość od złoża „Wesoła” [km]
Amoco Urbanowice 1	A-Ur1	1951,00	1693,06	5,30
Amoco Wygorzele 1	A-Wy1	1708,00	1443,95	0,70
Amoco Żwaków 1	A-Zw1	1972,00	1673,27	5,70

Tabela 6. Podstawowe parametry kawitacji w otworach Amoco: Urbanowice 1 i Wygorzele 1

Otwór	Głębokość zarurowania [m]	Interwał otwarcia (wg geofizyki / wg wiercenia) [m]	Pokład 501 + 510 (wg geofizyki / wg wiercenia) [m]	Objętość urobku z kawitacji [m ³]
A-Ur1	1921,0	1925 – 1935 1921 – 1951	1921,90 – 1931,30 1919,70 – 1929,60	25,8
A-Wy1	1666,0	1672 – 1713 1667 – 1708	1678,80 – 1690,20 1677,60 – 1689,00	69,0

Perforację rur okładzinowych oraz szczelinowanie wykonano na odcinkach występowania silnie metanowych pokładów węgla. Szczelinowanie pokładów węgla odsłoniętych przez perforację rur okładzinowych wykonano z zastosowaniem medium szczelinującego, złożonego z wody, piasku i azotu. Parametry perforacji i szczelinowania przedstawiają tabele: 7A, 7B i 7C, a wyniki długotrwałych testów produkcyjnych zestawiono w tabeli 8; przykładowy test produkcyjny prezentuje figura 4.

Tabela 7A. Podstawowe parametry perforacji i szczelinowania w otworze Amoco Urbanowice 1

Interwały stymulacji (szczelinowania) [m]	Interwały perforacji [m]	Parametry szczelinowania
Interwał 1 1347,25 – 1404,50	1347,25 – 1348,50 1357,25 – 1358,75 1375,25 – 1375,50 1389,25 – 1390,75 1403,50 – 1404,50	Ciśnienie – 25 MPa Woda – 172 m ³ Piasek – 56,4 t Azot – 65 m ³
Interwał 2 1448,00 – 1497,50	1448,00 – 1449,50 1467,00 – 1468,00 1494,50 – 1497,50	Ciśnienie – 28 MPa Woda – 161 m ³ Piasek – 53,8 t Azot – 65 m ³
Interwał 3 1610,00 – 1640,50	1610,00 – 1611,50 1618,75 – 1620,25 1628,00 – 1629,00 1631,75 – 1633,25 1639,00 – 1640,00	Ciśnienie – 37 MPa Woda – 136 m ³ Piasek – 62,3 t Azot – 82 m ³
Interwał 4 1684,50 – 1733,00	1684,50 – 1689,50 1692,25 – 1693,75 1711,60 – 1712,60 1715,50 – 1717,50 1730,00 – 1733,00	Ciśnienie – 34 MPa Woda – 93 m ³ Piasek – 1,7 t Azot – 25 m ³

Tabela 7B. Podstawowe parametry perforacji i szczelinowania w otworze Amoco Wygorzele 1

Interwały stymulacji (szczelinowania) [m]	Interwały perforacji [m]	Parametry szczelinowania
Interwał 1 1086,50 – 1145,80	1086,50 – 1088,80 1117,00 – 1118,00 1140,50 – 1141,50 1144,30 – 1145,80	Ciśnienie – 33 MPa Woda – 109 m ³ Piasek – 25,9 t Azot – 45 m ³
Interwał 2 1209,00 – 1263,00	1209,00 – 1213,00 1218,50 – 1220,00 1225,50 – 1226,50 1228,50 – 1230,00 1260,50 – 1263,00	Ciśnienie – 37 MPa Woda – 98 m ³ Piasek – 10,0 t Azot – 35 m ³
Interwał 3 1308,50 – 1358,00	1308,50 – 1310,50 1317,00 – 1318,00 1334,50 – 1337,50 1356,00 – 1358,00	Ciśnienie – 38 MPa Woda – 56 m ³ Piasek – 13,9 t Azot – 35 m ³
Interwał 4 1406,80 – 1455,00	1406,80 – 1410,50 1426,50 – 1430,00 1446,00 – 1447,00 1453,80 – 1455,00	Ciśnienie – 36 MPa Woda – 94 m ³ Piasek – 26,9 t Azot – 41 m ³
Interwał 5 1571,00 – 1585,30	1571,00 – 1575,50 1581,30 – 1582,80 1584,80 – 1585,30	Ciśnienie – 39 MPa Woda – 106 m ³ Piasek – 19,4 t Azot – 43 m ³

Tabela 7C. Podstawowe parametry perforacji i szczelinowania w otworze Amoco Żwaków 1

Interwały stymulacji (szczelinowania) [m]	Interwały perforacji [m]	Parametry szczelinowania
Interwał 1 1375,00 – 1413,50	1375,00 – 1376,25 1383,00 – 1384,75 1396,50 – 1397,75 1412,25 – 1413,50	Ciśnienie – 28 MPa Woda – 84 m ³ Piasek – 25,4 t Azot – 34 m ³
Interwał 2 1453,75 – 1500,25	1453,75 – 1455,25 1492,50 – 1493,25 1499,00 – 1500,25	Ciśnienie – 30 MPa Woda – 96 m ³ Piasek – 20,1 t Azot – 47 m ³
Interwał 3 1572,50 – 1619,50	1572,50 – 1573,50 1574,25 – 1575,50 1588,00 – 1590,00 1592,25 – 1593,25 1618,00 – 1619,50	Ciśnienie – 35 MPa Woda – 89 m ³ Piasek – 21,9 t Azot – 36 m ³
Interwał 4 1648,50 – 1675,25	1648,50 – 1649,50 1650,75 – 1652,25 1674,25 – 1675,25	Ciśnienie – 34 MPa Woda – 86 m ³ Piasek – 19,9 t Azot – 21 m ³
Interwał 5 1816,25 – 1821,00	1816,25 – 1818,25 1820,00 – 1821,00	Ciśnienie – 37 MPa Woda – 112 m ³ Piasek – 20,6 t Azot – 34 m ³
Interwał 6 1921,00 – 1931,50	1921,00 – 1925,50 1925,50 – 1931,50	Ciśnienie – 28 MPa Woda – 129 m ³ Piasek – 41,3 t Azot – 65 m ³

**Tabela 8. Zestawienie wyników długotrwałych testów produkcyjnych w otworach Amoco:
Wygorzele 1, Urbanowice 1, Żwaków 1**

Otwór	Faza	Typ udostępnienia	Suma miąższości odcinków testowanych (udostępnionych) [m]	Czas testu produkcyjnego [dni]	Wyniki testu produkcyjnego	
					Gaz [m³]	Woda [m³]
1	2	3	4	5	6	7
A-Wy1	0	K	K = 41,00 (w tym węgiel, pokład 510 – 11,40 m)	70	1 187	184
A-Wy1	1	S	S = 16,00	57	25 603	52
A-Wy1	2	S	S = 39,80	97	29 021	199
A-Ur1	2	K, S	K = 10,50 (pokł. 510) S = 29,00	56	13 722	1 130
A-Zw1	2	S	S = 33,25	96	48 358	608

Objaśnienia: kolumna 3; S – perforacja i szczelinowanie, K – kawitacja

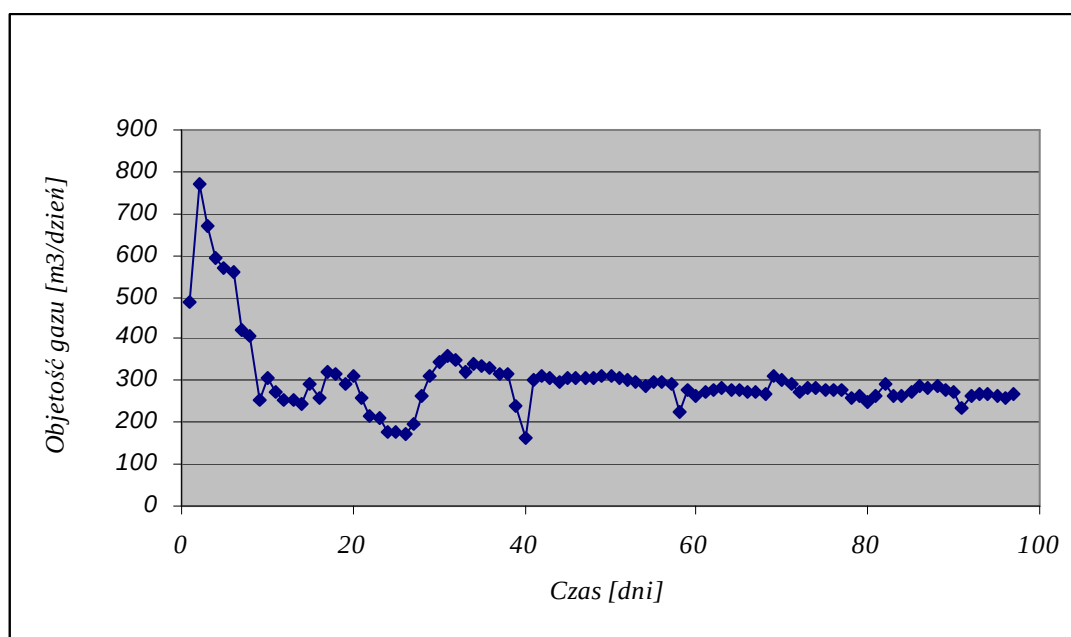


Fig. 4. Przykład testu produkcyjnego gazu – otwór Amoco Wygorzele 1, faza 2

Uzyskane przez firmę AMOCO Poland Ltd. wyniki wykonanych testów produkcyjnych (tab. 8) nie spełniły założeń odnośnie możliwości pozyskiwania metanu w sposób ekonomicznie uzasadniony i spowodowały odstąpienie firmy od dalszych prac. Podstawowe przyczyny niepowodzeń projektu badawczego, zdaniem Amoco to:

- niska przepuszczalność węgla dla metanu (nawet po szczelinowaniu),
- silna zmienność zawartości metanu w pokładach węgla (zarówno pionowa, jak i lateralna),
- niski stopień nasycenia pokładów węgla gazem.

3.1.3. Wcześniejsze prace wykonane w ramach realizacji Projektu

Przedstawiony wyżej przegląd geologicznych i górniczych prac rozpoznawczych oraz badawczych należy uzupełnić o wyniki badań wykonanych w ramach przedsięwzięcia, którego częścią jest niniejsza dokumentacja i wykonane otwory badawcze. W pierwszym etapie tego przedsięwzięcia wykonano m.in. ekspertyzę naukowo-badawczą dotyczącą skutków przedeksplotacyjnego odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi w aspektach bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych. Ekspertyza ta w części szczegółowej została odniesiona dla wybranej lokalizacji otworów badawczych w pokładach 501-510 w partii Az złoża „Wesoła”. Ponadto w pierwszym etapie przedsięwzięcia wykonano również opróbowanie obu tych pokładów w partii Az do badań analitycznych własności

petrofizycznych i petrograficznych oraz do badań gazowych. Próby do badań zostały pobrane ze ściany eksploatacyjnej w pokładzie 501 (ściana 514) oraz z odwierconego otworu dołowego w pokładach 501-510 (Dokumentacja..., 2013; Jelonek, 2013).

Ekspertyza AGH – „Warunki bezpieczeństwa prowadzenia odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi (ze szczelinowaniem hydraulicznym) w sąsiedztwie czynnych wyrobisk eksploatacyjnych kopalń węgla kamiennego”

Zakres prac ekspertyzy miał charakter interdyscyplinarny, łączący zagadnienia wiertnictwa i szczelinowania hydraulicznego z technologicznymi aspektami podziemnego urabiania węgla, inżynierii materiałowej, zwalczania zagrożeń gazowych i pyłowych oraz bezpieczeństwa prowadzenia podziemnych robót górniczych. Wykonanie ekspertyzy zostało powierzone zespołowi pracowników naukowych AGH z Wydziałów: Górnictwa i Geoinżynierii oraz Wiertnictwa Nafty i Gazu (Nagy i in. 2012). Przebieg prac obejmował dwa etapy:

- **Etap I** (część ogólna): Określenie warunków bezpiecznej lokalizacji wierceń powierzchniowych (w tym wierceń kierunkowych z odcinkami horyzontalnymi) oraz zabiegów szczelinowania w pokładach węgla w stosunku do czynnych wyrobisk eksploatacyjnych, w połączeniu z technicznymi aspektami eksploatacji pokładów odmetanowanych z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego
- **Etap II** (część szczegółowa): Analiza skutków i potencjalnych zagrożeń przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów dla wybranej lokalizacji otworów badawczych w pokładach 501-510 partii Az złoża KWK „Mysłowice-Wesoła”.

Szczegółowy zakres prac obejmował 15 punktów, które w części szczegółowej (z wyjątkiem punktu 1) zostały odniesione do istniejących warunków geologiczno-górnich w rejonie lokalizacji otworu badawczego w pokładach 501-510 partii Az złoża „Wesoła”. Skróty wyników ekspertyzy w stosunku do lokalizacji otworów badawczych w złożu „Wesoła” prezentuje tabela 9.

Tabela 9. Warunki prowadzenia odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi ze szczelinowaniem hydraulicznym (na podstawie ekspertyzy AGH)

L.p.	Zakres tematyczny ekspertyzy AGH	Odniesienie do lokalizacji w złożu „Wesoła”
1.	Zasięg przestrzenny szczelinowania w pokładzie węgla kamiennego w zależności od zastosowanych ciśnień hydraulicznych	Zasięg przestrzenny szczelinowania: 10 m w górę, 15 m w dół i 60 m na boki od osi otworu
2.	Wpływ szczelinowania na warunki stropowe eksploatowanego pokładu, szczególnie w przypadku stropów łatwo opadających	Własności wytrzymałościowe warstw stropowych zmniejszą się kilka-kilkanaście razy, wzrosną własności odkształceniowe
3.	Przewidywane zmiany parametrów geomechanicznych pokładu węgla kamiennego po wykonaniu szczelinowania hydraulicznego i wpływ tych zmian na późniejszą eksploatację	Dla wszystkich typów skał (piaskowców, iłowców, mułowców, węgla,) przewiduje się kilkukrotne zmniejszenie współczynnika sprężystości podłużnej (E – moduł Younga) i współczynnika wytrzymałości na ściskanie R_c
4.	Wpływ krzywionego otworu wiertniczego, głównie odcinka poziomego, na zagrożenie pożarowe, zwłaszcza w przypadku pokładów skłonnych do samozapalenia	Niewielkie prawdopodobieństwo wzrostu zagrożenia pożarowego tylko w przypadku kontaktu otworów poprzez szczeliny z wyrobiskami górnictwymi (zasysanie tlenu z wyrobisk)
5.	Wpływ zabiegu szczelinowania na zagrożenie tąpnięciami, zwłaszcza w przypadku pokładów skłonnych do tępań	Szczelinowanie zmniejszy skumulowaną energię sprężystą ograniczając zagrożenie tąpnięciami
6.	Wpływ i porównanie prowadzonego w odcinku poziomym odmetanowania bez szczelinowania i z uwzględnieniem szczelinowania na warunki hydrogeologiczne i gazowe	Szczelinowanie spowoduje zwiększony wydatek metanu i wody z otworów
7.	Wpływ szczelinowania hydraulicznego na potencjalną zmienność dopływów wód złożowych i metanu do wyrobisk	Przy odpowiednim uszczelnieniu otworów brak wpływu
8.	Minimalna bezpieczna odległość otworu wiertniczego krzywionego i odcinków horyzontalnych oraz szczelinowania od czynnych wyrobisk górnictwowych w kopalni – pod kątem bezpieczeństwa załogi kopalni i ruchu zakładu górnictwa	Odległość wyrobisk górnictwowych od otworu powinna być większa niż przewidywany zasięg szczelinowania tj.: 10 m w górę, 15 m w dół i 60 m na boki od osi otworu
9.	Warunki i sposoby eksploatacji pokładu, w którym wykonano zabieg szczelinowania (wpływ szczelinowania na urabianie węgla kombajnem, sposoby obudowy ściany, potencjalne zagrożenia dla eksploatacji itp.)	Nie powinno wystąpić poważne utrudnienie przy eksploatacji pokładu węgla pomimo możliwości uszkodzenia pierwotnej struktury węgla i skał otaczających pokład
10.	Wpływ substancji stosowanych do zabiegu szczelinowania na zdrowie górników eksploatujących w późniejszym terminie ten fragment złoża (lub też wykazanie braku takiego wpływu)	Brak wpływu substancji stosowanych do zabiegu szczelinowania na zdrowie górników eksploatujących w późniejszym terminie ten fragment złoża
11.	Wpływ substancji stosowanych do zabiegu szczelinowania na jakość węgla i jego późniejsze użytkowanie	Brak wpływu substancji stosowanych do zabiegu szczelinowania na jakość węgla i jego późniejsze użytkowanie
12.	Warunki bezpiecznej odległości otworu krzywionego i odcinków horyzontalnych od czynnych wyrobisk w czasie testów odmetanowania w aspektach możliwych deformacji otworów lub zaciśnięcia	Należy wyznaczyć filar 20 m od osi otworu bez szczelinowania i 20 m od maksymalnego przewidywanego zasięgu szczelinowania
13.	Problem stalowych rur okładzinowych pozostawionych w pokładzie węgla w odcinkach horyzontalnych w kontekście późniejszej eksploatacji tego pokładu.	Konieczność usunięcia rur stalowych przed lub w trakcie eksploatacji lub też – stosowania rur z innych materiałów
14.	Ustalenie najwcześniejszego terminu wykonania robót przygotowawczych (chodników ścianowych) po wykonaniu zabiegów szczelinowania i testów odmetanowania oraz warunki wykonywania tych robót	Raczej nie wcześniej niż po 3-5 latach, przy założeniu 30% drenażu zasobów geologicznych metanu, ostateczne ustalenie po odwierceniu otworów i wykonaniu modeli eksploatacji

Badania analityczne własności petrofizycznych, petrograficznych oraz gazowych pokładów 501-510 w partii Az

Po ustaleniu lokalizacji otworów badawczych Wesola PIG-1 i Wesola PIG-2H, dla węgla pokładów 501-510 partii Az złoża „Wesola” zaprojektowano uzupełniające badania parametrów petrofizycznych i petrograficznych (tab. 10) oraz gazowych. Próby do tych badań pobrano z eksploatowanej ściany 514 w pokładzie 501 oraz z odwierconego otworu dołowego o długości 140 m w pokładach 501-510 (otwór G-880/2013), przy czym do badań gazowych pobrano głównie próby z otworu dołowego, z kontrolnym uzupełnieniem 2 prób ze ściany 514 (Dokumentacja..., 2013; Jelonek, 2013). Lokalizację wykonanych opróbowań ściany 514 oraz przebieg osi wiercenia dołowego w stosunku do odwiertów badawczych (z ówczśnie zakładanym rozkładem odcinków horyzontalnych) przedstawia figura 5, natomiast schemat opróbowania ściany 514 – figura 6.



Fig. 5. Lokalizacja opróbowania ściany 514 oraz otworu dołowego G-880/2013 w partii Az w stosunku do planowanych odwiertów badawczych

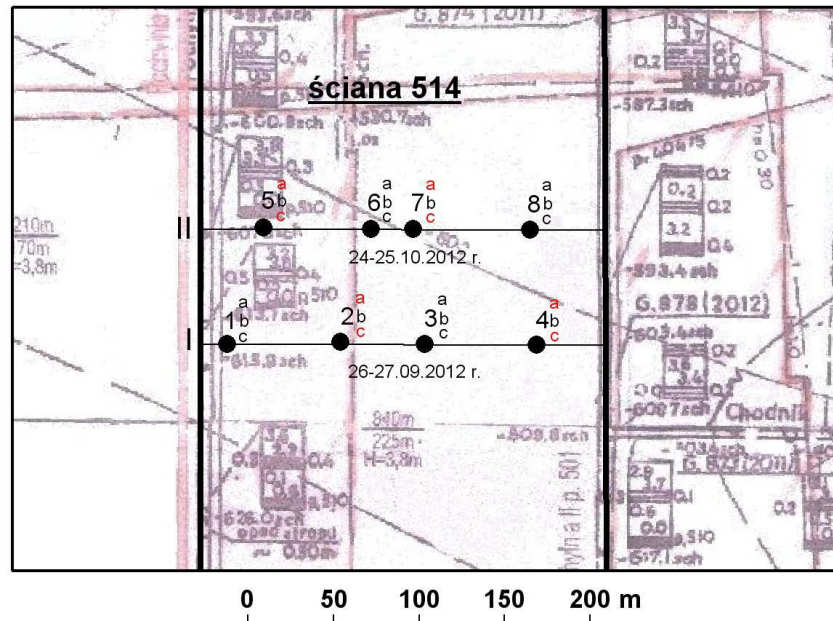


Fig. 6. Schemat i lokalizacja opróbowania ściany 514 w pokładzie 501

Tabela 10. Zestawienie oznaczanych parametrów petrofizycznych i petrograficznych węgla z pokładów 501-510

Parametr	Łączna ilość prób dla danego parametru	Ilość prób ze ściany	Ilość prób z rdzenia otworu dołowego
Analizy petrofizyczne – łączna ilość prób 25 (16 ze ściany + 9 z rdzenia)			
Przepuszczalność pionowa i horyzontalna (równoległa i prostopadła do uwarstwienia)	25	16	9
Porowatość całkowita, efektywna i szczelinowa	17	8	9
Ciężar objętościowy	25	16	9
Zawartość wilgoci (stan powietrzno-suchy, wilgoć analityczna – W^a)	18	16	2
Zawartość popiołu (stan suchy – A^d)	18	16	2
Wilgotność równowagi (<i>equilibrium moisture</i>)	2	-	2
Izotermy sorpcji (przy zachowaniu ciśnień i temperatury złożowej oraz w stanie wilgotności nasycenia)	2	-	2
Zawartość części lotnych (V^{daf})	2	-	2
Analiza elementarna (C, H, N, O, S)	2	-	2
Ciepło spalania	2	-	2
Podatność przemiałowa (<i>Hardgrove Index</i>)	2	-	2
Analizy petrograficzne – łączna ilość prób 25 (16 ze ściany + 9 z rdzenia)			
Średnia refleksyjność witrynu	24	16	8
Współczynnik anizotropii optycznej w węglu	24	16	8
Stopień wypełnienia szczelin, materiał wypełniający	17	8	9
Analiza macerałowa, w tym zawartość wszystkich macerałów należących do grupy witrynu, inertynitu, liptynitu oraz substancji mineralnej	24	16	8
analiza rozproszonej materii organicznej w przeroście (skład mineralogiczny, zawartość węgla organicznego)	1	-	1

Celem wiercenia dołowego, oprócz uzyskania prób do wymienionych badań, było także zbadanie zmienności zalegania pokładów 501 i 510 oraz przerostu pomiędzy nimi. Otwór usytuowano w planowanej do eksploatacji ścianie 511, w której (od strony południowej) odwiercono otwory badawcze. Wiercenie dołowe rozpoczęto w chodniku odstawczym zachodnim przy północnej granicy ściany 511 z nachyleniem 8 stopni (2 stopnie większym niż nachylenie pokładu), tak aby oś wiercenia przeszła przez pokład 501, przerost pomiędzy pokładami 501 i 510 oraz stropową część pokładu 510 – fig. 7 (Dokumentacja..., 2013). Otwór był rdzeniowany na całej długości (średnica rdzenia – 63 mm) i opróbowany w 9 odcinkach. Jego profil jest następujący:

- 0,00 – 61,50 m, węgiel kamienny pokładu 501
- 61,50 – 72,00 m, łupek ilasty (przerost pomiędzy pokładami 501 i 510)
- 72,00 – 140,00 m, węgiel kamienny pokładu 510.

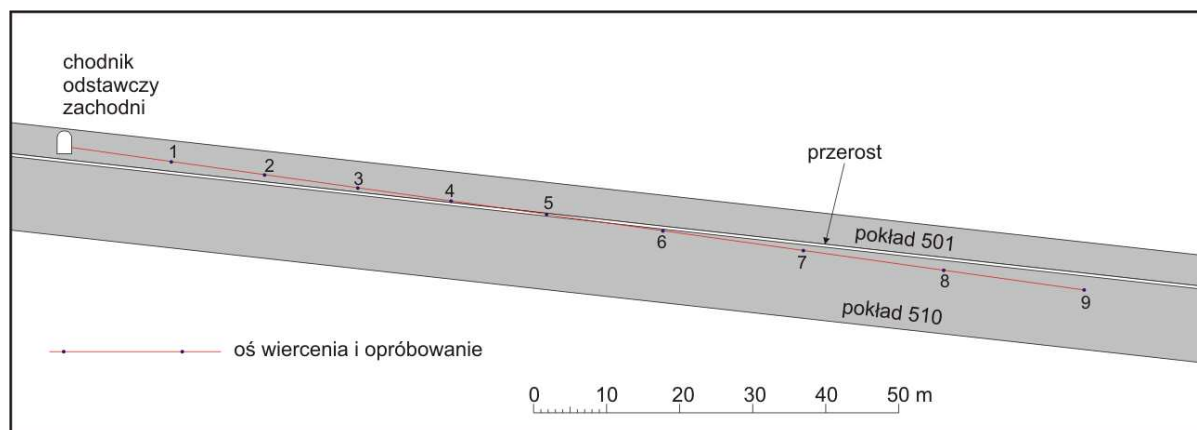


Fig. 7. Oś wiercenia oraz schemat opróbowania otworu dołowego G-880/2013 w pokładach 501-510

Obok badań petrofizycznych, które miały na celu określenie podstawowych parametrów zbiornikowych węgla, w tym przepuszczalności, podstawowe znaczenie miały badania gazowe. Badania te wykonano dwiema metodami badawczymi:

- badania próżniowe, stosowaną w Polsce tzw. metodą „pojemników” (pojemniki z kulami, metoda jednofazowej degazacji)
- badania swobodnej desorpcji, opracowaną w USA tzw. metodą „USBM” (*United States Bureau of Mines*).

Uzyskane wyniki (tab. 11) wskazują na znaczne różnice pomiędzy obiema metodami w określeniu całkowitej zawartości metanu (przy stosowaniu współczynnika 1,33) oraz użyteczność metody USBM, ze względu na określenie ilości gazu resztkowego. Zbiorcze zestawienie wyników wszystkich badań przedstawia tabela 12. Zwracają uwagę niskie parametry zbiornikowe węgla, co potwierdziły późniejsze prace w otworach badawczych.

Tabela 11. Zestawienie wyników badań gazowych w otworze dołowym G-880/2013

Pokład	Testy desorpcji – metoda USBM							Metanonośność całkowita (pojemniki z kulami)				
	interwał próby	gaz reszt.	gaz trac.	gaz desorbowany		gaz całk.	zawartość metanu	głębokość	wyniki pomiarów dla dwóch prób z uwzględnieniem współczynnika 1,33			
	[m]	[m³/t csw]	[m³/t csw]	[m³/t csw]		[m³/t csw]	[m³/t csw]	[m]	[m³/t csw]			
				gaz	metan				wynik (x 1,33)	pomiar	2 próba	pomiar 2 próby
501	18,00-18,40	1,54	0,07	0,90	0,70	2,51	1,95	15	7,713	5,799	7,500	5,639
	28,35-28,75	3,67	0,08	2,37	2,08	6,12	5,37	28	7,745	5,823	4,971	3,738
	43,63-44,00	4,13	0,02	0,54	0,48	4,69	4,20	43	6,283	4,724	5,368	4,036
	51,07-51,50	4,16	0,03	0,82	0,74	5,01	4,52	51,5	4,074	3,063	3,217	2,419
510	75,35-75,75	5,14	0,04	1,02	0,87	6,20	5,31	76	5,766	4,335	1,886	1,418
	100,6-101,0	3,55	0,03	0,23	0,17	3,81	2,88	100	2,538	1,908	2,088	1,570
	118,6-119,0	1,87	0,08	0,50	0,42	2,45	2,06	119	1,939	1,458	1,107	0,832
	139,2-139,6	4,03	0,15	1,47	1,30	5,65	4,99	139	5,474	4,116	5,376	4,042

Tabela 12. Zestawienie wyników badań analitycznych węgla pokładów 501-510 próby z rdzeni – otwór dołowy G/880/3013 oraz ze ściany 514

Parametr/Metoda	Dołowy G-880/2013 – pokłady 501-510			Ściana 514 – pokład 501		
	od – do	śr.	ilość prób	od – do	śr.	ilość prób
Przepuszczalność i porowatość						
Przepuszczalność [mD]	0,001–1,680	0,28	9	0,001–0,382 (X)	0,08	17
	0,001–0,670	0,11	8	0,001–0,253 (Z)	0,06	11
Przepuszczalność szczelinowa [mD]	1,10–2,96	2,27	8	2,25–3,40	2,70	8
Porowatość szczelinowa [%]	1,78–4,81	3,68	8	3,66–5,53	4,39	8
Desorpcja/metanonośność						
Gaz USBM [m³/t]	tracony	0,02–0,14	0,06	8	0,11–0,15	0,13
	desorb.	0,22–2,11	0,88		1,12–1,63	1,37
	resztk.	1,28–4,76	3,25		2,90–3,38	3,14
	całkow.	1,81–5,74	4,19		4,61–4,68	4,64
Zawartość CH ₄ [%]	90,2–95,3	92,9	6	94,6–95,2	94,9	2
Metanonośność całkowita CH ₄ [m³/t csw]	1,94–7,74	5,19 (3,90)	8	5,99–6,22	6,10 (4,59)	2
Parametry zbiornikowe (izotermy sorpcji metanu)						
Pojemność sorpcyjna [m³/t]	11,08–13,55	12,31	2			
Nasylenie [%]	21–46	34				

3.1. 4. Ocena stanu rozpoznania

Rejon dokumentowanych otworów badawczych w złożu węgla kamiennego „Wesoła” został rozpoznany robotami górniczymi oraz otworami powierzchniowymi i dołowymi. W partii Az, w której zlokalizowano odwierty, stan rozpoznania złoża opiera się głównie na danych z robót górniczych i wierceń dołowych. Z otworów powierzchniowych istotne znaczenie – zwłaszcza dla rozpoznania pokładów 501-510 – mają dane tylko z dwóch wierceń z lat sześćdziesiątych XX w. (otwory We-25 i We-26). Ze względu na bardzo dobre rozpoznanie górnicze brak otworów powierzchniowych nie ma jednak większego znaczenia. Ponadto w trakcie eksploatacji pokładów z grupy 300 i 400 w latach 90. w tej części złoża wykonano szereg wierceń dołowych, mających na celu rozpoznanie pokładów węgla dolnej części serii mułowcowej i górnosłaskiej serii piaskowcowej. W związku z tym stan rozpoznania geologicznego rejonu odwiertów w zakresie budowy geologicznej, w tym: profilu litologicznego, tektoniki, warunków hydrogeologicznych, należy uznać jako dobry. Również jako dobry należy uznać stan rozpoznania parametrów złożowych dla pokładów węgla (miąższość, głębokość zalegania, jakość węgla).

Stan rozpoznania metanonośności pokładów węgla należy ocenić jako dość dobry dla tych pokładów, które były objęte eksploatacją lub robotami udostępniającymi. W partii Az z punktu widzenia lokalizacji dokumentowanych odwiertów znaczenie mają przede wszystkim pokłady 501 i 510, z których dość dobrze rozpoznany pod względem metanowym jest tylko pokład 501. Bliskie zaleganie pokładu 510 pozwala jednak z dużym prawdopodobieństwem oszacować metanonośność również i tego pokładu.

Bardzo słabo natomiast są rozpoznane parametry petrofizyczne pokładów węgla, które określają własności zbiornikowe węgla dla metanu, co w przypadku złóż kopalń GZW jest dość powszechną sytuacją. W złożu „Wesoła” jedyne badania w tym zakresie, to przedstawione wyżej badania wykonane w ramach przedsięwzięcia, którego częścią jest niniejsza dokumentacja. Pewnym odniesieniem mogą tu być też wyniki badań wykonane przez wspomnianą firmę Amoco Poland Ltd. która w połowie lat 90. XX w. odwierciła w rejonie niecki głównej 15 otworów w celu rozpoznania możliwości pozyskania metanu z pokładów węgla. W ramach wykonanych badań specjalistycznymi testami i zabiegami szczelinowania objęto łącznie 109 pokładów węgla, w tym również pokłady górnosłaskiej serii piaskowcowej. Siedem z tych otworów zlokalizowanych zostało na północnym skłonie niecki głównej. Najbliżej dokumentowanych odwiertów znajduje się otwór Amoco – Wygorzele 1 (ok. 5 km w kierunku południowym, tuż poza granicami złoża „Wesoła”).

3.2. Budowa geologiczna

Poniższa charakterystyka geologiczna obejmuje obszar złoża węgla kamiennego „Wesoła”, w którego centralnej części odwiercono dokumentowane odwierty badawcze. W charakterystyce tej szczegółowo uwzględniono część złoża w bezpośrednim sąsiedztwie otworów badawczych, określaną jako – partia Az (zachodnia część partii A, przylegająca do uskokuw Jakuba od zachodu i Książęcego od południa). Z kolei partia A jest położona w centralnej części złoża (w polu macierzystym), w skrzydle wiszącym uskoku Książęcego. Ogólny rys budowy geologicznej utworów karbonu rejonu złoża „Wesoła” prezentuje załącznik graficzny 4, natomiast w skali szczegółowej budowę strukturalną złoża w partii Az przedstawiają załączone mapy geologiczno-strukturalne (zał. graf. 6–7) oraz przekrój geologiczny (zał. graf. 8). Do opisu utworów karbonu węglonośnego zastosowano podział litostratygraficzny zgodny z aktualną Tabelą stratygraficzną Polski (Wagner red., 2008), tzw. podział Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG). Podział ten dla lądowej części utworów węglonośnych (bez serii paralicznej) jest odmienny od stosowanego w górnictwie podziału na tzw. grupy pokładów. Korelację obu podziałów przedstawia figura 8.

EPOKA	WIEK		JEDNOSTKI LITOSTRATYGRAFICZNE				
			Podział PIG			Podział na grupy pokładów	
PENSYLVAN	moskow	WESTFAL	D	KRAKOWSKA SERIA PIASKOWICOWA	warstwy libiąskie	warstwy libiąskie	p.110
					luka str. p.119	grupa pokładów 100	p.118
					warstwy łaziskie s.l.	warstwy łaziskie	p.201
					poziom zmiany facjalnej	grupa pokładów 200	p.215
							p.301
	baszkir	WESTFAL	A	SERIA MULOWICOWA	warstwy orzeskie s.s.	warstwy orzeskie	
					tufit p.327	grupa pokładów 300	
					warstwy załęskie		p.364
							p.401
					p. st. Hubert • • p.407	warstwy rudzkie	
MISSISSIP	serpuchow	NAMUR	B	GÓRNOŚLĄSKA SERIA PIASKOWICOWA	warstwy rudzkie s.s.	warstwy rudzkie	p.419
					p.501	grupa pokładów 400	p.501
					warstwy siodłowe		
					luka str. p.510	warstwy siodłowe	
					warstwy jejkowickie	grupa pokładów 500	
					poziom zmiany facjalnej		p.510
					luka str. p. m. Gaebler ☉		p.601
					warstwy grodzieckie*	warstwy porębskie	
					p. m. Barbara ☉ ☉	grupa pokładów 600	p.630
							p.701
			A	SERIA PARALICZNA	warstwy jakłowieckie	warstwy jakłowieckie	
					p. m. Enna ☉ ☉	grupa pokładów 700	p.723
					warstwy florowskie*	warstwy gruszowskie	
					łupek szliflerski p. m. Nanetta ☉	grupa pokładów 800	p.848
					warstwy sarnowskie*	warstwy pietrkowickie	
					p. m. Stur ☉	grupa pokładów 900	p.901

* - wg podziału Doktorowicza-Hrebnickiego (1935)

Fig. 8. Korelacja podziałów litostratygraficznych karbonu węglonośnego GZW

3.2.1. Stratygrafia i litologia

Złoże węgla kamiennego „Wesoła” jest położone w centralnej części GZW, na północnym skłonie niecki głównej. W budowie geologicznej do głębokości dokumentowania złoża (1230 m) występują utwory czwartorzędu, neogenu, triasu i karbonu. Utwory karbonu produktywnego w części północnej złoża (pole macierzyste) występują na ogół bezpośrednio pod czwartorzędem, a miejscami tworzą wychodnie na powierzchni terenu. W polu południowym (na południe od uskoku Książęcego) w nadkładzie karbonu występują również osady neogenu (miocenu) oraz triasu. Miąższość nadkładu karbonu na obszarze całego złoża jest zmienna i waha się w granicach od 0,1 m do 233,8 m.

Nadkład karbonu węglonośnego

Czwartorzęd

Występowanie utworów czwartorzędowych związane jest głównie z akumulacją wodno-lodowcową plejstocenu oraz podrzędnie – z działalnością wód powierzchniowych holocenu. Miąższość tych utworów jest zróżnicowana i waha się od kilkudziesięciu centymetrów w rejonie wychodni karbonu na powierzchnię terenu do ok. 60 metrów. Większe miąższości czwartorzędu notowane są w południowej części złoża (ok. 25–35 m), natomiast w części północnej na ogół nie przekraczają one kilku-kilkunastu metrów. W bezpośrednim sąsiedztwie odwiertów badawczych miąższość czwartorzędu wynosi ok. 20–25.

Utwory plejstocenu wykształcone są jako szare i żółtoszare gliny oraz piaski i żwiry fluwioglacjalne. Piaski są przeważnie drobno- i średnioziarniste. Gliny są na ogół silnie zapiaszczone, często z domieszką gładów i otoczków pochodzenia skandynawskiego (gliny denno-morenowe). Osady holocenu nie mają większego znaczenia. Są to głównie osady aluwialne współczesnej akumulacji rzecznej, wykształcone w postaci piasków oraz mułków.

Neogen

Neogen reprezentowany jest wyłącznie przez osady miocenu. Osady te występują głównie w południowej części obszaru złoża, na południe od uskoku Książęcego, oraz sporadycznie w części północnej. Miąższość miocenu jest zróżnicowana i waha się od 1,9 m (otwór We-23) do 216,2 m (otwór We-155). Największą miąższość osiągają w pobliżu uskoku Książęcego. Pod względem litologicznym są to iły i iłowce, często margliste, oraz piaski, piaskowce i zlepieńce (żwirowce). W rejonie dokumentowanych otworów utwory miocenu mają zróżnicowane znaczenie. W sąsiedztwie otworu Wesoła PIG-1 w ogóle nie

występują, pojawiają się natomiast w sąsiedztwie otworu Wesoła PIG-2H, gdzie mają miąższość rzędu kilkudziesięciu metrów.

Trias

Trias reprezentowany jest przez osady pstrego piaskowca i wapienia muszlowego. Utwory te występują w południowej części obszaru złoża „Wesoła”, na południe od uskoku Książęcego, w formie płatów zalegających na osadach karbońskich. Miąższość utworów triasowych waha się od 2,9 m (We-232) do 125,23 m (We-212); największe miąższości są notowane w południowo-wschodniej części złoża. Litologicznie utwory pstrego piaskowca są wykształcone jako osady piaszczysto-ilaste, które stanowią podłoże marglisto-dolomitycznych utworów retu. Wyżej leżące utwory wapienia muszlowego to głównie wapienie pelityczne i krynoidowe z wkładkami margli. W stosunku do dokumentowanych otworów utwory triasu występują w pobliżu lokalizacji otworu Wesoła PIG-2H, położonego w rejonie strefy uskoku Książęcego, ale zostały one nawiercone w osi wiercenia. Położony dalej na północ otwór Wesoła PIG-1 jest całkowicie położony poza zasięgiem utworów triasu.

Karbon węglonośny

Utwory karbonu węglonośnego w złożu „Wesoła” do reprezentowane są przez krakowską serię piaskowcową, serię mułowcową, górnośląską serię piaskowcową i stropową część serii paralicznej.

Krakowska seria piaskowcowa reprezentowana jest tylko przez dolną część warstw łaziskich. Osady tych warstw występują niemal wyłącznie w polu południowym (fragmentarycznie także we wschodniej części pola macierzystego, w rejonie uskoku Wanda). Stwierdzona miąższość warstw łaziskich waha się od około 85 m (We-9) do około 260 m (We-224). Generalnie miąższość tych warstw wzrasta w kierunku południowym, osiągając przy południowej granicy złoża wartość około 300 m.

Warstwy łaziskie wykształcone są w postaci grubych kompleksów piaskowcowo-zlepieńcowych z nielicznymi i przeważnie cienkimi wkładkami iłowców i mułowców, występującymi zazwyczaj w sąsiedztwie pokładów węgla (udokumentowano pokłady 215 oraz 216). Piaskowce są na ogół nieuławicone, grubo- i nierównoziarniste, średniozwięzłe, arkozowe o spoiwie ilastym. Pokład 215 o miąższości 1,50–4,30 m występuje w polu południowym w skrzydle zrzuconym uskoku Książęcego na głębokości 135–320 m. W tej

części złoża na głębokości około 215–385 m występuje też pokład 216 o miąższości 0,80–1,85 m. W obu pokładach występuje węgiel typu 31.2.

Seria mułowcowa (warstwy orzeskie s.s. i warstwy załeskie) występuje na całym obszarze złoża „Wesoła”. W części północnej jest to najmłodsza jednostka stratygraficzna karbonu i występuje bezpośrednio pod czwartorzędem. Seria (liczona do pokładu 405/2) osiąga miąższość ok. 700 m w północnej części złoża, ok. 900 m w części południowej i ok. 800 m w części południowo-wschodniej.

Litologicznie utwory serii mułowcowej wykształcone są w postaci naprzemianległych osadów mułowcowo-ilastych, często piaszczystych, z przewarstwieniami piaskowców i licznymi pokładami węgla. Piaskowce serii są na ogół drobnoziarniste, rzadziej średnioziarniste, a sporadycznie gruboziarniste i zlepieńcowate. Piaskowce o grubszej frakcji uziarnienia występują przede wszystkim w górnych partiach profilu serii (w warstwach orzeskich s.s.) nad pokładem 318 i częściowo nad pokładem 324. Spoiwo piaskowców jest przeważnie ilaste, rzadziej – ilasto-krzemionkowe lub krzemionkowe. Piaskowce o spoiwie ilastym cechują się mniejszą zwięzłością, dość dużą porowatością i wodoprzepuszczalnością, natomiast piaskowce o lepszemu krzemionkowym posiadają dużą zwięzłość. Miąższość warstw piaskowcowych waha się od kilkudziesięciu centymetrów do kilku, a nawet kilkunastu metrów. Udział piaskowców w profilu serii wynosi ok. 20–30% ogólnej miąższości serii. Grubsze, bardziej stałe warstwy piaskowców występują w północnej części obszaru złoża, przy czym zalegają one przede wszystkim nad pokładami 327, 334 i 349.

W serii mułowcowej udokumentowano 29 pokładów węgla. Pokłady tej serii są bardzo zmienne, na ogół o niedużej miąższości i dość trudne w identyfikacji. Najbardziej stałe pokłady to: 308, 318, 327, 334, 341, 349, 401, 404/1, 404/5 i 405/2.

Górnośląska seria piaskowcowa (warstwy rudzkie s.s. i siodłowe) wykazuje zróżnicowany charakter litologiczny. Stropowa część serii posiada podobne wykształcenie do nadległej serii mułowcowej. W dolnej części udział piaskowców jest większy, a w sąsiedztwie pokładu 418 pojawiają się znaczne odcinki piaskowca gruboziarnistego i zlepieńcowatego.

Miąższość serii (liczona od pokładu 405/2) w północnej części złoża waha się od ok. 140–180 m przy wschodniej granicy złoża do ok. 210–250 m przy granicy zachodniej. Dość analogiczny jest rozkład miąższości serii w części południowej (około 200–250 m), przy czym minimalne miąższości serii są tutaj większe niż w części północnej. Trzeba jednak

dodać, że w południowej części złoża seria jest stosunkowo słabo rozpoznana ze względu na dużą głębokość zalegania (spąg serii przekracza głębokość 1250 m, a nawet 1500 m).

W warstwach rudzkich s.s. występują pokłady węgla o miąższości do 2,8 m. Są to pokłady 407/1, 414, 416 i 418. Pokłady te są trudne do korelacji z racji dużych różnic w grubościach dzielących je ławic piaskowców, zmiennych miąższości i licznych wyklinowań.

W warstwach siodłowych występują dwa pokłady węgla – 501 i 510. Pokłady te, zwłaszcza p. 510, są bardzo charakterystyczne, cechują się znaczną miąższością i dużą stałością. Pokład 510 osiąga miąższość do 12,8 m (średnio 10,2 m). W części północnej zalega na głębokości od 730 m do 1050 m przy uskoku Książęcym, natomiast w części południowej na głębokościach przekraczających 1250–1500 m. Pokład 501 o grubości w granicach 1,70–4,45 m występuje do 17 m nad pokładem 510, w niektórych częściach złoża łączy się z pokładem 510 lub jest oddzielony ciekim przerostem o grubości do 1,0 m.

Seria paraliczna (warstwy porębskie) na obszarze złoża „Wesoła” jest bardzo słabo rozpoznana. Stropową część tej serii – warstwy porębskie – nawiercono jedynie w kilku otworach. Warstwy te wykształcone są przeważnie w postaci skał ilasto-mułowcowych z przewarstwieniami piaskowców i charakteryzują się małą węglonością. Udokumentowany został jeden pokład węgla – pokład 610 o grubości 0,80–1,20 m.

Pole macierzyste, partia A, część zachodnia (Az)

Warstwy orzeskie s.s. i załęskie w partii Az rozpoczynają profil karbonu węgloności. Osiągają miąższość około 600–700 m. Wykształcone są w postaci naprzemianległych skał ilasto-mułowcowych, często piaszczystych, z przewarstwieniami piaskowców i licznymi pokładami węgla. Piaskowce o grubszej frakcji występują głównie w górnych partiach warstw orzeskich s.s. oraz w stropowej części warstw załęskich nad pokładem 349. Miąższość ławic piaskowców waha się od kilku do kilkunastu metrów. Udział piaskowców w profilu jest nieduży (ok. 20–30% ogólnej miąższości). W rejonie partii Az eksploatowano pokłady: 318, 324, 327, 328, 329, 331, 334, 349, 401, 404/2, 404/5, 405/2.

Warstwy rudzkie s.s. w partii Az wykazują dość urozmaicony charakter litologiczny. W stropowej części przeważają mułowce i iłowce. W spągowej części serii wzrasta udział piaskowców. Miąższość warstw rudzkich s.s. wynosi ok. 150–180 m. W warstwach tych występują pokłady węgla o miąższości od 0,2 m do 2,8 m. Udokumentowano pokłady 407/1, 414, 416, 418, które w rejonie partii Az nie były eksploatowane.

Warstwy siodłowe wykształcone są jako dwa blisko zalegające siebie pokłady, rozdzielone przerostem łupku ilastego o zmiennej miąższości w granicach 0,15–1,00 m (lokalnie może być ona większa). Pokład 501 osiąga miąższość 3,4–4,0 m, mogą w nim występować przerosty łupku ilastego lub węglowego. Pokład 510 ma miąższość w granicach 9,5–10,8 m. W części wschodniej partii Az pokłady łączą się w jedną całość. Aktualnie prowadzona jest eksploatacja pokładu 501, który w partii Az zalega na głębokości od około 800 m w części północnej do 1050 m w części południowej, w rejonie uskoku Książęcego.

3.2.2. Tektonika

Złoże węgla kamiennego „Wesoła” podzielone jest strefą uskoku Książęcego na pole macierzyste (północne) i pole południowe (fig. 3) o odmiennej budowie strukturalnej.

Zaleganie warstw w polu południowym jest zmienne. W północnej części pola, równoległe do przebiegu uskoku Książęcego występują dwie niecki, które posiadają generalnie kierunek równoleżnikowy. Na południe od niecek warstwy wznoszą się pod zmiennym kątem wynoszącym od kilku do 23 stopni. Dalej na południe nachylenie warstw zmniejsza się do zalegania poziomego, a następnie warstwy zmieniają nachylenie na południe pod kątem około 5 stopni. Rozciągłość warstw zbliżona jest do równoleżnikowej. Pole południowe przecinane jest wieloma uskokami, z których najważniejsze to:

- uskoku Kostuchna – przedłużenie tego uskoku z pola macierzystego, stanowi zachodnią granicę złoża, przebieg generalnie N-S, zrzut ok. 60 m w kierunku zachodnim
- uskoku Leśny o przebiegu NW-SE i zrzucie 3–27 m w kierunku SW
- uskoku Stanisław o przebiegu NW-SE i zrzucie 23–50 m w kierunku SW
- uskoku Andrzej o przebiegu NW-SE i zrzucie 14–40 m w kierunku SW
- uskoku Zamoście o przebiegu N-S i zrzucie ok. 60 m w kierunku na W
- uskoku Ławecki – przedłużenie tego uskoku z pola macierzystego o kierunku NE-SW i zrzucie ok. 70 m na SE.

Skomplikowaną tektonikę stwierdzono robotami w pokładzie 308, w sąsiedztwie głównej dyslokacji złoża „Wesoła”, jaką jest uskoku Książęcy o zrzucie przekraczającym 400 m (maksymalnie) w kierunku południowym. Najbardziej na południe zbadany uskoku w części północno-zachodniej pola południowego przyjęto za początek strefy tej dyslokacji.

Pole macierzyste ze względu na wieloletnią eksploatację, praktycznie obejmującą prawie cały jego obszar, jest znacznie lepiej tektonicznie rozpoznane niż pole południowe.

Rozciągłość warstw w partii macierzystej jest zbliżona do równoleżnikowej, z lokalnymi odchyleniami w kierunku NW-SE. Warstwy zapadają monoklinalnie z północy na południe, z niewielkimi lokalnymi odchyleniami na SW. Nachylenie warstw wynosi 4-6°, lokalnie wzrasta do 12°. Najważniejsze uskoki w tej partii złoży to:

- uskok Mysłowicki – przebieg południkowy (pomiędzy kopalniami „Wieczorek” i „Mysłowice”), a następnie NNW-SSE; zrzut ok. 65 m
- uskok Wanda – przebieg południkowy, wschodnia granica złoży; zrzut ok. 220–250 m
- uskok Kostuchna – przebieg południkowy, zachodnia granica złoży; zrzut ok. 60 m
- uskok Jakub – granica pomiędzy partią A i B, przebieg zbliżony do południkowego, miejscami ma kierunek NW-SE; zrzut 30–100 m
- uskok Międzyzszybowy – równoleżnikowy, granica partii A i B; zrzut 10–40 m
- uskok Ławecki – w południowo-wschodniej części; przebieg NE-SW; zrzut 25–150 m
- uskok Luiza – przebieg NW-SE, granica pomiędzy partią A i B oraz A1 i D1; zrzut od 1,7 do 40,0 m

Partia A – część zachodnia (Az)

Zachodnia część partii A ograniczona jest z trzech stron uskokami. Od strony południowej partię Az ogranicza uskok Książęcy o zrzucie na południe, miejscami dzielący się na dwa uskoki. Sumaryczny zrzut uskoku w rejonie partii Az wynosi około 380–420 m. Część zachodnia i południowo-zachodnia partii ograniczona jest uskokiem Jakub o zrzucie około 30–70 m na zachód. Od północy partię ogranicza uskok Międzyzszybowy o zrzucie od około 10 m do około 35–40 m. W rejonie partii Az występuje jeszcze szereg mniejszych uskoków, szczególnie w części północnej i zachodniej. Mają one zrzuty w granicach 0,25–3,30 m. Generalnie, pomijając opisane uskoki graniczne, jest to część złoży charakteryzująca się stosunkowo słabym zaangażowaniem tektonicznym. Pokłady węgla w partii Az mają rozciągłość NW-SE i NWW-SEE, a ich upad wynosi 5–12 stopni.

Strukturę geologiczną utworów karbonu partii Az złoży Wesoła prezentuje opracowany dla potrzeb prac dokumentacyjnych model numeryczny 3D (fig. 9-11). Model ten utworzono na podstawie następujących map geologiczno-strukturalnych: powierzchni stropu karbonu oraz pokładów 318, 405/2, 501 i 510. Dla pełnego zobrazowania budowy geologicznej oprócz pokładów 501 i 510, w których zlokalizowane są otwory badawcze, uwzględniono również strop karbonu, pierwszy pod stropem karbonu eksploatowany pokład (318) oraz ostatni pokład eksploatowany w partii Az nad pokładami 501-510 – pokład 405/2.

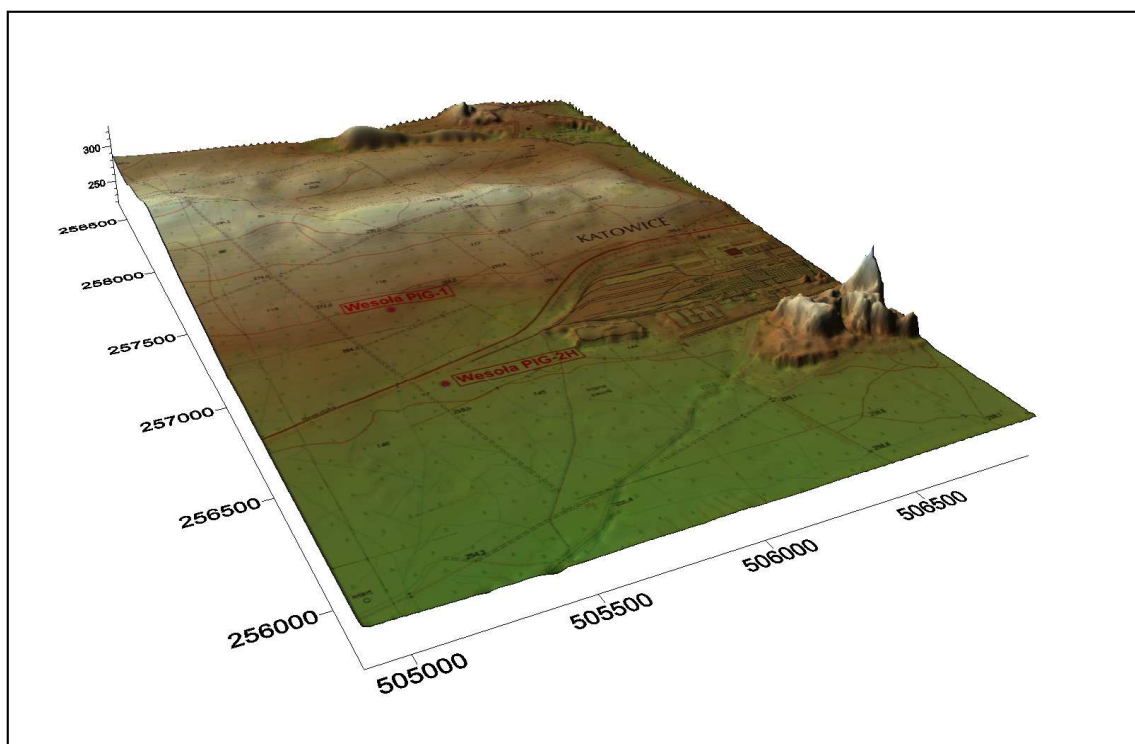


Fig. 9. Model numeryczny terenu regionu projektowanych wierceń (trzykrotnie przewyższony)

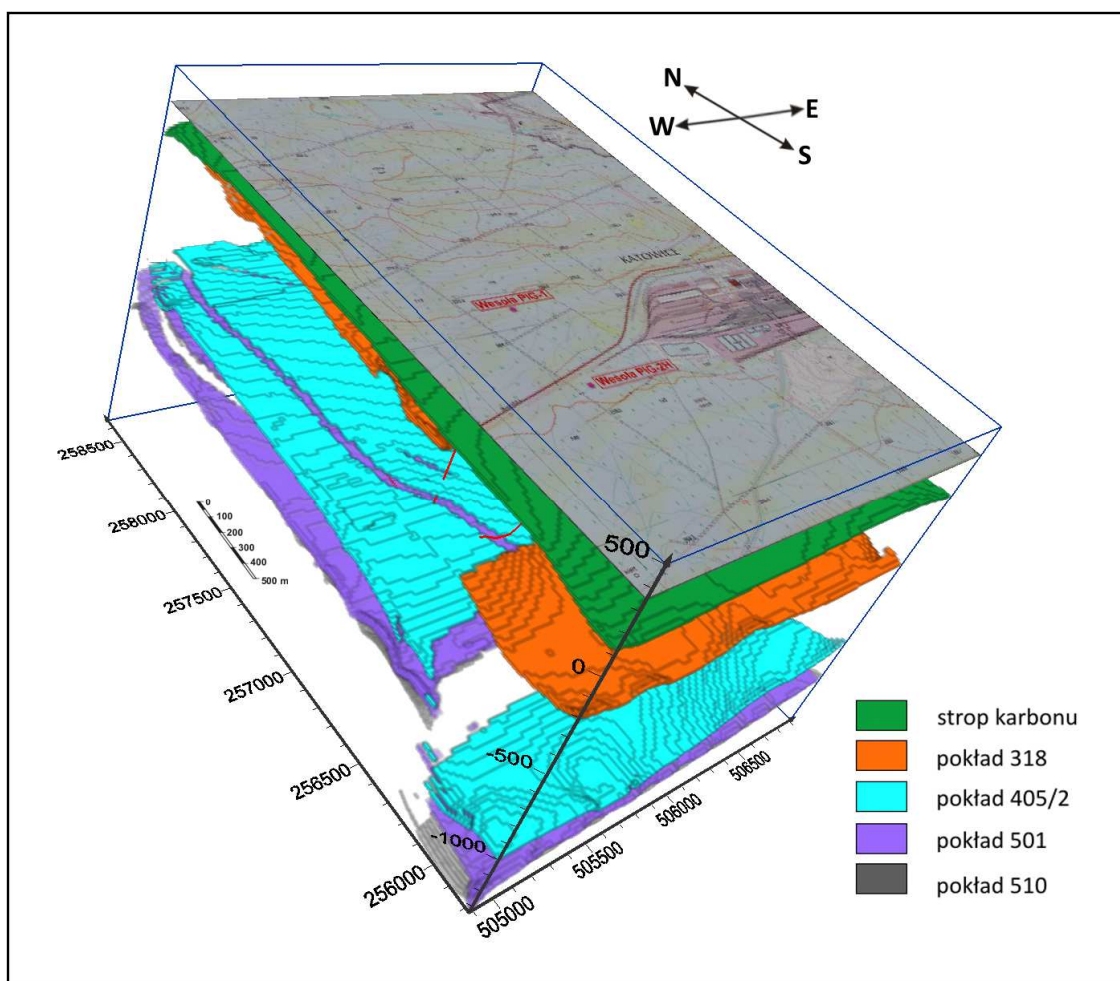


Fig. 10. Model numeryczny budowy geologicznej partii Az z osiami planowanych wierceń

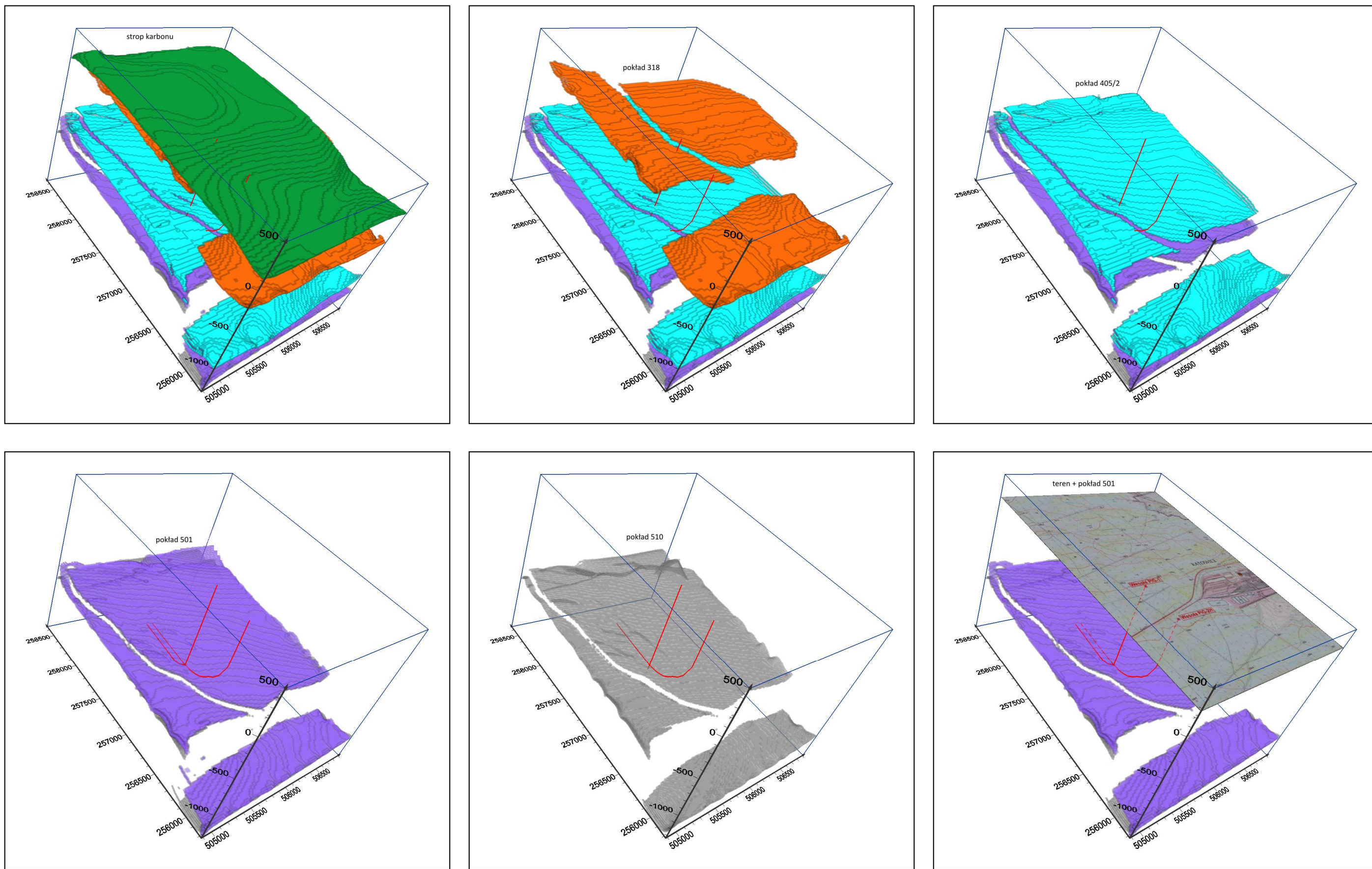


Fig. 11. Modele numeryczne w partii Az złoża „Wesoła”: stropu karbonu, pokładu 318, pokładu 405/2, pokładu 501 i pokładu 510, wraz z osiami planowanych wierceń Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-

3.3. Warunki hydrogeologiczne

Warunki hydrogeologiczne na obszarze złoża „Wesoła” są zdeterminowane przez: hydrografię terenu, charakter nadkładu karbonu, budowę geologiczną złoża oraz dotychczasową eksploatację górnictwem. Ze względu na różne wykształcenie litologiczne utworów budujących profil geologiczny, pochodzących z różnych okresów geologicznych, oraz zmiany facjalne w obrębie danego kompleksu stratygraficznego, utwory te charakteryzują się odmiennymi własnościami hydrogeologicznymi (Rózkowski, 1991).

3.3.1. Piętra wodonośne

Czwartorzędowe piętro wodonośne związane jest z piaskami i żwirami, stanowiąc generalnie jeden poziom wód gruntowych o swobodnym zwierciadle wody. Zwierciadło to występuje na głębokości od 0,4 m do 12,4 m. Zasilanie czwartorzędowego poziomu wodonośnego odbywa się w wyniku bezpośredniej infiltracji wód atmosferycznych oraz w mniejszym stopniu przez infiltrację wód pochodzących z cieków i zbiorników powierzchniowych. Wydajność poziomu czwartorzędowego, a także inne parametry hydrogeologiczne, nie były dotychczas badane. Jedynie w ramach badań geotechnicznych pod obiekty budowlane wykonywane były badania składu ziarnowego utworów piaszczystych czwartorzędu. Na tej podstawie obliczono współczynnik filtracji, który w rejonie dzielnicy Wesoła wynosi $k = 9,3 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (Górník, 2006; Wagner, Chmura, 1997).

Neogeńskie piętro wodonośne występuje w południowo-zachodniej części złoża i jest związane z przewarstwieniami drobnoziarnistych piasków i słabo scementowanych piaskowców pośród skał ilastych. Brak jest badań przeprowadzonych wyłącznie w piętrze neogeńskim, dlatego też trudno jest określić zawodnienie tych utworów. W otworze We-23 metodą geofizyczną określono jedynie mineralizację i temperaturę wody w warstwie piasku na głębokości 38,8–46,6 m. Na podstawie analogii do rejonów sąsiednich można stwierdzić, że utwory te są zawodnione, przy czym nie tworzą ciągłego poziomu wodonośnego, a lokalnie może występować kilka stref wodonośnych. W przypadku zalegania na piaskowcach karbońskich, tworzą z tymi poziomami jeden horyzont wodny.

Triasowe piętro wodonośne stanowi jeden poziom wodonośny o charakterze szczelinowym. W przypadku braku warstwy izolacyjnej tworzy poziom połączony

z wodonośnymi piaskowcami karbonu. Badania wydajności piętra triasowego wykonane w kilku otworach odwierconych z powierzchni wykazały, że waha się ona od 0,222 m³/h do 2,556 m³/h. W otworze We-23 określono geofizycznie porowatość wapienia marglistego występującego na głębokości 111,0–127,0 m. Wynosi ona 18,4% (Wagner, Chmura, 1997).

Karbońskie piętro wodonośne tworzy kilka kompleksów wodonośnych związanych z zaleganiem osadów gruboklastycznych (piaskowców i zlepieńców) krakowskiej serii piaskowcowej (warstw łaziskich), serii mułowcowej (warstw orzeskich s.s. i załęskich), górnośląskiej serii piaskowcowej (warstw rudzkich s.s. i siodłowych) oraz serii paralicznej (warstw porębskich), tworzących poziomy wzajemnie ze sobą połączone poprzez sieć szczelin uskokowych i spękań eksploatacyjnych (Wagner, Chmura, 1997).

I kompleks wodonośny karbonu obejmuje osady warstw łaziskich w południowej części złoża. Udział piaskowców i zlepieńców w tych warstwach jest bardzo wysoki i sięga 90%. Jak wykazały badania hydrogeologiczne w wielu otworach, a także roboty górnicze (przekop C-S poz. 320 m), jest to kompleks bardzo zasobny w wodę. Wydajność jego waha się od 0,756 m³/h do 12,48 m³/h, przy depresjach od kilku do 110 metrów. Współczynnik filtracji waha się w granicach od $9,25 \times 10^{-8}$ m/s do $1,987 \times 10^{-5}$ m/s. Współczynnik porowatości efektywnej oznaczony na próbkach pobranych z otworu We-23 waha się w granicach 15,60–16,40%, a współczynnik odsączalności od 0,0206 do 0,0351.

II kompleks wodonośny karbonu obejmuje utwory warstw orzeskich s.s. i załęskich, które występują na całym obszarze złoża. Udział piaskowców wynosi 20-30% ogólnej miąższości tych warstw. Według badań polowych przeprowadzonych w otworze We-23 piaskowce posiadają współczynniki filtracji od $1,86 \times 10^{-7}$ m/s do $3,73 \times 10^{-7}$ m/s, a średnia wydajność warstw wodonośnych dla ciśnień złożowych od 11,1 at do 80,6 at wynosi odpowiednio od 0,5 m³/h do 5,4 m³/h. W otworze We-29 odpowiednie parametry wynoszą od $1,79 \times 10^{-7}$ m/s do $3,84 \times 10^{-7}$ m/s, a średnia wydajność od 0,95 m³/h do 1,54 m³/h dla ciśnień złożowych odpowiednio 19,6 at i 40,5 at. Porowatość efektywna piaskowców w powyższych otworach waha się od 9,25% do 21,5%.

III kompleks wodonośny karbonu stanowią osady gruboklastyczne warstw rudzkich s.s. Według badań laboratoryjnych piaskowców warstw rudzkich s.s. z otworu We-23 posiadają one porowatość efektywną w granicach od 5,08% do 13,20%, a odsączalność w granicach od 0,0049 do 0,0098. Odpowiednio dane dla piaskowców z otworu We-29 wynoszą: porowatość efektywna od 7,2% do 10,2%, a odsączalność od 0,0050 do 0,0086.

IV kompleks wodonośny karbonu stanowią piaskowce warstw siodłowych. Średnia porowatość efektywna dla piaskowców tych warstw wynosi od 3,5% do 8,86%.

V kompleks wodonośny karbonu stanowią warstwy porębskie. Jest on słabo rozpoznany, nawiercono go jedynie w kilku otworach. Według badań laboratoryjnych odsączalność piaskowców tych warstw wynosi od 0,006 do 0,07.

Zasilanie warstw karbońskich na obszarze złoża „Wesoła” odbywa się na wychodniach przez przepuszczalne utwory czwartorzędu i triasu, jak również systemem spękań i szczelin uskokowych. Szczeliny i dyslokacje tektoniczne tworzą system połączeń pomiędzy poszczególnymi poziomami wodonośnymi. Wodonośne strefy dyslokacyjne stanowią uskoki: Książęcy, Wanda, Kostuchna i częściowo Jakub (do pokł. 331). Część uskoków posiada szczeliny wypełnione utworami ilastymi i nie prowadzi wody.

3.3.2. Chemizm wód i zawodnienie

W złożu „Wesoła” wody nadkładu karbonu (czwartorzędowe, mioceńskie i triasowe) są wodami słodkimi o niskiej mineralizacji rzędu 0,160–0,704 g/dm³, średnio twarde i twarde o twardości ogólnej 8,65–23,8 n° i pH od 5,5 do 8,15.

Charakterystykę wód karbońskich oparto na analizach wód pobranych na poszczególnych poziomach kopalni, a także na analizach wód pobranych w otworach LG-23 i LG-29. Chemizm oraz promieniotwórczość wód zbiorczych z wyrobisk na poszczególnych poziomach prezentuje tabela 13.

Tabela 13. Chemizm oraz promieniotwórczość wód dołowych w złożu „Wesoła” kopalni „Mysłowice-Wesoła”

Poziom	Chlorki [g/dm ³]	Siarczany [g/dm ³]	Substancje rozpuszczone [g/dm ³]	Twardość ogólna [n°]	pH	Stężenie radionuklidów 226 Ra [kBq/m ³]
230 m	0,031-0,389	0,053-0,448	0,755-1,260	2,99-27,18	6,8-8,3	0,013
320 m	0,017	0,542	1,510	14,35	8,6	brak pomiaru
465 m*	0,131-4,882	0,392-1,026	1,680-10,200	13,90-30,38	7,7-8,2	0,014-0,196
665 m	14,040-53,180	0,020-0,806	23,900-86,100	191,08-923,99	6,8-7,4	0,043-26,082
865 m	115,590	0,005	186,00	1926,0	6,6	0,032

* – Wyższe przedziały stężeń poszczególnych składników na poziomie 465 m odpowiadają wodom pochodzącym z wyrobisk w południowej partii złoża.

W otworach LG-23 i LG-29 wykonano analizy prób wody pobranych podczas badań hydrogeologicznych piaskowców serii mułowcowej (głębokości od 471,3 m do 834,3 m).

Wykazały one, że są to wody typu chlorkowo-sodowego o mineralizacji ogólnej od 11,14 g/dm³ do 160,0 g/dm³ i twardości ogólnej od 50,4 n° do 1743 n°. W otworach tych wykonano również badania geofizyczne, z których określono mineralizację wody w piaskowcach:

- krakowskiej serii piaskowcowej (warstwy łaziskie) – 1,2–4,5 g/dm³,
- serii mułowcowej (warstwy orzeskie s.s. i załęskie) – 15,0–140,0 g/dm³,
- górnośląskiej serii piaskowcowej (warstwy rudzkie s.s.) – 90,0–180,0 g/dm³.

Dopływy wód

KWK „Mysłowice-Wesoła” należy do kopalń zawodnionych o dopływie wg stanu na 31.12.2011 r. wynoszącym 14,78 m³/min. Dopływ jednostkowy wynosi 0,32 m³/min/km². Średni wskaźnik zawodnienia określony na podstawie dopływów i wydobycia w okresie ostatnich pięciu lat (2007–2011) wynosi 3,55 m³/t. Na wielkość dopływu naturalnego do kopalni składają się głównie wody dopływające ze starych zrobów wyrobisk eksploatacyjnych, w mniejszym stopniu z wyrobisk udostępniających i przygotowawczych oraz dopływy do szybów. Część północna obszaru górniczego charakteryzuje się większymi dopływami ze względu na znaczną część powierzchni wyeksploatowanego złoża. Dopływ z tej części wynosi 9,70 m³/min, co stanowi 66% całości dopływu wód do kopalni. Dopływ z części południowej obszaru wynosi 5,08 m³/min (34% całości dopływu). Najwyższe dopływy rejestrowane są na poziomach 230 i 465 m, najniższe na poziomie 865 m. Dopływająca woda do wyrobisk charakteryzuje się zróżnicowanym składem chemicznym, od wód klasy II A₁ o mineralizacji poniżej 1,0 g/dm³ do solanek klasy II B₁ o mineralizacji sięgającej 68,39 g/dm³.

W partii Az złoża „Wesoła”, w rejonie eksploatacji pokładu 501, dopływ wód jest stosunkowo niski i wynosi ok. 150 l/min. Brak jest danych odnośnie jakości wód w tej partii złoża. Dostępne dane pochodzą z wody zbiorczej z poziomu 665 m. Zawartość chlorków i siarczanów w tych wodach wynosi odpowiednio: Cl – 18054 mg/l, SO₄ – 109,9 mg/l. Należy sądzić, że chemizm wód pochodzących bezpośrednio z partii Az jest zbliżony.

3.4. Jakość oraz parametry petrofizyczne i petrograficzne węgla

Jakość węgla

Pokłady węgla kamiennego w złożu „Wesoła” wykazują dość znaczne zróżnicowanie pod względem jakości. Generalnie w złożu przeważają węgle energetyczne typu 31 i 32,

aczkolwiek ze względu na zmienne głębokości zalegania obserwuje się zmiany jakości węgla tych samych pokładów w poszczególnych partiach złoża. W ogólnym ujęciu dokumentowane pokłady klasyfikowane są następująco:

- typ 31.2 – pokłady: 215, 216, 301, 304, 308, 318 i 320
- typ 31.1-2 i 32.1-2 – pokłady: 321, 324, 327, 328, 329, 330, 331, 334, 341, 342, 346, 349, 350, 353 i 404/1
- typ 32.1-2 – pokłady: 332, 333, 407/1, 414, 416, 418, 501 i 510
- typ 33 i/lub 34.1-2 – pokłady: 364, 401/1, 401, 404/1, 404/5, 405/1, 405/2 i 610

(w tych pokładach występują też węgle niższego typu).

Największe zawartości popiołu występują w pokładach warstw łaziskich (p. 215 i 216) oraz w niektórych pokładach warstw orzeskich s.s. i załęskich (pokłady: 327, 328, 331, 332 i 350). Zawartość siarki całkowitej jest generalnie niska i mieści się w przedziale 0,3–1,3%, przy czym wartości powyżej 1% dotyczą pokładów: 215, 216, 318, 321, 324 i 330. Wartość opałowa najwyższe wartości osiąga w pokładach 501 i 510, gdzie średnio przekracza ona 30 000 KJ/kg, w pozostałych pokładach osiąga średnio od 21 900 do 29 900 KJ/kg.

Najkorzystniejszymi parametrami jakościowymi w całym złożu cechują się pokłady warstw siodłowych – pokład 501 i 510, które dodatkowo charakteryzują się znacznymi miąższościami i stałością zalegania. Podstawowe parametry jakościowe tych pokładów w złożu przedstawia tabela 14, a w partii Az – tabela 15.

Tabela 14. Podstawowe parametry jakości węgla pokładów 501 i 510

Pokład	Typ węgla	Średnia zawartość popiołu [%]	Średnia zawartość siarki całkowitej [%]	Średnia wartość opałowa [KJ/kg]
501	32.1 32.2	5,0	0,4	ponad 30 000
510	32.1	6,0	0,3	ponad 30 000

Tabela 15. Parametry jakości pokładów 501 i 510 w partii Az

Pokład	Wilgoć		Wartość opałowa Q_i^a stan analit. [KJ/kg]	Zawartość siarki całk. S_t^a stan analit. [%]	Ciężar objęt. stan analit. [g/cm ³]	Zawartość popiołu A^d stan suchy [%]	Zawartość części lotnych V^{daf} stan suchy bezpociolowy
	W_t^r stan rob. [%]	W^a stan analit. [%]					
Pokład 501	3,7	1,88	30 511	0,35	1,30	5,9	32,46
Pokład 510	3,4	1,42	30 919	0,36	1,31	5,0	31,47

Parametry petrofizyczne i petrograficzne węgla

Parametry petrofizyczne i petrograficzne węgla w rejonie otworów badawczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H można ocenić właściwie tylko na podstawie wspomnianych wcześniejszych badań wykonanych w ramach tego samego przedsięwzięcia, którego częścią jest niniejsza dokumentacja i wykonane otwory badawcze. Badania te wykonano na próbach pobranych ze ściany 514 w pokładzie 501 (Jelonek, 2013) oraz z rdzenia odwierconego w drugiej połowie stycznia 2013 r. wiercenia dołowego w pokładach 501-510 (otwór G-880/2013 – Dokumentacja..., 2013).

Parametry petrofizyczne

Zbiornicze wyniki podstawowych parametrów petrofizycznych, istotnych z punktu widzenia własności zbiornikowych węgla i możliwości dopływu metanu do otworów produkcyjnych parametrów, w tym kluczowego parametru – przepuszczalności, przedstawia tabela 16. Należy przy tym zaznaczyć, że z punktu wiarygodności uzyskanych wyników istotniejsze są te otrzymane z badań prób pobranych ze ściany eksploatacyjnej ze względu na duży rozmiar prób i możliwość ich zorientowania. Stąd w dalszej części szerzej zostaną omówione wyniki wykonane na próbach pobranych ze ścian.

Tabela 16. Zestawienie wyników badań parametrów petrofizycznych węgla pokładów 501-510, próby z rdzeni – otwór dołowy G/880/2013 oraz ze ściany 514

Parametr/Metoda	Dołowy G-880/2013 – pokłady 501-510			Ściana 514 – pokład 501		
	od – do	śr.	ilość prób	od – do	śr.	ilość prób
Przepuszczalność [mD]	0,001–1,680	0,28	9	0,001–0,382 (X)	0,08	17
	0,001–0,670	0,11	8	0,001–0,253 (Z)	0,06	11
Przepuszczalność szczelinowa [mD]	1,10–2,96	2,27	8	2,25–3,40	2,70	8
Porowatość szczelinowa [%]	1,78–4,81	3,68	8	3,66–5,53	4,39	8

Dla pobranych prób ze ściany 514 w pokładzie 501 wykonano podstawowe badania własności petrofizycznych węgla: gęstości, porowatości i przepuszczalności (tab. 17).

Tabela 17. Parametry petrofizyczne węgla z pokładu 501 (na podstawie prób ze ściany 514)

Numer i położenie próby (fig. 7)	Gęstość		Porowatość			Średnia kapilara [um]	Histereza [%]	Przepuszczalność		Wilgoć [%]		Popiół [%]		
	materiał. [g/cm ³]	objętoś. [g/cm ³]	całkowita [%]	efektywna [%]	dynamiczna [%]			pozioma [mD]	pionowa [mD]	W _t ^r stan roboczy.	W ^a stan analityczny	A ^a stan analit.	A ^r stan roboczy	A ^d stan suchy
I-1-a	1,64	1,40	16,91	32,63	2,67	0,07	16	0,001	0,045	2,37	1,28	9,12	9,02	9,24
I-1-b	1,30	1,08	25,15	16,55	3,49	0,03	13	<0,011	0,215	3,50	1,61	1,92	1,95	
I-1-c	1,36	1,27	7,58	4,09	3,08	0,05	2	0,001	0,001	3,33	1,49	1,94	1,90	1,97
I-2-b	1,48	1,39	0,77	6,35	5,32	0,02	26	0,369	br	3,09	1,49	1,82	1,79	1,85
I-3-a	1,36	1,08	31,80	20,83	5,78	0,04	7	0,062	br	2,70	1,38	8,74	8,62	8,86
I-3-b	1,32	1,12	21,84	15,24	3,99	0,02	18	0,040	0,001	3,07	1,37	1,79	1,76	1,81
I-3-c	1,36	1,03	35,57	23,67	3,35	0,05	5	0,043	<0,005	2,55	1,11	10,45	10,30	10,57
I-4-b	1,38	1,24	9,12	13,85	3,53	0,04	14	0,198	0,253	3,29	1,57	1,97	1,94	2,00
II-5-b	1,39	1,24	12,15	16,37	4,61	0,03	31	0,381	0,050	3,22	1,57	2,90	2,85	2,95
II-6-a	1,33	1,24	19,59	7,6	4,11	0,3	21	0,083	br	2,94	1,40	8,77	8,63	8,89
II-6-b	1,36	1,27	10,57	6,29	4,50	0,02	17	0,034	<0,004	3,78	1,66	3,63	3,55	
II-6-c	1,32	1,20	18,93	9,02	4,68	0,02	16	0,017	br	3,75	1,61	4,69	4,59	4,77
II-7-b	1,33	1,10	25,19	17,26	3,90	0,03	11	0,014	0,030	3,57	1,65	1,99	1,95	2,02
II-8-a	1,34	1,17	16,24	11,79	4,3	0,05	5	0,050	br	3,52	1,59	1,80	1,76	1,83
II-8-b	1,34	1,08	28,67	19,62	4,75	0,02	10	br	0,108	3,25	1,43	7,71	7,57	7,82
II-8-c	1,42	1,37	23,10	5,11	4,41	0,02	25	0,001	0,001	3,54	1,56	1,95	1,91	1,98
Średnia	1,38	1,21	18,95	14,14	4,15	0,05	14,81	0,09	0,08	3,22	1,49	4,45	4,38	4,75

br – brak oznaczenia (trudności z wycięciem rdzenia do badań)

Badania gęstości węgla wykazały gęstość materiałową (masa próby do jej objętości bez objętości gazu zawartego w porach próby) w granicach 1,30–1,64 g/cm³, średnio 1,38 g/cm³, natomiast gęstość objętościowa wyniosła 1,03–1,40 g/cm³, średnio 1,21 g/cm³.

Badania porowatości całkowitej i efektywnej wykazały bardzo znaczny rozrzut otrzymanych wyników. Z kolei wartości współczynnika porowatości dynamicznej (z uwzględnieniem poprawki na efekt brzegowy) były dla wszystkich badanych prób zbliżone. Łącznie wyniki badań porowatości kształtują się następująco:

- porowatość całkowita od 0,77% do 35,57%, średnio 18,95%
- porowatość efektywna od 4,09% do 32,63%, średnio 14,14%
- porowatość dynamiczna od 2,67 do 5,78%, średnio 4,15%.

Pomiary przepuszczalności wykazały przepuszczalność poziomą w granicach 0,001–0,381 mD, średnio 0,087 mD, natomiast przepuszczalność pionowa wyniosła 0,001–0,253 mD, średnio 0,066 mD. Otrzymane wyniki pomiarów przepuszczalności wskazują na skały:

- nieprzepuszczalne ($\leq 0,001$ mD),
- półprzepuszczalne (0,001–0,1 mD),
- słabo przepuszczalne (0,1– mD).

Dodatkowo dla pobranych prób wykonano również oznaczenia zawartości wilgoci i popiołu (tab. 17). Wyniki tych oznaczeń (wilgoć stan analityczny – średnio 1,49%, popiół stan suchy – średnio 4,75%) są zbliżone do danych z analiz kopalnianych (tab. 15).

Porowatość i przepuszczalność szczelinowa. Badania mikroszczelinowatości wykonano na płytkach cienkich (oznaczenia szczelin o rozwartościach poniżej 0,1 mm) oraz zglądach ze specjalnie przyciętych sześcianów o długości krawędzi 4 cm (oznaczenia szczelin o rozwartościach większych od 0,1 mm). Badania te przeprowadzono dla 8 prób pobranych ze środkowej części pokładu 501. Na wykonanych zglądach szczeliny o rozwartościach większych niż 0,1 mm zaobserwowano tylko dla jednej próby, dla której pomierzona porowatość szczelinowa wynosi 0,12%, a przepuszczalność szczelinowa – 5,53 mD. Na płytkach cienkich szczeliny o rozwartościach poniżej 0,1 mm stwierdzono dla wszystkich prób; średnia wartość porowatości szczelinowej wynosi 4,39%, a przepuszczalności szczelinowej – 2,70 mD (tab. 18). W wyniku przeprowadzonych obserwacji mikroskopowych stwierdzono, że badane skały pocięte są dwoma systemami mikrospeków:

- system mikroszczelin o rozwartości 0,01–0,12 mm
- system mikroszczelin o rozwartości 0,001–0,07 mm.

Część mikroszczelin przebiega wzdłuż wkładek mułowcowo-ilastych i czasem występują w nich drobne ziarna mineralne. Większość mikroszczelin ma przebieg bezładny i prawdopodobnie są związane z granicami kontaktów różnych macerałów. Często obserwuje się rozwój wtórnej porowatości wzdłuż mikroszczelin w formie licznych mikroporów rozwiniętych wzdłuż całej mikroszczeliny lub też pojedynczych porów.

Tabela 18. Wyniki badań mikroszczelinowatości pokładu 501 (na podstawie prób ze ściany 514)

Numer i położenie próby (fig. 7)	Wskaźnik objętości szczelin [1/cm]	Porowatość szczelinowa [%]	Przepuszczalność szczelinowa [mD]
I-1-b	12.78	4.88	3.01
I-2-b	10.16	3.88	2.39
I-3-b	9.61	3.67	2.26
I-4-b	10.13	3.87	2.38
II-5-b	11.21	4.29	2.64
II-6-b	9.58	3.66	2.25
II-7-b	14.04	5.37	3.30
II-8-b	14.47	5.53	3.40
Średnia	11.50	4.39	2.70

Wykonane badania ogólnie wskazują, że parametry zeszczelinowania analizowanych węgla poprawiają ich właściwości filtracyjne i zbiornikowe. W stosunku do parametrów przestrzeni porowej (zbiornikowej) są to jednak parametry o charakterze dodatkowym, mające znaczenie przede wszystkim dla określenia zdolności filtracyjnych.

Przepuszczalność in-situ. Z podanych wyżej parametrów petrofizycznych kluczowym parametrem złożowym, decydującym o dopływie gazu z węgla jako skały zbiornikowej jest przepuszczalność. Trzeba przy tym zaznaczyć, że laboratoryjne pomiary przepuszczalności dają pewien pogląd, ale nie odzwierciedlają rzeczywistej wielkości tego parametru z uwagi na pomiar w warunkach odprężonych oraz niejednorodność pokładów węgla. Tylko pomiary *in-situ* wykonywane w otworach mogą dać wyniki zbliżone do rzeczywistej przepuszczalności pokładu. Na obszarze GZW wiarygodne badania przepuszczalności *in-situ* wykonała firma Amoco. Wyniki tych badań pośrednio zostały zasygnalizowane w artykule autorstwa: McCants, Spafford, Stevens (2001), w którym podane są wartości rzędu 1–3 mD. Podobny wynik 1–2 mD uzyskała firma Metanel S.A. podczas badania przepuszczalności *in-situ* pokładu 510 w otworze MS-1 w Kaniowie w południowej części GZW.

Do parametrów petrofizycznych węgla określających jego własności zbiornikowe należy zaliczyć również pojemność sorpcyjną (miara zdolności węgla do gromadzenia gazu w wyniku procesów adsorpcji i absorpcji w danych warunkach ciśnieniach). Dla metanu w warunkach ciśnień złożowych mniejszych od ok. 200 atm dominującym procesem jest adsorpcja w mikroporach i submikroporach matrycy węglowej. Pojemność adsorpcyjna

charakteryzowana jest przy pomocy izoterm sorpcji. Takie badania wykonano dla 2 prób węgla z otworu dołowego z pokładu 501 i z pokładu 510, dla których pojemność sorpcyjna wyniosła 11,08 i 13,55 m³/t csw, przy nasyceniu 21 i 46%.

Badania sorpcji metanu z węgla w warunkach ciśnienia i temperatury złożowej oraz wilgoci nasycenia (*equilibrium moisture*) wykonano dla otworów firmy Amoco. Wyniki tych badań, zwłaszcza z północnej części obszaru byłej koncesji Amoco, w przybliżeniu można odnieść do rejonu projektowanych wierceń. Tego rodzaju ekstrapolację oprócz stosunkowo niewielkiej – w skali zagłębia – odległości, umożliwia również zbliżony układ stratygraficzny utworów karbonu. Z punktu widzenia celów niniejszego Projektu interesujące są przede wszystkim wyniki uzyskane dla pokładów górnśląskiej serii piaskowcowej (tab. 19).

Tabela 19. Pojemność sorpcyjna i stopień uwęglenia węgla pokładów 405 i 510 w otworach Amoco

Interwał stratygraficzny	Ilość prób (izoterm sorpcji)	Głębokość pokładów [m]		Pojemność sorpcyjna [m ³ /t csw]			Refleksyjność witrynu [%]		
		min.	maks.	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia
Pokład 405	5	1109	1732	11,4	16,8	14,7	0,84	1,12	0,94
Pokład 510	7	1347	2210	11,4	15,7	14,1	1,03	1,55	1,26

Parametry petrograficzne

Pomiary refleksyjności witrynu dostarczyły danych na temat wartości średniej odbicia światła od powierzchni kolotelinitu i odchylenia standardowego, które wykazały pewną zmienność w poszczególnych próbkach. Dla każdej z próbek wykonano reflektogram. Najniższa wartość refleksyjności wynosi 0,79%, a najwyższa 0,91%. Średnia refleksyjność badanych węgli to 0,85% przy odchyleniu standardowym równym 0,0469 (tab. 20). Na podstawie pomiarów refleksyjności witrynu według klasyfikacji międzynarodowej ECE-UN (2002) jest to węgiel ortho-bitumiczny w przedziale C.

Zawartość poszczególnych macerałów w świetle białym wykazała, że w profilu pokładu mają przewagę macerały z grupy inertynitu (37,2–66,6%), przy średniej wartości 55,0%. Następną liczną grupą jest witrinit (13,8–40,6%), przy średniej 28,3%. Udział macerałów grupy liptynitu waha się w granicach od 0,8% do 32,2%, a wartość średnia jest równa 12,8%. Materia mineralna zawiera się w przedziale od 0,2% do 13,4%, przy wartości średniej 3,7% (tab. 20). Na podstawie obserwacji mikroskopowych pod kątem mikrolitotypów w analizowanym pokładzie 501 dominują: trimaceryty (klaroduryt o cechach inertnych i duroklaryt) oraz duryt i inertyt.

Tabela. 20. Parametry petrograficzne węgla z pokładu 501 (na podstawie prób ze ściany 514)

Nr próbki	Refleksyjność wityrytu				T	Ct	Cd	Vd	Cg	G	Σ=V	Sp	Ms	Sm	Cu	Re	Ld	Ex	Σ=L	F	Sf	Ma	Mi	Fu	Sk	Id	Σ=I	I	W	Kr	Σ=MM	Inne
	Rr [%]	min [%]	max [%]	σ	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
I-1-a	0,8210	0,7525	0,9400	0,0399	1,4	16,2	18,8	3,4	-	0,8	40,6	6,2	0,4	-	-	-	1,4	-	0,8	5,0	9,6	1,0	16,4	-	-	16,0	48,0	3,0	0,2	-	3,2	0,2
I-1-b	0,8167	0,7061	0,9486	0,0559	1,2	1,2	12,2	4,4	0,4	1,4	20,8	11,0	1,2	-	-	-	0,8	-	13,0	2,4	24,4	2,2	9,6	0,2	-	26,2	65,0	-	1,0	-	1,0	0,2
I-1-c	0,8022	0,7132	0,8938	0,0449	1,4	2,4	10,6	3,4	0,6	1,0	19,4	11,6	0,8	-	-	-	1,0	-	13,4	2,2	20,8	4,6	14,4	2,2	0,8	21,6	66,6	0,2	0,2	0,2	0,6	-
I-2-b	0,8657	0,7603	0,9782	0,0420	-	1,0	10,2	1,6	0,4	0,6	13,8	18,6	1,0	-	-	-	1,6	-	21,2	2,4	21,0	1,2	11,8	0,4	0,2	27,4	64,4	-	0,2	0,4	0,6	-
I-3-a	0,8406	0,7064	0,9687	0,0569	0,6	14,2	19,6	0,8	0,8	1,2	37,2	7,0	1,0	-	-	-	0,8	-	8,8	4,8	10,4	2,4	14,4	-	0,4	14,0	46,4	-	5,4	2,2	7,6	-
I-3-b	0,8716	0,7747	0,9807	0,0485	0,6	5,4	12,4	1,4	0,6	1,0	21,4	10,8	0,8	0,2	-	-	2,0	0,2	14,0	4,0	18,8	1,6	18,6	2,0	0,2	18,6	63,8	-	0,8	-	0,8	-
I-3-c	0,9126	0,8161	1,025	0,0477	1,2	7,8	13,4	1,6	-	-	24,0	7,8	0,6	-	-	-	1,6	-	10,0	5,6	17,2	1,4	7,0	0,4	0,6	20,4	52,6	-	12,4	1,0	13,4	-
I-4-b	0,8353	0,7243	0,9219	0,0384	0,2	6,6	19,0	-	0,4	0,4	26,6	9,0	1,0	-	-	-	0,6	-	10,6	6,2	16,6	3,2	13,4	2,2	-	21,0	62,6	-	0,2	-	0,2	-
II-5-b	0,8815	0,8008	0,9606	0,0465	-	7,6	16,2	2,2	0,2	0,8	27,0	11,0	1,0	-	0,2	0,2	1,4	-	13,8	3,8	15,6	1,8	12,6	1,0	0,6	21,6	57,0	-	0,4	1,6	2,0	2,0
II-6-a	0,8683	0,7618	0,9733	0,0504	1,6	9,6	16,2	1,0	2,6	1,0	32,0	6,2	0,2	-	0,4	0,4	1,4	-	8,6	7,6	10,0	3,2	13,8	3,0	-	11,4	49,0	-	9,0	1,4	10,4	-
II-6-b	0,8875	0,7607	0,9992	0,0578	1,8	10,0	13,6	1,4	1,4	1,0	29,2	7,6	1,0	0,2	-	-	2,8	-	11,6	4,0	17,8	1,4	7,0	3,6	0,8	19,0	53,6	-	4,8	0,8	5,6	-
II-6-c	0,8455	0,7347	0,9795	0,0553	2,6	12,8	14,6	0,4	0,2	1,4	32,0	8,2	0,6	-	-	-	2,0	-	10,8	2,8	14,6	1,0	8,0	4,8	1,4	22,8	55,4	-	1,4	0,4	1,8	-
II-7-b	0,8299	0,7553	0,9832	0,0493	-	5,0	24,8	0,8	0,6	0,2	31,4	26,4	2,4	-	-	0,2	1,2	-	30,2	1,6	-	1,4	12,0	3,6	-	18,6	37,2	-	0,4	0,8	1,2	-
II-8-a	0,8831	0,7610	1,0279	0,0552	2,4	6,4	23,2	0,6	1,4	0,2	34,2	7,6	1,4	0,4	0,2	-	1,6	-	11,2	4,8	17,2	2,2	8,4	2,2	1,4	17,0	53,2	-	1,4	-	1,4	-
II-8-b	0,8246	0,7007	0,917	0,0442	0,4	6,4	19,2	1,8	0,8	1,0	29,6	7,0	0,6	-	-	-	3,2	-	10,8	4,0	15,4	1,4	10,4	4,4	1,0	20,2	56,8	-	2,8	-	2,8	-
II-8-c	0,7903	0,7081	0,8894	0,0483	-	10,2	21,0	1,4	1,0	0,2	33,8	7,2	0,4	-	0,4	0,4	2,8	-	11,2	3,0	22,8	3,0	8,2	1,4	-	15,8	54,2	-	0,8	-	0,8	-

R_r – pomiar średniej refleksyjności

σ – odchylenie standardowe

Σ=V – suma macerałów z grupy wityrytu, **T** – telinit, **Ct** – koloteltelinit, **Cd** – kolodetrynit, **Vd** – wirodetrynit, **Cg** – korpożelinit, **G** – żelinit

Σ=L – suma macerałów z grupy liptynytu, **Sp** – mikrospotynit, **Ms** – makrospory nit, **Sm** – sporangium, **Cu** – kutynit, **Re** – rezynit, **Ld** – liptodetrynit, **Ex** – eksudatynit

Σ=I – suma macerałów z grupy inertynytu, **F** – fuzynit, **Sf** – semifuzynit, **Ma** – mikrynit, **Mi** – mikrynit, **Fu** – funginit, **Sk** – sekretynit, **Id** – inertodetrynit,

I – minerały ilaste, **W** – węglany, **Kr** – kwarc

3.5. Warunki metanowe

Złoże węgla kamiennego „Wesoła” jest położone w centralnej części GZW na pograniczu z północną częścią zagłębia. Położenie to ma istotny wpływ na warunki metanowe zalegających w złożu pokładów węgla. Brak szczelnej pokrywy utworów nadkładu powoduje, że pokłady węgla występujące w stropowej części karbonu zostały odgazowane (odmetanowane). Pionowa zmienność metanonośności pokładów węgla na tym obszarze opisywana jest „modelem północnym” (Kotas red., 1994) – fig. 12.

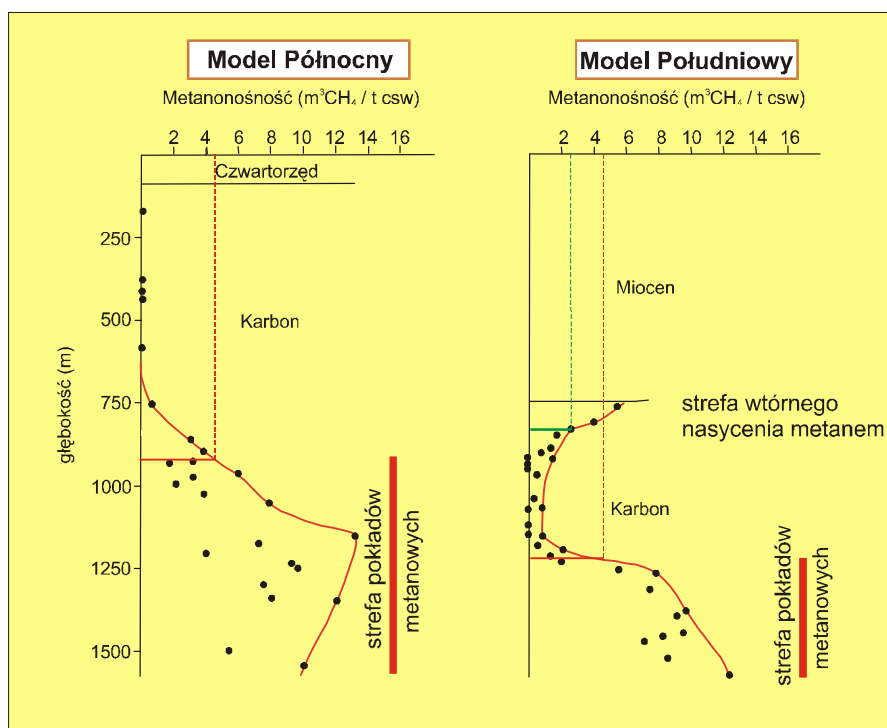


Fig. 12. Model metanonośności pokładów węgla w GZW (Kotas red., 1994)

Głębokość zalegania strefy odgazowanych pokładów węgla jest silnie zmienna i zależy od litologii osadów karbonu. W złożu „Wesoła” zasadnicze znaczenie ma położenie uskoku Książęcego o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego, który dzieli złoże na dwie części – pole macierzyste i pole południowe – wykazujące istotne różnice w profilu geologicznym utworów karbonu. Strop strefy pokładów metanowych (o metanonośności $> 2.5 \text{ m}^3/\text{t csw}$) w części północnej złoża, w skrzydle wiszącym uskoku Książęcego, zalega na głębokościach rzędu 400–650 m, natomiast w skrzydle zrzuconym, w części południowej na głębokościach rzędu 650–1000 m. Z uwagi na różną głębokość odmetanowania górotworu oraz różny stopień rozpoznania złoża, opis metanonośności pokładów węgla sporządzono osobno dla poszczególnych pól i partii złoża (fig. 3).

Pole macierzyste

Partia A + A₁. W tej partii złoża pokłady niemietanowe występują do głębokości około 500–600 m, przy czym przejście od pokładów niemietanowych do silnie metanowych ($4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw – III kat. ZM) następuje na odcinku około 50–60 m. Dokumentowane otwory badawcze odwiercono w zachodniej części tej partii (partia Az). Rozkład metanonośności eksploatowanych pokładów węgla w partii Az przedstawia fig. 13.

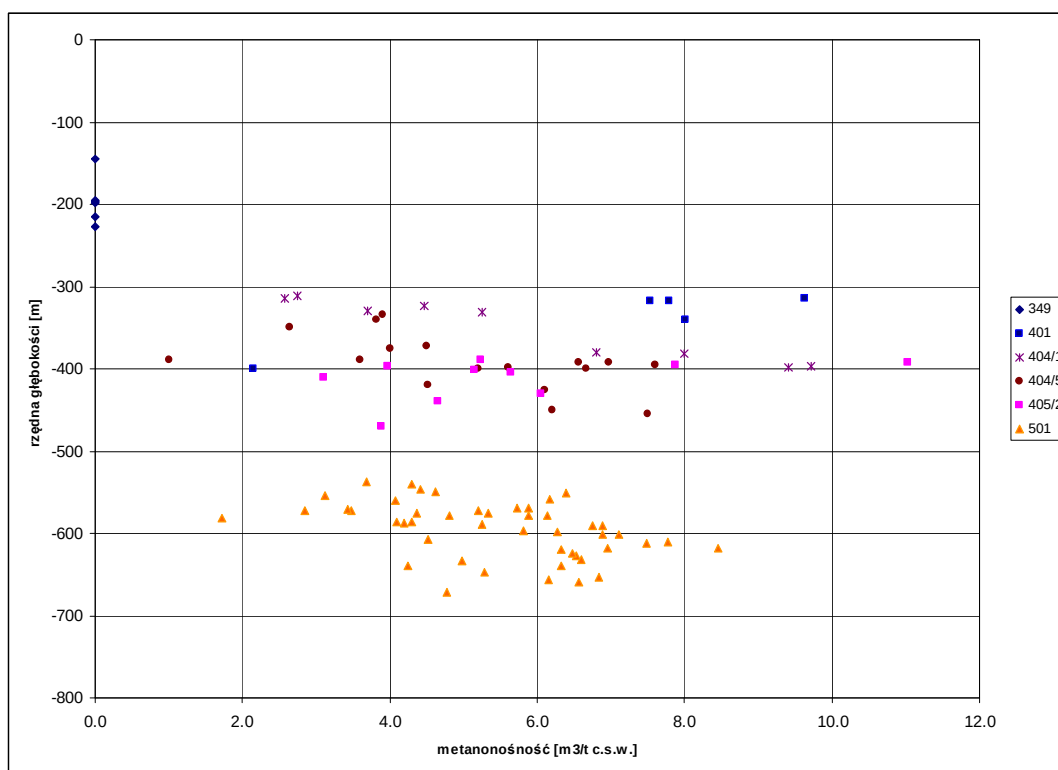


Fig. 13. Rozkład metanonośności eksploatowanych pokładów węgla w partii Az

Partia B. W tej partii złoża pokłady grupy 300 są w całości niemietanowe, natomiast pokłady grupy 400 i 500 zalegające poniżej poziomu 465 m są w całości metanowe. Do głębokości poziomu 665 m przeważają węgle o metanonośności mniejszej od $4,5 \text{ m}^3/\text{t}$ csw. Poniżej tego poziomu metanonośność pokładów węgla wzrasta i niejednokrotnie (zwłaszcza w pokładach grupy 500) osiąga wartości IV kat. ZM (powyżej $8,0 \text{ m}^3/\text{t}$ csw).

Partia C. Jest to skrajnie zachodnia część pola macierzystego (na zachód od uskoku Jakuba). Pokłady węgla grupy 300, zalegające na poziomach 465 i 665 m, są niemietanowe lub co najwyżej zostały zaliczone do I, sporadycznie II kat. ZM. Pokłady starsze (grupa pokładów 400 i 500) oraz pokłady grupy 300 występujące na poziomie 865 m w całości zostały zaliczone do pokładów silnie metanowych (III kat. ZM) bądź bardzo silnie metanowych (IV kat. ZM).

Partia D + D₁ położona jest we wschodniej części pola macierzystego. Pokłady grupy 300 eksploatowane na poziomach 465 i 665 m są niemetanowe. Niemetanowe lub słabo metanowe (I kat. ZM – metanonośność < 2,5 m³/t csw) są również pokłady grupy 400 eksploatowane z poziomu 465 m. Silnie metanowe pokłady węgla o metanonośności 4,5 m³/t csw występują w spągu poziomu 665 m (pokłady warstw rudzkich s.s. i siodłowych).

Pole południowe (Partia S), w południowej części złoża (w skrzydle zrzuconym uskoku Książęcego), została rozpoznana głównie otworami wiertniczymi (otwory Lenin 1–8 oraz otwory Lędziny Głęboka: 1, 19, 22, 23, 24, 25 i 29) – fig. 3. Rozpoznanie warunków metanowych sięga głębokości 1370 m i spągu utworów górnośląskiej serii piaskowcowej (pokład 510). Strop strefy pokładów silnie metanowych (strop III kat. ZM – metanonośność powyżej 4,5 m³/t csw) występuje na głębokości około 700–1100 m. Eksploatowane pokłady węgla grupy 300 zostały zaliczone do pokładów niemetanowych.

Metanowość kopalni „Mysłowice-Wesoła” w złożu „Wesoła”

Kopalnia „Wesoła” do 1958 roku prowadziła eksploatację pokładów grupy 300 (do pokładu 334) z poziomu 320 m w warunkach braku zagrożeń gazowych (pokłady niemetanowe). Również eksploatacja późniejsza prowadzona w północnej części złoża, do poziomu 465 m w pokładach od 349 do 401, była prowadzona w warunkach braku istotnych zagrożeń gazowych. Maksymalne stwierdzone metanonośności eksploatowanych pokładów węgla nie przekraczały wartości granicznej dla II kat. ZM (2,5 m³/t csw). Pierwsze badania gazowe na obszarze złoża, w których stwierdzono występowanie pokładów silnie metanowych wykonano w partii „macierzystej” złoża w trakcie głębiania szybów Piotr, Karol i Wacław w latach 1962–1966.

W 1969 r. udostępniono poziom 665 m, w którym stwierdzono silnie metanowe pokłady grupy 400 (III i IV kat. ZM). Eksploatację pierwszego pokładu węgla (p. 401) z poziomu 665 m rozpoczęto w 1973 r. Od tego czasu kopalnia prowadzi rejestrację emisji metanu, a od 1975 r. (rozruch stacji odmetanowania) również rejestrację ilości pozyskiwanego i wykorzystanego metanu. Uruchomiony system odmetanowania obejmował pokłady 401 i 404/1 eksploatowane z poziomu 665 m.

Kopalnia posiada udokumentowane zasoby metanu jako kopaliny towarzyszącej. Wydobywalne zasoby bilansowe MPW (stan na 31.12.2014 r.) w złożu „Wesoła” wynoszą 1 505,98 mln m³, natomiast zasoby przemysłowe 187,26 mln m³.

4. Przebieg i zakres prac

4.1. Wybór lokalizacji oraz technologii wierceń

Lokalizacja projektowanych odwiertów została wybrana na drodze wieloetapowej, złożonej analizy, której celem była optymalna realizacja całości strategicznych założeń przedsięwzięcia, w połączeniu z możliwościami o charakterze logistycznym. Założenia strategiczne przedsięwzięcia definiowały zbadanie możliwości przedeksplatacyjnego odmetanowania kopaliń w połączeniu z odzyskiem metanu, przy zastosowaniu odwierconych z powierzchni wierceń kierunkowych. Z kolei podstawowym warunkiem o charakterze logistycznym był taki wybór lokalizacji w stosunku do projektowanych robót górniczych, aby po zakończeniu eksperymentu (odwierceniu otworów i przeprowadzeniu testów produkcyjnych) można było rozpocząć eksploatację pokładu węgla, w którym wcześniej usytuowano wiercenia horyzontalne, a tym samym fizycznie sprawdzić wynik eksperymentu i potencjalny spadek metanonośności pokładu.

Mając na względzie spełnienie powyższych założeń, do przeprowadzenia szczegółowej analizy złóż kopaliń metanowych został opracowany zestaw kryteriów geologicznych, górniczych i środowiskowych, które stanowiły podstawę wyboru złoża, kopalni oraz pokładów węgla dla wykonania eksperymentu badawczego i odwiercenia otworów w celu przedeksplatacyjnego ujęcia metanu (tab. 21).

Tabela 21. Podstawowe kryteria lokalizacji kierunkowych otworów wiertniczych dla przedeksplatacyjnego metanu z pokładów węgla

L.p.	Kryteria geologiczne	Kryteria górnicze	Kryteria środowiskowe
1.	głębokość zalegania wyznaczonych pokładów węgla do odmetanowania: do 1000–1200 m.	pokłady przewidziane do eksploatacji nie wcześniej niż 3–5 lat od rozpoczęcia przedeksplatacyjnego ujęcia metanu	niski stopień zurbanizowania terenu
2.	metanonośność pokładów: minimalna 4,5 m ³ /t csw, optymalnie nie mniej niż 7–8 m ³ /t csw	dogodny rozkład projektowanych ścian eksploatacyjnych, umożliwiający wiercenia kierunkowe	brak chronionych obszarów przyrodniczych
3.	miąższość pokładów: minimalna 2,0 m, optymalnie nie mniej 3–4 m	odległość osi wierceń kierunkowych od wyrobisk górniczych: minimum 100–150 m	odległość otworów od zabudowań mieszkalnych: nie mniejsza niż 300 m, optymalnie co najmniej 800 m
4.	pokłady o stałej miąższości, leżące monoklinalnie (niesfałdowane), bez przerostów, rozszczepień oraz rozmyć	brak wyrobisk górniczych i zrobów poeksploatacyjnych w osi wierceń	obecność utwardzonych dróg dojazdowych
5.	słabe zaangażowanie tektoniczne, pokłady bez uskoków (ewentualnie do 0,5 m); nachylenie pokładów w kierunku otworu produkcyjnego	możliwość wykonania do pokładów w rejonie planowanych wierceń kontrolnych otworów z dostępnych wyrobisk górniczych	powierzchnia obszaru pod zabudowę jednego placu wiertni: ok. 1 ha
6.	brak zawodnionych warstw w stropie i spagu pokładów	możliwość opróbowania danych pokładów w innych rejonach kopalni	możliwość utylizacji wód złożowych

Kierując się wyznaczonymi kryteriami wykonano przegląd wszystkich 33 eksploatowanych złóż węgla kamiennego z pokładami metanowymi wraz z analizą planów eksploatacyjnych poszczególnych kopalń na lata 2014–2018. Celem tej części prac był wariantowy wybór optymalnych lokalizacji otworu badawczego oraz wyznaczenie pokładów węgla do odmetanowania. Do dalszych szczegółowych badań wybrano złoża kopalń „Knurów-Szczygłowice” Ruch Szczygłowice, „Sośnica-Makoszowy” Ruch Sośnica, „Budryk” i „Mysłowice-Wesoła” (fig. 14). Prace te prowadzono zarówno w aspektach geologiczno-górnictwowych (analiza stanu górotworu, rozmieszczenia wyrobisk i zrobów, występujące zagrożenia etc.), jak i warunków środowiskowych w miejscach potencjalnych lokalizacji otworu badawczego. Jako potencjalne lokalizacje wyznaczone zostały:

- „Szczygłowice” – pokład 405/3, ewentualnie 405/1
- „Sośnica” – pokład 408/4, ewentualnie 405/2
- „Budryk” – pokład 401 ściany B1 lub B2
- „Mysłowice-Wesoła” – pokład 501, ewentualnie 510.

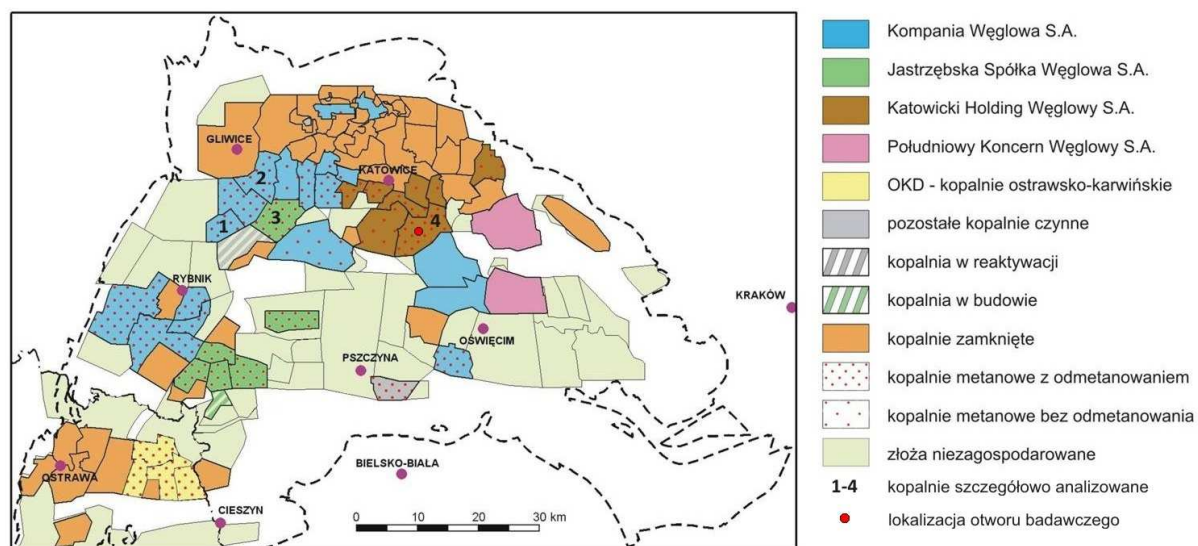


Fig. 14. Zagospodarowanie złóż węgla kamiennego oraz metanowość kopalń GZW

(stan na etapie projektowania otworów badawczych)

kopalnie: 1 – „Knurów-Szczygłowice” Ruch „Szczygłowice”, 2 – „Sośnica-Makoszowy” Ruch „Sośnica”, 3 – „Budryk”,
4 – „Mysłowice-Wesoła

W ostatecznym wyniku analizy złóż najwyższą ocenę uzyskało złożo „Wesoła” kopalni „Mysłowice-Wesoła” oraz pokłady 501-510 w partii Az tego złoża. Z kolei szczegółową lokalizację planowanych odwiertów w partii Az złoża „Wesoła” wykonano na podstawie interaktywnej analizy:

- map topograficznych w skali 1:10 000, map obszarów chronionych i zdjęć satelitarnych
- planów pokładów 501-510 i projektowanych do eksploatacji ścian w latach 2015-2018

- planów wszystkich do tej pory eksploatowanych pokładów w zakresie występowania zrobów i wyrobisk górniczych
- planowanej konstrukcji i przebiegu osi wierceń – wiercenia pionowego Wesoła PIG-1 oraz intersekcyjnego wiercenia horyzontalnego Wesoła PIG-2H.

Przeprowadzona analiza wymienionych wyżej materiałów została uzupełniona szeregiem wizji lokalnych w terenie. Zestawienie parametrów geologiczno-górnich dla wybranej lokalizacji przedstawia tabela 22.

Tabela 22. Parametry wybranej lokalizacji otworu badawczego w partii Az złoża „Wesoła” – pokłady 501-510

L.p.	Parametry geologiczne	Parametry górnicze	Parametry środowiskowe
1.	głębokość zalegania pokładów węgla w punkcie przebiecia otworem pionowym: p. 501 – 964 m; p. 510 – 975 m	pokład 501 przewidziany do eksploatacji w latach 2015-2017, w bezpośrednim sąsiedztwie wierceń, dość dobrze rozpoznany	niski stopień zurbanizowania terenu – tereny leśne
2.	metanonośność: p. 501 – śr. ok. 6,0 m ³ /t csw, p. 510 – przyp. ok. 7–8 m ³ /t csw	dogodny rozkład projektowanych ścian, umożliwiający wiercenia kierunkowe	brak chronionych obszarów przyrodniczych w bezpośrednim sąsiedztwie
3.	miąższość: p. 501 – ok. 4,0 m p. 510 – ok. 10,0 m	odległość wierceń krzywionych od czynnych wyrobisk górniczych: minimum 100-150 m	odległość otworu badawczego od zabudowań mieszkalnych: większa niż 1000 m
4.	geometria pokładów: pokłady o stałej miąższości, leżące monoklinalnie, bez przerostów, rozszczepień oraz rozmyć	brak wyrobisk i zrobów w osi wiercenia pionowego i horyzontalnego	obecność utwardzonych dróg dojazdowych w pobliżu placów wiertni
5.	tektonika: słabe zaangażowanie tektoniczne, nachylenie pokładu w kierunku otworu pionowego pod kątem 6°	możliwość wykonania do pokładów kontrolnych wierceń dołowych z wyrobisk górniczych	powierzchnia obszaru pod zabudowę jednego placu wiertni: ok. 1 ha
6.	zawodnienie: brak zawodnionych warstw w stropie i spągu pokładów	możliwość bezpośredniego pobrania prób z pokładu 501	możliwość utylizacji wód złożowych w osadnikach KWK „Mysłowice-Wesoła” (ok. 1 km)

Szczególne znaczenie miało ustalenie lokalizacji otworu pionowego Wesoła PIG-1. Jego lokalizację określa zarówno położenie w stosunku do projektowanych ścian eksploatacyjnych w pokładzie 501 (fig. 5 na str. 25), jak i w stosunku do istniejących zrobów oraz wyrobisk górniczych (fig. 15). Przed przystąpieniem do właściwych prac wiertniczych wykonano badania analityczne węgla na próbach pobranych w rejonie na wybranej lokalizacji – ze ściany w pokładzie 501 oraz z rdzenia specjalnie odwierconego otworu dołowego o długości 140 m w pokładach 501-510, których wyniki posłużyły do opracowania modelu budowy geologicznej oraz rozkładu parametrów złoża metanu pokładów węgla. Na tym etapie prac wykonano również ekspertyzę naukowo-badawczą odnośnie warunków bezpieczeństwa prowadzenia odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi (ze szczelinowaniem hydraulicznym) w sąsiedztwie czynnych wyrobisk eksploatacyjnych (prace opisane w rozdziale 3.1.3).

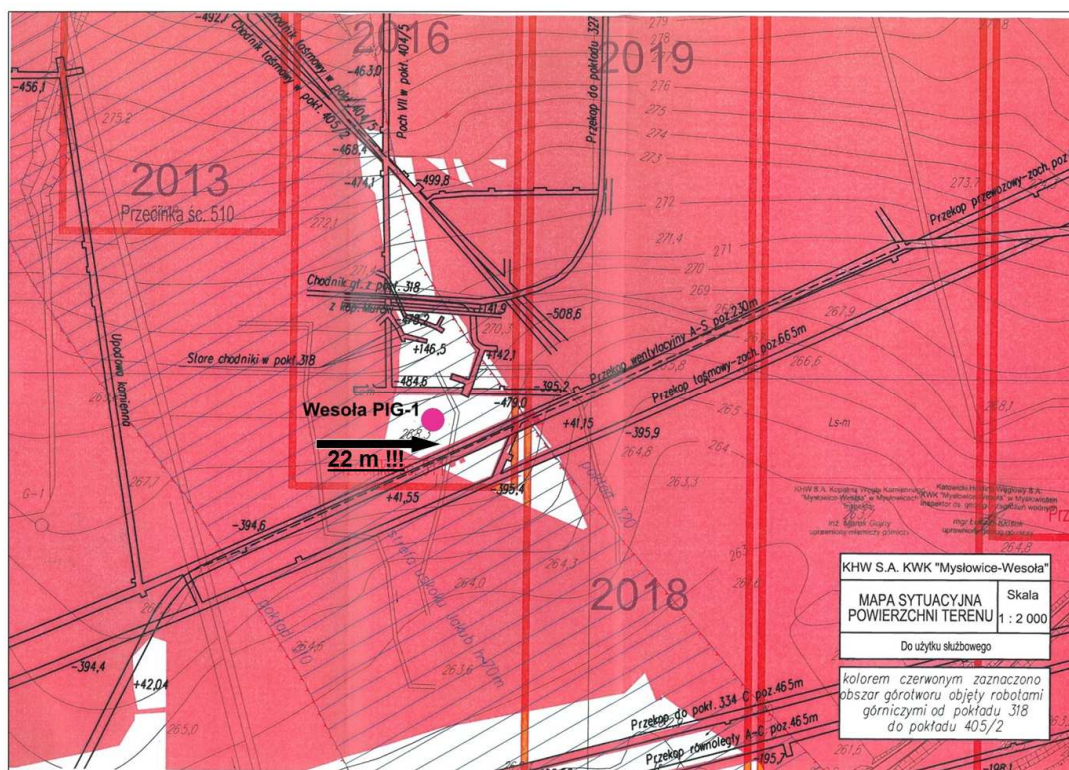


Fig. 15. Lokalizacja otworu Wesola PIG-1 w stosunku do zrobów i wyrobisk górniczych

Do szczególnych atutów wybranej lokalizacji w pokładach 501-510 partii Az złoża „Wesoła” należą:

- stałość i grubość pokładów węgla 501-510;
- maksymalizacja metanonośności pokładów węgla z uwagi na korzystne usytuowanie strukturalne przy zbiegu uskokuw Jakuba i Książęcego;
- osiągnięcie pokładów 501-510 przed głębokością 1000 m, co wpłynęło na redukcję kosztów wiercenia, a także uprościło ówczesne procedury administracyjne.

Ponadto, lokalizacja wierceń umożliwiła przewiercenie możliwie pełnego profilu karbonu produktywnego w utworach lądowych do pokładu 510, czyli najbardziej węglonośnych partii profilu karbonu. Zwrócono szczególną uwagę, aby przewiercić perspektywiczne pokłady węgla oraz aby uniknąć większych uskokuw, które mogą spowodować nieprzewidziane zmiany w profilu odcinków horyzontalnych.

Szczegółowe położenie odwiertów badawczych Wesola PIG-1 i Wesola PIG-2H w stosunku do budowy geologiczno-strukturalnej utworów karbonu, a także nadkładu, przedstawiono na przekroju geologicznym A-A', zmodyfikowanym w stosunku do założeń projektowych o rzeczywiste/przewiercone głębokości jednostek stratygraficznych i rozpoznany pracami wiertniczymi układ tektoniczny (zał. graf. 8, fig. 16). Zaleganie

przewierconych formacji węglonośnych pokazują mapy geologiczno-strukturalne partii Az złoża „Wesoła” (zał. graf. 6–7). Ponadto lokalizacja odwiertów badawczych została zilustrowana na wszystkich załącznikach mapowych do niniejszej dokumentacji.

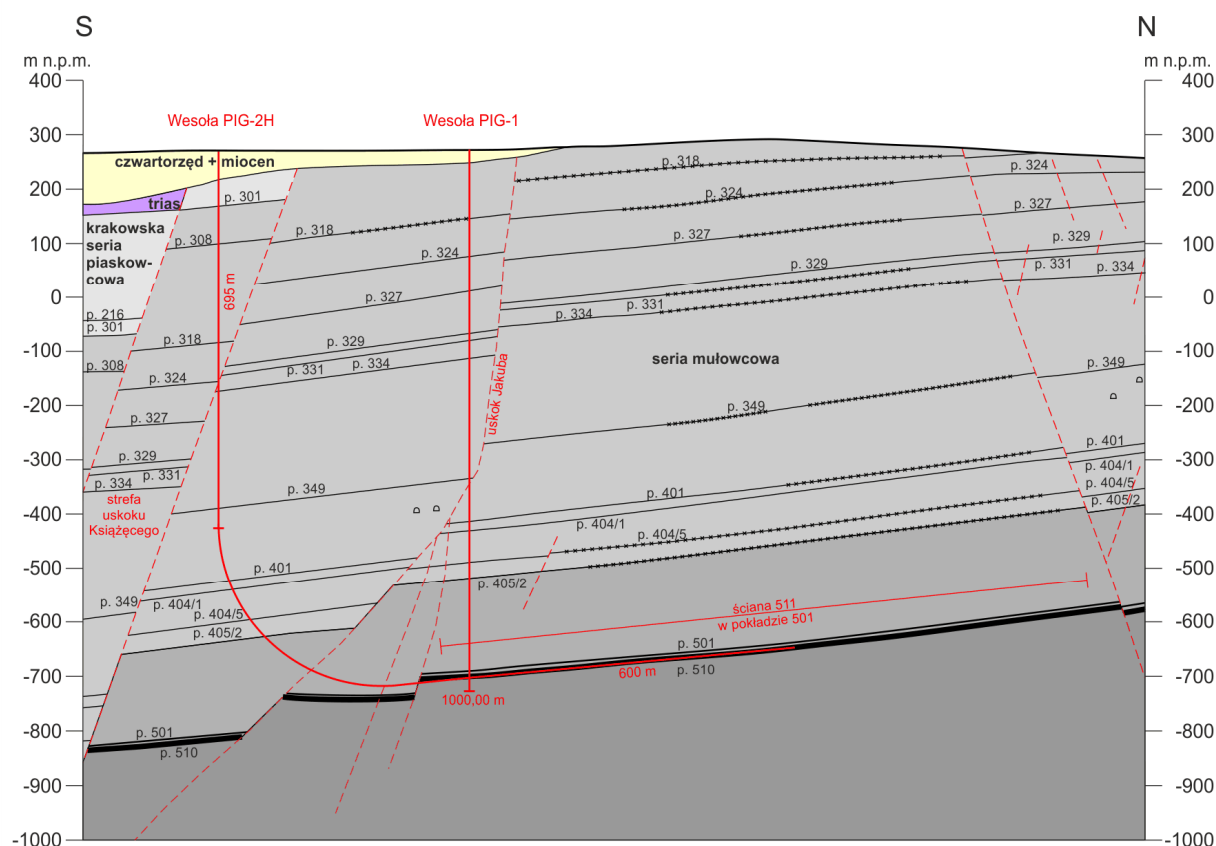


Fig. 16. Położenie wierzeń Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H na przekroju geologicznym N-S

Wybór technologii

Technologię wierzeń horyzontalnych w pokładach węgla stosuje się do pozyskiwania metanu pokładów węgla jako kopaliny głównej (*Coal Bed Methane*), jak również metanu jako kopaliny towarzyszącej górniczej eksploatacji węgla (*Coal Mine Methane*) w szczególności do odmetanowania wyprzedzającego. Technologia ta łączy w sobie najlepsze elementy wierzeń pionowych z powierzchni oraz horyzontalnych wierzeń prowadzonych z wyrobisk górniczych. Znaczny zasięg drenażu oraz wysokie wydajności eksploatacyjne powodują, że efektywność odmetanowania otworami horyzontalnymi z powierzchni dochodzi do 80% jeśli wykonane są z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym przed eksploatacją i w odpowiednio dobranych odległościach. Dodatkowym atutem jest wysoka jakość gazu z odmetanowania (96–98% CH₄), który pozwala na dużą elastyczność w metodzie jego zagospodarowania, co jest korzystniejsze z ekonomicznego punktu widzenia.

W szerokim ujęciu projektowanie otworów kierunkowych obejmuje przygotowanie projektu kształtu i przebiegu otworu, technologie wiercenia, projekt płuczki i hydrauliczny, projekt rurowania i cementowania oraz projekt zestawu przewodu wiertniczego a także program doboru świrdrów, aby zapewnić wykonanie otworu w sposób jak najbardziej bezpieczny i ekonomiczny poprzez unikanie nadmiernego zużycia przewodu wiertniczego, zaciągania i podwyższonego momentu obrotowego oraz poprzez maksymalne skrócenie czasu wiercenia.

W celu wyboru optymalnej technologii wiercenia otworów dla realizacji eksperymentu badawczego na wybranej lokalizacji w złożu kopalni „Mysłowice-Wesoła” dokonano porównania możliwości zastosowania wiercenia kierunkowego rozgałęzionego z dwoma odcinkami poziomymi z jednej lokalizacji powierzchniowej (otwór pionowy + 2 wiercenia horyzontalne z osi wiercenia pionowego) w stosunku do wiercenia intersekcyjnego z dwóch lokalizacji powierzchniowych (para otworów połączonych – otwór pionowy + wiercenie kierunkowe z dwoma odcinkami horyzontalnymi w pokładzie/pokładach węgla). Modelowe rozwiązania tych dwóch typów wierceń prezentują figury 17 i 18.

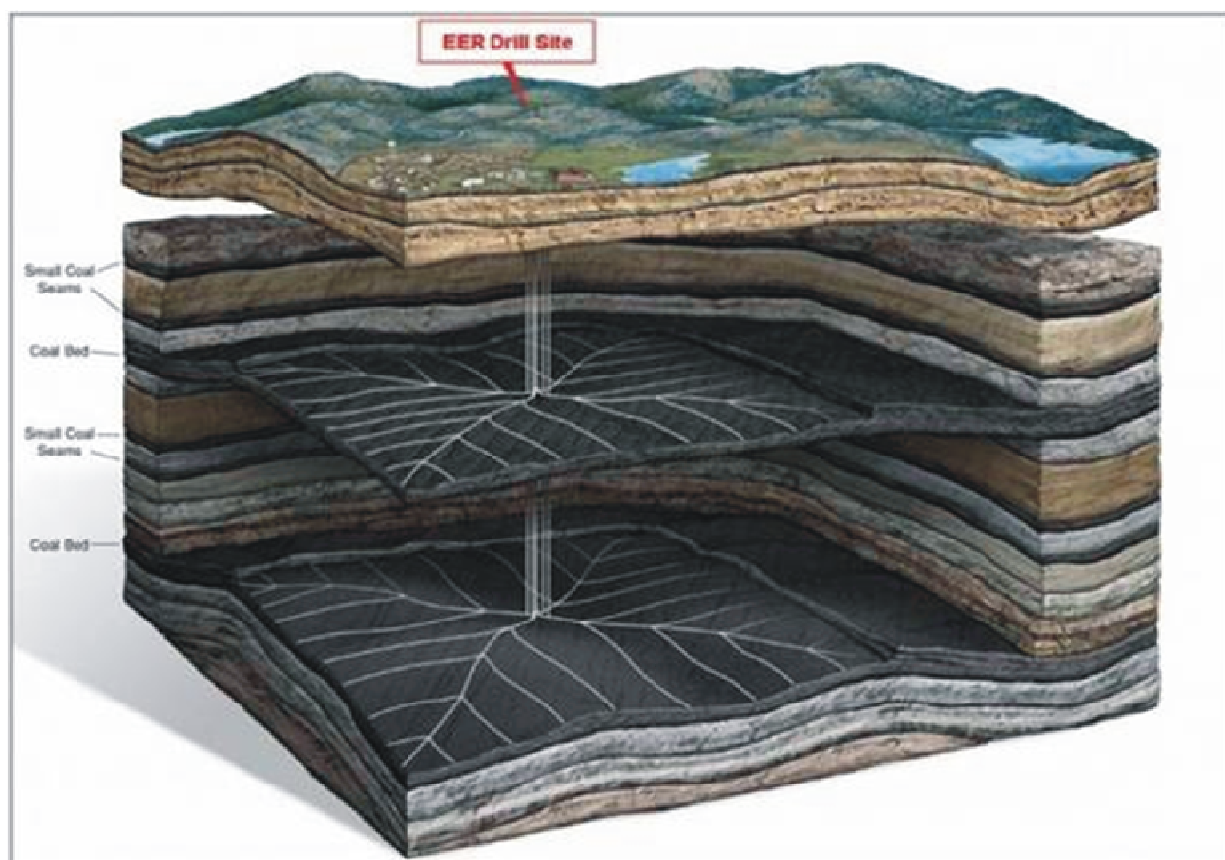


Fig. 17. Rozgałęzione horyzontalne wiercenie dla metanu pokładów węgla z jednej lokalizacji powierzchniowej typu „pinnate”
(www.earthenergyreserves.com)



Fig. 18. Otwory połączone intersekcyjnie – z dwóch lokalizacji powierzchniowych
(www.earthenergyreserves.com)

Technologia otworów połączonych intersekcyjnie polega na wierceniu najpierw otworu pionowego, który ma być otworem produkcyjnym, ale ma także za zadanie dokładne rozpoznanie budowy geologicznej i zalegania pokładów węgla przed wierceniem odcinków horyzontalnych. W tym celu otwór pionowy wiercony jest z pełnym rdzeniowaniem interesujących formacji, przy użyciu systemu wrzutowego, żeby zminimalizować czas wyciągania rdzenia na powierzchnię, oszczędzając czas marszowania. Wykonuje się przy tym komplet badań potrzebnych do oceny parametrów złożowych metanu pokładów węgla. Po zakończeniu wiercenia otwór pionowy jest rurowany rurami 7" z sekcjami rur z włókna szklanego na odcinkach przebiegu udostępnianych pokładów węgla (intersekcji).

Następnie, w odpowiedniej odległości, wykonuje się wiercenie otworu, którego zadaniem jest przecięcie otworu pionowego. Stosowane są dwa rodzaje otworów z intersekcją:

- para otworów z intersekcją końcową („*toe intersection*”) – wierci się otwór pionowy, a następnie z dużej odległości od niego (zwykle ponad 1000 m) rozpoczyna się wiercenie otworu intersekcyjnego, którego odcinek poziomy prowadzony jest w pokładzie w dół upadu, aż do przecięcia otworu pionowego w głębokości końcowej;
- para otworów z intersekcją początkową („*heel intersection*”) – wierci się otwór pionowy, a następnie z odpowiedniej odległości (zwykle 400–500 m) rozpoczyna się wiercenie otworu intersekcyjnego, którego odcinek poziomy rozpoczyna się przed intersekcją, a po przecięciu otworu pionowego prowadzony jest w pokładzie w górę upadu do wymaganej długości (np. 1000 m).

Obie wyżej opisane metody mają zasadniczą przewagę nad pojedynczym otworem multilateralnym, głównie ze względu na znacznie efektywniejsze odwodnienie złoża poprzez:

- grawitacyjny spływ wody złożowej otworami horyzontalnymi do rzępa otworu pionowego;
- bardziej sprawną pod względem technicznym i mniej awaryjną pracę pompy w otworze pionowym.

Z kolei para otworów z intersekcją początkową jest lepszym rozwiązaniem w stosunku do pary z intersekcją końcową z uwagi na:

- znacznie dokładniejsze rozpoznanie geologiczne – w przypadku intersekcji końcowej istnieje duża niepewność co do ciągłości pokładu pomiędzy otworami;
- łatwiejszą intersekcję – prawdopodobieństwo trafienia w oś otworu pionowego maleje wraz z odległością pomiędzy otworami.

Podjęcie decyzji o wyborze technologii wierceń horyzontalnych celem przedeksploracyjnego ujęcia metanu z pokładów węgla – oprócz przedstawionych wyżej aspektów – poprzedzono ponadto analizą następujących parametrów:

- miąższości i ciągłości pokładów;
- metanonośności i nasycenia pokładów węgla;
- kierunków naturalnych spękań w węglu oraz spękań tektonicznych;
- jakości i składu petrograficznego węgla;
- własności zbiornikowych węgla.

Na podstawie wielowariantowej i wielokryterialnej analizy dostępnych danych geologiczno-złożowych, uwarunkowań prawnych i środowiskowych oraz możliwości technologicznych zdecydowano wybrać zestaw dwóch otworów intersekcyjnie połączonych, odwierconych z dwóch lokalizacji powierzchniowych. Następnie dokonano obliczeń optymalnych parametrów i przebiegu trajektorii otworów tych otworów, oznaczonych jako Wesoła PIG-1 – otwór pionowy i Wesoła PIG-2H – otwór kierunkowy, intersekcyjny do otworu pionowego (fig. 19). Po przecięciu intersekcyjnym z osią otworu pionowego założono odwiercenie dwóch odcinków horyzontalnych, jednego w pokładzie 510 i jednego w pokładzie 501, o długości 600 m każdy. Na tym etapie prac (przed odwierceniem otworu pionowego i wykonaniem badań na próbach z rdzenia tego otworu, niemożliwie było dokładne oszacowanie parametrów zbiornikowych udostępnianych pokładów i określenia zasadności zastosowania stymulacji produktywności metanu, które według projektu i założeń całego przedsięwzięcia traktowane było opcjonalnie.

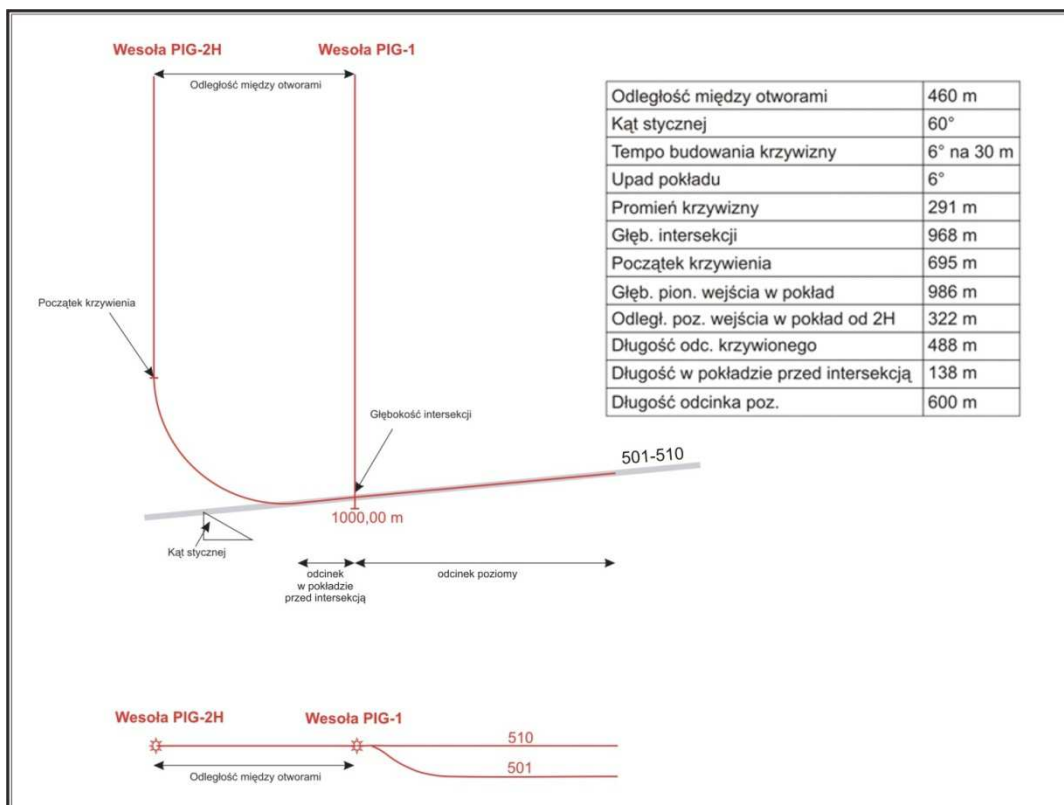


Fig. 19. Projektowany schemat trajektorii otworów Wesola PIG-1 i Wesola PIG-2H
(wg Projektu robót geologicznych)

Po odwierceniu otworu Wesola PIG-1 i wykonaniu badań gazowych pokładów węgla 501–510 stwierdzono bardzo niskie ich parametry gazowe oraz zbiornikowe, co spowodowało konieczność wykonania zabiegów szczelinowania hydraulicznego w celu intensyfikacji dopływu metanu. Wykonanie drugiego odcinka poziomego w pokładzie 501 w niewielkiej (ok. 70 m) odległości od odcinka horyzontalnego w pokładzie 510 mogłoby znacząco obniżyć skuteczność procesu szczelinowania lub, w zależności od zastosowanej metody szczelinowania, nawet uniemożliwić jego wykonanie. W związku z tym zrezygnowano z wykonania drugiego odcinka poziomego w pokładzie węgla 501 za przecięciem intersekcyjnym z osią odwiertu Wesola PIG-1.

Specyficzna lokalizacja otworów Wesola PIG-1 i Wesola PIG-2H w granicach obszaru górniczego czynnej kopalni wymagała korelacji robót wiertniczych z planami eksploatacyjnymi kopalni i wiązała się z dodatkowymi ograniczeniami wynikającymi z przepisów regulujących bezpieczeństwo prowadzenia tego typu robót w warunkach ruchu zakładu górniczego. Ze względu na bezpieczeństwo przyszłej eksploatacji pokładu 510 odcinek horyzontalny w pokładzie węgla pozostał niezarurowany, co implikowało wybór technologii szczelinowania hydraulicznego. Położenie odwiertu Wesola PIG-1 w bezpośrednim sąsiedztwie zrobów oraz wyrobisk górniczych (fig 15 na str. 56) wymagało

stałej kontroli trajektorii osi odwiertu w czasie wiercenia. Na całym odcinku wierconego otworu dopuszczono maksymalne odchylenie od osi pionowej o 5 stopni lub maksymalny przyrost kąta odchylenia $2^{\circ}/100$ m, przy czym w żadnym punkcie odległość osi otworu wykonanego od pionu nie mogła przekroczyć 10 m. Cel wiercenia kierunkowego Wesoła PIG-2H oraz jego specyficzny charakter pod względem stosowanych najnowocześniejszych technologii, w tym konieczne, precyzyjne przecięcie się z osią odwiertu pionowego Wesoła PIG-1, wymagał stałej kontroli trajektorii osi odwiertu w czasie wiercenia oraz precyzyjnej koordynacji prac specjalistycznych serwisów, a także zarurowania otworu Wesoła PIG-1 w sposób umożliwiający późniejszą intersekcję z otworem kierunkowym. Przecięcie odwiertu pionowego (PIG-1) otworem poziomym (PIG-2H) zostało zrealizowane przy pomocy systemu naprowadzającego RMRS (*Rotating-Magnetic-Ranging-System*). Naprowadzanie odcinka horyzontalnego nastąpiło dzięki zastosowaniu specjalnej aparatury detekcyjnej umieszczonej w sondzie zapuszczonej do odwiertu pionowego (PIG 1), która wykrywała pole magnetyczne wytwarzane przez emiter umieszczony w łączniku nad świdrem.

Do wykonania otworów wiertniczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H oraz przeprowadzenia wszystkich robót geologicznych wykorzystano narzędzia i urządzenia zapewniające osiągnięcie założonej konstrukcji otworu, celu geologicznego i terminów wiercenia.

4.2. Prace geodezyjne

Lokalizacje wierceń badawczych zostały zaplanowane na podstawie map topograficznych opracowanych w układzie współrzędnych prostokątnych 1992 oraz map górniczych opracowanych w układzie współrzędnych prostokątnych 2000 (strefa 6). Lokalizacje odwiertów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H przeprowadzono przez uprawnionego geodetę w technologii pomiaru GPS w trybie RTK, zwiększającym dokładność pomiaru współrzędnych. Prace terenowe przeprowadzono 25.03.2013 r. Lokalizacja szybu otworu Wesoła PIG-1 oraz trajektoria osi wiercenia Wesoła PIG-2H w stosunku do podziemnej infrastruktury górniczej została skontrolowana przez mierniczego górniczego z KWK „Mysłowice-Wesoła”. Po wykonaniu niwelacji terenu, bezpośrednio przed montażem urządzenia wiertniczego ostateczna lokalizacja obu odwiertów została domierzona przez uprawnionego geodetę. Pomiaru kontrolne odbyły się 25.11.2013 r. (Wesoła PIG-1) i 13.01.2014 r. (Wesoła PIG-2H). Współrzędne otworu podano w postaci współrzędnych

geograficznych w układzie odniesienia EUREF-89 – elipsoida GRS-80, poziom odniesienia wysokości Kronsztadt-86 oraz w układach współrzędnych prostokątnych: 2000 strefa 6, 1992, UTM strefa 34. Wykonane pomiary zostały zestawione w operacie geodezyjnym.

4.3. Otwór pionowy Wesoła PIG-1

4.3.1. Informacje podstawowe

Zestawienie podstawowych informacji o pracach wiertniczych i serwisowych na otworze Wesoła PIG-1 (fot. 1) przedstawia tabela 23, konstrukcję otworu i zarurowanie – tabela 24, a profil stratygraficzny – tabela 25. Powyższe informacje zestawiono w Karcie otworu wiertniczego Wesoła PIG-1 – zał. graf. 10A.



Fot. 1. Plac wiertni i urządzenie wiertnicze na otworze Wesoła PIG-1

Tabela 23. Informacje podstawowe otworu Wesola PIG-1

Wiercenie	
Wykonawca	EXALO Drilling S.A., Centrum Kraków
Urządzenie wiertnicze	SKY TOP BREWSTER RE 650
Wysokość stołu wiertniczego	5,25 m
Data rozpoczęcia wiercenia	11.12.2013 r.
Data zakończenia wiercenia	12.01.2014 r.
Głębokość końcowa	1000,00 m
Odcinek rdzeniowany	591,00–1000,000 m
System rdzeniowania	ciągły pobór rdzenia – system 6 ¾” x 2,02” firmy Halliburton
Średnica rdzenia	2,02" [cale], 51,3 mm
Data rozpoczęcia rdzeniowania	24.12.2013 r.
Data zakończenia rdzeniowania	6.01.2014 r.
Serwisy	
Serwis płuczkowy	EXALO Drilling S.A., Dział Płynów Wiertniczych, Centrum Kraków
Serwis kierunkowy	EXALO Drilling S.A., Centrum Kraków
Rdzeniowanie	Petro Gas Sp. z o.o. (Halliburton Company)
Instalacja rur okładzinowych	S.C. Exalo Centrum Wołomin
Cementowanie	S.C. Exalo Centrum Wołomin
Serwis doszczelniania więzby	Nafta-Gaz – Serwis S.A., Sanok
Pomiary geofizyczne	Geofizyka Kraków Sp. z o.o.
Laboratorium kontrolno-pomiarowe (mudlogging)	Geokrak Sp. z o.o., Kraków
Laboratorium desorpcji węgla	Geokrak Sp. z o.o., Kraków
Nadzór i dozór prac	
Kierownik Ruchu	Adam Klósek (Exalo Drilling S.A., Centrum Kraków)
Nadzór geologiczny	Janusz Jureczka (Państwowy Instytut Geologiczny – PIB)
Dozór geologiczny	Andrzej Spinczyk, Dariusz Gmur (Geokrak Sp. z o.o., Kraków)
Kierownicy laboratorium kontrolno-pomiarowego	Janusz Konicki, Marek Jamka (Geokrak Sp. z o.o., Kraków)
Kierownik laboratorium desorpcji węgla	Marek Jaroch (Geokrak Sp. z o.o., Kraków)

Tabela 24. Konstrukcja otworu Wesola PIG-1

Średnica i zarurowanie				
Nazwa sekcji	Średnica otworu (cale)	Średnica rur okładzinowych (cale)	Cementowanie	Głębokość
Rura obsadowa (blaszanka)		20"	blaszanka wciskana	7 m
Kolumna przewodnikowa	12 ¼"	9 ⅝"	do wierzchu	154 m
Kolumna eksploatacyjna	8 ½"	7" *	do wierzchu	1000 m (końcowa gł. otworu)
Uzbrojenie				
Więźba klinowa	9 ⅝" x 7" / 21 MPa produkcji Nafta Gaz Sanok			
Głowica	11" x 7 ⅞" / 21 MPa produkcji Nafta Gaz Sanok			

* w zestawie kolumny rur 7" w głębokości 977,69–968,20 m rura z włókna szklanego (GRE Down Hole Casing Series 1500#, API- LTC)

Tabela 25. Stratygrafia profilu otworu Wesola PIG-1

Stratygrafia		Głębokość spągu [m]
Nadkład		
Czwartorzęd		28,00
Karbon górny – utwory węglonośne		
Seria mułowcowa	warstwy orzeskie s.s.	266,00
	warstwy załęskie	801,86
Górnośląska seria piaskowcowa	warstwy rudzkie s.s.	962,05
	warstw siodłowe*	977,10
Seria paraliczna	warstwy porębskie	1000,00

* 965,7 m – spąg pokładu 501 (grubość 3,65 m); 977,1 m – spąg pokładu 510 (grubość 11,05 m)

4.3.2. Przebieg prac – roboty przygotowawcze i wiertnicze

W ramach robót wstępnych i przygotowawczych, przed rozpoczęciem wiercenia otworu Wesola PIG-1 wykonano:

1. Prace geodezyjne – wyznaczenie terenu wiertni i położenia szybu odwiertu przez uprawnionego geodetę, weryfikacja lokalizacji szybu w stosunku do podziemnej infrastruktury górniczej przez mierniczego górniczego z KWK „Mysłowice-Wesoła”, zestawienie pomiarów w operacie geodezyjnym.
2. Badania środowiskowe – badania stanu początkowego środowiska terenu wiertni przed rozpoczęciem prac (pobranie prób gleby).
3. Wyřęb lasu – wycinka i wywóz drzew z terenu pod plac wiertni (0,8 ha) oraz drogi dojazdowej, usunięcie i zeskładowanie karpiny.

4. Uzbrojenie terenu wiertni – wyrównanie placu wiertni i wykonanie systemu melioracyjnego, wyłożenie folii izolującej, utwardzenie powierzchni płytami betonowymi (wraz z drogą dojazdową), wykonanie kopanki (bodni) z kręgów betonowych, zainstalowanie rury obsadowej.
5. Kontrolne pomiary geodezyjne lokalizacji szybu otworu przez uprawnionego geodetę przed montażem urządzenia wiertniczego.
6. Montaż urządzenia wiertniczego i zabudowa gospodarcza terenu wiertni.

Otwór wiertniczy Wesoła PIG-1 został wykonany narzędziami zapewniającymi osiągnięcie założonej konstrukcji otworu, celu geologicznego i terminów wiercenia. Zestawienie użytych świrdrów i ich parametry przedstawia tabela 26.

Tabela 26. Otwór Wesoła PIG-1 – zestawienie świrdrów użytych do wiercenia

Nr	Producent	Typ	Seria	Średnica [cale]	Dysze	Interwał [m]	Uwierł [m]	Postęp [m/h]
1.	KDC	PDC 657 SX	070113	12 ¼"	3x12, 4x14	7–154	147	9,01
2.	Varel	PDC	9623A sn: 9623A	8 1/2"	3x15 TFA: 0,7517	154–591	437	19,7
3.	HDBS	Koronka	FC264 sn: 7990368	8 1/2" x 2.02"	TFA: 1,33	591–615	24	5,1
4.	HDBS	Koronka	FC3743 sn: 11584329	8 1/2" x 2.02"	TFA: 1,55	615–1000	385	2,64

Przebieg wiercenia

Sekcja 12 1/4", interwał 0,00–154,00 m

Po osadzeniu blaszanki, w sposób bezrdzeniowy został odwiercony otwór o średnicy 12 ¼" przy użyciu płuczki bentonitowej (ciężar właściwy 1.06–1.12 kg/l) do przystropowej partii utworów karbonu w serii mułowcowej, do głębokości zapewniającej stabilne posadowienie rur okładzinowych, tj. 154 m. Następnie otwór został zarurowany rurami Ø 9 5/8", cementowanymi do wierzchu (próba szczelności – 6,5 MPa), celem zamknięcia płytkich poziomów wodonośnych: czwartorzędowego oraz poziomów związanych z piaskowcami zalegającymi w stropowej części profilu karbonu, a także strefy płytkich zrobów pokładu 318. Na rurach 9 5/8" została zamontowana głowica przeciwerupcyjna.

Pomiar krzywizny otworu za pomocą inklinometru do głębokości 154 m: 0°

Utraty płuczki: 13 m³ @ 74 m MD

Zaciskanie przewodu: do 5 ton @ 88–80 m, do 8 ton @ 74 m, do 10 ton @ 78–58 m, do 6 ton @ 50–44 m.

Problemy techniczne: wypływy płuczki obok bodni w czasie przewiercania luźnych osadów czwartorzędowych. Wykonano trzy zabiegi likwidacji wypływu płuczki obok bodni poprzez zatłaczanie zaczynu cementowego przez rurki syfonowe 2 7/8" zapuszczone do otworu oraz poprzez rurę wbitą obok bodni.

Sekcja 8 1/2", interwał 154,00–1000,00 m

Dalsze wiercenie w karbonie było prowadzone średnicą 8 1/2" przy użyciu płuczki polimerowej o parametrach pozwalających utrzymać stabilność ścian otworu i zminimalizować możliwości uszkodzenia strefy przyotworowej (ciężar właściwy 1,05–1,11 kg/l). Od głębokości 591,00 m do końcowej głębokości otworu (1000,00 m) wiercenie było wykonywane z ciągłym poborem rdzenia wiertniczego, aparatem rdzeniowym umożliwiającym przynajmniej 95% uzysk rdzenia i jego wydobycie na powierzchnię w bardzo krótkim czasie, kilkunastu minut. Użyte narzędzia wiertnicze oraz płuczka pozwoliły na pozyskanie rdzenia w stanie nienaruszonym, odpowiadającym warunkom panującym w przewiercanym górotworze. Po osiągnięciu końcowej głębokości (1000 m) zostały wykonane pomiary geofizyczne, a następnie otwór został zarurowany do głębokości końcowej kolumną produkcyjną Ø 7", zestawioną z rur stalowych oraz z jednej rury z włókna szklanego (w pokładzie 510), umożliwiającej przecięcie rur otworem horyzontalnym Wesola PIG-2H. Kolumna rur 7" została zacementowana do wierzchu, wykonano próbę szczelności kolumny rur ciśnieniem 5 MPa/15 min. Nie stwierdzono nieszczelności.

Pomiar krzywizny otworu inklinometrem: 185 m – 1,0°, 238 m – 1,0°, 286 m – 1,8°. W związku ze zwiększającym się odchyleniem otworu od pionu i ryzykiem trafienia otworem w czynne wyrobiska górnicze, podjęto decyzję o dalszym wierceniu pod nadzorem serwisu kierunkowego zestawem z silnikiem wgłębnym z systemem pomiarowym MWD i sondą MWD. Założono konieczność powrotu na pierwotną trajektorię wiercenia z odchyleniem mniejszym niż 1° przed rozpoczęciem rdzeniowania. Ostatni pomiar inklinacji w głębokości 573 m MD wyniósł 0,6°. Trajektorię wiercenia do głębokości 560 m w rzucie poziomym i pionowym przedstawia figura 20.

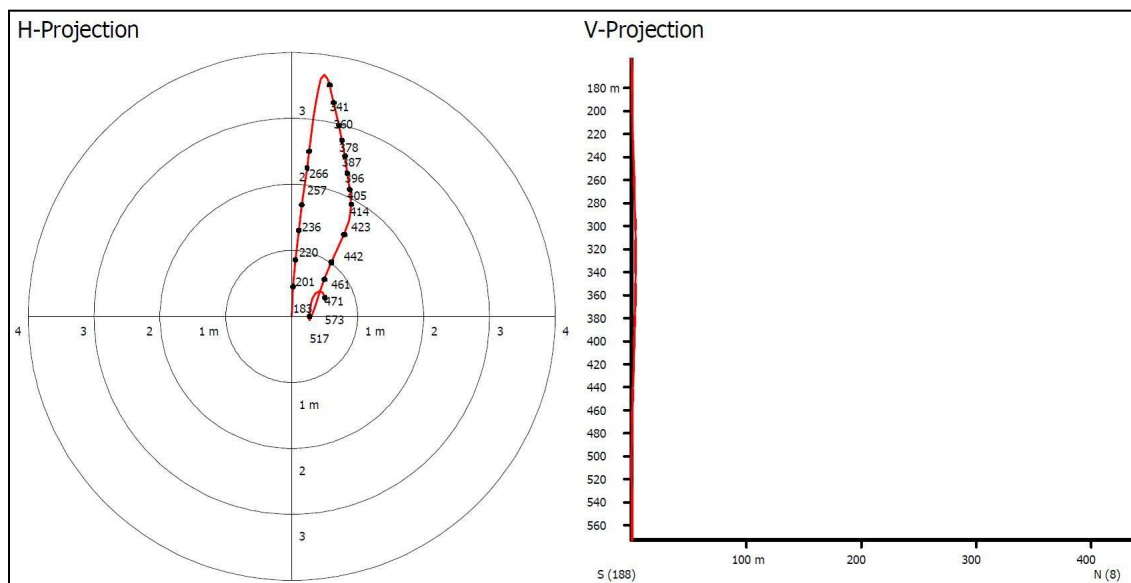


Figura 20. Wesola PIG-1 – trajektoria osi wiercenia do głębokości 560 m

Utraty płuczki: W odcinku rdzeniowanym od głębokości 826,70 m do głębokości końcowej 1000,00 m liczne statyczne i dynamiczne zaniki płuczki, łącznie 64 m³, częściowo likwidowane zatłaczaniem pasty LCM z blokatorami.

Zaciskanie przewodu: do 5 ton @ 215 m, do 6 ton @ 548 m, do 8 ton @ 538-542 m. do 13 ton @ 823,40 m.

Roboty końcowe – zabudowa odwiertu na powierzchni

Po zakończeniu wiercenia i wykonaniu badań otworowych oraz po zarurowaniu i zacementowaniu rur okładzinowych otwór został zatłoczony wodą, a urządzenie wiertnicze zostało zdemonstrowane. Na wieźbie rurowej została zamontowana zasuwa umożliwiająca instalację śluzy na czas intersekcji z otworem kierunkowym Wesola PIG-2H. Szyb otworu wraz z bodnią został zabezpieczony i przygotowany do wykonania testu dopływu metanu. Wykonano konserwację wieźby rurowej, oczyszczono bodnię i zamontowano zabezpieczenie kratowe. Na głowicy zamontowano ślepą kryzę z zaworem do kontroli ciśnienia, a sam szyb z głowicą ogrodzono i umieszczono wymagane prawem oznakowania oraz tablice informacyjne.

Teren wiertni po zakończeniu wiercenia i badań otworowych został zmniejszony do placu niezbędnego do przeprowadzenia testu dopływu metanu, z zachowaniem drogi dojazdowej. Pozostała część terenu wiertni została zlikwidowana przez wykonawcę wierceń; zdemonstrowane zostały płyty betonowe, a teren został zniwelowany.

4.3.3. Dozór geologiczny i opróbowanie

Wykwalifikowany personel geologiczny, posiadający stosowne uprawnienia, i z doświadczeniem w badaniach metanu pokładów węgla sprawował ciągły (całodobowy) dozór geologiczny podczas wiercenia, rdzeniowania i pomiarów geofizycznych. Dozór geologiczny był nadzorowany przez geologa inwestora. Geolog dozoru był odpowiedzialny za pobieranie prób (próby okruchowe i rdzeń), bieżące prowadzenie dokumentacji i dziennych raportów wiercenia, a także sporządzanie charakterystyki geologicznej przewierconych warstw, obejmującej:

- opis i interpretację prób okruchowych i rdzeni oraz identyfikację pokładów węgla;
- przygotowanie profilu litologicznego otworu w oparciu o interpretację prób okruchowych i rdzeni oraz jego ciągłą aktualizację w miarę postępu wiercenia;
- prowadzenie wykazu pobranych prób rdzenia do badań laboratoryjnych
- badanie prób okruchowych, płuczki oraz rdzeni na obecność węglowodorów.

Geolog dozoru monitorował także wskazania detektora gazu w płuczce oraz stężenia metanu i siarkowodoru.

Próby okruchowe pobierano co 5 metrów bieżących wiercenia bezrdzeniowego, z interwału głębokości 0,00–591,00 m. Każda próba została przemyta przez sita i zbadana pod mikroskopem, a następnie zapakowana do szczelnie zamkniętego woreczka z odpowiednim opisem. Pobierano dwa zestawy prób:

- próby mokre (co 5 metrów bieżących wiercenia)
- próby przemyte i wysuszone (co 10 metrów bieżących wiercenia).

Rdzeń był pobierany przy pomocy aparatu wrzutowego systemem ciągłego rdzeniowania z odcinka głębokości 591,00–1000,00 m, z zachowaniem w każdym marszu rejestracji: głębokości interwału rdzeniowania, czasów rozpoczęcia i zakończenia rdzeniowania, rozpoczęcia i zakończenia ciągnięcia rdzeniówki. Po wyciągnięciu rdzenia na powierzchnię wykonywana była ocena uzysku rdzenia oraz opis ewentualnego zniszczenia rdzenia podczas wiercenia i pozycji ubytków rdzenia. Rdzeń po zbadaniu i opróbowaniu do badań laboratoryjnych był pakowany do opisanych zgodnie z przepisami zamykanych skrzyń, z zachowaniem oznakowania miejsc poboru prób. Po zakończeniu wiercenia skrzynie z rdzeniem wraz z próbami okruchowymi zostały protokolarnie przekazane do Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.

4.3.4. Polowe laboratorium kontrolno-pomiarowe (*mudlogging*)

Serwis laboratorium kontrolno-pomiarowego (*mudlogging*) stosowany był w celu rejestracji parametrów wiercenia i wykrywania węglowodorów. Laboratorium posiadało wyposażenie umożliwiające automatyczny monitoring oraz system gromadzenia i przetwarzania danych geologiczno-złożowych i wiertniczych, obejmujący parametry rejestrowane bezpośrednio z czujników oraz z przetwarzania i kalkulacji.

Zakres parametrów rejestrowanych bezpośrednio z czujników:

- głębokość otworu i położenie świda
- ciężar na haku
- obroty stołu
- moment obrotowy
- ciśnienie tłoczenia pomp płuczkowych
- suwy pomp płuczkowych
- poziom płuczki w zbiornikach płuczkowych
- wypływ płuczki z otworu
- zgazowanie płuczki (metanomierz + chromatograf).

Zakres parametrów z przetwarzania i kalkulacji danych:

- postęp mechaniczny wiercenia
- nacisk na świder
- wydajność pomp
- bilans płuczki
- ekwiwalentny ciężar płuczki
- gradient ciśnienia porowego
- gradient ciśnienia szczelinowania
- gradient ciśnienia nadkładu
- hydraulika
- prędkość zapuszczania/wyciągania przewodu
- ciśnienie tłokowania przy zapuszczaniu/wyciąganiu przewodu
- ciężar poszczególnych sekcji zestawu
- tonokilometry liny wielokrążkowej
- czas pracy świda.

Dla gromadzenia i przetwarzania danych geologiczno-złożowych i wiertniczych zainstalowane było oprogramowanie użytkowe w zakresie:

- bazy danych wiertniczych i złożowych (czasowej i głębokościowej)
- graficznego i cyfrowego przedstawiania parametrów wiertniczych i złożowych na monitorach w czasie rzeczywistym (z możliwością ustawiania progów alarmowania) ciągłego drukowania rejestrowanych parametrów w czasie rzeczywistym
- sporządzania profilu geologicznego na podstawie próbek okruchowych oraz wykreślenia profilu litologicznego
- raportu dziennego wiertniczo-geologicznego
- raportu z zapuszczania i wyciągania przewodu wiertniczego
- określania i prognozowania ciśnienia złożowego i szczelinowania
- kontroli otworu w aspekcie zagrożenia erupcyjnego
- kalkulacji hydraulicznych
- optymalizacji procesu wiercenia (dla doboru świrdrów, technologii wiercenia)
- prognozowania produktywności poziomów (gaz znormalizowany)
- łączenia informacji geologiczno-złożowych i wiertniczych z karotażem geofizycznym oraz wyprowadzania wyników w postaci logów – graficznych prezentacji.

W trakcie wiercenia była możliwość uzyskiwania następujących logów:

- Log geologiczny: postęp wiercenia, nacisk na świder, obroty stołu, skład procentowy próbek okruchowych, profil litologiczny zinterpretowany, skład procentowy gazów (z zaznaczeniem *trip* i *connection gas*), interwały rdzeniowania z uzyskiem rdzenia, objawy węglowodorów, zarurowanie otworu, głębokość zmiany świrdrów i koronek.
- Log gazowy: postęp wiercenia (w skali liniowej), profil geologiczny zinterpretowany, skład procentowy gazów (z zaznaczeniem *trip* i *connection gas*), gaz znormalizowany.
- Log techniczny wiertniczy: postęp wiercenia, nacisk, obroty stołu, profil geologiczny zinterpretowany, moment obrotowy, ciśnienie tłoczenia, suwy pomp, wydatek tłoczenia, natężenie wypływu płuczki, głębokość zmiany świrdrów i koronek.
- Log techniczny płuczkowy: postęp wiercenia, profil geologiczny zinterpretowany, temperatura płuczki wchodzącej i wychodzącej, ciężar właściwy płuczki wchodzącej i wychodzącej, objętość płuczki w zbiornikach.
- Log ciśnieniowy: postęp wiercenia, nacisk, obroty stołu, profil litologiczny zinterpretowany, gradient ciśnienia porowego, gradient ciśnienia szczelinowania, gradient ciśnienia nadkładu, ekwiwalentny ciężar płuczki (ECD).

- Log temperaturowy: postęp wiercenia, profil litologiczny zinterpretowany, temperatura płuczki wchodzącej, temperatura płuczki wychodzącej, ciśnienie tłoczenia, wydatek tłoczenia.

Na bieżąco parametry wiertnicze i złożowe w postaci graficznej i cyfrowej były przekazywane do 3 stanowisk komputerowych (biuro kierownika wiertni, biuro dozoru geologicznego, kancelaria nadzoru inwestorskiego) oraz monitora na stanowisku wiertacza.

4.3.5. Polowe laboratorium desorpcji węgla

Zakres prac polowego laboratorium dla desorpcji węgla metodą obejmował pierwszą fazę badań gazowych (metanonośności) dla pokładów węgla w rdzeniowanym odcinku profilu otworu Wesoła PIG-1. Do badań gazowych zostały pobrane próby rdzenia węglowego na dwie metody badawcze:

- swobodnej desorpcji (testy desorpcji) amerykańską metodą USBM,
- jednofazowej degazacji próżniowej w tzw. „pojemnikach z kulami” metodą stosowaną w polskim górnictwie węglowym.

Próby do badań na obie metody pobierane były obok siebie, z każdego metra rdzenia węglowego, dla pokładów o grubości przynajmniej 1,0 m. Łącznie pobrano po 31 prób dla każdej metody z pokładów węgla w interwale głębokości 660,55–977,10 m, w tym po 3 próby z pokładu 501 i po 11 prób z pokładu 510. Wszystkie próby zostały pobrane do hermetycznych pojemników (kanistrów) w możliwie najkrótszym czasie po wyjęciu rdzenia z otworu. Testy desorpcji ze względu na przyjętą metodykę rozpoczęto w laboratorium polowym i prowadzono je do zakończenia wiercenia. W czasie desorpcji pojemniki z próbami były utrzymywane w temperaturze złożowej (fot. 2–3), a pomiary objętości gazu dokonywano przy pomocy specjalnej aparatury pomiarowej, zgodnie z metodyką USBM. Po zakończeniu wiercenia desorpcja była kontynuowana w laboratorium stacjonarnym. Do laboratorium stacjonarnego przekazano również próby w pojemnikach z kulami, a także niezależnie pobrane próby na badania petrofizyczne. Schemat opróbowania węgla, a także rodzaje dalszych badań w laboratoriach stacjonarnych na próbach wyjętych z kanistrów po zakończeniu testów desorpcji prezentuje figura 21.



Fot. 2-3. Laboratorium polowe desorpcji węgla na otworze Wesola PIG-1

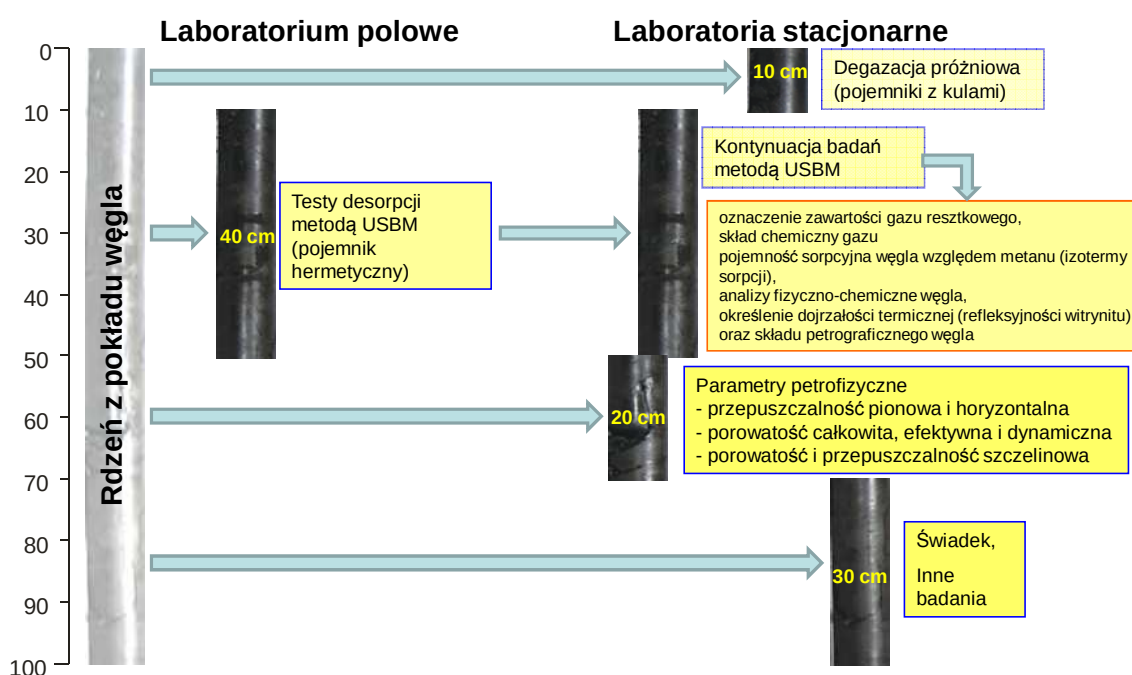


Figura 21. Schemat opróbowania i badań laboratoryjnych rdzenia z otworu Wesola PIG-1

4.3.6. Badania geofizyczne

Badania geofizyki otworowej w otworze Wesola PIG-1 wykonano zgodnie z Projektem Robót Geologicznych. Celem zaprojektowanych i wykonanych badań geofizycznych było:

- ustalenie na odcinku wierconym bezrdzeniowo charakterystyki litologicznej profilu utworów karbonu, ze szczególnym uwzględnieniem pokładów węgla,
- korekta litologii oraz głębokości i grubości pokładów węgla na rdzeniowanym odcinku otworu,

- ustalenie własności zbiornikowych i petrofizycznych przewierconych skał,
- kontroli stanu zacementowania rur okładzinowych.

Badania geofizyczne wykonane zostały 7 i 8 stycznia 2014 r. po zakończeniu wiercenia sekcji o średnicy 8 ½” i osiągnięciu planowanej głębokości końcowej 1000,00 m. Badania wykonała grupa terenowa przedsiębiorstwa Geofizyka Kraków Sp. z o.o. zestawem firmy Haliburton. Wykonany został pełny zestaw pomiarów, przy czym pomiar cementomierzem akustycznym wykonano w odcinku zarurowanym odwiertu (od powierzchni do głębokości posadowienia kolumny rur okładzinowych Ø 9 5/8” – 154,00 m), profilowanie sondą gamma wykonano od powierzchni do spągu odwiertu, natomiast pozostałe pomiary od głębokości buta kolumny rur Ø 9 5/8” do głębokości końcowej odwiertu. Zestawienie wykonanych pomiarów geofizycznych zostało przedstawione w tabeli 27.

Tabela 27. Zestawienie wykonanych pomiarów geofizycznych w otworze Wesoła PIG-1

Rodzaj pomiaru		Głębokość [m p.p.t.]
CAL	Cementomierz akustyczny	0–154
MICROLOG	Mikroprofilowanie oporności sondą gradientową i potencjałową	154–1000
SDLT	Profilowanie gęstościowe	154–1000
CSNG	Spektrometryczne profilowanie promieniowania gamma	0–994
ICT	Profilowanie średnicy	154–981
WSTT	Profilowanie akustyczne, sondą dipolową	154–989
XRMI	Profilowanie skanerem elektrycznym	154–998
MIT – 24	Średnicomierz wieloramienny	900–998
CCL, GR	Profilowanie naturalnego promieniowania gamma oraz muflokatozem CCL	900–998

Dodatkowo, w dniu 29.06.2014 r., po wykonaniu intersekcji otworu Wesoła PIG-1 z otworem Wesoła PIG-2H, w trakcie prac rekonstrukcyjnych otworu Wesoła PIG-1 do przeprowadzenia testów produkcyjnych, w zarurowanym rurami 7” interwale 900–998 m wykonano pomiary geofizyczne mające na celu doprecyzowanie miejsca posadowienia rury z włókna szklanego i przecięcia intersekcyjnego. Zakres pomiarów wykonanych w tym interwale obejmował wykonanie pomiarów:

- średnicomierzem wieloramiennym MIT – 24,
- profilowania naturalnego profilowania gamma GR,
- mufolokatozem CCL.

Wszystkie dane polowe zostały przygotowane w formatach cyfrowych: pdf i las.

4.4. Otwór kierunkowy Wesoła PIG-2H

4.4.1. Informacje podstawowe

Zestawienie podstawowych informacji o pracach wiertniczych i serwisowych w otworze kierunkowym Wesoła PIG-2H (fot. 4) przedstawia tabela 28, konstrukcję otworu i zarurowanie – tabela 29, a profil stratygraficzny – tabela 30. Powyższe informacje zestawiono w Karcie otworu wiertniczego Wesoła PIG-2H – zał. graf. 10B.



Fot. 4. Plac wiertni i urządzenie wiertnicze na otworze Wesoła PIG-2H

Tabela 28. Informacje podstawowe otworu Wesola PIG-2H

Wiercenie	
Wykonawca	EXALO Drilling S.A., Centrum Kraków
Urządzenie wiertnicze	MR-8000 (z górnym napędem Top Drive)
Wysokość stołu wiertniczego	5,20 m
Data rozpoczęcia wiercenia	8.02.2014 r.
Data zakończenia wiercenia	22.03.2014 r.
Głębokość końcowa MD	1918,00 m
Głębokość końcowa TVD	904,00 m
Głębokość intersekcji z PIG-1	1312,80 MD
Długość odcinka poziomego w pokładzie 510	600 m
Serwisy	
Serwis płuczkowy	EXALO Drilling S.A., Dział Płynów Wiertniczych, Centrum Kraków
Serwis kierunkowy MWD	EXALO Drilling S.A., Centrum Kraków
Serwis kierunkowy MWD/LWD	Scientific Drilling
Serwis intersekcyjny RMRS	Prime Horizontal Ltd
Instalacja rur okładzinowych	S.C. Exalo Centrum Wołomin
Cementowanie	S.C. Exalo Centrum Wołomin
Serwis doszczelniania więzby	Nafta-Gaz – Serwis S.A., Sanok
Pomiary geofizyczne	Geofizyka Kraków Sp. z o.o.
Laboratorium kontrolno-pomiarowe (mudlogging)	Geokrak Sp. z o.o., Kraków
Nadzór i dozór prac	
Kierownik Ruchu	Adam Kłósek (Exalo Drilling S.A., Centrum Kraków)
Nadzór geologiczny	Janusz Jureczka (Państwowy Instytut Geologiczny – PIB)
Dozór geologiczny	Andrzej Spinczyk, Izabela Wójcik (Geokrak Sp. z o.o., Kraków)
Kierownik laboratorium kontrolno-pomiarowego	Janusz Konicki (Geokrak Sp. z o.o., Kraków)

Tabela 29. Konstrukcja otworu Wesola PIG-2H

Średnica i zarurowanie				
Nazwa sekcji	Średnica otworu (cale)	Średnica rur okładzinowych (cale)	Cementowanie	Głębokość
Rura obsadowa (blaszanka)		20"	blaszanka wciskana	9 m
Kolumna przewodnikowa	17 1/2"	13 3/8"	do wierzchu	113 m
Kolumna pośrednia	12 1/4"	9 5/8"	do wierzchu	501 m
Kolumna techniczna	8 1/2"	7"	1189–400 m	1189 m MD
Odcinek niezarurowany	5 7/8"			1918 m MD (głębokość końcowa)
Uzbrojenie				
Więźba klinowa	13 5/8" x 9 5/8" x 7" / 21 MPa produkcji Nafta Gaz Sanok			
Głowica	11" x 7 1/16" / 21 MPa produkcji Nafta Gaz Sanok			

Tabela 30. Stratygrafia profilu otworu Wesola PIG-2H

Stratygrafia		Głębokość MD [m]
Nadkład		
Czwartorzęd		23,00
Neogen – miocen		51,00
Karbon górny – utwory węglonośne		
Krakowska seria piaskowcowa	warstwy łaziskie	127,00
Seria mułowcowa	warstwy orzeskie s.s.	460,00*
	warstwy załęskie	911,00
Górnośląska seria piaskowcowa	warstwy rudzkie s.s.	1154,00*
Seria paraliczna	warstwy porębskie	1318,00-1320**
Górnośląska seria piaskowcowa	Warstwy siodłowe – pokład 510	1918,00

* granica tektoniczna, ** przejście odcinkiem horyzontalnym w pokład węgla, od gł. 1320 całkowicie w węglu

4.4.2. Przebieg prac – roboty przygotowawcze i wiertnicze

Przed rozpoczęciem wiercenia otworu Wesola PIG-2H wykonano roboty wstępne i przygotowawcze w analogicznym zestawie, zakresie i kolejności, jak dla otworu pionowego Wesola PIG-1 (przedstawione w rozdziale 4.3.2): prace geodezyjne, badania środowiskowe gleb i wód, wyręb lasu (powierzchnia terenu pod plac wiertni – 1,2 ha), uzbrojenie terenu wiertni, kontrolne pomiary geodezyjne, montaż urządzenia wiertniczego i zabudowa gospodarcza terenu wiertni.

Otwór wiertniczy Wesoła PIG-2H – na całej długości bezrdzeniowy – został wykonany narzędziami zapewniającymi osiągnięcie założonej konstrukcji otworu, celu geologicznego i terminów wiercenia. Zestawienie użytych świderów i ich parametry przedstawia tabela 31. Postęp wiercenia w czasie w podziale na poszczególne sekcje i zabiegi wykonywane w czasie wiercenia przedstawia figura 22.

Tabela 31. Otwór Wesoła PIG-2H – zestawienie świderów użytych do wiercenia

Nr	Typ	Seria	Średnica [cale]	Dysze	Interwał [m]	Uwierł [m]	Postęp [m/h]
1/1	XR+CPS	YA 7428	17 1/2	3x18 0,7455	9–65	54,0	3,9
2	XR+CPS	YA 7428	17 1/2	3x18 0,7455	65–113	48,0	1,0
2/1	Glinik MBM 3GVSX	170	12 1/4	2x15, 1x17 0,5668	113–145	32,0	3,0
2/2	Glinik MBM 3GVSX	170	12 1/4	2x15, 1x17 0,5668	145–171	26,0	3,6
3	KDC 657SX	07113	12 1/4	4x14, 3x11 0,8797	171–501	330	7,6
4/1	MKS 75 ODG 1	9623A	8 1/2	5x13 0,6481	501–530	29,0	6,3
4/2	MKS 75 ODG 1	9623A	8 1/2	5x13 0,6481	530–1058	528	6,9
5	KDC 666M	900127	8 1/2	4x18 0,9940	1058–1192	134,0	4,2
6/1	MDi 513	JH8867	5 7/8	5x13 0,6481	1192–1259	67,0	2,7
6/2	MDi 513	JH8867	5 7/8	5x13 0,6481	1259–1360	101	3,6
6/3	MDi 513	JH8867	5 7/8	5x13 0,6481	1360–1824	464,0	11,0
6/4	MDi 513	JH8867	5 7/8	5x13 0,6481	1824–1918	94,0	13,1

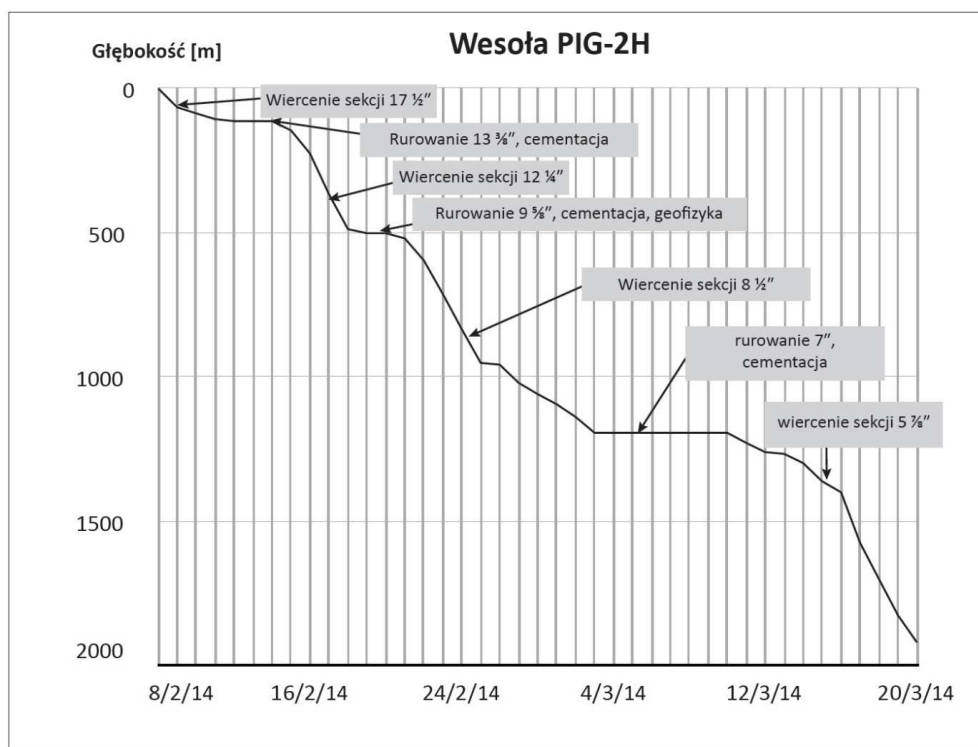


Fig. 22. Postęp wiercenia otworu Wesoła PIG-2H

Przebieg wiercenia

Sekcja 17 ½", interwał 0,00–113,00 m (pionowy)

Po odwierceniu bezrdzeniowego otworu o średnicy 17 ½" do głębokości 113,00 m, przy użyciu płuczki bentonitowej (ciężar właściwy 1,11–1,16 kg/l), otwór został zarurowany rurami Ø 13 3/8", a rury zacementowane do wierzchu (próba szczelności – 6,5 MPa). Zarurowanie rurami Ø 13 3/8" miało na celu odizolowanie luźnych utworów czwartorzędowych i neogeńskich, które zawierają horyzonty wodonośne oraz stanowią zagrożenie dla stabilności otworu, a także zwietrzałych stropowych partii karbonu.

Sekcja 12 ¼", interwał 113,00–501,00 m (pionowy)

Po cementacji pierwszej – przewodnikowej – kolumny rur otwór był głębiany świdrem Ø 12 ¼" przy użyciu płuczki bentonitowej (ciężar właściwy 1,15–1,16 kg/l) do głębokości 501,00 m. Po osiągnięciu tej głębokości otwór został zarurowany kolumną rur Ø 9 5/8", zacementowaną do wierzchu, na której zamontowano głowicę przeciwerupcyjną. Posadowienie tej kolumny rur miało na celu odcięcie strefy tektonicznej uskoku Książęcego.

Utraty płuczki: 7 m³ @ 128 m MD, od głębokości 138 m MD dobowe zaniki w ilości 25 m³, 12 m³ i 2 m³ – likwidowane dodawaniem lokatorów organicznych i zatłaczaniem pasty.

Zaciskanie przewodu: do 5 ton @ 202 m, do 5 ton @ 189 m, do 15 ton @ 186–165 m.

Sekcja 8 ½", interwał 501,00–1192,00 m (kierunkowy)

Dalsze wiercenie w karbonie było prowadzone bezrdzeniowo średnicą 8 ½" przy użyciu płuczki polimerowej (ciężar właściwy 1,05–1,07 kg/l). Sekcja 8 ½" wiercona była zestawem z silnikiem wgłębnym kierunkowym (MWD) z budowaniem krzywizny. System pomiarowy MWD (*measured while drilling*), zlokalizowany w łączniku za silnikiem wgłębnym, umożliwiał rejestrację azymutu, kąta nachylenia, położenia czoła świdra oraz niektórych parametrów technicznych wiercenia. Trajektorię osi wiercenia w rzucie poziomym i pionowym przedstawia figura 23. Od głębokości 670 m (KOP) otwór był intensywnie krzywiony w kierunku północnym, aby przy głębokości mierzonej po trajektorii otworu – 1183,70 m, co odpowiada głębokości pionowej – 985 m, osiągnąć kąt – 94,93 stopnia w azymucie 0,9 stopnia. Taka trajektoria spowodowała odejście rzutu głębokości końcowej o 334,35 m w kierunku północnym. W czasie wiercenia natrafiono na nierozpoznaną

wcześniej i niemożliwą do przewidzenia sytuację tektoniczną, której skutkiem było przejście osi wiercenia w płaszczyźnie zrzutu pokładów 501-510, a w konsekwencji osiągnięcie stropowej części warstw porębskich bez przewiercenia tych pokładów (skrót tektoniczny) – fig. 24.

Po odwierceniu sekcji kierunkowej, powyżej punktu rozpoczęcia wiercenia sekcji poziomej 6", otwór został zarurowany kolumną $\varnothing$ 7" do głębokości 1189 m, zacementowaną na zakładkę do głębokości 400 m. Dla potwierdzenia trajektorii otworu, przed jego orurowaniem rurami 7" został wykonany pomiar żyroskopem.

Utraty płuczki: 950 m – 0,35 m³/15 min., 1005 m – 6 m³/h, 1013–1019 m – 0,8 m³/15 min., 1058 m – 0,57 m³/20 min., 1114 m – 2,5 m³/10 min., 1114–1121 m – 3 m³/h, 1121–1132 m – 2 m³/h, 1132–1137 m – 1,5 m³/h, 1137–1192 m – 2,4 m³/h; likwidowane przez wtłaczanie pasty i przybitki w łącznej ilości – 20,7 m³ pasty i 65,1 m³ przybitki.

Zaciskanie przewodu: do 30 ton @ 1132 m.

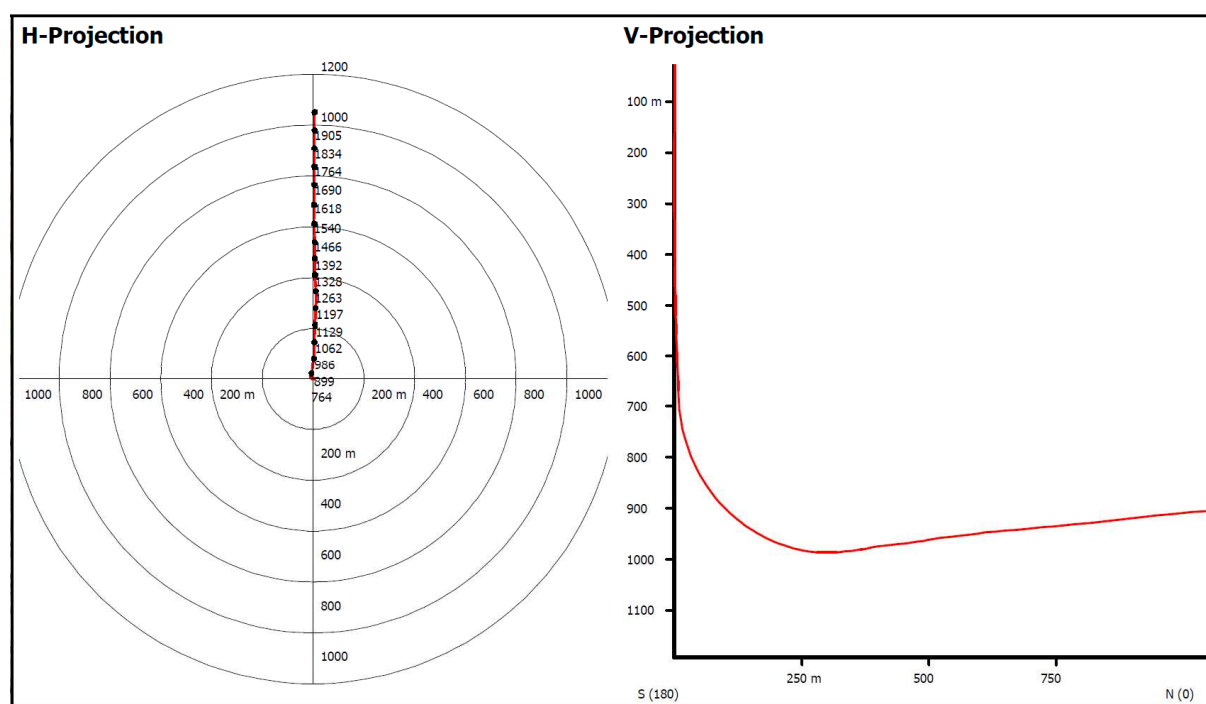


Fig. 23. Wesola PIG-2H – trajektoria osi wiercenia w rzucie poziomym i pionowym

Sekcja 5 7/8", interwał 1192,00–1918,00 m (horyzontalny)

Dalsze wiercenie w sekcji horyzontalnej (poziomej) prowadzone było bezrdzeniowo średnicą 5 7/8" przy użyciu płuczki polimerowej (ciężar właściwy 1,05–1,07 kg/l) o parametrach pozwalających utrzymać stabilność ścian otworu i zminimalizować możliwości uszkodzenia strefy przyodwiertowej. Wiercenie było prowadzone zestawem z silnikiem

wgłębnym z użyciem systemów pomiarowych MWD i LWD zlokalizowanych w łączniku za silnikiem wgłębnym. System pomiarowy LWD (*logging while drilling*) pozwalał na ciągłe rejestrowanie naturalnego promieniowania gamma przy pomocy orientowanej sondy gamma umieszczonej w bardzo małej odległości za świdrem, co umożliwiało efektywne sterowanie trajektorią odwiertu i utrzymywanie jej w obrębie pokładu węgla poprzez wczesne wykrywanie, że świder zbliża się do stropu lub spągu pokładu węgla tj. granicy litologicznej węgiel-iłowiec, manifestującej się wzrostem natężenia promieniowania gamma.

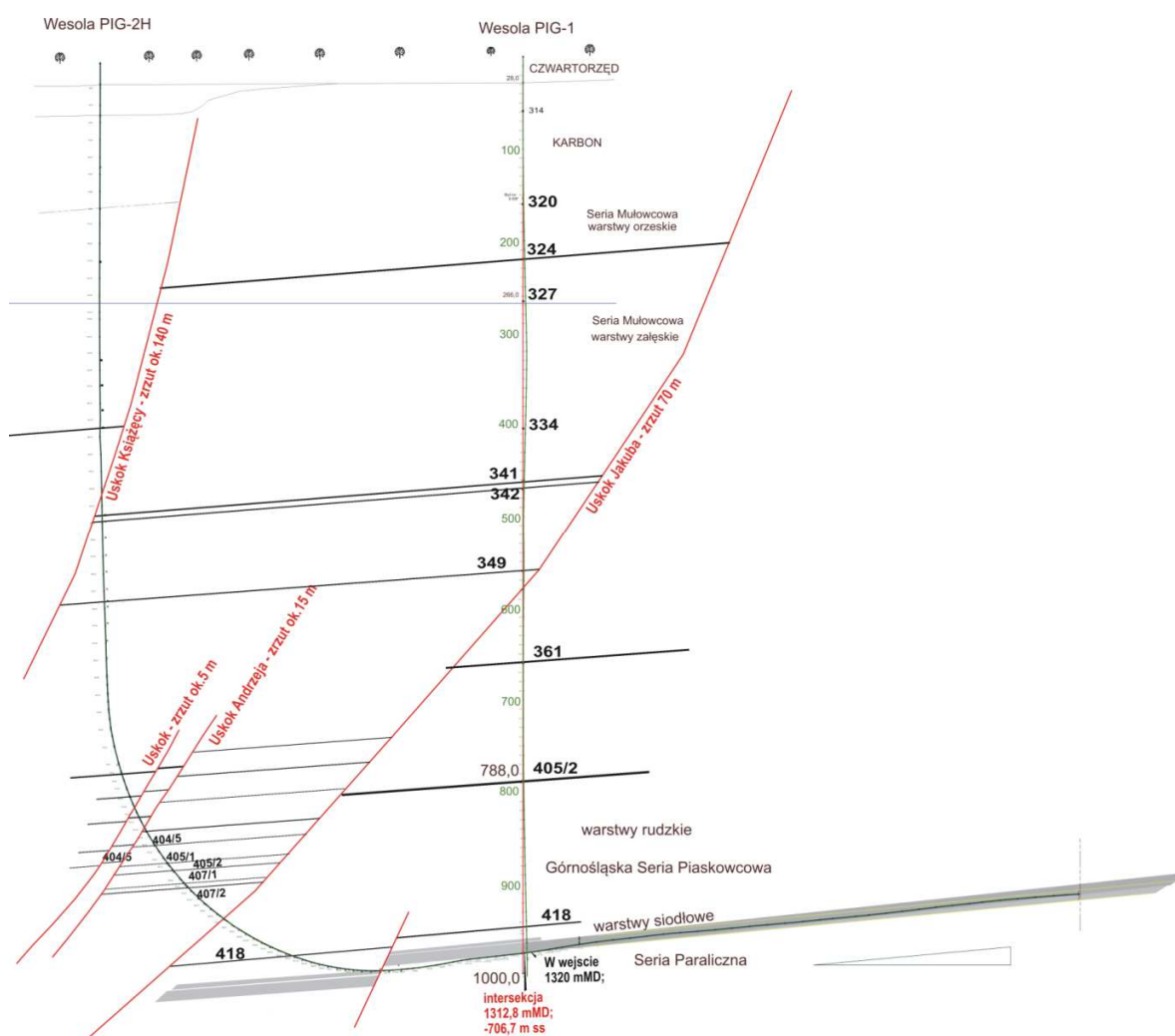


Fig. 24. Trajektoria osi wiercenia Wesola PIG-2H z uwzględnieniem otworu Wesola PIG-1 i miejsca intersekcji

Wiercenie otworu od buta rur 7" prowadzone było pod spągiem pokładu 510 (z opisanych wyżej przyczyn tektonicznych) ze zmniejszającą się odległością od spągu pokładu, aż do przecięcia (intersekcji) z otworem pionowym Wesola PIG-1 – fig. 24. Przecięcie odwiertu pionowego (PIG-1) otworem poziomym (PIG-2H) zostało zrealizowane

przy pomocy systemu naprowadzającego RMRS (*Rotating-Magnetic-Ranging-System*). Naprowadzanie odcinka horyzontalnego nastąpiło dzięki zastosowaniu specjalnej aparatury detekcyjnej umieszczonej w sondzie zapuszczonej do odwiertu pionowego (PIG-1), która wykrywała pole magnetyczne wytwarzane przez emiter firmy Prime Horizontal umieszczony w łączniku nad świdrem. Przecięcie odwiertu pionowego miało miejsce w odcinku zarurowanym rurą z włókna szklanego na głębokości 1312,80 m MD (974,9 m TVD), poniżej pokładu 510, a wejście w pokład 510 od głębokości 1318,00 m MD, przy całkowitym wejściu na głębokości 1320,00 m MD (ok. 2 m – wiercenie styczne ze spągami pokładu 510). Po wejściu w pokład 510 wiercenie było kontynuowane w tym pokładzie z kątem ok. 96-97° na długości 600 m do osiągnięcia głębokości końcowej 1918 m MD. Po zakończeniu wiercenia sekcja horyzontalna pozostała niezarurowana. Wiercenie w pokładzie 510 przebiegało bez żadnych komplikacji wiertniczych (np. zaciskanie przewodu, utraty płuczki) z dużym postępem w granicach 11–13 m/h.

W trakcie wiercenia otworu horyzontalnego Wesoła PIG-2H zrezygnowano z drugiego odcinka poziomego w pokładach węgla 501-510 za przecięciem intersekcyjnym z osią odwiertu Wesoła PIG-1. Wykonane badania rdzeni z odwiertu Wesoła PIG-1 wskazały na znacznie niższe, niż zakładano parametry gazowe oraz zbiornikowe pokładów węgla 501-510. W związku z tym uznano, że do osiągnięcia celu geologicznego konieczne będzie zastosowanie zabiegów stymulacji produktywności metanu (szczelinowania), które w Projekcie Robót Geologicznych ujmowane były jako jedna z możliwych opcji. Z kolei zasięg szczelinowania, przeprowadzonego w odwierconym odcinku poziomym w pokładzie 510, objąłby także górotwór, w którym projektowany był drugi odcinek poziomy, co jego odwiercenie czyniłoby bezzasadnym. Ponadto w zależności od przyjętej technologii szczelinowania obecność drugiego odcinka poziomego mogłaby znacząco obniżyć skuteczność procesu szczelinowania lub nawet uniemożliwić jego wykonanie.

Roboty końcowe – zabudowa odwiertu na powierzchni

Po zakończeniu wiercenia otwór został zatłoczony wodą zasoloną (3% roztwór KCl), a urządzenie wiertnicze zostało zdemontowane. Szyb otworu wraz z bodnią został zabezpieczony (analogicznie jak otwór Wesoła PIG-1 – opis w rozdziale 4.3.2) i przygotowany do wykonania zabiegów szczelinowania.

4.4.3. Dozór geologiczny i opróbowanie

Wykwalifikowany personel geologiczny, posiadający stosowne uprawnienia, i z doświadczeniem w badaniach metanu pokładów węgla sprawował ciągły (całodobowy) dozór geologiczny podczas wiercenia i pomiarów geofizycznych. Dozór geologiczny był nadzorowany przez geologa inwestora. Zakres obowiązków geologa dozoru był analogiczny, jak w czasie wiercenia otworu Wesoła PIG-1 (opis w rozdziale 4.3.3).

Otwór Wesoła PIG-2H był wiercony bezrdzeniowo. Przez geologa dozoru pobierane były próby okruchowe ze zwiercin na sitach. Metodyka poboru prób i ich opis był taki sam jak dla odcinka bezrdzeniowego otworu Wesoła PIG-1 (opis w rozdziale 4.3.3). Po zakończeniu wiercenia skrzynie z próbami okruchowymi zostały protokolarnie przekazane do PIG-PIB.

4.4.4. Laboratorium kontrolno-pomiarowe (*mudlogging*)

Na otworze Wesoła PIG-2H na cały okres wiercenia zainstalowany był serwis laboratorium kontrolno-pomiarowego (*mudlogging*) w celu rejestracji parametrów wiercenia i wykrywania węglowodorów. Zasady działania i zakres parametrów rejestrowanych bezpośrednio z czujników oraz z przetwarzania i kalkulacji danych był analogiczny jak w czasie wiercenia otworu Wesoła PIG-1 (opis w rozdziale 4.3.4).

4.4.5. Badania geofizyczne

Z uwagi na to, że zasadniczym przeznaczeniem otworu intersekcyjnego Wesoła PIG-2H było przewiercenie otworu pionowego i prowadzenie dalszego wiercenia w pokładach węgla 501–510, nie planowano wykonania klasycznych pomiarów geofizyki wiertniczej po zakończeniu wiercenia sekcji $\varnothing 8 \frac{1}{2}$ " (kierunkowej) oraz $\varnothing 6$ " (horyzontalnej). Pomiary te byłyby skomplikowane technicznie, ryzykowne i bardzo kosztowne, podczas gdy informacje w ten sposób uzyskane nie były niezbędne do wykonania zadania geologicznego. Jedynie 18.02.2014 r., po odwierceniu sekcji $\varnothing 12 \frac{1}{4}$ " do głębokości końcowej tej sekcji (501,00 m) w odcinku pionowym wykonano:

- profilowanie średnicy otworu (kawernomierz)
- naturalne profilowanie gamma

- pomiar cementomierzem akustycznym wraz z sondą gamma do głębokości posadowienia kolumny rur okładzinowych $\varnothing 13 \frac{3}{8}$ " (113,00 m), celem kontroli stanu zacementowania tej kolumny rur.

Zamiast klasycznych pomiarów geofizyki wiertniczej wykonywano natomiast ciągłe pomiary geofizyczne podczas wiercenia sekcji $\varnothing 8 \frac{1}{2}$ " (kierunkowej) oraz $\varnothing 6$ " (horyzontalnej) z użyciem systemów pomiarowych LWD (*logging while drilling*) i MWD (*measured while drilling*), zlokalizowanych w łączniku za silnikiem wgłębnym, które zostały przedstawione w rozdziale opisującym przebieg wiercenia w tych sekcjach (rozdział 4.3.2).

Dane z pomiarów polowych zostały przygotowane w formatach cyfrowych – pdf i las.

4.5. Testy dopływu metanu

Testy produkcyjne dopływu metanu w zestawie połączonych otworów wiertniczych Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2G zostały przeprowadzone w dwóch seriach – przed zabiegami szczelinowania i po tych zabiegach. Obie serie testów wykonała firma Exalo Drilling S.A., Centrum Krosno przy pomocy takiego samego wyposażenia wgłębnego i powierzchniowego. Powierzchniowym miejscem prowadzenia testów był plac wiertni Wesoła PIG-1 (fot. 5). Przed rozpoczęciem testów na placu wiertni oraz w szybie otworu Wesoła PIG-1 wykonano prace przygotowawcze, rekonstrukcyjne i montażowe, polegające na:

- przystosowaniu placu wiertni do montażu urządzeń i wykonania testów
- mobilizacji, montażu i odbioru urządzenia wyciągowego W-360/10
- zapuszczeniu frezera $\varphi 145$ mm (rury fiberglasowe szablonowane szablonem o średnicy 148,6 mm) na rurkach produkcyjnych (przewodzie) $2 \frac{3}{8}$ "
- wypłukaniu otworu do wierzchu korka cementowego przy użyciu agregatu pompowego, czas płukania na spodzie – 2 obiegi
- wyciągnięciu zestawu (przewodu) do wierzchu
- zapuszczeniu korpusu pompy i manometru wgłębnego (zestawu wgłębnego $2 \frac{3}{8}$ " API) z łącznikiem zaczepowym pompy do głębokości:
 - o but rur wydobywczych – 996,70 m
 - o łącznik posadowy (zaczepowy) pompy N11-20 – 987,27 m
 - o ciśnieniomierz wgłębny – 949,80 m
 (mocowanie kabla od manometru wgłębnego do rurek produkcyjnych $2 \frac{3}{8}$ ")
- montażu wieszaka rurek produkcyjnych (gwint wieszaka $2 \frac{7}{8}$ " EU)

- instalacji kabla pomiarowego ciśnieniomierza wgłębnego
- montażu głowicy pompowej
- zapuszczeniu pompy API 20-125-RHAC na żerdziach pompowych $\frac{3}{4}$ "C (mocowanie stabilizatorów na żerdziach pompowych)
- montażu napędu pompy – indywidualnego żurawia pompowego IŻP 1000 – ustawieniu laski pompowej
- demontażu i demobilizacji urządzenia wyciągowego
- mobilizacji i montażu urządzeń do testowania odwiertu
- montażu urządzeń i sprzętu napowierzchniowego zgodnie ze schematem technologicznym
- testowaniu (próby ciśnieniowe) i kolaudacji urządzeń.

Zestawienie danych technicznych urządzenia wyciągowego W-360/10 użytego do rekonstrukcji otworu Wesoła PIG-1 oraz montażu wyposażenia wgłębnego przedstawia tabela 32, podstawowe informacje techniczne wyposażenia wgłębnego i powierzchniowego – tabele 33 i 34, natomiast czasowy przebieg prac związanych z testami produkcyjnymi – tabela 35.

Tabela 32. Dane techniczne urządzenia wyciągowego W-360/18

Napęd mechanizmów		silnik napędowy samochodu STEYR 32 S32 P38 o mocy 320 KM przy 2200 obr./min.
Maszt	typ	teleskopowy
	wysokość do osi wielokrążka stalowego	18,0 m
	max. udźwig na haku / obciążenie robocze	360 kN
	olinowanie	2x3
Wyciąg		jednobębnowy z napędem łańcuchowym
Lina wielokrążkowa		średnica liny – 22 mm
Napięcie odciągów		odciagi siłowe 4,5–2,5 kN

Tabela 33. Wyposażenie wgłębne do testów produkcyjnych dopływu metanu

Rodzaj urządzenia		Głębokość montażu [m]
Pompa	API 20-125 RHAC	987,27
Ciśnieniomierz wgłębny	PIEZO 0,75"	949,80

Tabela 34. Wyposażenie napowierzchniowe do testów produkcyjnych dopływu metanu (fot. 5)

Żuraw pompowy IŻP -1000	11 kW
Separator 2,5 m ³ x 10 Bar	R-10
Rura wentylacyjna do odpuszczania gazu	4" x 4,5 m
Zbiornik magazynowy wody	30 m ³
Dodatkowe zbiorniki magazynowe wody	15 m ³ + 1 m ³
Zestaw pomp do przetłaczania płynu	4 kW
Odcinek pomiarowy gazu	
Panel zasilający ciśnieniomierz	

Tabela 35. Rozkład czasowy prac związanych z wykonaniem testów produkcyjnych dopływu metanu

Rodzaj prac	Okres
Pierwsza seria testów (przed szczelinowaniem)	
Roboty przygotowawcze, prace rekonstrukcyjne w otworze oraz montaż urządzeń wgłębnych i powierzchniowych	24.06. – 3.07.2014 r.
Testy produkcyjne dopływu metanu	4.07. – 12.08.2014 r.
Test odbudowy ciśnień po pierwszej serii testów	13.08. – 19.08.2014 r.
Prace demontażowe	19.08. – 23.08.2014 r.
Druga seria testów (po szczelinowaniu)	
Roboty przygotowawcze, prace rekonstrukcyjne w otworze oraz montaż urządzeń wgłębnych i powierzchniowych	14.02. – 23.02.2015 r.
Testy produkcyjne dopływu metanu	24.02. – 3.04.2015 r.
Prace demontażowe i likwidacyjne odwiertu Wesola PIG-1	4.04. – 17.04.2015 r.



Fot. 5. Elementy wyposażenia powierzchniowego do testów produkcyjnych dopływu metanu – plac wiertni Wesola PIG-1

Prace przygotowawcze oraz rekonstrukcyjne przed rozpoczęciem pierwszej i drugiej serii testów przebiegły zgodnie z projektami technicznymi, bez awarii i zakłóceń. W trakcie prac rekonstrukcyjnych przed rozpoczęciem pierwszej serii testów w otworze Wesoła PIG-1 wykonano dodatkowe pomiary geofizyczne w interwale 900–999,4 m mające na celu doprecyzowanie miejsca posadowienia rury z włókna szklanego i przecięcia intersekcyjnego (p. rozdz. 4.3.6).

Również w czasie pierwszej serii testów prace przebiegały bez awaryjnie i generalnie zgodnie z założonym harmonogramem, aczkolwiek z pewnymi modyfikacjami. Według założeń projektowych pierwszą fazę testów miano prowadzić z prędkością obniżania lustra wody w otworze około 100 m/dobę, aż do osiągnięcia dopływu wody złożowej. Po osiągnięciu dopływu wód złożowych prędkość ta według założeń miała zostać zmniejszona do około 10 m/dobę. Ze względu jednak na to, że po wykonaniu prac rekonstrukcyjnych poziom wody w otworze ustabilizował się na głębokości 592 m (ciśnienie 508,30 psi), przystąpiono od razu do fazy drugiej, czyli obniżania poziomu lustra wody z prędkością ok. 10 m/dobę. Regulacja prędkości obniżania lustra wody była prowadzona na podstawie ciągłego odczytu na powierzchni danych z zamontowanego w szybie otworu ciśnieniomierza wgłębnego. Początek dopływu gazu zanotowano przy poziomie lustra wody na głębokości 761,3 m (ciśnienie 267,90 psi) w piętnastym dniu testów. Obniżanie lustra wody prowadzono do osiągnięcia stabilizacji na głębokości ok. 920–930 m (ciśnienie ok. 42–35 psi). Uzyskiwana w czasie testów woda złożowa we wzrastającej ilości od ok. 0,5 do 3 m³/dobę w czasie pierwszych 2 tygodni testów (do czasu dopływu gazu), a następnie w ustabilizowanej ilości ok. 1,5–2,0 m³/dobę, gromadzona była w szczelnych zbiornikach stalowych, a następnie transportowana cysterną do miejsca utylizacji. Natomiast wypływający z otworu gaz odpuszczany był do atmosfery w ilości początkowo wzrastającej od ok 10 do 250 m³/dobę, a następnie w ustabilizowanej ilości ok. 230–260 m³/dobę. W czasie testów na bieżąco prowadzone były pomiary gęstości wydobytej wody oraz zawartości chlorków, a dla uzyskanego gazu wykonywane były pomiary zawartości CH₄ metanomierzem. Okresowo pobierane były próbki gazu i wód złożowych do badań składu chemicznego.

Po zakończeniu testów dopływu metanu (wyłączeniu pompy), przez tydzień prowadzony był test odbudowy ciśnień, następnie przystąpiono do demontażu urządzeń wgłębnych i powierzchniowych na czas przestoju do zakończenia szczelinowania.

Drugą serię testów (po szczelinowaniu) wykonano za pomocą tego samego sprzętu powierzchniowego i wgłębnego, zamontowanego na dokładnie tych samych głębokościach. Ogólne założenia projektowe tej serii testów były analogiczne jak dla serii pierwszej, przy

czym bazując na wynikach osiągniętych w czasie poprzednich testów (znając ciśnienie i głębokość lustra wody w otworze, przy których pojawił się dopływ gazu) harmonogram pompowania został zmodyfikowany następująco:

- do obniżenia lustra wody w otworze do głębokości 660 m – pompowanie bez przerw
- obniżenie lustra od 660 m do 700 m – w ciągu 1 doby
- obniżenia lustra od 700 m do 740 m – w ciągu 2 dob
- od głębokości 740 m – obniżanie lustra z prędkością 10 m/dobę
- głębokość 920–930 – poziom stabilizacji lustra wody.

Regulacja prędkości obniżania lustra wody była prowadzona – analogicznie jak przy pierwszej serii testów – na podstawie ciągłego odczytu pomiarów z ciśnieniomierza wgłębnego. Po wykonaniu prac rekonstrukcyjnych poziom wody w otworze ustabilizował się na głębokości 546 m (ciśnienie 573,75 psi). Początek dopływu gazu zanotowano przy poziomie lustra wody na głębokości 789,80 m (ciśnienie 227,50 psi) w dwunastym dniu testów. Razem z dopływającym gazem stwierdzono blisko dwukrotnie większą – niż poprzednio – ilość wody złożowej (blisko 3 m³/dobę), co powodowało od głębokości poziomu wody ok. 913 m (ciśnienie ok. 51 psi) konieczność ciągłego pompowania z wydatkiem 100–120 l/godz. Taki wydatek nie zapewniał jednak utrzymania stabilizacji ciśnienia (poziomu lustra wody) w związku z czym zmieniono skok laski pompowej, pozwalający osiągnąć wydatek 200 l/godz. Jednocześnie w dopływającej wodzie złożowej stwierdzono znaczne zanieczyszczenie pyłem węglowym (zjawisko nie występujące przy pierwszej serii testów), ilość tej zawiesiny zwiększała się w miarę obniżania lustra wody, co powodowało zatykanie pompy, aż do jej całkowitej blokady, i konieczność wyciągania pompy do oczyszczenia. Co istotne, blokada pompy (również po wyciągnięciu, oczyszczeniu i ponownym zapuszczeniu) miała miejsce niemalże na tych samych głębokościach lustra wody i ciśnieniach:

- 928,50 m, ciśnienie 39,69 psi
- 929,00 m, ciśnienie 39,35 psi
- 934,60 m, ciśnienie 21,91 psi.

Po dwukrotnym wyciągnięciu, oczyszczeniu i zapuszczeniu pompy i kolejnej jej blokadzie uznano, że dalsze takie działania byłyby bezzasadne i generowałyby tylko zbędne koszty (każdorazowo do wyciągnięcia i zapuszczenia pompy konieczne było użycie urządzenia wyciągowego, które stosowane było do rekonstrukcji otworu), ponadto mogłyby prowadzić do zniszczenia pompy. Niemożliwa była także wymiana pompy na inny rodzaj (pompę

śrubową) ze względu na długi okres oczekiwania na dostarczenie takiej pompy (brak na terenie kraju) oraz wysokie koszty jej wypożyczenia. W związku z powyższym dalsze testowanie dopływu metanu zakończono.

Uzyskiwana w czasie drugiej serii testów woda złożowa oraz gaz były zagospodarowywane analogicznie jak w czasie – opisanej powyżej – pierwszej serii testów. Przeprowadzono również analogiczne opróbowanie i badania analityczne wód złożowych i gazu.

4.6. Szczelinowanie hydrauliczne pokładu węgla 510

Szczelinowanie hydrauliczne w pokładzie węgla 510 w odcinku horyzontalnym otworu badawczego Wesoła PIG-2H wykonano w dniu 31.10.2014. Prace zostały wykonane przez serwis szczelinowania firmy Halliburton (proces szczelinowania, urządzenia i materiały) przy wsparciu serwisu rekonstrukcyjnego firmy Exalo Driling S.A., Centrum Krosno (urządzenie wiertnicze wraz z przewodem wiertniczym).

Przed przystąpieniem do szczelinowania przeprowadzone zostały przez firmę Exalo prace rekonstrukcyjne, polegające na przerobieniu i wypłukaniu odwiertu. Pełny program prac rekonstrukcyjnych obejmował:

- mobilizację i montaż urządzenia do rekonstrukcji Cardwell KM 200
- odbiór techniczny (kolaudację) zmontowanego urządzenia na odwiercie
- zatłoczenie odwiertu wodą
- montaż oraz próbę sprawności i szczelności uzbrojenia przeciwerupcyjnego
- marsz kontrolny frezerem stożkowym o średnicy 5 7/8” na rurach płuczkowych 2 7/8” do głębokości końcowej tj. 1 918 m (MD)
- przerobienie napotkanych interwałów przewężeń otworu lub zasypów
- wypłukanie otworu
- wyciągnięcie zestawu przewodu do wierzchu.

Przerobienie otworu po montażu i kolaudacji urządzenia rozpoczęto w dniu 25.10.2014 r. Prace wykonywano z użyciem silnika wgłębnego. W czasie prac stwierdzono dość znaczne zaniki płuczki (wody), łącznie 53 m³, oraz kilkukrotne zaciąganie przewodu, maksymalnie do 15 T., co przedłużyło czas prac rekonstrukcyjnych, końcową głębokość końcową otworu, tj. 1918 m MD osiągnięto 28.10.2014 r.

Przygotowanie do zabiegów szczelinowania rozpoczęło 27.10.2014 r., po wcześniejszej mobilizacji i montażu sprzętu oraz dostarczenia materiałów do zabiegów, w tym propantu (materiału podsadzkowego) oraz wody (fot. 6). Podstawowy sprzęt do wykonania zabiegu szczelinowania stanowiły:

- urządzenie do rekonstrukcji Cardwell KM 200
- pompy HQ-2000 do pompowania przez rury płuczkowe – 2 szt.
- pompy Twin HQ do pompowania w przestrzeni pierścieniowej – 1 szt.
- mieszacz wstępny
- mieszacz główny
- zbiorniki na wodę o pojemności 80 m³ – 9 szt. (w tym dwa zbiorniki robocze na żel liniowy)
- silosy na podsadzkę – 2 szt.
- Centrum Kontroli Technicznej z RTO i Laboratorium Terenowym;
- urządzenie Surgi Jetting Tool (SurgiFrac) – głowica szczelinująca
- Jednostka Slickline z korkami oraz łącznikami posadowymi.



Fot. 6. Montaż urządzeń do szczelinowania w otworze Wesola PIG-2H

W niezarurowanym odcinku horyzontalnym w pokładzie węgla 510 zaplanowanych zostało wykonanie do 8 zabiegów szczelinowania w odstępie po ok. 82–83 m. Każdy zabieg został tak zaprojektowany, aby połowiczna długość modelowej szczeliny w rozkładzie horyzontalnym nie przekraczała 70 m, a wysokość szczeliny (w rozkładzie pionowym) nie przekraczała 15 m (fig. 25).

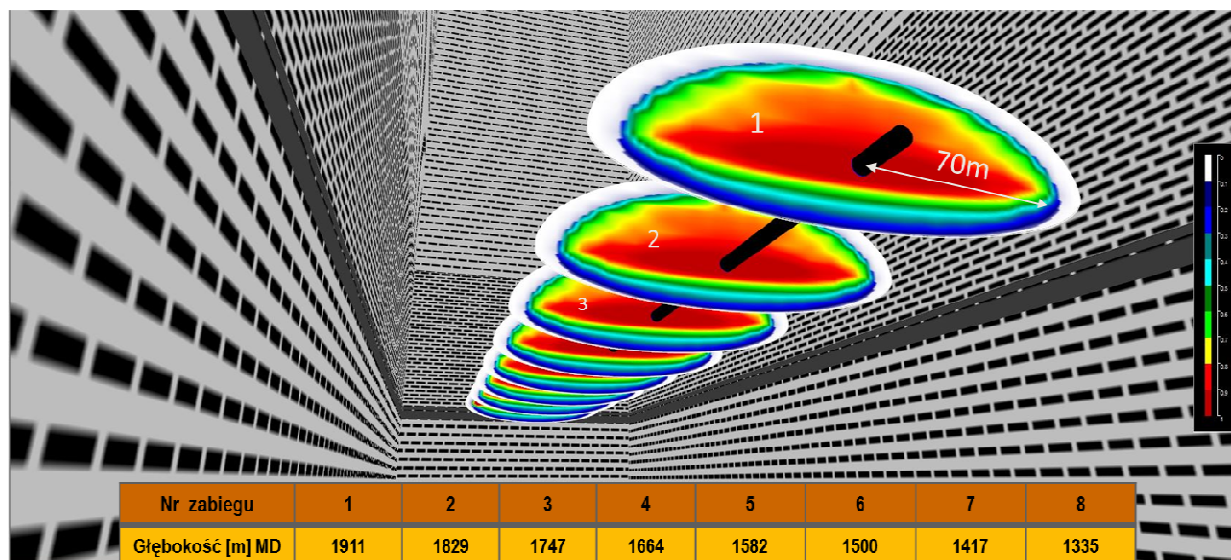


Fig. 25. Zakładany rozkład szczelin i interwałów do szczelinowania w otworze Wesola PIG-2H (model wg programu wg programu Halliburtona)

Zapuszczenie zestawu zabiegowego do szczelinowania hydraulicznego przeprowadzono w dniach 29-30.10.2014 r., a zabiegi szczelinowania wykonano 31.10.2014 r. – pierwszy w godzinach porannych, drugi w godzinach wieczornych (zał. tekst. 13). Wykonano 2 z 8 planowanych zabiegów hydraulicznego szczelinowania na głębokościach 1891,5–1892,5 m MD i 1833,0–1834,0 m MD (w stosunku do projektu, głębokości zabiegów zostały zweryfikowane po analizie przebiegu prac rekonstrukcyjnych). Po drugim zabiegu, na skutek utraty stabilności ścian otworu w trudnym do określenia interwale, nastąpiła całkowita utrata cyrkulacji w otworze i przychwycenie przewodu wiertniczego wraz z głowicą szczelinującą SurgiFrac. Przez następne dwa dni prowadzono próby uwolnienia przychwyczonego przewodu i przywrócenia cyrkulacji poprzez miechowanie i zatłaczanie płynu (także żelu z wykorzystaniem urządzeń – pomp wysokociśnieniowych – Halliburtona). Próby te nie przyniosły pozytywnego rezultatu, aczkolwiek uzyskano informacje zawężającą miejsce przychwycenia przewodu do odcinka horyzontalnego za przecięciem intersekcyjnym (uzyskano łączność hydrauliczną z otworem pionowym Wesola PIG-1). W związku z tym w dniu 02.11.2014 r. zakończono prace serwisu szczelinowania

i rozpoczęto prace demontażowe. Jednocześnie podjęto decyzję o instrumentacji przychwyconego przewodu wraz z głowicą szczelinującą, którą rozpoczęto 4.11.2014 r. z wykorzystaniem dostarczonego na wiertnię lewego przewodu 3.1/2" IP. W tym dniu wyciągnięto pierwszy zestaw rur przychwyconego przewodu z odcinka pionowego, w tym łączniki posadowe jednostki Slickline Halliburtona.

Przebieg procesu szczelinowania

Przed zabiegiem w otworze wykonano tunele hydro-perforacyjne oraz test chłonności, którego celem było sprawdzenie efektywności cięcia/hydroperforacji oraz określenie spodziewanego zakresu ciśnień podczas pracy, a także szybkości spadku ciśnienia po przeprowadzonym zabiegu szczelinowania. W celu wykonania tuneli hydro-perforacyjnych tłoczony był żel liniowy wraz z piaskiem 100Mesh z koncentracją 120 kg/m^3 z wydatkiem $1,27 \text{ m}^3/\text{min}$. Cięcie/hydro-perforacja trwała około 10 minut.

Główny zabieg wykonano przy użyciu żelu usieciowanego wraz z podsadzką, który tłoczono poprzez rury płuczkowe 2 7/8" ze średnim wydatkiem tłoczenia $1,33 \text{ m}^3/\text{min}$ przy pierwszym zabiegu (na gł. 1891,5–1892,5 m MD) oraz $1,47 \text{ m}^3/\text{min}$ przy drugim zabiegu (na gł. 1833,0–1834,0 m MD). W tym samym czasie żel liniowy pompowano do przestrzeni pierścieniowej 7" x 2 7/8" z wydatkiem tłoczenia $0,95 \text{ m}^3/\text{min}$ przy pierwszym zabiegu oraz $1,04 \text{ m}^3/\text{min}$ przy drugim zabiegu.

Czas pompowania pierwszego zabiegu na głębokości 1891,5–1892,5 m MD wyniósł 83,03 min. Użyto $72,369 \text{ m}^3$ żelu liniowego, $15,102 \text{ m}^3$ żelu liniowego niosącego 1,494 tony podsadzki kwarcowej 100MESH do wykonania tuneli hydro-perforacyjnych oraz $18,750 \text{ m}^3$ żelu usieciowanego i $20,078 \text{ m}^3$ żelu usieciowanego niosącego 13,309 tony podsadzki kwarcowej 20/40 na potrzeby głównego zabiegu (zał. tekst. 13).

Czas pompowania drugiego zabiegu na głębokości 1833,0–1834,0 m MD wyniósł 51,88 min. Użyto $47,992 \text{ m}^3$ żelu liniowego, $14,906 \text{ m}^3$ żelu liniowego niosącego 1,608 tony podsadzki kwarcowej 100 MESH do wykonania tuneli hydro-perforacyjnych oraz $17,052 \text{ m}^3$ żelu usieciowanego i $19,714 \text{ m}^3$ żelu usieciowanego niosącego 12,961 tony podsadzki kwarcowej 20/40 na potrzeby głównego zabiegu (zał. tekst. 13).

Do wykonania zabiegów szczelinowania hydraulicznego został użyty płyn szczelinujący na bazie guaru. Bazowym płynem był żel liniowy. Płyn ten był używany w czasie cięcia, do pompowania w przestrzeń pierścieniową oraz w czasie przybitki. Żel sieciowany był przygotowany poprzez dodanie składnika sieciującego oraz łamacza struktury

do żelu liniowego. Płyn sieciowany był pompowany poprzez rury 2 7/8'' natomiast żel liniowy był pompowany w przestrzeń pierścieniową 7'' x 2 7/8''.

W czasie wykonywania zabiegów szczelinowania na głowicy odwiertu pionowego Wesoła PIG-1 zamontowany był transmiter ciśnienia, przekazujący dane do Centrum Dowodzenia TCC na wiertni Wesoła PIG-2H.

4.7. Instrumentacja przychwyconego przewodu wiertniczego w otworze Wesoła PIG-2H

Po wykonaniu drugiego zabiegu szczelinowania hydraulicznego w odcinku horyzontalnym nastąpił brak cyrkulacji cieczy w otworze i brak ruchu przewodu wiertniczego. W odwiercie pozostał przewód wiertniczy 2 7/8'' o długości 1833 m oraz narzędzie do szczelinowania SurgiFrac o długości 0,8 m. Po kilku dniach negatywnych prób miechowania i uzyskania cyrkulacji podjęto decyzję rozkręcania uwięzionego zestawu (p. rozdz. 4.6). Dla prowadzenia prac instrumentacyjnych zastosowano „lewy” przewód wiertniczy 3 1/2'' z narzędziami typu: gwintowniki, czopy Jasiona, tuty. Rozkręcanie i wyciąganie przewodu 2 7/8'' do głębokości 1235 m trwało 4 doby i przebiegało zgodnie z oczekiwaniami. Po wyjściu z odcinka orurowanego sukcesem zakończyła się jeszcze tylko jedna próba do głębokości 1282,62 m; w otworze pozostało 551,16 m przewodu (fig. 26).

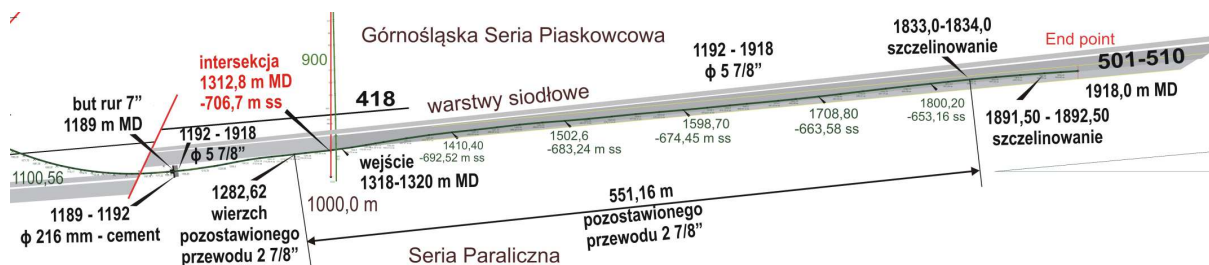


Fig. 26. Położenie przychwyconego przewodu po pierwszej części instrumentacji

Dalsze próby napotkały na nieoczekiwane duże komplikacje. Przewód ratunkowy z kolejnymi narzędziami utykał w głębokości od 1193,0 m pod butem rur 7''. Zastosowano drugi zestaw „prawego” przewodu 2 7/8'' z frezerami czołowymi, stożkowymi i rurowymi do przerabiania otworu i przygotowania wierzchu przewodu do połączenia się z narzędziami ratunkowymi. Ślady pracy na frezerach i narzędziach ratunkowych nie pozwalały na stwierdzenie ich pracy na przewodzie wiertniczym. Po długotrwałych pracach instrumentacyjnych udało się przejść odcinek otworu bezpośrednio za butem rur, wyciągając zaklinowaną tam prawdopodobnie część przewodu (fot. 7).



Fot. 7. Wyciągnięta w dwóch częściach rura przychwyconego przewodu

Do dalszych działań przyjęto plan prac polegający na obwiercaniu frezem rurowym pierwszej rury przychwyconego zestawu za pomocą przewodu „prawego”, a następnie przykręcanie się do obwierconej części za pomocą drugiego przewodu „lewego”. Konsekwentna realizacja tego planu przyniosła spodziewane efekty, aczkolwiek ze względu na ciągle zapuszczanie, wyciąganie i zamianę przewodów wymagało to znacznego czasu. W efekcie finalnym wyciągnięty został cały przychwycony przewód wiertniczy wraz z głowicą szczelinującą.

Prace ratunkowe w odwiercie kierunkowym Wesola PIG-2H prowadzone były od 1.11.2014 r. do 13.02.2015 r. (w tym od 4.11.2014 r. – prace instrumentacyjne), czyli 105 dni w ruchu ciągłym. W tym czasie:

- wyciągnięto 1833 m pozostawionego zestawu, średnio ok. 17,5 m na dobę,
- wykonano 85 marszy przewodem „lewym” 3 1/2” oraz 51 marszy przewodem „prawym” 2 7/8”,
- zużyto 12 gwintowników, 10 czopów Jasiona, 4 tutogwintowniki, 5 frezów stożkowych, 2 frezy czołowe, 12 koronek frezów rurowych.

W ogólnym czasie trwania prac instrumentacyjnych 80% czasu zajęły operacje zapuszczania i wyciągania narzędzi ratunkowych i frezujących, 15% operacje wgłębne, tj. próby połączenia z zestawem zabiegowym, prace narzędzi frezujących i specjalnych oraz 5% przestoje związane z awariami mechanicznymi, przeglądami urządzenia, oczekiwaniem na decyzje itp. Należy tu dodać, że prace te prowadzone były w bardzo trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych i podkreślić wyjątkową determinację działań wykazywaną zarówno przez Państwowy Instytut Geologiczny, jak i przez firmę Exalo Drilling S.A., Centrum Krosno wykonującą instrumentację.

Trudno jednoznacznie określić przyczyny przychwycenia przewodu. Szereg przesłanek wskazuje na złożoność tego procesu i znaczny wpływ nieznanych wcześniej i niemożliwych do przewidzenia zaburzeń tektonicznych w strefie uskoku Książęcego, rozłokowanych dalej w kierunku północnym, niż wynikałoby to z informacji geologicznych i górniczych KWK „Mysłowice-Wesoła”. Wprawdzie strefa ta razem z poprzecznym uskokiem Jakuba została odcięta poprzez orurowanie otworu, ale niewielkie zburzenia (nie powodujące strat w płuczce w czasie wiercenia) mogły występować tuż za butem rur, które początkowo uszczelnione przy cementacji kolumny rur 7”, potem się uaktywniły. Nieznaną, ograniczoną chłonność potwierdza stosunkowo niski poziom stabilizacji wód w połączonych otworach (głębokości ok. 550-590 m) w czasie rekonstrukcji i rozpoczynania testów produkcyjnych (po zakończeniu wierceń oba otwory wypełnione były wodą do wierzchu). Można założyć, że w czasie drugiego zabiegu szczelinowania, zwiększone ciśnienie w przestrzeni międzypierścieniowej uaktywniło ten odcinek profilu otworu. Taką koncepcję uwiarygadniają szczególnie komplikacje przebiegu instrumentacji tuż za butem rur. Na ten stan rzeczy należy nałożyć jeszcze zwiększone udroźnienie drożności górotworu poprzez sam zabieg szczelinowania, co w istocie było jego celem. Potwierdzają to obserwacje dotyczące wynoszonego materiału w czasie instrumentacji. Był to zarówno piasek kwarcowy użyty do szczelinowania, ale w ilościach nie odpowiadających ilościom zużytej podsadzki do zabiegu, jak i materiał węglowy w postaci ziarnistej, w odróżnieniu od materiału wynoszonego z wodą złożową w czasie drugiej serii testów, który reprezentował znacznie drobniejszą frakcję (pyłu węglowego).

Reasumując, należy podkreślić, że tak pionierskie prace, prowadzone w Polsce po raz pierwszy, a w warunkach eksploatowanego złoża węgla kamiennego przypuszczalnie po raz pierwszy w skali światowej, nieodzownie były związane ze znacznym elementem ryzyka, także z powodów niemożliwych do przewidzenia warunków geologicznych, a w ich następstwie – złożonych procesów zachodzących w górotworze, co prawdopodobnie miało miejsce w opisywanym przypadku. Niewątpliwie jest również to, że przeprowadzenie z sukcesem przedstawionej wyżej akcji instrumentacyjnej wyeliminowało szereg poważnych problemów eksploatacyjnych w złożu węgla kamiennego KWK „Mysłowice-Wesoła” oraz poniesienie znacznych strat materialnych, których łączna wartość wielokrotnie przewyższyłaby koszty wykonanych prac instrumentacyjnych. Duże znaczenie ma również to, że wyciągnięcie przychwyczonego przewodu umożliwiło pełne przystąpienie do drugiej serii testów dopływu metanu.

Istotne jest także nabycie nowych doświadczeń wiertniczych. Była to pierwsza w Polsce udana instrumentacja w otworze kierunkowym, wszystkie inne zakończyły się niepowodzeniem. Podstawowe wnioski wynikające z nowych doświadczeń wiertniczych są następujące:

1. Prace instrumentacyjne w odwiertach horyzontalnych są znacznie trudniejsze niż odwiertach pionowych. Ich specyfika nie pozwala na bezpośrednie stosowanie zasad znanych z prac ratunkowych w odwiertach pionowych.
2. Rozkład przykładanych sił jest złożony poprzez zjawisko tarcia (zwłaszcza na krzywionym odcinku przejściowym); działa tzw. „efekt sznurka” – w części pionowej podczas napinania przewód wiertniczy jest naprężony, natomiast w części poziomej – luźny. Duża część siły przyłożonej na napięcie przewodu jest tracona na siły tarcia na „kolanie” odwiertu.
3. Inne są zasady rozkręcania przewodu. Napinanie przewodu w odcinku poziomym w sposób przyjęty w odwiertach pionowych nie przynosi efektu – wartość rejestrowana na haku nie pokrywa się z wielkością siły napinającej na rozkręcanym połączeniu. To samo odnosi się do wielkości momentu rozkręcającego i ilości obrotów.
4. Przy tego rodzaju pracach wymagana jest cierpliwość i doświadczenie zawodowe (w otworze Wesola PIG-2H prace prowadzone były pod bezpośrednim nadzorem kierownictwa Działu Rekonstrukcji), konieczny jest wysoko wyspecjalizowany dozór wiertniczy z umiejętnością analizy bieżącej sytuacji i prawidłowy wybór stosownych rozwiązań inżynierskich oraz sprzętu instrumentacyjnego.
5. Do określenia wielkości sił naprężających, momentu rozkręcającego, czy ilości obrotów należy stosować dane, które są wypadkową prób empirycznych.
6. Duża ilość marszy przewodem „lewym” $3\frac{1}{2}$ ” – brak kontroli sił działających na narzędzia instrumentacyjne, wymuszała szukania optymalnych parametrów metodą prób i błędów. Do rozkręcenia 1235 m przewodu w rurach potrzeba było tylko 8 marszy, natomiast do rozkręcenia pozostałych 598 m w poziomym odcinku otworu – 77 marszy przewodem „lewym” $3\frac{1}{2}$ ”, oraz 41 marszy przewodem „prawym” $2\frac{7}{8}$ ” z frezem rurowym w celu oczyszczenia otworu z piasku zabiegowego i materiału węglowego.

4.8. Ochrona środowiska, likwidacja odwiertów i rekultywacja terenu

Obszar, na którym zlokalizowano otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H w części przypowierzchniowej zbudowany jest z piasków i żwirów wodnolodowcowych zlodowacenia odry. Miąższość tych osadów nie przekracza 10 m. Pierwszy poziom wodonośny występuje na głębokościach od 2 do 5 m p.p.t. Przepływ wód pierwszego poziomu wodonośnego odbywa się w kierunku SSE. Bezpośrednie otoczenie odwiertów to tereny leśne, należące do dużego, zwartego kompleksu zwanego Lasami Pszczyńskimi. W odległości ok 1 km na wschód rozciągają się tereny przemysłowe kopalni „Mysłowice-Wesoła” z szybami głównymi. Najbliższe osiedla mieszkaniowe znajdują się około 3–3,5 km na wschód od odwiertów.

Podczas prowadzenia robót geologicznych podejmowane były działania minimalizujące szkodliwe oddziaływanie na poszczególne komponenty środowiska. Prace prowadzone były zgodnie z wszelkimi regulacjami prawnymi oraz dobrą praktyką, aby zapobiec dewastacji powierzchni terenu, gleby, ujęć wody, istniejącej szaty roślinnej, upraw, zabudowań i innych elementów infrastruktury. Usytuowanie wierceń w dość znacznych odległościach od zabudowań i obszarów chronionych w praktycznie całkowicie wyeliminowało uciążliwe oddziaływanie robót. Okres prowadzenia wierceń i zabiegów szczelinowania był również korzystny dla środowiska leśnego w bezpośrednim sąsiedztwie lokalizacji otworów wiertniczych, w tym szczególnie dla ptaków ze względu na ominięcie okresu lęgowego.

Celem zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniem podjęto szereg działań m.in. poprzez zastosowanie odpowiednich urządzeń i technologii minimalizujących powstawanie zagrożeń oraz zabezpieczenia gruntu przed skutkami ewentualnych awarii poprzez wyłożenie folii w miejscach szczególnie narażonych na wycieki substancji ropopochodnych tj. pod urządzeniem wiertniczym, zbiornikiem paliwa i magazynem smarów.

W wyniku prowadzonych robót geologicznych wytworzone zostały odpady wydobywcze oraz odpady niebezpieczne i inne niż niebezpieczne. Gospodarka nimi prowadzona była na podstawie Programu Gospodarowania Odpadami oraz decyzji Marszałka Województwa Śląskiego na wytwarzanie odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne.

Budowa geologiczna i stopień rozpoznania przewiercanych formacji w zasadzie wykluczał powstanie istotnych zagrożeń bezpieczeństwa, typu erupcji gazu czy wypływu

płuczki z otworów i jej ucieczkę, mimo to na obydwu wierceniach – Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H – zamontowane zostały głowice przeciwerupcyjne.

Wpływ prowadzonych prac na środowisko naturalne kontrolowany był poprzez monitoring środowiska w niezbędnym zakresie. W celu oznaczenia stanu początkowego środowiska, w obrębie wytyczonych placów odwiertów wykonano sondy badawcze, z których do badań laboratoryjnych pobrano próby gleb. Badania stanu chemicznego gleb obejmowały wykonanie standardowych analiz na zawartość metali i sumę olejów mineralnych (C₁₂-C₃₄). Po zakończeniu robót wiertniczych i przywróceniu terenu robót do stanu wyjściowego przeprowadzono identyczny zakres analiz.

Likwidacja odwiertów i rekultywacja terenu

Zgodnie z postanowieniami Prawa Geologicznego i Górniczego z 9 czerwca 2011 roku (t.j. Dz.U. 2015 r. poz. 196 z późn. zm.), Ustawą Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku (t.j. Dz.U. 2013 poz. 1232 z późn. zm.), oraz Ustawą o Ochronie Gruntów Rolnych i Leśnych z dnia 3 lutego 1995 (t.j. Dz.U. 2015 poz. 909 z późn. zm.) po zakończeniu robót geologicznych teren został przywrócony do stanu pierwotnego.

Zgodnie z zapisami „Planu Ruchu na wykonanie otworu badawczego Wesoła PIG-1” i „Planu Ruchu na wykonanie otworu badawczego Wesoła PIG-2H” po zakończeniu wierceń i badań otworowych, odwierty Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2 zostały zlikwidowane. Podczas likwidacji wykonano korki cementowe w rurach, a przestrzeń pomiędzy korkami cementowymi została zatłoczona płuczką wiertniczą z dodatkiem środków zapobiegających korozji rur.

Rozmieszczenie korków cementowych w odwiercie Wesoła PIG-1:

- I 982–770 m p.p.t.
- II 50–0 m p.p.t.

Rozmieszczenie korków cementowych w odwiercie Wesoła PIG-2H

- I 1235–1123 m p.p.t. – przestrzeń na odcinku 100 m powyżej buta rur, obejmuje planowane do eksploatacji górnice pokłady węgla 501 i 510 (pokłady wyżej leżące nie są przewidziane do eksploatacji lub są wyeksploatowane)
- II 50–0 m p.p.t.

Po związaniu cementu w obu otworach wykonano pozytywne próby szczelności ciśnieniem 2 MPa/30 min. Po zakończeniu prac cementacyjnych, wyciągnięciu przewodu i demontażu urządzenia więźba rurowa obydwu odwiertów została wycięta na głębokości

1,5 m od powierzchni terenu. Ucięte rury zostały zabezpieczone przez przyspawanie dekla wykonanego z płyty stalowej, a bodnia zasypana piaskiem. W miejscach odwiertów zostały zainstalowane tabliczki z nazwą otworu, czym zakończono likwidację odwiertów:

- Wesoła PIG-2H w dniu 21.02.2015 r.
- Wesoła PIG-1 w dniu 17.04.2015 r.

Prace rekultywacyjne na terenach obu wiertni rozpoczęto od zdjęcia płyt betonowych oraz usunięcia podsypki piaskowej i foli spod płyt. Następnie zasypane zostały karpy, wyrównana powierzchnia terenu, humus zebrany przed rozpoczęciem prac rozplantowany na obszarze placów wiertni, a gleba przygotowana pługofrezarką. Teren ogrodzono siatką o wysokości 2 m. Przywrócenie gruntów do stanu pierwotnego odbyło się zgodnie z zapisami decyzji Dyrektora Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach nr 26/2013 z dn. 16.05.2013 r. na czasowe wyłączenie z produkcji gruntów leśnych oraz w uzgodnieniu z Nadleśnictwem Katowice. Procedura odnowienia nasadzeń prowadzona była na podstawie „Zarządzenia nr 53 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2011 r. w sprawie wprowadzenia „Zasad hodowli lasu” w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe”. Skład gatunkowy drzewostanu uzgodniony został z Nadleśnictwem Katowice.

Na terenie wiertni Wesoła PIG-2H wykonano nasadzenia z wykorzystaniem ok. 9 tys. szt. sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym (mikoryzowanych) sosny zwyczajnej, dębu szypułkowego i świerka. Prace mające na celu przywrócenie terenu do stanu pierwotnego zakończono 30 kwietnia 2015 r. i teren został protokolarnie zwrócony Nadleśnictwu Katowice. Na wniosek PIG-PIB Prezydent Miasta Katowice decyzją nr 140/O/2015 z dn. 3.07.2015 r. uznał rekultywację ww. terenu za zakończoną.

Na terenie wiertni Wesoła PIG-1 z uwagi na to, że wykonanie zalesienia możliwe jest tylko we wczesnych miesiącach wiosennych lub jesienią, nasadzenia prowadzone były we wrześniu i październiku 2015 r. Do ich wykonania wykorzystano ok. 5,5 tys. szt. sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym (mikoryzowanych) sosny zwyczajnej i dębu szypułkowego. Po zakończeniu prac teren został protokolarnie zwrócony Nadleśnictwu Katowice, a PIG-PIB wystąpił do Prezydenta Miasta Katowice z wnioskiem o uznanie rekultywacji za zakończoną (zakładany czas wydania decyzji – grudzień 2015 r.).

4.9. Badania laboratoryjne

Laboratoryjne badania analityczne wykonane zostały głównie na próbach węglowych pobranych z rdzenia otworu Wesoła PIG-1 (interwał rdzeniowany 591,00–1000,00 m). Wykonane zostały także badania prób gazu i wód złożowych pobranych w czasie testów dopływu metanu oraz badania środowiskowe gleb z terenów wiertni obu otworów. Celem wykonania badań prób rdzenia węglowego było określenie zawartości gazu (metanonośności), a także własności fizycznych, chemicznych, petrofizycznych i petrograficznych przewierczanych pokładów węgla (tab. 36, 37).

Tabela 36. Zestawienie czynności laboratoryjnych i miejsce ich wykonania

Czynności laboratoryjne	Laboratorium Geokrak		Laboratorium zewnętrzne
	terenowe	stacjonarne	
Przygotowanie i testy szczelności (testowanie) kanistrów	x	x	-
Pobór prób węgla	x	-	-
Pomiar objętości gazu desorbowanego	x	x	-
Pobór prób gazu desorbowanego		x	-
Wysyłka prób gazu desorbowanego		x	-
Pomiar wolnej objętości w kanistrach	-	x	-
Pomiar gęstości rdzenia	-	x	-
Dokumentacja fotograficzna i opis litologiczny prób rdzeni	-	x	-
Pomiar objętości i pobór prób gazu resztkowego	-	x	-
Wysyłka prób gazu resztkowego	-	x	-
Wyznaczenie ilości gazu traconego i całkowitego	-	x	-
Przygotowanie prób rdzeni do dalszych badań	-	x	-
Wysyłka prób rdzeni	-	x	-
Analiza składu gazu desorbowanego i resztkowego	-	-	x
Pomiar izoterm sorpcji	-	x	-

Tabela 37. Lista wykonawców i zakres wykonywanych badań laboratoryjnych

Wykonawca	Badanie	Procedura/norma
Geokrak Sp. z o.o., Kraków	pobór prób rdzeni, dokumentacja fotograficzna i opis litologiczny pobranych prób	Procedura własna
Geokrak Sp. z o.o., Kraków	desorpcja rdzeni i pobór prób gazu desorbowanego	ASTM D7569-10, procedury własne
Geokrak Sp. z o.o., Kraków	pomiar i pobór gazu resztkowego	ASTM D7569-10, procedury własne
Instytut Nafty i Gazu, Kraków	analiza składu próbek gazu desorbowanego i resztkowego	procedura własna
Główny Instytut Górnictwa, Katowice	analiza techniczna i elementarna węgla	spis norm dla poszczególnych analiz znajduje się w załączniku tekstowym
Uniwersytet Śląski, Katowice	oznaczenie zawartości grup macerałów oraz refleksyjności witrinitu	ISO 7404-5, 2009, PN-ISO 7404-5:2002, ISO 7404-3, 2009, PN-ISO 7404-3:2001
OBUE przy KHW S.A. KWK „Wujek”	badanie metanonośności	Rozp. Min. Gosp. z dnia 28 VI 2002 par. 249 ust. 2
Instytut Nafty i Gazu Kraków	badania petrofizyczne próbek węgla	procedura własna
Geokrak Sp. z o.o. Kraków	pomiar izoterm sorpcji metanu	procedura własna

Do badań gazowych pobierano próby rdzenia węglowego z wybranego odcinka profilu pokładu węgla do pojemników hermetycznych (kanistrów), aby przeprowadzić badania metanonośności metodą USBM (testy desorpcji). Ponadto dla tych samych odcinków profilu pokładu węgla wykonywano badania polską metodą całkowitej degazacji, celem porównania wyników obu metod. Próby do badań na obie metody pobierane były obok siebie. Schemat opróbowania pokładów węgla przedstawiony został w rozdziałach 4.3.3 i 4.3.5 oraz na figurze 22. Na próbach rdzenia węglowego pobranych do desorpcji przeprowadzono dwa rodzaje badań:

- test desorpcji wykonany w laboratorium polowym i stacjonarnym w temperaturze złożowej celem określenia charakterystyki desorpcji węgla (metoda USBM),
- badania laboratoryjne po zakończeniu testu desorpcji obejmujące: oznaczenie zawartości gazu resztkowego, składu gazu z desorpcji, pojemności sorpcyjnej węgla względem metanu (izotermy sorpcji), analizy fizyczno-chemiczne węgla, określenie dojrzałości termicznej (refleksyjności witrynu) oraz składu petrograficznego węgla.

Badania prowadzone w laboratorium polowym opisane zostały w rozdziale 4.3.5.

W laboratoriach stacjonarnych prowadzono następujące badania:

- kontynuowanie pomiarów objętości gazu z desorpcji w warunkach laboratorium stacjonarnego w zależności od natężenia desorpcji,
- kontynuowanie pobierania prób gazu z desorpcji celem określenia składu chemicznego gazu,
- wybór i przygotowanie prób węgla do dalszych analiz po zakończeniu testu desorpcji,
- próby węgla po desorpcji poddano następującym analizom:
 - o określenie zawartości gazu resztkowego dla każdej próby
 - o określenie gęstości objętościowej dla każdej próby
 - o analiza zawartości wilgoci i popiołu dla każdej próby
 - o określenie wilgoci nasycenia dla prób, na których wykonano izotermę sorpcji
 - o pełna analiza własności fizyczno-chemicznych węgla (skład elementarny, ciepło spalania, zawartość części lotnych) dla każdego z opróbowanych pokładów węgla (po uzyskaniu uśrednionej próby węgla z całego pokładu obejmującej próby po desorpcji i rdzeń niedesorbowany)

- o podatność przemiałowa metodą Hardgrove'a dla pokładów 501 i 510 (po uzyskaniu uśrednionej próby węgla z całego pokładu obejmującej próby po desorpcji i rdzeń niedesorbowany)
- o określenie refleksyjności witrynitów i analiza składu petrograficznego (macerałowego) dla ważniejszych wybranych pokładów węgla (powyżej 1,5 m miąższości netto)
- o izoterma adsorpcji wykonana dla pokładów 501 i 510 (po jednej dla każdego pokładu) oraz dla 3 wybranych pokładów węgla w profilu otworu.

Po zakończeniu wiercenia otworu horyzontalnego Wesoła PIG-2H i wstępnej analizie wyników badań wiercenia Wesoła PIG-1 został przeprowadzony test produkcyjny dopływu metanu w otworze pionowym Wesoła PIG-1. W trakcie trwania testów produkcyjnych przeprowadzono badania jakości wód złożowych i gazu (zał. tekst. 8, 9).

W celu określenia wpływu prowadzonych robót geologicznych na środowisko w obrębie wyznaczonych placów wiertni otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H prowadzono monitoring środowiska. Na pobranych do badań próbkach gleby wykonano standardowe analizy na zawartość metali i sumę olejów mineralnych (C₁₂-C₃₄).

4.9.1. Badania własności gazowych węgla

Badania własności gazowych w otworze Wesoła PIG-1 wykonano zgodnie z przedmiotem zamówienia „Dozór geologiczny oraz polowy serwis laboratoryjny dla otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H wraz z wykonaniem badań gazowych, petrofizycznych i petrograficznych na próbkach z otworu Wesoła PIG-1”. Przedmiotem badań gazowych były próby węgla (rdzenia) pobrane z pokładów o minimalnej grubości 1,00 m (tab. 38). Zgodnie z projektem badań na próbkach węgla z otworu Wesoła PIG-1 wykonano następujące badania gazowe:

- testy desorpcji, wykonane metodą USBM,
- badania izoterm sorpcji metanu,
- badania metanonośności pokładów węgla.

Wykonawcą testów desorpcji oraz badań izoterm sorpcji była firma Geokrak Sp. z o.o. z Krakowa, natomiast badania metanonośności wykonano w Ośrodku Badawczo-Usługowym Wentylacji przy KHW S.A. – KWK „Wujek” w Katowicach.

Tabela 38. Zestawienie prób rdzeni pobranych do badań desorpcyjnych

Pokład	Interwał rdzeniowania		Kod próby rdzenia	Interwał próby rdzenia		Długość próby	Masa próby
	od	do		od	do		
	[m]			[m]			
361	660,55	661,66	WES-1/01/D	660,90	661,30	0,40	1024
364	672,30	673,26	WES-1/02/D	672,76	673,16	0,40	945
401	681,25	682,93	WES-1/03/D	681,36	681,76	0,40	1053
			WES-1/04/D	682,40	682,80	0,40	1077
404/1	701,40	702,52	WES-1/05/D	701,76	702,16	0,40	1053
nn1	704,10	705,40	WES-1/06/D	704,32	704,72	0,40	1120
404/5	752,55	756,60	WES-1/07/D	753,01	753,41	0,40	1012
			WES-1/08/D	753,92	754,32	0,40	1107
			WES-1/09/D	755,33	755,73	0,40	1104
nn2	772,95	774,10	WES-1/10/D	773,17	773,58	0,41	962
405/2	786,22	788,00	WES-1/11/D	786,38	786,78	0,40	969
			WES-1/12/D	787,60	788,00	0,40	1116
407/1	801,86	803,42	WES-1/13/D	801,95	802,35	0,40	984
414	873,55	874,95	WES-1/14/D	874,07	874,48	0,41	1212
416	889,90	892,95	WES-1/15/D	890,18	890,58	0,40	1006
			WES-1/16/D	892,42	892,82	0,40	846
nn3	947,47	948,50	WES-1/17/D	948,01	948,41	0,40	1089
501	962,05	965,70	WES-1/18/D	962,35	962,73	0,38	934
			WES-1/19/D	963,97	964,35	0,38	895
			WES-1/20/D	965,10	965,53	0,43	1082
510	966,05	977,10	WES-1/21/D	966,41	966,81	0,40	1000
			WES-1/22/D	967,27	967,67	0,40	1023
			WES-1/23/D	968,22	968,63	0,41	1095
			WES-1/24/D	968,87	969,27	0,40	1063
			WES-1/25/D	969,84	970,24	0,40	1050
			WES-1/26/D	970,97	971,38	0,41	1060
			WES-1/27/D	971,84	972,24	0,40	1054
			WES-1/28/D	972,86	973,26	0,40	1004
			WES-1/29/D	974,19	974,58	0,39	1007
			WES-1/30/D	975,05	975,47	0,42	1102
			WES-1/31/D	975,77	976,17	0,40	941

nn1-3 – pokłady o nieustalonej numeracji

Testy desorpcji wykonano dla 31 prób węgla pobranych z 14 pokładów węgla kamiennego, od pokładu 361 do pokładu 510. Testy desorpcji prowadzono w temperaturach zbliżonych do temperatur złożowych. Zgodnie z metodyką wykonywania testów desorpcji (zał. tekst. 3) procedura badawcza składa się z następujących pomiarów (oznaczeń):

- pomiar objętości desorbującego gazu – określenie zawartości gazu desorbującego – 31 prób,
- pomiar objętości gazu resztkowego – 31 prób,
- analiza chromatograficzna gazu desorbującego – 5 analiz z wybranych 6 prób węgla – w sumie 30 analiz,
- pomiar gazu resztkowego – 31 prób,

- analiza chromatograficzna gazu resztkowego – 31 prób,
- analiza technologiczna węgla w zakresie oznaczenia zawartości wilgoci i popiołu – 31 prób,
- pomiar gęstości prób węgla – 31 prób.

Badania izoterm sorpcji wykonano dla 5 wytypowanych prób węgla. Badania przeprowadzono na próbach nasyconych do stanu wilgoci równowagowej w temperaturach zbliżonych do temperatur złożowych. Zgodnie z metodyką badań izoterm sorpcji (zał. tekst. 3) procedura badawcza składa się z następujących pomiarów (oznaczeń):

- badania pojemności sorpcyjnej dla wyznaczenia izoterm sorpcji – 5–6 pomiarów dla każdej próby, dla ciśnień nasycenia z przedziału około 1–10 MPa.
- określenie wilgoci równowagowej,
- analizy technologicznej węgla w zakresie oznaczenia zawartości wilgoci i popiołu.

Badania metanonośności pokładów węgla wykonano metodą próżniowej, jednofazowej degazacji. Badania te wykonano dla 44 prób węgla pobranych z tych samych pokładów węgla dla których wykonano testy desorpcji. Procedura oznaczenia metanonośności (zał. tekst. 3) przewidywała wykonanie dla każdej z prób następujących pomiarów:

- pomiar zawartości gazu desorbującego ze zmielonej próby węgla,
- analiza chromatograficzna desorbującego gazu,
- analizy technologicznej węgla w zakresie oznaczenia zawartości wilgoci i popiołu.

4.9.2. Badania chemiczno-technologiczne, petrograficzne i petrofizyczne węgla

Badania chemiczno- technologiczne węgla

Próby węgla po desorpcji poddane zostały następującym analizom własności fizyczno-chemicznych węgla: zawartość wilgoci, popiołu i części lotnych, zawartość siarki całkowitej, popiołowej i palnej oraz ciepło spalania w stanie analitycznym, stanie suchym oraz w stanie suchym i bezpopiołowym. Wykonana została też analiza elementarna zawartości pierwiastków: węgla, wodoru, azotu i tlenu. Pomierzono również gęstość pokładów węgla. Badania te wykonano na 12 próbach z poszczególnych pokładów węgla, w przypadku, gdy z jednego pokładu testy desorpcji robione były dla więcej niż 1 próby, badania chemiczno-technologiczne przeprowadzono na próbce uśrednionej. Badania zostały wykonane przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Zakład Oceny Jakości Paliw Stałych w kwietniu i maju 2014 r.

Badania petrograficzne węgla

Oznaczenia refleksyjności witryny oraz analizę składu petrograficznego (pełny skład macerałowy) wykonano na 30 próbach węgla poddanych badaniom desorpcyjnym (typu „D”). Badania zostały wykonane na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (zał. tekst. 3).

Badania petrofizyczne węgla

Celem badań petrofizycznych było oznaczenie parametrów węgla związanych z zaabsorbowanym w węglu metanem. Oprócz oznaczenia własności petrofizycznych, celem tych badań było również wykorzystanie do porównania i kalibracji wykonanych wcześniej badań na próbach ze ściany i otworu dołowego (badania te wykonano w ramach całości projektu badawczego, przed rozpoczęciem wierceń dokumentowanych otworów badawczych, zakres tych prac oraz przebieg i wyniki badań przedstawiono w rozdziałach 3.1.3 oraz 3.4). Badania własności petrofizycznych na próbach z rdzenia otworu wesoła PIG-1 wraz z interpretacją zostały wykonane w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym w Krakowie. W ramach badań wykonano pomiary:

- gęstości materiałowej, szkieletowej i objętościowej,
- porowatości całkowitej, otwartej i efektywnej,
- mikroszczelinowatości.

Oznaczono też zawartość wilgoci i popiołu, zawartości siarki całkowitej, popiołowej i palnej oraz ciepło spalania.

Do badań petrofizycznych pobrano 31 prób rdzeni oznaczonych kodem WES-1/01/P – WES-1/31/P, z 14 pokładów węgla. Szczegółowe zestawienie prób rdzeni, interwały głębokości oraz pokłady, z których je pobrano przedstawiono w tabeli 39. Ze względu na jakość prób rdzeniowych (niewielka średnica rdzenia, spękania), podstawowy zestaw badań wykonano tylko dla 27 próbek. Raport końcowy z ww. badań wraz z metodyką znajduje się w Raporcie końcowym z badań analitycznych wykonanych na próbach pobranych z otworu Wesoła PIG-1 (zał. tekst. 3).

Tabela 39. Zestawienie prób rdzeni pobranych do badań petrofizycznych

Pokład				Interwał próby		Długość próby
Numer	strop	spąg	miąższość	od	do	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
361	660,55	661,66	1,11	660,61	660,78	0,17
364	672,30	673,26	0,96	672,41	672,61	0,20
401	681,25	682,93	1,68	681,76	681,93	0,17
				682,24	682,41	0,17
404/1	701,40	702,52	1,12	701,69	701,86	0,17
nn1	704,10	705,40	1,30	704,14	704,32	0,18
404/5	752,55	756,60	4,05	753,41	753,57	0,16
				754,42	754,56	0,14
				755,17	755,33	0,16
nn2	772,95	774,10	1,15	773,01	773,17	0,16
405/2	786,22	788,00	1,78	786,22	786,38	0,16
				787,37	787,53	0,16
407/1	801,86	803,42	1,56	802,57	802,74	0,17
414	873,55	874,95	1,40	874,74	874,90	0,16
416	889,90	892,95	3,05	890,02	890,18	0,16
nn3	947,47	948,50	1,03	947,69	947,85	0,16
501	962,05	965,70	3,65	963,13	963,30	0,17
				964,35	964,52	0,17
				964,81	964,97	0,16
510	966,05	977,10	11,05	966,25	966,41	0,16
				967,67	967,85	0,18
				968,07	968,22	0,15
				968,71	968,87	0,16
				969,68	969,84	0,16
				970,81	970,97	0,16
				971,68	971,84	0,16
				972,70	972,86	0,16
				974,01	974,19	0,18
				974,88	975,05	0,17
				976,49	976,65	0,16

4.9.3. Badania gazu i wód złożowych z testów produkcyjnych

Badania gazu

Firma Geokrak Sp. z o.o. z Krakowa przeprowadziła badania gazowe na próbach z testów dopływu metanu przed szczelinowaniem i po szczelinowaniu. W pierwszym etapie (przed szczelinowaniem) pobrano 4 próbki gazu, a w drugim etapie 10 próbek gazu (przy czym analizę wykonano na 5 wybranych próbach). Probki pobrane zostały z separatora umieszczonego na otworze Wesoła PIG-1 i umieszczone w szklanych pipetach wypełnionych solanką. W wyniku analiz chromatograficznych określono zawartość N₂, O₂, CO₂, H₂, He oraz węglowodory (C1 – C6) (zał. tekst. 10, 11).

Badania wód złożowych

W celu oznaczenia składu chemicznego wód złożowych, pozyskiwanych podczas testów produkcyjnych metanu z pokładów węgla, pobrano łącznie 8 próbek wody. Próby pobierano po każdym etapie szczelinowania. W I etapie od 14.07.2014 r. do 21.08.2014 r. pobrano 5 próbek wody, a w II etapie w okresie od 26.03.2015 r. do 09.04.2015 r. pobrano 3 próby. Analizy składu chemicznego wykonano w Ośrodku Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach posiadającym certyfikat akredytacji AB 213 N w dziedzinie badań chemicznych i właściwości fizykochemicznych wód, ścieków, gleb, gruntów i osadów. Zakres analiz laboratoryjnych dla próbek wód złożowych obejmował określenie zawartości 25 składników, w tym m. in. chlorków, cynku, ołowiu, kadmu i węglowodorów ropopochodnych (zał. tekst. 12).

4.9.4. Badania środowiskowe

W celu oznaczenia stanu początkowego środowiska, w rejonie projektowanych otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H, w dniu 17.06.2013 r. odwiercono 10 sond badawczych, z których do badań laboratoryjnych pobrano po 5 próbek gruntów, na każdym z analizowanych obszarów. Uśrednione (wymieszane) próby gruntów pobrano z przedziału głębokości 0,3–1,0 m (zał. tekst. 14).

Analizy składu chemicznego wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB posiadającym certyfikat akredytacji AB 283 w dziedzinie badań chemicznych i właściwości fizykochemicznych wód, ścieków, gleb, gruntów, osadów, próbek środowiskowych i geologicznych oraz materiałów roślinnych

Po zakończeniu prac geologicznych w rejonie otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H oraz po wykonaniu rekultywacji terenu poprzez nasadzenia leśne, przeprowadzono badania gruntów w obszarach szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związane z prowadzonymi pracami. W dniu 19.06.2015 r. odwiercono 3 sondy badawcze z których pobrano uśrednione próbki gruntów z przedziału głębokości 0,3–1,0 m (zał. tekst. 14).

Analizy składu chemicznego wykonano w Ośrodku Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach posiadającym certyfikat akredytacji AB 213 N w dziedzinie badań chemicznych i właściwości fizykochemicznych wód, ścieków, gleb, gruntów i osadów.

Zakres analiz laboratoryjnych dla próbek gruntów obejmował określenie zawartości 9 głównych metali zgodnych z załącznikiem do Rozporządzenia Ministra Środowiska

z dn. 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi oraz oznaczenie sumy olejów mineralnych.

5. Wyniki oraz interpretacja przeprowadzonych prac i badań

5.1. Profil otworu pionowego Wesola PIG-1

5.1.1. Stratygrafia i litologia

W profilu otworu Wesola PIG-1 występują utwory czwartorzędu i karbonu. Do opisu utworów karbonu węglonośnego zastosowano podział litostratygraficzny zgodny z aktualną Tabelą stratygraficzną Polski (Wagner red., 2008), tzw. podział Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) (tab. 40) Szczegółowy opis litologiczny profilu otworu przedstawia załącznik tekstowy 1.

Tabela 40. Stratygrafia profilu otworu Wesola PIG-1

Okres	Epoka	Wiek	Jednostki litostratygraficzne		Głębokość spągu [m]	Miąższość [m]		
CZWARTORZĘD			holocen + plejstocen		28,00	28,00		
KARBON	PENSYLVAN	moskow	westfal	B	SERIA MUŁOWCOWA	warstwy orzeskie s.s.	266,00	238,00
				A		p. 327 warstwy załęskie	801,86	535,86
		baszkir	namur	C	GÓRNOŚLAŃSKA SERIA PIASKOWCOWA	p. 407/1 warstwy rudzkie s.s.	962,05	160,19
				B		p. 501 warstwy siodłowe p. 510	977,10	15,05
	MISSISPI	serpuchow		A	SERIA PARALICZNA	warstwy porębskie	1000,00	22,90

Czwartorzęd (0,00–28,00 m) stanowią piaski średnioziarniste miejscami gruboziarniste, dobrze wysortowane, przechodzące w piaski różnoziarniste z przewagą drobnoziarnistych, słabo wysortowanych.

Karbon (28,00–1000,00 m) nawiercono w otworze Wesoła PIG-1 na głębokości 28,00 m. Są to węglonośne utwory wyższej części profilu karbonu GZW. W profilu otworu pod względem litostratygraficznym reprezentowane są przez serię mułowcową, górnośląską serię piaskowcową oraz serię paraliczną.

Seria mułowcowa (28,00–801,86 m)

westfal B – warstwy orzeskie s.s. 28,00–266,00 m

westfal A – warstwy załęskie 266,00–801,86 m

W serii mułowcowej wyróżnia się dwie jednostki litostratygraficzne: warstwy orzeskie *sensu stricto* i warstwy załęskie. Jako granicę pomiędzy nimi w profilu otworu Wesoła PIG-1 przyjęto pokład 327 (nie stwierdzono tufitu definiującego granicę spągową warstw orzeskich s.s.). W całej serii dominują osady drobnoklastyczne, głównie mułowce, stanowiące ponad 56% miąższości, iłowce stanowiące zaledwie 8% miąższości – występują podrzędnie. Udział piaskowców wynosi 27% miąższości całej serii, większa piaszczystość występuje w warstwach załęskich (22%). W serii występuje 67 pokładów węgla, z których 29 ma miąższość minimalną 1,00 m. Miąższości pokładów węgla wahają się od 0,10–2,10 m. Węglonośność jest dość wysoka, sięga 7,90% miąższości serii.

Górnośląska seria piaskowcowa (801,86–977,10 m)

namur C – warstwy rudzkie s.s. 801,86–962,05 m

namur B – warstwy siodłowe 962,05–977,10 m

Górnośląska seria piaskowcowa jest reprezentowana przez dwie jednostki stratygraficzne – warstwy rudzkie *sensu stricto* i warstwy siodłowe. Strop warstw rudzkich s.s. został wyznaczony w pokładzie 407/1 (nie stwierdzono występowania fauny słodkowodnej stanowiącej ekwiwalent poziomemu Hubert). Granicę pomiędzy warstwami rudzkimi s.s. i siodłowymi stanowi występujący na głębokości 962,05 m strop pokładu 501. Z kolei granicę spągową warstw siodłowych wyznacza spąg pokładu 510 na głębokości 977,10 m. W profilu otworu Wesoła PIG-1 górnośląska seria piaskowcowa składa się głównie z osadów drobnoklastycznych (41% miąższości serii) oraz z piaskowców sięgających 40% profilu. Zawartość węgla jest wysoka i sięga 14,68%. Występują tu 22 pokłady węgla, z czego

7 pokładów ma miąższość min. 1,00 m. Miąższość pokładów węgla waha się od 0,10 do 11,05 m.

Seria paraliczna (977,10–1000,00 m)

namur A – warstwy porębskie 977,00–1000,00 m

Otwór Wesoła PIG-1 sięga tylko stropowej partii serii paralicznej – warstw porębskich. Ten odcinek profilu serii paralicznej składa się głównie z osadów drobnoklastycznych (59% miąższości przewierconego odcinka profilu). Udział piaskowców wynosi 33,84%. Do głębokości 1000,00 m nawiercono tylko jeden pokład węgla, o miąższości 0,55 m.

5.1.2. Zmienność gazowa profilu

W trakcie wiercenia otworu Wesoła PIG-1 cały czas stosowany był serwis laboratorium kontrolno-pomiarowego (*mudlogging*) w celu rejestracji parametrów wiercenia i wykrywania węglowodorów (zał. tekst. 2). Laboratorium posiadało wyposażenie umożliwiające automatyczny monitoring oraz system gromadzenia i przetwarzania danych geologiczno-złożowych i wiertniczych, obejmujący parametry rejestrowane bezpośrednio z czujników oraz z przetwarzania i kalkulacji. Rejestrowano zgazowanie płuczki za metanomierza i chromatografu. Objawy zgazowania płuczki metanem wystąpiły na głębokości 588,0 m w rejonie uskoku Jakub i wyniosły 0,012%. W rejonie pokładu 354 na głębokości 623 m wzrosły do 0,138%, w okolicach pokładu 404/1 na głębokości 706 m zgazowanie metanem wyniosło 0,452%. Wraz ze wzrostem głębokości następował generalnie wzrost zgazowania płuczki: od 0,649% w pokładzie 405/2 na głębokości 790 m, poprzez niewielki spadek w pokładzie 407/2 do 0,499% (głębokość 812 m) i pokładzie 414 do 0,586% (głębokość 876 m), do wzrostu w pokładzie 416 do wartości 1,50% (głębokość 892 m). Następnie w stropie pokładu 510 wartości zgazowania płuczki wynosiły 0,283% (916 m), 0,442% (932 m) i 0,565% (951 m). W pokładzie wartość zgazowania płuczki wyniosła 2,980%.

Desorpcję metodą USBM przeprowadzono na 31 próbach rdzeni z pokładów węgla zalegających w przedziale głębokości 660,55–977,10 m. Temperatura desorpcji wynosiła od 28 do 38°C. Ilość gazu desorbowanego w próbach rdzeni wynosiła od 0,47 do 6,65 m³/t, średnio 3,80 m³/t. Najmniejsza ilość gazu występuje w interwale 660,90–661,30 m, najwięcej gazu stwierdzono w próbie rdzenia w interwale 965,10–965,53 m. Obliczony czas sorpcji waha się pomiędzy 5,5 a 54,3 dniami, podczas gdy dyfuzyjność zawiera się w przedziale

od $85,3 \cdot 10^6$ do $1,72 \cdot 10^6 \text{ min}^{-1}$. Ilość gazu resztkowego w próbach rdzeni wahała się od 1,12 do $3,91 \text{ m}^3/\text{t}$, średnio $2,36 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilość gazu stwierdzono w próbie rdzenia w interwale 753,92–754,32 m, najwięcej gazu zmierzono w próbie rdzenia w interwale 967,27–967,67 m. Ilości gazu traconego wyznaczone z krzywych desorpcji zawierają się w przedziale od 0,04 do $0,53 \text{ m}^3/\text{t}$, średnio $0,26 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilość gazu wyznaczono dla interwału 660,90–661,30 m, podczas gdy największą dla próby na głębokości 966,41–966,81 m. Ilość gazu całkowitego w próbach rdzeni wynosi od 2,00 do $9,54 \text{ m}^3/\text{t}$, średnio $6,43 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilością gazu całkowitego charakteryzuje się próba w interwale od 753,92 do 754,32 m, największą próba na głębokości 969,84–970,24 m (tab. 41). Widoczna jest ogólna wyraźna tendencja wzrostu zawartości całkowitej metanu wraz z głębokością, z niewielkimi odchyleniami od tej tendencji np. pokład 404/5.

Tabela 41. Ilość gazu całkowitego [m^3/t] w poszczególnych próbach

Pokład	Interwał próby rdzenia		Gaz desorbowany [m^3/t]	Gaz resztkowy [m^3/t]	Gaz tracony [m^3/t]	Gaz całkowity [m^3/t]
	od [m]	do [m]				
361	660,90	661,30	0,47	1,63	0,04	2,14
364	672,76	673,16	1,07	2,04	0,19	3,30
401	681,36	681,76	1,68	2,07	0,18	3,93
	682,40	682,80	1,92	1,61	0,18	3,71
nn1	701,76	702,16	1,62	1,99	0,14	3,75
404/5	704,32	704,72	1,45	1,46	0,08	2,99
	753,01	753,41	1,31	1,43	0,10	2,84
	753,92	754,32	0,82	1,12	0,06	2,00
	755,33	755,73	1,22	1,74	0,11	3,08
nn2	773,17	773,58	2,27	2,49	0,17	4,93
405/2	786,38	786,78	2,87	3,43	0,21	6,51
	787,60	788,00	3,00	1,43	0,24	4,66
407/1	801,95	802,35	4,01	2,87	0,36	7,24
414	874,07	874,48	3,37	2,46	0,24	6,07
416	890,18	890,58	4,14	2,39	0,26	6,79
	892,42	892,82	4,60	2,50	0,45	7,54
nn3	948,01	948,41	4,20	2,60	0,29	7,09
501	962,35	962,73	6,25	2,35	0,36	8,96
	963,97	964,35	5,40	2,50	0,30	8,19
	965,10	965,53	6,65	2,09	0,46	9,19
510	966,41	966,81	6,05	2,19	0,53	8,77
	967,27	967,67	4,39	3,91	0,27	8,57
	968,22	968,63	5,04	3,29	0,31	8,64
	968,87	969,27	5,30	2,92	0,28	8,50
	969,84	970,24	5,70	3,52	0,32	9,54
	970,97	971,38	5,82	3,12	0,32	9,26
	971,84	972,24	5,41	2,30	0,35	8,06
	972,86	973,26	5,38	2,21	0,27	7,86
	974,19	974,58	5,83	2,25	0,37	8,45
	975,05	975,47	5,46	2,47	0,33	8,26
	975,77	976,17	5,15	2,88	0,37	8,40

5.2. Profil otworu kierunkowego Wesola PIG-2H

5.2.1. Stratygrafia i litologia

W profilu litologicznym otworu Wesola PIG-2H występują utwory czwartorzędu, neogenu i karbonu. Do opisu utworów karbonu węglonośnego zastosowano podział litostratygraficzny zgodny z aktualną Tabelą stratygraficzną Polski (Wagner red., 2008), tzw. podział Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) (tab. 42) Szczegółowy opis litologiczny profilu otworu przedstawia załącznik tekstowy 5.

Tabela 42. Stratygrafia profilu otworu Wesola PIG-2H

Okres	Epoka	Wiek	Jednostki litostratygraficzne				Głębokość spągu [m MD]	Miąższość [m MD]
CZWARTO-RZĘD	holocen + plejstocen						23,00	23,00
NEOGEN	miocen						51,00	28,00
KARBON	PENSYLVAN	moskow	westfal	B	KSP	warstwy łaziskie	127,00	76,00
		baszkir		A	SERIA MUŁOWCOWA	p. 301 warstwy orzeskie s.s.	460,00*	333,00
				warstwy załęskie		911,00	451,00	
	MISSISIPPI	serpu chow	namur	C	GSP	p. 407/1 warstwy rudzkie s.s.	1159,50*	248,50
		baszkir		A	SP	warstwy porębskie	1318,00-1320,00	160,50
				B	GSP	p. 510 warstwy siodłowe	1918,00	598,00-600,00

* granica tektoniczna

Czwartorzęd (0,00–23,00 m) stanowią piaski średnioziarniste miejscami gruboziarniste, dobrze wysortowane, w spągu z gliną piaszczystą.

Neogen – miocen (23,00–51,00 m) zbudowany jest z iłu marglistego z przewarstwieniami piaskowca średnioziarnistego w spągu z dobrze wysortowanym żwirem.

Karbon (51,00–1918,00 m) nawiercono w otworze Wesoła PIG-2H na głębokości 51,00 m. Są to węglonośne utwory wyższej części profilu karbonu GZW. W profilu otworu pod względem litostratygraficznym reprezentowane są przez krakowską serię piaskowcową, serię mułowcową, górnśląską serię piaskowcową oraz serię paraliczną.

Krakowska seria piaskowcowa – KSP (51,00–127,00 m)

westfal B – warstwy łaziskie 51,00–127,00 m

W profilu litologicznym otworu Wesoła PIG-2H występuje jedynie dolne ogniwo krakowskiej serii piaskowcowej – warstwy łaziskie, zbudowane z osadów grubookruchowych – piaskowców średnio- i gruboziarnistych oraz zlepieńców (100% profilu). Utwory te występują w strefie uskoku Książęcego.

Seria mułowcowa – SM (127,00–911,00 m)

westfal B – warstwy orzeskie s.s. 127,00–460,00 m

westfal A – warstwy załęskie 460,00–911,00 m

W serii mułowcowej, tak jak i w profilu otworu Wesoła PIG-1, występują dwie jednostki litostratygraficzne: warstwy orzeskie *sensu stricto* i warstwy załęskie. Strop warstw orzeskich s.s. stanowi nawiercony na głębokości 127,00 m strop pokładu 301. Granica pomiędzy warstwami orzeskimi s.s. oraz załęskimi jest granicą tektoniczną.

W całej serii dominują osady drobnoklastyczne, głównie mułowce, stanowiące prawie 55% miąższości, iłowce występują podrzędnie – stanowią zaledwie 9% miąższości profilu. Udział piaskowców wynosi 32% miąższości całej serii. W serii występuje 55 pokładów węgla, z czego 16 pokładów ma minimalną miąższość 1,00 m. Węglonośność jest dość wysoka, sięga 4,99% miąższości serii.

Górnśląska seria piaskowcowa - GSP (911,00–1159,50 m; od 1318,00–1320,00 do 1918,00 m)

namur C – warstwy rudzkie s.s. 911,00–1159,50 m

namur B – warstwy siodłowe 1320,00–1918,00

Górnśląska seria piaskowcowa jest reprezentowana przez warstwy rudzkie *sensu stricto* oraz warstwy siodłowe. Strop warstw rudzkich s.s. stanowi nawiercony na głębokości 911,00 m MD pokład 407/1. Granicę spągową warstw rudzkich s.s. w profilu otworu wyznacza kontakt tektoniczny z warstwami porębskimi serii paralicznej. Badawczy otwór Wesoła PIG-2H jest otworem kierunkowym z odcinkiem horyzontalnym nachylonym (wznoszącym się) w kierunku powierzchni terenu. W związku z tym następstwo stratygraficzne utworów występujących w jego profilu od zakończenia krzywienia otworu i osiągnięcia odcinka

horyzontalnego jest odwrotne. Konsekwencją tego jest występowanie w profilu otworu po warstwach porębskich pokładu węgla 510 warstw siodłowych, którego spąg wyznacza granicę pomiędzy warstwami porębskimi i siodłowymi. Początek wejścia w pokład 510 notowany jest na głębokości 1318 m MD, a całkowite wejście w pokład na głębokości 1919 m MD (ok. 2 m – wiercenie styczne ze spągiem pokładu 510). Dalszy profil otworu do końcowej głębokości 1919 m MD stanowi pokład węgla 510 warstw siodłowych.

Warstwy rudzkie s.s. składają się głównie z osadów drobnoklastycznych (50,66% miąższości serii) oraz z piaskowców stanowiących 36% profilu. Zawartość węgla jest dość wysoka – 7,48%. Występuje tu 13 pokładów węgla, z czego tylko 2 mają miąższość min. 1,00 m. Miąższość pokładów węgla waha się od 0,20 do 2,24 m.

Seria paraliczna – SP (1159,50–1320,00 m)

namur A – warstwy porębskie 1159,50–1320,00 m

W profilu otworu Wesola PIG-2H występują tylko utwory skrajnie stropowej partii serii paralicznej – warstw porębskich (tuż poniżej pokładu 510). Litologicznie są to głównie osady drobnoklastyczne (68% długości przewierconego odcinka), udział piaskowców wynosi 23,99%, natomiast węgla 3,55%. Zanotowano trzykrotne wejście w węgiel, przy czym w przynajmniej w jednym przypadku (głębokości 1248,50–1253,00 m MD) nie można wykluczyć wejścia w pokład 510, a następnie wyjścia, po przejściu niewielkiego uskoku.

5.2.2. Zmienność gazowa profilu

W trakcie wiercenia otworu Wesola PIG-2H cały czas stosowany był serwis laboratorium kontrolno-pomiarowego (*mudlogging*) w celu rejestracji parametrów wiercenia i wykrywania węglowodorów (zał. tekst. 6). Laboratorium posiadało wyposażenie umożliwiające automatyczny monitoring oraz system gromadzenia i przetwarzania danych geologiczno-złożowych i wiertniczych, obejmujący parametry rejestrowane bezpośrednio z czujników oraz z przetwarzania i kalkulacji. Rejestrowano zgazowanie płuczki za metanomierza i chromatografu. Objawy zgazowania płuczki metanem wystąpiły na głębokości 460 m w rejonie uskoku Książęcego. Na głębokości 655 m MD od początku otworu zgazowanie osiągnęło wartość 0,81%, następnie spadło do 0,45% na głębokości 725 m MD i do 0,29% w głębokości 765 m MD od początku otworu. Wzrost zgazowania do 2,41% nastąpił na głębokości 836 m MD w rejonie zaburzeń tektonicznych, a na 890 m MD w rejonie pokładu 405/2 wynosił 5,54%. W rejonie kolejnych zaburzeń tektonicznych

(uskoków) w głębokości 1155 m MD od początku otworu zgazowanie wynosiło 9,41%, a po osiągnięciu pokładu 510 w odcinku horyzontalnym wynosiło od 22,1% do 47,6%.

5.3. Badania geofizyczne

Interpretacja badań geofizycznych wykonanych w otworze Wesoła PIG-1 pozwoliła na sformułowanie podstawowych wniosków dotyczących stanu oraz parametrów otworu oraz przewierconych serii litologicznych (zał. tekst. 4).

Na podstawie pomiaru wykonanego cementomierzem akustycznym, określono stan związania cementu z rurami i formacją skalną. Generalnie stan zacementowania otworu w interwale 45–154 m można określić jako dobry.

Na podstawie poprawionych pomiarów skanera elektrycznego XRMI przetworzonych aplikacją IMAGE pakietu Petrosite, przy wykorzystaniu algorytmów AUTODIP wyliczono parametry zapadania warstw. Równocześnie wysokorozdzielczy obraz ścian otworu pozwolił na identyfikację warstw i szczelin, określenie ich upadu, a także wydobyć szczegóły budowy formacji. Praktycznie w całym otworze, również na odcinku wierconym bezrdzeniowo wyinterpretowane kąty upadu warstw osadów karbonu z reguły nie przekraczają 10^0 . Rejestrowane wyższe kąty upadu, są najprawdopodobniej związane z przekątnym warstwowaniem piaskowców. Kierunek upadu warstw jest zmienny.

Spękania i szczeliny występują z różną gęstością, ich nagromadzenia obserwujemy w interwale głębokości ok. 315–346 m, jak również w dolnej części odwiertu, szczególnie od głębokości ok. 820 m do spodu otworu. Przeważają szczeliny wysokokątowe o różnym azymucie. Na podstawie profilowania średnicy odwiertu można stwierdzić, że średnica otworu nie ulega dużym deformacjom i zbliżona jest do średnicy nominalnej.

Na podstawie spektrometrycznego profilowania naturalnego promieniowania gamma można stwierdzić, że przewiercone utwory karbonu górnego, charakteryzują się generalnie wyrównanymi proporcjami składowych spektrometrycznego profilowania gamma (Th, K, U), wartościami średnimi zależnymi od litologii i brakiem wyraźnych anomalii.

Koncentracja toru wynosi średnio 12 ppm (4 ppm w piaskowcach, 15 ppm w osadach drobnoziarnistych), potasu średnio 2% (odpowiednio: 0,5% i 3%), a uranu śr. 4 ppm (odpowiednio: 1 ppm i 4,5 ppm).

Dokonana interpretacja wyników profilowań, głównie profilowania gęstościowego pozwoliła na wydzielenie zalegania pokładów węgla i określenie ich grubości (tab. 43).

Wydzielone na odcinku bezrdzeniowym pokłady węgla posłużyły do korekty profilu ustalonego na podstawie prób okruchowych.

Tabela 43. Pokłady węgla wyznaczone na podstawie interpretacji profilowań geofizyki otworowej

Nr	strop [m]	spąg [m]	miąższość [m]
1	154,8	155,1	0,3
2	156,3	157,8	1,5
3	158,0	158,8	0,8
4	160,4	160,9	0,5
5	183,9	184,4	0,5
6	185,6	186,7	1,1
7	198,1	199,6	1,5
8	200,0	200,3	0,3
9	208,0	209,2	1,2
10	215,6	215,9	0,3
11	222,8	222,9	0,1
12	227,5	228,2	0,7
13	238,5	238,9	0,4
14	241,9	242,5	0,6
15	250,4	255,1	4,7
16	252,7	253,2	0,5
17	257,6	258,0	0,4
18	263,5	264,7	1,2
19	267,5	269,1	1,6
20	288,2	288,5	0,3
21	296,9	298,1	1,2
22	304,2	304,9	0,7
23	312,3	313,4	1,1
24	335,3	335,7	0,4
25	343,0	344,2	1,2
26	348,7	348,9	0,2
27	353,8	354,3	0,5
28	357,4	358,1	0,7
29	358,4	359,4	1,0
30	361,1	361,4	0,3
31	363,8	364,2	0,4
32	390,1	391,3	1,2
33	398,5	398,8	0,3
34	402,9	405,0	2,1
35	406,3	407,2	0,9
36	407,9	408,1	0,2

Nr	strop [m]	spąg [m]	miąższość [m]
37	410,7	411,5	0,8
38	412,5	412,7	0,2
39	419,8	420,2	0,4
40	431,7	432,1	0,4
41	443,1	443,6	0,5
42	444,1	444,6	0,5
43	448,4	448,9	0,5
44	463,5	464,8	1,3
45	468,8	468,9	0,1
46	469,3	469,8	0,5
47	482,5	483,4	0,9
48	494,2	494,6	0,4
49	498,3	498,5	0,2
50	517,3	517,5	0,2
51	529,3	530,0	0,7
52	536,2	536,5	0,3
53	555,8	555,9	0,1
54	560,7	562,8	2,1
55	563,6	563,9	0,3
56	566,9	567,8	0,9
57	572,7	572,9	0,2
58	573,6	574,1	0,5
59	577,3	577,7	0,4
60	587,6	587,9	0,3
61	601,3	602,0	0,7
62	610,1	611,1	1,0
63	615,4	615,8	0,4
64	621,0	621,5	0,5
65	622,3	622,7	0,4
66	624,5	624,8	0,3
67	628,5	628,9	0,4
68	631,2	631,7	0,5
69	647,4	648,2	0,8
70	661,0	662,0	1,0
71	662,7	662,8	0,1
72	672,6	673,6	1,0

Nr	strop [m]	spąg [m]	miąższość [m]
73	674,3	675,2	0,9
74	678,2	678,4	0,2
75	681,6	683,7	2,1
76	688,6	688,9	0,3
77	701,8	703,0	1,2
78	704,4	705,9	1,5
79	711,9	712,3	0,4
80	724,3	724,9	0,6
81	731,6	731,9	0,3
82	750,6	750,8	0,2
83	752,9	755,1	2,2
84	755,4	757,0	1,6
85	759,5	760,1	0,6
86	773,3	774,6	1,3
87	786,5	789,9	3,4
88	801,5	801,8	0,3
89	802,3	803,9	1,6
90	807,9	809,0	1,1
91	810,8	811,7	0,9
92	819,7	820,5	0,8
93	838,2	838,8	0,6
94	849,5	851,4	1,9
95	851,7	852,0	0,3
96	852,4	852,7	0,3
97	860,7	861,1	0,4
98	862,0	862,2	0,2
99	874,2	875,7	1,5
100	890,5	893,5	3,0
101	914,3	914,4	0,1
102	914,9	915,1	0,2
103	931,5	931,8	0,3
104	948,1	949,3	1,2
105	957,2	958,3	1,1
106	962,5	977,3	14,8
107	980,0	980,2	0,2

Na podstawie pomiarów wykonanych w interwale 900–998 m średnicomierzem wieloramiennym (MIT-24) rura fiberglass w otworze Wesola PIG-1 została posadowiona w interwale głębokości 968,20–977,82 m. Rura ta w interwale 977,38–977,68 m została prostopadle przewiercona z otworu Wesola PIG-2H (fig. 27).

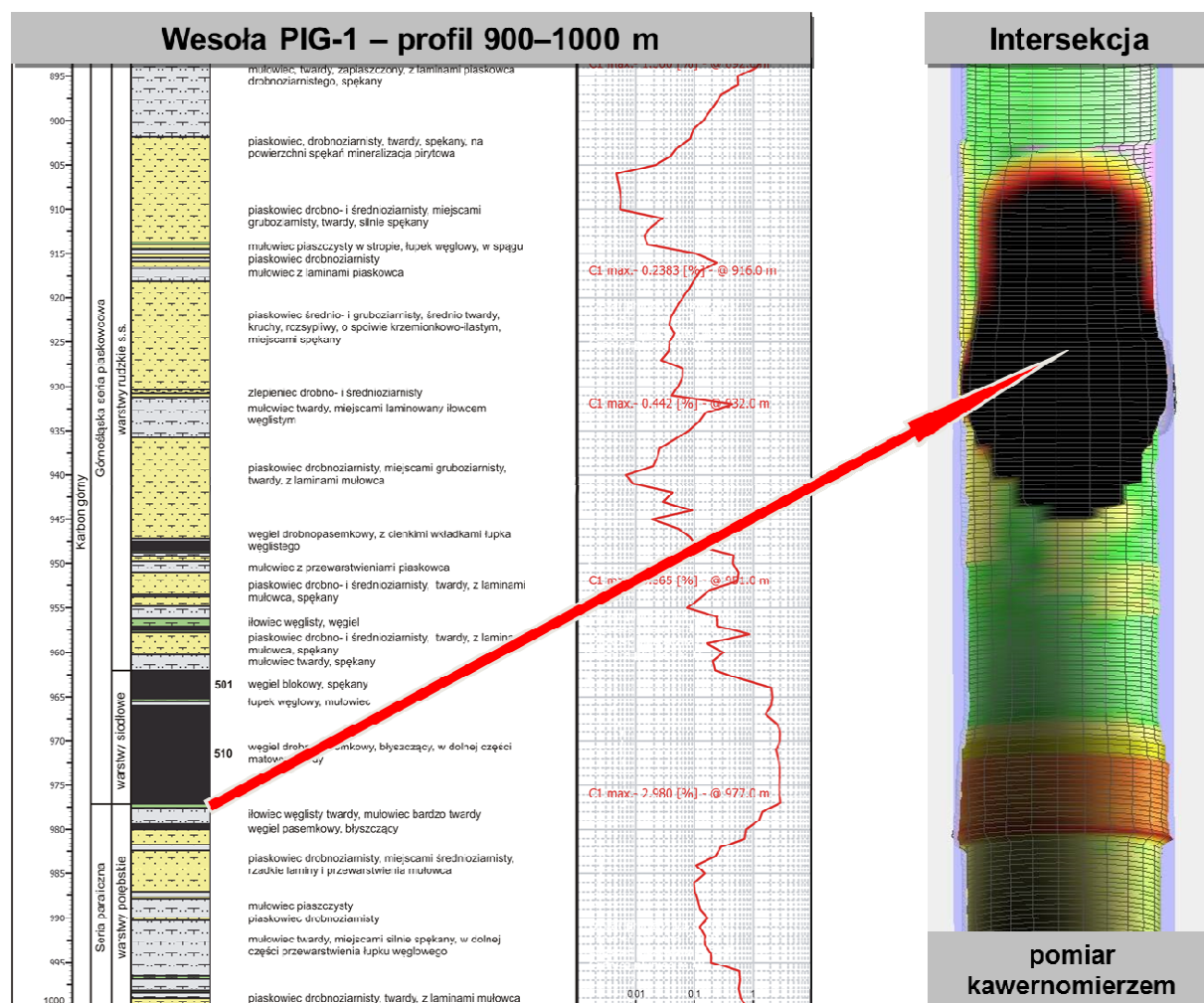


Fig. 27. Intersekcja w otworze Wesola PIG-1 – pomiar kawernomierzem

W otworze Wesola PIG-2H na podstawie pomiaru wykonanego cementomierzem akustycznym, stan związania cementu z rurami i formacją skalną badany w interwale 3–113 m, na przeważającej długości tego interwału określono jako częściowe związanie cementu z otoczeniem (zał. tekst. 7).

5.4. Badania gazowe węgla

5.4.1. Testy desorpcji – metoda USBM

Metoda USBM pomiaru zawartości (gazu) węglowodorów w węglu jest stosowana podczas poszukiwania, rozpoznawania i dokumentowania złóż metanu występującego w złożach węgla kamiennego jako kopaliny głównej. Metoda ta umożliwia określenie zawartości węglowodorów (gazu) w podziale na trzy składowe: gaz tracony, gaz desorbowlany i gaz resztkowy.

Gaz tracony – jest to część gazu sorbowanego (ewentualnie również gazu wolnego) wydzielająca się z pokładu węgla w sposób niekontrolowany, przed zamknięciem próby węgla w pojemniku hermetycznym. Ilość gazu traconego określana jest w sposób analityczny.

Gaz desorbowlany – gaz wydzielający się z próby węgla w pojemniku hermetycznym (test desorpcji). Ta ilość gazu jest mierzona metodą objętościową. Test desorpcji prowadzony jest pod normalnym ciśnieniem, w temperaturze złożowej.

Gaz resztkowy – gaz pozostający w próbie węgla po zakończeniu testu desorpcji. Zawartość gazu resztkowego oznaczana jest metodą próżniową po zmieleniu próby węgla.

Ten sposób pomiaru zawartości gazu umożliwia w sposób bezpośredni na obliczenie ilości gazu (węglowodorów) oraz zasobów gazu desorbowlanego (wydobywalnego). Wyniki testów desorpcji prób węgla zestawiono w tabeli 44 oraz na kartach pomiarowych zestawionych w Raporcie końcowym z badań analitycznych (zał. tekst. 3).

Ilość gazu desorbowanego średnio wynosi $3,80 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilość gazu desorbowanego zanotowano w pokładzie 361 i wynosi ona $0,47 \text{ m}^3/\text{t}$, a największą w pokładzie 501 w interwale 965,10–965,53 m – $6,65 \text{ m}^3/\text{t}$ (tab. 44).

Ilość gazu resztkowego waha się od 1,12 do $3,91 \text{ m}^3/\text{t}$, średnio $2,36 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilość gazu stwierdzono w pokładzie 404/5, a największą w pokładzie 510 w interwale 967,27–967,67 m (tab. 44).

Ilość gazu traconego wyznaczono na podstawie krzywych desorpcji (zał. tekst. 3). Zawartość gazu traconego wynosi średnio $0,26 \text{ m}^3/\text{t}$. Najmniejszą ilość gazu traconego zanotowano w pokładzie 361 i wynosi ona $0,04 \text{ m}^3/\text{t}$, a największą w pokładzie 510 w interwale 966,41–966,81 m i wynosi ona $0,53 \text{ m}^3/\text{t}$ (tab. 44).

Tabela 44. Wyniki testów desorpcji węgla w otworze Wesola PIG-1

Data pobrania	Interwał pobrania [m]		Nr pokładu	Temp. złożowa [°C]	Gęstość [g/cm ³]	RAW – stan roboczy					
						Gaz desorbowany [m ³ /t]	Gaz resztkowy [m ³ /t]	Gaz stracony [m ³ /t]	Gaz całkowity [m ³ /t]	Wilgotność [%]	Popiół [%]
	od	do									
27.12.2013	660,90	661,30	361	27,8	1,29	0,47	1,63	0,04	2,14	5,04	1,71
27.12.2013	672,76	673,16	364	28,2	1,30	1,07	2,04	0,19	3,30	5,59	3,05
28.12.2013	681,36	681,76	401	28,0	1,33	1,68	2,07	0,18	3,93	5,87	4,67
28.12.2013	682,40	682,80	401	28,5	1,41	1,92	1,61	0,18	3,71	5,86	19,28
28.12.2013	701,76	702,16	404/1	29,1	1,29	1,62	1,99	0,14	3,75	5,18	3,52
28.12.2013	704,32	704,72	nn1	29,1	1,41	1,45	1,46	0,08	2,99	5,47	9,53
30.12.2013	753,01	753,41	404/5	30,6	1,31	1,31	1,43	0,10	2,84	8,87	2,41
30.12.2013	753,92	754,32	404/5	30,6	1,42	0,82	1,12	0,06	2,00	3,52	2,29
30.12.2013	755,33	755,73	404/5	30,7	1,42	1,22	1,74	0,11	3,08	4,77	5,84
30.12.2013	773,17	773,58	nn2	31,2	1,32	2,27	2,49	0,17	4,93	4,61	1,86
30.12.2013	786,38	786,78	405/2	31,6	1,36	2,87	3,43	0,21	6,51	4,53	2,84
31.12.2013	787,60	788,00	405/2	31,6	1,50	3,00	1,43	0,24	4,66	4,86	5,14
31.12.2013	801,95	802,35	407/1	32,1	1,31	4,01	2,87	0,36	7,24	6,24	4,09
03.01.2014	874,07	874,48	414	34,2	1,49	3,37	2,46	0,24	6,07	2,65	56,18
03.01.2014	890,18	890,58	416	34,7	1,33	4,14	2,39	0,26	6,79	4,51	4,41
03.01.2014	892,42	892,82	416	34,7	1,32	4,60	2,50	0,45	7,54	4,44	4,68
05.01.2014	948,01	948,41	nn3	37,6	1,40	4,20	2,60	0,29	7,09	3,15	23,55
06.01.2014	962,35	962,73	501	38,0	1,31	6,25	2,35	0,36	8,96	3,11	2,05
06.01.2014	963,97	964,35	501	38,1	1,30	5,40	2,50	0,30	8,19	2,59	7,32
06.01.2014	965,10	965,53	501	38,1	1,33	6,65	2,09	0,46	9,19	2,59	7,32
06.01.2014	966,41	966,81	510	38,2	1,33	6,05	2,19	0,53	8,77	b.d.	b.d.
06.01.2014	967,27	967,67	510	38,2	1,34	4,39	3,91	0,27	8,57	2,46	1,41
06.01.2014	968,22	968,63	510	38,2	1,34	5,04	3,29	0,31	8,64	3,08	0,87
06.01.2014	968,87	969,27	510	38,2	1,32	5,30	2,92	0,28	8,50	2,19	15,25
06.01.2014	969,84	970,24	510	38,3	1,30	5,70	3,52	0,32	9,54	2,97	1,74
06.01.2014	970,97	971,38	510	38,3	1,30	5,82	3,12	0,32	9,26	2,43	2,66
06.01.2014	971,84	972,24	510	38,3	1,32	5,41	2,30	0,35	8,06	b.d.	b.d.
06.01.2014	972,86	973,26	510	38,4	1,31	5,38	2,21	0,27	7,86	2,21	1,58
06.01.2014	974,19	974,58	510	38,4	1,33	5,83	2,25	0,37	8,45	2,25	4,18
06.01.2014	975,05	975,47	510	38,4	1,32	5,46	2,47	0,33	8,26	2,47	1,35
06.01.2014	975,77	976,17	510	38,5	1,30	5,15	2,88	0,37	8,40	1,90	1,74

Obliczona na podstawie oznaczonej ilości gazu desorbowanego, resztkowego i traconego ilość gazu całkowitego (stan roboczy) wynosi od 2,00 do 9,54 m³/t, średnio 6,43 m³/t. Najmniejszą ilość gazu całkowitego stwierdzono w pokładzie 404/5, największą natomiast w pokładzie 510 (tab. 44). W pokładach 501 i 510 o łącznej miąższości ok. 14 m różnice w ilości gazu w próbach rdzenia są nieznaczne.

Gaz desorbowany, stanowiący od 22% do 72% jest dominującym składnikiem gazu całkowitego, gaz resztkowy stanowi od 23% do 76%, natomiast gaz tracony od 2% do 6%.

Figura 28 przedstawia sumę gazu desorbowanego i traconego oraz ilość gazu resztkowego w relacji do głębokości. Można wyróżnić dwa obszary, w których ilość gazu resztkowego jest w przybliżeniu stała:

- interwał od 660 do 750 m – średnia ilość gazu resztkowego wynosi ok. $1,7 \text{ m}^3/\text{t}$,
- interwał od 800 do ok. 980 m - średnia ilość gazu resztkowego wynosi ok. $2,7 \text{ m}^3/\text{t}$.

Ilość gazu desorbowanego i traconego zmienia się znacznie w całym badanym interwale.

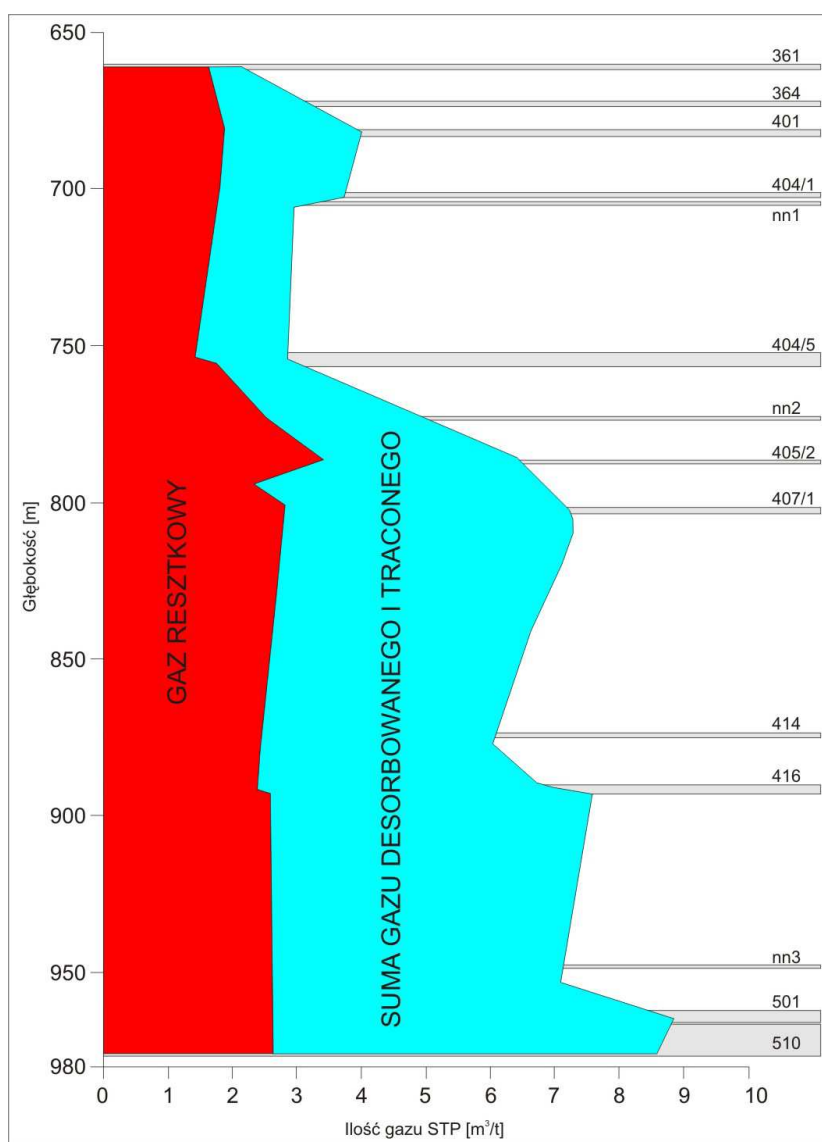


Fig. 28. Suma gazu desorbowanego i traconego oraz ilość gazu resztkowego w relacji do głębokości.

Skład chemiczny gazu

Skład gazu desorbowanego określono na podstawie analiz chromatograficznych 30 prób gazu (po 5 z wybranych 6 rdzeni) pobranych w różnych fazach desorpcji.

Tabela 45. Skład gazu desorbowanego

Nr pokładu	Interwał próby		Kod próbki gazu desorbowanego	N ₂ [%]	CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	C ₂ H ₆ [%]	C ₃ H ₈ [%]
	od [m]	do [m]						
401	681,36	681,76	WES-1/03/1/D	<0,1	0,3	99,6	0,04	0,001
			WES-1/03/2/D	<0,1	0,8	99,2	0,04	0,001
			WES-1/03/3/D	<0,1	0,5	99,4	0,04	0,001
			WES-1/03/4/D	0,9	0,7	98,3	0,04	0,001
			WES-1/03/5/D	<0,1	1,0	99,0	0,05	0,001
404/5	753,01	753,41	WES-1/07/1/D	<0,1	0,6	99,3	0,03	0,001
			WES-1/07/2/D	<0,1	0,8	99,1	0,03	0,001
			WES-1/07/3/D	0,6	0,7	98,7	0,03	0,001
			WES-1/07/4/D	<0,1	0,7	99,3	0,02	0,001
			WES-1/07/5/D	<0,1	0,7	99,3	0,04	0,001
416	890,18	890,58	WES-1/15/1/D	2,0	1,3	96,6	0,09	0,001
			WES-1/15/2/D	2,2	1,5	96,2	0,09	0,001
			WES-1/15/3/D	2,9	1,2	95,8	0,10	0,001
			WES-1/15/4/D	2,9	1,4	95,6	0,10	0,001
			WES-1/15/5/D	1,0	1,1	97,7	0,13	0,001
501	963,97	964,35	WES-1/19/1/D	3,5	2,2	94,1	0,12	0,001
			WES-1/19/2/D	2,3	2,7	94,9	0,13	0,001
			WES-1/19/3/D	1,3	2,3	96,3	0,13	0,001
			WES-1/19/4/D	2,4	2,0	95,5	0,15	0,001
			WES-1/19/5/D	0,4	2,3	97,1	0,17	0,002
510	966,41	966,81	WES-1/21/1/D	2,1	2,6	95,1	0,12	0,001
			WES-1/21/2/D	2,1	3,0	94,8	0,13	0,001
			WES-1/21/3/D	2,1	2,8	95,0	0,14	0,001
			WES-1/21/4/D	2,0	2,1	95,7	0,15	0,001
			WES-1/21/5/D	0,7	2,1	97,0	0,18	0,002
	971,84	972,24	WES-1/27/1/D	1,7	2,4	95,8	0,13	0,002
			WES-1/27/2/D	1,9	3,0	94,9	0,14	0,001
			WES-1/27/3/D	1,1	2,5	96,2	0,14	0,001
			WES-1/27/4/D	2,5	2,3	95,0	0,15	0,001
			WES-1/27/5/D	1,2	2,3	96,3	0,19	0,001

Dominującym składnikiem gazu desorbowanego jest metan stanowiący od 94,1 do 99,6%, etan stanowi od 0,03 do 0,19%. Zawartość dwutlenku węgla waha się od 0,3 do 3,0%, natomiast azotu od ilości śladowych >0,1 do 3,5% (tab. 45).

Skład chemiczny gazu desorbowanego wykazuje nieznaczne różnice dla różnych prób rdzeni, natomiast wraz z postępem desorpcji ten skład praktycznie nie ulega zmianie. Jedyną widoczną prawidłowością jest nieznaczny wzrost zawartości etanu wraz z postępem desorpcji, oraz wzrost zawartości etanu z głębokością.

Skład gazu resztkowego określono na podstawie wyników analiz chromatograficznych wykonanych na 31 próbkach gazu pobranych z prób rdzeni w procedurze oznaczania gazu resztkowego.

Tabela 46. Skład gazu resztkowego

Interwał pobrania [m]		Nr pokładu	N ₂ [%]	CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	C ₂ H ₆ [%]	C ₃ H ₈ [%]
od	do						
660,90	661,30	361	<0,1	1,6	98,2	0,12	0,001
672,76	673,16	364	0,9	1,8	97,2	0,11	0,001
681,36	681,76	401	1,6	1,5	96,7	0,16	0,001
682,40	682,80	401	2,9	3,0	93,9	0,16	0,003
701,76	702,16	404/1	1,3	0,5	98,0	0,11	0,002
704,32	704,72	nn1	3,9	0,6	95,3	0,13	0,001
753,01	753,41	404/5	5,7	0,4	93,7	0,11	0,003
753,92	754,32	404/5	8,6	1,1	90,2	0,14	0,003
755,33	755,73	404/5	0,7	0,7	98,4	0,12	0,002
773,17	773,58	nn2	1,0	0,9	97,9	0,12	0,003
786,38	786,78	405/2	0,9	1,1	97,9	0,12	0,001
787,60	788,00	405/2	2,8	0,4	96,6	0,21	0,003
801,95	802,35	407/1	1,4	0,5	98,0	0,14	0,002
874,07	874,48	414	1,7	1,3	96,5	0,46	0,002
890,18	890,58	416	2,7	1,9	94,9	0,42	0,003
892,42	892,82	416	1,6	1,3	96,6	0,46	0,003
948,01	948,41	nn3	1,2	2,1	96,0	0,68	0,003
962,35	962,73	501	0,9	1,5	96,8	0,82	0,007
963,97	964,35	501	1,5	1,8	96,0	0,71	0,004
965,10	965,53	501	0,9	2,0	96,4	0,74	0,004
966,41	966,81	510	2,4	2,1	94,7	0,75	0,005
967,27	967,67	510	0,8	2,3	96,4	0,48	0,003
968,22	968,63	510	0,0	2,1	97,3	0,57	0,003
968,87	969,27	510	1,1	1,8	96,4	0,60	0,003
969,84	970,24	510	1,1	1,9	96,5	0,56	0,003
970,97	971,38	510	1,4	2,0	96,0	0,63	0,004
971,84	972,24	510	3,3	1,2	94,8	0,78	0,006
972,86	973,26	510	1,3	1,5	96,3	0,84	0,005
974,19	974,58	510	2,0	1,4	95,7	0,85	0,005
975,05	975,47	510	1,9	1,7	95,6	0,82	0,005
975,77	976,17	510	0,6	1,9	96,7	0,71	0,004

Dominującym składnikiem gazu resztkowego jest metan stanowiący od 90,2 do 98,4%, ilość etanu waha się od 0,11 do 0,85%. Ilość dwutlenku węgla waha się od 0,4 do 3,0%, natomiast azotu od ilości śladowych <0,1 do 8,6%.

Skład chemiczny gazu resztkowego nie wykazuje różnic dla różnych prób rdzeni (tab. 47). Porównując średni skład gazu desorbującego, ze średnim składem gazu resztkowego dla poszczególnych pokładów węgla obserwujemy wzrost zawartości węglowodorów wyższych w gazie resztkowym (tab. 47).

Tabela 47. Porównanie składu gazu desorbującego i gazu resztkowego

Nr pokładu	Średni skład gazu desorbowanego					Średni skład gazu resztkowego				
	N ₂ [%]	CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	C ₂ H ₆ [%]	C ₃ H ₈ [%]	N ₂ [%]	CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	C ₂ H ₆ [%]	C ₃ H ₈ [%]
401	0,26	0,66	99,1	0,042	0,001	2,25	2,25	95,3	0,16	0,002
404/5	0,2	0,7	99,14	0,03	0,001	5	0,73	94,1	0,12	0,0027
416	2,2	1,3	96,38	0,102	0,001	2,15	1,6	95,75	0,44	0,003
501	1,98	2,3	95,58	0,14	0,0012	1,1	1,77	96,4	0,76	0,005
510	1,74	2,51	95,58	0,146	0,0012	1,45	1,81	96,04	0,69	0,004

Dyfuzyjność i czas sorpcji

Na podstawie krzywej desorpcji wyrażającej zależność ilości gazu od czasu trwania desorpcji prowadzonej w temperaturze złożowej, wyliczono dyfuzyjność i czas sorpcji (tab. 48).

Tabela 48. Dyfuzyjność i czas sorpcji

Interwał pobrania [m]		Nr pokładu	Dyfuzyjność [min ⁻¹]	Czas sorpcji [dni]
od	do			
660,90	661,30	361	85,3 · 10 ⁻⁶	54,3
672,76	673,16	364	4,04 · 10 ⁻⁶	11,4
681,36	681,76	401	3,36 · 10 ⁻⁶	13,8
682,40	682,80	401	3,37 · 10 ⁻⁶	13,7
701,76	702,16	404/1	3,87 · 10 ⁻⁶	12,0
704,32	704,72	nn1	2,08 · 10 ⁻⁶	22,3
753,01	753,41	404/5	2,82 · 10 ⁻⁶	16,4
753,92	754,32	404/5	1,72 · 10 ⁻⁶	26,9
755,33	755,73	404/5	1,98 · 10 ⁻⁶	23,4
773,17	773,58	nn2	2,63 · 10 ⁻⁶	17,6
786,38	786,78	405/2	2,39 · 10 ⁻⁶	19,4
787,60	788,00	405/2	5,64 · 10 ⁻⁶	8,2
801,95	802,35	407/1	5,26 · 10 ⁻⁶	8,8
874,07	874,48	414	3,10 · 10 ⁻⁶	14,9
890,18	890,58	416	3,66 · 10 ⁻⁶	12,7
892,42	892,82	416	5,40 · 10 ⁻⁶	8,6
948,01	948,41	nn3	4,70 · 10 ⁻⁶	9,8
962,35	962,73	501	3,71 · 10 ⁻⁶	12,5
963,97	964,35	501	3,78 · 10 ⁻⁶	12,3
965,10	965,53	501	6,24 · 10 ⁻⁶	7,4
966,41	966,81	510	8,39 · 10 ⁻⁶	5,5
967,27	967,67	510	2,11 · 10 ⁻⁶	21,9
968,22	968,63	510	2,50 · 10 ⁻⁶	18,5
968,87	969,27	510	3,38 · 10 ⁻⁶	13,7
969,84	970,24	510	3,17 · 10 ⁻⁶	14,6
970,97	971,38	510	3,16 · 10 ⁻⁶	14,7
971,84	972,24	510	4,57 · 10 ⁻⁶	10,1
972,86	973,26	510	2,71 · 10 ⁻⁶	17,1
974,19	974,58	510	4,08 · 10 ⁻⁶	11,3
975,05	975,47	510	3,10 · 10 ⁻⁶	14,9
975,77	976,17	510	3,32 · 10 ⁻⁶	13,9

Czas sorpcji waha się od 5,5 do 54,3 dni, średni czas sorpcji dla pokładów 501 i 510 wynosi 13,6 dni. Dyfuzyjność zawiera się w przedziale od $85,3 \cdot 10^{-6}$ do $1,72 \cdot 10^{-6} \text{ min}^{-1}$. Wyniki dyfuzyjności i czasu sorpcji klasyfikują badany węgiel jako system mikroporowaty o małej przepuszczalności. Sposób obliczenia dyfuzyjności oraz czasu sorpcji przedstawiono w załączniku tekstowym 3.

5.4.2. Badania izoterm sorpcji metanu

Badania izoterm sorpcji przeprowadzono na rozdrobnionych próbach węgla frakcji 0,355–0,710 mm. Próby węgla zostały nawodnione do wilgotności równowagowej zgodnie z normą ASTM 1412. Po osiągnięciu wilgotności równowagowej umieszczono próby w zbiorniku ciśnieniowym (10 MPa) w celu pomiaru izoterm sorpcji. Pomiary prowadzono w interwale ciśnień nasycenia 1–10 MPa (5–6 pomiarów). Próby nasycano czystym metanem.

Otrzymane punkty pomiarowe izoterm sorpcji skorelowano z równaniem izoterm sorpcji Langmuira:

$$V_s = \frac{V_s L \cdot p}{pL + p} \text{ [m}^3/\text{t]}$$

W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano parametry równania tj. objętość Langmuira (V_sL) i ciśnienie Langmuira (pL) (tab. 49).

Do obliczeń przyjęto gradient ciśnienia (p) równy 0,009794 MPa/m (0,433 psi/ft). Na podstawie parametrów Langmuira (V_sL i pL) wyznaczono pojemność sorpcyjną V_s badanych próbek węgla (tab. 49).

Tabela 49. Parametry Langmuira

Nr próby	Głębokość [m]		Gęstość próby rdzenia [g/cc]	Objętość Langmuira V_sL (abs) [m ³ /t]	Ciśnienie Langmuira pL [Mpa]	Pojemność sorpcyjna V_s (daf) [m ³ /t]	Błąd pomiaru [%]
	od	do					
WES-1/07/D/IS	753,01	753,41	1,31	18,02	3,4	18,61	1,3
WES-1/15/D/IS	890,18	890,58	1,33	18,80	3,2	19,67	2,3
WES-1/19/D/IS	963,97	964,35	1,30	20,21	2,9	20,89	1,9
WES-1/21/D/IS	966,41	966,81	1,33	19,29	2,8	20,19	1,5
WES-1/27/D/IS	971,84	972,24	1,32	19,16	3,2	19,79	5,4

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że największą pojemnością sorpcyjną metanu charakteryzuje się pokład 501 (WES-1/19/D/IS) równą $20,89 \text{ m}^3/\text{t}$, a najmniejszą pokład 404/5 (WES-1/07/D/IS) – $18,61 \text{ m}^3/\text{t}$ (tab. 49, fig. 29).

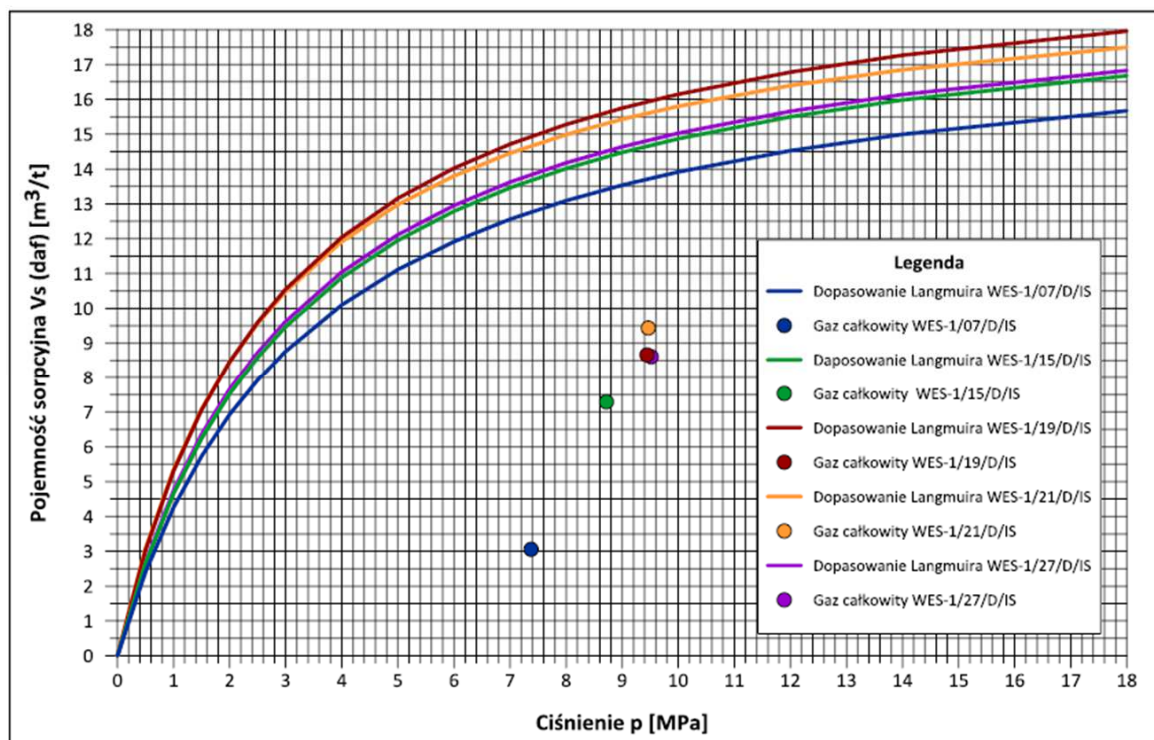


Fig. 29. Izotermy sorpcji prób z otworu Wesolá PIG-1

Wszystkie badane próby węgla (fig. 29) są nienasycone, to znaczy zawartość gazu jest mniejsza dla danego ciśnienia od pojemności sorpcyjnej. Nasycenie poszczególnych prób (pokładów węgla) wynosi od 24 do 60%, przy czym stopień nasycenia różnie z głębokością zalegania pokładu. Ciśnienie krytyczne, to znaczy ciśnienie do którego należy obniżyć ciśnienie złożowe by uruchomić proces odgazowania pokładu węgla wynosi od 0,6 MPa dla pokładu 404/5 (próba WES-1/07/D/15) do 2,5 MPa dla pokładu 510 (próby WES-1/21/D/15 i WES-1/27/D/15).

5.4.3. Badania metanonośności pokładów węgla

Badania metanonośności wykonano metodą jednofazowej, próżniowej degazacji. Metoda ta jest powszechnie stosowana w górnictwie węgla kamiennego w Polsce do określania zagrożenia metanowego. Wynikiem pomiaru jest metanonośność, to znaczy zawartość węglowodorów podawana w m^3 , przeliczona na czystą substancję węglową (csw).

Do badań metanonośności pobrano 44 próby rdzenia (zał. tekst. 3). Próby pobrano z wszystkich pokładów w których wykonano testy desorpcji. Próby rdzeni przeznaczone do tych badań ważyły około 100 g. Spośród 44 prób przeznaczonych do analizy, reprezentatywne wyniki uzyskano z 42 (pojemniki hermetyczne z dwoma próbami uległy rozszczelnieniu). Przy obliczeniach metanonośności uwzględniono współczynnik wyrównania strat (ucieczek) gazu zachodzących przy pobieraniu próby węgla wynoszący 1,33 (gaz tracony). Taką samą wartość przyjmuje się w przypadku pobierania prób kawałkowych z przodków wyrobisk chodnikowych drążonych kombajnami.

Metanonośność prób węgla w otworze Wesoła PIG-1 waha się od 0,29 do 7,98 m³ CH₄/Mg csw (tab. 50), średnio 4,63 m³CH₄/Mg csw. Wyniki badań metanonośności wykonane na próbach pobranych z tego samego pokładu węgla wskazują znaczne zróżnicowanie. W przypadku prób WES-1/31/M i WES-1/32/M (pokład 416) różnica w wielkości metanonośności jest prawie dwukrotna: odpowiednio 3,67 oraz 7,00 m³ CH₄/Mg csw.

Tabela 50. Metanonośność pokładów węgla w otworze Wesoła PIG-1

Nr pokładu	Ilość pobranych prób w pokładzie	Średnia metanonośność pokładu [m ³ CH ₄ /Mg _{csw}]	Minimalna metanonośność pokładu [m ³ CH ₄ /Mg _{csw}]	Maksymalna metanonośność pokładu [m ³ CH ₄ /Mg _{csw}]
361	1	0,291	0,291	0,291
364	2	2,176	1,876	2,475
401	2	2,107	2,081	2,133
404/1	2	2,085	1,839	2,330
nn1	2	2,715	2,070	3,359
404/5	3	3,02	2,015	4,163
nn2	2	3,573	3,532	3,613
405/2	2	4,805	4,259	5,350
407/1	2	4,281	3,256	5,306
414	2	4,682	3,892	5,572
416	4	5,535	3,669	7,008
nn3	2	5,802	5,288	6,316
501	4	6,718	5,366	7,981
510	12	6,170	5,110	7,285

Interpretując wyniki analizy składu gazu należy zwrócić uwagę na fakt, że ilość azotu, który występuje w dużej ilości w składzie gazu, nie została wyznaczona analitycznie. Azot został wyliczony na podstawie sumy zawartości pozostałych składników mieszaniny gazów jako dopełnienie do 100% (raport końcowy z przeprowadzonych badań – zał. tekst. 3).

5.4.4. Porównanie zawartości gazu określonej metodą USBM (test desorpcji) z metanonością oznaczoną metodą jednofazowej, próżniowej degazacji

Analizę przeprowadzono w odniesieniu do średnich wartości w/w parametrów dla poszczególnych pokładów węgla. Porównywano całkowitą zawartość gazu przeliczoną na czystą substancję węglową z metanonością pokładów węgla (fig. 30).

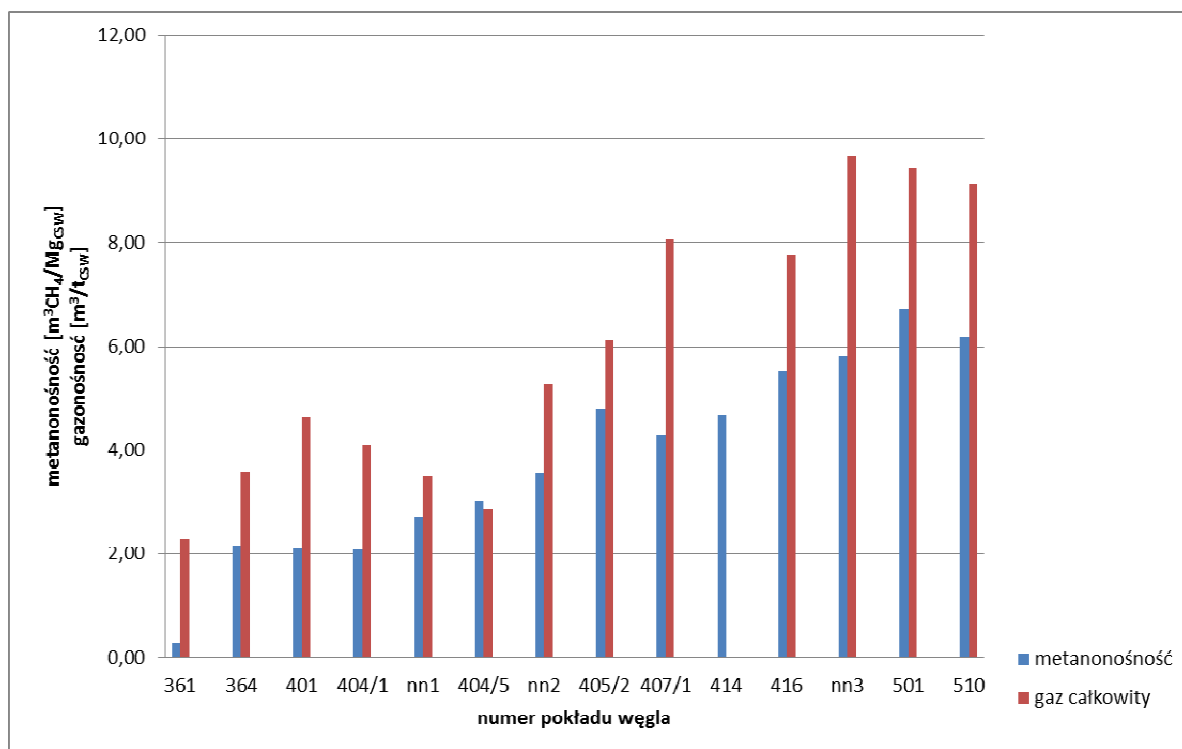


Fig. 30. Porównanie zawartości gazu określonej metodą USBM (test desorpcji) z metanonością oznaczoną metodą jednofazowej, próżniowej degazacji

Na wykresie obserwujemy dużą różnicę pomiędzy gazonością całkowitą (wynik badania metodą USBM) oraz metanonością oznaczoną metodą jednofazowej degazacji próżniowej. Z reguły (poza próbami z pokładu 404/5) gazoność jest zdecydowanie wyższa od metanoności. Różnice te nawet uwzględniając skład gazu desorbującego (śr. 97,00%) iresztkowego (śr. 96,62%) nie objaśniają tak znacznych różnic pomiędzy gazonością i metanonością.

5.5. Jakość, petrografia oraz własności petrofizyczne węgla

Pobrane do badań próby węgla zostały szczegółowo opisane makroskopowo. Opis litologiczny rdzeni węgla wykonano w laboratorium stacjonarnym firmy Geokrak (tabela 51):

Tabela 51. Makroskopowy opis litologiczny badanych prób węgla

Lp.	Pokład	Interwał [m]	Makroskopowy opis litologiczny
1.	361	660,90–661,30	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – średniopasemkowy do drobnopasemkowego, grubość pasemek od 5 mm (pasemka węgla błyszczącego) do 3 mm (pasemka węgla matowego), średnio rozwinięty system mikrospeków, rozstaw speków od 3 do 5 mm, liczne pionowe spękania z mineralizacją węglanową, a miejscami – pirytową.
2.	364	672,76–673,16	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – średniopasemkowy do drobnopasemkowego, grubość pasemek od 5 mm (pasemka węgla błyszczącego) do 3 mm (pasemka węgla matowego), słabo rozwinięty system mikrospeków w pasemkach węgla błyszczącego, pojedyncze pionowe spękania wypełnione pirytem.
3.	401	681,36–681,46	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy, miejscami średniopasemkowy (pasemka od 2 do 3 mm), dobrze rozwinięty system mikrospeków w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospeków – 3 mm, liczne mikrospekowania wypełnione pirytem.
4.	401	681,46–681,76	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – średniopasemkowy (pasemka o grubości 3-5 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, pionowe mikrospekowania często wypełnione białymi i różowymi węglanami.
5.	401	682,40–682,63	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy, miejscami średniopasemkowy (pasemka o grubości 2-3 mm), słabo wykształcony system mikrospeków w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospeków – 4-6 mm, liczne pionowe spękania przecinające zarówno błyszczące jak i matowe pasemka, mikrospekowania często wypełnione pirytem lub węglanami barwy białej i różowej, pojedyncze laminy i soczewki fuzynu (do 2 mm grubości), na głębokości 682,45 m - cienka warstewka (6 mm grubości) ciemnoszarego ilowca, liczny rozproszony piryt często występujący na powierzchniach warstwowania.
6.	404/1	701,76–701,88	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobno do średniopasemkowy (pasemka matowe o grubości 2-3 mm, pasemka błyszczące od 0,5 do 5 mm), słabo wykształcony system mikrospeków widoczny w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospeków – 4-5 mm, pionowe mikrospekowania przecinające pasemka błyszczące i matowe wypełnione pirytem i węglanami.
7.	404/1	701,88–702,16	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobno i sporadycznie średniopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości, miejscami o grubości do 10 mm, częste laminy i soczewki fuzynu (0,5-1 mm grubości), średnio wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków – 3-5 mm, licznie występuje rozproszony piryt, w części pionowych mikrospeków występuje mineralizacja węglanowa.
8.	404/1	704,32–704,52	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobno do średniopasemkowy (pasemka 2-4 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków widoczny w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospeków – 10 mm, często występuje rozproszony piryt, 10 cm od stropu - pokruszony, spękania wypełnione mineralizacją węglanową, bardzo niska zawartość fuzynu.
9.	404/1	704,52–704,72	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn) – drobno, a miejscami średniopasemkowy (pasemka 2-3 mm, miejscami 5 mm grubości), brak systemu mikrospeków.
10.	404/5	753,01–753,41	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospeków – 7 mm, pojedyncze pionowe mikrospekowania przecinające pasemka matowe i błyszczące wypełnione pirytem i mineralizacją węglanową.
11.	404/5	753,92–753,98	Węgiel matowy (duryn, 5% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm, pojedyncza warstewka o 8 mm grubości), nie zaobserwowano systemu mikrospeków.
12.	404/5	753,98–754,08	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków – trudny do określenia, często biała mineralizacja węglanowa w pionowych mikrospekowaniach.
13.	404/5	754,08–754,09	Łupek węglisty – ciemnoszary do brązowego, średnio twardy, łupliwy, rzadkie bardzo cienkie laminy węgla błyszczącego.
14.	404/5	754,09–754,27	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków – trudny do określenia, w spągu przechodzący w węgiel błyszczący pasemkowy – warstewka o 2 cm grubości.

Lp.	Pokład	Interwał [m]	Makroskopowy opis litologiczny
15.	404/5	754,27–754,32	Węgiel matowy (duryn, 5% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm), nie zaobserwowano systemu mikrospekań.
16.	404/5	755,33–755,47	Węgiel matowy (duryn, 5% pasemek węgla błyszczącego) – średniopasemkowy (pasemka 3-5 mm), bardzo słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1,5 cm, część mikrospekań wypełniona mineralizacją węglanową.
17.	404/5	755,47–755,73	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy do średniopasemkowego (pasemka 2-3 mm grubości, sporadycznie pasemka węgla błyszczącego o grubości do 5 mm), średnio wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1,0 cm, w spągowej części laminy i soczewki fuzynu oraz widoczne powierzchnie poślizgu.
18.	nn	773,17–773,58	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 20% pasemek węgla błyszczącego) – średniopasemkowy (pasemka 3-4 mm, miejscami o grubości do 6 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1,5 cm, mikrospekowania przecinające pasemka węgla błyszczącego i matowego wypełnione piritem i mineralizacją węglanową.
19.	nn	786,38–786,78	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 25% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm, miejscami o grubości do 4 mm), średnio wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1,0 cm, mikrospekowania przecinające pasemka węgla błyszczącego i matowego wypełnione mineralizacją węglanową.
20.	405/2	787,60–787,90	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 20% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości, miejscami o grubości do 5 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1,0 cm, mikrospekowania przecinające pasemka węgla błyszczącego i matowego wypełnione mineralizacją węglanową.
21.	405/2	787,90–787,98	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 50% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości), liczne bardzo cienkie laminy isoczewki fuzynu, nie zaobserwowano systemu mikrospekań.
22.	405/2	787,98–788,00	Łupek węglisty – ciemnoszary, średnio twardy, łupliwy, widoczne powierzchnie poślizgu.
23.	407/1	801,95–802,10	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 40% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - trudny do określenia.
24.	407/1	802,10–802,20	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy (pasemka od 0,5 do 1 mm grubości, sporadycznie 2 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 1 cm, rzadka mineralizacja piritowa.
25.	407/1	802,20–802,35	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – średniopasemkowy (pasemka 2 – 4 mm grubości, sporadycznie o grubości do 5 mm), średnio wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 0,5 – 1 cm.
26.	414	874,07–874,48	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 30% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - 0,7-1,0 cm, mikrospekowania przecinające pasemka węgla błyszczącego i matowego wypełnione mineralizacją węglanową, często występuje rozproszony pirit, na głębokości 874,38 m – silnie spirytizowana warstewka o grubości 2 mm, na głębokości 874,17 m – warstewka łupku węglistego o grubości 2 cm.
27.	416	890,18–890,30	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 40% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości, sporadycznie 2 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - trudny do określenia.
28.	416	890,30–890,58	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 25% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 0,2-1 mm grubości, pojedyncze 5 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - trudny do określenia.
29.	416	892,42–892,57	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości, miejscami o grubości do 4 mm), średnio wykształcony system mikrospekań w pasemkach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospekań - 9 mm, pojedyncze pionowe mikrospekowania przecinające pasemka matowe i błyszczące wypełnione mineralizacją węglanową.
30.	416	892,57–892,62	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 30% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 0,2-1 mm grubości, pojedyncze 2 mm), nie zaobserwowano systemu mikrospekań.
31.	416	892,62–892,82	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości, miejscami o grubości do 4 mm), średnio wykształcony system mikrospekań w laminach węgla błyszczącego, rozstaw mikrospekań - 9 mm, pojedyncze pionowe mikrospekowania przecinające pasemka matowe i błyszczące wypełnione mineralizacją węglanową.
32.	nn	948,01–948,11	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 50% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - trudny do określenia, rzadka mineralizacja piritowa.

Lp.	Pokład	Interwał [m]	Makroskopowy opis litologiczny
33.	nn	948,11–948,21	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 55% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości, sporadycznie 3 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, rzadka mineralizacja pirytowa.
34.	nn	948,21–948,41	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn, 60% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości, sporadycznie 5 mm), miejscami bardzo cienkie laminy i soczewki fuzynu, słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, rzadka mineralizacja pirytowa.
35.	501	962,35–962,60	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 30% pasemek węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka o grubości 0,5-1 mm, w dolnej części pojedyncza warstwa węgla błyszczącego o grubości do 5mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków-trudny do określenia.
36.	501	962,60–962,73	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków –trudny do określenia, licznie występuje rozproszony piryt częściowo w postaci dobrze wykształconych framboidów.
37.	501	963,91–964,25	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości, sporadycznie 2 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia (osiągający do 1,5 cm), pojedyncze pionowe mikrospekowania wypełnione mineralizacją węglanową.
38.	501	964,25–964,35	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka od 1 do 2 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków –trudny do określenia.
39.	501	965,10–965,23	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków –trudny do określenia.
40.	501	965,23–965,26	Węgiel błyszczący (Witryn) – pojedyncza warstwa o grubości 3,0 cm, średnio wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - 5 mm.
41.	501	965,26–965,53	Węgiel błyszczący pasemkowy (klaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 2-3 mm grubości), pasemka błyszczące sporadycznie do 10 mm grubości), średnio wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - 5 – 6 mm.
42.	510	966,41–966,81	Węgiel pasemkowy (duroklaryn, 45 % węgla błyszczącego) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości, sporadycznie do 8 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - 1 cm, rzadka mineralizacja pirytowa.
43.	510	967,27–967,67	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, pasemka błyszczące do 35%) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 2 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, pojedyncze pionowe mikrospekowania wypełnione mineralizacją węglanową.
44.	510	968,22–968,63	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, pasemka błyszczące do 30%) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 2 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia (osiągający 1,5 cm), w dolnej części pionowe pęknięcie wypełnione pyritem.
45.	510	968,87–969,27	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn, 30% pasemek błyszczących) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-1 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 3 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia (osiągający 2 cm), pionowe mikrospekowania wypełnione mineralizacją węglanową.
46.	510	969,84–970,03	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,1-1 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 2 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, przy spągu – ukośne pęknięcie wypełnione pyritem.
47.	510	970,03–970,24	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 1-2 mm grubości, sporadycznie 4 mm w laminach węgla błyszczącego), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, w stropowej części – ukośne pęknięcie wypełnione pyritem.
48.	510	970,97–971,38	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-2 mm grubości), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków - trudny do określenia, w środkowej części - pojedyncze pionowe pęknięcie wypełnione mineralizacją węglanową.
49.	510	971,84–972,24	Węgiel pasemkowy (duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-2 mm grubości, sporadycznie o grubości do 2 mm), słabo wykształcony system mikrospeków, rozstaw mikrospeków – trudny do określenia, pojedyncze pionowe mikrospekowania wypełnione mineralizacją węglanową i sporadycznie pyritem.
50.	510	972,86–973,26	Węgiel matowy pasemkowy (klaroduryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,1-1 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 3 mm), system mikrospeków – niedostrzegalny, w dolnej części – stopniowe przejście w węgiel matowy.

Lp.	Pokład	Interwał [m]	Makroskopowy opis litologiczny
51.	510	974,19–974,58	Węgiel pasemkowy (Duroklaryn) – drobnopasemkowy (pasemka 0,5-2 mm grubości, sporadycznie o grubości do 5 mm), słabo wykształcony system mikrospekań, rozstaw mikrospekań - trudny do określenia, liczny rozproszony pirit.
52.	510	975,05–975,17	Węgiel matowy pasemkowy (klarodurn) – drobnopasemkowy (pasemka 1 – 2 mm grubości, sporadycznie pojedyncze pasemka błyszczące o grubości do 3 mm), brak systemu mikrospekań, często mineralizacja piritowa.
53.	510	975,17–975,47	Węgiel matowy (durn) – bardzo drobnopasemkowy (pasemka 0,1-0,5 mm, sporadycznie o grubości do 1 mm), brak mikrospekań, rzadka mineralizacja piritowa.
54.	510	975,77–976,17	Węgiel matowy (durn) – bardzo drobnopasemkowy (pasemka o grubości 0,1-0,2 mm, słabo widoczne), bardzo twardy, brak mikrospekań, rozproszony pirit, w środkowej części – ukośne pęknięcie

Jakość węgla

Badania jakości węgla (własności chemiczno-technologiczne) wykonano dla 12 pokładów węgla z interwału głębokości 660,55–977,10 m, na próbach poddanych testom desorpcji. W przypadku, gdy z jednego pokładu testy desorpcji były robione były dla więcej niż 1 próby, badania chemiczno-technologiczne przeprowadzono na próbie uśrednionej. Zestawienie podstawowych parametrów jakościowych przedstawia tabela 52. Zawartość wilgoci w badanych pokładach waha się od 1,43 do 2,86%, średnio 2,17%, natomiast popiołu od 2,54 do 17,77%, średnio 8,31%. Zawartość części lotnych zawiera się w przedziale od 25,52 do 35,70%, średnio 30,42%. Ciepło spalania waha się od 26973 do 33469 kJ/kg, średnia z 12 prób wynosi 30893 kJ/kg.

Tabela 52. Podstawowe parametry jakościowe pokładów węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Interwał próby pokładowej		Zawartość wilgoci	Zawartość popiołu	Zawartość części lotnych	Ciepło spalania
		od	do				
		[m]					
1	361	660,55	661,66	2,74	3,08	35,7	32565
2.	401	681,25	682,93	2,83	7,99	31,44	30483
3.	404/1	701,40	702,52	2,86	3,07	32,94	32404
4.	nn1	704,10	705,40	2,21	8,5	33,35	30036
5.	404/5	752,55	756,60	2,31	15,62	29,23	28132
6.	405/2	786,22	788,00	2,31	17,77	25,52	26973
7.	407/1	801,86	803,42	2,36	2,54	31,58	33243
8.	414	873,55	874,95	1,79	14,8	27,34	28913
9.	416	889,90	892,95	1,83	4,83	30,56	32671
10.	nn3	947,47	948,50	1,79	13,34	28,41	29210
11.	501	962,05	965,70	1,58	4,39	30,17	32619
12.	510	966,05	977,10	1,43	3,75	28,82	33469

Zawartość siarki została scharakteryzowana przy pomocy określenia zawartości siarki całkowitej (S_t), siarki popiołowej (S_A) oraz siarki palnej (S_C). Zawartość siarki całkowitej w analizowanych próbach pokładowych waha się od 0,24 do 0,97%. Analiza elementarna wykazała, że procentowy udział pierwiastka węgla zawiera się w przedziale od 66,89 do 83,01%, wodoru od 3,93 do 4,85%, a azotu od 0,93 do 1,43% (tab. 53). Wartości średnie wynoszą odpowiednio 75,91; 4,49 oraz 1,22%. Zawartość tlenu waha się od 5,91 do 9,08%, średnio 7,60%.

Tabela 53. Zawartość siarki oraz wyniki analizy elementarnej pokładów węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Zawartość siarki			Analiza elementarna			
		S_t	S_A	S_C	C	H	N	O
		[%]			[%]			
1.	361	0,73	0,20	0,53	78,62	4,85	1,43	8,75
2.	401	0,97	0,32	0,65	74,40	4,51	1,31	8,31
3.	404/1	0,42	0,12	0,30	79,40	4,82	1,29	8,26
4.	nn1	0,51	0,38	0,13	74,40	4,43	1,25	9,08
5.	404/5	0,63	0,10	0,53	68,63	4,28	1,14	7,49
6.	405/2	0,36	0,22	0,14	66,89	3,93	1,11	7,85
7.	407/1	0,47	0,13	0,34	81,60	4,68	1,35	7,13
8.	414	0,74	0,25	0,49	71,44	4,16	0,97	6,35
9.	416	0,39	0,20	0,19	79,68	4,72	1,23	7,52
10.	nn3	0,69	0,37	0,32	72,26	4,31	0,93	7,05
11.	501	0,32	0,30	0,02	80,58	4,64	1,26	7,53
12.	510	0,24	0,24	0,00	83,01	4,59	1,31	5,91

Ciepło spalania (stan analityczny) w pokładowych próbach waha się od 26 973 do 33 469 kJ/kg, średnio 30 893 kJ/kg, ciepło spalania w stanie suchym wynosi od 27 611 do 34 047 kJ/kg, natomiast ciepło spalania w stanie suchym i bezpopiołowym od 33 639 do 35 297 kJ/kg. Ciepło spalania BTU zawiera się w przedziale od 13 780 do 14 656 lbmmmf (tab. 54).

Tabela 54. Ciepło spalania węgla badanych pokładów węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Ciepło spalania (stan analityczny)	Ciepło spalania (stan suchy)	Ciepło spalania (stan suchy i bezpopyłowy)	Ciepło spalania BTU
		[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[lbmmmf]
1.	361	32565	33482	34577	14113
2.	401	30483	31371	34181	13996
3.	404/1	32404	33358	34447	14085
4.	/nn1	30036	30715	33639	13780
5.	404/5	28132	28797	34278	14132
6.	405/2	26973	27611	33750	13947
7.	407/1	33243	34047	34956	14374

Lp.	Pokład	Ciepło spalania (stan analityczny)	Ciepło spalania (stan suchy)	Ciepło spalania (stan suchy i bezpopyłowy)	Ciepło spalania BTU
		[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[Ibmmmf]
8.	414	28913	29440	34664	14402
9.	416	32671	33280	35002	14478
10.	nn3	29210	29742	34417	14353
11.	501	32619	33143	34690	14405
12.	510	33469	33955	35297	14656

Podsumowanie wyników badań parametrów jakościowych przedstawia tabela 55. Zgodnie z klasyfikacją węgla ASTM stwierdzono, że węgle z dwunastu analizowanych pokładów w otworze Wesola PIG-1 należy sklasyfikować jako high-volatile B bituminous, high-volatile A bituminous oraz medium-volatile bituminous.

Tabela 55. Zbiorcze zestawienie parametrów jakościowych pokładów węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Wilgoć		Analiza						
		Stan roboczy	Stan równo - wagowy	Zawartość pierwiastka węgla	Zawartość materii organicznej	Popiół	Czysta substancja węglowa	Zawartość części lotnych	Ciepło spalania BTU	Klasyfikacja ASTM
		%	%	% suchej masy			% dmmf		Ibmmmf	-
1.	361	5,23	5,27	96,16	3,84	3,17	62,44	37,56	14113	HvAb
2.	401	5,15	5,16	90,57	9,43	8,22	65,48	34,52	13996	HvBb
3.	404/1	5,99	5,05	96,35	3,65	3,16	65,28	34,72	14085	HvAb
4.	nn1	4,11	5,04	90,33	9,67	8,69	63,26	36,74	13780	HvBb
5.	404/5	4,31	4,77	82,38	17,62	15,99	65,56	34,44	14132	HvAb
6.	405/2	4,65	4,60	80,15	19,85	18,19	69,43	30,57	13947	Mvb
7.	407/1	4,69	4,52	96,93	3,07	2,60	67,06	32,94	14374	HvAb
8.	414	3,58	4,14	83,31	16,69	15,07	68,41	31,59	14402	HvAb
9.	416	3,15	4,05	94,47	5,53	4,92	67,64	32,36	14478	HvAb
10.	nn3	3,53	3,75	84,95	15,05	13,58	67,56	32,44	14353	HvAb
11.	501	3,38	3,66	95,00	5,00	4,46	68,25	31,75	14405	HvAb
12.	510	3,03	3,62	95,76	4,24	3,80	69,89	30,11	14656	Mvb

Petrografia węgla

Wyniki badań petrograficznych (tab. 56) wykazały, że refleksyjność witrinitu badanych prób węgla waha się od 0,80 do 0,96%. Analiza składu macerałowego wykazała, że w przypadku większości prób węgla dominującym macerałem jest witrinit, jego ilość waha się od 22 do 77%. Inertynit stanowi od 12 do 60%. Ilość liptynitu waha się od 4 do 17 %. Próby węgla, w których inetrinit jest głównym co do ilości maceratem, to próby z pokładu 405/2, pokładu 416 oraz z pokładów 501 i 510.

Tabela 56. Wyniki badań petrograficznych węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Witrynit	Liptynit	Inertynit	Refleksyjność witrynit	Całkowita zawartość materii mineralnej
		%			[%]	[%]
1.	361	67,6	11,4	20,0	0,8216	1,0
2.	364	63,6	10,2	25,0	0,8001	1,2
3.	401	68,4	9,2	19,4	0,8607	3,0
4.	401	62,6	8,2	19,8	0,8003	9,4
5.	404/1	73,2	7,2	15,4	0,7996	4,2
6.	NN1	39,0	8,8	34,8	0,9568	17,4
7.	404/5	76,6	6,8	16,2	0,8073	0,4
8.	404/5	53,2	10,8	30,0	0,8292	6,0
9.	404/5	69,2	3,6	11,8	0,8342	15,4
10.	NN2	53,0	10,4	33,0	0,8604	3,6
11.	405/2	39,4	4,2	49,4	0,9091	7,0
12.	405/2	53,0	3,6	22,2	0,8419	21,2
13.	407/1	65,4	7,2	24,8	0,8597	2,6
14.	414	42,6	9,0	39,2	0,8887	9,2
15.	416	41,2	11,0	45,8	0,9202	2,0
16.	416	51,0	10,0	33,8	0,9024	5,2
17.	NN3	67,4	12,4	11,8	0,9248	8,4
18.	501	47,0	10,0	37,6	0,9204	5,4
19.	501	38,8	12,0	47,4	0,9094	1,8
20.	501	63,0	6,4	29,0	0,9398	1,6
21.	510	56,8	6,0	34,2	0,9276	3,0
21.	510	22,0	15,2	59,0	0,9491	3,8
22.	510	29,2	8,6	59,6	0,9427	2,6
23.	510	37,8	10,8	49,2	0,9491	2,2
24.	510	53,8	8,4	34,6	0,9584	3,2
25.	510	35,4	9,6	53,4	0,9363	1,6

Badania własności petrofizycznych węgla

W ramach badań petrofizycznych węgla wykonano pomiary gęstości, porowatości całkowitej, porowatości otwartej, przepuszczalności efektywnej oraz mikroszczelinowatości. Na podstawie wyników stwierdzono, że przebadane skały można podzielić na dwie grupy: pierwsza grupa o bardzo niskiej porowatości (poniżej 2%) i praktycznym braku przestrzeni porowej; druga grupa składa się ze skał o relatywnie dobrej porowatości sięgającej 15% i mikroporowym charakterze (średnice progowe pomierzone dla tych skał mieszczą się w przedziale 0,02–0,1 μm). Takie wykształcenie przestrzeni porowej powoduje, że niezależnie od wielkości porowatości właściwości filtracyjne są praktycznie zerowe. Zbadane parametry zeszczelinowania dla analizowanych węgli poprawiają właściwości filtracyjne

i zbiornikowe. Dla większości badanych skał będą jednak tylko dodatkiem w stosunku do parametrów przestrzeni porowej (zbiornikowej), będą natomiast odpowiadały za zdolności filtracyjne.

Uzyskane wartości porowatości całkowitej mieszczą się w zakresie od 0,57 do 16,02% (średnia 8,55%), podczas gdy porowatość otwarta, która jest zawsze mniejsza, wynosi od 0,53 do 15,20% (średnia 8,36%). Jedynie dla 6 próbek porowatość całkowita jest mniejsza od 5% i wynosi odpowiednio: 3,77%, 1,19%, 0,57%, 1,94%, 4,28% oraz 1,67%. Porowatość średnia liczona dla wszystkich prób wyniosła 8,55 % i jest zgodna z wartością, która charakteryzuje węgle sklasyfikowane jako HvAb (ASTM). Jest to wartość wystarczająca aby złożę mogło być traktowane jako skała zbiornikowa dla gazu.

Istotną cechą złoża jako źródła gazu jest przepuszczalność. Wartości przepuszczalności efektywnej zawierają się w zakresie od <0,008 do 1,45 mD. Dla 9 próbek uzyskane wartości nie przekraczają 0,250 mD. Dla 2 próbek są one nieco większe i wynoszą odpowiednio 1,52 mD oraz 1,422 mD. W badanych próbach pochodzących z pokładu 501 i 510 średnia przepuszczalność wynosi ok. 0,09 mD, a więc jest bardzo niska w stosunku do węgla o dobrej przepuszczalności (ok. 20 mD). W związku z tym nie należy oczekiwać dużych wartości przepływów gazu w pokładach węgla 501 i 510.

Z badań porozymetrycznych wynika, że przestrzeń porowa jest w ogromnej większości próbek dobrze wykształcona, lecz ma niezwykle mikroporowy charakter. Wartości badanej średnicy progowej dla wszystkich przebadanych skał są niższe od 0,1 μm , podczas gdy typowe wartości to 0,02 μm i 0,06 μm . Uzyskane wyniki odpowiadają skałom uszczelniającym. Jedynym elementem mogącym transportować ewentualne płyny złożowe są obecne w badanych próbkach systemy mikropęknięć.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów mikroszczelinowatości wykonano bilans porowatości i przepuszczalności szczelinowej. Na podstawie wyników stwierdzono, że parametry zeszczelinowania dla analizowanych węgli poprawiają właściwości filtracyjne i zbiornikowe. Dla większości badanych skał będą jednak tylko dodatkiem w stosunku do parametrów przestrzeni porowej (zbiornikowej), będą natomiast odpowiadały za zdolności filtracyjne.

Zestawienie wyników wykonanych badań własności petrofizycznych przedstawia tabela 57.

Tabela 57. Wyniki analiz petrofizycznych węgla w otworze Wesola PIG-1

Pokład	Interwał próby [m]		Porowatość całkowita	Porowatość otwarta	Średnia kapilarna	Pory >1um	Średnia progowa	Przepuszczalność	Porowatość szczelinowa	Przepuszczalność szczelinowa
	od	do	[%]	[%]	[um]	[%]	[um]	[mD]	[%]	[mD]
401	681,76	681,93	12,33	12,08	0,02	43	bm		4,91	3,02
	682,24	682,41	9,65	9,61	0,01	34	bm		4,73	2,91
401/1	701,69	701,86	15,27	15,2	0,01	47	4 ; 0,01		4,11	5,78
404/5	753,41	753,57	3,77	3,57	0,01	28	0,1		4,53	21,95
	754,42	754,56	16,02	15,02	0,02	59	0,01		5,75	3,54
	755,17	755,33	1,19	1,12	0				5,63	3,47
nn2	773,01	773,17	13,64	13,59	0,02	61	0,07		5,57	17,16
405/2	786,22	786,38	13,38	13,31	0,02	60	0,09		5,28	3,25
	787,37	787,53	15,23	15,19	0,01	50	0,07		6,37	7,98
407/1	802,57	802,74	7,74	7,68	0,01	45	0,1		5,19	39,77
414	874,74	874,90	0,57	0,53	0				6,3	3,88
416	890,02	890,18	1,94	1,85	0				4,93	3,03
nn3	947,69	947,85	4,28	4,23	0,01	29	0,02	1,452	5,38	6,17
501	963,13	963,30	1,67	1,55	0			1,422	3,32	2,04
	964,35	964,52	10,12	10,09	0,02	55	0,02	0,166	5,08	3,13
	964,81	964,97	5,27	5,26	0,01	18	0,06	0,249	4,73	2,91
510	966,25	966,41	7,37	7,33	0,01	34	0,03		4,41	13,68
	967,67	967,85	6,84	6,76	0,01	37	0,05		5,52	3,4
	968,07	968,22	7,56	7,51	0,01	36	0,1	0,097	3,44	7,52
	968,71	968,87	8,66	8,6	0,01	45	0,08	<0,008	3,75	2,31
	969,68	969,84	15,71	15,2	0,01	49	0,02	0,02	3,83	2,36
	970,81	970,97	10,47	10,37	0,02	60	0,03		5,09	3,14
	971,68	971,84	10,75	9,55	0,02	61	0,02		3,55	9,28
	972,70	972,86	9,55	9,04	0,01	48	0,05	0,015	3,38	2,08
	974,01	974,19	6,49	6,47	0,01	35	0,06	<0,008	4,47	2,75
	974,88	975,05	8,29	8,23	0,01	37	0,05	0,038	5,02	4,16
	976,49	976,65	7,16	6,82	0,01	44	0,05	0,072	3,53	4,14

Zmierzona gęstość badanych prób węgla zawiera się w przedziale od 1,29 do 1,50 g/cm³. Średnia z 31 prób wynosi 1,34 g/cm³ (tab. 58). Dla prób tych wykonano także badania zawartości wilgoci, która waha się od 1,34 do 3,62% (średnia z 31 prób wynosi 2,33%) oraz zawartości popiołu, która wynosi od 0,88 do 56,92% (średnio 6,72%).

Tabela 58. Gęstość badanych prób węgla w otworze Wesola PIG-1

Lp.	Pokład	Interwał próby rdzenia		Gęstość
		od	do	
		[m]		
1.	361	660,90	661,30	1,29
2.	364	672,76	673,16	1,30
3.	401	681,36	681,76	1,33
4.		682,40	682,80	1,41
5.	404/1	701,76	702,16	1,29
6.	nn1	704,32	704,72	1,41
7.	404/5	753,01	753,41	1,31
8.		753,92	754,32	1,42
9.		755,33	755,73	1,42
10.	nn2	773,17	773,58	1,32
11.	405/2	786,38	786,78	1,36
12.		787,60	788,00	1,50
13.	407/1	801,95	802,35	1,31
14.	414	874,07	874,48	1,49
15.	416	890,18	890,58	1,33
16.		892,42	892,82	1,32
17.	nn3	948,01	948,41	1,40
18.	501	962,35	962,73	1,31
19.		963,97	964,35	1,30
20.		965,10	965,53	1,33
21.	510	966,41	966,81	1,33
22.		967,27	967,67	1,34
23.		968,22	968,63	1,34
24.		968,87	969,27	1,32
25.		969,84	970,24	1,30
26.		970,97	971,38	1,30
27.		971,84	972,24	1,32
28.		972,86	973,26	1,31
29.		974,19	974,58	1,33
30.		975,05	975,47	1,32
31.		975,77	976,17	1,30

5.6. Testy dopływu metanu

Na podstawie raportów dziennych z testów produkcyjnych (zał. tekst. 8, 9) wykonanych przez EXALO DRILLING S.A z Krosna przed szczelinowaniem od 04.07.2014 r. do 12.08.2014 r. i po szczelinowaniu od 24.02.2015 r. do 03.04.2015 r. dokonano porównania wyników oraz ich analizę.

W czasie I testu trwającego 40 dni wydobyto w sumie 3702,2 m³ gazu, z czego największa produkcja dzienna wyniosła 264,2 m³ gazu. W czasie II testu, trwającego 39 dni wydobyto łącznie 2915,62 m³ gazu, a największa produkcja dzienna wyniosła 224,09 m³

gazu. Przebieg i wyniki testów przedstawiono na figurach 31 i 33, natomiast skumulowaną produkcję wody i gazu w czasie testów – na figurach 32 i 34.

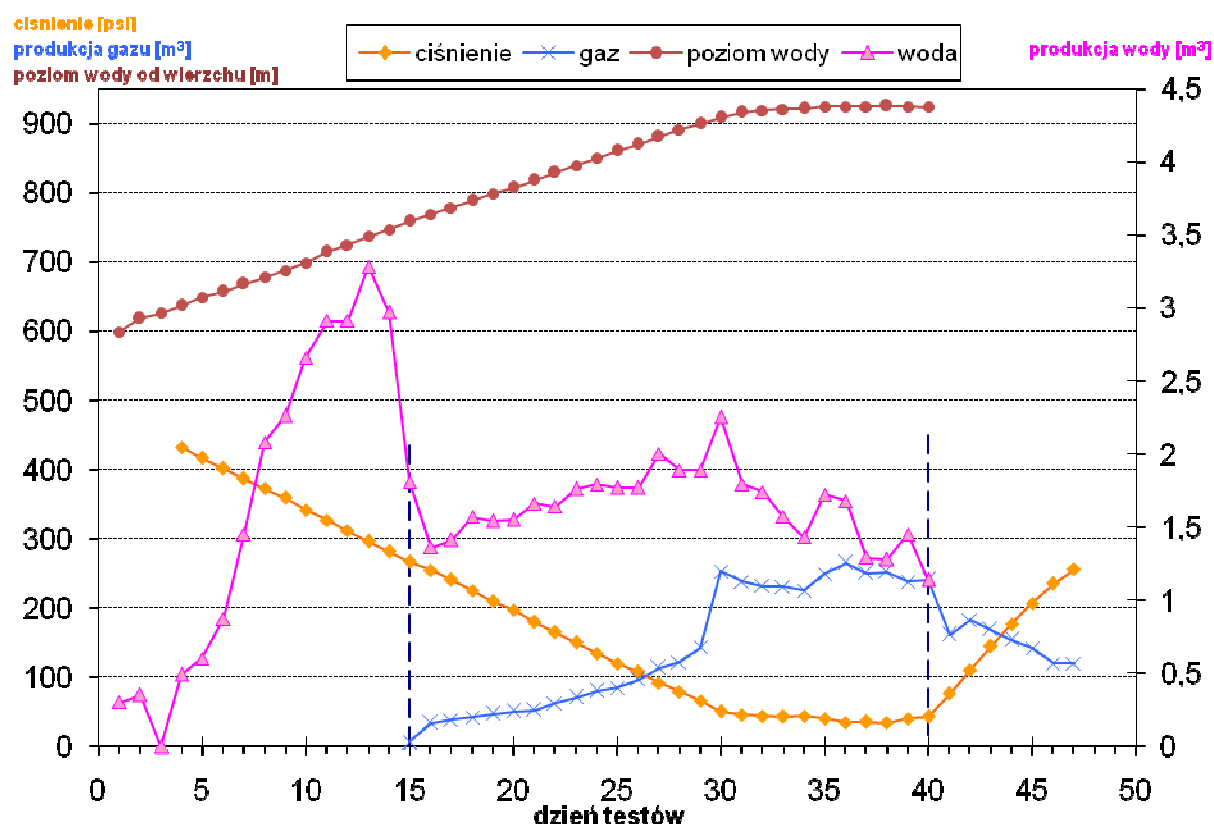


Fig. 31. Przebieg pierwszej serii testów dopływu metanu, przed szczelinowaniem

Produkcja gazu na zespolonych otworach rozpoczęła się 15 dnia I serii testów (przed szczelinowaniem), po obniżeniu ciśnienia w otworze do 266,05 PSI oraz poziomu wody w otworze na głębokości 761,3 m MD i rosła wraz z obniżaniem ciśnienia w otworze. Przy ciśnieniach rzędu 30-40 PSI oraz poziomie wody na głębokości ok. 920 m MD, produkcja gazu ustabilizowała się na poziomie 230-240 m³.

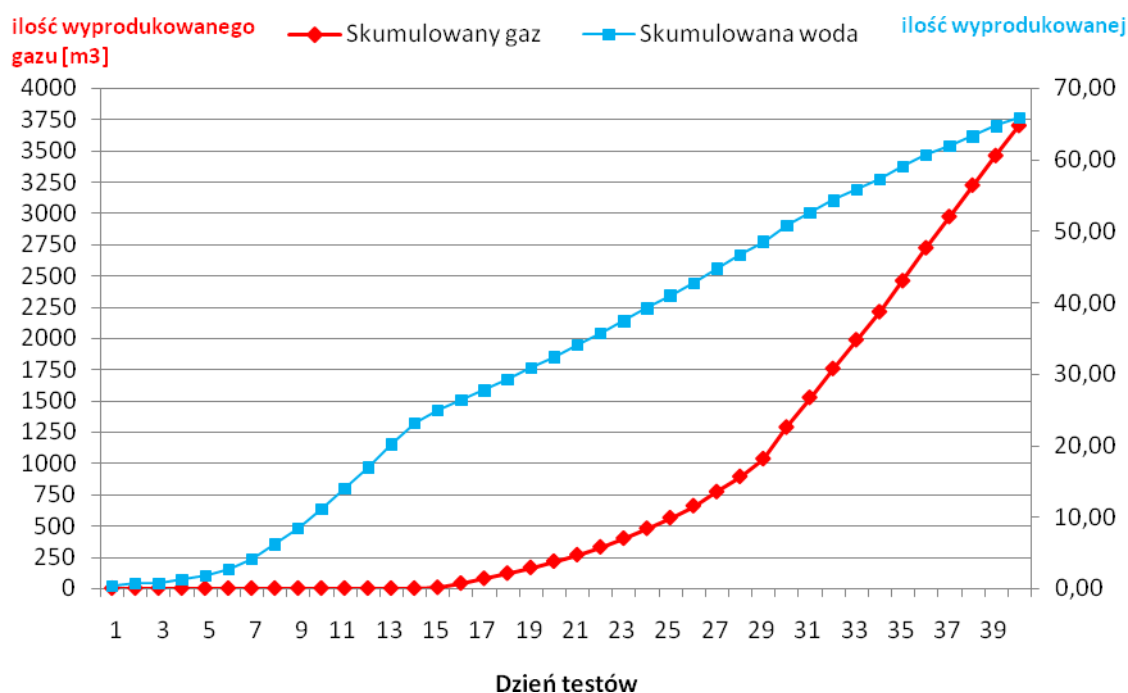


Fig. 32. Skumulowana produkcja gazu i wody w czasie pierwszej serii testów dopływu metanu, przed szczelinowaniem

W czasie II serii testów, po szczelinowaniu, produkcja gazu rozpoczęła się 11 dnia testów, po obniżeniu ciśnienia do 227,5 PSI i poziomu wody w otworze na głębokości 789,8 m MD. Ze względu na problemy z pompą API 20-125 RHAC nie udało się ustabilizować ciśnienia w otworze na planowanym poziomie i dokończyć testów.

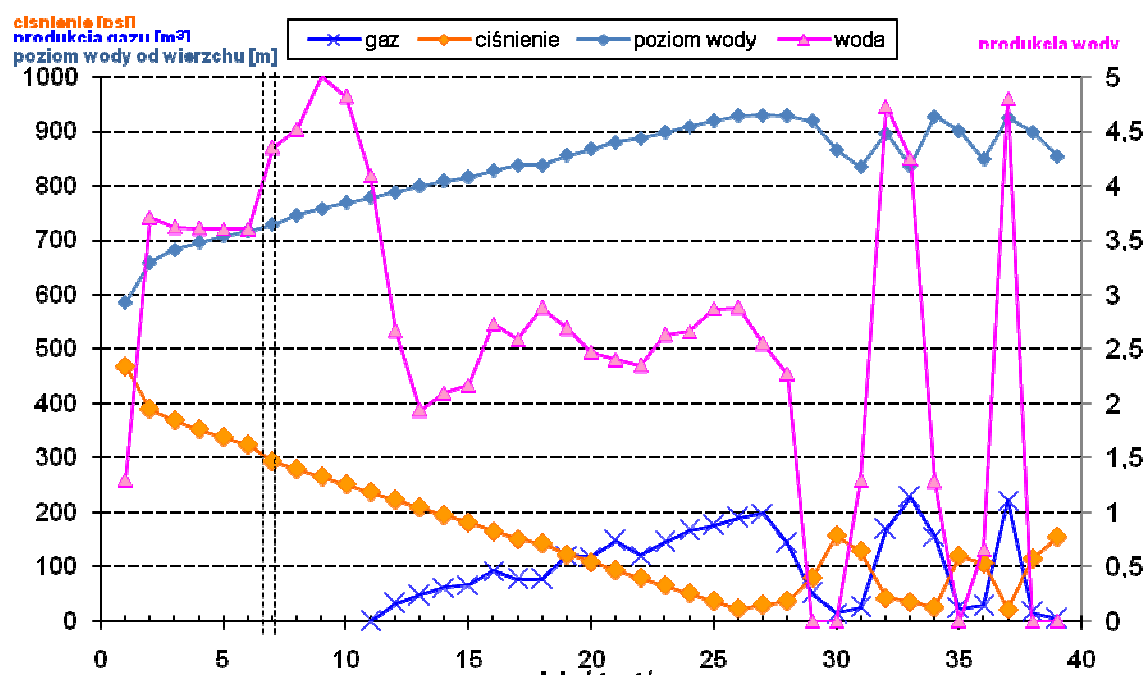


Fig. 33. Przebieg drugiej serii testów dopływu metanu, po szczelinowaniu

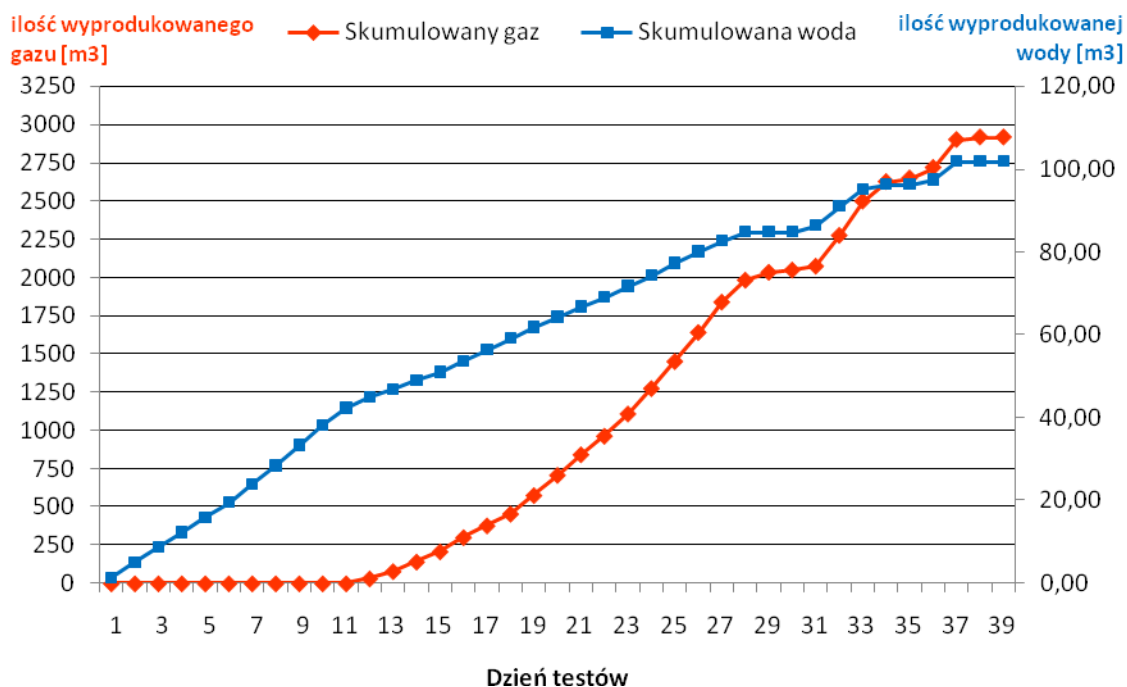


Fig. 34. Skumulowana produkcja gazu i wody w czasie drugiej serii testów dopływu metanu, po szczelinowaniu

W wyniku analiz chromatograficznych próbek gazu pobranych w czasie testów dopływu metanu określono zawartość N_2 , O_2 , CO_2 , H_2 , He oraz węglowodorów ($C_1 - C_6+$ w próbach przed szczelinowaniem oraz $C_1 - C_4+$ po szczelinowaniu) – tabele 59–61.

Tabela 59. Zestawienie pobranych próbek gazu, poddanych badaniom

Lp.	Kod próbki gazu:	Seria testów:	Data poboru próby:
1.	WES-1/01/H	przed szczelinowaniem	25.07.2014
2.	WES-1/02/H	przed szczelinowaniem	03.08.2014
3.	WES-1/03/H	przed szczelinowaniem	10.08.2014
4.	WES-1/04/H	przed szczelinowaniem	15.08.2014
5.	WES-1H/F/02	po szczelinowaniu	10.03.2015
6.	WES-1H/F/04	po szczelinowaniu	16.03.2015
7.	WES-1H/F/05	po szczelinowaniu	20.03.2015
8.	WES-1H/F/08	po szczelinowaniu	24.03.2015
9.	WES-1H/F/10	po szczelinowaniu	30.03.2015

Tabela 60. Skład chemiczny gazu z pobranych prób w czasie testów [% mol/mol]

Składnik gazu [% mol/mol]	Kod próbki								
	WES-1/01/H	WES-1/02/H	WES-1/03/H	WES-1/04/H	WES-1H/F/02	WES-1H/F/04	WES-1H/F/05	WES-1H/F/08	WES-1H/F/10
O ₂	0,75	0,21	0,48	0,17	0,7	0,4	1,1	1	4,1
N ₂	8,5	6,5	7,3	6,5	8,1	6,4	8,6	8,1	19,6
CO ₂	0,48	0,73	0,68	0,81	1,4	2	2	2,2	1,5
CO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
C1	89,8	92,2	91,2	92,2	89,4	90,9	88	88,4	74,6
C2	0,076	0,079	0,077	0,079	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
C3	0,004	0,003	0,003	0,003	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
I-C4	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
N-C4	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
neo-C5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
I-C5	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
N-C5	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C6	0,002	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C7	0,001	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C8	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C9	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C10	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
H ₂	0,026	0,041	0,008	0,012	0,04	0,01	0,01	0,01	<0,01
He	0,3	0,26	0,25	0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

W tabeli 61 podano skład gazu po wyeliminowaniu składników nie wchodzących w skład gazu złożowego znormalizowany do 100 %.

Tabela 61. Skład gazu [% mol/mol] po wyeliminowaniu składników nie wchodzących w skład gazu złożowego

Kod próbki gazu	N ₂	CO ₂	CO	H ₂	He	Węglowodory					
						C1	C2	C3	C4	C5	C6+
						[% mol/mol]					
WES-1/01/H	5,98	0,5	<0,001	0,027	0,31	93,1	0,08	0,005	0,002	0,002	0,003
WES-1/02/H	5,78	0,73	<0,001	0,042	0,26	93,1	0,08	0,003	0,001	0,001	0,003
WES-1/03/H	5,68	0,69	<0,001	0,009	0,25	93,3	0,08	0,003	0,001	<0,001	0,002
WES-1/04/H	5,89	0,81	<0,001	0,012	0,25	93	0,08	0,003	0,001	0,001	0,002
WES-1H/F/02	5,6	1,4	-	-	0,2	92,6	0,1	<0,1	0,004		
WES-1H/F/04	5,1	2,1	-	-	0,2	92,5	0,1	<0,1	0,003		
WES-1H/F/05	5	2,1	-	-	0,2	92,6	0,1	<0,1	0,002		
WES-1H/F/08	4,7	2,3	-	-	0,2	92,7	0,1	<0,1	0,003		
WES-1H/F/10	5,2	1,8	-	-	0,2	92,7	0,1	<0,1	0,002		

Na podstawie wyników analiz chromatograficznych pobranych prób stwierdzono występowanie metanu i azotu (średnio odpowiednio 92,8 i 5,4 % mol/mol) oraz śladowych ilości wyższych węglowodorów. W próbach pobranych po zabiegu szczelinowania stwierdzono zwiększenie się zawartości dwutlenku węgla względem prób przed zabiegiem (średnio z 0,7 do 1,9 % mol/mol).

Analizy chromatograficzne oraz testy dopływu metanu pozwoliły stwierdzić, że skład gazu nie zmienia się znacząco wraz z czasem trwania pompownia oraz zmianą ciśnienia (zał. tekst. 10, 11).

5.7. Stan środowiska

Zgodnie z Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi grunty w rejonie projektowanych prac geologicznych, zostały zaliczone do grupy B czyli: do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych.

W celu oznaczenia stanu początkowego środowiska, w rejonie projektowanych otworów, do badań laboratoryjnych pobrano po 5 próbek gruntów z przedziału głębokości 0,3–1,0 m., na każdym z analizowanych obszarów (zał. tekst. 14).

Metodyka analizy laboratoryjnej dla badanych substancji i związków przeprowadzona została zgodnie ze standardami zawartymi w Rozporządzeniu... Analizy zostały wykonywane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB posiadającym certyfikat akredytacji AB 283 w dziedzinie badań chemicznych i właściwości fizykochemicznych wód, ścieków, gleb, gruntów, osadów, próbek środowiskowych i geologicznych oraz materiałów roślinnych.

Zakres analiz laboratoryjnych dla próbek gruntów obejmował określenie zawartości 9 głównych metali zgodnych z załącznikiem do Rozporządzenia... Zawartość metali określono metodą fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej (XRF). Analizę zawartości olei mineralnych wykonano metodą spektroskopii w zakresie podczerwieni (FTIR).

W rejonie projektowanego otworu Wesoła PIG-1 odnotowano przekroczenia wartości dopuszczalnych dla gruntów grupy B jedynie w przypadku baru (tab. 62). Podwyższona zawartość tego pierwiastka często związana jest procesem spalania węgla i paliw płynnych oraz z jego naturalną podwyższoną zawartością w skałach ilastych. W punktach PIG-1/3

i PIG-1/4 odnotowano także zwiększoną zawartość kadmu nie przekraczającej jednak wartości dopuszczalnych (tab. 62).

Tabela 62. Wyniki analiz chemicznych zawartości metali i olejów mineralnych w gruntach (przed rozpoczęciem inwestycji)

Numer próbki	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	suma olejów mineralnych (mg/kg)
PIG-1/1	11	274	11	58	10	9	19	48	<3	<10,0
PIG-1/2	10	336	8	59	17	15	25	81	<3	11,6 ±3,0
PIG-1/3	13	248	13	66	12	14	20	47	3	<10,0
PIG-1/4	10	280	6	45	10	10	29	38	4	22,5 ±5,9
PIG-1/5	10	316	6	54	15	10	26	60	<3	17,0 ±4,4
PIG-2H/1	5	108	5	<5	13	<3	10	25	<3	<10,0
PIG-2H /2	9	249	4	48	18	8	22	45	<3	37,0 ±9,6
PIG-2H /3	6	99	6	7	8	3	30	27	<3	23,4 ±6,1
PIG-2H /4	5	102	3	22	<5	<3	8	15	<3	11,6 ±3,0
PIG-2H /5	5	198	3	31	10	6	16	31	<3	57,1 ±14,8
WD (B)*	20	250	30	150	100	50	100	350	5	200

WD (B) - wartość dopuszczalna stężeń w glebie dla gruntów grupy „B”

Po zakończeniu prac geologicznych w rejonie otworów Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H oraz po wykonaniu rekultywacji terenu poprzez nasadzenia leśne, przeprowadzono badania gruntów w obszarach szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związane z prowadzonymi pracami (zał. tekst. 12). W dniu 19.06.2015 r. wykonano 3 sondy badawcze z których pobrano uśrednione próbki gruntów z przedziału głębokości 0,3–1,0 m.

Analizy zostały wykonywane w Ośrodku Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach posiadającym certyfikat akredytacji AB 213N w dziedzinie badań chemicznych i właściwości fizykochemicznych wód, ścieków, gleb, gruntów i osadów. Zakres analiz laboratoryjnych dla próbek gruntów był taki sam jak podczas badań dla ustalenia stanu początkowego (tab. 63). Zawartość metali określono metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES). Analizę zawartości olei mineralnych wykonano metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID).

W analizowanych próbkach nie odnotowano przekroczeń wartości dopuszczalnych dla gruntów grupy B (tab. 63).

Tabela 63. Wyniki analiz chemicznych zawartości metali i olejów mineralnych w gruntach (po zakończeniu inwestycji)

Numer próbki	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cd	suma olejów mineralnych (mg/kg)
PIG-1/1	2,50	37,0	4,05	18,70	4,05	3,56	22,0	34,8	0,72	13,2±4,0
PIG-2H/1	2,81	31,2	1,51	6,78	0,918	2,6	11,6	40,8	0,369	11,6 ±2,9
PIG-2H/2	1,86	19,8	1,39	3,62	<0,4	0,767	3,14	6,16	0,288	14,3±4,3
WD (B)*	20	250	30	150	100	50	100	350	5	200

Stan geochemiczny gruntów, w obszarze prowadzonych w latach 2013–2015 prac geologicznych, nie uległ pogorszeniu.

6. Podsumowanie i wnioski z wykonanych prac

6.1. Podsumowanie przebiegu prac

1. Otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H zostały odwiercone i udokumentowane w ramach przedsięwzięcia pt. *„Przedeksploracyjne odmetanowanie pokładów węgla otworami powierzchniowymi – ocena zastosowania w warunkach złożowych i górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wraz z odwierceniem otworu badawczego”*, realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach zadań państwowej służby geologicznej.
2. Celem tego przedsięwzięcia było kompleksowe określenie warunków przedeksploracyjnego ujęcia metanu z pokładów węgla powierzchniowymi, kierunkowymi otworami wiertniczymi, z analizą możliwości zastosowania szczelinowania hydraulicznego, a jego zasadniczą częścią – odwiercenie otworów badawczych na wybranej lokalizacji.
3. Otwory badawcze zostały odwiercone w eksploatowanym złożu węgla kamiennego „Wesoła” kopalni „Mysłowice-Wesoła”. Otwory Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H stanowią parę zespolonych otworów składającą się z otworu pionowego (PIG-1) o głębokości 1000 m (rdzeniowanego w interwale 591,00–1000,00 m) i bezrdzeniowego otworu kierunkowego (PIG-2H) o głębokości (długości) 1918 m MD, przecinającego intersekcyjnie oś otworu pionowego, z 600-metrowym odcinkiem

horyzontalnym w pokładzie węgla 510. Otwór kierunkowy, wiercony z drugiej lokalizacji w odległości około 460 m od otworu pionowego, przeciął jego oś na głębokości ok. 977,50 m tuż pod spągiem pokładu 510.

4. W obu otworach wykonano profilowania geofizyki wiertniczej, a na próbach węgla z rdzenia otworu Wesoła PIG-1 przeprowadzono szeroko zakrojone badania analityczne własności gazowych, chemiczno-technologicznych, petrofizycznych i petrograficznych według polskich i amerykańskich metod badawczych. Badaniom poddano węgiel z 14 pokładów w interwale głębokości 660,55–977,10 m; z których pobrano po 31 prób na poszczególne rodzaje badań.
5. Po zakończeniu prac wiertniczych, badań rdzeni oraz analizie ich wyników w otworach przeprowadzono testy produkcyjne dopływu metanu oraz szczelinowanie hydrauliczne.
6. W czasie pierwszej serii testów przed szczelinowaniem otrzymano stały dopływ gazu w ilości ok. 230–250 m³/dobę, co biorąc pod uwagę bardzo słabe parametry zbiornikowe węgla jest wynikiem dość optymistycznym. Uzyskany gaz był gazem wysoko metanowym o zawartości CH₄ przekraczającej 90%.
7. Przed przystąpieniem do drugiej serii testów produkcyjnych przeprowadzono stymulację produktywności metanu w pokładzie 510 poprzez szczelinowanie hydrauliczne w odcinku horyzontalnym otworu Wesoła PIG-2H. Jako medium do szczelinowania służył płyn szczelinujący na bazie guaru z materiałem podsadzkowym (piaskiem kwarcowym) w ilości ok. 100–125 m³ cieczy i ok. 14,6–14,8 ton piasku na jeden zabieg. Wykonano dwa zabiegi szczelinowania z planowanych ośmiu. Ze względu na przychwycenie przewodu wiertniczego po drugim zabiegu prace stymulacyjne zakończono.
8. Po drugim zabiegu szczelinowania stwierdzono brak cyrkulacji w otworze Wesoła PIG-2H i przychwycenie przewodu wiertniczego o długości 1833 m wraz z głowicą szczelinującą. Po nieudanych próbach uwolnienia przychwyczonego przewodu podjęto decyzję o jego instrumentacji poprzez rozkręcanie. Prace instrumentacyjne były długotrwałe, ale zakończyły się pełnym sukcesem – wyciągnięty został cały przychwyciony przewód wiertniczy wraz z głowicą szczelinującą.
9. Po zakończeniu instrumentacji i udrożnieniu otworu Wesoła PIG-2H wykonano drugą serię testów produkcyjnych, w czasie której stwierdzono analogiczne dopływy gazu, ale w znacznie krótszym czasie i przy przeszło dwukrotnie większym dopływie wód złożowych. Dopływająca woda złożowa niosła znaczną ilość zawiesziny pyłu

węglowego, co skutkowało blokowaniem pompy głębinowej, a w efekcie uniemożliwiło dłuższe prowadzenie testów.

10. Po zakończeniu testów otwory zostały zlikwidowane, a tereny obu wiertni zostały zrehabilitowane.

6.2. Wnioski z wykonanych prac

1. Większość kopalń GZW to kopalnie metanowe, prowadzące eksploatację w warunkach wysokich zagrożeń metanowych. Problem ten będzie narastał ze względu na zwiększającą się głębokość eksploatacji. Jego rozwiązaniem może być wprowadzenie wyprzedzającego odmetanowania pokładów węgla na kilka-kilkanaście lat przed ich eksploatacją, co pozwoliłoby na wcześniejsze ujęcie cennego surowca energetycznego, jakim jest metan (jego zasoby w GZW przekraczające 200 mld m³ są praktycznie niewykorzystywane), a następnie na eksploatację złóż węgla w korzystniejszej sytuacji górniczej i ekonomicznej ze względu na zmniejszenie zagrożenia metanowego i poprawę bezpieczeństwa pracy w kopalniach, a co za tym idzie znaczące obniżenie kosztów wydobywania. Wcześniejsze ujęcie metanu ograniczy także jego emisję do atmosfery (obecnie przekraczającej 700 mln m³ rocznie), co ma istotne znaczenie dla ograniczania skutków efektu cieplarnianego, a także obniżenia kosztów opłat emisyjnych.
2. Perspektywy dla przedeksploatacyjnego ujęcia metanu z pokładów węgla w skali przemysłowej otwierają nowoczesne technologie wierceń horyzontalnych oraz udoskonalone techniki stymulacji produktywności metanu. W ten kierunek działań wpisują się eksperymentalne prace badawcze prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny. Wykonane w obszarze KWK „Mysłowice-Wesoła” otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H mają charakter pilotażowy i parametryczny, a przeprowadzone szczelinowanie w otworze horyzontalnym było pierwszym tego rodzaju zabiegiem wykonanym w Polsce w warunkach czynnej kopalni węgla kamiennego.
3. Podstawowe znaczenie dla rozwoju eksploatacji/ujęcia metanu otworami wiertniczymi ma rozpoznanie parametrów węgla, określających proces desorpcji, dyfuzji i filtracji metanu zaadsorbowanego w obrębie matrycy węglowej. Badania tych parametrów są w dużej mierze odmienne od powszechnie wykonywanych w górnictwie badań

analitycznych, które na ogół są związane z określeniem jakości węgla w celach przemysłowych i dla badań MPW mają ograniczone zastosowanie.

4. Obecny stan rozpoznania parametrów związanych z eksploatacją/ujęciem metanu praktycznie zawęża się do metanonośności pokładów węgla, przy czym masowo wykonywane w górnictwie pomiary metanu określają tylko jego całkowitą zawartość (podwyższoną współczynnikiem 1,33), a stosowana metodyka nie pozwala na określenie wydzielającej się dynamicznie, desorbowalnej części całkowitej zawartości metanu w węglu, możliwej do pozyskania w procesie odmetanowania górotworu i ujęcia przedeksploatacyjnego. W związku z tym, należy wdrożyć badania umożliwiające rozdzielenie całkowitej metanonośności pokładów węgla na gaz desorbowalny i resztkowy. Obok stosowanej w polskim górnictwie metody jednofazowej degazacji próżniowej w tzw. „pojemnikach z kulami”, konieczne są badania swobodnej desorpcji, opracowaną w USA metodą USBM, która umożliwia pomiar zawartości metanu resztkowego i oszacowanie ilości metanu desorbowalnego.
5. Kolejnym problemem jest bardzo słabe – lub zerowe – rozpoznanie parametrów węgla, które określają jego własności zbiornikowe dla metanu. Z parametrów petrofizycznych kluczowym parametrem złożowym, decydującym o dopływie gazu z węgla jako skały zbiornikowej, jest przepuszczalność. Do ważnych parametrów petrofizycznych węgla określających jego własności zbiornikowe należy zaliczyć również pojemność sorpcyjną (miara zdolności węgla do gromadzenia gazu w wyniku procesów adsorpcji i absorpcji w danych warunkach ciśnienia i temperatury złożowej). Do tej pory badania przepuszczalności węgla, zwłaszcza w warunkach polowych *in situ*, oraz badania sorpcji metanu z węgla były wykonywane sporadycznie.
6. Konieczne są również badania petrograficzne składu macerałowego węgla oraz stopnia dojrzałości termicznej substancji węglowej (w tym materii organicznej rozproszonej w skałach niewęglowych) określonej na podstawie refleksyjności witrynit (Ro), ważne dla oszacowania stadium generacji węglowodorów.
7. Istotne znaczenie dla przedeksploatacyjnego ujęcia metanu wierconymi z powierzchni otworami kierunkowymi mają zagadnienia związane z wyborem lokalizacji, które powinny uwzględniać szereg aspektów geologiczno-złożowych, górniczych i środowiskowych. Podstawowym warunkiem jest taki wybór lokalizacji wierceń w stosunku do projektowanych robót górniczych, aby po zakończeniu okresu otworowej eksploatacji metanu można było rozpocząć podziemną eksploatację pokładu węgla, w którym wcześniej usytuowano wiercenia horyzontalne. Szczególne

znaczenie ma ustalenie lokalizacji osi wierceń w stosunku do projektowanych ścian eksploatacyjnych oraz w stosunku do istniejących zrobów i wyrobisk górniczych, zwłaszcza w przypadku przedeksplatacyjnego ujęcia metanu na nowych, głębszych poziomach wydobywczych.

8. Obok szerokiego spektrum uwarunkowań geologiczno-złożowych i górniczych, znaczenie dla rozwoju eksploatacji/ujęcia metanu w GZW mają zagadnienia środowiskowe. Przy lokalizacji projektowanych odwiertów rozpoznawczych i produkcyjnych należy uwzględnić szereg specyficznych dla obszaru zagłębia ograniczeń środowiskowych, w tym: wysoki stopień urbanizacji, rozwiniętą infrastrukturą naziemną i podziemną, duże kompleksy leśne zaliczone do lasów ochronnych oraz przyrodnicze obszary chronione.
9. Konieczne jest prowadzenie dalszych prac badawczych, mających na celu przede wszystkim dostosowanie do warunków geologiczno-górniczych GZW technologii wierceń horyzontalnych oraz metod stymulacji produktywności metanu, w tym m.in. rozwiązywanie problemów orurowania odcinków horyzontalnych, usytuowania trajektorii wierceń w stosunku do pokładów węgla, przebiegu pompowania gazu oraz rodzajów stosowanych pomp.
10. Dalsze działania powinny zmierzać w kierunku sektorowego programu dla górnictwa węgla kamiennego w Polsce, z ujęciem przedeksplatacyjnego odmetanowania pokładów węgla jako części komplementarnego, systemowego rozwiązania problemu metanowości kopalń. Ujęcie w planach niektórych kopalń przedeksplatacyjnego odzysku metanu powinno dotyczyć nowych pól złożowych lub nowych poziomów wydobywczych, z założeniem rozpoczęcia prac na co najmniej 3–5 lat przed eksploatacją węgla.
11. Kluczowe znaczenie dla rozwoju eksploatacji/odzysku metanu ma przeprowadzenie oceny ekonomicznej dotychczasowych metod odmetanowania w porównaniu z przedeksplatacyjnym ujęciem metanu kierunkowymi otworami powierzchniowymi.

7. Literatura

BOJARSKI I., 1996 – Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża węgla kamiennego KWK „Wesoła” w Mysłowicach-Wesołej w kat. A, B, C1 i C2. Przeds. Tech.-Handl.-Usł. Carbo-Techmex, Katowice. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Sosnowiec.

DOKUMENTACJA geologiczna otworu G.880 (2013), 2013 – Przedsiębiorstwo Robót Górniczych, Bytom sp. z o.o. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Sosnowiec.

GÓRNIK M., 2006 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 pierwszy poziom wodonośny występowanie i hydrodynamika, ark. Katowice. MŚ, Warszawa.

JELONEK I., 2013 – Dokumentacja Usługi naukowo-badawczej wykonanej w ramach umowy nr BZ-0412-010 „Określenie parametrów petrofizycznych i petrograficznych węgla z pokładów 501-510 w KWK „Mysłowice-Wesoła” w zakresie badań metanu z pokładów węgla z Załącznikami. WNoZ UŚ. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Sosnowiec.

JOCHEMCZYK L., OLSZEWSKA K., 2002 – Mapa geośrodowiskowa Polski 1:50 000, ark. Katowice. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

JURECZKA J., HADRO J., KRIEGER W., KWARCINŚKI J., STRZEMIŃSKA K., ŁUGIEWICZ-MOŁAS I., ROLKA M., FORMOWICZ R., 2013 – Projekt robót geologicznych wykonania badawczego otworu wiertniczego Wesoła PIG-1 wraz z otworem horyzontalnym rozgałęzionym Wesoła PIG-2H w celu oceny przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla w połączeniu z odzyskiem metanu w obszarze górniczym KWK „Mysłowice-Wesoła”. Oddz. Górnośląski PIG-PIB. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Sosnowiec.

KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

KOTAS A (red.) 1994 – Coal Bed Methane Potential of The Upper Silesian Coal Basin, Poland. Prace PIG, CXLII, Warszawa.

KWARCINŚKI J., ROLKA M., WILK S., HADRO J., PĘKAŁA Z., 2006 – Ocena metodyki określania metanonośności pokładów węgla wraz ze szczegółową analizą dotychczasowych wyników jej oznaczania. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

KWARCINŚKI J., 2011 – Metan z pokładów węgla. W: S. Wołkowicz, T. Smakowski, S. Speczik (red.) Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31 XII 2009. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 63–70.

MCCANTS C.Y., SPAFFORD S., STEVENS S.H., 2001 – Five-Spot Production Pilot on Tight Spacing: Rapid Evaluation of a Coalbed Methane Block in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. The 2001 International Coalbed Methane Symposium. University of Alabama, Tuscaloosa, May 2001, s. 193-204.

NAGY S., NAWRAT S., WIŚNIEWSKI R., TAJDUŚ K., PLONKA G., NAPIERAJ S., HENDEL J., 2012 – Warunki bezpieczeństwa prowadzenia odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi (ze szczelinowaniem hydraulicznym) w sąsiedztwie czynnych wyrobisk eksploatacyjnych kopalń węgla kamiennego. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Sosnowiec.

ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących innych dokumentacji geologicznych Dz.U. 2011 r. nr 282 poz. 1656.

RÓŹKOWSKI A., 1991 – Regiony hydrogeologiczne i ich charakterystyka. Region górnośląski W: MALINOSKI J. (red.), Budowa geologiczna Polski. Hydrogeologia. T. 7. Wyd. Geologiczne, Warszawa, s. 177–188.

USTAWA Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. t.j. Dz.U. 2015 poz. 196 z późn. zm.

WAGNER R. (red.), 2008 – Tabela stratygraficzna Polski, PIG-PIB, Warszawa.

WAGNER J., CHMURA A., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Katowice. Państw. Inst. Geol., Warszawa.