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

www.pgi.gov.pl

państwowa służba geologiczna

państwowa służba hydrogeologiczna

Ocena perspektywiczności geologicznej zasobów złóż węglowodorów
oraz przygotowanie materiałów na potrzeby przeprowadzenia postępowania przetargowego
w celu udzielenia koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie
lub wydobywanie złóż węglowodorów
Zadanie 22.5004.1502.02.0

Pakiet danych geologicznych do postępowania przetargowego na poszukiwanie złóż węglowodorów Obszar przetargowy „CHODZIEŻ”

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
mgr Huberta Kiersnowskiego

Koordynator zadania:
dr hab. Stanisław Wołkowicz
prof. nadzw. PIG-PIB

Warszawa, styczeń 2016 r.

Skład zespołu:

mgr Hubert Kiersnowski – kierownik zespołu
dr Anna Becker
mgr inż. Anna Bliźniuk
mgr inż. Ireneusz Dyrka
dr Anna Feldman-Olszewska
dr Andrzej Głuszyński
Tadeusz Grudzień
mgr inż. Marcin Janas,
dr Marek Jasionowski
mgr inż. Dominika Kafara
mgr inż. Sylwia Kijewska
mgr Paulina Kostrz-Sikora
dr Aleksandra Kozłowska
dr Marta Kuberska
mgr Rafał Laskowicz
dr Krzysztof Leszczyński
Monika Piotrowska
mgr inż. Michał Roman
dr Olga Rosowiecka
dr Małgorzata Sikorska-Maykowska
inż. Leszek Skowroński
mgr Jakub Sokołowski
mgr Marcin Szuflicki z zespołem
prof. dr hab. Ryszard Wagner

Koordynator zadania
Prof. nadzw. PIG-PIB dr hab. Stanisław Wołkowicz

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP **5**

1.1. Informacje ogólne 5

(Marek Jasionowski, Leszek Skowroński, Hubert Kiersnowski)

1.2. Uwarunkowania środowiskowe 5

(Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Dominika Kafara, Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska)

2. BUDOWA GEOLOGICZNA **8**

2.1. Stratygrafia 8

2.1.1. Karbon 8

(Hubert Kiersnowski)

2.1.1.1. Petrografia osadów karbonu 8

(Aleksandra Kozłowska)

2.1.2. Perm – czerwony spągowiec 9

(Hubert Kiersnowski)

2.1.2.1. Wyniki badań petrograficznych 13

(Marta Kuberska)

2.1.3. Perm – dolomit główny 14

(Ryszard Wagner, Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński)

2.1.4. Trias 16

(Anna Becker)

2.1.5. Jura 17

(Anna Feldman-Olszewska)

2.1.6. Kreda 18

(Krzysztof Leszczyński)

2.1.7. Kenozoik 19

2.2. Budowa strukturalna 19

(Andrzej Głuszyński)

2.3. Rozwój budowy geologicznej 21

(Andrzej Głuszyński)

3. SYSTEM NAFTOWY **21**

3.1. Wstęp 21

3.2. Skały macierzyste 22

(Marcin Janas)

3.3. Zawartość węgla organicznego w utworach permu, triasu, jury i kredy 26

(Ewa Klimuszko)

3.4. Wiek i mechanizm generacji, migracji i akumulacji węglowodorów 28

(Ireneusz Dyrka)

4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU „CHODZIEŻ” **29**

(Marcin Szuflicki i zespół)

5. PROFILE REPEROWE – OBJEZIERZE IG 1 i PIŁA IG 1 . . . . . **29**

(Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński, Tadeusz Grudzień)

5.1. Opis wykonanych badań i interpretacji geofizyki otworowej w otworze Objezierze IG 1 30

(Michał Roman)

5.2. Charakterystyka hydrodynamiczna i hydrochemiczna poziomów zbiornikowych na przykładzie wierceń reperowych Piła IG 1 i Objezierze IG 1 31

(Jakub Sokołowski)

6. DANE SEJSMICZNE **34**

(Sylwia Kijewska)

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE **34**

(Olga Rosowiecka)

7.1. Grawimetria 34

7.2. Magnetyka 37

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI **39**

(Hubert Kiersnowski, Rafał Laskowicz)

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE **41**

1. WSTĘP

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Chodzież” dotyczy aspektów budowy geologicznej i perspektyw poszukiwawczych dla poszukiwań węglowodorów w utworach czerwonego spągowca, zarówno w pułapkach konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych.

Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru „Chodzież” został przygotowany na zlecenie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska. Zakres informacji geologicznej, jaka powinna się znaleźć w przedkładanym opracowaniu, został określony w piśmie tegoż Departamentu nr DGK-IV-4773-3/25312/15/TC z dnia 8.07.2015 r. Zgodnie z art. 49f ust. 3 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r., poz. 196 ze zm.) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar „Chodzież” został wskazany w oparciu o Raport „RANKING OBSZARÓW PROPONOWANYCH DO POSTĘPOWANIA PRZETARGOWEGO NA UDZIELENIE KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW” opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w lipcu 2015 r.

Zebrane dane o budowie geologicznej i potencjale złożowym obszaru „Chodzież” obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji zawarte są w końcowej części Pakietu Informacyjnego. Opracowanie to zawiera również ogólne dane o istniejących informacjach geologicznych nie będących własnością Skarbu Państwa.

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny Chodzież stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie. Zawarte w przedłożonym Geologicznym Pakiecie Informacyjnym dla obszaru „Chodzież” opinie autorów dotyczące potencjału węglowodorowego obszaru „Chodzież” wyrażają stanowisko PSG i komentują bieżący stan wiedzy geologicznej.

Ministerstwo Środowiska zastrzega sobie możliwość użycia/cytowania Geologicznych Pakietów Informacyjnych w całości lub w części przy okazji innych czynności związanych z realizacją zadań statutowych instytucji.

1.1. INFORMACJE OGÓLNE

Obszar przetargowy „Chodzież” o powierzchni 1119,08 km^2 (Fig. 1.1.) został oznaczony koordynatami w układzie współrzędnych PL-1992 zamieszczonymi w tabeli poniżej; numery punktów przedstawiono na Fig. 1.2.

Nr	X	Y	Nr	X	Y
1	553208,82	391696,38	7	573431,06	332289,06
2	543811,58	398404,58	8	572875,62	349057,65
3	544249,21	376171,46	9	572026,54	378791,78
4	544548,71	364927,26	10	563112,93	365568,76
5	553809,82	365184,38	11	562674,12	382371,14
6	554864,44	331642,37	12	553408,12	382145,42

Obszar był objęty koncesjami 37/98/Ł oraz 35/98/Ł należącymi do CalEnergy Gas (Polska) Sp. z o. o. w okresie 23.04.1998– 12.05.2006.

Należy zaznaczyć, że zarówno w dokumentacjach, jak i publikacjach, w przypadku otworów wiertniczych spotyka się różną pisownię (np. „Piła IG 1” albo „Piła IG-1”).

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Obszar przetargowy „Chodzież” jest zlokalizowany na terenie województwa wielkopolskiego (z wyjątkiem jego SE krańców, które położone są w granicach administracyjnych województwa kujawsko-pomorskiego). W jego zasięgu znajdują się – w całości lub częściowo – tereny 19 gmin, w tym 3 miasta: Czarnków, Wągrowiec i Chodzież.

Układ komunikacyjny obszaru, poza koleją, tworzą: droga krajowa nr 11, drogi wojewódzkie nr 178, 182, 183, 190, 241 oraz sieć dróg powiatowych i gminnych. W przyszłości, we wschodniej części charakteryzowanego terenu, przebiegać będzie droga szybkiego ruchu S5. Elementem infrastruktury techniczno-inżynieryjnej o znaczeniu ponadregionalnym jest gazociąg wysokometanowego gazu ziemnego.

Na obszarze „Chodzież” zinwentaryzowano 14 ujęć wód podziemnych o wydajności >50 m^3/h (w tym: 13 komunalnych i 1 przemysłowe).W NW jego części znajdują się tereny zagrożone podtopieniami związane z rozległą doliną Noteci.

Obszar przetargowy „Chodzież” jest położony w zasięgu występowania czterech głównych zbiorników wód podziemnych. Największą powierzchnię i znajdującą się w centralno-wschodniej jego części zajmuje zbiornik nr 143 (Subzbiornik Inowrocław–Gniezno o średniej głębokości ujęć wynoszącej 120 m). Zbiornik nr 139 (Dolina kopalna Smogulec–Margonin o średniej głębokości ujęć – 50 m) znajduje się na zachodzie obszaru. Najbardziej skrajny NW kraniec obszaru przetargowego znajduje się w strefie występowania dwóch GZWP: o nr 127 (Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie o średniej głębokości ujęć wynoszącej 100 m) i 138 (Pradolina Toruń–Eberswalde [Noteć] o średniej głębokości ujęć wynoszącej 30 m).

W granicach charakteryzowanego obszaru znajdują się udokumentowane złoża kopalin. Występują m.in. węgiel brunatny, piaski, piaski i żwiry, piaski kwarcowe, kreda jeziorna i gytia. Zdecydowana większość perspektyw i prognoz występowania złóż kopalin dotyczy piasków oraz torfów.

W zachodniej części omawianego terenu, w miejscowości Czarnków, są bardzo dobre warunki do budowy ciepłowni geotermalnych, natomiast w centralnej części obszaru przetargowego w miejscowości Czarnków – dobre.

Część terenów położnych w granicach obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej na mocy przepisów ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. *o ochronie przyrody* (Dz.U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.). Wśród obszarowych form chronionych występują m.in. 2 rezerwaty, które zajmują znikome powierzchnie w stosunku do całkowitej powierzchni obszaru przetargowego. Większe tereny charakteryzowanej jednostki są włączone w struktury obszarów chronionego krajobrazu. Spośród pięciu takich form, największą jest Dolina Wełny i Rynna Gołaniecko-Wągrowiecka, która zajmuje około 10% powierzchni obszaru przetargowego i Dolina Noteci, zajmująca około 7% omawianego obszaru. W ramach obszarów sieci Natura 2000 znajdują się tam: Dolina Noteci, Jezioro Kaliszańskie, Ostoja Barcińsko-Gąsawska, Nadnoteckie Łęgi. Są to obszary ochrony siedlisk i ptaków.

Figura 1.1. Położenie obszaru przetargowego „Chodzież” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów według stanu na 31.12.2015 r.

MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW ORAZ PODZIEMNE BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE SUBSTANCJI I PODZIEMNE SKŁADOWANIE ODPADÓW
WG STANU NA 31-12-2015 r.

SKALA 1 : 1 000 000

0 50 km

Układ współrzędnych PL-1992

GRANICE złóż:
ropy naftowej | gazu ziemnego | azotowego gazu ziemnego
złoża eksploatowane
złoża nieeksploatowane
podziemne magazyny gazu (PMG)

Magazyny

L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjobiorca
1	176/94	Mogilno II	PGNiG S.A.
2	33/99/m	Góra	Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu
3	10/2010/m	Strachocina	PGNiG S.A.
4	9/2011/m	Husów E	PGNiG S.A.
5	13/2008/m	Bonikowo	PGNiG S.A.
6	4/2012/m	Brzeźnica	PGNiG S.A.
7	9/2008/m	Daszewo	PGNiG S.A.
8	19/2001/m	Kosakowo	PGNiG S.A.
9	190/94	Swarzów	PGNiG S.A.
10	11/95	Wierzchowice	PGNiG S.A.
11	2/2012/m	Henrykowice - E	Zakład Projektowania i Usług Technicznych "ATM Brzozowscy Spółka Jawna

Składowiska

L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjobiorca
1	12/2003/s	Borzęcin	PGNiG S.A.
2	23/99/s	Husów - Albinowa Krasne	PGNiG S.A.
3	3/2002/s	Świdnik	PGNiG S.A.

Chodzież

MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

Koncesje eksploatacyjne:
- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNiG S.A.
- Gazowe koncesje eksploatacyjne PGNiG S.A.
- LOTOS Petrobaltic S.A.
- Zakład Odmetanowania Kopalń Sp. z o.o.
- Baltic Gas Sp. z o. o. i wspólnicy Sp. komandytowa
- B6 Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
- TRIAS Sp. z o. o.

Koncesje poszukiwawcze:
- PGNiG S.A.
- Grupa LOTOS Petrobaltic S.A.
- BNK Poland Holdings B.V.
- Blue Gas N'R'G Sp. z o.o.
- San Leon Energy Plc
- DISCOVERY POLSKA LLC
- PKN Orlen S.A.
- Stena Investment S.A.R.L.
- Palomar Capitol Advisors Limited - San Leon Energy B.V.
- Cuadrilla Resources Limited
- FX Energy
- GAS PLUS International B.V.
- PPI Chrobok S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.

- Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładów węgla kamiennego
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 16 ustawy Prawo geologiczne i górnicze
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy Prawo geologiczne i górnicze

Opracowali: R. Bonda D. Siekiera M.Scafficki

© Copyright by PGI (2015)

WARSZAWA - 31-12-2015

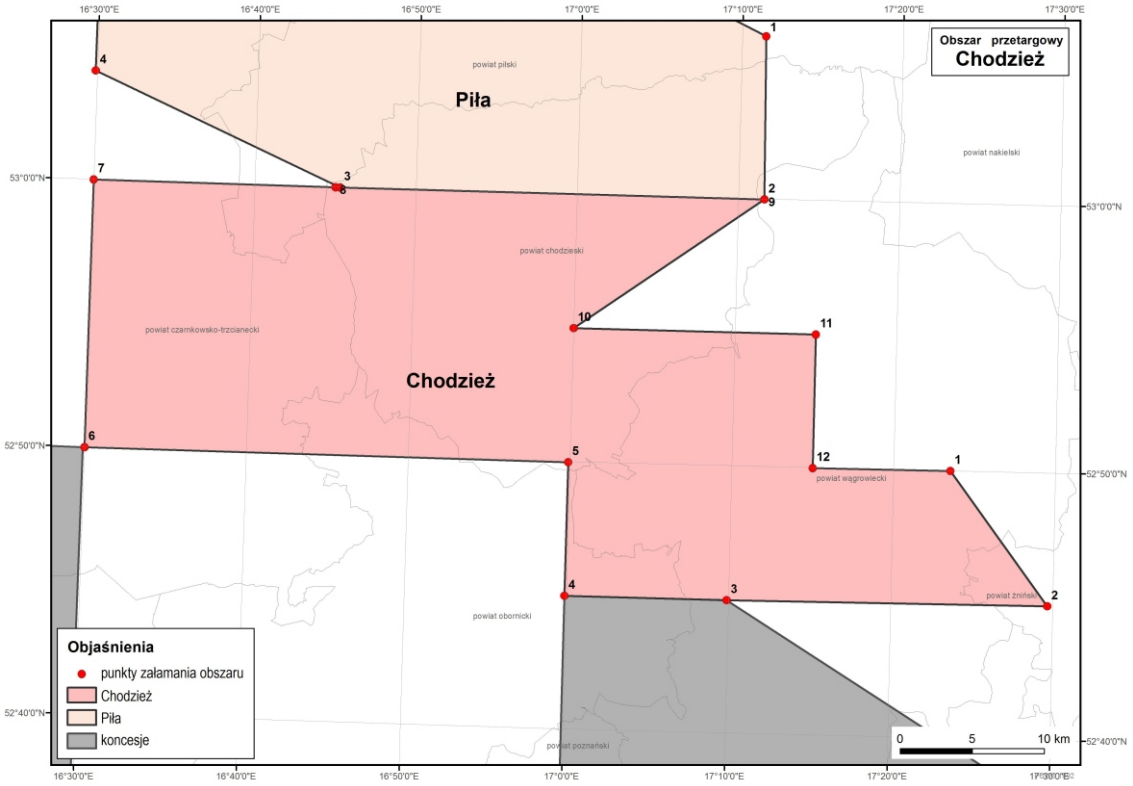


Figura 1.2. Mapa obszaru Chodzież i przyległych koncesji PGNiG. Na północ od obszaru Chodzież zaznaczono fragment obszaru „Piła" (stan na 31.12.2015 r.)

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „CHODZIEŻ"			
1.	**LOKALIZACJA OBSZARU CHODZIEŻ NA MAPIE**	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Czarnków 353, Chodzież 354, Margonin 355, Wągrowiec 395, Janowiec 396
2.	**POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE**	**województwo**	**wielkopolskie (98,59%)**
		powiat	**czarnkowsko-trzcianecki (25,81%)**
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Połajewo (0,69%), Lubasz (3,63%), Czarnków m. (0,90%), Czarnków (19,97%), Trzcianka (0,62%)
		powiat	**pilski (2,43%)**
		gmina	Ujście (2,43%)
		powiat	**chodzieski (34,62%)**
		gmina	m. Chodzież (0,93%), Chodzież (10,51%), Margonin (5,36%), Budzyń (17,79%), Szamocin (0,03%)
		powiat	**obornicki (5,76%)**
		gmina	Ryczywół (3,24%), Rogoźno (2,52%)
		powiat	**wągrowiecki (29,97%)**
		gmina	Mieścisko (2,76%), Wągrowiec, m.(1,59%) Wągrowiec (24,40%), Damasławek (1,10%), Gołańcz (0,12%)
		województwo	**kujawsko-pomorskie (1,41%)**
		powiat	**żniński (1,41%)**
		gmina	Janowiec Wielkopolski (1,41%)
3.	**REGIONALIZACJA FIZYCZNO–GEOGRAFICZNA (wg KONDRACKIEGO, 2009)**	makroregion	Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (315.3)
		mezoregion	Kotlina Gorzowska (315.33)
		makroregion	Pojezierze Wielkopolskie (315.5)
		mezoregion	Pojezierze Chodzieskie (315.53); Pojezierze Gnieźnieńskie (315.54)
4.		makroregion	Pojezierze Południowopomorskie (314.6–7)
5.		mezoregion	Pojezierze Wałeckie (314.64)

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „CHODZIEŻ”				
6.		makroregion	Pojezierze Południowopomorskie (314.6–7)	
7.		mezoregion	Pojezierze Wałeckie (314.64)	
8.	**WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU CHODZIEŻ**	układ PL-1992 [Y; X]	391696,38	553208,82
			398404,58	543811,58
			376171,46	544249,21
			364927,26	544548,71
			365184,38	553809,82
			331642,37	554864,44
			332289,06	573431,06
			349057,65	572875,62
			378791,78	572026,54
			365568,76	563112,93
			382371,14	562674,12
			382145,42	553408,12
9.	**POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO**	[km^2]	1119,08	
10.	**CEL KONCESJI**		poszukiwanie złóż węglowodorów	
11.	**WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ**		perm	
12.	**PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:**	[tak/ nie] jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego		
	parki narodowe		nie	
	rezerwaty		Źródliska Flinty (<1%); Dębina (<1%)	
	parki krajobrazowe		nie	
	obszary chronionego krajobrazu		OChK Dolina Noteci (11%); OChK Dolina Wełny i Rynna Gołaniecko-Wągrowiecka (11%); OChK Puszcza Notecka (<1%)	
	Natura 2000 - SOO		PLH300004 Dolina Noteci (4%); PLH300044 Jezioro Kaliszańskie (1%)	
	Natura 2000 - OSO		PLB300003 Nadnoteckie Łęgi (4%)	
13.	zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe jezior położonych w gminie Rogowo (<1%)	
14.	**GLEBY CHRONIONE**	[tak/ nie]	tak	
15.	**KOMPLEKSY LEŚNE**	[tak/ nie]	tak	
16.	**GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH**	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	127 – Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie Tr; 138 – Pradolina Toruń–Eberswalde (Noteć), Q_P; 139 – Dolina kopalna Smogulec–Margonin, Q_{PK}; 143 – Subzbiornik Inowrocław–Gniezno, Tr	
17.	**STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY**	[tak/ nie]	tak	
18.	**STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ**	[tak/ nie]	nie	
19.	**TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI**	[tak/ nie]	tak	
20.	**UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN**	[tak/ nie]	tak (węgiel brunatny, piaski, piaski i żwiry, piaski kwarcowe, kreda jeziorna i gytia)	
21.	**OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WSYTĘPOWANIA KOPALIN**	[tak/ nie]	tak (piaski, piaski i żwiry, piaski kwarcowe, kreda jeziorna i gytia, torfy)	
22.	**SIECI PRZESYŁOWE GAZU**	[tak/ nie]	tak	
23.	**PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU**	[tak/ nie]	nie	
24.	**DATA WYPEŁNIENIA KARTY**	14.09.2015 r.		
25.	**ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH**	Anna Bliźniuk, Dominika Kafara		

Ponadto w NW części obszaru przetargowego znajdują się rozległe kompleksy leśne.

Mapa środowiskowa znajduje się na Fig. 1.3., a objaśnienia do niej – na Fig. 1.4.

Figura 1.3. Mapa środowiskowa obszaru przetargowego „Chodzież“.

Figura 1.4. Objaśnienia do mapy środowiskowej obszaru „Chodzież“.

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

PSG

OBSZAR PRZETARGOWY "CHODZIEŻ"
OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE

skala 1:100 000

1000 m 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 km

MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

53°00'

52°50'

16°45'

17°00'

17°15'

17°30'

CHODZIEŻ
MARGONIN
KCYNIA
GOŁAŃCZ
WAPNO
DAMASŁAWEK
CZARNKÓW
LUBASZ
BUDZYŃ
RYCZYWÓŁ
POŁAJEWO
WĄGROWIEC
ROGOŹNO
MIEŚCISKO
JANOWIEC WIELKOPOLSKI
OBRZYCKO

PLH300004
PLB300003
PLH300003
PLH300044
PLB300016
PLH300016
PLH300037

Opracowała: Małgorzata Sikorska-Maykowska

Zestawienie danych
i redakcja komputerowa: Monika Piotrowska

Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2015

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH OBSZARU PRZETARGOWEGO "CHODZIEŻ"

(opracowano na podstawie bazy MGśP z zasobów PIG-PIB)

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
PSG

ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

- kreda jeziorna i gytia
- gipsy
- iły i łupki ilaste
- piaski i żwiry
- piaski
- piaski kwarcowe
- torfy
- 277 — identyfikator z bazy Midas złoża małokonfliktowego
- 1147 — identyfikator z bazy Midas złoża konfliktowego
- 415 — identyfikator z bazy Midas złoża bardzo konfliktowego
- granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategoriach A+B+C_1 i C
- granica złoża o zasobach udokumenotwanych w kategorii C_2
- granica obszaru prognostycznego
- granica obszaru perspektywicznego
- złoże o powierzchni ⩽ 5 ha
- [ ]t/Q — obszar prognostyczny o powierzchni ⩽ 5 ha (t - rodzaj kopaliny, Q - wiek kopaliny)

GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

- granica obszaru górniczego
- granica terenu górniczego
- obszar i teren górniczy złoża o powierzchni ⩽ 5 ha
- wyrobisko (zarys)
- p — punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny (p - rodzaj kopaliny)
- zlikwidowany szyb kopalni podziemnej
- zwały odpadów mineralnych: eksploatacyjne o powierzchni ⩽ 5 ha

Symbol kopaliny:
Wb - węgiel brunatny
Na - sole kamienne
kj - kreda jeziorna i gytia
gi - gipsy
i(ic) - iły i łupki ilaste ceramiki budowlanej
i(ir) - iły i łupki ilaste o różnym zastosowaniu
g(gc) - gliny ceramiki budowlanej
g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu
pż - piaski i żwiry
p - piaski
pk - piaski kwarcowe
pks - piaski szklarskie
t - torfy
mz - masy ziemne

Symbol jednostki stratygraficznej:
Q - czwartorzęd
Ng - neogen
Pg - paleogen
P - perm

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

Granice działu wodnego:

- trzeciego rzędu
- czwartego rzędu
- 139 — granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem
- granica strefy ochrony pośredniej ujęcia wód
- k / Pg+Ng — ujęcie wód podziemnych o wydajności ⩽ 25 m³/h (k - komunalne, p - przemysłowe, Pg+Ng - wiek ujmowanych utworów)
- k / Pg+Ng — ujęcie wód podziemnych o wydajności 25 - 50 m³/h
- p / Q — ujęcie wód podziemnych o wydajności ⩾ 50 m³/h
- obszary dolinne zagrożone podtopieniami

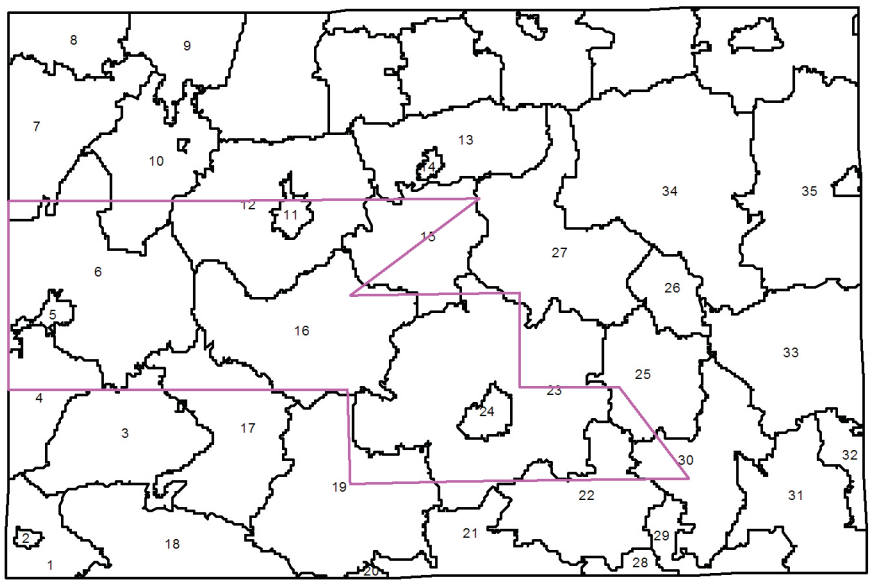
OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU

- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego
- lasy
- zieleń urządzona
- granice terenów zarządzanych przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych
- granica obszaru chronionego krajobrazu
- granica projektowanego obszaru chronionego krajobrazu
- granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego
- granica obszaru Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru
- W — granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (Fl - florystyczny, W - wodny)
- Fl — rezerwat przyrody lub obszar ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego o powierzchni ⩽ 5 ha
- geostanowisko o znaczeniu regionalnym
- geostanowisko o znaczeniu lokalnym
- obszary predysponowane do występowania ruchów masowych

INFORMACJE DODATKOWE

- granica województwa
- granica powiatu
- granica gminy, miasta
- S5 — oś projektowanej autostrady lub drogi szybkiego ruchu
- OBRZYCKO — siedziba urzędu gminy, miasta
- granica obszaru przetargowego
- sieć gazociągów
- sieć energetyczna

Położenie obszaru przetargowego na tle podziału administracyjnego



woj. WIELKOPOLSKIE
powiat szamotulski
1 - gm. Obrzycko
2 - m. Obrzycko
powiat czarnkowsko-trzcianecki
3 - gm. Połajewo
4 - gm. Lubasz
5 - m. Czarnków
6 - gm. Czarnków
7 - gm. Trzcianka
powiat pilski
8 - gm. Szydłowo
9 - m. Piła
10 - gm. Ujście
powiat chodzieski
11 - m. Chodzież
12 - gm. Chodzież
13 - gm. Szamocin
14 - m. Szamocin
15 - gm. Margonin
16 - gm. Budzyń
powiat obornicki
17 - gm. Ryczywół
18 - gm. Oborniki
19 - gm. Rogoźno
powiat poznański
20 - gm. Murowana Goślina
powiat wągrowiecki
21 - gm. Skoki
22 - gm. Mieścisko
23 - gm. Wągrowiec
24 - m. Wągrowiec
25 - gm. Damasławek
26 - gm. Gołańcz
27 - gm. Wapno
powiat gnieźnieński
28 - gm. Kłecko
29 - gm. Mieleszyn
woj. KUJAWSKO-POMORSKIE
powiat żniński
30 - gm. Janowiec Wielkopolski
31 - gm. Rogowo
32 - gm. Gąsawa
33 - gm. Żnin
powiat nakielski
34 - gm. Kcynia
35 - gm. Szubin

Położenie obszaru przetargowego na arkuszach 1: 50 000

312 Trzcianka	313 Piła	314 Śmiłowo	315 Szamocin	316 Wyrzysk	317 Nakło n. Notecią
352 Siedlisko	353 Czarnków	354 Chodzież	355 Margonin	356 Kcynia	357 Żnin
392 Wronki	393 Obrzycko	394 Parkowo	395 Wągrowiec	396 Janowiec	397 Rogowo

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

2.1. STRATYGRAFIA

2.1.1. KARBON

Na obszarze przetargowym „Chodzież" nie ma wiercenia, które nawierca utwory karbonu. Można tylko przedstawić przypuszczenia, co do stratygrafii, budowy geologicznej i strukturalnej utworów karbonu w oparciu o profile głębokich wierceń, które sąsiadują od północy z obszarem „Chodzież" (Piła IG 1) oraz od południa (Objezierze IG 1). W obrębie obszaru „Chodzież" możemy się spodziewać skał klastycznych westfalu (przykład karbonu z wiercenia Piła IG 1), jak i utworów karbonu dolnego – najprawdopodobniej namuru (przykład karbonu z wiercenia Objezierze IG 1).

Utwory karbonu nawiercono w spągu wiercenia Piła IG 1 w przedziale głębokości 5468–5482 m (koniec wiercenia). Na podstawie opisu rdzeni i badań petrograficznych scharakteryzowano je jako piaskowce typu waki kwarcowe, iłowce żelaziste, iłowce piaszczyste (ekspertyza: Z. Łoszewska – dokumentacja wynikowa wiercenia Piła IG 1). Wiek tych utworów jest kontrowersyjny. Wg Żelichowski (1985), tylko najniżej położone utwory reprezentują westfal. Silne nachylenie tych utworów jest interpretowane jako mające związek z nieodległą strefą tektoniczną. Istnieje również interpretacja, że nachylenie jest związane z deformacjami waryscyjskimi.

Utwory karbonu w wierceniu Objezierze IG 1 (4595–5094,5 m) są reprezentowane głównie przez piaskowce drobnoziarniste (waki) oraz podrzędnie przez iłowce i mułowce. Sporadycznie stwierdzono okruchy zwęglonej flory, szczególnie w niższej części przewierconej sekwencji. Skały karbonu charakteryzują się znacznym stopniem diagenezy i są silnie nachylone tektonicznie, upady sięgają 50^{o}, sporadycznie do 80^{o}. Zaangażowanie tektoniczne jest związane z ruchami waryscyjskimi, co umacnia pogląd o dolnokarbońskim wieku tych skał.

Wyniki badań petrograficznych karbonu w otoczeniu obszaru przetargowego „Chodzież", w oparciu o dane z wierceń Piła IG 1 oraz Objezierze IG 1, są zamieszczone w rozdziale 2.1.1.1.

2.1.1.1. PETROGRAFIA OSADÓW KARBONU

Charakterystykę petrograficzną oparto na dokumentacjach wynikowych z dwóch otworów wiertniczych, w których przewiercono karbon, usytuowanych poza granicami obszaru przetargowego. Są to Piła 1 (IG 1) (Żelichowski, 1985) na północ od obszaru przetargowego i Objezierze IG 1 (Deczkowski, 1989) na południe od obszaru przetargowego.

Strop osadów karbonu, których wiek został określony na westfal, znajduje się na głębokości 5468,0 m w profilu otworu Piła 1 (IG 1), natomiast w profilu otworu Objezierze IG 1 osady karbonu reprezentują wizen i ich strop występuje na głębokości 4595,0 m.

Osady westfalu – Piła 1 (IG 1)

Występują tu osady klastyczne: piaskowce, mułowce i iłowce.

Piaskowce charakteryzują się strukturą drobnoziarnistą, teksturą bezładną. Reprezentują one waki, prawdopodobnie kwarcowe. Materiał ziarnisty jest słabo obtoczony, źle wysortowany. Głównym składnikiem piaskowców jest kwarc o wielkości ziaren 0,06–0,4 mm, przeciętnie 0,1 mm; w niewielkiej ilości obecny jest muskowit. W dużych ilościach występują czarne skupienia tlenków żelaza, typu hematytu, co powoduje rdzawe zabarwienie skały. Spoiwo piaskowców stanowi matriks ilasty (illit, rzadziej kaolinit) oraz cement węglanowy. Porowatość skały wynosi 0,9%, a przepuszczalność – 4,8 mD.

Iłowce charakteryzują się strukturą pelitowo-aleurytowo-psamitową i teksturą kierunkową, podkreśloną ułożeniem składników mineralnych. Zbudowane są głównie z illitu, blaszek muskowitu, hematytu i ostrokrawędzistych ziaren kwarcu, wielkości 0,06–0,3 mm. Hematyt występuje w formie rozproszonej lub tworzy smugi, laminy lub soczewki, nadając skale zabarwienie ceglaste. Ponadto w tle skalnym występują pojedyncze ziarna węglanów, niekiedy izometryczne. Skała charakteryzuje się porowatością 0,94%.

Osady wizenu – Objezierze IG 1

Reprezentują pakiet skał piaszczysto-ilastych w typowym dla podłoża monokliny przedsudeckiej rozwoju litologicznym. Stanowią go przeławicające się skały ilaste i piaszczyste. Występują tu trzy typy skał: piaskowce, mułowce i iłowce.

Piaskowce charakteryzują się strukturą od bardzo drobno- do średnioziarnistej, teksturą bezładną lub kierunkową. Reprezentują one głównie waki subarkozowe, rzadziej sublityczne. Nielicznie występują arenity lityczne i subarkozowe. Materiał ziarnisty jest słabo obtoczony, źle wysortowany. Skład mineralny w całości profilu jest wyrównany. Głównym składnikiem piaskowców jest kwarc przy znacznym udziale skaleni i nieco mniejszym okruchów skał. Skalenie są reprezentowane przez plagioklazy i skalenie potasowe. Z łyszczyków, biotyt najczęściej przeważa nad muskowitem. Z minerałów akcesorycznych obecny jest cyrkon, rutyl i leukoksen. Litoklasty są reprezentowane przez fragmenty skał metamorficznych i wylewnych, rzadziej osadowych. Spoiwo piaskowców stanowi matriks ilasto-krzemionkowo-żelaziste. Ponadto, w niewielkiej ilości, występuje cement złożony z węglanów (kalcyt), kwarcu autigenicznego (obwódki na ziarnach kwarcu) oraz anhydrytu. Porowatość całkowita piaskowców waha się od 0,36 do 1,48%, przeciętnie wynosi 0,94%, a przepuszczalność – <0,1 mD.

Przemiany diagenetyczne są obserwowane zarówno w obrębie ziaren i litoklastów, jak i w spoiwie. Najsilniej są one rozwinięte w skaleniach i okruchach skał, które w różnym stopniu uległy karbonatyzacji, anhydrytyzacji, serycytyzacji, kaolinityzacji lub chlorytyzacji. Wynikiem wtórnych przemian jest korozja ziaren kwarcu przez roztwory alkaliczne, narastanie kwarcu autigenicznego na ziarnach kwarcu, jak i powstanie drobnych skupień mikrokrystalicznej krzemionki w spoiwie. Węglany i siarczany występują jako pierwotne spoiwo oraz jako składniki wtórne podstawiające materiał detrytyczny; wypełniają również mikroszczelinki. Do zmian diagenetycznych należy również zaliczyć chlorytyzację biotytu.

Mułowce charakteryzują się strukturą aleurytową, miejscami z domieszką frakcji psamitowej. Wykazują teksturę kierunkową podkreśloną ułożeniem minerałów blaszkowych i materii organicznej. Materiał detrytyczny jest słabo obtoczony. Głównym składnikiem są kwarc i skalenie oraz łyszczyki (muskowit i biotyt przeobrażany w chloryt). Okruchy skał, głównie metamorficznych i wylewnych, są nieliczne. Z minerałów akcesorycznych występują: leukoksen, cyrkon i rutyl. Miejscami obecne są szczątki organiczne. Spoiwo stanowi matriks ilasto-krzemionkowe z dużym udziałem tlenków i wodorotlenków żelaza.

Iłowce charakteryzują się strukturą pelitową i teksturą kierunkową, podkreśloną ułożeniem łuseczek minerałów ilastych, blaszek łyszczyków oraz smugami materii organicznej. Główna masę skały stanowią minerały ilaste, w skład których wchodzą illit, kaolinit i chloryty. W masie ilastej występują blaszki muskowitu, pojedyncze ziarna kwarcu, materia

organiczna i związki żelaza. Miejscami obserwowano mikrożyłki wypełnione siarczanami – barytem (?).

Badany poziom zbiornikowy (piaskowce, mułowce) na głębokości 5010,0–5094,5 m wykazał brak przepływu i brak śladów bituminów. Jest on praktycznie nieprzepuszczalny.

2.1.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC

Basen osadowy czerwonego spągowca w Polsce tworzą iłowce, mułowce i pyłowce plaji, piaskowce eoliczne i fluwialne oraz zlepieńce stożków aluwialnych. W piaskowcach o dobrych własnościach zbiornikowych znajdują się liczne złoża gazu ziemnego.

Osady czerwonego spągowca w obrębie obszaru „Chodzież” nie zostały przewiercone. O budowie geologicznej tego obszaru możemy wnioskować na podstawie odniesienia się do sąsiadujących głębokich wierceń: wiercenia Piła IG 1 znajdującego się na północ od granicy obszaru przetargowego „Chodzież”, jak i wiercenia Objezierze IG 1 znajdującego się na południe od granicy obszaru przetargowego.

W głębokim wierceniu Piła IG 1 wykonanym w 1984 r. czerwony spągowiec występuje na głęb. 4380 m i ma sumaryczną miąższość 1088 m, w tym 133 m skał wulkanicznych w spągu. Poniżej występują nieprzewiercone utwory karbonu (14 m). Wiercenie zakończono na głęb. 5482 m.

W profilu tym stwierdzono utwory czerwonego spągowca o miąższości 955 m reprezentujące dwie główne formacje litostratygraficzne: dolną formacje Drawy i górną formację Noteci. Formacja Drawy o miąższości >510 m jest reprezentowana głównie przez iłowce i mułowce tzw. plai dolnej oraz piaskowce eoliczne, a w najniższej części zlepieńce. Formacja Noteci o miąższości >444 m jest reprezentowana przez mułowce i piaskowce drobnoziarniste tzw. plai górnej oraz piaskowce fluwialne (korytowe i pokryw aluwialnych).

Osady czerwonego spągowca są uszczelnione grubym kompleksem ewaporatów cechsztynu osiągającym w tym profilu 1281 m.

W głębokim wiercenu Objezierze IG 1 wykonanym w 1987 r. (Fig. 5.1.) czerwony spągowiec występuje na głęb. 4144 m i ma sumaryczną miąższość 451 m, w tym 105 m skał wulkanicznych w spągu. Poniżej występują nieprzewiercone utwory karbonu o miąższości >499,5 m. Wiercenie zakończono na głęb. 5094,5 m.

Czerwony spągowiec górny (formacja Noteci) o miąższości 210 m jest reprezentowany przez piaskowce eoliczne. Czerwony spągowiec dolny o miąższości 241 m jest reprezentowany przez skały wulkaniczne i osadowe. Osady czerwonego spągowca są uszczelnione grubym kompleksem ewaporatów cechsztynu osiągającym w tym profilu 1249 m.

Obszar „Chodzież” znajduje się pomiędzy wymienionymi otworami, różniących się miąższością i wykształceniem litofacjalnym. Przy tak widocznych różnicach można założyć, że zakładany profil utworów czerwonego spągowca może być pośredni w stosunku do skrajnych profili z wierceń Piła IG 1 i Objezierze IG 1. Można też przyjąć, że taki profil osadów czerwonego spągowca będzie zbliżony do jednego ze skrajnych profili. W profilu wiercenia Piła IG 1 nawiercono w spągu utwory karbonu – westfalu. W profilu wiercenia Objezierze IG 1 nawiercono w spągu utwory dolnego karbonu – namuru?. W tej sytuacji w podłożu obszaru przetargowego „Chodzież” może znajdować się ważna granica tektoniczna, związana być może z zasięgiem tzw. frontu deformacji waryscyjskich i związanego z tym różnego stopnia erozji podpermskiego podłoża.

Na omawianym obszarze celem poszukiwań są piaskowce, które mogą znajdować się w pułapkach strukturalnych uszczelnionych solami i anhydrytami cechsztynu lub stratygraficznych uszczelnionych osadami ilastymi i wodą kapilarną. Interpretacja profilu czerwonego spągowca z wiercenia Piła IG 1 pokazuje, że kompleksy piaskowców znajdują się tylko w niższej części profilu na głębokości przekraczającej 4600 m. Grubsze poziomy piaskowców eolicznych zaczynają się dopiero od głęb. 4900 m. Są one zaliczone do dolnej formacji Drawy. Piaskowce te charakteryzują się słabymi własnościami zbiornikowymi lub ich brakiem. Analiza danych dotyczących opróbowań węglowodorów oraz solanek wykazała, że osady te nie mają praktycznie potencjału węglowodorowego.

W profilu czerwonego spągowca z wiercenia Objezierze IG 1 piaskowce eoliczne występują na głębokości <4150 m. Są one zaliczone do górnej formacji Noteci. Najwyższa seria występująca na głęb. 4144,0–4373,5 m jest reprezentowana przez piaskowce z wkładkami mułowców, przy czym do głęb. 4177,5 m osady te charakteryzują się słabymi właściwościami zbiornikowymi – porowatość od 0,74 do 3,35%, a przepuszczalność od 0,1 do 1,3 mD. Lepsze właściwości zbiornikowe posiadają warstwy w interwale 4177,5–4226,2 m, których porowatość wynosi od 1,48 do 18,4%, a przepuszczalność od 0,1 do 14 mD. Położone niżej serie zlepieńcowa, mułowcowa i piaskowcowo-mułowcowa charakteryzują się bardzo słabymi właściwościami zbiornikowymi – porowatość wynosi od 0,32 do 3,74%, a przepuszczalność <0,1 mD. Wyniki badań petrograficznych utworów czerwonego spągowca w otoczeniu obszaru „Chodzież” są zamieszczone w rozdziale 2.1.2.1.

Analiza danych dotyczących opróbowań węglowodorów oraz solanek (Rozdział 5.2.) wykazała, że osady te mają potencjał węglowodorowy. Mamy do czynienia z sytuacją, że na południe od obszaru „Chodzież” potencjalne piaskowce zbiornikowe występują płycej i mają lepsze własności zbiornikowe, a na północy od granicy obszaru „Chodzież” piaskowce występują głębiej i mają znacznie słabsze własności zbiornikowe. Powstaje dylemat, jakie warunki zbiornikowe mogą panować na obszarze przetargowym „Chodzież”: czy będą one bardziej zbliżone do warunków opisanych z profilu czerwonego spągowca w wierceniu Objezierze IG 1, czy w wierceniu Piła IG 1?

W ostatnich latach, na podstawie wyników profilu sejsmicznego Obrzycko–Zabartowo, została odkryta rozległa struktura Chodzieży na granicy utworów czerwonego spągowca i cechsztynu (Fig. 2.1. i 2.2.). Obszar „Chodzież” jest oferowany do przetargu na poszukiwanie, rozpoznawanie i zagospodarowanie złóż węglowodorów, ponieważ SW odcinek tej struktury znajduje się w obrębie tego obszaru. Zakłada się roboczo, że ponieważ własności zbiornikowe piaskowców eolicznych mogą poprawiać się w kierunku SW, to SW część struktury Chodzieży może być bardziej perspektywiczna.

Możliwość występowania piaskowców w górnej części struktury Chodzieży powstałaby w sytuacji, gdyby występujące głębiej poziomy piaskowców zostały wypiętrzone, a część wyżej ległych osadów drobnoklastycznych (plai-jeziora) została zerodowana przed transgresją morza cechsztyńskiego. Druga możliwość występowania piaskowców w górnej części struktury Chodzieży wiązałaby się z dalekimi zasięgami w kierunku północy stropowych piaskowców eolicznych występujących w wierceniu Objezierze IG 1 lub Września IG 1. Trzecia, warta rozważenia możliwość to występowanie w tym rejonie piaskowców koryt rozprowadzających w obrębie stropowych osadów plai-jeziora, które następnie zostały wypiętrzone.

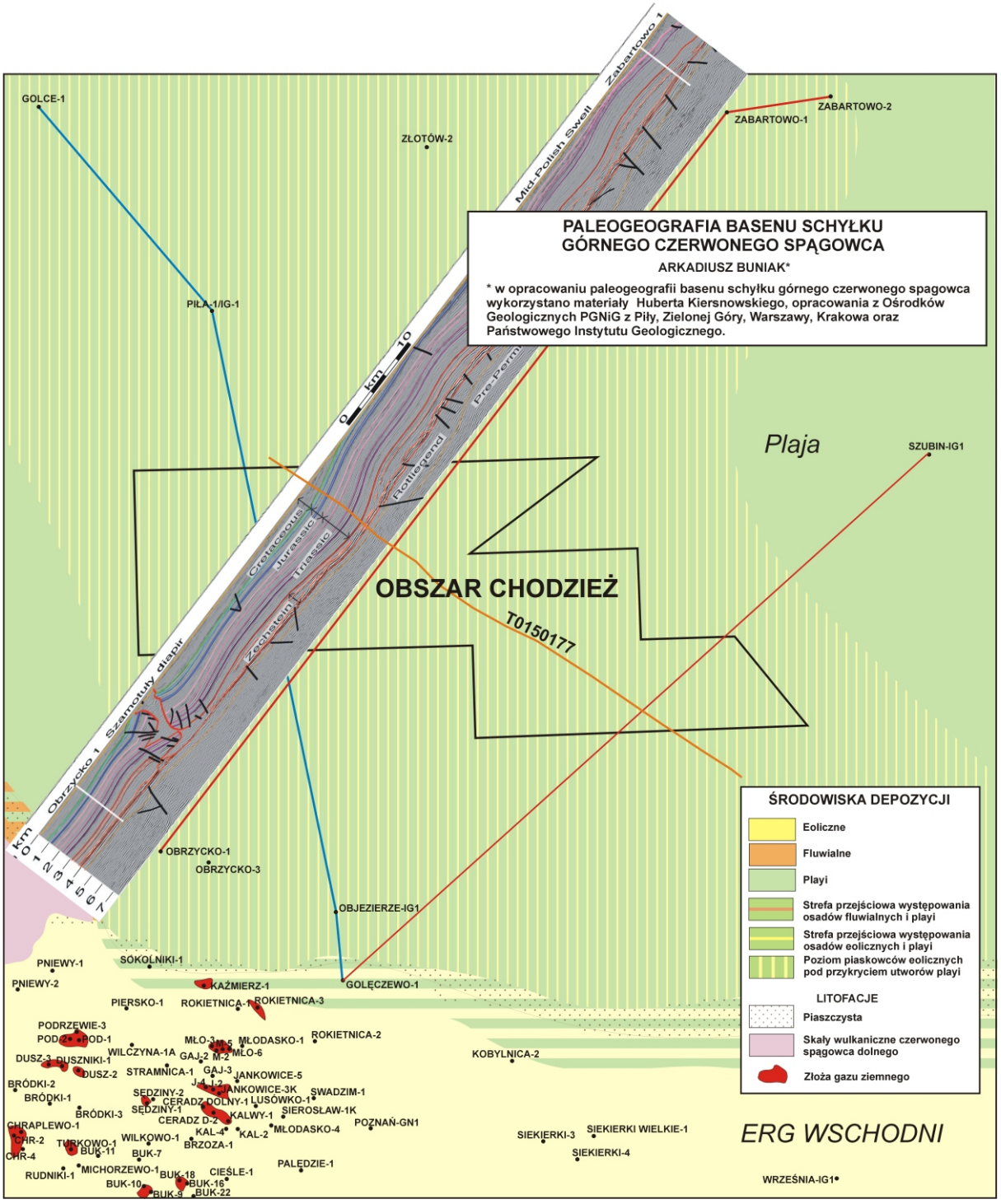


Figura 2.1. Mapa paleogeograficzna schyłku górnego czerwonego spągowca z naniesionym profilem sejsmicznym Obrzycko–Zabartowo (Rowan & Krzywiec, 2014) oraz linia korelacji miedzy otworowej Golęczewo–Objezierze–Piła–Golce pokazanej na Fig. 2.3.–2.5. Linia przekroju sejsmicznego T0150177 omawianego w rozdziale 6.

Zostały przedstawione wariantowe korelacje profili czerwonego spągowca wzdłuż linii Golce 1–Piła IG 1–Objezierze IG 1–Golęczewo 1 (Gast i in., 2010; Fig. 2.1.). W wariantach założono istnienie możliwego podniesienia tektonicznego (struktura Chodzieży) oraz dalekie północne zasięgi stropowych sekwencji piaskowców eolicznych. Obszar zainteresowania dotyczący obszaru „Chodzież" znajduje się pomiędzy wierceniami Objezierze IG 1 i Piła IG 1.

Poszukiwania złóż gazu w obrębie obszaru „Chodzież" są uzależnione od możliwości występowania piaskowców (skał zbiornikowych) w stropie lub blisko stropu osadów czerwonego spągowca. Drugie zagadnienie dotyczy możliwych własności zbiornikowych potencjalnych piaskowców. Czy na dużej głębokości zachowana może być wystarczająca porowatość i przepuszczalność piaskowców, czy mogą to być piaskowce typu *tight*? Przykład wiercenia Piła IG 1 pokazuje, że piaskowce te w przedziale głębokości 4900–5100 m nie mają

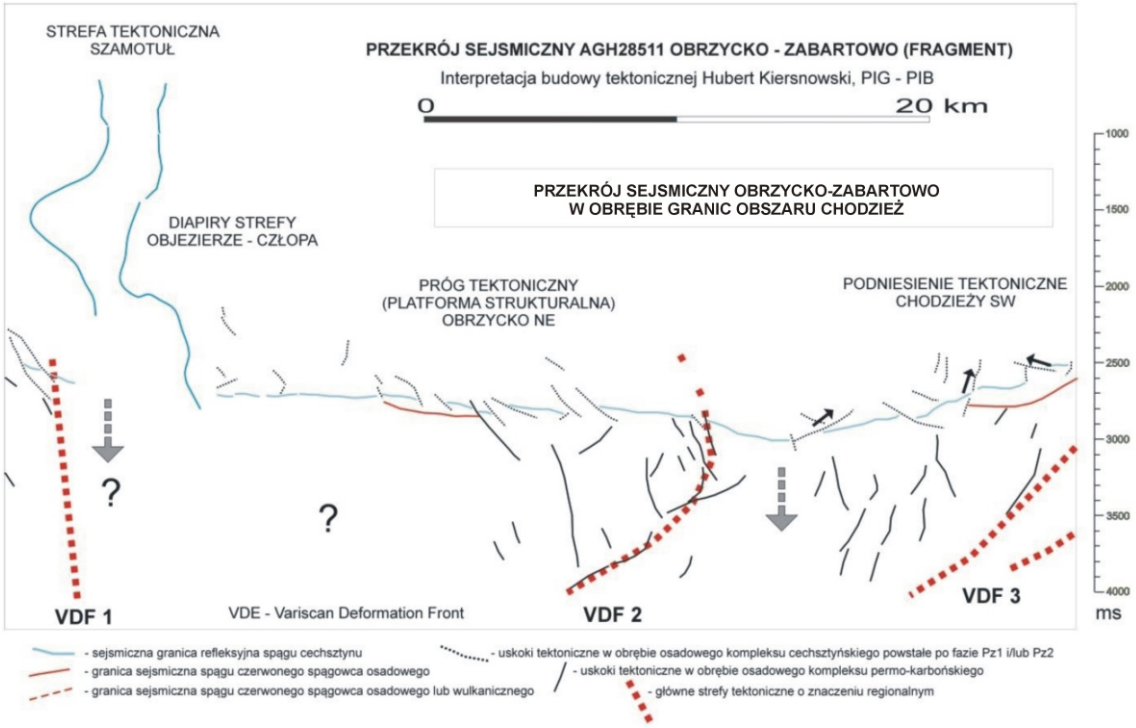


Figura 2.2. Interpretacja tektoniczna fragmentu czasowego przekroju sejsmicznego Obrzycko–Zabartowo (Rowan & Krzywiec, 2014) w części, gdzie wyróżniono SW fragment struktury Chodzieży.

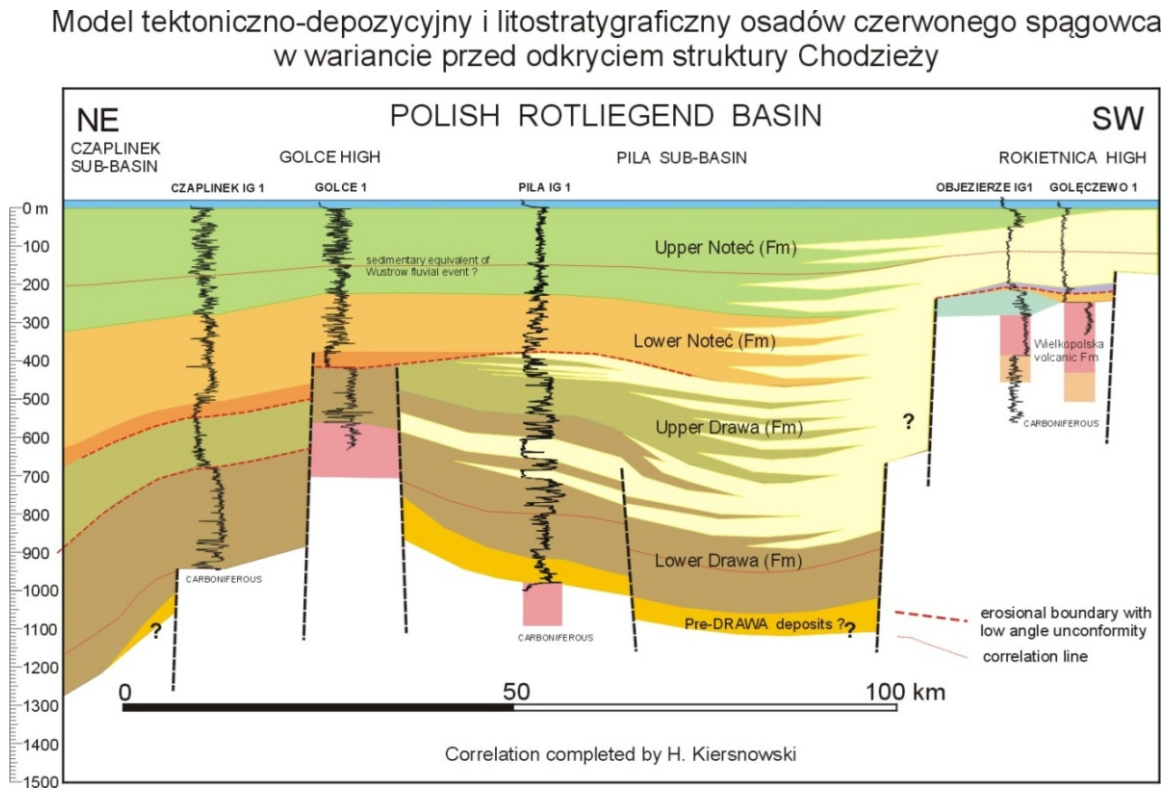


Figura 2.3. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym (Gast i in., 2010). Skala po lewej stronie pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

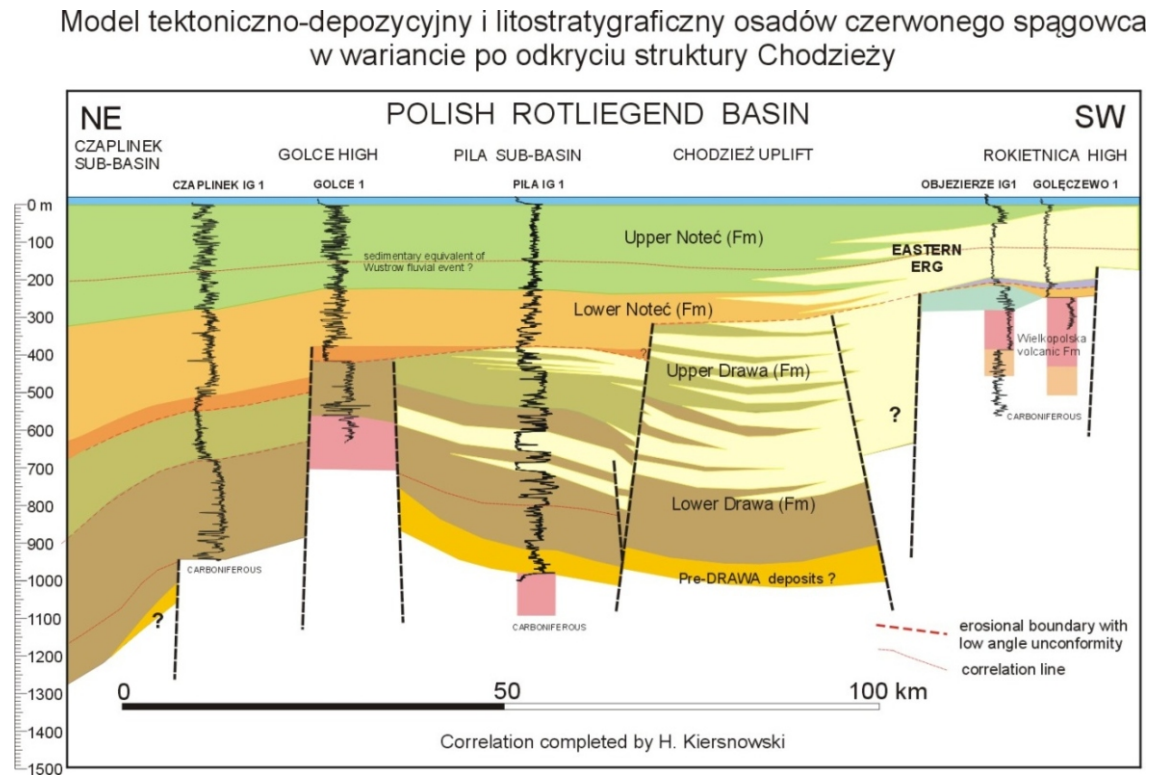


Figura 2.4. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca w wariancie wczesnego podniesienia bloku Chodzieży, w analogii do podniesienia Golców. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym (Porębski i in., 2013). Skala po lewej stronie pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

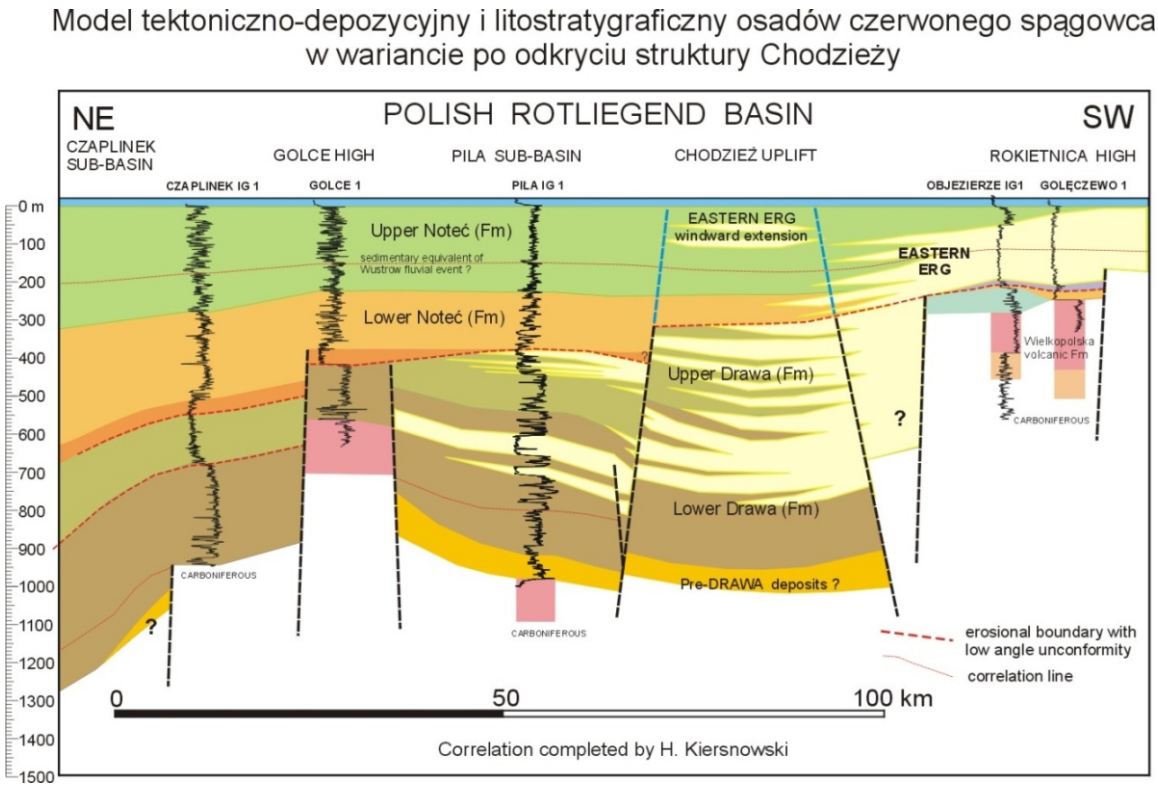


Figura 2.5. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca w wariancie późnego podniesienia bloku Chodzieży, w analogii do podniesienia Golców. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym. Późne wyniesienie mogło przyczynić się do zmian facjalnych w stropie osadów czerwonego spągowca, polegających na zastąpieniu osadów plai osadami eolicznymi (Porębski i in., 2013). Skala po lewej stronie pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

dostatecznych własności zbiornikowych. Możemy się spodziewać, na podstawie dostępnych danych sejsmicznych (Rozdział 6), że na większej części obszaru przetargowego „Chodzież” strop utworów czerwonego spągowca znajduje się na głęb. od 5000 m do >5500 m.

Nasycenie gazem piaskowców o dobrych własnościach zbiornikowych w odróżnieniu od piaskowców typu *tight* łączy się z częściowo odmiennymi scenariuszami dotyczącymi czasu generacji i migracji gazu. Zachowanie dostatecznej porowatości na dużej głębokości jest możliwe przy istnieniu procesu powstawania tzw. wtórnej porowatości oraz występowaniu stref nadciśnień, które podtrzymują porowatość zmniejszająca się wraz z głębokością pogrzebania piaskowców i związanego z tym procesu kompakcji (Seedhouse i in., 1996).

Na załączonym profilu sejsmicznym Obrzycko-Zabartowo w części przecinającej zachodnią część obszaru „Chodzież” widoczne są niewielkie struktury w spągu cechsztynu występujące na obszarze tzw. platformy strukturalnej Obrzycko NE oraz fragmentu SW części wyniesienia Chodzieży, stanowiące obiekty ewentualnej prospekcji złożowej. Brak jest wystarczających materiałów dla stwierdzenia zamknięcia tych struktur. SW skłon wyniesienia Chodzieży znajdujący się na głębokości blisko 5000 m oraz platforma strukturalna Obrzycko NE znajdują się bliżej obszaru zdominowanego przez grube warstwy piaskowców eolicznych.

Analiza głębokościowego przekroju sejsmicznego T0 150177 (Fig. 2.1. oraz Fig. 6.3.) pokazuje, że w jego części SE, w obrębie granic obszaru „Chodzież”, znajduje się szereg podniesień strukturalnych, których strop jest na głębokości <5000 m.

Relatywnie słabe rozpoznanie sejsmiczne obszaru „Chodzież” paradoksalnie rokuje nadzieje na istnienie i odkrycie innych wyniesień strukturalnych przykrytych osadami cechsztynu. Jednak nadal kluczowym problemem jest możliwość występowania w tych strukturach piaskowców posiadających przynajmniej dobre własności zbiornikowe.

2.1.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Dla obszaru „Chodzież” zaprezentowano wyniki badań petrograficznych prowadzonych w osadach czerwonego spągowca z otworów wiertniczych położonych w najbliższym sąsiedztwie obszaru przetargowego. Można je uzyskać z dokumentacji wynikowej otworu Piła 1/IG 1 (Żelichowski, 1985), z dokumentacji wynikowej otworu badawczego Objezierze IG 1 (Deczkowski, 1989) oraz z opracowań Szymkowiaka (1985), Maliszewskiej & Kuberskiej (1993, 2008) i Maliszewskiej i in. (2003, 2004).

Osady czerwonego spągowca w otworze wiertniczym Piła 1/IG 1 (4380,0–5468,0 m) są wykształcone w kompleksach: osadowym i wulkanicznym. Skały wulkaniczne stwierdzono w spągu profilu i są reprezentowane przez bazaltoidy i tufy dacytowe (Żelichowski, 1985). Kompleks osadowy stanowią zlepieńce, piaskowce i mułowce.

Zlepieńce to odmiany drobno uziarnione. Udział frakcji psefitowej waha się od 50 do 65% obj. Głównym składnikiem żwiru są okruchy skał osadowych (piaskowce, iłowce), poza tym odnotowano litoklasty wulkaniczne (bazaltoidy), miejscami silnie przeobrażone. Masa wypełniająca zlepieńców składem mineralnym odpowiada zwykle wakom litycznym. Spoiwo jest złożone z substancji ilasto-żelazistej oraz z węglanów i anhydrytu.

Piaskowce są reprezentowane przez odmiany drobno-, średnio- i gruboziarniste. Najczęściej występują tu czerwono-brunatne lub szare arenity i waki sublityczne, lityczne, miejscami kwarcowe. Głównym składnikiem materiału detrytycznego jest kwarc mono- i polikrystaliczny, skalenie oraz okruchy skał wulkanicznych, metamorficznych i osadowych.

Materiał detrytyczny jest scementowany spoiwem ilasto-żelazistym typu matriks lub spoiwem węglanowym, miejscami anhydrytowym lub kwarcowym (Fig. 2.6.). Wśród autigenicznych minerałów ilastych wyróżniono chloryty (Fig. 2.7.), minerały mieszanopakietowe z grupy illit/smektyt.

Mułowce występują dość licznie. Nie tworzą jednolitych, grubych warstw, ponieważ są rozdzielone wkładkami piaszczystymi lub zlepieńcowymi. Najczęściej są to mułowce piaszczyste, żelazisto-ilaste, miejscami wapniste.

Na kształtowanie się właściwości zbiornikowych omawianych skał miały m.in. wpływ procesy diagenetyczne zachodzące po depozycji osadów. Zalicza się do nich:

1. Kompakcję mechaniczną; efekty tego procesu są zaznaczone w piaskowcach i zlepieńcach poprzez występowanie licznych prostych kontaktów międzyziarnowych.

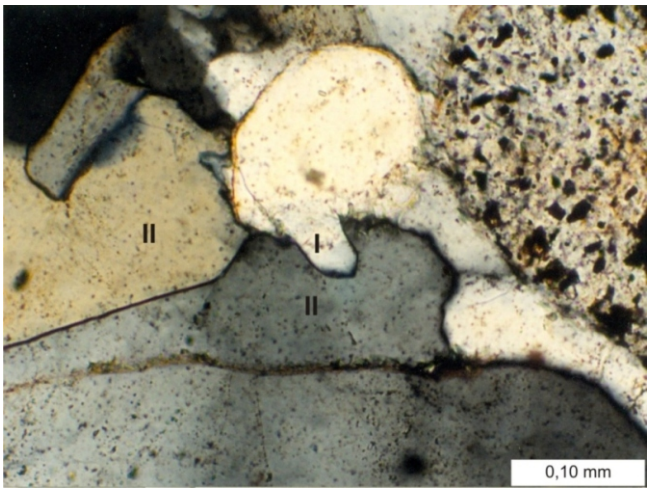


Figura 2.6. Dwie generacje cementu kwarcowego w piaskowcu: starsza (I) i młodsza (II). Otwór Piła 1/IG 1; głęb. 5085,8 m; nikole skrzyżowane.

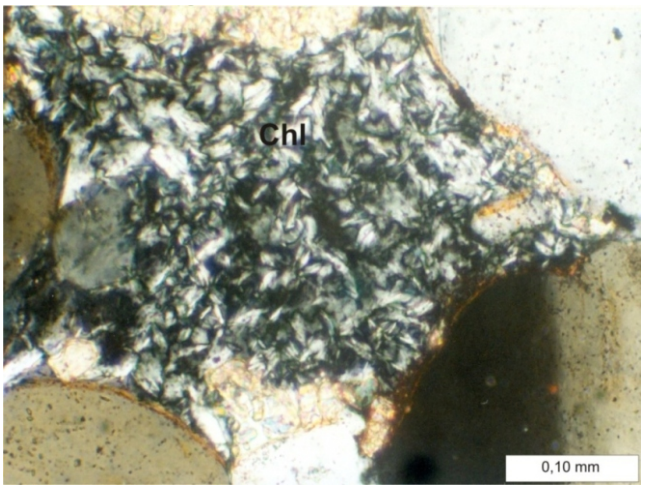


Figura 2.7. Wypełnienie poru w piaskowcu agregatami minerałów ilastych (chloryt). Otwór Piła 1/IG 1; głęb. 5075,1 m; nikole skrzyżowane.

2. Kompakcję chemiczną; jest to proces odpowiedzialny za utworzenie się międzyziarnowych kontaktów wklęsło-wypukłych.
3. Cementację; jest to proces wytrącania składników ortochemicznych z roztworów porowych. W opisywanych skałach wyróżniono cementy węglanowe, kwarc autigeniczny (Fig. 2.6.), anhydryt, autigeniczne minerały ilaste (Fig. 2.7.). Znaczącym efektem działania cementacji diagenetycznej jest ograniczenie lub całkowite zniszczenie porowatości pierwotnej osadu, tym bardziej, że często zachodziła ona kilkuetapowo.
4. Zastępowanie; proces zastępowania diagenetycznego jest nierozłącznie związany ze zjawiskami wytrącania się cementów ortochemicznych. Zanotowano tu przypadki zastępowania:
   – ziarn kwarcu, skaleni i litoklastów przez kalcyt (Fig. 2.8.),
   – ziarn kwarcu, skaleni i litoklastów przez anhydryt (Fig. 2.8.).
5. Rozpuszczanie; jest jedną z głównych przyczyn wytwarzania się wtórnej porowatości w minerałach i skałach. Wydaje się, że najwięcej śladów rozpuszczania notuje się w ziarnach skaleni, w anhydrycie i węglanach.
6. Przeobrażanie; efektami procesów przeobrażania diagenetycznego są agregaty minerałów ilastych. W badanych skałach notuje się w różnym stopniu zargilityzowane okruchy skał wulkanicznych i skaleni.

Generalnie osady czerwonego spągowca w otworze wiertniczym Piła 1/IG 1 charakteryzują się słabą porowatością i bardzo niską przepuszczalnością.

Osady czerwonego spągowca w otworze Objezierze IG 1 występują na głęb. 4595,0–4144,0 (?) m. Wyróżniono tu serię piaskowcowo-mułowcową, na której spoczywają skały wulkaniczne, wyżej stwierdzono serię mułowcową, następnie zlepieńcową, a najwyżej – piaskowcową. Piaskowce zaliczono głównie do arenitów subarkozowych i sublitycznych, rzadziej arkozowych, kwarcowych i litycznych; miejscami występują waki. W arenitach zwraca uwagę gęste upakowanie ziarn i utworzone w czasie kompakcji struktury wciskowe. Obecność węglanów, anhydrytu i autigenicznego kwarcu jest związana z krystalizacją diagenetyczną. Zauważono liczne przykłady zastępowania ziarn skaleni i litoklastów przez węglany i kwarc autigeniczny. Powszechne są także efekty przeobrażania

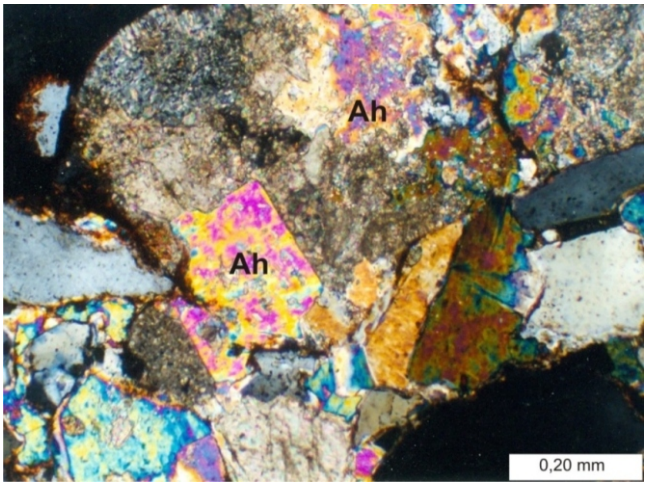


Figura 2.8. Okruch częściowo skalcytyzowanej skały wulkanicznej ulegający anhydrytyzacji in situ. Otwór Piła 1/IG 1; głęb. 4429,3 m; nikole skrzyżowane.

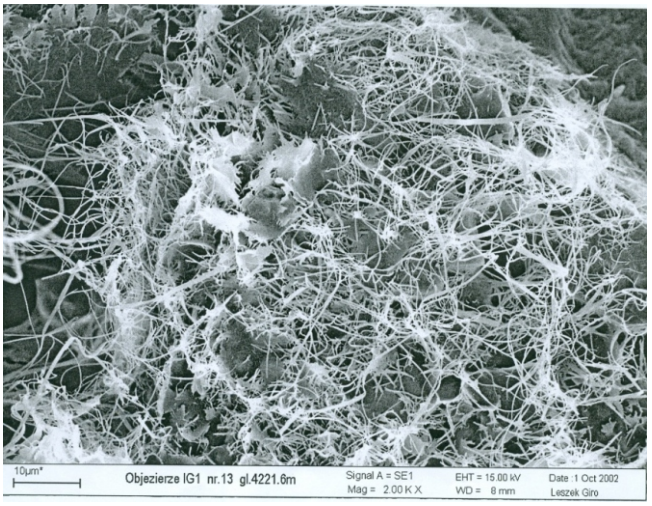


Figura 2.9. Włóknisty illit zarastający przestrzenie porowe w piaskowcu; otwór Objezierze IG 1; głęb. 4221,6 m; obraz SE.

skaleni, na skutek czego utworzył się kaolinit bądź illit (Fig. 2.9.).

Z uwagi na liczną obecność skaleni, a więc minerałów mało odpornych, stwierdzono efekty rozpuszczania diagenetycznego, powodującego tworzenie wtórnej porowatości. Podobne procesy zauważono w próbkach zlepieńców i piaskowców zlepieńcowatych.

W dokumentacji wynikowej otworu Objezierze IG 1 zamieszczono podsumowanie znaczenia kompleksu osadowego czerwonego spągowca, jako potencjalnie najkorzystniejszego dla akumulacji złóż gazu ziemnego. Najwyższa seria występująca na głębokości 4144,0–4373,5 m jest reprezentowana przez piaskowce z wkładkami mułowców, przy czym do głęb. 4177,5 m osady te charakteryzują się słabymi właściwościami zbiornikowymi – porowatość od 0,74 do 3,35%, a przepuszczalność od 0,1 do 1,3 mD. Lepsze właściwości zbiornikowe posiadają warstwy w interwale 4177,5–4226,2 m, których porowatość wynosi od 1,48 do 18,4%, a przepuszczalność od 0,1 do 14 mD. Położone niżej serie zlepieńcowa, mułowcowa i piaskowcowo-mułowcowa charakteryzują się bardzo słabymi właściwościami zbiornikowymi – porowatość wynosi od 0,32 do 3,74%, a przepuszczalność – <0,1 mD.

2.1.3. PERM – DOLOMIT GŁÓWNY

Obszar „Chodzież" znajduje się na SW skłonie centralnej, najbardziej miąższej części basenu cechsztyńskiego.

Dolomit główny jest poziomem skał węglanowych występujących u podstawy cechsztyńskiego cyklotemu PZ2. W poziomie tym występują jednocześnie skały macierzyste i zbiornikowe dla węglowodorów (Wagner, 1994, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Liczne złoża ropy naftowej, gazu ziemnego lub mieszane odkryte w dolomicie głównym, czynią z tego poziomu jeden z głównych obiektów poszukiwań złóż węglowodorów na Niżu Polskim. Tworzy on zamknięty system hydrodynamiczny izolowany od góry i dołu seriami ewaporatów i stanowi znakomity przykład rozwoju ewaporatowej formacji ropogazonośnej.

Paleogeografia dolomitu głównego była ściśle powiązana z rozwojem bezpośredniego podłoża czyli anhydrytu górnego cyklotemu PZ1. Rozwój platform anhydrytowych anhydrytu

górnego decydował o szerokości i pochyleniu stoków platformy węglanowej dolomitu głównego, a strefa basenowa cyklotemu PZ1 kontynuowała się w dolomicie głównym.

W obrazie paleogeograficznym dolomitu głównego wyróżniają się trzy zasadnicze strefy (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998; Wagner i in., 2000), którym odpowiadają odrębne systemy depozycyjne (Jaworowski & Mikołajewski, 2007):

- równia basenowa,
- stoki platform węglanowych,
- platformy węglanowe.

Przestrzenny układ tych systemów depozycyjnych wraz z ich zróżnicowaniem oraz paleomiąższością przedstawiono na mapie paleogeograficznej dolomitu głównego (Wagner, 2012), której fragment dotyczący obszaru „Chodzieży” przedstawiono na Fig. 2.10.

Obszar „Chodzież” w dolomicie głównym (Ca2) był położony na pomorskim odcinku równi basenowej, która rozwinęła się na obszarze centralnej bruzdy sedymentacyjnej odziedziczonej po cyklotemie PZ1 i usytuowanej na platformie paleozoicznej między strefą tektoniczną T-T i frontem fałdowań waryscyjskich. Systemy depozycyjne osadów równi basenowej charakteryzuje się kondensacją i niskoenergetycznym środowiskiem sedymentacji, poniżej podstawy falowania. Miąższość osadów węglanowych jest z reguły <10 m, a bardzo często nie przekracza 5 m. W obrębie równi basenowej można tu wyróżnić dwie strefy:

- część głębszą,
- część płytszą.

Głębsza część równi basenowej była kontynuacją rozwoju depocentrum cyklotemu PZ1 w fazie sedymentacji ewaporatów. W dolomicie głównym tworzyły się tu ciemnoszarej barwy mikryty (madstony) laminowane – rytmity, wapienne i dolomitowe, o małej miąższości (najczęściej <10 m). Laminacja jest gęsta i występuje w odstępach milimetrowych, a ciemnoszare, prawie czarne laminy były zbudowane z substancji ilastej i substancji organicznej. Substancja organiczna pochodzi prawdopodobnie z opadu szczątków martwego fitoplanktonu. Osady te powstały w głębokim basenie sedymentacyjnym na obszarze bruzdy centralnej, stanowiącej depocentrum cyklotemu PZ2, którego maksymalna głębokość mogła dochodzić do 400 m, a sedymentacja odbywała się w warunkach redukcyjnych. Dobrym przykładem takich osadów jest profil Ca2 z otworu wiertniczego Szubin IG 1.

Płytsza część równi basenowej występowała na obrzeżach części głębszej. Tworzyły się tu głównie dolomity, a przewarstwienia madstonów warstwowanych występują w odstępach centymetrowych (Protas, 1990). W strefach najpłytszych pojawiają się cienkie przewarstwienia wakstonów i niekiedy pakstonów utworzonych w wyniku działania dennych prądów trakcyjnych lub prądów zawiesinowych. Muły węglanowe były miejscami stabilizowane mikrobialnie. Przerosty i cienkie przewarstwienia mikrobialne mogły powstać przez zasiedlenie dna przez sinice bentoniczne, w płytszym etapie rozwoju basenu, lub przez opad szczątków fitoplanktonu.

Miąższość dolomitu głównego waha się od kilku do kilkunastu metrów, a lokalnie może wzrosnąć do dwudziestu kilku metrów.

W obrębie płytszej równi basenowej występują miejscami **izolowane mikroplatformy węglanowe** utworzone na wypiętrzeniach morfologicznych dna basenu. Poznano ich kilkanaście i są one zgrupowane głównie w otoczeniu platformy gorzowskiej, w dużej zatoce zielonogórskiej, na SE obrzeżu platformy pomorskiej i pojedyncze w zatoce nadbałtyckiej (Wagner, 1994, 2012; Dadlez i in., 1998). Powierzchnia tych mikroplatform waha się od kilku do kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych. Miąższość dolomitu głównego zmienia się w szerokich granicach, od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Litofacjalnie profile dolomitu są bardzo urozmaicone w zależności od wielkości mikroplatform. Większe z nich mają budowę zbliżoną do dzisiejszych atoli, z onkoidowo-ooidowymi barierami i otaczającymi spokojniejszą lagunę. Generalnie sedymentacja odbywała się tu w warunkach wysokiej energii hydrodynamicznej oraz świeżych (o mniejszym zasoleniu) wód morskich. Typowy, o ile można tak powiedzieć, profil jest w zasadzie trójdzielny. W dolnej części przeważają bandstony i pakstony bioklastyczne, rzadziej greinstony, w środkowej części wakstony, rzadziej madstony, z przewarstwieniami pakstonów, w górnej dominują greinstony onkoidowo-ooidowe, stabilizowane mikrobialnie, z poziomami bandstonów cjanobakteryjnych. Bardzo charakterystyczne jest występowanie znacznych nagromadzeń budowli mikrobialnych typu stromatolitów kopułowych i trombolitów oraz obfitość gruboskorupowej fauny małżów i ślimaków. Stoki mikroplatform są z reguły dość strome i często występują tu brekcje i spływy grawitacyjne osadów oraz osady prądów zawiesinowych.

Na większej części obszaru „Chodzież” występuje płytsza część równi basenowej, a od zachodu i wschodu przylegają do niego obszary głębszej części równi basenowej. Obszar „Chodzież” nie jest rozpoznany wiertniczo. O wykształceniu dolomitu głównego możemy jedynie wnioskować na podstawie porównań z sąsiednimi obszarami i nielicznymi profilami wiertniczymi z tej części równi basenowej. Zmienność litologiczna osadów Ca2 równi basenowej jest relatywnie nieduża i dolomit główny płytszej części równi basenowej obszaru „Chodzież” jest z dużym prawdopodobieństwem podobnie wykształcony, jak na sąsiadującym od północy obszarze „Piła”, który jest rozpoznany jednym profilem Ca2 z otworu wiertniczego Piła IG 1. Dolomit główny w tym otworze ma miąższość 6,5 m i zbudowany jest z dolomitowych mikrytów (madstonów), regularnie warstwowanych i laminowanych substancja ilasto-organiczną. W górnej części profilu występują warstwy laminitów węglanowych, przedzielonych bardziej masywnymi mikrytami warstwowanymi o miąższości decymetrowych z nieliczną fauna otwornic i małżoraczków. W dolnych 2 metrach profilu dominują laminowane mikryty (madstony). W całym profilu występuje pył pirytowy, tworzący miejscami niewielkie konkrecje. Środowisko sedymentacji było bardzo spokojne, czasami stagnujące, w którym osadzały się sublitoralne muły węglanowe, poniżej podstawy falowania. Były to osady z zawiesiny, rzadziej osady słabych, dennych prądów trakcyjnych. Widoczna jest biostabilizacja osadów w postaci lamin ilasto-organicznych zawierających przerosty i filamenty mikrobialne.

Wschodni odcinek obszaru „Chodzież” jest położony w głębszej części równi basenowej rozpoznanej profilem z otworu wiertniczego Szubin IG 1, usytuowanym na wschód od omawianego obszaru (Fig. 2.10.). Ca2 ma tu miąższość zaledwie 4 m (wg rdzenia 3,75 m) i jest wykształcony jako wapienny madston, poziomo laminowany (laminit). Środowisko sedymentacji było bardzo spokojne, stagnujące. Były to wapienne muły węglanowe utworzone poniżej podstawy falowania z zawiesiny bardzo gęsto laminowane szaro-czarną substancją ilasto-organiczną.

Zachodni fragment głębszej części równi basenowej na obszarze „Chodzież” nie jest rozpoznany wiertniczo w najbliższej okolicy. Dość daleko na zachód jest otwór wiertniczy Mężyk 1 z profilem podobnym do Szubina IG 1, o miąższości 5,5 m.

Osady dolomitu głównego z otworów wiertniczych Piła IG 1, Szubin IG 1 i Mężyk 1 należą do systemu zwartych kompleksów

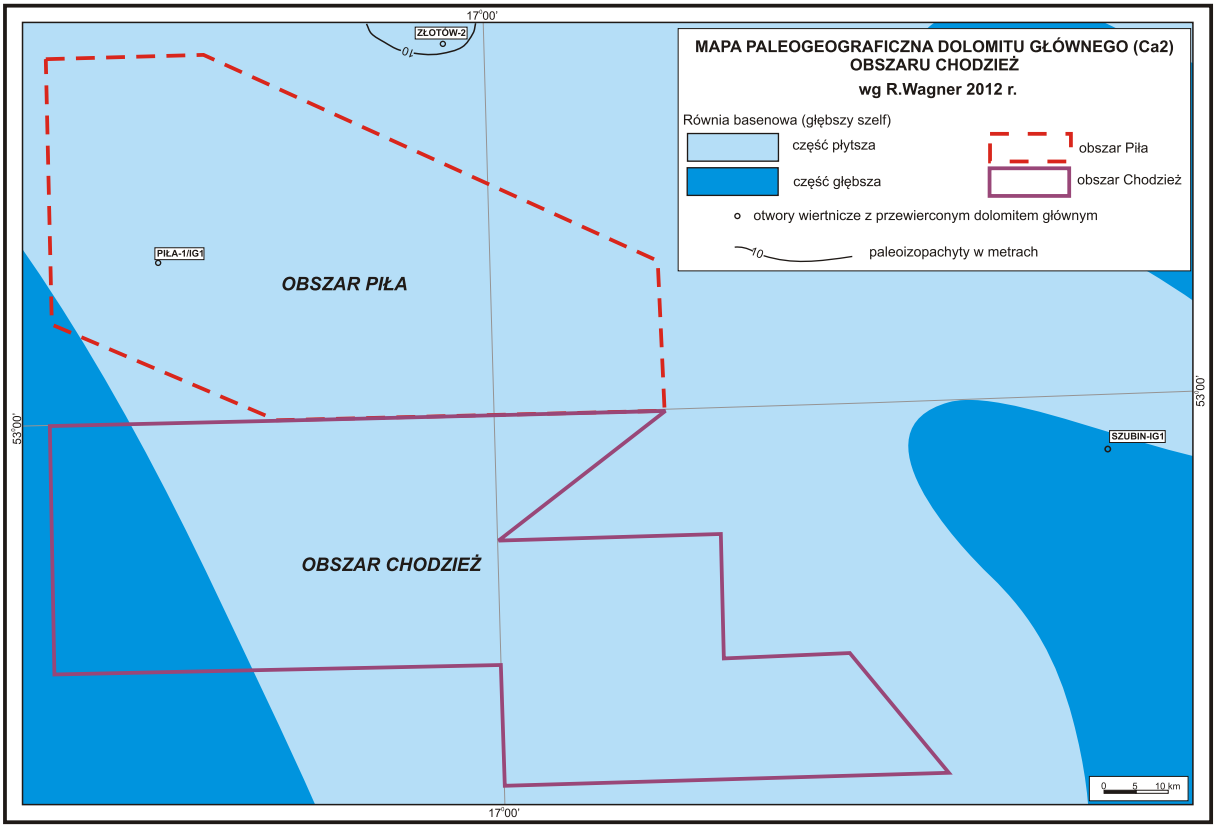


Figura 2.10. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego w rejonie obszaru „Chodzież" oraz przylegającego do niego obszaru „Piła". Wg Wagnera (2012).

skał macierzystych typu madstonów, powszechnie występujących w obszarze równi basenowej (Wagner, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Jest wysoce prawdopodobne, że na całym obszarze „Chodzież" występują podobne skały, przy całkowitym braku występowania skał zbiornikowych. Prawdopodobieństwo wykrycia izolowanych mikroplatform węglanowych ze skałami zbiornikowymi jest na tym obszarze bardzo małe.

W związku z tym obszar „Chodzież" należy traktować jako obszar o bardzo małej perspektywiczności w dolomicie głównym.

2.1.4. TRIAS

W planie struktur podkenozoicznych obszar „Chodzież" jest zlokalizowany w północnej części niecki łódzkiej na pograniczu z sąsiadującym z nią wałem pomorskim. Obszar ten rozciąga się między strefą uskokową związaną z pasem wysadów solnych o przebiegu NW–SE, ciągnących się na NW od Poznania, oraz podobną równoległą strefą tektoniczną ze strukturami Mogilna i Damasławka (Dadlez, 1998). Ze względu na aktywną tektonikę solną niżej leżących soli cechsztyńskich powierzchnia stropu triasu ma urozmaiconą morfologię, jednakże generalnie głębokość jej zalegania waha się między 1200 a 3000 m p.p.m. (Górecki, 2006). Morfologia tej powierzchni jest szczególnie urozmaicona między niedaleko siebie położonymi otworami Janowiec 2 i Damasławek 22, w których głębokość zalegania stropu triasu wynosi odpowiednio 1172 m p.p.m. i 3631 m p.p.m. (CBDG, 2015; Fig. 2.11.). Generalnie strop triasu położony jest najpłycej w środkowej strefie między otworami Gościejewo 2 i Janowiec 2, a najgłębiej na wschód od otworu Janowiec 2 oraz w NW części obszaru (Górecki, 2006). Spąg triasu osiągnął w obrębie obszaru Chodzież jedynie otwór Janowiec 2, co powoduje, że wiedza o wykształceniu triasu jest ograniczona (CBDG, 2015). Miąższość triasu waha się prawdopodobnie w granicach 1300–1900 m; może ona ulegać lokalnym zmianom. Maksymalną wartość powinna ona osiągać w centralnej części obszaru między otworami Gościejewo 2 i Janowiec 2. W tym ostatnim wynosi ona 1800 m, z czego 591 m przypada na trias górny, 297 m – na trias środkowy, a 912 m – na trias dolny (CBDG, 2015). Ze względu na stosunkowo słabe rozpoznanie obszaru otworami wiertniczymi dokładniejsza charakterystyka wykształcenia tego systemu może dotyczyć jedynie jego wschodniej części. Trias górny budują głównie iłowce i mułowce z nielicznymi przewarstwieniami piaskowców, zlepieńców oraz dolomitów i anhydrytów. Iłowce mogą mieć zróżnicowane barwy: szare, zielonkawe, brązowe i czerwone (Dadlez, 1973b). Charakterystyczna jest warstwa anhydrytowa o miąższości 10–20 m (tzw. anhydryt stropowy) zlokalizowana w środkowej części profilu serii np. w otworze Wągrowiec IG 1 na głęb. 1474,0–1490,0 m p.p.m. (Gajewska, 1973) oraz w otworze Janowiec 2 na głęb. 1413,0–1430,0 m p.p.m. (CBDG, 2015). Skały piaskowcowe i mułowcowe koncentrują się w leżącym kilkadziesiąt do ponad stu metrów niżej ogniwie piaskowca trzcinowego. Trias środkowy rozpoczynają od góry warstwy sulechowskie (dolny kajper) zbudowane z mułowców i drobnoziarnistych piaskowców ze szczątkami flory (Gajewska, 1973). Główną część serii budują wapienie, margle, iłowce, dolomity i podrzędnie anhydryty wapienia muszlowego o przeważających szarych barwach (CBDG, 2015). Trias dolny rozpoczyna pstry piaskowiec górny wykształcony w facji retu w postaci iłowców, wapieni i anhydrytów. Przejście wapienia muszlowego w pstry piaskowiec górny wiąże się z wyraźnym

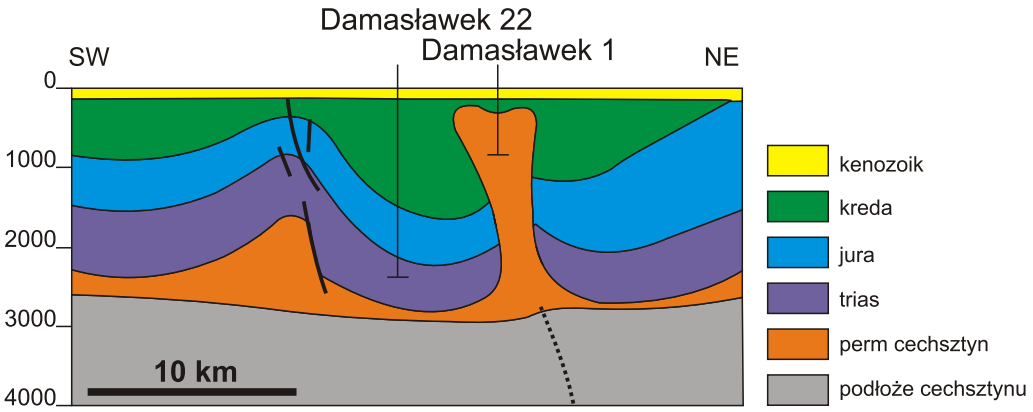


Figura 2.11. Przekrój przez osady cechsztynu i mezozoiku w rejonie wysadu solnego Damasławka przyległego do wschodniej granicy obszaru Chodzież. Za Krzywiec i in. (2006) i Pharaoh i in. (2010). Skala pionowa w milisekundach.

spadkiem udziału wapieni w profilu. Pstry piaskowiec środkowy charakteryzuje się urozmaiconą litologią. W górnej części dominują czerwone iłowce. W środkowej części występują liczne przewarstwienia wapieni, dolomitów i piaskowców wapnistych. Wapienie lub dolomity mogą być zbudowane z ooidów. Barwy skał są szare do szaro-wiśniowych. Iłowce są głównie brunatno-czerwone i zielone, warstwowane faliście, co powoduje ich tafelkowatą łupliwość. Iłowce takie dominują w najniższej części środkowego pstrego piaskowca. Towarzyszą im cienkie przewarstwienia wapieni szarych. Na pograniczu środkowego i dolnego pstrego piaskowca występuje charakterystyczna kilkunastometrowa warstwa piaskowców wapnistych z przewarstwieniami wapieni i iłowców. Pstry piaskowiec dolny wykształcony jest w postaci jednorodnej serii iłowcowo-mułowcowej z bardzo cienkimi, podrzędnymi przewarstwieniami piaskowców i wapieni. Przeważają barwy brunatno-czerwone. Iłowce i mułowce wykazują tafelkowatą łupliwość i silne wzbogacenie w ziarna łyszczyków. Trias dolny był deponowany początkowo w lagunie o obniżonym zasoleniu, następnie na jej obrzeżach lub już na równi aluwialnej (Iwanow & Kiersnowski, 1998). Górny pstry piaskowiec jest pierwszym osadem płytkiego zbiornika morskiego, który rozwinął się w pełni w środkowym triasie, pozostawiając osady wapienia muszlowego (Iwanow, 1998). Osady triasu górnego to głównie osady lądowe równi aluwialnej, która czasowo mogła przekształcać się w peryferyjną lagunę o obniżonym lub podwyższonym zasoleniu (Iwanow, 1998).

2.1.5. JURA

Obszar „Chodzież” leży w obrębie zachodniego odcinka niecki łódzkiej (Narkiewicz & Dadlez, 2008) (= niecki mogileńskiej), jednak profil i miąższość utworów jury jest tu zróżnicowany (Feldman-Olszewska, 1998). Odmienny rozwój utworów jurajskich implikuje fakt, że w skład niecki mogileńskiej w tym rejonie wchodzi obszar tzw. grzbietu wielkopolskiego (Dadlez & Franczyk, 1976) – strefa o słabej subsydencji oraz brzeżny odcinek bruzdy śródpolskiej (Dadlez, 1997), charakteryzujący się silną subsydencją w jurze.

Najbardziej pełny profil utworów jurajskich obserwuje się w otworze Damasławek 22 (1117,5 m), zlokalizowany przy wschodniej granicy obszaru „Chodzież”, usytuowanym w obrębie bruzdy śródpolskiej. Stwierdzono tu 243,0 m jury dolnej (pełny profil), 131,6 m jury środkowej (bajos górny–kelowej) i 742,9 m jury górnej (oksford–tyton). Podobnego profilu należy się spodziewać w otworze Damasławek 20, w którym nawiercony fragment profilu górnej jury o miąższości 473,0 m (kimeryd–tyton) – co sugeruje podobny rozwój facjalny jury. Natomiast na przylegającym bezpośrednio obszarze tzw. garbu wielkopolskiego utwory jury dolnej i niższej jury środkowej występują w formie szczątkowej (otwory Wągrowiec IG 1, Janowiec 2, 3). Na obszarze tym jura dolna jest reprezentowana jedynie przez piaskowce drobnoziarniste pliensbachu, niekiedy z wkładkami mułowcowymi, o miąższości ok. 85–90 m (Dadlez, 1973a). Jednocześnie, podobnie jak w otworze Damasławek 22, brak tu utworów najniższej jury środkowej (aalenu i dolnego bajosu). Pozostała część profilu jury środkowej nie różni się pod względem wykształcenia od utworów obserwowanych na obszarze bruzdy śródpolskiej, jedynie miąższości jest nieco mniejsza (78,0–89,5 m) w porównaniu z otworem Damasławek 22 (131,6 m). Podobną zależność wykazują utwory jury górnej – w pełni wykształcone we wszystkich wymienionych otworach, różnią się miąższością (Damasławek 22 – 742,0 m; rejon Janowiec–Wągrowiec – 536,5–554,5 m).

W zachodniej części obszaru odwiercony został tylko jeden otwór Szamotuły Geo 21, w którym pod utworami walanżynu (kreda) nawiercono jedynie 287,0 m utworów oksfordu i być może dolnego kimerydu. Ponieważ otwór został zlokalizowany po NE stronie poduszki solnej Szamotuł, która została rozwiercona przez liczne otwory wiertnicze, wydaje się uzasadnionym przyjęcie założenia, że w tej części obszaru profil jurajski będzie zbliżony do uzyskanego w pobliskich otworach Szamotuły 28, Geo 17, Geo 25, 13, Ludomy 1, Gościejewo 1, 2. Pełny profil jury dolnej przebiły otwory Szamotuły Geo 28 (307,0 m) i Ludomy 1 (246,5 m). W wymienionych otworach profil jury dolnej jest nierozdzielony, ale należy się spodziewać, że jest typowy dla strefy Szamotuł, z której bardziej szczegółowe dane pochodzą z wierceń Szamotuły Geo 11, Mężyk 1, Obrzycko 1, 2, 3. Hettang i synemur (formacja zagajska, skłobska, ostrowiecka = warstwy mechowskie dolne środkowe i górne oraz warstwy radowskie) (Dadlez, 1969; Pieńkowski, 2004) oraz górny pliensbach (formacja komorowska = warstwy komorowskie) są wykształcone głównie jako piaskowce jasnoszare drobno- i średnioziarniste, z wkładkami ciemnoszarych iłowców i mułowców. Dolny pliensbach (formacja łobeska = warstwy łobeskie) tworzą to ciemnoszare iłowce, natomiast dolny toark (formacja ciechocińska = warstwy gryfickie) to szarozielone lub jasnoszare iłowce, mułowce i heterolity. W stropie obecne są zazwyczaj drobnoziarniste piaskowce barwy białej lub

jasnoszarej, wydzielane jako formacja borucicka (= warstwy kamieńskie) i wiekowo reprezentujące górny toark.

Na całym obszarze „Chodzież" profil jury środkowej jest zbliżony pod względem litologicznym. Brak jest tu utworów aalenu, a profil bajosu jest zredukowany i wykazuje luki stratygraficzne. Obserwuje się także różnice w jego wykształceniu między obszarem Szamotuł a wschodnią częścią obszaru przetargowego. W rejonie Szamotuł, gdzie utwory bajosu (dolnego lub górnego) o miąższości 58,7 m stwierdzono w otworze Szamotuły Geo 17, są to piaskowce szamozytowe lub chlorytowe z poziomami żwirkowymi oraz z wkładkami czarnych łupków i mułowców. Ich wykształcenie jest zbliżone do obserwowanego na obszarze niecki szczecińskiej (Dayczak-Calikowska, 1979). Natomiast w otworach Damasławek 22, Janowiec 2, 3 i Wągrowiec IG 1 występują tylko utwory górnego bajosu wykształcone jako iłowce i mułowce barwy ciemnoszarej, co jest profilem typowym dla obszaru niecki mogileńskiej (Dayczak-Calikowska, 1973, 1977). Na całym obszarze utwory batonu są jednakowe i wykształcone w postaci iłowców, mułowców i heterolitów. Kelowej w rejonie Szamotuł jest wykształcony w postaci ciemnoszarych wapieni marglistych i ciemnoszarych mułowców marglistych, z zielonymi marglami w stropie, natomiast w kierunku wschodnim przechodzi w wapienie piaszczyste oraz mułowce w stropie. Miąższość keloweju na całym obszarze nie przekracza kilku metrów.

Pełny profil jury górnej stwierdzono we wschodniej części obszaru „Chodzież", w otworach Damasławek 22, Janowiec 2, 3 i Wągrowiec IG 1 (Dembowska, 1973). Natomiast w rejonie zachodnim, w otworze Szamotuły Geo 21, obecne są jedynie utwory oksfordu i być może najniższego kimerydu. Oksford jest wykształcony w facji mułowcowej, niekiedy z wkładkami wapieni piaszczystych i margli. Utwory te wydzielane są jako formacja Łyny (Dembowska, 1979; Niemczycka, 1997). Kimeryd dolny jest reprezentowany przez margle i wapienie margliste, natomiast kimeryd górny oraz tyton to łupki margliste, margle i margle mułowcowe. Łącznie tworzą one formację pałucką. W otworach Damasławek 22 i Janowiec 2, 3, zawierających osady tytonu, obserwuje się ku górze ciągłe przejście w brakiczne utwory najniższego beriasu wykształcone jako wapienie z warstwami szarego anhydrytu (formacja kcyńska) (CBDG, 2015).

Spąg utworów jurajskich występuje na głęb. od 1172,0 we wschodniej części garbu wielkopolskiego (Janowiec 2) do 1482,0 m w zachodniej części obszaru (Szamotuły Geo 21). Wyraźny skok głębokościowy obserwuje się natomiast w otworze Damasławek 22, w którym spąg jury znajduje się na głęb. 3631,0 m. Skok ten jest związany z lokalizacją tego otworu już w strefie bruzdy śródpolskiej. Strop utworów jurajskich znajduje się odpowiednio na głęb. 1195,0 (Szamotuły Geo 21), 1515,5 m (Gościejewo 2), 457,0–646,0 (Janowiec–Wągrowiec). W rejonie Damasławka strop jury stwierdzono na głęb. 2420,0–2513,5 m.

2.1.6. KREDA

Obraz pokrywy kredowej na obszarze „Chodzież" jest niezwykle zróżnicowany. Wynika to z jednej strony z samego kształtu obszaru przetargowego – wydłużonego, „połamanego" wielokąta, jak i z jego położenia geograficzno-geologicznego. Zlokalizowany jest on bowiem w rejonie SW skłonu wału śródpolskiego, który uformował się w osiowej strefie bruzdy śródpolskiej w wyniku jej inwersji w późnej kredzie i wczesnym paleogenie (Krassowska, 1997). Ponadto jest to region o silnie wyrażonej tektonice solnej z wyraźnymi w podłożu strefami tektonicznymi i uskokami potomnymi, zaznaczającymi się także w formacjach kredowych. Oprócz skłonu wału śródpolskiego na północy, mamy tu do czynienia z bezpośrednią bliskością strefy tektonicznej Człopa–Szamotuły na zachodzie (szczególnie aktywnej jako rów tektoniczny we wczesnej kredzie), antyklinią (poduszką solną) Janowca (Wągrowca), oraz strefami synklinalnymi (Dadlez, 1998).

Miąższość utworów kredy na obszarze „Chodzież" jest znaczna, bardzo zróżnicowana, i przekracza 2300 m (w tym miąższość kredy dolnej do ok. 600 m na wschodzie i w skrajnie zachodniej części w pobliżu strefy Człopa–Szamotuły – 595,5 m w otworze Szamotuły Geo 21). Na obszarze wału śródpolskiego (na północy) utwory kredy obecnie nie występują. W strefach antyklin miąższości maleją, w synklinach są większe.

Na obszarze „Chodzież" występują zarówno utwory kredy dolnej, jak i górnej. Kreda dolna leży wszędzie (poza okolicami otworu Szamotuły Geo 21, gdzie podłożem kredy jest oksford) na utworach tytonu i jest reprezentowana przez piętra począwszy od beriasu dolnego (wołgu górnego) po alb górny. W rejonie antykliny Janowca i na zachód od niej brak jest utworów beriasu i walanżynu dolnego, a sukcesja dolnej kredy zaczyna się prawdopodobnie transgresywnymi utworami walanżynu górnego (formacja włocławska, ogniwo wierzchosławickie). W otworze Szamotuły Geo 21 stwierdzono lukę obejmującą piętra od barremu aż po koniak. Na większości obszaru profil kredy dolnej jest niemal kompletny i mogą występować jedynie niewielkie przerwy w sedymentacji. Kreda górna jest reprezentowana przez piętra od cenomanu po kampan. W strefach synklinalnych występują także utwory mastrychtu. Granice pomiędzy piętrami wyznaczone są umownie na podstawie korelacji z sąsiednimi obszarami, opierając się przede wszystkim na podobieństwach litologicznych i miąższościowych oraz charakterystyce petrofizycznej skał (pomiary geofizyki wiertniczej). Skały kredy dolnej są stosunkowo ubogie zarówno w makrofaunę, jak i mikrofaunę. Nieco lepszą dokumentację biostratygraficzną mają utwory kredy górnej.

Berias dolny (wołg górny) o miąższości od kilkudziesięciu do >100 m to łupki ilaste i mułowcowe oraz margle ilaste z wkładkami anhydrytów i gipsów oraz wapieni organodetrytycznych. Berias środkowy-górny i niższy dolny walanżyn (formacja rogoźniańska) o miąższości do >120 m są zbudowane z czarnych i ciemnoszarych iłowców i łupków ilastych i mułowcowych, lokalnie z syderytami. Wyższy dolny walanżyn (formacja bodzanowska, przekraczająca lokalnie 100 m miąższości) jest reprezentowany przez facje piaskowcowe z wkładkami mułowców i iłowców. Walanżyn górny (formacja włocławska, ogniwo wierzchosławickie, do ok. 40 m miąższości) jest zbudowany z mułowców z wkładkami piaskowców oraz iłowców; w części zachodniej powszechniej występują w profilu iłowce. Hoteryw (do >100 m miąższości) dzieli się na dolny (formacja włocławska, ogniwo gniewkowskie) i górny (formacja włocławska, ogniwo żychlińskie). Część dolna to mułowce i piaskowce, część górną budują w partii niższej piaskowce i mułowce, a w partii wyższej – ciemne iłowce i łupki ilaste. W części zachodniej obszaru przetargowego „Chodzież", w pobliżu struktury Człopa–Szamotuły, w hoterywie dolnym występują iłowce piaszczyste, a w górnym obok iłowców i mułowców powszechne są syderyty.

Interwał, któremu przypisuje się wiek barrem–alb środkowy (formacja mogileńska), ma miąższość w granicach 70–200 m i dzieli się na 3 części: dolną (ogniwo pagórczańskie) odpowiadającą barremowi i wykształconą w postaci piaskowców, środkową (ogniwo goplańskie) odpowiadającą aptowi i reprezentowaną przez mułowce i piaskowce z

wkładkami iłowców, oraz górną (ogniwo kruszwickie) odpowiadającą albowi dolnemu–środkowemu i zbudowaną z piaskowców. Utworów barremu–albu środkowego nie stwierdzono w otworze Szamotuły Geo 21, gdzie na utworach hoterywu leżą skały santonu.

Alb górny (miąższości od kilku do ok. 20 m na wschodzie obszaru) to w spągu piaskowce kwarcowo-glaukonitowe z fosforytami, przechodzące ku górze w margle ilaste. Kredę górną rozpoczynają utwory cenomanu (do ok. 150 m miąższości) reprezentowane przez wapienie z wkładkami wapieni marglistych, a w rejonie wschodnim również margle. Turon–niższy koniak (do ok. 400 m) rozpoczynają ciemnoszare margle ilaste i margle. Powyżej występują margle i wapienie margliste, a najwyższą część tego interwału budują opoki. W rejonie wysadu Damasławka nad marglami ilastymi i marglami występuje seria mułowców marglistych. W szczycie antykliny Janowca na skałach turonu–niższego koniaku leżą utwory kenozoiku (oligocenu) (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1973).

Wyższy koniak (do ok. 150 m) to opoki i opoki ilaste, lokalnie z wkładkami mułowców marglistych; w górnej części tego interwału, wzdłuż skłonu wału śródpolskiego, występują warstwy piaskowców, na ogół marglistych. Santon (do >600 m) w południowej części obszaru jest zbudowany z opok i margli, natomiast wzdłuż skłonu wału śródpolskiego oraz w rejonie otworu Gościejewo 2 występują mułowce margliste i piaskowce oraz wkładki wapieni piaszczystych. Kampan (do >500 m) to opoki mułowcowe, a wzdłuż skłonu wału śródpolskiego także piaskowce, wapienie piaszczyste i piaskowce wapniste. Lokalnie występują wkładki mułowców marglistych, a także, w części zachodniej, margle. W otworze Szamotuły Geo 21 występują margle, opoki oraz gezy. W rejonach antyklin górna granica kampanu jest powierzchnią erozyjną. W strefach synklinalnych występuje również mastrycht (lokalnie >100 m miąższości) wykształcony w postaci gez, wapieni piaszczystych i piaskowców wapnistych. Stropowa powierzchnia kredy jest na całym obszarze erozyjna.

Poniżej przedstawiono profile stratygraficzne kredy dla dwóch otworów wiertniczych znajdujących się w granicach obszaru „Chodzież”.

Szamotuły Geo 21

od	do	stratygrafia
243,00	294,00	kampan dolny
294,00	600,50	santon górny
600,50	710,00	hoteryw górny – formacja włocławska, ogniwo żychlińskie
710,00	868,50	hoteryw dolny – formacja włocławska, ogniwo gniewkowskie
868,50	924,50	walanżyn górny – formacja włocławska, ogniwo wierzchosławickie
924,50	1073,50	walanżyn dolny – formacja bodzanowska
1073,50	1119,00	walanżyn dolny – formacja rogoźniańska
1119,50	1195,00	berias górny–berias środkowy – formacja rogoźniańska
1195,00	1482,00	oksford

Wągrowiec IG 1

od	do	stratygrafia
160,00	336,00	turon
336,00	388,00	cenoman
388,00	389,00	alb górny
389,00	470,00	barrem–alb środkowy – formacja mogileńska
470,00	500,00	hoteryw górny – formacja włocławska, ogniwo żychlińskie
500,00	518,00	hoteryw dolny – formacja włocławska, ogniwo gniewkowskie
518,00	529,00	walanżyn górny – formacja włocławska, ogniwo wierzchosławickie
529,00	581,90	tyton

2.1.7. KENOZOIK

Klastyczne osady kenozoiku (paleogenu i neogenu) na obszarze „Chodzież” osiągają miąższość od 160 m w części wschodniej (profil wiercenia Wągrowiec IG 1), do 187 m w części środkowej (profil wiercenie Gościejewo 1) i do 243 m w zachodniej części obszaru (profil wiercenia Szamotuły Geo 21). Osady kenozoiku – piaskowce i iłowce (w tym iłowce wapniste lub dolomityczne), a w stropie gliny zwałowe – nie mają znaczenia zbiornikowego ani uszczelniającego.

2.2. BUDOWA STRUKTURALNA

Obszar przetargowy „Chodzież” znajduje się w obrębie synklinorium szczecińsko-miechowskiego w północnej części jednostki strukturalnej niższego rzędu nazywanej segmentem mogielińsko-łódzkim (Żelaźniewicz i in., 2011). Ze względu na niewielkie pokrycie sejsmiczne oraz słabą jakość danych sejsmicznych uzyskiwaną pod solami cechsztyńskimi, budowa strukturalna podłoża cechsztynu jest stosunkowo słabo zbadana.

Morfologia powierzchni podcechsztyńskiej w zasięgu analizowanego obszaru jest zróżnicowana (Fig. 2.12.).

W jej ukształtowaniu można wyróżnić dwie wydłużone niecki. Niecka znajdująca się w zachodniej części obszaru jest wydłużona na linii NW–SE, natomiast oś niecki zlokalizowanej w centralnej części przebiega na kierunku WNW–ESE. W osiowych częściach niecek powierzchnia spągu cechsztynu zalega na głębokości ok. 5600–5700 m p.p.m. Na skłonach obniżeń strukturalnych strop podłoża cechsztynu znajduje się na głębokości ok. 4700–5200 m p.p.m. w części południowej obszaru, a w części północnej na głębokości ok. 4900–5200 m p.p.m. W skrajnie wschodniej części obszaru „Chodzież” zaznacza się kolejny skłon strukturalny, który obniża powierzchnię podcechsztyńską do głębokości ok. 5600–5700 m p.p.m. (Fig. 2.12.).

W powierzchni podcechsztyńskiej dotychczas zostały zinterpretowane tylko nieliczne dyslokacje, które w SW części obszaru są zorientowane na linii NW–SE, natomiast w północnej

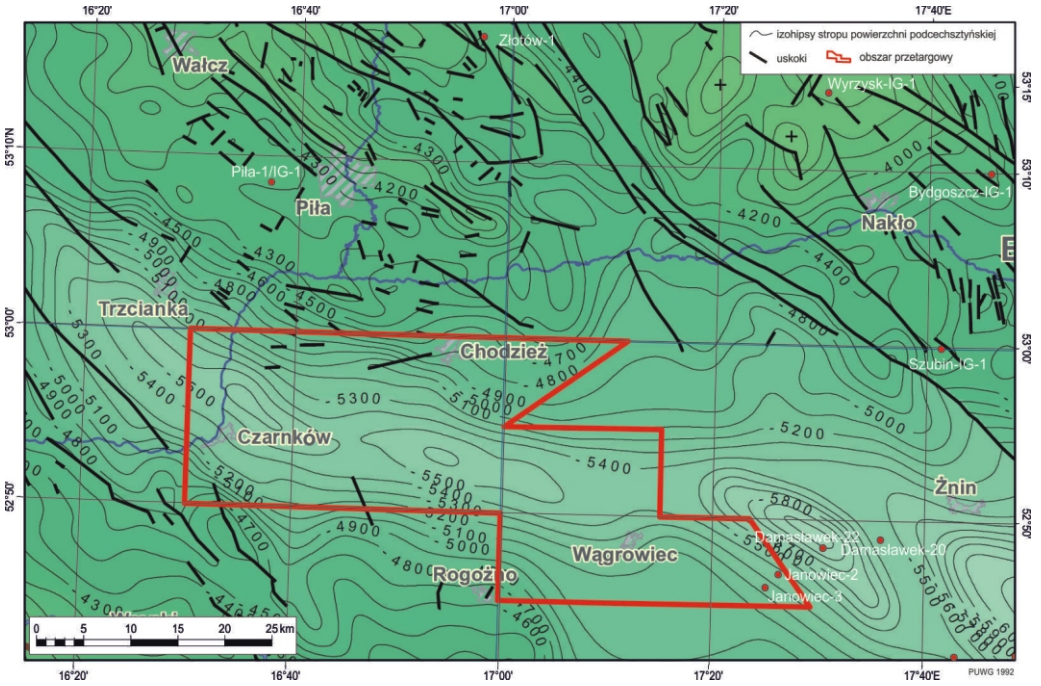


Figura 2.12. Fragment mapy strukturalnej powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2007).

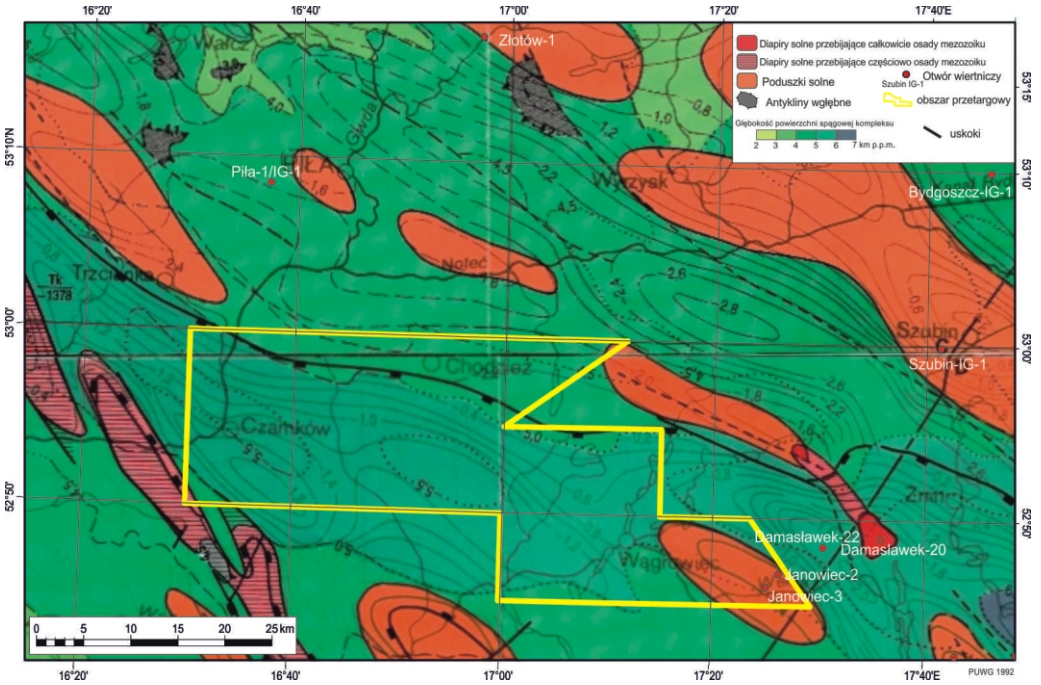


Figura 2.13. Fragment mapy tektonicznej kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (Dadlez i in., 1998).

części obszaru mają przebieg równoleżnikowy (Fig. 2.12.). Na regionalnym profilu sejsmicznym w podłożu cechsztynu, poniżej poduszki solnej Janowca, zostały zinterpretowane dyslokacje o charakterze uskoków normalnych, wygasających w spągowej części cechsztynu (Fig. 6.3.). W zachodnim sąsiedztwie analizowanego obszaru zaznacza się strefa uskokowa Poznań-Szamotuły zbudowana z uskoków o przebiegu NW–SE, której dyslokacje częściowo mogą znajdować się w zasięgu obszaru „Chodzież" (Fig. 2.12.).

Strefa ta ma wcześniejsze założenie strukturalne, które zapewne wpływały na rozwój pokrywy osadowej górnego czerwonego spągowca. Pokrywa ta zdominowana była przez piaskowce eoliczne i występujące podrzędnie mułowce plaji. Dodatkowo późniejsza reaktywacja tektoniczna strefy Poznań–Szamotuły mogła doprowadzić do uformowania się pułapek strukturalnych dla nagromadzeń gazu w obrębie utworów górnego czerwonego spągowca.

Utwory górnego cechsztynu i mezozoiku są ujęte w fałdy o orientacji NW–SE. W zachodniej części obszar „Chodzież" częściowo wchodzi na strefę fałdów Drawno–Poznań (Żelaźniewicz i in., 2011), które są reprezentowane m.in. przez

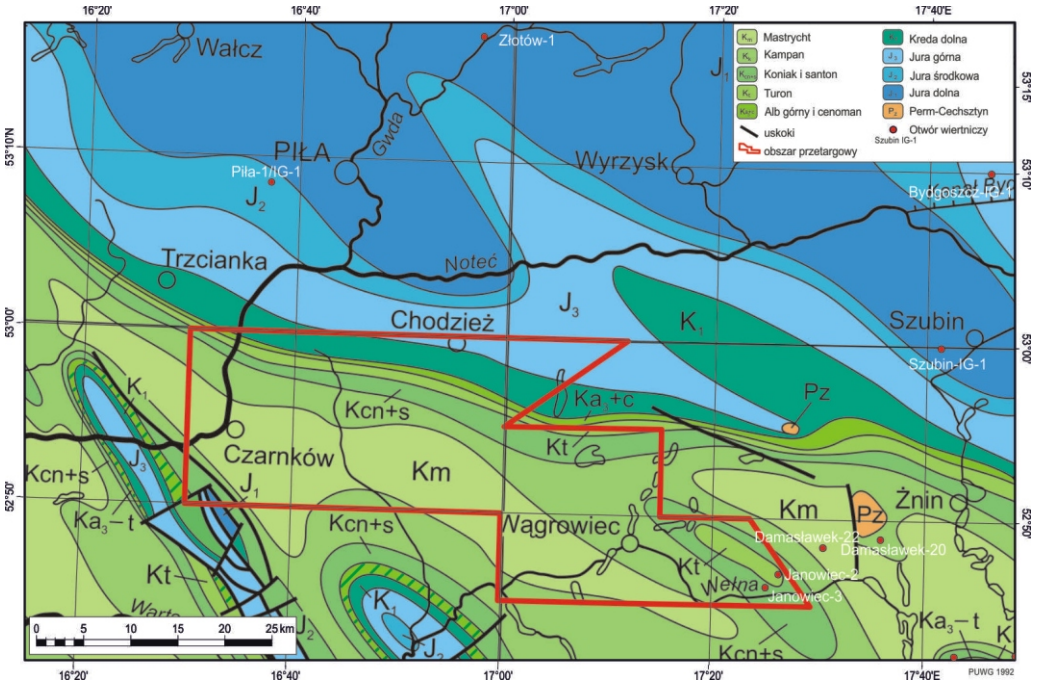


Figura 2.14. Fragment mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000).

diapiry solne, częściowo przebijające utwory mezozoiku (np. diapir Szamotuł – Fig. 2.13.i Fig. 6.4.).

W części zachodniej i centralnej nadkład soli kamiennych cechsztynu jest ujęty w synklinę. W kierunku NE synklina przechodzi w antyklinę (antyklina nadsolna) nad poduszką solną Janowca (Fig. 2.13.). W przegubie antykliny wskutek erozji częściowo zredukowane zostały osady kredy (Fig. 2.14.).

W przegubach synklin dolnocechsztyńskie sole kamienne cechują się zredukowaną miąższością, co wskazuje na ich tektonicznie wyciśnięcie w kierunku poduszek solnych (Fig. 2.12., 2.13.i Fig. 6.4.).

W powierzchni podkenozoicznej na prawie całym obszarze odsłaniają się utwory kredowe. Utwory najmłodsze (mastrychtu) znajdują się w przegubie synkliny, a w kierunku NE skrzydła synkliny odsłaniają się kolejne, starsze osady aż po utwory jury górnej. Nad poduszką solną Janowca najmłodszymi osadami są utwory turonu. W zachodniej części obszaru „Chodzież” w rejonie diapirów solnych na powierzchni podkenozoicznej zostały wykartowane osady jury dolnej i środkowej (Fig. 2.14.).

2.3. ROZWÓJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Po zakończeniu orogenezy waryscyjskiej, we wczesnym permie lub już od późnego karbonu rozpoczęła się faza tektoniki ekstensyjnej, w efekcie której powstał system zrębów, rowów i półrowów (Pożaryski i in., 1992; Antonowicz i in., 1993, 1994). Synsedymentacyjna aktywność uskoków w trakcie depozycji osadów czerwonego spągowca warunkowała ich zmiany miąższości i zróżnicowanie facjalne (Kiersnowski & Buniak, 2006).

Od permu do późnej kredy basen polski był poddawany długotrwałej termalnej subsydencji z wyróżniającymi się trzema głównymi etapami wzmożonej subsydencji: od permu do wczesnego triasu, podczas późnej jury oraz wczesnej kredy (Dadlez et al., 1997; Stephenson i in., 2003).

Istotną rolę w formowaniu się struktury basenu polskiego odegrała synsedymentacyjna tektonika solna. Ruchy soli zostały zainicjowane już we wczesnym triasie w efekcie wzmożonej fazy ekstensji basenu polskiego, natomiast w późnym triasie dochodziło już do przebijania skał nadkładu i powstawania diapirów solnych. Ruchy mas solnych trwały w różnych miejscach basenu do kenozoiku, wpływając na lokalne zmiany miąższości osadów.

Podczas późnej kredy i paleogenu doszło do zmiany pola naprężeń i w efekcie inwersji basenu polskiego (Pożaryski & Brochwicz-Lewiński, 1978; Dadlez, 1997; Krzywiec, 2002, 2006; Mazur i in., 2005). Podczas inwersji nastąpiła przebudowa tektoniczna basenu i wyniesienia jego osiowej części (antyklinorium śródpolskiego). W trakcie przebudowy basenu zachodziły zjawiska halotektoniczne cechujące się powstaniem struktur solnych takich jak poduszki tektoniczne (poduszka Janowca) i diapiry (diapir Szamotuł). W efekcie doszło do sfałdowania nadkładu soli cechsztyńskich.

W trakcie inwersji w podłożu cechsztynu dochodziło do reaktywacji starszych stref uskokowych oraz powstawania nowych dyslokacji. Uskoki najczęściej wygasają w spągowej części cechsztynu przechodząc we fleksury naduskokowe; uskoki te często układają się w kulisowe ciągi strukturalne sugerujące ich powstanie w reżimie przesuwczym.

W trakcie przebudowy strukturalnej basenu część uskoków powstałych podczas etapów ekstensji uległa inwersji.

3. SYSTEM NAFTOWY

3.1. WSTĘP

System naftowy jest określany jako zespół procesów geologicznych i naftowych prowadzący do powstania złoża węglowodorów. Do podstawowych elementów systemu naftowego zalicza się: skałę macierzystą – ze względu na zawartość kopalnej substancji organicznej stanowi źródło

powstawania węglowodorów, skałę zbiornikową – której odpowiednie właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację węglowodorów oraz skałę uszczelniającą – która jest skałą nieprzepuszczalną i uniemożliwia ucieczkę medium złożowego. Ponadto nieodzownym elementem systemu naftowego w złożach konwencjonalnych jest pułapka naftowa, która ze względu na swoje cechy strukturalne lub stratygraficzno-litologiczne tworzy miejsce akumulacji węglowodorów. Niezbędnym do zaistnienia systemu naftowego i powstania złoża węglowodorów jest zespół procesów umiejscowionych w przestrzeni i w czasie geologicznym, na które składają się: generowanie, ekspulsja, migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża.

3.2. SKAŁY MACIERZYSTE

Za skały macierzyste w karbońsko-permskim systemie naftowym uważa się mułowce i iłowce karbonu (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005; Karnkowski, 1999; Botor i in., 2013). Zgodnie z tą teorią, gaz ziemny, wygenerowany z karbońskiej materii organicznej, migrował ku strefom o niższym ciśnieniu hydrostatycznym, czyli do leżących niezgodnie na skałach karbonu utworów czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego. Migracja węglowodorów ze skał macierzystych do pułapek złożowych mogła mieć charakter lokalny wzdłuż nieciągłości tektonicznych lub charakter regionalny krótko lub długodystansowy wzdłuż porowatych i przepuszczalnych skał. W zachodniej części europejskiego basenu permskiego za skały macierzyste uznaje się węgle westfalu (Pletsch i in., 2010), natomiast badania geochemiczne płycej zalegających skał karbonu polskiego basenu sugerują, że zawartość materii organicznej rozproszonej w tych skałach jest wystarczająca by uznać je za skały macierzyste (Burzewski i in., 2009; Botor i in., 2013). Śliwiński i in. (2006) oraz Malinowski i in. (2007) postulują ponadto możliwość istnienia węglonośnych utworów molasy górnokarbońskiej, które mogą stanowić poziomy macierzyste zlokalizowane na przedpolu polskich eksternidów waryscyjskich (Fig. 3.1 i 3.2). Potwierdzeniem macierzystości skał karbonu w Polsce mogą być także odkryte złoża: Wierzchowo (dolny karbon), Gorzysław, Trzebusz, Wrzosowo, Daszewo, Paproć (dolny i górny karbon), Kościan i Brońsko (dolny karbon; Karnkowski, 1993) oraz wyniki badań geochemicznych materii organicznej i gazu ziemnego (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005).

Na Pomorzu skały macierzyste zostały stwierdzone w obrębie utworów turnieju, wizenu i westfalu. Charakteryzują się one średnim i doskonałym potencjałem węglowodorowym. Całkowita zawartość materii organicznej w łupkach turnieju i wizenu wynosi średnio od ok. 1,1–1,5% wag. do maksymalnie 4–10,7% wag., natomiast całkowita zawartość materii organicznej w łupkach westfalu wynosi średnio od 0,3% wag. do maksymalnie 2,7% wag. (Bachleda-Curuś i in., 1996; Matyasik, 1998; Kotarba i in., 2004, 2005; Grotek, 2005, 2006; Kosakowski in., 2006; Bahranowski i in., 2007; Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013). Materia organiczna rozproszona w skałach karbonu posiada geochemiczną charakterystykę gazotwórczego kerogenu typu III oraz mieszanego kerogenu typu III i II (wyższy udział kerogenu typu II stwierdzono w utworach dolnego karbonu), cechując się niskim do bardzo dobrego potencjału węglowodorowego. Całkowita zawartość

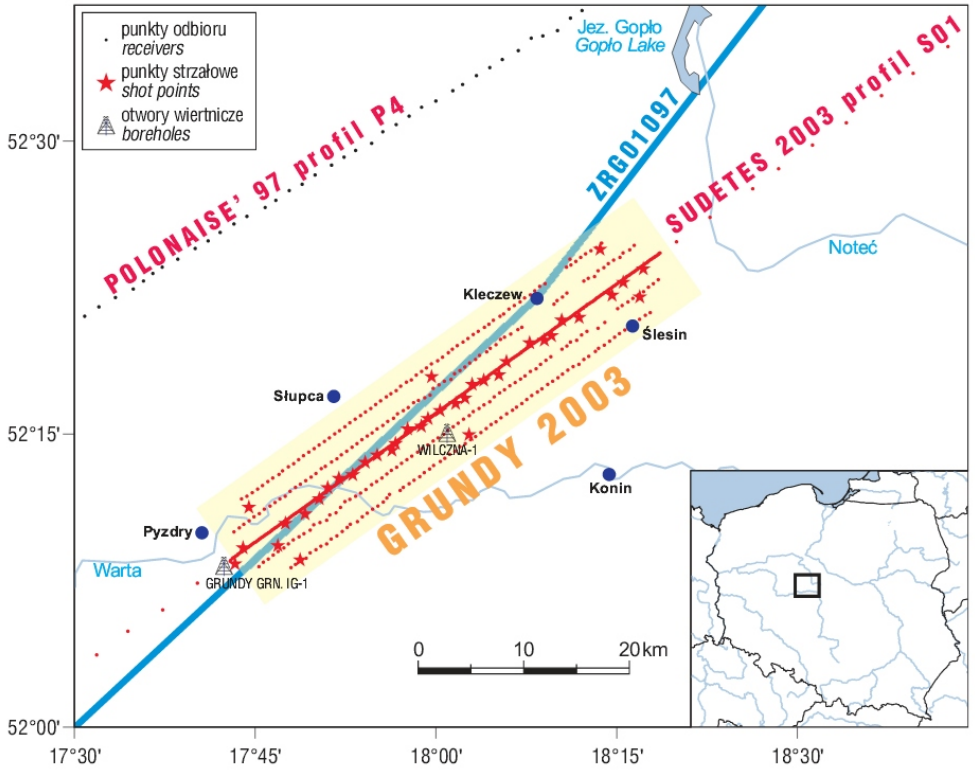


Figura 3.1. Geograficzna lokalizacja eksperymentu Grundy 2003. Zaznaczono także profile głębokich sondowań sejsmicznych (P4 i S01) oraz refleksyjny profil regionalny ZRG01097a (Śliwiński i in., 2006).

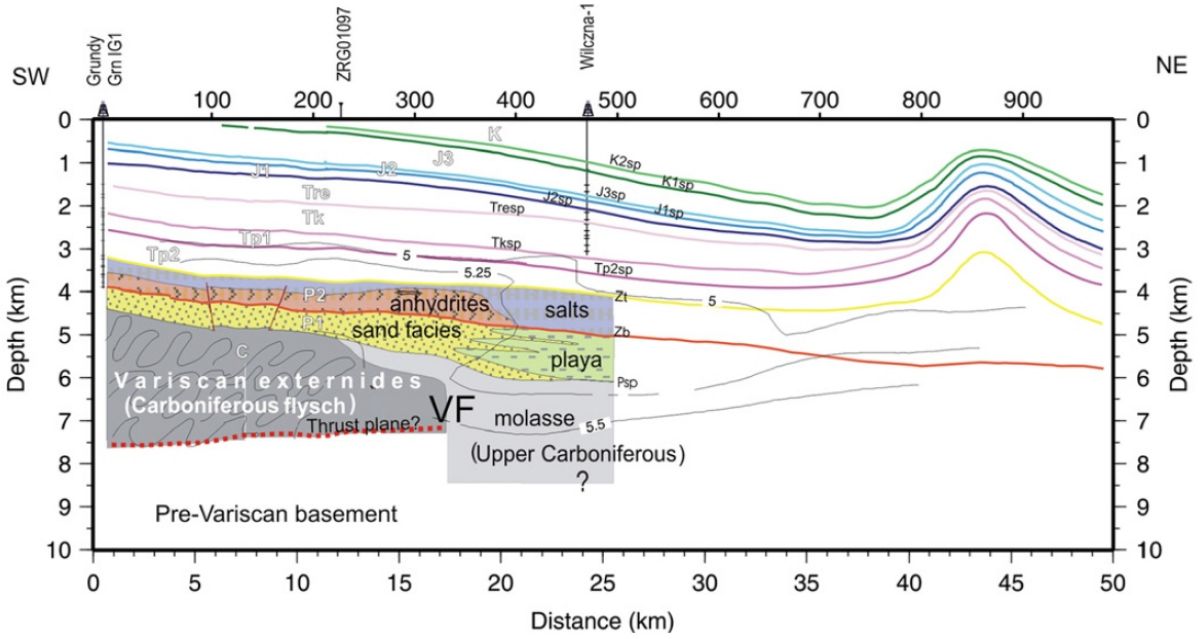


Figura 3.2. Fragment regionalnego przekroju głębokościowego ZRG01097 z interpretacją geologiczną wyników sejsmicznych eksperymentu GRUNDY 2003.

Trz sp – spąg kenozoiku, K1 – kreda dolna, J3 – jura górna, J2 – jura środkowa, J1– jura dolna, Tre – retyk, Tk – kajper, Tp2 – pstry piaskowiec środkowy, Zstr – strop cechsztynu, Psp – spąg czerwonego spągowca (Malinowski i in., 2007).

materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,5 do 4% wag. (Nowak, 2003; Pletsch i in., 2010; Poprawa & Kiersnowski, 2010, Botor i in., 2013). W strefie kujawskiej i mazurskiej tylko kilka otworów nawierca skały karbonu. Charakteryzują się one zmiennym potencjałem węglowodorowym od słabego do doskonałego, a całkowita zawartość materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,3% wag. do 15% wag. i ma charakterystykę kerogenu mieszanego typu III i II, z dominacją kerogenu typu III w skałach westfalu.

Skały karbonu, stanowiące silikoklastyczną sukcesję wypełniającą polską część basenu przedgórskiego waryscydów (Górecka-Nowak, 2007), nie są dotąd w pełni rozpoznane wiertniczo w podłożu monokliny przedsudeckiej, niecce łódzkiej i centralnej części wału śródpolskiego z uwagi na ich znaczną miąższość (>2000 m) i niską perspektywiczność odkrycia w nich konwencjonalnych złóż naftowych. Dlatego też większość otworów wiertniczych na tym obszarze nawierciła jedynie stropowe części skał karbońskich.

Na obszarze „Chodzież” nie znajduje się żaden otwór wiertniczy nawiercający utwory karbonu. W pobliżu obszaru zlokalizowane są dwa głębokie otwory, które nawierciły te skały – Piła 1/IG 1 i Objezierze IG 1 (Fig. 3.3). Otwór Piła 1/IG 1 jest zlokalizowany na północ od obszaru „Chodzież”; nawiercił on 14 m (5468,0–5482,0) stropowych, terygenicznych utworów karbonu górnego, datowanych na westfal. Utwory te to brunatne iłowce i mułowce z cienkimi (kilka cm) wkładkami mułowców piaszczystych i piaskowców drobnoziarnistych. Brak danych na temat własności geochemicznych nie pozwala stwierdzić, czy nawiercone skały mają własności skał macierzystych. Otwór Objezierze IG 1 jest zlokalizowany na południe od obszaru przetargowego „Chodzież”; nawiercił on 499,5 m (4595,0–5094,5) utworów karbonu dolnego, datowanych na wizen górny. Utwory wizenu w otworze Objezierze IG 1 to głównie przewarstwiające się iłowce brunatne i wiśniowe, piaskowce, czarne mułowce z detrytusem silnie zwęglonej flory (szczątki kalamitów) i czarne pyłowce z detrytusem flory. Wśród 11 próbek karbonu z interwału głębokości 4621,0–5089,5 m, które zostały poddane badaniom geochemicznym materii organicznej metodą Rock-Eval, tylko jedna spełnia kryterium minimalnej całkowitej zawartości materii organicznej charakteryzującej skały macierzyste (TOC>0,5% wag.; próbka z głęb. 5054,5 m), jednak pozostałe parametry i wskaźniki geochemiczne tej próbki świadczą o wyczerpanym potencjale węglowodorowym. Całkowita zawartość materii organicznej w przebadanych próbkach wynosi od 0,02% wag. do 0,82% wag. (TOC; mediana – 0,03% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, wahają się w przedziale 0,02–0,09 mg HC/g skały (mediana – 0,06 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony parametr S2, wynosi od 0–0,12 mg HC/g skały (mediana – 0,05 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI wynosi od 0 mg HC/g TOC do 250 mg HC/g TOC (mediana – 100 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 300°C do 484°C (mediana – 334°C), nie pozwalając na określenie stopnia przeobrażenia termicznego materii organicznej. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać przebadane próbki wizenu za niemacierzyste.

Obszar „Chodzież” znajduje się w strefie występowania utworów karbonu dolnego (Fig. 3.3.). Numeryczne modelowania karbońsko-permskiego systemu naftowego basenu polskiego (Botor i in., 2013) sugerują, że obszar „Chodzież” znajduje się w strefie migracji węglowodorów ze skał macierzystych centralnej części basenu (modelowania nie brały pod uwagę lokalnej migracji wzdłuż stref nieciągłości;

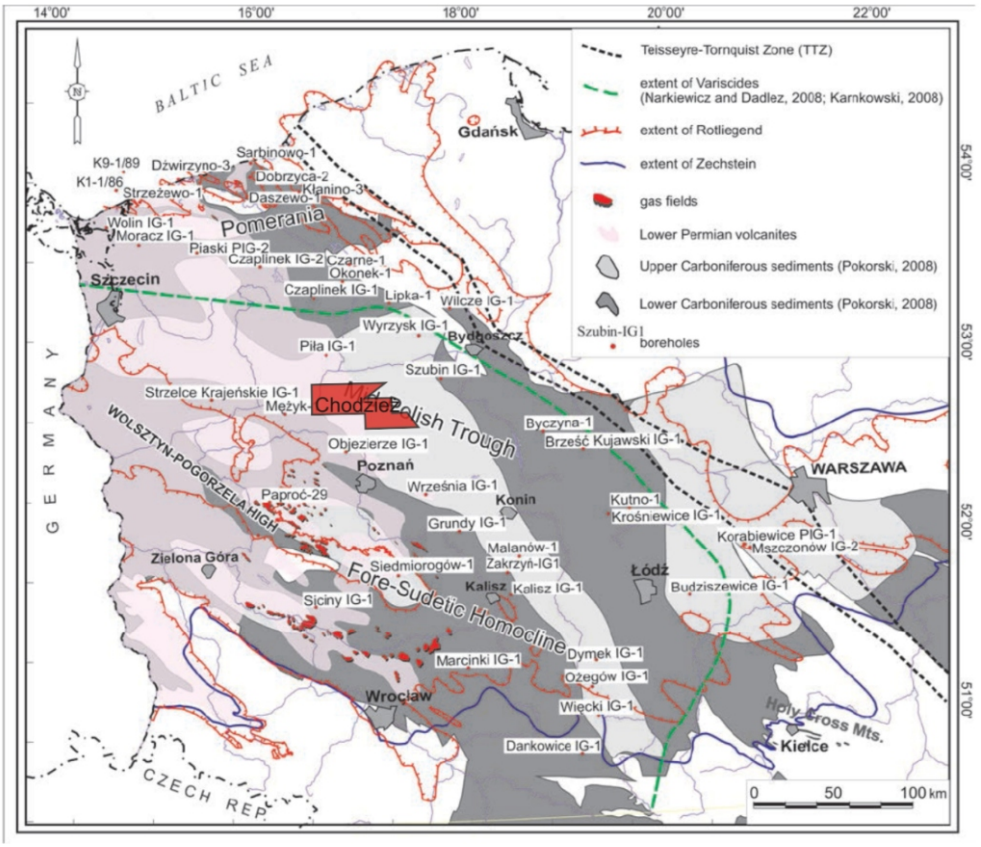


Figura 3.3. Mapa przedstawiająca główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie (wg Reicher, 2008). Zasięg utworów karbonu dolnego i górnego wg Pokorski (2008) (Botor i in., 2013).

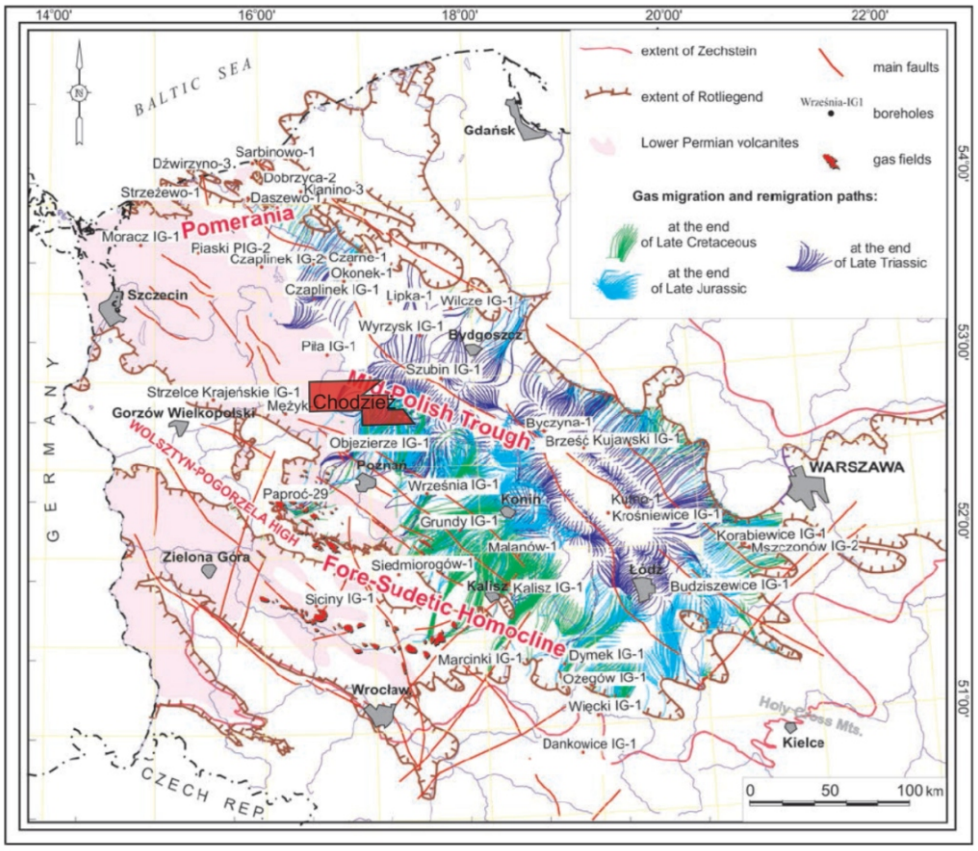


Figura 3.4. Mapa przedstawiająca ścieżki migracji gazu na tle rozprzestrzenienia zbiornikowych utworów czerwonego spągowca (wg Maćkowskiego i in., 2008, zmieniona; Botor i in., 2013).

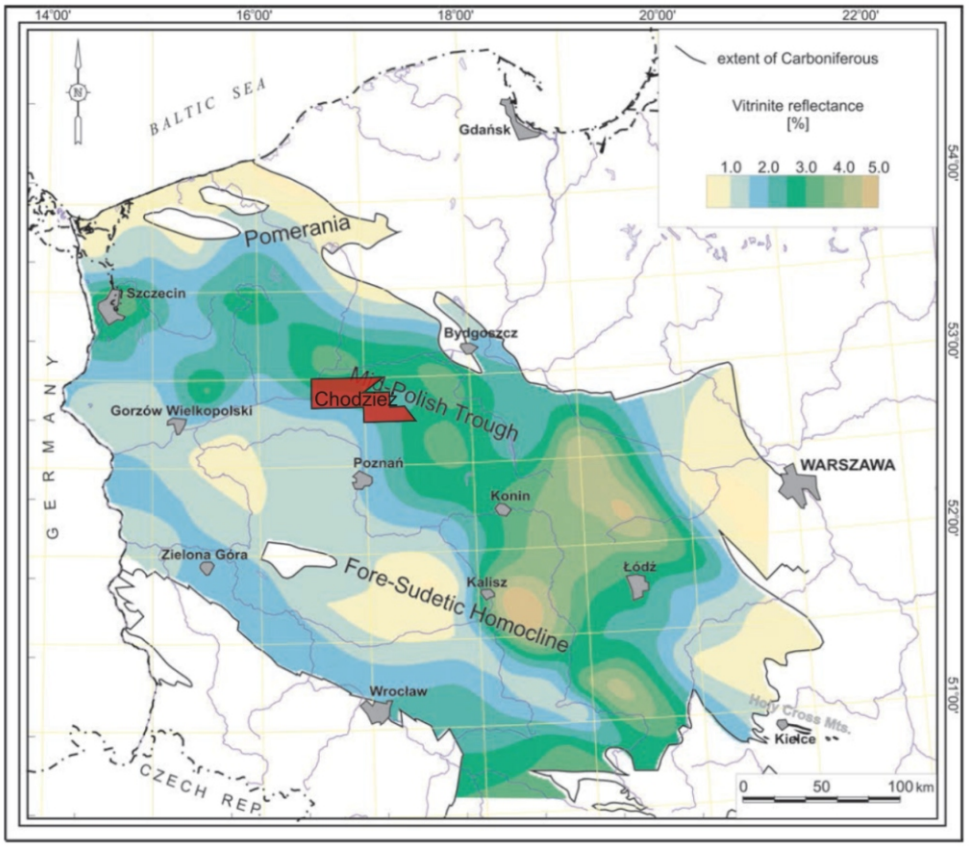


Figura 3.5. Mapa rozkładu dzisiejszej dojrzałości termicznej materii organicznej w stropie utworów karbonu (Botor i in., 2013).

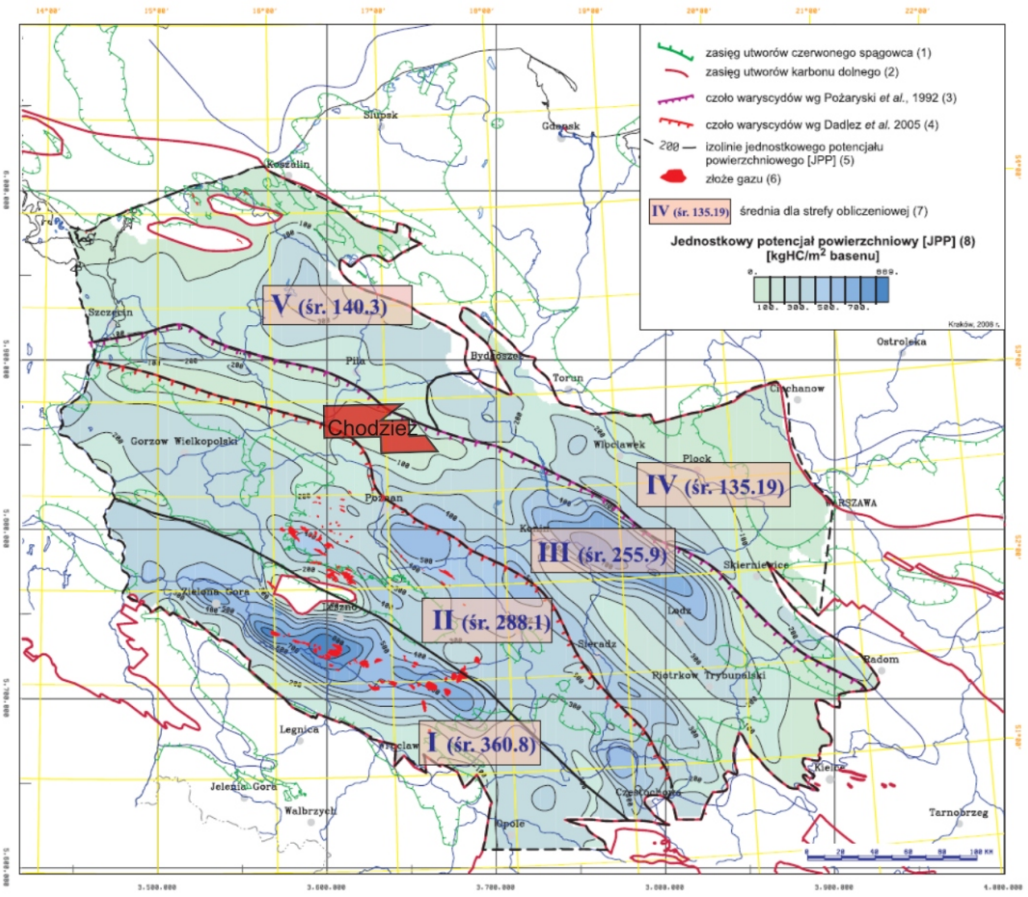


Figura 3.6. Mapa jednostkowego potencjału powierzchniowego (JPP) utworów karbonu dolnego (Burzewski i in., 2009).

Fig. 3.4.). Modelowania te wykazują również, że na tym obszarze karbońska materia organiczna może znajdować się na stopniu przeobrażenia odpowiadającego fazie generowania gazu suchego i fazie przejrzałej względem generowania węglowodorów (1,5–3,5% R_o; Fig. 3.5.). Biorąc pod uwagę analizy Burzewski i in. (2009) można założyć, że skały macierzyste karbonu dolnego w obrębie obszaru przetargowego „Chodzież" cechowały się w historii geologicznej jednostkowym potencjałem genetycznym na poziomie 100 kg HC/m^2 basenu (Fig. 3.6.).

3.3. ZAWARTOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO W UTWORACH PERMU, TRIASU, JURY I KREDY

Ponieważ na obszarze „Chodzież" nie ma żadnego głębokiego wiercenia sięgającego do skał czerwonego spągowca i karbonu, zostały wykorzystane dane z wiercenia Piła IG 1, zlokalizowanego na północ od granicy obszaru „Chodzież".

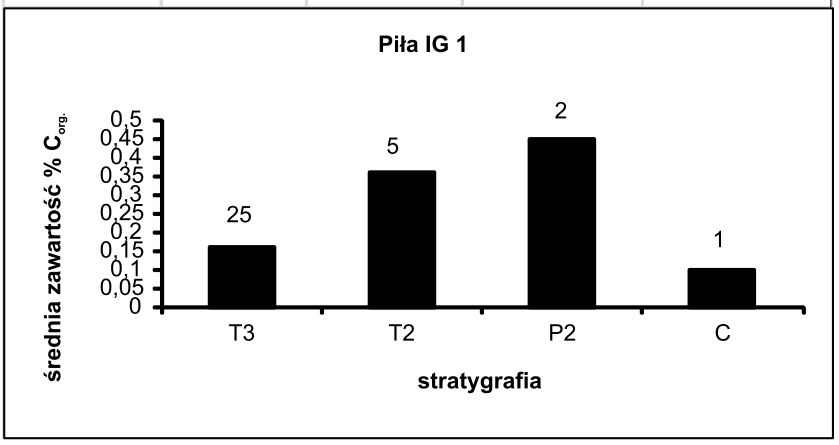
Otwór Piła IG 1

Utwory górnego triasu zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego (śr. 0,16%). Minimalna ilość $C_{org.}$ w tych utworach wynosi 0,01%, maksymalna ilość C org. to 0,60%. Bituminy w utworach górnego triasu występują w małej ilości (śr. 0,007%), ilość węglowodorów w bituminach jest zróżnicowana (od 16 do 46%). Węglowodory nasycone są w przeważającej ilości w stosunku do węglowodorów aromatycznych. Bituminy występujące w większej ilości, zawierające wysoki udział węglowodorów, mają charakter epigenetyczny.

Utwory środkowego triasu zawierają średnio 0,36% ilości węgla organicznego. Minimalna ilość $C_{org.}$ w tych utworach wynosi 0,20%, maksymalna – 0,60%. Bituminy w utworach środkowego triasu występują w ilości śr. 0,016%, w stropie najwyższa ilość to 0,029%. Ilość węglowodorów w bituminach jest zróżnicowana (od 36 do 56%).

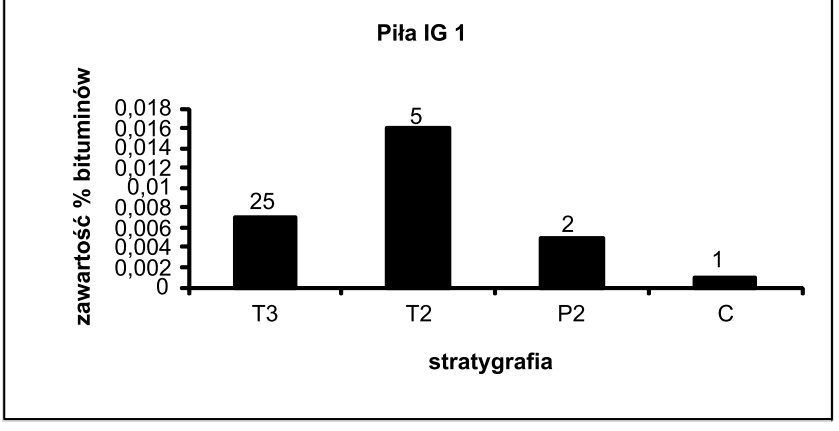
Wiercenie Piła IG 1
Średnia zawartość węgla organicznego w badanych utworach

Stratygrafia	śr. $C_{org.}$ %	ilość próbek	max. $C_{org.}$ %	min. $C_{org.}$ %
T3	0,16	25	0,6	0,01
T2	0,36	5	0,6	0,2
P2	0,45	2	0,5	0,4
C	0,1	1	0,1	0,1



Średnia zawartość % wag. bituminów w badanych utworach

Stratygrafia	śr % bitum.	ilość próbek	max. % bitum.	min. % bitum.
T3	0,007	25	0,015	0,001
T2	0,016	5	0,029	0,012
P2	0,005	2	0,007	0,003
C	0,001	1	0,001	0,001



Utwory triasu w tym otworze są mało perspektywiczne dla generowania ropy naftowej i gazu ziemnego.

Słabo przebadane utwory górnego permu zawierają średnio 0,45% ilości węgla organicznego. Minimalna ilość Corg w tych utworach wynosi 0,40%, maksymalna – 0,50%. Bituminy w utworach górnego permu występują w bardzo małej ilości (śr. 0,005%).

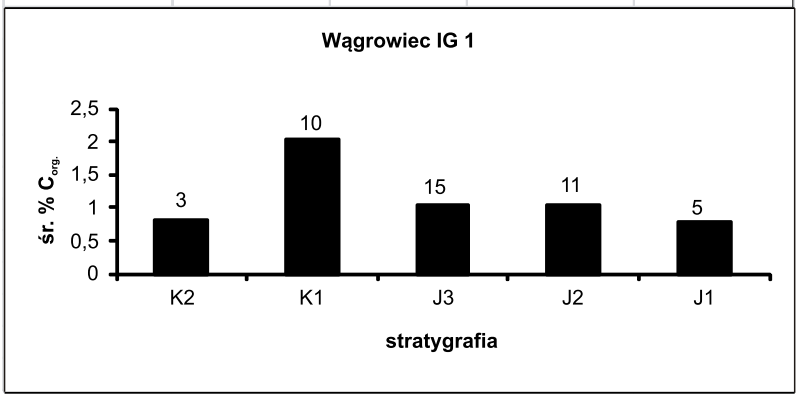
Pojedyncza próbka z utworów karbonu wykazała, iż zawiera ona śladową zawartość węgla organicznego i bituminów.

Otwór Wągrowiec IG 1

Otwór Wągrowiec znajduje się we wschodniej części obszaru „Chodzież”. Utwory górnej kredy zawierają średnio 0,80% węgla organicznego. Minimalna ilość węgla organicznego w tych utworach wynosi 0,45%, natomiast maksymalna – 1,49%. Zawartość bituminów wydzielonych z tych utworów średnio wynosi 0,010%; minimalna ilość wynosi 0,007%, a maksymalna – 0,012%. Udział węglowodorów w bituminach waha się od 17 do 29%.

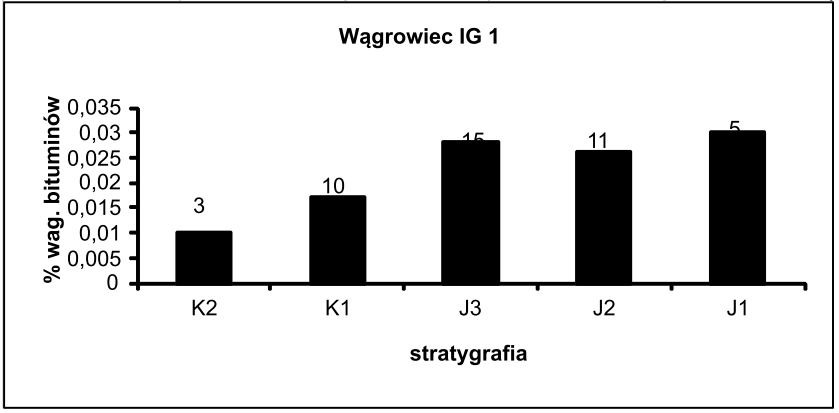
Średnia zawartość węgla organicznego w badanych utworach

Stratygrafia	śr. $C_{org.}$ %	ilość próbek	max. $C_{org.}$ %	min. $C_{org.}$ %
K2	0,8	3	1,49	0,45
K1	2,02	10	3,79	0,79
J3	1,03	15	3,42	0,44
J2	1,03	11	1,78	0,43
J1	0,78	5	2,41	0,17



Średnia zawartość bituminów (% wag.) w badanych utworach

Stratygrafia	śr % bitum.	ilość próbek	max. % bitum.	min. % bitum.
K2	0,01	3	0,012	0,007
K1	0,017	10	0,036	0,007
J3	0,028	15	0,064	0,007
J2	0,026	11	0,048	0,009
J1	0,03	5	0,06	0,005



Utwory dolnej kredy zawierają średnio 2,02% $C_{org.}$; minimalna ilość wynosi 0,79%, a maksymalna – 3,79%. Zawartość bituminów wydzielonych z tych utworów waha się od 0,007% do 0,036% i średnio wynosi 0,017%. Udział węglowodorów w bituminach waha się od 13 do 40%.

Utwory górnej jury zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego (śr. 1,22%). Minimalna ilość $C_{org.}$ w tych utworach wynosi 0,44%, a maksymalna – 3,42%. Bituminy w utworach górnej jury występują w ilości od 0,007–0,064% (śr. 0,028%); ilość węglowodorów w bituminach waha się od 4 do 51%.

Utwory środkowej jury zawierają średnio 1,03% węgla organicznego. Minimalna ilość węgla organicznego w tych utworach wynosi 0,43%, natomiast maksymalna – 1,78%. Zawartość bituminów wydzielonych z tych utworów średnio wynosi 0,026%, ale waha się od 0,009 do 0,048%. Udział węglowodorów w bituminach waha się od 7 do 21%.

Utwory dolnej jury średnio zawierają 0,78% $C_{org.}$; ilość węgla organicznego waha się od 0,17 do 2,41%. Zawartość wydzielonych bituminów średnio wynosi 0,030%; minimalna ilość to 0,005%, a maksymalna – 0,060%. W wydzielonych bituminach udział węglowodorów wynosi od 9 do 56%. Podwyższona zawartość bituminów o wysokim udziale węglowodorów występująca w piaskowcach jest epigenetyczna z osadem.

Przebadane utwory kredy i jury w tym otworze są słabo przeobrażone.

3.4. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

Zastosowanie numerycznych modelowań systemów naftowych ma na celu przeprowadzenie rekonstrukcji procesów i mechanizmów generowania, migracji i akumulacji węglowodorów. Podstawą modelowań procesów generowania jest modelowanie paleotermiczne, które polega na modelowaniu dojrzałości termicznej skał zwłaszcza macierzystych. Takie modelowania przeprowadzane są głównie w wersji 1-D i pozwalają na odtworzenie w skali czasu, ewolucji geologicznej i termicznej basenu sedymentacyjnego wraz z modelowaniem procesów generowania i ekspulsji węglowodorów. W celu odtworzenia procesów migracji i akumulacji węglowodorów wykonuje się modelowania 2-D (przekrój geologiczny), natomiast modelowania 3-D integrują wszystkie wyżej wymienione procesy w postaci przestrzennej. Dokładna metodyka modelowań systemów naftowych została przedstawiona w pracach m.in. Botora & Kosakowskiego (2000), Al-Hajeri i in. (2009) i Highley i in (2006).

Na obszarze przetargowym „Chodzież" nie jest zlokalizowany żaden głęboki otwór wiertniczy, dlatego poniższa analiza jest taka sama jak w przypadku sąsiedniego obszaru „Piła", na którym występuje zaledwie jeden głęboki otwór wiertniczy Piła 1/IG 1. Przewierca on perspektywiczne utwory zbiornikowe czerwonego spągowca oraz nawierca zaledwie 14 m warstwę utworów karbonu, które mogły stanowić potencjalną skałę macierzystą. Charakterystykę dotyczącą wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów dla obszaru przetargowego „Chodzież" wykonano na podstawie m.in. wyników modelowań przeprowadzonych przez Botora (2006), Maćkowskiego & Reicher (2006), Góreckiego i in. (2009), Poprawę (2008) oraz Botora (2011).

W strefie obszaru „Chodzież" występuje karbońsko-dolno-permski system naftowy. Perspektywiczne skały, w których mogą występować złoża gazu ziemnego, to utwory klastyczne czerwonego spągowca. W strefie tej potencjalną skałą macierzystą są utwory karbonu dolnego, natomiast za uszczelnienie odpowiedzialne są ewaporaty cechsztynu.

Na podstawie wyników modelowań dojrzałości termicznej (Fig. 3.7.) skały macierzyste karbonu obecnie znajdują się w

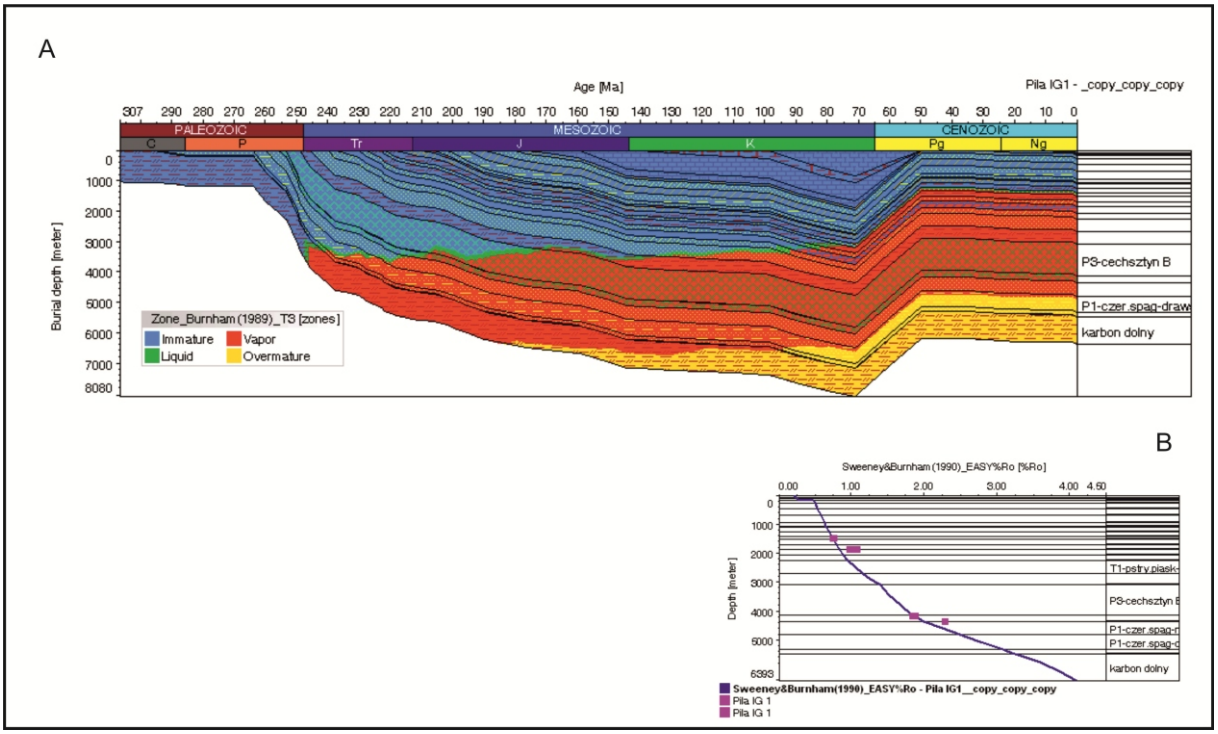


Figura 3.7. Model 1-D historii pogrążania i dojrzałości termicznej dla otworu Piła 1/IG-1 (Botor, 2006).

strefie przejrzałej (wymodelowane wartości refleksyjności witrynitu wynoszą >3% R_o), zatem w strefie tej wyczerpany został potencjał generacyjny z utworów karbonu. Wysoka dojrzałość utworów karbońskich jest związana prawdopodobnie z istnieniem wulkanitów dolnopermskich w tym obszarze. Niemniej jednak główna faza generowania gazu ziemnego nastąpiła z początkiem triasu, kiedy skały macierzyste zostały pogrążone na głębokość około 3500 m, osiągając dojrzałość >1,3% R_o. Główna faza generowania trwała do końca jury, kiedy utwory karbonu zostały pogrążone na głębokość <6000 m, a ich dojrzałość wzrosła do >2,6% R_o. Wypiętrzanie i erozja, która miała miejsce z końcem kredy, zahamowała dalszy przyrost głębokości i dojrzałości, która ostatecznie została ukształtowana w tym właśnie czasie.

Czas generowania gazu ziemnego w obszarze „Chodzież” jest bardzo korzystny, ponieważ generowanie miało miejsce w mezozoiku, kiedy istniało już regionalne uszczelnienie ewaporatami cechsztynu utworów zbiornikowych czerwonego spągowca. Ponadto początek generacji odbył się również po intensywnej przebudowie tektonicznej fazy asturyjskiej, która miała miejsce w późnym karbonie i wczesnym permie, prowadząc do rozformowania istniejących wówczas pułapek złożowych. Powyższe zależności mogły wpłynąć na akumulację i zachowanie się złóż w pułapkach dolnego permu.

Na obszarze „Chodzież” w spągu utworów czerwonego spągowca występuje pokrywa wulkanitów, która w znaczący sposób mogła ograniczyć migrację gazu ziemnego w większej skali. Pod pokrywą wulkaniczną dominowała migracja krótkodystansowa, koncentrująca się wokół stref rozłamów tektonicznych (Górecki i in., 2009). Główna faza migracji gazu ziemnego z utworów karbonu rozpoczęła się z początkiem triasu i trwała do jego schyłku. Główny strumień gazu migrował pod osadami plai, a następnie wulkanitów, w kierunku SW (w kierunku Objezierza). W pierwszej kolejności gaz napełniał pułapki związane z większymi strefami dyslokacyjnymi. Migracja gazu o charakterze krótkodystansowym odbywała się pionowymi ścieżkami migracji, związanymi ze strefami dyslokacyjnymi przecinającymi utwory wulkaniczne. Kolejna faza migracji gazu ziemnego mogła nastąpić w kredzie w wyniku wzrostu pogrążenia.

Modelowania potwierdzają potencjał generacyjny gazu ziemnego utworów karbonu na obszarze „Chodzież”.

4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU „CHODZIEŻ”

Dane w oparciu o bazę danych MIDAS – PIG-PIB

W graniach obszaru „Chodzież” nie występują udokumentowane złoża węglowodorów; w najbliższym sąsiedztwie (Fig. 4.1.) występują złoża:

- około 38 km na zachód, eksploatowane złoże ropy naftowej **Grotów** (NR 10254). Złoże zostało udokumentowane w 2005 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Grotów” (nr w archiwum NAG 5/2006);
- około 42 km na SW, eksploatowane złoże gazu ziemnego **Międzychód** (GZ 9502). Złoże zostało udokumentowane w 2003 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Międzychód” (nr w archiwum NAG 3612/2003);
- około 46 km na SW, eksploatowane złoże ropy naftowej **Lubiatów** (NR 9736). Złoże zostało udokumentowane w 2003 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Lubiatów” (nr w archiwum NAG 368/2004). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Lubiatów” (nr w archiwum NAG 146/2005);
- około 38 km na SW, eksploatowane złoże gazu ziemnego **Podrzewie** (GZ 4728). Złoże zostało udokumentowane w 1981 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Podrzewie” (nr w archiwum NAG 13701 CUG);
- około 42 km na SW, eksploatowane do 2006 r. złoże gazu ziemnego **Duszniki E** (GZ 4726). Złoże zostało udokumentowane w 1985 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Duszniki W, Duszniki E” (nr w archiwum NAG 15108 CUG). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Duszniki E” (nr w archiwum NAG 638/2011);
- około 39 km na południe, eksploatowane złoże gazu ziemnego **Młodasko** (GZ 4709). Złoże zostało udokumentowane w 1985 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Młodasko” (nr w archiwum NAG 15764 CUG);
- około 43 km na południe, eksploatowane do 2013 r. złoże gazu ziemnego **Jankowice** (GZ 4708). Złoże zostało udokumentowane w 1985 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Jankowice” (nr w archiwum NAG 15865 CUG). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Jankowice” (nr w archiwum NAG 4961/2014).

Wymienione wyżej złoża gazu i ropy naftowej występują w pułapkach strukturalnych. Są to złoża konwencjonalne. Natomiast w obszarze „Chodzież” można oczekiwać występowania niekonwencjonalnych złóż gazu typu *tight* (Wójcicki i inni, 2014). Stąd żadne z wymienionych złóż nie stanowi analogii do potencjalnego odkrycia na obszarze „Chodzież”.

5. PROFILE REPEROWE – OBJEZIERZE IG 1 I PIŁA IG 1

W obrębie obszaru „Chodzież” nie ma żadnego wiercenia, które by nawiercało utwory permu i karbonu. W związku z tym postanowiono zamieścić dane z dwóch wierceń, które znajdują się na południe od granicy obszaru „Chodzież” – wiercenie Objezierze IG 1 i na północ od granicy obszaru „Chodzież” – wiercenie Piła IG 1. Wiercenie Objezierze IG 1 znajduje się aktualnie na obszarze koncesji PGNiG, a wiercenie Piła IG 1 na obszarze oferowanego do przetargu obszaru „Piła”.

Uproszczona stratygrafia osadów w wierceniu Piła IG 1 wg „Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski” (Wagner i in., 1999).

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–185	185
J	Jura	185–1068,5	883,5
T	Trias	1068,5–3099	2030,5
P (PZ)	Cechsztyn	3099–4380	1281
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4380–5468	1088
C	Karbon	5468–5482	>14

Figura 4.1. Złoża węglowodorów w rejonie obszaru przetargowego Chodzież.

Obszary wytypowane
do postępowania przetargowego na koncesje
na poszukiwanie i rozpoznawanie
złóż węglowodorów oraz wydobywanie
węglowodorów ze złóż w 2016 r.

CHODZIEŻ

0 10 20 km

Układ współrzędnych: PL-1992

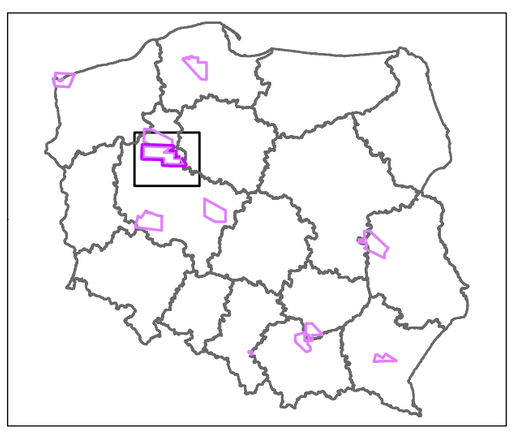
Objaśnienia

- obszary wytypowane do przetargu
- złoża węglowodorów
- obszary górnicze
- granice gmin
- granice powiatów
- granice województw

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru Chodzież
układ współrzędnych PL-1992

nr	x	y
1	553208,82	391696,38
2	543811,58	398404,58
3	544249,21	376171,46
4	544548,71	364927,26
5	553809,82	365184,38
6	554864,44	331642,37

nr	x	y
7	573431,06	332289,06
8	572875,62	349057,65
9	572026,54	378791,78
10	563112,93	365568,76
11	562674,12	382371,14
12	553408,12	382145,42



Źródłem danych o złożach kopalin
jest System Gospodatki i Ochrony
Bogactw Mineralnych MIDAS

Copyright by PGI, Warszawa 2015

290000 310000 330000 350000 370000 390000 410000

630000 610000 590000 570000 550000 530000

NR 10254 Grotów
GZ 9502 Międzychód
NR 9736 Lubiatów
GZ 4728 Podrzewie
GZ 4726 Duszniki E
GZ 4709 Młodasko
GZ 4708 Jankowice

Uproszczona stratygrafia osadów w wierceniu Objezierze IG 1.

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–257	257
K	Kreda	257–387,5	130,5
J	Jura	387,5–1860	1472,5
T	Trias	1860–2895	1035
P (PZ)	Cechsztyn	2895–4144	1249
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4144–4595	451
C	Karbon	4595–5094,5	>499,5

Fig. 5.1. przedstawia profil zbiorczy wiercenia Objezierze IG 1. Wybór tego właśnie profilu podyktowany został tym, że w kierunku południowym wzrasta prawdopodobieństwo występowania piaskowców eolicznych w profilu osadów czerwonego spągowca.

5.1. OPIS WYKONANYCH BADAŃ I INTERPRETACJI GEOFIZYKI OTWOROWEJ W OTWORZE OBJEZIERZE IG 1

Uwaga: wszystkie głębokości podano w metrach pod poziomem terenu, pomiar po ścianie otworu (Measured Depth). Głębokości zostały przybliżone do 1 m.

Dane cyfrowe dostępne w CBDG

W formie cyfrowej w NAG dostępne są zarówno odcinkowe, jak i – dla wybranych pomiarów (profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma, profilowanie średnicy, profilowanie neutron-gamma, profilowanie akustyczne, dwa klasyczne profilowania oporności) – połączone krzywe geofizyki otworowej. Niektóre połączone krzywe (profilowanie średnicy, profilowanie akustyczne, dwa klasyczne profilowania oporności) charakteryzują się brakiem danych w interwale ok. 4144–4190 m, pomimo, że dane te są dostępne w pomiarach odcinkowych. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że pomiary te mogły być przeprowadzone w częściowo zarurowanym odcinku otworu.

W otworze Objezierze IG 1 (wywierconym w 1987 r.) w interwale perspektywicznym obejmującym utwory czerwonego spągowca (4144–4595 m) w formie cyfrowej, w czterech odcinkach pomiarowych, dostępne są następujące profilowania (w nawiasach skrót używany w bazach danych CBDG):

1. profilowanie średnicy (CALI) – od głęb. 4153 m,
2. profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma (GR),
3. profilowanie neutron-gamma (NEGR),
4. profilowanie gamma-gamma (GGDN),
5. klasyczne profilowania oporności sondami o różnych rozstawach:
   – EL09 i EN10 – w całości utworów czerwonego spągowca poza interwałem ok. 4150–4157 m,
   – EL14 i EL26 – do głęb. ok. 4149 m,
6. sterowane profilowanie oporności (LL3) – do głębokości 4150 m,
7. profilowanie akustyczne (DT),
8. profilowanie temperatury w warunkach nieustalonej równowagi termicznej (TEMP) – do głęb. 4155 m.

Profilowania radiometryczne zostały zarejestrowane w impulsach na minutę (nie były skalibrowane), w obecnie dostępnych danych cyfrowych odcinkowe krzywe (GR, NEGR, GGDN) są wyrażone w impulsach na minutę (cpm), połączone zaś krzywe GR (GR_C) i NEGR (NEGR_C) wyrażone są w jednostkach „a_unit" będących próbą skalibrowania oryginalnych pomiarów. Ponadto połączona krzywa GR (GR_S) została przeliczona na jednostki API metodą statystyczno-stratygraficzną (Szewczyk, 2000).

Pomiary geofizyki otworowej wykonane w utworach czerwonego spągowca

W otworze Objezierze IG 1 w perspektywicznym interwale czerwonego spągowca (4144–4595 m) wykonano następujące badania geofizyki otworowej analogowymi zestawami aparatur:

1. Klasyczne profilowanie oporności wykonane 3–4 sondami gradientowymi o różnych rozstawach w interwałach: 3480–4145 m, 4163–4210 m, 4163–4521 m, 4475–4720 m,
2. Klasyczne profilowanie oporności wykonane sondą potencjałową: 4480–4725 m,
3. Sterowane mikroprofilowanie oporności: 4163–4220 m (w dokumentacji znajduje się adnotacja, że pomiar jest niepełnowartościowy),
4. Sterowane profilowanie oporności: 3485–4150 m, 4163–4228 m, 4480–4716 m,
5. Profilowanie akustyczne: 4163–4228 m, 4160–4525 m, 4450–4725 m,
6. Profilowanie gamma: 2900–4230 m (pomiar wykonany częściowo w odwiercie zarurowanym), 4125–4530 m, 4455–4725 m,
7. Profilowanie neutron-gamma: 2900–4230 m (pomiar wykonany częściowo w odwiercie zarurowanym), 4125–4530 m, 4455–4725 m,
8. Profilowanie gamma-gamma: 4100–4230 m i 4160–4530 m, 4455–4724 m,
9. Profilowanie średnicy: 2990–4145 m, 4150–4230 m, 4157–4520 m, 4160–4723 m, 4160–4987 m, 4160–5075 m,
10. Profilowanie krzywizny: 3500–4150 m, 4100–4228 m, 4200–4525 m, 4475–4725 m,
11. Profilowanie temperatury w warunkach nieustalonej równowagi termicznej: 4025–4155 m, 4405–4505 m, 4485–4725 m,
12. Profilowanie temperatury w warunkach ustalonej równowagi termicznej: 50–4250 m,
13. Profilowanie cementomierzem akustycznym: 200–4160 m.

Interpretacje pomiarów dostępne w NAG

Dokumentacja końcowa badań geofizycznych odwiertu Objezierze IG 1 zawiera następującą charakterystykę utworów czerwonego spągowca (str. 25):

- 4144–4353 m – seria osadowa reprezentowana głównie przez piaskowce i zlepieńce,
- 4353–4420 m – skały osadowe + wulkanity,
- 4420–4525 m – seria skał wylewnych,
- 4525–4595 m – iłowce, mułowce z podrzędnym udziałem piaskowców.

Opis własności zbiornikowych zestawiono w tabeli (str. 31).

We wnioskach końcowych dot. utworów czerwonego spągowca (str. 32) stwierdzono, że „charakterystyka geofizyczna nie wskazuje na możliwość akumulacji bituminów w obrębie wydzielonych poziomów zbiornikowych".

Figura 5.1. Profil zbiorczy wiercenia Objezierze IG 1.

PROFIL ZBIORCZY ODWIERTU OBJEZIERZE IG-1

SKALA 1: 10 000

WSPÓŁRZĘDNE PROSTOKĄTNE

WIERCENIE ROZPOCZĘTO: 22.05.1985

WIERCENIE ZAKOŃCZONO: 26.01.1987

GŁĘBOKOŚĆ KOŃCOWA: 5094.5

X_1992 527983.25

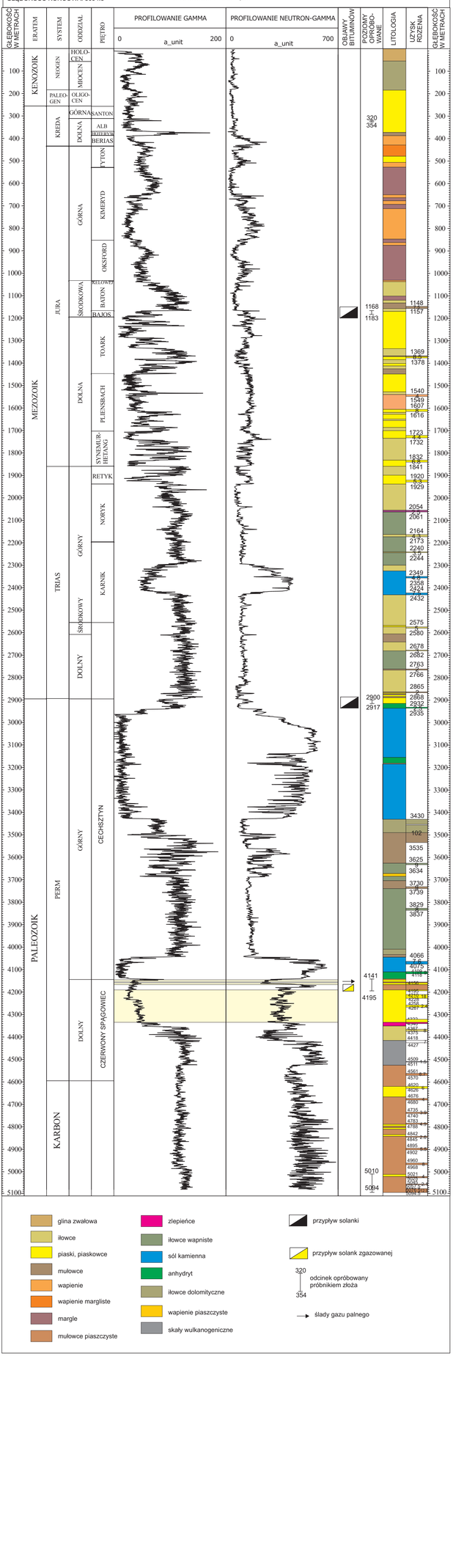
Y_1992 350068.61

WYSOKOŚĆ: 77.5 m n.p.m.

MIEJSCOWOŚĆ: KOWALEWKO

GMINA: OBORNIKI

WOJEWÓDZTWO: WIELKOPOLSKIE



glina zwałowa
iłowce
piaski, piaskowce
mułowce
wapienie
wapienie margliste
margle
mułowce piaszczyste
zlepieńce
iłowce wapniste
sól kamienna
anhydryt
iłowce dolomityczne
wapienie piaszczyste
skały wulkanogeniczne
przypływ solanki
przypływ solanek zgazowanej
320
354
odcinek opróbowany próbnikiem złoża
ślady gazu palnego

Właściwości zbiornikowe interwałów opróbowanych w otworze Objezierze- IG-1.

Interwał	Llitologia	Wł. zbiorn. porowatość	Nasycenie
4144–4163	poziom o nieokreślonej charakterystyce złożowej i kolektorskiej		
4176–4179	piaskowce zlepieńc.	słabe 11– max 13	solankowo-gazowe
4179–4216	piaskowce, zlepieńce	słabe 3–11	zawodnione
4218–4242	piaskowce, zlepieńce	średnie 3–15	zawodnione
4252–4337	piaskowce, zlepieńce	średnie 3–15	zawodnione
4346,5–4352	piaskowce, zlepieńce	słabe max 10	zawodnione
4567,5–4572,5	piaskowiec	b. słabe 5–7	zawodnione

5.2. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH NA PRZYKŁADZIE WIERCEŃ REPEROWYCH PIŁA IG 1 I OBJEZIERZE IG 1.

Charakterystykę hydrodynamiczną i hydrochemiczną poziomów zbiornikowych na obszarze „Chodzież” przedstawiono na podstawie otworów wiertniczych Objezierze IG 1 i Piła 1/IG 1 znajdujących się na południe i północ od granic obszaru.

Otwór Objezierze IG 1

Celem opróbowania było przebadanie poziomów zbiornikowych w celu rozpoznania perspektyw ropo- i gazonośności utworów czerwonego spągowca i jego podłoża. Badaniami objęto trzy horyzonty w obrębie piaskowców i mułowców czerwonego spągowca: w czasie wiercenia interwał 4173,0–4160,0 m i 4195,0–4160,0 m oraz po zakończeniu wiercenia interwał 4160,0–4141,0 m. Ponadto, po zakończeniu wiercenia, przebadano utwory karbonu (w głęb. 5094,5–5010,0 m), cechsztynu (w głęb. 2917,0–2900,0 m), jury środkowej (w głęb. 1183,0–1168,0 m) i kredy dolnej (w głęb. 354,0–320,0 m). Typowanie poziomów zbiornikowych do badań przeprowadzono na podstawie interpretacji wyników badań geofizycznych, opisu rdzeni wiertniczych, wyników badań laboratoryjnych rdzeni wiertniczych i wyników obserwacji objawów podczas wiercenia. Analizy laboratoryjne wód i gazów wykonano w Laboratorium Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Poziom zbiornikowy 4173,0–4160,0 m (perm – czerwony spągowiec – piaskowce, mułowce)

Opróbowanie wykonano przy użyciu próbnika złoża typu KII 2 M-95. Badany poziom zbiornikowy przewiercano przy użyciu płuczki barytowo-solno-skrobiowej o gęstości 1,80–1,20 g/cm^3 i filtracji 6,5. Przy przewiercaniu części stropowej badanego poziomu, o miąższości 4,0 m, zastosowano płuczkę barytową. Podczas opróbowania w otworze znajdowała się płuczka solno-skrobiowa o gęstości 1,20 g/cm^3 i zasoleniu 270. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach 168,3 mm na głęb. 4150,0 m. Opróbowano poziom odsunięty pod rurami 168,3 mm (otwór „bosy”).

Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przypływu:

I okres przypływu: czas 17,5 min
ciśnienie 206,8–206,8·10^3 hPa
I okres odbudowy ciśnienia: czas 171 min
ciśnienie 206,8–463,6·10^3 hPa
II okres przypływu: czas 242 min
ciśnienie 209,0–213,2·10^3 hPa
II okres odbudowy ciśnienia: czas 471 min
ciśnienie 213,2–429,6·10^3 hPa

Zastosowano zalewkę z wody zwykłej, zalewając 2100 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. W początkowych 42 minutach drugiego okresu przypływu obserwowano słaby i przerywany wypływ powietrza z przewodu wiertniczego, który następnie ustał. W wyniku opróbowania uzyskano śladowy przypływ gazu palnego. W trakcie wyciągania próbnika stwierdzono zgazowanie zalewki wodnej w siedmiu pasach przewodu wiertniczego. Z powodu braku wystarczającej stabilizacji krzywej wzrostu ciśnienia nie określono ciśnienia złożowego. Przebieg odbudowy ciśnienia wskazuje na bardzo niską przepuszczalność opróbowywanych piaskowców. Wyklucza się możliwość uszkodzenia strefy przyodwiertowej.

Składnik	% obj.	Składnik	% obj.
CH_4	35,99	C_4H_{10}	0,01
C_2H_6	0,04	H_2	45,37
C_2H_4	0,01	CO_2	9,07
C_3H_6	0,01	N_2	9,50

Skład gazu zestawiono w poniższej tabeli.

Suma węglowodorów wynosi ponad 36% objętości, a suma składników palnych ponad 81% objętości. Jest to gaz palny, bezgazolinowy, z bardzo wysoką domieszką wodoru pochodząc ego z fermentacji płuczki.

Poziom zbiornikowy 4195,0–4160,0 m (perm – czerwony spągowiec – piaskowce, mułowce)

Opróbowanie wykonano przy użyciu próbnika złoża typu KII 2 M-95. Badany poziom zbiornikowy przewiercano stosując płuczkę solno-skrobiową o gęstości 1,20 g/cm^3, filtracji 5 i zasoleniu 270. W strefie badań otwór był zatłoczony płuczką solno-skrobiową o gęstości 1,23 g/cm^3. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach 168,3 mm na głęb. 4148,0 m. Opróbowano poziom odsłonięty pod rurami 168,3 mm (otwór „bosy”).

Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przypływu:

I okres przypływu: czas 19,5 min
ciśnienie 219,0–219,7·10^3 hPa
I okres odbudowy ciśnienia: czas 238,5 min
ciśnienie 219,7–454,7·10^3 hPa
II okres przypływu: czas 1442,5 min
ciśnienie 221,3–259,3·10^3 hPa
II okres odbudowy ciśnienia: czas 596,5 min
ciśnienie 259,3–421,5·10^3 hPa

Zastosowano zalewkę z wody zwykłej, zalewając 2212 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Podczas pierwszego okresu przypływu obserwowano słaby wypływ powietrza, który w drugim okresie był już bardzo słaby i przerywany. W wyniku opróbowania uzyskano niewielki przypływ solanki, zgazowanej gazem palnym. Przypływ solanki wyniósł około 1,5 m^3 w łącznym czasie 1462 minut. Średnie natężenie przypływu określono na 0,053 m^3/h. Zwierciadło płynu w przewodzie wiertniczym stwierdzono na głęb. 1536 m, jednak nie uzyskano jego stabilizacji (zwierciadło wykazywało tendencję wzrostową). Ciśnienie złożowe (z interpretacji) określono na 467·10^3 hPa, jednak wartość tę należy traktować jako przybliżoną wskutek

słabej stabilizacji odbudowy krzywych wzrostu ciśnienia. Gradient ciśnienia złożowego określono w wysokości $1{,}12 \cdot 10^3$ hPa/10 m. Badany poziom odznacza się niską przepuszczalnością. Strefa przyodwiertowa nie uległa uszkodzeniu.

Próbę solanki uznano za nieskażoną i reprezentatywną dla badanego poziomu. Solanka posiadała mineralizację 247 g/dm^3, gęstość 1,65 g/cm^3 i odczyn 5,81 w skali pH. Skład chemiczny solanki przedstawiono w tabeli.

Składnik	Zawartość		
	[mg/dm^3]	[mval/dm^3]	[%mval]
Kationy			
Na^+	70 400	3 060	67,89
K^+	3 210	82,1	1,82
Ca^{2+}	23 600	1 180	26,11
Mg^{2+}	1 710	141	3,12
Fe^{2+}	509	27,3	0,61
Mn^{2+}	116	4,22	0,09
Li^+	102	14,7	0,33
Sr^{2+}	31,7	0,724	0,02
Cu^{2+}	0,3	0,00944	–
Pb^{2+}	6,8	0,0656	–
Ni^{2+}	0,3	0,0102	–
Zn^{2+}	9,61	0,294	0,01
Razem	99 695,71	4 510,42324	100,00
Aniony			
Cl^-	146 000	4 120	99,33
HCO_3^-	281	4,61	0,11
SO_4^{2-}	418	8,7	0,21
F^-	0,375	0,0197	–
Br^-	1 160	14,5	0,35
I^-	13,2	10,4	–
Razem	147 872,575	4 158,2297	100,00

Wśród anionów dominującym składnikiem są chlorki w ilości 99,33% mval, wśród kationów przeważa sód (67,89% mval) i wapń (26,11% mval). Z pierwiastków biofilnych w podwyższonych stężeniach występuje brom (1 160 mg/dm^3) i jod (13,2 mg/dm^3). W zapisie skróconym badaną solankę określa się jako chlorkowo-sodowo-wapniową, żelazistą, jodkową. Wskaźniki hydrochemiczne wynoszą:

$$\frac{rNa}{rCl} \quad 0{,}74; \frac{rSO_4 \quad 100}{rCl} \quad 0{,}21; \frac{Br}{I} \quad 87{,}9$$

i wskazują na dosyć wysoki stopień przeobrażenia. Na ich podstawie warunki dla zachowania się złóż węglowodorów należy ocenić pozytywnie. Skład ilościowy gazu zestawiono w poniższej tabeli.

Składnik	% obj.	Składnik	% obj.
CH_4	43,75	CO_2	0,09
C_2H_6	0,11	N_2	51,65
H_2	4,40		

Suma węglowodorów wynosi niemal 44% objętości, a suma składników palnych ponad 48% objętości. Jest to gaz ziemny, bezgazolinowy, z wysoką zawartością wodoru.

Poziom zbiornikowy 4160,0–4141,0 m (perm – czerwony spągowiec – piaskowce, mułowce)

Badanie przeprowadzono przy użyciu próbnika złoża typu KII 2 M-95. Poziom zbiornikowy przewiercano stosując płuczkę barytowo-solno-skrobiową o gęstości 1,80–1,20 g/cm^3 i zasoleniu 330–270. Podczas opróbowania w otworze znajdowała się płuczka solno-glikocenowa o gęstości 1,24 g/dm^3. Horyzont do badań udostępniono przez perforację bezpociskową rur 168,3 mm, oddając 15 strzałów na 1 mb. Strop korka cementowego podczas badań znajdował się na głęb. 4180,0 m. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach 168,3 mm na głęb. 4128,0 m.

Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przypływu:

I okres przypływu: czas 14 min
ciśnienie 232,3–231,1·10^3 hPa
I okres odbudowy ciśnienia: czas 177,5 min
ciśnienie 231,1–430,8·10^3 hPa
II okres przypływu: czas 3615 min
ciśnienie 231,4–230,7·10^3 hPa
II okres odbudowy ciśnienia: czas 523,5 min
ciśnienie 230,7–404,7·10^3 hPa

Zastosowano zalewkę z wody zwykłej, zalewając 2318 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Podczas pierwszego okresu przypływu obserwowano słaby, przerywany wypływ powietrza z przewodu wiertniczego, którego w drugim okresie przypływu już nie stwierdzono. W wyniku opróbowania stwierdzono brak przypływu. Ciśnienie złożowe wynosi 461,9·10^3 hPa, a gradient ciśnienia złożowego określono na 1,12·10^3 hPa/10 m. Podaną wartość ciśnienia należy traktować orientacyjnie, ponieważ nie uzyskano dostatecznej stabilizacji krzywych wzrostu ciśnienia, pozwalających na precyzyjną interpretację. Badany poziom charakteryzuje się niską przepuszczalnością. Skład ilościowy gazu, otrzymanego z odgazowania płuczki pobranej z przewodu nad próbnikiem (232 ml gazu z 1 dm^3 płuczki), zestawiono w poniższej tabeli.

Składnik	% obj.	Składnik	% obj.
CH_4	26,97	C_4H_{10}	1,98
C_2H_6	0,51	H_2	0,20
C_3H_8	1,84	N_2	68,50

Suma węglowodorów wynosi 31,3% objętości, a suma składników palnych 31,5% objętości. Jest to gaz ziemny, gazolinowy.

Podstawowe wyniki opróbowania pozostałych poziomów zbiornikowych zestawiono w poniższej tabeli.

Otwór Piła IG 1

Zadaniem opróbowania było wyjaśnienie ropo- i gazonośności utworów paleozoiku i triasu oraz zbadanie poziomów jury dolnej w celu ujęcia wód mineralnych o znaczeniu balneoterapeutycznym. W związku z brakiem możliwości technicznych, w obecności skał o prawie całkowitym braku własności zbiornikowych, nie przeprowadzono szczegółowego opróbowania utworów czerwonego spągowca i stropu karbonu.

W trakcie wiercenia wykonano dwa badania próbnikami złoża:

– w obrębie kajpru (1479,0–1469,0 m), uzyskując solankę,

Wyniki obróbowania poziomów zbiornikowych w otworze Piła IG-1.

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Metoda badania	Ciśnienie złożowe [hPa]	Przypływ wód [m^3/h]	Typ wody	Dopływ gazu
5094,5–5010,0	karbon	piaskowce, mułowce	próbnik złoża KII 2 M-95	–	brak	–	nie
2917,0–2900,0	perm (cechsztyn)	piaskowce	próbnik złoża KII 2 M-95	$433{,}0 \cdot 10^3$	Q = 0,1	32,9% Cl-Na, I	tak
1183,0–1168,0	jura środkowa	piaskowce	próbnik złoża KII 2 M-146	$116{,}5 \cdot 10^3$	Q = 9,1	7,4% Cl-Na, I	tak
354,0–320,0	kreda dolna	piaskowce	pompa G-60	–	brak (nieskuteczna perforacja)	–	–

– w obrębie czerwonego spągowca (5398,5–5345,0 m), uzyskując solankę.

Po zakończeniu wiercenia przebadano poziomy:

– w pstrym piaskowcu środkowym (2710,0–2690,0 m; 2578,0–2538,0 m; 2325,0–2310,0 m), stwierdzając brak przypływu,

– w jurze dolnej (1022,0–997,0 m), uzyskując przypływ wody.

Poziom zbiornikowy 5398,5–5345,0 m (perm – czerwony spągowiec – skały wylewne)

Wytypowano skały wylewne z uwagi na wyraźne zgazowanie płuczki wiertniczej i jej ucieczki. Pierwsze objawy gazu i ucieczki płuczki stwierdzono przy głębokości 5352,8 m. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża typu KII 2M-95, stosując metodę dwukrotnego odcięcia przypływu. W okresach przypływu i odbudowy ciśnienia nie uzyskano rejestracji ciśnień ze względu na awarię zegara.

I okres przypływu: czas 8 min
brak rejestracji ciśnienia
I okres odbudowy ciśnienia czas 195 min
brak rejestracji ciśnienia
II okres przypływu: czas 215 min
brak rejestracji ciśnienia
II okres odbudowy ciśnienia czas 310 min
brak rejestracji ciśnienia

W ciągu pierwszej godziny stwierdzono bardzo silny przypływ powietrza, świadczący o dopływie medium do złoża. Po wyciągnięciu przewodu wiertniczego stwierdzono zalewkę oraz 6 m^3 filtratu płuczki, prawdopodobnie wymieszanej z solanką. Średni przypływ wyniósł 1,6 m^3/h, jednak wielkość ta może być związana z oddawaniem płuczki, która w ilości ponad 20 m^3 infiltrowała w złoże w trakcie wiercenia. Do momentu awarii zegara, tj. po 4 minutach pierwszego okresu odbudowy, ciśnienie wzrosło do $616{,}4 \cdot 10^3$ hPa. Temperatura na głęb. 5349 m wynosiła 152°C. Brak rejestracji ciśnienia, zanik przypływu, całkowity brak objawów zgazowania, zanieczyszczenie próby solanki powodują ograniczoną ocenę wartości skał wylewnych czerwonego spągowca jako poziomu zbiornikowego perspektywicznego przy poszukiwaniach naftowych.

W wyniku badań próbnikiem stwierdzono zanikający przypływ solanki silnie zanieczyszczonej filtratem płuczki. Analizę chemiczną solanki wykonano w Laboratorium Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Instytutu Geologicznego w Warszawie. Mineralizacja solanki wynosiła 127,1 g/dm^3, gęstość 1,0875 g/cm^3 i odczyn 5,69 w skali pH. Pierwiastki śladowe występują w ilości: żelazo – 21,6 mg/dm^3; mangan – 32 mg/dm^3; stront – 435 mg/dm^3 i lit – 84,6 mg/dm^3. Skład chemiczny solanki przedstawiono w poniższej tabeli.

Składnik	Zawartość		
	[mg/dm^3]	[mval/dm^3]	[%mval]
Kationy			
Na^+	38 500	1 674,66	78,63
K^+	1 018	26,03	1,22
Ca^{2+}	7 750	386,73	18,16
Mg^{2+}	515	42,37	1,99
Razem	47 783	2 129,79	100,00
Aniony			
Cl^-	83 493	2 355,03	99,35
HCO_3^-	250,17	4,10	0,17
SO_4^{2-}	392,64	8,17	0,34
Br^-	272,14	3,40	0,14
I^-	9,82	0,08	0,00
Razem	84 417,77	2 370,78	100,00

Próbka wody pobrana z utworów czerwonego spągowca jest silnie zanieczyszczona (silne rozcieńczenie i kwaśny odczyn) i mało reprezentatywna. Wskaźniki hydrochemiczne wynoszą:

$$\frac{rNa}{rCl} \quad 0{,}71;\frac{rCl \quad rNa}{rMg} \quad 16{,}1;\frac{rSO_4 \quad 100}{rCl} \quad 0{,}35;$$

$$\frac{rCa}{rMg} \quad 9{,}13;\frac{rNa}{rK} \quad 64{,}3;\frac{Cl}{Br} \quad 307;\frac{Br}{I} \quad 27{,}7$$

Pobrano kilka prób gazu do analizy, jednak znaczna rozbieżność uzyskanych wyników (ogromne zróżnicowanie składu gazu) każe wątpić w jego naturalne pochodzenie. Duże zróżnicowanie składu gazu, przy jednoczesnym jego całkowitym braku w próbniku, jest trudne do wyjaśnienia. W tabeli poniżej przedstawiono analizę gazu z głębokości 5353 m.

Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]	Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]
metan	0,0664	0,4375	heksan	0,5438	3,5828
etan	0,0119	0,0784	heksan	1,4438	9,5123
propan	0,0272	0,1792	heksan	0,9648	6,3565
i-butan	0,0246	0,1621	tlen	17,8197	–
n-butan	0,1308	0,8617	azot	78,0600	72,8538
i-pentan	0,3910	2,5761	wodór	0,0073	0,0481
n-pentan	0,5087	3,3515	razem	100,0000	100,0000

Jest to gaz azotowy o bardzo dużej zawartości węglowodorów ciężkich 26% obj., w tym pentanów 5,8% obj., heksanów 18% obj. i tylko 0,4% obj. metanu. Skład gazu wskazuje współwystępowanie ropy naftowej lub jest związany z zanieczyszczeniem płuczki.

Przy tej samej głębokości, po intensywnym płukaniu otworu, pobrano płuczkę, która po degazacji wykazała krańcowo inny skład. Stwierdzono całkowity brak węglowodorów ciężkich, 36,3% obj. metanu oraz 63,7% obj. azotu. Jest to gaz dwuskładnikowy, być może związany z fermentacją płuczki.

Trzecią próbę pobrano z płuczki przy głęb. 5398,5 m, 2,5 tygodnia od chwili pierwszych objawów zgazowania. Skład gazu przedstawiono w poniższej tabeli.

Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]	Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]
metan	4,0360	65,4186	azot	76,2398	34,3885
etan	ślady	ślady	wodór	0,0119	0,1929
tlen	19,7123	–	razem	100,0000	100,0000

W gazie zwiększyła się zawartość metanu do 65,4% obj. przy jednoczesnym spadku zawartości azotu do 34,4% obj.

Podsumowując, w wyniku badania próbnikiem złoża interwału wykazującego zgazowanie płuczki nie stwierdzono nawet minimalnych śladów zgazowania, co może świadczyć o wypłukaniu całej ilości gazu z kolektora szczelinowego o małej przepuszczalności, pochodzeniu gazu z fermentacji płuczki (lub jej organicznych zanieczyszczeń) lub o dopływie gazu z wyższych partii czerwonego spągowca, nieobjętych badaniami.

W związku z uzyskaniem z utworów jury dolnej wody spełniającej właściwości lecznicze otwór z zafiltrowanym interwałem 1048,0–997,0 m przekazano do dyspozycji ówczesnego urzędu wojewódzkiego w Pile. Wody z tego ujęcia w późniejszych latach zostały formalnie uznane za lecznicze. W 1990 r. opracowano dokumentację hydrogeologiczną ustalającą zasoby eksploatacyjne otworu w ilości 15,7 m^3/h przy depresji 27,0 m (Szarszewska, 1989). Rzędna statycznego zwierciadła wody wynosi 103,8 m n.p.m. Wodę z ujęcia scharakteryzowano jako 0,65% mineralną wodę termalną typu Cl-Na o temperaturze na wypływie 25,3°C. Otwór pozostaje niezagospodarowany.

6. DANE SEJSMICZNE

Obszar „Chodzież" jest pokryty rzadką siatką danych sejsmicznych 2D (Fig. 6.1. i 6.2.) głównie z lat 1970. i 1980. Przykładową linię z 1977 r. prezentuje Fig. 6.3. W 1998 r. na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego dodatkowo wykonano profile w celu rozpoznania stropu i struktury czapy anhydrytowo-gipsowej wysadu solnego „Damasławek" znajdującego się na wschód od obszaru „Chodzież". W spisie tabelarycznym (Tab. 6.1.) pominięto linie krótsze niż 2 km oraz linię LT-2, która została pomierzona w ramach Programu Głębokich Sondowań Sejsmicznych PAN.

Przez obszar przetargowy przebiegają również profile badawcze pomierzone w ramach projektu badań regionalnych przez basen permski. W pierwszym etapie w 2011 r. wykonano linię Obrzycko–Zabartowo (Fig. 6.4.). W 2014 r. w drugim etapie badań na zlecenie Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (www.geofizyka.torun.pl) prace nad profilem Golęczewo–Szubin 2-D wykonała Geofizyka Toruń. Na mapie (Fig. 6.1. i 6.2.) przedstawiono przybliżone przebiegi obu linii wrysowane na podstawie publikacji (Rowan & Krzywiec, 2014) oraz lokalizacji punktów załamań linii punków wzbudzania zamieszczonych w załączniku nr 1 z wymaganiami techniczno-metodycznymi (galaxy.agh.edu.pl). Ostateczny przebieg profilu Golęczewo–Szubin mógł jeszcze ulec zmianie.

Przykładowa linia sejsmiczna (15-I-77) pomierzona w 1977 r. (Fig. 6.1.–6.3.) pozwoliła na interpretację wielu struktur nieciągłych w obrębie warstw permskich, co potwierdziły wspomniane wyżej badania przeprowadzone w 2011 r.

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE

7.1. GRAWIMETRIA

Pomiary grawimetryczne w rejonie obszaru „Chodzież" zapoczątkowano w latach 1930. Pomiary te zostały przerwane wybuchem wojny, a ich wyniki opracowano na początku lat 1950. (Janczewski, 1951). W kilka lat później przedstawiono

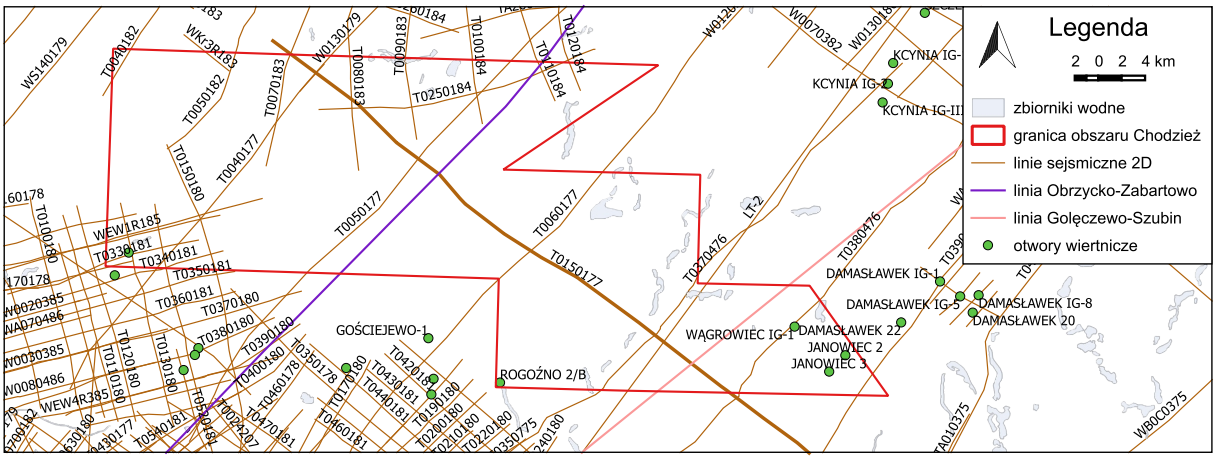


Figura 6.1. Mapa lokalizacyjna danych sejsmicznych.

Pogrubiona linia wskazuje lokalizację profilu 15 01 77 o przebiegu NW–SE, patrz Fig. 6.3.

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru przetargowego „Chodzież".

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru przetargowego „Chodzież”.

NAZWA	ROK	TEMAT	REJON	WŁAŚCICIEL	DŁUGOŚĆ [km]
T0370476	1976	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	12,9
T0380476	1976	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	10,7
T0390476	1976	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	2,2
T0040177	1977	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	22,4
T0050177	1977	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	25,1
T0060177	1977	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	12,8
T0150177	1977	Czarnków-Poznań-Strzelno		Skarb Państwa	47,4
W0130179	1979	Piła-Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	3,9
T0130180	1980	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	5,5
T0140180	1980	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	5,5
T0150180	1980	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	11,4
T0310181	1981	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	2,5
T0320181	1981	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	9,9
T0330181	1981	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	8,1
T0340181	1981	Radęcin-Wieleń-Murowana Goślina		Skarb Państwa	5,1
T0040182	1982	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	3,1
T0050182	1982	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	10,3
WKr3R183	1983	Poszukiwanie Złóż W.B.	Kruszewo	Skarb Państwa	2,6
T0070183	1983	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	9,7
T0080183	1983	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	9,7
T0090183	1983	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	7,0
T0100184	1984	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	5,5
T0110184	1984	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	3,6
T0120184	1984	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	2,5
T0250184	1984	Wałcz-Gołańcz		Skarb Państwa	21,4
WEW1R185	1985	Elektr. Jądrowa Warta		Skarb Państwa	13,7
W0060486	1986	Elektr. Jądrowa Warta		Skarb Państwa	1,9
				Suma:	
				Skarb Państwa	276,4

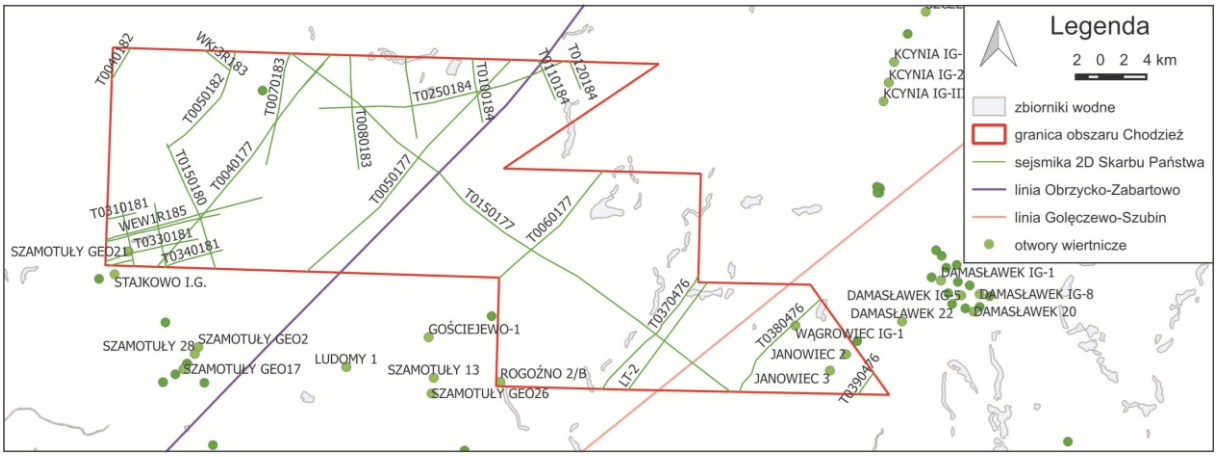


Figura 6.2. Mapa lokalizacyjna linii sejsmicznych w obrębie obszaru „Chodzież”.

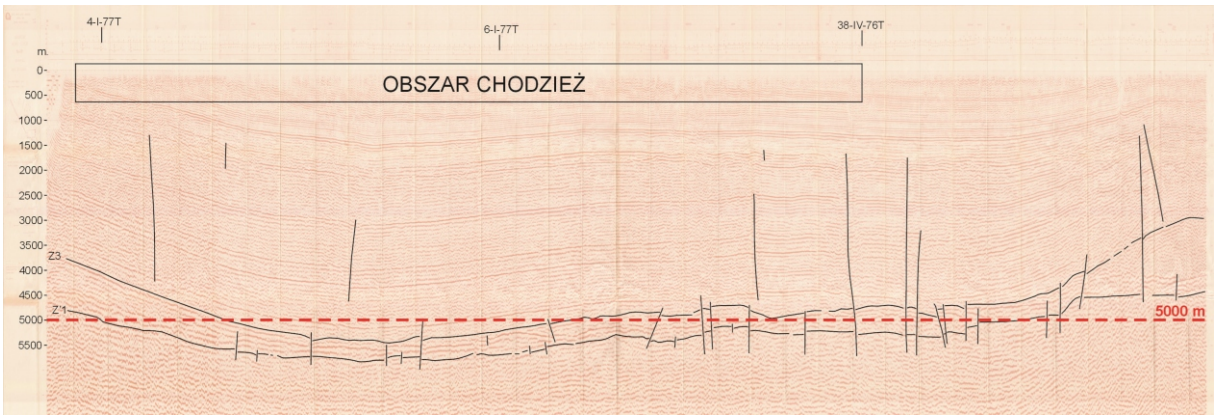


Figura 6.3. Głębokościowy przekrój sejsmiczny 15-I-77 (Jurek & Tomaszewska, 1989).

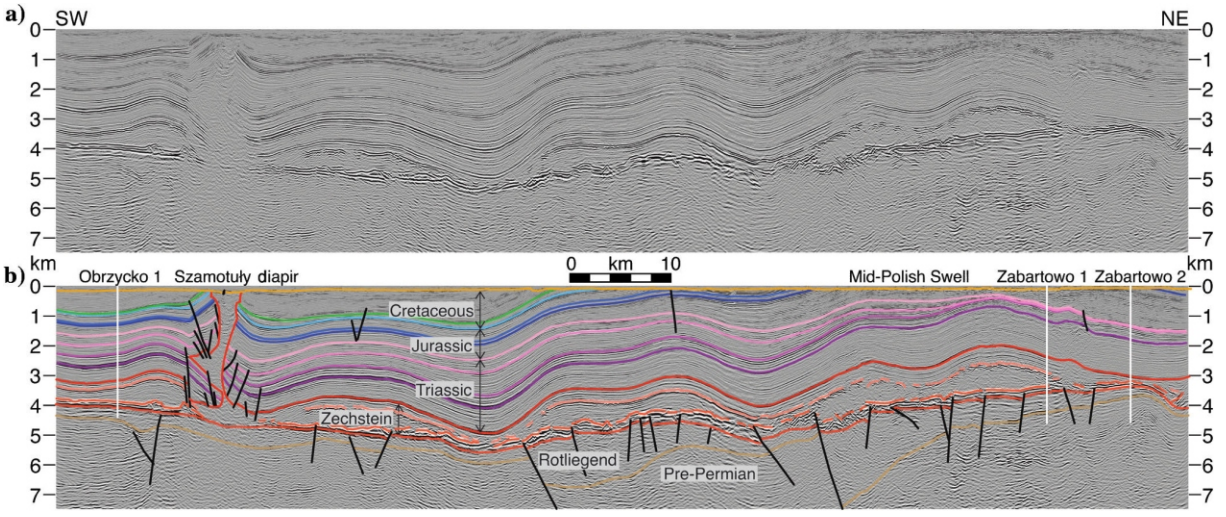


Figura 6.4. Przekrój sejsmiczny AGH28511 po migracji głębokościowej przed składaniem pomierzonej na linii Obrzycko–Zabartowo: a – przed interpretacją, b – po interpretacji (Rowan & Krzywiec, 2014).

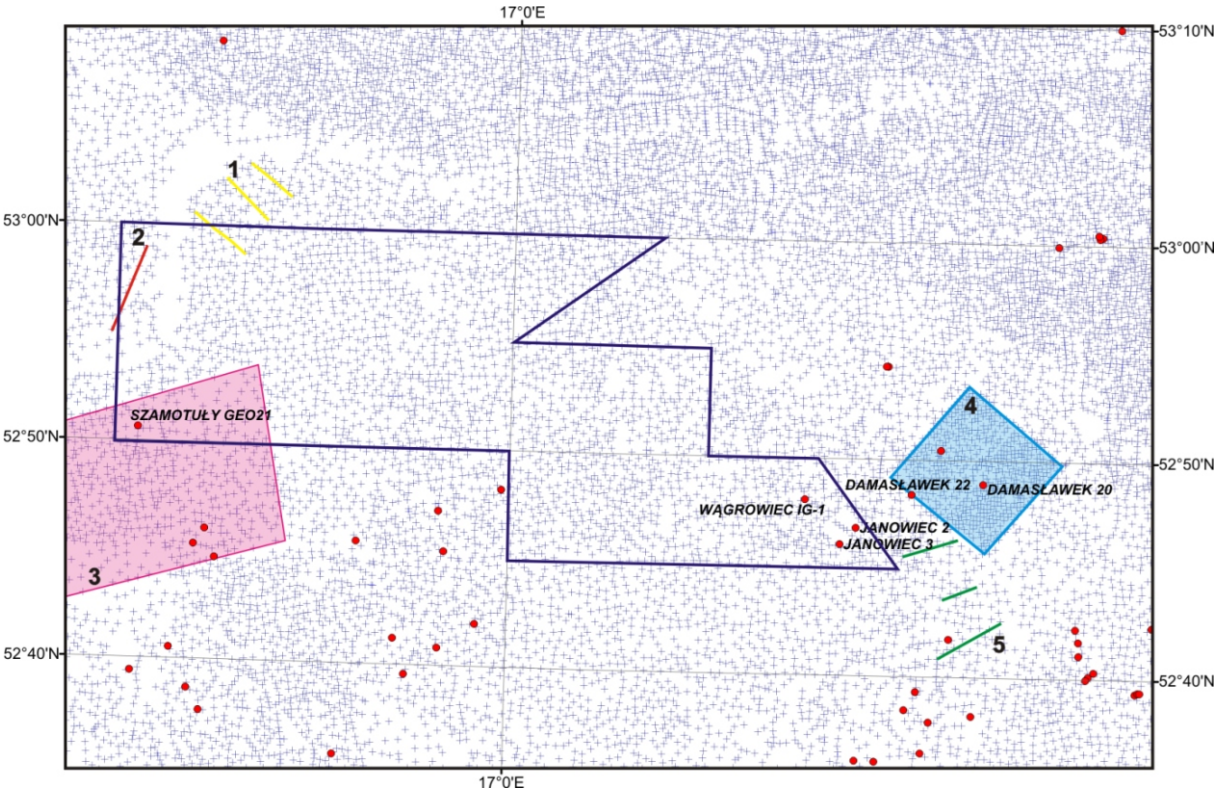


Figura 7.1. Lokalizacja grawimetrycznych punktów pomiarowych: granatowe + - zdjęcie półszczegółowe, poligony: 1 – Łaszczyńska & Wasiak (1982); 2 – Ostrowska & Pisuła (1991); 3 – Kruczek i in. (1986); 4 – Okulus & Wasiak (1962); 5 – Wasiak (1990). Okonturowany obszar przetargowy „Chodzież".

wyniki badań w rejonie Mogilna, Inowrocławia i Gniezna (Kaczkowska, 1954). W połowie lat 1950. przystąpiono do realizacji zdjęcia regionalnego (0,4 pkt/km^2) w rejonie niecki szczecińskiej i wału kujawsko-pomorskiego (Reczek, 1956), niecki łódzkiej (Stolarek i in., 1957) oraz w obszarze Żnin–Inowrocław (Bochnia & Duda, 1961). Ze względu na sposób udokumentowania materiał ten nie został poddany cyfrowaniu. Pierwsze zdjęcia określone jako półszczegółowe w rejonie Oborniki-Czarnków (Grzywacz, 1958) i Mogilno–Gopło (Duda, 1958) wykonano z zagęszczeniem odpowiednio 1 pkt/km^2 i 1.6 pkt/km^2.

W 1961 r. wykonano zdjęcie profilowe nad wysadem solnym w Damasławku (Okulus & Wasiak, 1962; obiekt 4 na Fig. 7.1). Wykonano 29 profili o kroku pomiarowym 150 m. Pozyskane materiały zostały wykorzystane w znacznie późniejszym opracowaniu kompleksowym (Twarogowski, 2000). W ramach tego opracowania opracowano m.in. transformowane mapy grawimetryczne, a także wykonano dwuwymiarowe modelowania dla trzech przekrojów.

Od połowy lat 1960. kontynuowano prace nad zdjęciem półszczegółowym, które później zostało wykorzystane przy konstrukcji map w skali 1: 200 000 arkuszy Piła (Soćko & Szczypa, 1979) i Nakło (Soćko & Szczypa, 1980). Były to zdjęcia w rejonie synklinorium szczecińskiego i mogileńskiego (Duda & Bochnia, 1966) o zagęszczeniu 1,5 pkt/km^2, antyklinorium pomorskiego (Reczek & Kruk, 1970) o zagęszczeniu 2 pkt/km^2. Lokalizacja punktów pomiarowych została przedstawiona na Fig. 7.1.

W latach 1980. i 1990. realizowano szereg zdjęć szczegółowych ukierunkowanych na poszukiwanie węgla brunatnego. W obszarze „Chodzież" i jego bezpośrednim sąsiedztwie wykonano zdjęcia takie wykonano na trzech obszarach: Kruszewo (Łaszczyńska & Wasiak, 1982; 1 na na Fig. 7.1.), Kuźnicy Czarnkowskiej (Ostrowska & Pisuła, 1991; 2 na Fig. 7.1.) i między Janowcem Wielkopolskim a Rogowem (Wasiak, 1990; 5 na Fig. 7.1.). W rejonie Kruszewa zostały wykonane 3 profile o kroku pomiarowym 40 m. W rejonach Kuźnicy Czarnkowskiej i Janowca Wlkp.–Rogowa wykonano odpowiednio 1 i 3 profile z krokiem pomiarowym 100 m.

Ostatnim zdjęciem szczegółowym zrealizowanym w omawianym rejonie było zdjęcie w rejonie lokalizacji wytypowanej pod budowę elektrowni jądrowej – Warta. Zdjęcie rozproszone zostało wykonane z zagęszczeniem ok. 20 pkt/km^2, a 5 profili wykonano z krokiem 100 m (Kruczek i in., 1986; 3 na Fig. 7.1.).

Wszystkie zdjęcia półszczegółowe zostały scyfrowane i zunifikowane w systemie IGSN 71, w ramach realizacji „Atlasu grawimetrycznego Polski" (Królikowski & Petecki, 1995). Anomalie grawimetryczne zostały wyznaczone według formuły GRS80. Współrzędne wszystkich pomiarów były określane pierwotnie w układzie Borowa Góra. Współrzędne te zostały przeliczone na układ 1992 przez Instytut Geodezji i Kartografii (Kryński, 2007). Należy jednak pamiętać, że tak przeliczone lokalizacje charakteryzują się błędem przekraczającym w niektórych przypadkach 100 m.

Lokalizacja zdjęć szczegółowych została natomiast ustalona w układzie 1942 poprzez przeniesienie sytuacyjne punktów z podkładów Borowa Góra na podkłady układu 1942 i ponowne odczytanie współrzędnych.

Rejon, w którego zakres wchodzi obszar „Chodzież", był na przestrzeni lat przedmiotem wielu interpretacji obrazu grawimetrycznego w połączeniu z innymi metodami geofizycznymi (Soćko, 1976; Dziewińska i in., 1979; Grobelny, 1979; Grzywacz & Szczypa, 1981; Dąbrowska, 1986; Królikowski i in., 1997; Cieśla i in., 1998). Wymienione prace skupiały się przede wszystkim na geologii pokrywy osadowej.

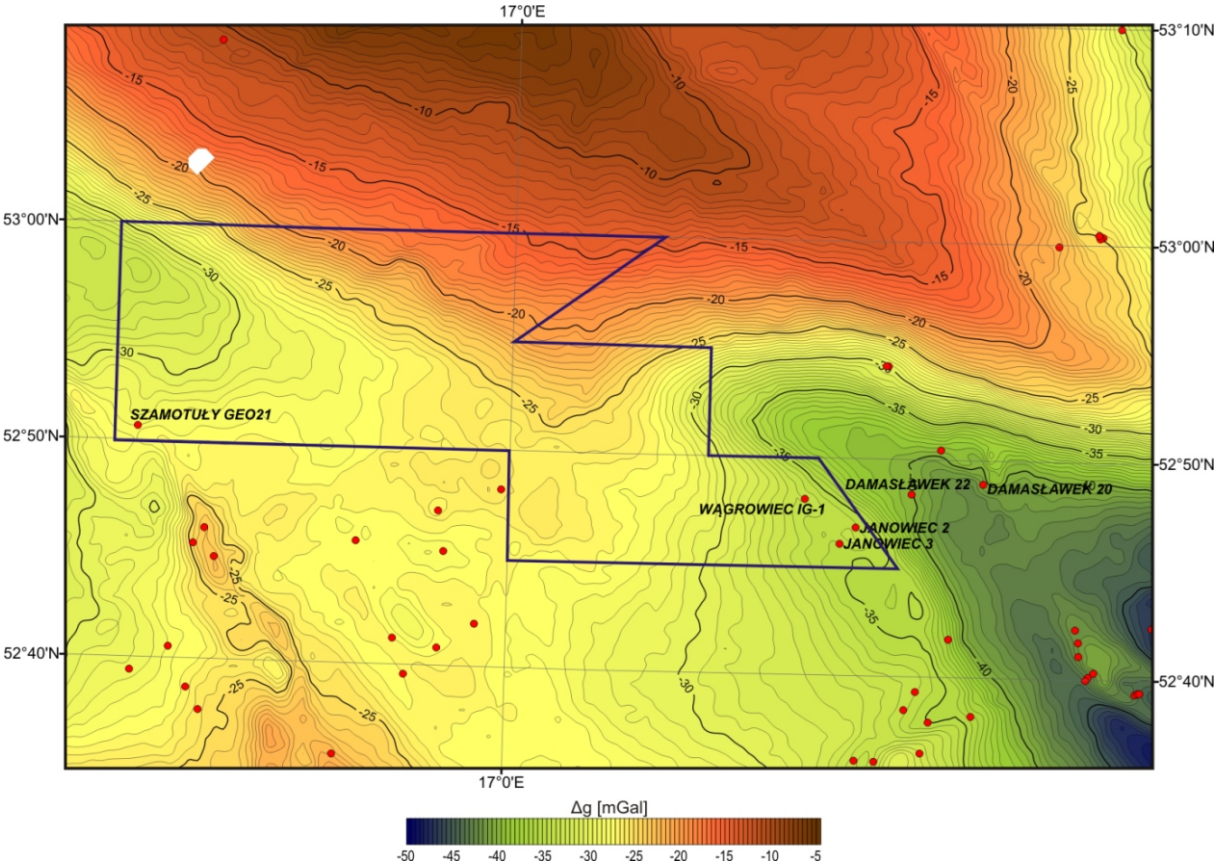


Figura 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, gęstość redukcji 2.67 g/cm^3 (na podst. Królikowski & Petecki, 1995). Granatowy poligon – zasięg obszaru „Chodzież”, czerwone kółka – otwory badawcze.

Zespół AGH przez ponad dekadę prowadził natomiast badania znacznie głębsze. W oparciu o dane pól potencjalnych i głębokich sondowań sejsmicznych (profile VII, M-7, LT-2, LT4, LT-5) konstruowano model głębokiej struktury skorupy ziemskiej i górnego płaszcza (Grabowska, 1981, 1982, 1983; Grabowska & Małoszewski, 1976, 1986; Grabowska i in., 1984).

Fig. 7.2. przedstawiono mapę anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, skonstruowaną na podstawie bazy danych opracowanej na potrzeby realizacji Atlasu grawimetrycznego Polski (Królikowski & Petecki, 1995). Zgodnie z podziałem na jednostki grawimetryczne przyjętym w „Atlasie…” obszar „Chodzież” znajduje się w obrębie niżu szczecińsko-mogileńskiego, blisko granicy z sąsiadującym od północy wyżem pomorskim. Autorzy „Atlasu…” stwierdzają, że pomimo wielu analiz (m.in. Grobelny & Królikowski, 1988) pochodzenie niżu nie zostało definitywnie wyjaśnione, a większość badaczy jest skłonna zakładać dominujący udział podłoża krystalicznego w powstaniu anomalii. Nie wyklucza się też wpływu orogenu waryscyjskiego, który mógł nasunąć znaczne ilości materiału skalnego o obniżonych gęstościach.

Jamrozik (1965) interpretując obraz grawimetryczny nad strukturą Rogoźna, która znajduje się poza obszarem „Chodzież”, ale sąsiaduje z nim od SW, stwierdził, że przy rozpoznaniu budowy geologicznej omawianego obszaru (tj. struktury Rogoźna) grawimetria odegrała minimalną rolę. Powodem takiego stanu jest fakt, że obserwowane anomalie są wynikiem superpozycji efektów grawimetrycznych dwóch wzajemnie kompensujących się źródeł anomalnych, tj. wyniesienia wyższych utworów jurajsko-triasowych (efekt dodatni) i mas solnych (efekt ujemny). Do podobnych wniosków doszedł analizując grawimetrię w strefie Szamotuły–Drawno (Jamrozik, 1968). Rozdzielenia tych dwóch efektów autor podjął się kilka lat później (Jamrozik, 1971) poprzez obliczenie efektu grawitacyjnego undulacji powierzchni podkredowej. Po raz pierwszy w Polsce zastosowano wówczas na tak szeroką skalę modelowanie przestrzenne mapy strukturalnej, co pozwoliło na wyeliminowanie z obserwowanych anomalii siły ciężkości maskującego wpływu undulacji spągu kredy. Dzięki temu otrzymano obraz anomalny związany z utworami permskimi i starszymi, na którym anomalie lokalne odpowiadają w głównej mierze strukturom permskim.

W wyniku interpretacji danych geofizycznych wykonanej w ramach zintegrowanej analizy danych geofizycznych nad wysadem Damasławek (Twarogowski, 2000) stwierdzono, że czapa wysadu, a być może przystropowa partia samego wysadu, ma charakter ciała rozdzielonego na dwie części, które są zróżnicowane pod względem litologicznym i zaangażowania tektonicznego.

7.2. MAGNETYKA

Pierwsze pomiary magnetyczne na obszarze „Chodzież” wykonano w latach 1930 (Karaczun, 1954). Były to oczywiście pomiary pionowej składowej natężenia ziemskiego pola magnetycznego Z. Zakończono je w połowie lat 1950. (zob. Dąbrowski, 1960; Kozera, 1955). Zdjęcie miało charakter regionalny, o zagęszczeniu 0.06–0.7 pkt/km^2 i stosunkowo niskiej dokładności pomiarów. Umożliwiło natomiast opracowanie i analizę mapy anomalii magnetycznej w skali 1: 2 000 000 (Draczyński i in., 1968; Karaczun & Karaczun, 1969).

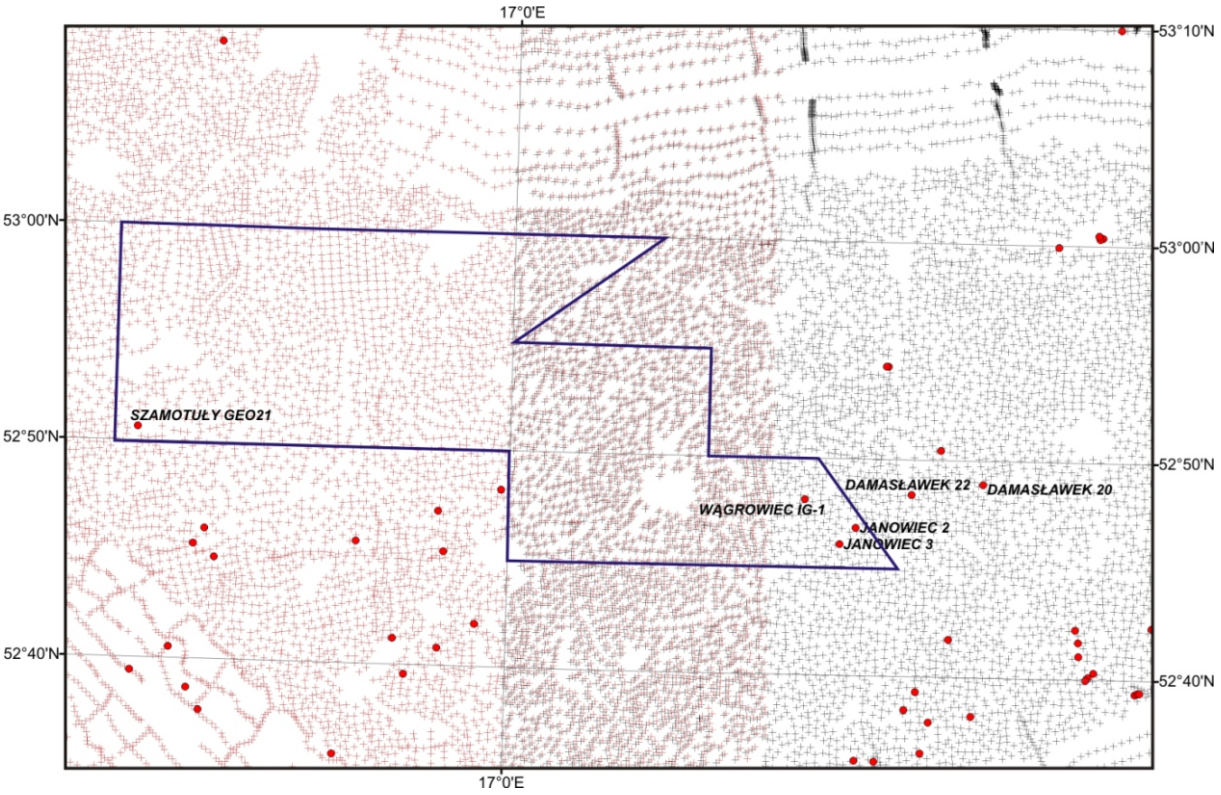


Figura 7.3. Lokalizacja punktów pomiarowych półszczegółowego naziemnego zdjęcia magnetycznego T.

Czarne punkty – lokalizacja określona w układzie współrzędnych 1942, czerwone punkty – lokalizacja określona w układzie Borowa Góra. Okonturowany obszar przetargowy „Chodzież".

Ze względu na słabo zróżnicowany obraz magnetyczny obszaru zachodniej i centralnej Polski, bardziej szczegółowe badania zostały wykonane tu dopiero w latach 1980.

Pierwsze zdjęcie półszczegółowe, wykonane magnetometrami protonowymi, mierzącymi całkowite natężenie ziemskiego pola magnetycznego T, wykonano w rejonie obszaru „Chodzież" w ramach tematu: „Niecka szczecińska i monoklina przedsudecka" (Kosobudzka, 1987). Jest to zdjęcie o zagęszczeniu 4,5 pkt/km^2. Zostało ono wykonane z wykorzystaniem opracowanej przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych metody różnicowej (Kosobudzka, 1988a). Zdjęcie to zostało zrealizowane na podkładach układu Borowa Góra (czerwone punkty na Fig. 7.3.). Lokalizacja części punktów, leżących w pasie ograniczającym obszar zdjęcia została na nowo określona na podkładach układu 1942 (sytuacyjne przenoszenie lokalizacji z podkładu BG na podkład 1942 i ponowne odczytywanie współrzędnych) w trakcie realizacji kolejnego zdjęcia (Kosobudzka, 1988b, 1991). Zdjęcie to objęło zasięgiem wschodnią połowę analizowanego obszaru wykonane przy podobnych założeniach co poprzednie, ale już na podkładach układu 1942 (czarne punkty na Fig. 7.3.). Tak powstała „zakładka" miała ułatwić łączenie obu zdjęć przy opracowywaniu wspólnej mapy.

Podstawowym efektem realizacji nowego, naziemnego zdjęcia magnetycznego było opracowanie mapy anomalii T w skali 1: 200 000 m.in. dla arkuszy Piła (Kosobudzka & Zochniak, 1991) i Wągrowiec (Kosobudzka & Paprocki, 1998). Mapa gradientu poziomego opracowana mniej więcej w tym samym czasie (Karaczun & Cieśla, 1992) była oparta natomiast na starszych pomiarach pionowej składowej Z.

Na analizowanym obszarze nie wykonano żadnych szczegółowych zdjęć magnetycznych. Został on natomiast objęty licznymi pracami o charakterze interpretacyjnym (Gaczyński i in., 1985; Cieśla & Wybraniec, 1995; Kosobudzka & Paprocki, 1995; Wybraniec, 1996, 1999; Królikowski i in., 1998; Cieśla i in., 1998).

Charakterystyka obrazu magnetycznego powstała w oparciu o „Mapę magnetyczną Polski 1: 500 000" (Petecki i in., 2004). Obszar przetargowy „Chodzież" znajduje się w obrębie tzw. SW prowincji magnetycznej, geologicznie obejmującej zasięgiem fanerozoiczną platformę zachodnioeuropejską. Prowincja ta charakteryzuje się stosunkowo niską intensywnością anomalii magnetycznych (znacznie niższą niż w prowincji NE odpowiadającej zasięgiem platformie wschodnioeuropejskiej). W jej obrębie można wydzielić dwa rejony, rozdzielone wyraźną strefą gradientową: Szczecin–Stargard Szcz.–Piła–Inowrocław, która jest dobrze widoczna na Fig. 7.4. Na północ od strefy gradientowej występują wydłużone anomalie równoległe do struktur bruzdy pomorskiej. Na SW od strefy gradientowej pole magnetyczne o ujemnych wartościach jest niemal zupełnie pozbawione większych anomalii lokalnych. Ten spokojny obraz pola magnetycznego na zachód od linii Teisseyre'a–Tornquista może wskazywać na głęboko położony strop podłoża magnetycznego, przykryty grubą warstwą niemagnetycznych skał osadowych. Oszacowany na podstawie analizy widma mocy strop źródeł magnetycznych w tym rejonie występuje na średniej głębokości ok. 18.5 km (Petecki, 2001).

W 1963 r. dla tematu „Damasławek" przeprowadzono badania telluryczne (Święcicka-Pawliszyn, 1964a, b). Celem badań było wyznaczenie granic wysadu solnego. Wykonano pomiary na 202 punktach. W efekcie powstała mapa średniego natężenia pola tellurycznego w skali 1: 25 tys (w wersji opracowanej cyfrowo – Twarogowski, 2000). Dominującym

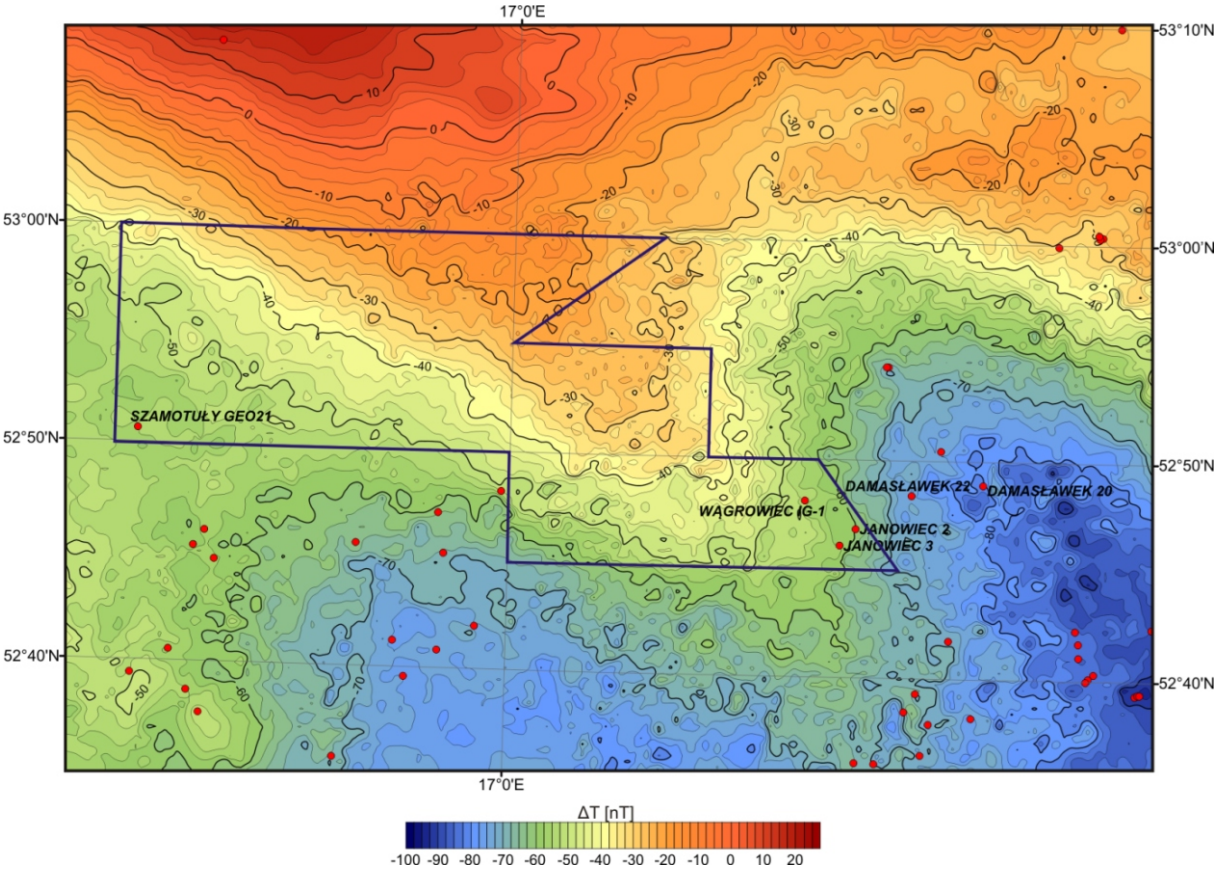


Figura 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego T. Okonturowany obszar przetargowy „Chodzież”.

elementem na tej mapie jest leżąca w centrum obszaru dodatnia anomalia niewątpliwie związana z obecnością wysokooporowego wysadu solnego. Określono granice wysadu, wydzielono główne elementy jego budowy i określono przebieg najbardziej wyraźnych stref tektonicznych w jego granicach, wskazano na dużą zgodność tych elementów z danymi uzyskanymi z sondowań geoelektrycznych.

Na wysadzie solnym „Damasławek” wykonane zostały również badania elektrooporowe (Jagodzińska & Kalitiuk, 1999). Zostały one przeprowadzone w celu rozpoznania budowy stropowych partii wysadu i jego nadkładu oraz otoczenia. Sondowania elektrooporowe wykonano wzdłuż 6 ciągów o łącznej długości ok. 24 km. Na 16 archiwalnych otworach wykonano krzyżowe sondowania parametryczne. Na liniach ciągów wykonano 84 sondowania. Maksymalne rozstawy sondowań wynosiły przeważnie AB = 2000 m, co zapewniło głębokość prospekcji do około 500 m. W wyniku interpretacji uzyskano przekroje geologiczne, na których zaznaczono przypuszczalny spąg czwartorzędu, trzeciorzędu, a w obrębie wysadu występowanie utworów czapy i złoża soli. Zaznaczono nieciągłości, które mogą odpowiadać uskokom, jak i fałdom na brzegach wysadu czy też w obrębie czapy lub jej nadkładu (Krzywiec i in., 1999).

W 1971 r. wykonano badania magnetotelluryczne na strukturze Szamotuły (Śmiechowski, 1972). Prace polowe przeprowadzono na 18 profilach. Dodatkowo wykonano 7 sondowań. W wyniku prac rozpoznane zostało zaleganie stropu cechsztynu.

W 1986 r. ukończono realizację kompleksowych badań geofizycznych, których głównym celem było rozpoznanie warunków geologicznych w rejonie projektowanej elektrowni jądrowej „Warta” (Kruczek i in., 1986). Badania te prowadzone były we wschodniej części obszaru przetargowego „Chodzież”. W ramach realizacji prac wykonano: badania geoelektryczne, płytkie badania sejsmiczne metodą refleksyjną i refrakcyjną, pomiary karotażowe oraz pomiary grawimetryczne (opisane we wcześniejszym rozdziale) i geotermiczne. Badania geoelektryczne zostały wykonane wzdłuż ośmiu profili zlokalizowanych na obszarze 800 km^2. Stosowano metodę sondowań elektrooporowych w układzie symetrycznym Schlumbergera. Prospekcją zostały objęte utwory do głębokości ok. 250 m, obejmując utwory czwartorzędu i trzeciorzędu.

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI

Perspektywy poszukiwawcze dla złóż węglowodorów na obszarze przetargowym „Chodzież” są związane z głęboko pogrzebanymi piaskowcami czerwonego spągowca. W obszarze „Chodzież” nie istnieje żadne głębokie wiercenie sięgające do utworów czerwonego spągowca lub karbonu, stąd opinie o potencjale generacyjnym i zbiornikowym pochodzą z wierceń: Piła IG 1 zlokalizowanym na północ od granicy obszaru „Chodzież” i Objezierze IG 1 zlokalizowanym na południe od granicy obszaru „Chodzież”.

Profil czerwonego spągowca w obu wierceniach jest częściowo reprezentowany przez piaskowce eoliczne, które mogły zachować porowatość i mogą być skałą zbiornikową (Fig. 5.1.), przy czym potencjalnie zbiornikowe piaskowce eoliczne znajdują się w górnej, stropowej części profilu

czerwonego spągowca, a piaskowce eoliczne w wierceniu Piła IG 1 znajdują się w głębszej części profilu czerwonego spągowca. Stąd obszar „Chodzież" znajduje się w strefie przejściowej, gdzie można spodziewać się piaskowców eolicznych blisko stropu sekwencji osadów czerwonego spągowca, jak i mogą one występować w głębiej położonych częściach profilu osadów czerwonego spągowca.

Wyniki analizy systemu naftowego zamieszczone w rozdziale 3. wskazują na istniejący w przeszłości system generacyjny, a tym samym możliwość migracji i akumulacji węglowodorów na obszarze „Chodzież". Załączony w rozdziale 3. model 1-D historii pogrążania i dojrzałości termicznej dla otworu Piła 1/IG 1 potwierdza potencjał generacyjny utworów karbonu. Kwestią dyskusyjną jest czas generacji i istnienie w czasie procesu generacji pułapek dla nagromadzeń gazu. Potencjalne pułapki mogły zostać rozformowane już w późnym karbonie, jednak część gazu mogła reemigrować później, kiedy piaskowce czerwonego spągowca były już uszczelnione utworami cechsztynu. Przy takim założeniu można spodziewać się odkrycia struktur w czerwonym spągowcu i nagromadzeń gazu ziemnego, uszczelnionych osadami cechsztynu.

Drugą możliwością jest istnienie gazu zamkniętego (*tight gas*) w piaskowcach czerwonego spągowca nawet na znacznej głębokości przekraczającej obecnie 5000 m. Obszar ten jest objęty modelem występowania gazu zamkniętego w centrach i na skłonach basenów sedymentacyjnych (model BCGS) (Wójcicki i in., 2014). Zakładając możliwość występowania nagromadzeń gazu zamkniętego należy nastawić się w pierwszym rzędzie na ponowne rozpoznanie obiektów antyklinalnych, w których utwory czerwonego spągowca znajdują się w korzystnej sytuacji strukturalnej oraz mogą być uszczelnione osadami cechsztynu. Nie można wykluczyć również odkrycia pułapek konwencjonalnych dla wolnego gazu w stropie osadów czerwonego spągowca pod przykryciem osadów cechsztynu na SW skłonie struktury Chodzieży i ewentualnie innych analogicznych obiektach perspektywicznych. Dostępne dane sejsmiczne pokazują jednak, że strop utworów czerwonego spągowca na większej części obszaru przetargowego „Chodzież" znajduje się często na głęb. od 5000 do 5500 m.

Podsumowując, według obecnego stanu rozpoznania obszaru jedynie udokumentowanie wyraźnej pułapki strukturalnej związanej z otoczeniem struktury Chodzieży lub w innym miejscu na obszarze „Chodzież" może być zachętą do podjęcia ryzykownego wiercenia rozpoznawczego. Istnieją również pewne perspektywy poszukiwawcze związane z pułapkami przyuskokowymi uszczelnionymi utworami solnymi w strefie tektonicznej Drawno–Człopa–Szmotuły, powstałej w części wschodniej obniżenia szczecińskiego. Zachodnia granica obszaru przetargowego Chodzież przebiega w pobliżu ww. strefy. Wspomniana strefa jest to zespół synsedymentacyjnych rowów o zwiększonej depozycji osadów, które zaczęły się tworzyć w późnym triasie i wczesnej jurze, kontynuując swoją aktywność aż do wczesnej kredy. Następnie strefa ta została poddana późno-kredowej inwersji i w chwili obecnej stanowi pas antyklinalny o rozciągłości NW–SE (Leszczyński, 2002). Późno-kredowa kompresja jest odpowiedzialna również za powstanie struktur solnych z którymi także wiązać można pewne perspektywy poszukiwawcze, jednak obecny stan rozpoznania nie jest wystarczający aby wskazać konkretny obiekt perspektywiczny.

Proponowany minimalny zakres prac, który umożliwi zdefiniowanie konkretnych obiektów perspektywicznych ewentualne udokumentowanie złoża, powinien przede wszystkim obejmować:

1. Reprocessing, integrację oraz reinterpretację archiwalnych danych sejsmicznych i otworowych.
2. Wykonanie nowych pojedynczych linii sejsmicznych pozwalających na zweryfikowanie struktur na SW skłonie struktury Chodzieży oraz potencjalnych struktur w innych miejscach, szczególnie w okolicy strefy tektonicznej Szamotuł (zachodnia część obszaru „Chodzież"), gdzie strop utworów czerwonego spągowca jest wyraźnie wyniesiony tektonicznie i mogą tam występować pułapki strukturalne dla nagromadzeń węglowodorów.

W przypadku pozytywnych wyników prac interpretacyjnych wykonać jeden otwór do maksymalnej głębokości 5500 m TD wraz z niezbędnymi do interpretacji litologii i nasycenia oraz do bezpiecznego przeprowadzenia prac wiertniczych badaniami geofizycznymi oraz pobrać rdzeń w wybranym interwale obejmującym profil utworów paleozoiku.

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Antonowicz, L., Iwanowska, E., Jamrozik, J., Nowicka, A., 1993. Pochylone bloki/półrowy podłoża permu na obszarze antyklinorium i synklinorium pomorskiego – implikacje dla poszukiwań naftowych. Prz. Geol., 41: 71–74.

Antonowicz, L., Iwanowska, E., Rendak, A., 1994. Tensional tectonics in the Pomeranian section of the T-T Zone and the implictions for hydrocarbon exploration. Geol. Quart., 38: 289–306.

Al-Hajeri, M.M., Al Saeed, M., Derks, J., Fuchs, T., Hantschel, T., Kaureauf, A., Neymaier, M., Schenk, O., Swientek, O., Tessen, M., Welte, D., Wygrala, B., Kornpihl, D., Peters, K., 2009. Basin and Petroleum System Modeling. Oilfield Review Summer, 21.

Bachleda-Curuś, T., Burzewski, W., Halat, Z., Semyrka, R., 1996. Hydrocarbon generation potential of sedimentary formations in the Western Pomerania. Oil and Gas News, 6: 163–170.

Bahranowski, K., Protas, A., Gaweł, A. Górniak, K. Ratajczak, T., Szydłak, T., 2007. Black shales of the Lower Carboniferous: source rocks of bitumen accumulations in the Western Pomerania area. Prz. Geol., 55: 281–282.

Burzewski, W., Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Prognostic gas reserves – undiscovered potential of gas in the Polish Rotliegend Basin. Kwart. AGH Geologia, 35: 123–128.

Bochnia, N., Duda, W., 1961. Regionalne badania grawimetryczne w obszarze Żnin–Inowrocław rok 1960. NAG, Warszawa (Inw. 40946 Kat. 3625/194; Inw. 13988/61 Kat. 3725/161).

Botor, D., 2006. Jednowymiarowe modelowania procesów generowania węglowodorów. W: Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce (ed. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH, Kraków.

Botor, D., 2011. Modelowania 1-D procesów generowania gazu ziemnego w utworach karbońskich w głębokiej części polskiego basenu czerwonego spągowca. Geologia, 37: 503–516.

Botor, D., Kosakowski, P., 2000. Zastosowanie modelowań numerycznych do rekonstrukcji paleotemperatur i procesów generowania węglowodorów. Prz. Geol., 48: 154–161.

Botor, D., Papiernik, B., Maćkowski, T., Reicher, B., Kosakowski, P., Machowski, G., Górecki, W., 2013. Gas generation in Carboniferous source rocks of the Variscan foreland basin: implications for a charge history of Rotliegend deposits with natural gases. Ann. Soc. Geol. Pol., 83: 353–383.

CBDG, 2015. Centralna Baza Danych Geologicznych. Litostratygrafia, Chronostratygrafia, Litologia, weryfikacja 2008. http://otworywiertnicze.pgi.gov.pl

Cieśla, E., Wybraniec, S., 1995. Opracowanie tematu: Mapa magnetyczna zachodniej Polski z komputerowym bankiem danych i interpretacją elementów strukturalnych. Część I (za okres 1.1.1992–31.12.1994), 1995. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1470/95).

Cieśla, E., Wybraniec, S., Petecki, Z., Gientka, D., Staniszewska, B., 1998. Kompleksowa interpretacja grawimetryczno-magnetyczna Polski zachodniej, 1997. CAG PIG, Warszawa (Inw. 7/98, 4746/2015).

Dadlez, R., 1969. Stratygrafia liasu w Polsce Zachodniej. Prace Inst. Geol., 57.

Dadlez, R., 1973a. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura dolna. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 9: 48–49.

Dadlez, R., 1973b. Trias. Retyk. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 10: 33–35, 45–46.

Dadlez, R., 1997. Epicontinental basins in Poland: Devonian to Cretaceous – relationship between the crystalline basement and sedimentary infill: Geological Quarterly, 41, 419–432.

Dadlez, R., red., 1998. Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim. PIG, Warszawa.

Dadlez, R., Franczyk, M., 1976. Znaczenie paleogeograficzne i paleotektoniczne garbu wielkopolskiego w czasie jury dolnej. Biul. Inst. Geol., 295: 27–49.

Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 1998. Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 2000. Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/958).

Dayczak-Calikowska, K., 1973. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 9: 49–52.

Dayczak-Calikowska, K., 1977. Stratygrafia i paleogeografia. Jura środkowa. Prace Inst. Geol., 80: 65–75.

Dayczak-Calikowska, K., 1979. Stratygrafia, litologia, paleogeografia. Jura środkowa. Prace Inst. Geol., 96: 57–62.

Dąbrowska, B., 1986. Mapa grawimetryczno-sejsmicznych elementów strukturalnych kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na obszarze wału pomorsko-kujawskiego i obszarów przyległych. Arkusz Piła, 1986. CAG PIG, Warszawa (Kat. N33-XXIX/11).

Dąbrowski, A., 1960. Badania geofizyczne – Czterdzieści lat Instytutu Geologicznego. Wyd. Geol., Warszawa.

Deczkowski, Z., zespół, 1989. Dokumentacja wynikowa otworu Objezierze IG-1. CAG PIG, Warszawa (Inw. 132090).

Dembowska, J., 1973. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura górna. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 9: 53–61.

Dembowska, J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. Kwart. Geol., 23: 617–630.

Draczyński, W., Karaczun, K., Karaczun, M., 1968. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej 1:2 000 000 niecki mogileńsko-łódzkiej. CAG PIG, Warszawa (Inw. 39971 Kat. 64/144).

Duda, W., 1958. Sprawozdanie, Półszczegółowe badania grawimetryczne w obszarze Mogilno–Gopło, 1957. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40920 Kat. 3826/247).

Duda, W., Bochnia, N., 1966. Dokumentacja tymczasowa półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium szczecińskie i mogileńskie, 1965. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1236 Kat. 42/93).

Dziewińska, L., Grobelny, A., Karaczun, K., Majorowicz, J., Młynarski, S., Stępniewska, M., 1979. Charakterystyka geofizyczna obszaru niecki warszawskiej (Budowa geologiczna niecki warszawskiej i jej podłoża), 1979. CAG PIG, Warszawa (Inw. 45000 Kat. 55/179).

Feldman-Olszewska, A., 1998. Paleogeografia wczesnego aalenu–środkowego keloweju. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (red. R. Dadlez, S. Marek and J. Pokorski), plansza 37–48. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Gaczyński, E., Gadomski, D., Petecki, Z., Wybraniec, S., Karaczun, K., 1985. Budowa geologiczna permomezozoicznego kompleksu strukturalnego obszaru platformowego Polski, 1985. CAG PIG, Warszawa (Inw. 34157 Kat. Obo/1869).

Gajewska, I., 1973. Trias. Kajper. Profile Gł. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 10: 35–45.

Gast, R., Dusar, M., Breitkreutz, Ch., Gaupp, R., Schneider, J.W., Stemmerik, L., Geluk, M., Geissler, M., Kiersnowski, H., Glennie, K., Kabel, S., Jones, N., 2010. Rotliegend. In: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area (eds. J.C. Doornenbal and A.G. Stevenson): 101–122.

Górecka-Nowak, A., 2007. Palynological constrains on the age of Carboniferous clastic succession of western Poland. Geol. Quart., 51: 39–56.

Górecki, W., red., 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Formacje Mezozoiku. AGH, Kraków.

Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Dwuwymiarowe modelowania historii termicznej i generowania/ekspulsji węglowodorów oraz modelowanie migracji węglowodorów. W: Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów (red. P. Poprawa). CAG PIG, Warszawa (Inw. 2935/2011).

Grabowska, T., 1981. Konstrukcja geofizycznego modelu głębokiej struktury skorupy ziemskiej wzdłuż profili GSS (VII, M-7, LT-2, LT-4, LT-5) w oparciu o dane grawimetryczne, magnetyczne i sejsm. Etap I. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1981. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-314).

Grabowska, T., 1982. Konstrukcja geofizycznego modelu głębokiej struktury skorupy ziemskiej wzdłuż profili GSS (VII, M-7, LT-2, LT-4, LT-5) w oparciu o dane grawimetryczne, magnetyczne i sejsm. Etap II. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1982. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-315).

Grabowska, T., 1983. Korelacja modeli geofizycznych skorupy ziemskiej wzdłuż profili GSS (VII, M-7, LT-2) prowadzona na podstawie badań grawimetrycznych i magnetycznych w N części niżu polskiego. Etap III. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1983. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-321).

Grabowska, T., Małoszewski, S., 1976. Korelacja anomalii grawimetrycznych z morfologią granicy Mohorovicica wyznaczoną na podstawie GSS wzdłuż profili VII, M-7, LT-2 GSS. Etap I. Problem międzyresortowy, zadanie 141, 1976. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-238).

Grabowska, T., Małoszewski, S., 1986. Geofizyczno-geologiczne modele skorupy ziemskiej i górnego płaszcza na profilach GSS VII, M-7, LT-2. Etap I. CPBP 0302, zadanie 15, 1985. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-349).

Grabowska, T., Raczyńska, M., Postawa, B., Grabowski, J., 1984. Konstrukcja kompleksowego modelu skorupy ziemskiej w N części Niżu Polskiego (profile GSS VII, M-7, LT-2) na podstawie danych geofizycznych. Interpretacja anomalii grawimetrycznych na profilach GSS. Etap IV. Problem Międzyresortowy MRI.16, zadanie142, 1984. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-323).

Grobelny, A., 1979. Budowa geologiczna niecki warszawskiej. CAG PIG, Warszawa (Kat. 55/173).

Grobelny, A., Królikowski, C., 1988. Anomalie grawimetryczne wywołane utworami podpermskimi w północno-zachodniej Polsce. Kwart. Geol., 32: 611–634.

Grotek, I., 2005. Alteration of the coalification degree of the organic matter dispersed in the Carboniferous sediments along border of the East-European Craton in Poland. Biul. Państw. Inst. Geol., 413: 5–80.

Grotek, I., 2006. Thermal maturity of organic matter from the sedimentary cover deposits from Pomeranian part of the TESZ. Prace Państw. Inst. Geol., 186: 253–269.

Grzywacz, J., 1958. Sprawozdanie z półszczegółowych badań grawimetrycznych Oborniki-Czarnków, 1957. CAG PIG, Warszawa (Inw. 9963/3265 Kat. 3723/14).

Grzywacz, J., Szczypa, S., 1981. Program na 1981–1982 rok. Temat: Interpretacja materiałów geofizycznych permomezozoiku i podłoża – trójwymiarowa interpretacja grawimetryczna dwóch arkuszy map Nakło i Toruń w skali 1:200 000. CAG PIG, Warszawa (Inw. 32474 Kat. N33-XXX/11).

Highley, D.K., Lewan, M., Roberts, L.N.R., Henry, M.E., 2006. Petroleum System Modeling Capabilities for Use in Oil and Gas Resources Assessments. USGS Open-File Report 2006–1024.

Iwanow, A., 1998. Paleogeografia późnego piaskowca pstrego, wapienia muszlowego, kajpru i retyku. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (eds. R. Dadlez, S. Marek and J. Pokorski), tablice 15–19, 22–26. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Iwanow, A., Kiersnowski, H., 1998. Paleogeografia wczesnego i środkowego piaskowca pstrego. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (eds. R. Dadlez, S. Marek and J. Pokorski), tablice 11–13. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Jagodzińska, B., Kalitiuk, R., 1999. Dokumentacja badań geoelektrycznych. Temat: Rozpoznanie budowy wewnętrznej czapy gipsowo-anhydrytowej wysadu solnego Damasławek. CAG PIG, Warszawa (Inw. 971/99).

Jamrozik, J., 1965. Przyczynek do rozpoznania struktury Rogoźna na podstawie interpretacji profilów grawimetrycznych, 1965. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2098 Kat. 3824/191).

Jamrozik, J., 1968. Analiza grawimetryczna strefy Szamotuły-Drawno 1968. CAG PIG, Warszawa (Kat. G-238 PBG).

Jamrozik, J., 1971. Interpretacja anomalii siły ciężkości z synklinorium szczecińskiego 1971. CAG PIG, Warszawa (Inw. 8945 Kat. 42/119 Kat. G-273 PBG).

Janczewski, E., 1951. Anomalie grawimetryczne na Kujawach, 1951. CAG PIG, Warszawa (Inw. 6393 Kat. 54/91).

Jaskowiak-Schoeneichowa, M., 1973. Szczegółowy profil litologiczno-stratygraficzny. Kreda górna. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., 10: 16–17.

Jaworowski, K., Mikołajewski, Z., 2007. Oil- and gas-bearing sediments of the Main Dolomite (Ca2) in the Międzychód region: depositional model and a problem of the boundary between the second and third depositional sequences in the Polish Zechstein Basin. Prz. Geol., 55: 1017–1024.

Jurek, M., Tomaszewska, J., 1989. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Damasławka (reinterpretacja). CAG PIG, Warszawa (Inw. 39738 Kat. 3725/399).

Kaczkowska, Z., 1954. Anomalie siły ciężkości w rejonie Mogilna, Inowrocławia i Gniezna, 1954. CAG PIG, Warszawa (Inw. 5945 Kat. 3826/53).

Karaczun, K., 1954. Katalog punktów magnetycznych ze zdjęcia PIG w latach 1937–1939 na obszarze Wielkopolski i Pomorza, 1954. CAG PIG, Warszawa (Inw. 5973 Kat. 3327/24).

Karaczun, K., Cieśla, E., 1992. Opracowanie i interpretacja map magnetycznych średnich bezwzględnych map gradientu poziomego w skali 1:200 000, 1991. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1323/91 Inw. 179/92).

Karaczun, K., Karaczun, M., 1969. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej w skali 1:200 0000 oraz historia badań i charakterystyka magnetyczna Synklinorium i Antyklinorium Pomorskiego, 1969 rok. CAG PIG, Warszawa (Inw. 42584 Kat. 42/107).

Karnkowski, P., 1993. Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, vol. 2. Niż Polski, Wydawnictwo AGH – Geos, Kraków.

Karnkowski, P.H., 1999. Origin and evolution of the Polish Rotliegend Basin. Polish Geol. Inst. Spec. Pap., 3: 1–93.

Kiersnowski, H., Buniak, A., 2006. Evolution of the Rotliegend Basin of northwestern Poland. Geol. Quart., 50: 119–138.

Kondracki, J., 2009. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Kosakowski, P., Kotarba, M.J., Pomorski, J., Wróbel, M., 2006. Hydrocarbon potential of the Carboniferous strata on the Kołobrzeg and Gryfice Blocks (northwestern Poland). 68th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC,12–15 June, Vienna. Extended Abstracts CD ROM, Association of Geoscientists & Engineers, Vienna.

Kosobudzka, I., 1987. Dokumentacja częściowa półszczegółowych badań magnetycznych delta T. Temat: Niecka Szczecińska i Monoklina Przedsudecka, rejony: Szczecin–Choszczno i Krzyż–Kościan, 1985–1986. CAG PIG, Warszawa (Kat. M-232 PBG).

Kosobudzka, I., 1988a. Pomiary magnetyczne w strefach zakłóceń wywołanych elektrycznymi trakcjami kolejowymi. Biuletyn informacyjny Geofizyka Stosowana, 2: 38–51.

Kosobudzka, I.,1988b. Dokumentacja częściowa półszczegółowych badań magnetycznych T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1987. CAG PIG, Warszawa (Inw. 39253 Kat. 32/210).

Kosobudzka, I.,1991. Sprawozdanie z półszczegółowych badań magnetycznych T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1990. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1287/91).

Kosobudzka, I., Paprocki, A., 1995. Dokumentacja interpretacji półszczegółowego zdjęcia magnetycznego T. Temat: Polska zachodnia ze szczególnym uwzględnieniem północnego skłonu wyniesienia wolsztyńskiego, 1994. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. M-277).

Kosobudzka, I., Paprocki, A., 1998. Mapa magnetyczna Polski w skali 1:200 000. Arkusz: Wągrowiec, 1997. CAG PIG, Warszawa (Inw. 812/98).

Kosobudzka, I., Zochniak, K., 1991. Mapa magnetyczna Polski. Arkusz: Piła. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1320/91).

Kotarba, M., Wagner, R., 2007. Generation potential of the Zechstein Main Dolomite (Ca2) carbonates in Gorzów

Wielkopolski–Międzychód–Lubiatów area: geological and geochemical approach to microbial-algal source rock. Prz. Geol., 55: 1025–1036.

Kotarba, M.J., Piela, J., Żołnierczuk, T., 1992. Origin of gas accumulations in the Permian–Carboniferous traps of the Paproć field based on isotopic data. Prz. Geol., 40: 260–263.

Kotarba, M.J., Grelowski, C., Kosakowski, P., Więcław, D., Kowalski, A., Sikorski, B., 1999. Hydrocarbon potential of source rocks and origin of gas accumulations in the Rotliegend and Carboniferous in the northern part of western Pomerania. Prz. Geol., 47: 480.

Kotarba, M., Kosakowski, P., Więcław, D., Grelowski, C., Kowalski, A., Lech, S., Merta, H., 2004. Hydrocarbon potential of Carboniferous source rocks on the Baltic part of Pomeranian segment of the Middle Polish Trough. Prz. Geol., 52: 1156–1165.

Kotarba, M., Pokorski, J., Grelowski, C., Kosakowski, P., 2005.Origin of natural gases accumulated in Carboniferous and Rotliegend strata on the Baltic part of the Western Pomerania. Prz. Geol., 53: 425–433.

Kozera, A., 1955. Sprawozdanie z prac magnetycznych. Temat: Regionalne badania na Śląsku, Ziemi Lubuskiej i w Wielkopolsce przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II PPG w 1955 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40604 Kat. 63/110).

Krassowska, A., 1997. Kreda górna. Sedymentacja, paleogeografia i paleotektonika. Prace Państw. Inst. Geol., 153: 386–402.

Królikowski, Cz., Petecki, Z., 1995. Atlas grawimetryczny Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Królikowski, Cz., Petecki, Z., Szczypa, S., Szewczyk, J., Twarogowski, J., 1997. Badanie podłoża podpermskiego w strefie T-T z zastosowaniem metody strippingu. Projekt badawczy nr 9.S602 03 06p 08. CAG PIG, Warszawa (Inw. 465/97).

Królikowski, C., Uhrynowski, A., Petecki, Z., Żółtowski, Z., 1998. Gęstościowe i magnetyczne modele skorupy ziemskiej w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, 1998. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1/99).

Kruczek, T., Kucharska, S., Soćko, A., Wojas, A., 1986. II Elektrownia Jądrowa 4x1000MW, lokalizacja – Warta. Dokumentacja kompleksowych badań geofizycznych dla rozpoznania kenozoiku i stropu mezozoiku, 1986 r. CAG PIG Warszawa (Kat. G-522 PBG).

Kryński, J., 2007. Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. Seria Monograficzna IGiK, nr 13, Warszawa.

Krzywiec, P., 2002. Mid-Polish Trough inversion – seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine-Carpathian collision. In: Continental collision and the tectonosedimentary evolution of forelands (eds., G. Bertotti, K. Schulmann and S. Cloetingh): 151–165. European Geosciences Union, vol. 1, of Stephan Mueller Special Publication Series.

Krzywiec, P., 2006. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiavian segments of the Mid-Polish Trough – lateral variations in timing and structural style. Geol. Quart., 50: 151–168.

Krzywiec, P., Królikowski, C., Jarosiński, M., Szewczyk, J., Wybraniec, S., Czapowski, G., Zientara, P., Petecki, Z., Twarogowski, J., Jóźwiak, W., Żółtowski, Z., 1999. Rozpoznanie budowy wewnętrznej czapy gipsowo-anhydrytowej wysadu solnego „Damasławek” płytkimi badaniami sejsmicznymi. Arch. Państw. Agencji Atomistyki, Warszawa.

Krzywiec, P., Wybraniec, S., Petecki, Z., 2006. Tektonika podłoża bruzdy śródpolskiej w centralnej i północnej Polsce – wyniki analizy danych sejsmiki refleksyjnej oraz grawimetrii i magnetyki. Prace Państw. Inst. Geol., 188: 107–130.

Kudrewicz, R. 2007. GIS-based Structural Geology for Petroleum Exploration within the Polish Permian Basin. AAPG Annual Convention, Long Beach, California. AAPG Search and Discover Article #90063.

Leszczyński, K., 2002. Late Cretaceous inversion and salt tectonics in the Koszalin–Chojnice and Drawno–Człopa–Szamotuły zones, Pomeranian sector of the Mid-Polish Trough. Geol. Quart., 46: 347–362.

Łaszczyńska, B., Wasiak, I., 1982. Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (obszary: Giżyno, Kruszewo, Opalenica), 1981 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2160 Kat. 3522/108).

Maćkowski, T., Reicher, B., 2006. Przestrzenne modelowania procesu generowania, ekspulsji i symulacji migracji węglowodorów. W: Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce (red. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH Kraków.

Maćkowski, T., Reicher, B., Burzewski, W., Botor, D., Papiernik, B., Górecki, W., 2008. Rekonstrukcja czasowo-przestrzennych parametrów, model ekspulsji i migracji węglowodorów oraz ocena potencjału generacyjnego. In: Prognostic resources and undiscovered natural gas potential of Rotliegend and Zechstein limestone deposits in Poland, Part 5 (ed. W. Górecki): 1–86. Unpublished report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-sm-tx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.

Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Takács, E., Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Keller, G.R., Hegedűs, E., 2007. Effective sub-Zechstein salt imaging using low-frequency seismics. Results of the GRUNDY 2003 experiment across the Variscan front in the Polish Basin. Tectonophysics, 439: 89–106.

Maliszewska, A., Kuberska, M., 1993. Analiza petrograficzna wypełnienia przestrzeni porowej w skałach osadowych czerwonego spągowca zachodniej części Niżu Polskiego. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1/94).

Maliszewska, A., Kuberska, M., 2008. Spoiwa skał górnego czerwonego spągowca w zachodniej części Niżu Polskiego w ujęciu kartograficznym. Biul. Państw. Inst. Geol., 429: 79–90.

Maliszewska, A., Kiersnowski, H., Kuberska, M., Sikorska, M., Jarmołowicz-Szulc, K., 2003. Skład ziarnowy piaskowców eolicznych czerwonego spągowca Wielkopolski a ich właściwości zbiornikowe. CAG PIG, Warszawa (nr 819085, Inw. 2302/2003).

Maliszewska, A., Grotek, I., Jackowicz, E., Kozłowska, A., Kuberska, M., Połońska, M., Wołkowicz, K., 2004. Rozwój kompleksów osadowych w zachodniej i centralnej Polsce – pochodzenie i przemiany postdepozycyjne. CAG PIG, Warszawa (nr 912477, Inw. 251/2006).

Matyasik, I., 1998. Geochemical characteristics of the Carboniferous source rock in the selected boreholes in the Radom–Lublin and Pomerania areas. Prace Panstw. Inst. Geol., 165: 215–226.

Mazur, S., Scheck-Wenderoth, M., Krzywiec, P., 2005. Different modes of inversion in the German and Polish basins. International Journal of Earth Sciences, 94: 782–798.

Narkiewicz, M., Dadlez, R., 2008. Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. Prz. Geol., 56: 391–397.

Niemczycka, T., 1997. Jura górna. Formalne i nieformalne jednostki litostratygraficzne. Prace Państw. Inst. Geol., 153: 309–322.

Nowak, G., 2003. Petrologia materii organicznej rozproszonej w osadach późnopalezoicznych SW Polski. Cuprum, 29: 1–221.

Okulus, H., Wasiak, J., 1962. Opracowanie półszczegółowych badań grawimetrycznych wysadu solnego w Damasławku, 1961 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40956 Kat. 3725/278).

Ostrowska, K., Pisuła, M., 1991. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych II faza 1990 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1281/91).

Petecki, Z., 2001. Magnetic evidence for deeply buried crystalline basement southwest of the Teisseyre–Tornquist Line in NW Poland. Acta Geophys. Pol., 49: 509–515.

Petecki, Z., Polechońska, O., Wybraniec, S., Cieśla, E., 2004. Mapa magnetyczna Polski 1:500 000. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1367/2004).

Pharaoh, T.C., Dusar, M., Geluk, M.C., Kockel, F., Krawczyk, C.M., Krzywiec, P., Scheck-Wenderoth, M., Thybo, H., Wejbaek, O.V., Van Wees, J.D., 2010. Tectonic evolution. In: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area (eds. J.C. Doornenbal and A.G. Stevenson): 25–57. EAGE Publications (Houten).

Pieńkowski, G., 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. Polish Geol. Inst. Spec. Pap., 12: 1–122.

Pletsch, T., Appel, J., Botor, D., Clayton, C.J., Duin, E.J.T., Faber, E., Górecki, W., Kombrink, H., Kosakowski, P., Kuper, G., Kus, J., Lutz, R., Mathiesen, A., Ostertag-Henning, C., Papiernik, B., Van Bergen, F., 2010. Petroleum generation and migration. In: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area (eds. J.C. Doornenbal and A.G. Stevenson): 225–253. EAGE Publications (Houten).

Pokorski, J., 2008. Schematyczna mapa rozmieszczenia utworów karbonu dolnego i górnego z określeniem litofacji dominujących. In: Prognostic resources and undiscovered natural gas potential of Rotliegend and Zechstein limestone deposits in Poland, Part 2 (ed. W. Górecki). Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-smtx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.

Poprawa, P., Kiersnowski, H., 2010. Tight gas reservoirs in Poland. Biul. Państw. Inst. Geol., 439: 173–180.

Porębski, S., Kiersnowski, H., Buniak, A., 2013. Predykcja zróżnicowania facjalnego górnego czerwonego spągowca dla struktury Chodzieży. Prezentacja. Arch. ZSE-AGH, Kraków.

Pożaryski, W., Brochwicz-Lewiński, W., 1978. On the Polish Trough. Geol. en Mijnbouw, 57: 545–557.

Pożaryski, W., Grocholski, A., Tomczyk, H., Karnkowski, P., Moryc, W., 1992. Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. Prz. Geol., 40: 643–651.

Protas, A., 1990. Dolomit główny w rejonie Bielica–Czarne na tle paleogeografii Pomorza Zachodniego. Prz. Geol., 38: 127–131.

Reczek, J., 1956. Badania grawimetryczne na obszarze niecki szczecińskiej i wału kujawsko-pomorskiego, 1956. CAG PIG, Warszawa (Inw. 40834 Kat. 42/109 Kat. ON/169).

Reczek, J., Kruk, B., 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Antyklinorium Pomorskie, 1969. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1537 Kat. 32/142).

Reicher, B., 2008. The elements of the Carboniferous-Permian petroleum system in the Polish Lowlands (in Polish). In: Prognostic Resources and Undiscovered Natural Gas Potential of Rotliegend and Zechstein Limestone Deposits in Poland, Part 5 (ed. W. Górecki). Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FGsmtx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005–2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.

Rowan, M., Krzywiec, P., 2014. The Szamotuły salt diapir and Mid-Polish Trough: Decoupling during both Triassic-Jurassic rifting and Alpine inversion. AAPG International Conference & Exhibition, Istanbul, Turkey, 14–17.09.2014, book of abstracts.

Seedhouse, J., Burley, S., Wakefield, M., 1996. Porosity evolution in aeolian Rotliegend sandstones from the Polish Central Trough. British Gas. Niepublikowany raport. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. OPR/G/1875 Kat. OPR/G/2199 Kat. OPR/G/2519).

Soćko, A., 1976. Opracowanie badań grawimetrycznych wykonanych do 1972 r. Temat: Synklinorium mogileńsko-łódzkie, (reinterpretacja), 1975–1976. CAG PIG, Warszawa (Inw. 1897 Kat. 53/140).

Soćko, A., Szczypa, S., 1979. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 25 – Piła. CAG PIG, Warszawa (Kat. N33-XXIX/6).

Soćko, A., Szczypa, S., 1980. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 26 – Nakło. CAG PIG, Warszawa (Kat. N33-XXX/6).

Stephenson, R.A., Narkiewicz, M., Dadlez, R., van-Wees, J.-D., Andriessen, P., 2003. Tectonic subsidence modelling of the Polish Basin in the light of new data on crustal structure and magnitude of inversion: Sediment. Geol., 156: 59–70.

Stolarek, J., Kruk, B., Grzywacz, J., 1957. Regionalne badania grawimetryczne w rejonie niecki łódzkiej, 1957. CAG PIG, Warszawa (Kat. 3826/246 Inw. 9959/3261 Kat. ON/179).

Szarszewska, Z., 1989. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wody mineralnej z utworów jury dolnej. Miejscowość Kotuń k/Piły. CAG PIG, Warszawa (Inw. 16805 CUG).

Szewczyk, J., 2000. Statystyczno-stratygraficzna standaryzacja profilowań naturalnego promieniowania gamma. Biul. Państw. Inst. Geol., 392: 121–152.

Szymkowiak, A., 1985. Opracowanie petrograficzne utworów czerwonego spągowca w otworze Piła IG 1. W: Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Piła 1 (IG-1) (red. A.M. Żelichowski). CAG PIG, Warszawa (Inw. 129561).

Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Keller, G.R., Takács, E., 2006. Interpretacja zasięgu eksternidów waryscyjskich na eksperymentalnym profilu sejsmicznym GRUNDY 2003. Prz. Geol., 54: 45–50.

Śmiechowski, R., 1972. Opracowanie badań magnetotellurycznych wykonanych w rejonie: Szamotuły przez grupę telluryczną PGGN w 1971 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 44000 Kat. 3823/252).

Święcicka-Pawliszyn, J., 1964a. Opracowanie badań tellurycznych, temat: Damasławek, 1963 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 17220 Kat. 3725/174).

Święcicka-Pawliszyn, J., 1964b. Uzupełnienie do opracowania badań tellurycznych. Temat „Damasławek" 1963 r. CAG PIG, Warszawa (Inw. 22552 Kat. 3725/216).

Twarogowski, J., 2000. Kompleksowe badanie budowy geologicznej struktur przypowierzchniowych z zastosowaniem analizy danych geologiczno-geofizycznych na przykładzie rozpoznania wysadu solnego „Damasławek" i jego otoczenia. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2163/2001).

Wagner, R., 1994. Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. Prace Państ. Inst. Geol., 146: 1–71.

Wagner, R., 2006. Perspektywy poszukiwawcze dolomitu głównego strefie Gorzów–Międzychód w świetle wyników nowych badań. W: „50 lat poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Tradycja i nowe wyzwania." (red. A. Protas): 87–116. Konferencja naukowo-techniczna, Piła, 1–2.VI 2006.

Wagner, R., 2012. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) w Polsce. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/986).

Wagner, R., Dyjaczyński, K., Papiernik, B., Peryt, T.M., Protas, A., 2000. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) 1:500 000. W: Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permskiego Polski (red. M. Kotarba). Arch. AGH Kraków.

Wagner, R., Grudzień, T., Skowroński, L., 1999. Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski. CAG PIG, Warszawa (Inw. 2389/99).

Wasiak, J., 1990. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza – 1989 r. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. G-570).

Wójcicki, A., Kiersnowski, H., Dyrka, I., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Głuszyński, A., Janas, M., Kozłowska, A., Krzemiński, L., Kuberska, M., Pacześna, J., Podhalańska, T., Roman, M., Skowroński, L., Waksmundzka, M.I., 2014. Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski. PIG-PIB, Warszawa.

Wybraniec, S., 1996. Zastosowanie nowych metod interpretacji danych pól potencjalnych do rozpoznania budowy Polski północno-zachodniej. Projekt Badawczy 5.17.77.94.6, 1996. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3677/96).

Wybraniec, S., 1999. Badanie ukrytych struktur wzdłuż polskiej części transeuropejskiej strefy szwowej z wykorzystaniem danych grawimetrycznych i magnetycznych, 1998. CAG PIG, Warszawa (Inw. 3542/98).

Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Oszczypko, N., Ślączka, A., Żaba, J., Żytko, K., 2011. Regionalizacja Tektoniczna Polski. KNG PAN, Wrocław.

Żelichowski, A.M., 1985. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Piła 1 (IG-1). CAG PIG, Warszawa (Inw. 129561).

Strony internetowe:

- www.geofizyka.torun.pl/pl/wiadomosci/archiwum/2014/2014_12_17__projekt_badawczy_2d_dla_agh+&cd=6&hl=pl&ct=clnk&gl=pl
- galaxy.agh.edu.pl/~k-se/wp-content/uploads/zal-nr-1-wymagania-techniczno-metodyczne_dzialanie_1.1.2.docx+&cd=1&hl=pl&ct=clnk&gl=pl