Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

Państwowa służba geologiczna
Państwowa służba hydrogeologiczna

Ocena perspektywiczności geologicznej Polski pod względem możliwości odkrycia nowych złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby postępowań prowadzonych w celu udzielenia koncesji węglowodorowych – etap IV.

UMOWA NFOŚiGW nr 307/2021/Wn-07/FG-sm-dn/D z dnia 21.04.2021 r.
Zadanie 22.5004.2101.00.1

Pakiet danych geologicznych do postępowania przetargowego na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego oraz wydobywanie ropy naftowej i gazu ziemnego ze złóż

Obszar przetargowy

„KARTUZY”

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
mgr Joanny Roszkowskiej-Remin

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Koordynator zadania:
dr Krystian WÓJCIK

Warszawa, 2021 r.

Skład zespołu

mgr Joanna ROSZKOWSKA-REMIN – kierownik zespołu

mgr Agnieszka FELTER

mgr Anna GABRYŚ-GODLEWSKA

mgr inż. Dominika KAFARA

mgr inż. Sylwia KIJEWSKA

dr Olimpia KOZŁOWSKA

mgr Jowita KUMEK

mgr Barbara MASSALSKA

mgr inż. Rafał NASIŁOWSKI

mgr. Barbara PALACZ

dr hab. Teresa PODHALAŃSKA, prof. PIG-PIB

mgr Elżbieta PRZYTUŁA

dr inż. Olga ROSOWIECKA

inż. Leszek SKOWROŃSKI

dr Piotr SŁOMSKI

mgr inż. Dorota WĘGLARZ

dr Krystian WÓJCIK

Pakiet danych geologicznych dla obszaru przetargowego „Kartuzy" został przygotowany w ramach umowy z NFOŚiGW na realizację zadania pn. „Ocena perspektywiczności geologicznej Polski pod względem możliwości odkrycia nowych złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby postępowań prowadzonych w celu udzielenia koncesji węglowodorowych – etap IV". Zgodnie z art. 49.f Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 roku Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2011 Nr 163 poz. 981, t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1420, 2269) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy „Kartuzy" został wskazany do przetargu przez Ministra Środowiska na podstawie „Ogłoszenia o granicach przestrzeni dla których planowane jest wszczęcie postępowania przetargowego na koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż w 2021 r. (5 runda przetargowa)" z dnia 26 czerwca 2020 r. (pismo znak: DGK-IV.4750.5.2020.MW).

Dane o budowie geologicznej i potencjale złożowym obszaru przetargowego „Kartuzy" obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji są zawarte w końcowej części pakietu danych geologicznych. Dane źródłowe, dotyczące w szczególności sejsmiki 2D i 3D, a także wyniki badań przeprowadzonych w otworach wiertniczych, karotaże oraz wyniki innych analiz istotnych z punktu widzenia poszukiwań naftowych, wraz z ich wyceną, zostały zebrane i są dostępne do wglądu w ramach „DATA ROOMU", zorganizowanego w Czytelni Narodowego Archiwum Geologicznego w Warszawie w trakcie trwania 5. rundy przetargowej.

Spis treści

1. WSTĘP 5

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM 5
Krystian Wójcik
1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE 8
Anna Gabryś-Godlewska, Dominika Kafara, Olimpia Kozłowska, Barbara Palacz

2. BUDOWA GEOLOGICZNA 16

2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ 16
Rafał Nasiłowski
2.2. TEKTONIKA 33
Rafał Nasiłowski
2.3. STRATYGRAFIA 36
Joanna Roszkowska-Remin, Teresa Podhalańska
2.3.1. EDIAKAR I KAMBR 36
2.3.2. ORDOWIK 39
2.3.3. SYLUR 45
2.3.4. PERM 51
2.3.5. TRIAS 59
2.3.6. JURA 60
2.3.7. KREDA 60
2.3.8. KENOZOIK 61
2.4. HYDROGEOLOGIA 61
Agnieszka Felter, Elżbieta Przytuła, Dorota Węglarz

3. SYSTEM NAFTOWY 71
Barbara Massalska, Joanna Roszkowska-Remin, Teresa Podhalańska

3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO 71
3.2. DOLNOPALEOZOICZNY SYSTEM NAFTOWY ZWIĄZANY Z PIASKOWCAMI KAMBRU ŚRODKOWEGO 77
3.2.1. SKAŁY MACIERZYSTE 77
3.2.2. SKAŁY ZBIORNIKOWE 79
3.2.3. PERSPEKTYWICZNOŚĆ KAMBRU ŚRODKOWEGO 83
3.2.4. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE 84
3.3. DOLNOPALEOZOICZNY NIEKONWENCJONALNY SYSTEM NAFTOWY NIŻSZEGO PALEOZOIKU TYPU *SHALE GAS* i *SHALE OIL* 85
3.3.1. MACIERZYSTOŚĆ SKAŁ ŁUPKOWYCH 86
3.3.2. CHARAKTERYSTYKA MINERALOGICZNA I ANALIZA KRUCHOŚCI PERSPEKTYWICZNYCH INTERWAŁÓW I FORMACJI ŁUPKOWYCH NIŻSZEGO PALEOZOIKU 98
3.3.3. WŁAŚCIWOŚCI PETROFIZYCZNE SKAŁ ŁUPKOWYCH NIŻSZEGO PALEOZOIKU NA OBSZARZE PRZETARGOWYM 104
3.3.4. OBJAWY, PRÓBY ZŁOŻOWE, ZABIEGI SZCZELINOWANIA 104
3.4. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW 106

4. ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW 114
Krystian Wójcik

5. OTWORY WIERTNICZE 115
Jowita Kumek, Joanna Roszkowska-Remin, Leszek Skowroński, Krystian Wójcik

5.1. INFORMACJE OGÓLNE 115
5.2. BORCZ-1 117
5.3. LEWINO-1G2 121
5.4. NIESTĘPOWO-1 122
5.5. MIŁOSZEWO ONZ-1 126
5.6. GAPOWO B-1/B-1A 128
5.7. MIŁOWO-1 132
5.8. TĘPCZ-1 135

6. SEJSMIKA 150
Sylwia Kijewska

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE 154
Olga Rosowiecka

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE 154
7.2. BADANIA MAGNETYCZNE 158
7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE 161

8. PODSUMOWANIE 163
Krystian Wójcik

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE 165

1. WSTĘP
1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy „Kartuzy“ ma powierzchnię 900,35 km^2 i obejmuje blok koncesyjny na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oznaczony numerem 49 (Fig. 1.1). Koordynaty geograficzne punktów załamania granic obszaru przetargowego są zdefiniowane w Tab. 1.1, a położenie tych punktów ilustruje Fig. 1.2.

Nr punktu	Współrzędne PL-92	
	X	Y
1	709648.50	467438.93
2	709994.91	434842.34
3	737770.93	435133.01
4	737259.22	467502.29
5	720361.13	467514.79

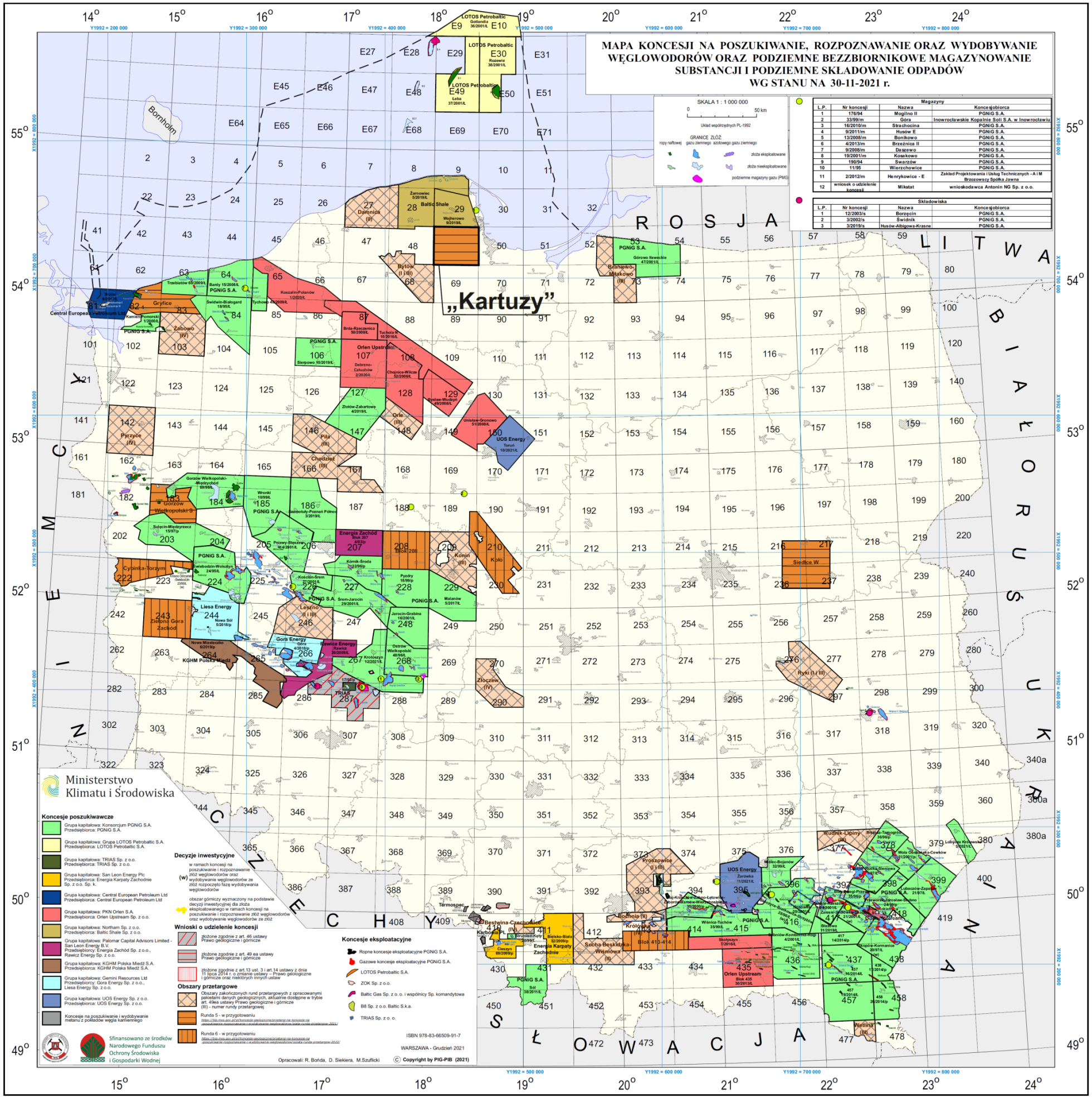
Tab. 1.1. Współrzędne punktów załamania granic obszaru przetargowego „Kartuzy” (Fig. 1.2).

W latach 2010–2017 obszar przetargowy „Kartuzy“ oraz obszary przyległe były objęte koncesjami węglowodorowymi, na których prace prowadziła firma PGNiG S.A.: „Kartuzy-Szemud” nr 72/2009/p, oraz firma Oculis Investments/Talisman Energy/Baltic Oil&Gas Sp. z o.o.: „Gdańsk W” nr 71/2009/p.

Obecnie w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru przetargowego znajduje się jedna koncesja Baltic Shale: „Wejherowo” nr 9/2019/Ł.

Jak dotąd, na obszarze przetargowym i w jego bliskim sąsiedztwie, nie udokumentowano złóż węglowodorów. Obszar „Kartuzy” jest jednak perspektywiczny dla poszukiwania niekonwencjonalnych i konwencjonalnych złóż gazu ziemnego i ropy naftowej w utworach kambru, ordowiku i syluru.

→**Fig. 1.1.** Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie złóż węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów wg stanu na 30.11.2021 r.



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	16/2010/m	Strachocina	PGNiG S.A.
4	9/2011/m	Husów E	PGNiG S.A.
5	13/2008/m	Bonikowo	PGNiG S.A.
6	4/2013/m	Brzeźnica II	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 - A i M Brzozowscy Spółka Jawna
12	wniosek o udzielenie koncesji	Mikstat	wnioskodawca Antonin NG Sp. z o.o.

Składowiska			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjobiorca
1	12/2003/s	Borzęcin	PGNiG S.A.
2	3/2002/s	Świdnik	PGNiG S.A.
3	3/2019/s	Husów-Albigowa-Krasne	PGNiG S.A.

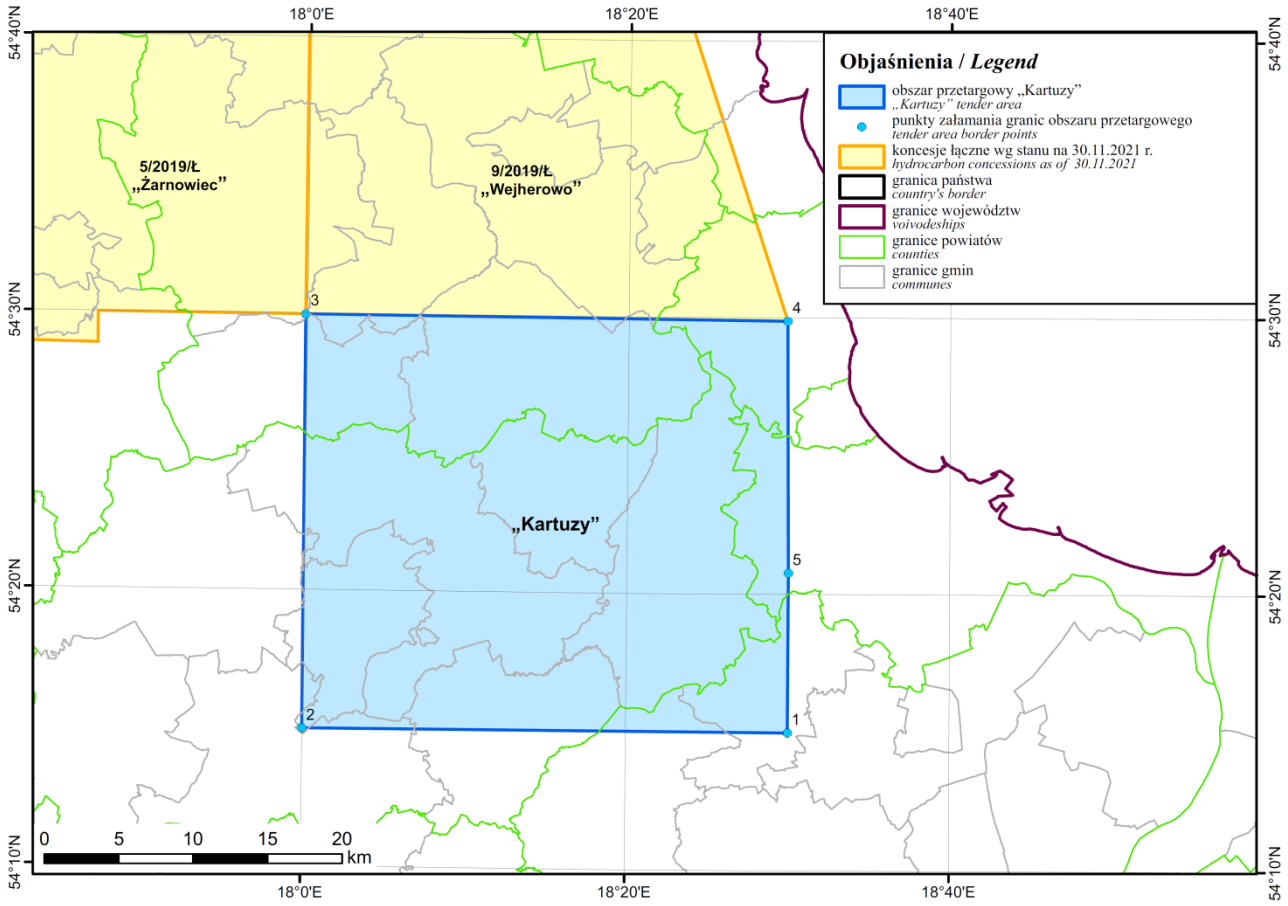


Fig. 1.2. Punkty załamania granic oraz pozycja obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle sąsiednich koncesji wg stanu na 30.11.2021 r.

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Położenie administracyjne

Obszar „Kartuzy" jest położony w granicach administracyjnych województwa pomorskiego. W obrębie obszaru przetargowego znajdują się tereny należące do 16 gmin (w tym 2 miejskich, 12 wiejskich i 2 miejsko-wiejskich), przy czym udział niektórych z nich w powierzchni całkowitej jest niewielki. Ponad 64% powierzchni obszaru „Kartuzy" jest położone w 4 gminach: Szemud, Kartuzy, Przodkowo, Żukowo. Największym ośrodkiem urbanizacyjnym jest Gdańsk, którego część znajduje się we wschodniej części obszaru. Całkowita powierzchnia miasta wynosi 262 km^2, zaś liczba jego mieszkańców przekracza 470 tys. (Bank Danych Lokalnych GUS, stan na 31.12.2019 r.). Gdańsk, razem z Gdynią i Sopotem, tworzą ośrodek metropolitalny, będący centrum aglomeracji trójmiejskiej. W jej skład, oprócz Trójmiasta, wchodzą również: Tczew, Pruszcz Gdański, Kartuzy, Żukowo, Rumia, Reda, Wejherowo, Puck, Władysławowo, Jastarnia i Hel oraz tereny wiejskie.

Sieć komunikacyjna

Dostępność komunikacyjną obszaru „Kartuzy" zapewnia przede wszystkim droga ekspresowa S6, będąca obwodnicą Trójmiasta. Na północy droga S6 łączy się z drogą krajową nr 6 na wysokości Gdyni, a na południu przechodzi w autostradę A1 od węzła Rusocin. Jej całkowita długość wynosi 38 km, z czego około 13 km przebiega przez północno-wschodnią część obszaru przetargowego. Obecnie w budowie znajduje się odcinek drogi S6 Szemud – Gdynia Wielki Kack o długości 20,1 km, którego oddanie do użytku zaplanowano na listopad 2021 r. Głównym celem budowanego odcinka jest stworzenie szybkiego połącznia między aglomeracją Trójmiasta a Szczecinem. W planach jest także wybudowanie fragmentu drogi S6 na trasie Chwaszczyno – Żukowo – Gdańsk Południe o łączonej długości około 39 km, która ma usprawnić ruch tranzytowy w kierunku Lęborka, Słupska i Koszalina. Obecnie ta część drogi S6 jest na etapie przetargu (http://www.s6szemud-gdynia.pl/).

Przez obszar przetargowy przechodzą również drogi krajowe nr 20 (od południowej granicy obszaru z Hopowa przez Żukowo do Gdyni Wielki Kack) oraz nr 7 (od Żukowa do węzła Gdańsk Karczemki), a także inne drogi sklasyfikowane jako wojewódzkie: DW nr 211 (prowadząca od zachodniej granicy obszaru z Miechucina przez Kartuzy do Żukowa), DW nr 224 (odcinek Somonino – Kartuzy – Przodkowo – Szemud), DW nr 228 (odcinek Brodnica Górna – Kartuzy) oraz DW nr 472 (prowadząca z Gdańska do portu lotniczego im. Lecha Wałęsy w Gdańsku). Uzupełnienie opisanego układu stanowią drogi powiatowe i gminne.

Elementem infrastruktury komunikacyjnej są również linie kolejowe. Biegnąca od Somonina do Gdyni linia nr 201 (Nowa Wieś Wielka – Gdynia Port) jest linią o znaczeniu państwowym, niezelektryfikowaną, jedno- i dwutorową, skategoryzowaną jako pierwszorzędna. Przez południowo-zachodnią część opisywanego terenu przebiega linia nr 229 (Pruszcz Gdański – Łeba) o znaczeniu miejscowym, jednotorowa i prawie w całości niezelektryfikowana. Przy wschodniej granicy obszaru „Kartuzy" znajduje się też niewielki fragment linii nr 248. Ponadto na omawianym terenie znajdują się drugorzędne, jednotorowe i niezelektryfikowane linie nr 214 Somonino – Kartuzy oraz nr 234 Kokoszki – Stara Piła.

We wschodniej części obszaru jest zlokalizowany Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy, trzecie co do wielkości lotnisko w Polsce, obsługujące zarówno loty krajowe, jak i międzynarodowe.

Infrastruktura techniczna

W granicach obszaru przetargowego znajdują się trzy linie elektroenergetyczne najwyższych napięć (400 kV). Linie Gdańsk Przyjaźń – Żydowo Kierzkowo oraz Pelplin – Gdańsk Przyjaźń znajdują się przy południowej granicy obszaru, a na wysokości Żukowa łączą się z linią Gdańsk Błonia/ Gdańsk I – Żarnowiec, która ciągnie się od Gdańska na północny zachód w kierunku Szemud. Z informacji publikowanych przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. wynika, że docelowo przez opisywany obszar przebiegać będą również dwie linie

elektroenergetyczne 400 kV relacji: SE Choczewo – SE Gdańsk Przyjaźń oraz SE Choczewo do linii SE Gdańsk Błonia – SE Grudziądz Węgrowo. Zakończenie prac budowlanych związanych z inwestycją jest planowane na 2028 rok.

Ponadto na omawianym terenie znajdują się nitki gazociągów gazu ziemnego wysokometanowego o średnicy 500 mm (relacji Włocławek – Gdynia), przechodzące południkowo przez wschodnią część obszaru. Od Pępowa, przez Grzybno, aż do miejscowości Garcz przebiega gazociąg wysokometanowego gazu o średnicy 150 mm (Zał. do Uchwały Rady Miejskiej w Kartuzach nr XV/205/2016 z 03.02.2016 r.).

Formy ochrony przyrody

Część terenów położonych w obrębie obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej, realizowanej na mocy przepisów ustawy o ochronie przyrody. Należą do nich m. in. dwa parki krajobrazowe, których fragmenty znajdują się w zachodniej części (Kaszubski Park Krajobrazowy) oraz przy północnej i zachodniej granicy obszaru (Trójmiejski Park Krajobrazowy). Ich łączna powierzchnia w stosunku do całości omawianego terenu wynosi 22%, ale biorąc pod uwagę, że dla obu parków wyznaczono otuliny, wartość ta wzrasta do niemal 43%.

Wśród obszarowych form chronionych zinwentaryzowano także 11 rezerwatów przyrody (w tym 4 leśne: Zamkowa Góra, Stare Modrzewie, Ostrzycki Las, Kacze Łęgi, 4 krajobrazowe: Jar Rzeki Raduni, Jar Reknicy, Lubygość i Staniszewskie Zdroje wraz z otuliną oraz 3 torfowiskowe: Żurawie Błota, Staniszewskie Błoto, Leśne Oczko), które łącznie zajmują niewielką powierzchnię (ok. 0,7%) w stosunku do powierzchni całkowitej obszaru przetargowego. Na terenie „Kartuz" znajduje się także 5 Obszarów Chronionego Krajobrazu: Kartuski, Otomiński, Doliny Łeby, Przywidzki oraz Doliny Raduni, zajmujących łącznie około 19% powierzchni. Mniejszy obszar zajmują natomiast położone w zachodniej i południowo-zachodniej części wydzielenia zespołów przyrodniczo-krajobrazowych (9% powierzchni obszaru): Dolina Łeby w Kpk, Rynna Dąbrowsko-Ostrzycka, Rynna Brodnicko-Kartuska, Rynna Mirachowska, Obniżenie Chmieleńskie, Rynna Raduńska oraz Rynna Potęgowska. Podobną powierzchnię (7%) zajmują obszary sieci Natura 2000 – na obszarze przetargowym znajduje się (w całości lub częściowo) 9 specjalnych obszarów ochrony (SOO) wyznaczonych w ramach tzw. dyrektywy siedliskowej (PLH220010 Hopowo, PLH220014 Kurze Grzędy, PLH220080 Prokowo, PLH220027 Staniszewskie Błoto, PLH220075 Mechowiska Zęblewskie, PLH220008 Dolina Reknicy, PLH220006 Dolina Górnej Łeby, PLH220011 Jar Rzeki Raduni, PLH220095 Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego) oraz 1 obszar specjalnej ochrony (OSO) utworzony w oparciu o tzw. dyrektywę ptasią (PLB220008 Lasy Mirachowskie). Wśród innych form chronionych wyróżnić można 21 użytków ekologicznych oraz 682 obiekty uznane za pomniki przyrody, wśród których 12 to głazy narzutowe, zaś pozostałe to rosnące pojedynczo lub w większych skupiskach drzewa (np. Klukowskie lipy na ul. Astronautów w Klukowie).

Poza opisanymi powyżej formami chronionymi, za cenne przyrodniczo należy uznać zwarte areały gruntów ornych wysokich klas bonitacyjnych, pokrywające 16,7% obszaru. Poza nimi, w dolinie rzeki Łeby na wysokości Nowej Huty oraz w dolinie Raduni na odcinku Niestępowo – Rębiechowo, a także w północno-wschodniej części terenu, występują łąki wykształcone na glebach pochodzenia organicznego. W strukturze zagospodarowania terenu uwagę zwracają także kompleksy leśne – stanowią one część opisanych powyżej obszarów prawnie chronionych, a niektóre – na mocy rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 25 sierpnia 1992 r. (Dz. U. z 1992 r., Nr 67, poz. 337) – posiadają status lasów ochronnych. Zwarte kompleksy leśne występują głównie w centralnej i południowej części obszaru „Kartuzy", a także przy jego północno-wschodniej granicy.

Złoża kopalin

Na obszarze przetargowym „Kartuzy" znajdują się 63 złoża kopalin udokumentowane i zestawione w bazie danych MIDAS (2021). Kopalinami rozpoznanymi są tu głównie kruszywa naturalne (58 złóż), w 4 złożach występują surowce ilaste ceramiki budowalnej, a w jednym złożu –

piasek kwarcowy do produkcji cegły wapienno-piaskowej. W granicach obszaru przetargowego są zlokalizowane także obszary perspektywiczne dla wystąpień piasków (33), piasków i żwirów, żwirów, a także torfów, kredy jeziornej, iłów i łupków ilastych ceramiki budowlanej oraz jeden obszar perspektywiczny dla soli kamiennej. Obszary prognostyczne wyznaczono dla torfów (38 obszarów) i piasków (4 obszary), a także po jednym obszarze dla soli kamiennej oraz iłów i łupków ilastych ceramiki budowlanej. Złoża kopalin zestawiono w Tab. 1.2.

Uwarunkowania środowiskowe obszaru przetargowego „Kartuzy" zostały podsumowane w Tab. 1.3 i na Fig. 1.3.

ID złoża	Nazwa złoża	Typ kopaliny
2182	Somonino	surowce ilaste ceramiki budowlanej
2185	Bysewo	surowce ilaste ceramiki budowlanej
2702	Kiełpino	piaski kwarcowe d/p cegły wapienno-piaskowej
2870	Pręgowo	kruszywa naturalne
3011	Bysewo - zarej.	surowce ilaste ceramiki budowlanej
3546	Kiełpino	kruszywa naturalne
4549	Kiełpino Górne	kruszywa naturalne
4555	Borowiec Pole Banino	kruszywa naturalne
5135	Kosowo	kruszywa naturalne
5671	Kiełpino II	kruszywa naturalne
5680	Barniewice	kruszywa naturalne
5684	Pręgowo Dolne	kruszywa naturalne
5695	Bielkówko	kruszywa naturalne
5849	Borowiec	kruszywa naturalne
6135	Wielki Kack	kruszywa naturalne
6838	Bysewo II	surowce ilaste ceramiki budowlanej
7829	Kamień I	kruszywa naturalne
7831	Kosowo I	kruszywa naturalne
7836	Żukowo-Wieś	kruszywa naturalne
8076	Głazica V	kruszywa naturalne
8447	Skrzeszewo Żukowskie II	kruszywa naturalne
9480	Borowiec I p. A	kruszywa naturalne
10031	Marszewo	kruszywa naturalne
10264	Niestępowo II	kruszywa naturalne
10705	Barniewice I	kruszywa naturalne
11039	Glincz	kruszywa naturalne
11148	Przyjaźń	kruszywa naturalne
11154	Donimierz I	kruszywa naturalne
12081	Somonino I	kruszywa naturalne
13164	Kosowo II	kruszywa naturalne
14277	Łączyno VI	kruszywa naturalne
14292	Szemud I	kruszywa naturalne
14332	Kawle Dolne II	kruszywa naturalne
14333	Kawle Dolne I	kruszywa naturalne
14526	Kawle Dolne IV	kruszywa naturalne
14528	Kawle Dolne III	kruszywa naturalne
14961	Glincz II	kruszywa naturalne
15118	Donimierz II	kruszywa naturalne
15288	Glincz III	kruszywa naturalne
15643	Glincz V	kruszywa naturalne
15800	Tokary	kruszywa naturalne
16787	Barniewice II	kruszywa naturalne
16882	Tuchom	kruszywa naturalne
16897	Przyjaźń I	kruszywa naturalne
17179	Przodkowo	kruszywa naturalne
17409	Donimierz III	kruszywa naturalne
17631	Tuchom I	kruszywa naturalne
17733	Łączyno VIII	kruszywa naturalne

17963	Żukowo	kruszywa naturalne
18032	Szemud III	kruszywa naturalne
18229	Przodkowo I	kruszywa naturalne
18402	Czeczewo V	kruszywa naturalne
18502	Skrzeszewo III	kruszywa naturalne
18677	Głazica VIII	kruszywa naturalne
18873	Glincz VI	kruszywa naturalne
18912	Glincz VII	kruszywa naturalne
19025	Niestępowo III	kruszywa naturalne
19038	Przyjaźń IV	kruszywa naturalne
19076	Przyjaźń II	kruszywa naturalne
19192	Przyjaźń III	kruszywa naturalne
19437	Glincz VIII	kruszywa naturalne
19713	Kobysewo II	kruszywa naturalne
19985	Będargowo	kruszywa naturalne

Tab. 1.2. Złoża kopalin na obszarze przetargowym „Kartuzy" według bazy MIDAS, 2021.

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „KARTUZY"				
1.	**LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE**	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1 : 50 000	Sierakowice 24, Kartuzy 25, Chwaszczyno 26, Gdańsk 27, Gowidlino 52, Somonino 53, Kolbudy Górne 54, Pruszcz Gdański 55	
2.	**POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE**	**Województwo**	**pomorskie**	
		Powiat	**Gdynia**	
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	m. Gdynia (3,89%)	
		Powiat	**Gdańsk**	
		Gmina	m. Gdańsk (4,26%)	
		Powiat	**gdański**	
		Gmina	Kolbudy (3,63%), Przywidz (1,33%)	
		Powiat	**kartuski**	
		Gmina	Żukowo (18,18%), Stężyca (0,84%), Chmielno (8,13%), Kartuzy (20,21%), Sierakowice (0,12%), Somonino (6,90%), Przodkowo (9,46%)	
		Powiat	wejherowski	
		Gmina	Linia (5,44%), Szemud (16,61%), Wejherowo (0,12%), Łęczyce (0,0006%), Luzino (0,88%)	
3.	**REGIONALIZACJA FIZYCZNO-GEOGRAFICZNA (WG KONDRACKIEGO, 2013 ORAZ SOLONA i in., 2018)**	Makroregion	Pojezierze Wschodniopomorskie (314.5)	
		Mezoregion	Pojezierze Kaszubskie (314.51)	
4.	**WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO**	Układ PL-1992 [X; Y]	709648.50	467438.93
			709994.91	434842.34
			737770.93	435133.01
			737259.22	467502.29
			720361.13	467514.79
5.	**POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO**	[km^2]	900,35	
6.	**CEL KONCESJI**		poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż	
7.	**WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ**		kambr, ordowik, sylur	
8.	**PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:**	[tak/ nie]		
	Parki Narodowe	jeśli „tak" to: nazwa	nie	

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „KARTUZY”			
	Rezerwaty	obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Zamkowa Góra (<1%), Stare Modrzewie (<1%), Ostrzycki Las (<1%), Kacze Łęgi (<1%), Jar Rzeki Raduni (<1%), Jar Reknicy (<1%), Lubygość (<1%), Staniszewskie Zdroje (<1%), Żurawie Błota, (<1%) Staniszewskie Błoto (<1%), Leśne Oczko (<1%)
	Parki Krajobrazowe		Kaszubski Park Krajobrazowy (19,3%) wraz z otuliną (10,1%), Trójmiejski Park Krajobrazowy (2,7%) wraz z otuliną (10,8%)
	Obszary chronionego krajobrazu		Kartuski OChK (7,4%), Otomiński OChK (1,4%, OChK Doliny Łeby (2%), Przywidzki OChK (5,4%), OChK Doliny Raduni (2,6%)
	Natura 2000 – SOO		PLH220010 Hopowo (<1%), PLH220014 Kurze Grzędy (<1%), PLH220080 Prokowo (1%), PLH220027 Staniszewskie Błoto (1%), PLH220075 Mechowiska Zęblewskie (<1%), PLH220008 Dolina Reknicy (<1%), PLH220006 Dolina Górnej Łeby (2%), PLH220011 Jar Rzeki Raduni (<1%), PLH220095 Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego (1,4%)
	Natura 2000 – OSO		PLB220008 Lasy Mirachowskie (3,1%)
	Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		Dolina Łeby w Kpk (3,3%), Rynna Dąbrowsko-Ostrzycka (<1%), Rynna Brodnicko-Kartuska (1%), Rynna Mirachowska (<1%), Obniżenie Chmieleńskie (1,3%), Rynna Raduńska (2%), Rynna Potęgowska (<1%)
	Użytki ekologiczne	[tak (ilość)/ nie]	tak (21)
	Pomniki przyrody		tak (682)
	Stanowiska dokumentacyjne		nie
9.	**GLEBY CHRONIONE**	[tak/ nie]	tak
10.	**KOMPLEKSY LEŚNE**	[tak/ nie]	tak
11.	**LASY OCHRONNE**	[tak (powierzchnia,% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)/ nie]	tak (104,8 km^2, 11,6%)
12.	**OBIEKTY DZIEDZICTWA KULTUROWEGO** *Zabytki archeologiczne*	[tak (ilość)/ nie]	tak (57)
		Grodzisko	9
		Osada	8
		Cmentarzysko	36
		inne	4 – miejsce produkcji
13.	**GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH**	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	tak (GZWP nr 111 „Subniecka Gdańska”, kreda górna)
14.	**STREFY OCHRONNE UJĘĆ WOD**	[tak / nie]	tak
15.	**STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ**	[tak/ nie]	nie
16.	**TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI**	[tak/ nie]	tak
17.	**UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN**	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (kruszywo naturalne, surowce ilaste ceramiki budowlanej, piaski kwarcowe do produkcji cegły wapienno-piaskowej)
18.	**OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN (z wyłączeniem węglowodorów)**	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (torfy, piaski, piaski i żwiry, żwiry, kreda jeziorna, iły i łupki ilaste ceramiki budowlanej, sól kamienna)
19.	**SIECI PRZESYŁOWE GAZU**	[tak/ nie]	tak

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „KARTUZY”			
20.	**PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU**	[tak/ nie]	nie
21.	**DATA WYPEŁNIENIA KARTY**	08.03.2021 r.	
22.	**ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH**	Barbara Palacz, Dominika Kafara	

Tab. 1.3. Karta uwarunkowań środowiskowych obszaru przetargowego „Kartuzy”.

→**Fig. 1.3.** Mapa środowiskowa obszaru „Kartuzy”.

Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2021

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

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

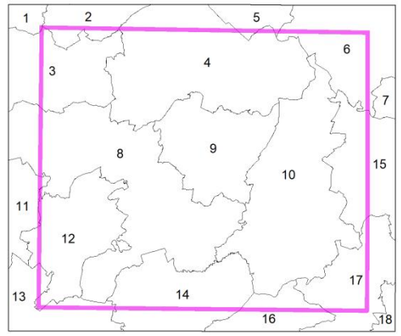
Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Mapa środowiskowa obszaru "Kartuzy"

Environmental Map of the "Kartuzy" area

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

Położenie obszaru przetargowego na tle podziału administracyjnego
Location of tender area on administrative division map



woj. pomorskie
powiat wejherowski
1 - gm. Łęczyce
2 - gm. Luzino
3 - gm. Linia
4 - gm. Szemud
5 - gm. Wejherowo
powiat Gdynia
6 - m. Gdynia
powiat Sopot
7 - m. Sopot
powiat kartuski
8 - gm. Kartuzy
9 - gm. Przodkowo
10 - gm. Żukowo
11 - gm. Sierakowice
12 - gm. Chmielno
13 - gm. Stężyca
14 - gm. Somonino
powiat Gdański
15 - m. Gdańsk
powiat gdański
16 - gm. Przywidz
17 - gm. Kolbudy
18 - gm. Pruszcz Gdański

Położenie obszaru przetargowego na arkuszach 1:50 000
Location of tender area on maps with a scale of 1:50 000

13 Łęczyce (Tawęcino)	14 Wejherowo	15 Rumia	16 Gdynia
24 Sierakowice	25 Kartuzy	26 Żukowo (Chwaszczyno)	27 Gdańsk
52 Stężyca (Gowidlino)	53 Egiertowo (Somonino)	54 Dzierzążno (Kolbudy Górne)	55 Pruszcz Gdański

Zestawienie danych oraz redakcja komputerowa mapy: *Barbara Palacz*
Data compilation and map edition:

Weryfikacja: *Anna Gabryś-Godlewska*
Verification:

Objaśnienia do Mapy środowiskowej obszaru "KARTUZY"

Legend of the Environmental Map of the "KARTUZY" area

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

(based on MGśP database)*

ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

MINERAL DEPOSIT AND PERSPECTIVE AREA'S, PROGNOSTIC AREA'S FOR DOCUMENTING DEPOSITS

- kreda jeziorna i gytia — lacustrine chalk and gyttja
- iły i łupki ilaste — clay and claystone
- gliny — tills
- piaski i żwiry — sands and gravels
- piaski — sands
- torfy — peat
- granica złoża — deposit boundary
- granica obszaru prognostycznego — prognostic area boundary
- granica zweryfikowanego obszaru prognostycznego — verified prognostic area boundary
- granica obszaru perspektywicznego — perspective area boundary
- złoże o powierzchni ⩽ 5 ha — deposit with area ⩽ 5 ha
- 2182 — identyfikator z bazy MIDAS złoża małokonfliktowego — ID from the MIDAS database of the small environmental conflict
- 2185 — identyfikator z bazy MIDAS złoża konfliktowego — ID from the MIDAS database of the environmental conflict

GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

MINING AND MINERAL PROCESSING

- granica obszaru górniczego — boundary of the mining area
- granica terenu górniczego — boundary of the mining terrain
- obszar i teren górniczy złoża o powierzchni ⩽ 5 ha — area and terrain of the deposit with area ⩽ 5 ha
- pż — punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny (pż - rodzaj kopaliny) — point of unlicensed exploitation of a mineral (type of mineral)

Symbol kopaliny:
Mineral symbol:

- Na - sole kamienne — rock salt
- kj - kreda jeziorna i gytia — lacustrine chalk and gyttja
- i(ic) - surowce ceramiki budowlanej — building ceramics raw materials
- g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu — clayey raw materials for varius applications
- ż - żwiry — gravels
- pż - piaski i żwiry — sands and gravels
- p - piaski — sands
- t - torfy — peat

Symbol jednostki stratygraficznej:
Symbol of the stratigraphic unit:

- Q - czwartorzęd — Quaternary
- Ng - neoogen — Neogene
- Pg - paleogen — Paleogene
- Cr - kreda — Cretaceous
- P - perm — Permian

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

SURFACE AND UNDERGROUNG WATERS

- obszary dolinne zagrożone podtopieniami — valley flood hazard area
- granica działu wodnego pierwszego rzędu — water divide of first rank
- granica działu wodnego drugiego rzędu — water divide of second rank
- granica działu wodnego trzeciego rzędu — water divide of third rank
- granica działu wodnego czwartego rzędu — water divide of fourth rank
- 111 — granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem — principle boundary aquifer with ID number
- granica strefy ochronnej "C" uzdrowiska — boundary of "C" protected area within resort
- granica strefy ochrony ujęcia wód — water intake protected area boundary
- Q — granica leja depresyjnego wywołanego eksploatacją wód podziemnych (Q - wiek eksploatowanych utworów) — boundary of a cone depression caused by water exploitation (Q - age of exploited rocks)
- źródło — spring
- Zb. Goszyński — zbiornik retencyjny wraz z jego nazwą — water reservoir with its name
- SOPOT — uzdrowisko — resort
- kp — ujęcie wód powierzchniowych (k - komunalne, p - przemysłowe) — surface water intake (k - municipal, p - industrial)
- p/Q — ujęcie wód podziemnych o wydajności 25 - 50 m³/h* (k - komunalne, p - przemysłowe, Q - wiek ujmowanych utworów) — underground water intake with capacity 25 - 50 m³/h* (k - municipal, p - industrial, Q - age of exploited rocks)
- k/Q — ujęcie wód podziemnych o wydajności ⩾ 50 m³/h — underground water intake with capacity ⩾ 50 m³/h

* tylko ujęcia posiadające ustanowioną strefę ochrony pośredniej
* applies to intakes with an established intermediate protection zone

WARUNKI PODŁOŻA BUDOWLANEGO

BUILDING SUBSTRATE CONDITIONS

- tereny osuwiskowe i zagrożone ruchami masowymi — landslides and mass movements hazard area
- granice opracowań atlasów geologiczno-inżynierskich aglomeracji miejskich — boundaries of studies of geological and engineering of urban agglomerations

OCHRONA PRZYRODY, KRAJOBRAZU I DZIEDZICTWA KULTUROWEGO

PROTECTION OF NATURE, LANDSCAPE AND CULTURAL HERITAGE

- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych) — arable land (class I-IVa)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego — meadows on organic soils
- lasy — forests
- lasy ochronne — protected forests
- zieleń urządzona — urban greenery
- granice terenów zarządzanych przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych — boundary of areas managed by General Directorate of the State Forests
- granica parku krajobrazowego; nazwa parku — boundary of landscape park; park name
- granica strefy ochronnej (otuliny) parku krajobrazowego — boundary of buffer zone of landscape park; park name
- granica obszaru chronionego krajobrazu; nazwa obszaru — boundary of protected landscape area; area name
- granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego, nazwa zespołu — boundary of nature and landscape complex; complex name
- Fl — granica rezerwatu przyrody (Fl - florystyczny, Fn - faunistyczny, K - krajobrazowy, L - leśny, N - przyrody nieożywionej, T - torfowiskowy) — boundary of natural reserve (Fl - floristic, Fn - faunistic, K - landscape, L - forests, N - inimate nature, T - peat)
- granica strefy ochronnej (otuliny) rezerwatu przyrody — boundary of buffer zone of natural reserve
- aleja drzew pomnikowych — avenue of monumental trees
- Obszary Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru — Natura 2000 ecological network; area code
- Fl — rezerwat przyrody lub obszar ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego o powierzchni ⩽ 5 ha — boundary of natural reserve or strict nature reserve within national park with area ⩽ 5 ha
- n — pomnik przyrody żywej (n - liczba obiektów) — animate nature monument (n - number of objects)
- pomnik przyrody nieożywionej — inanimate nature monument
- użytek ekologiczny — ecological use
- użytek ekologiczny o powierzchni ⩽ 5 ha — ecological use with area ⩽ 5 ha
- geostanowisko o znaczeniu krajowym — geosite of national importance
- geostanowisko o znaczeniu regionalnym — geosite of regional importance
- jaskinia niezakwalifikowana jako pomnik przyrody — cave, not qualified as natural monument
- głaz narzutowy o średnicy >1,5 m niezakwalifikowany jako pomnik przyrody — glacial eratic less than 1.5m in diameter, not qualified as natural monument
- n — stanowisko archeologiczne (n - liczba obiektów) — archeological site (n - number of objects)

INFORMACJE DODATKOWE

ADDITIONAL INFORMATIONS

- granica powiatu — county boundary
- granica gminy, miasta — commune or town boundary
- S6 — oś autostrady lub drogi szybkiego ruchu — highway or express route
- S6 — oś projektowanej autostrady lub drogi szybkiego ruchu — planned highway or express route
- KOLBUDY — siedziba urzędu gminy, miasta — commune or town office headquarter
- sieć gazociągów przesyłowych — natural gas pipeline network
- sieć elektroenergetyczna najwyższych napięć — high-voltage power network
- granica obszaru przetargowego — boundary of tender area

** Wykorzystano informacje udostępniane przez: RZGW, GDOŚ, GDLP, IMGW-PIB, NID, PSE, GAZ-SYSTEM, urzędy morskie oraz z baz danych PSG i PSH w PIG-PIB*

** Data source: RZGW, GDOŚ, GDLP, IMGW-PIB, NID, PSE, GAZ-SYSTEM, maritime offices and from database of PSG and PSH*

2. BUDOWA GEOLOGICZNA
2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

W budowie geologicznej obszaru przetargowego „Kartuzy" wyróżnia się kraton wschodnioeuropejski oraz zalegającą na nim pokrywę osadową. W obrębie omawianego obszaru występują cztery piętra strukturalne. Najstarszym jest piętro prekambryjskie (podłoże kratoniczne), a na nim spoczywają trzy kolejne piętra: kaledońskie (ediakar i niższy paleozoik), laramijskie (perm i mezozoik) oraz najmłodsze piętro kenozoiczne (Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.1–2.2). W obrębie poszczególnych pięter strukturalnych rozpoznano kilka regionalnych luk erozyjnych, brak w profilu m.in. utworów tremadoku, dewonu i karbonu, środkowego triasu – środkowej jury, górnej jury – dolnej kredy, górnej kredy – neogenu. Najdłuższa luka stratygraficzna – dewońsko-karbońska – rozdziela piętro kaledońskie od laramijskiego (Podhalańska i in., 2018).

Najstarsze piętro strukturalne obejmuje krystaliczne podłoże kratonu wschodnieuropejskiego, które należało do fennoskandzkiej części paleokontynentu Bałtyki (Bogdanova i in., 2005). Strop fundamentu krystalicznego podnosi się ku północy i północnemu-wschodowi. Obszar przetargowy „Kartuzy", znajduje się w domenie dobrzyńskiej, w południowej jego części występują mezoproterozoiczne intruzje (monzonity), zaś w północnej – paleoproterozoiczne paragnejsy (Krzemińska i Krzemiński, 2017). Prekambryjskie piętro strukturalne ilustrują:

- mapa podłoża krystalicznego i podziału na główne domeny skorupowe (Krzemińska i Krzemiński, 2017; Fig. 2.3–2.4),
- mapa horyzontu sejsmicznego prekambru (Kasperska i in., 2019; Fig. 2.5),
- przekrój geologiczny i profile sejsmiczne (Fig. 2.17).

Na krystalicznym fundamencie kratonu wschodnioeuropejskiego występują ediakarskie i dolnopaleozoiczne sukcesje osadowe piętra kaledońskiego, deponowane wzdłuż zachodniego skłonu kratonu. Tworzą one strukturę zwaną syneklizą perybałtycką (Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.1–2.2). Powierzchnie poszczególnych wydzieleń dolnego paleozoiku podnoszą się w kierunku północnym (Fig. 2.17). Kaledońskie piętro strukturalne ilustrują:

- mapa powierzchni stropu kambru (Poprawa i Kiersnowski, 2010; Fig. 2.6),
- mapa powierzchni stropu ordowiku (Papiernik i Michna, 2019; Fig. 2.7),
- mapa powierzchni stropu karadoku (Poprawa, 2019; Fig. 2.8),
- mapa powierzchni poddewońskiej (Poprawa, 2019; Fig. 2.9),
- mapa geologiczna obniżenia bałtyckiego bez skał permu i mezozoiku (Pokorski i Modliński, 2007; Fig. 2.10),
- mapa horyzontów sejsmicznych kambru i ordowiku (Kasperska i in., 2019; Fig. 2.11),
- mapa ścięcia poziomego -3000 m n.p.m. (Kotański, 1997; Fig. 2.12),
- przekrój geologiczny i profile sejsmiczne (Fig. 2.17).

Powyżej pietra kaledońskiego niezgodnie zalegają skały permsko-mezozoiczne monokliny mazursko-podlaskiej, nieznacznie zaburzone w wyniku staroalpejskich (laramijskich) ruchów tektonicznych (Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.2). W świetle regionalizacji tektonicznej Polski obszar przetargowy jest zlokalizowany na pograniczu wspomnianej monokliny i synklinorium kościerzyńsko-puławskiego – segment kościerzyński (Żelaźniewicz i in., 2011). Granica pomiędzy synklinorium a monokliną jest dyskusyjna. Skały permsko-mezozoiczne w granicach obszaru przetargowego generalnie zapadają w tym samym kierunku – na południe. Laramijskie piętro strukturalne obszaru „Kartuzy" ilustrują:

- mapa powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2008; Fig. 2.13),
- mapa powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2008; Fig. 2.14),
- mapa horyzontu sejsmicznego jury (Kasperska i in., 2019; Fig. 2.15),
- mapa geologiczna bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000; Fig. 2.16),
- przekrój geologiczny i profile sejsmiczne (Fig. 2.17).

Na powierzchni całego obszaru przetargowego niezgodnie leżą utwory kenozoiku.

W dalszej części rozdziału przedstawiono charakterystykę poszczególnych wydzieleń stratygraficznych. Do opisu stratygrafii i lito-

logii obszaru przetargowego „Kartuzy” wykorzystano dane z otworów położonych w jego granicach, a także w jego bliższym, jak i w dalszym sąsiedztwie. Są to: Borcz-1, Gapowo B-1, B-1A, Lewino-1G2, Miłoszewo ONZ-1, Miłowo-1, Niestępowo-1, Tępcz-1.

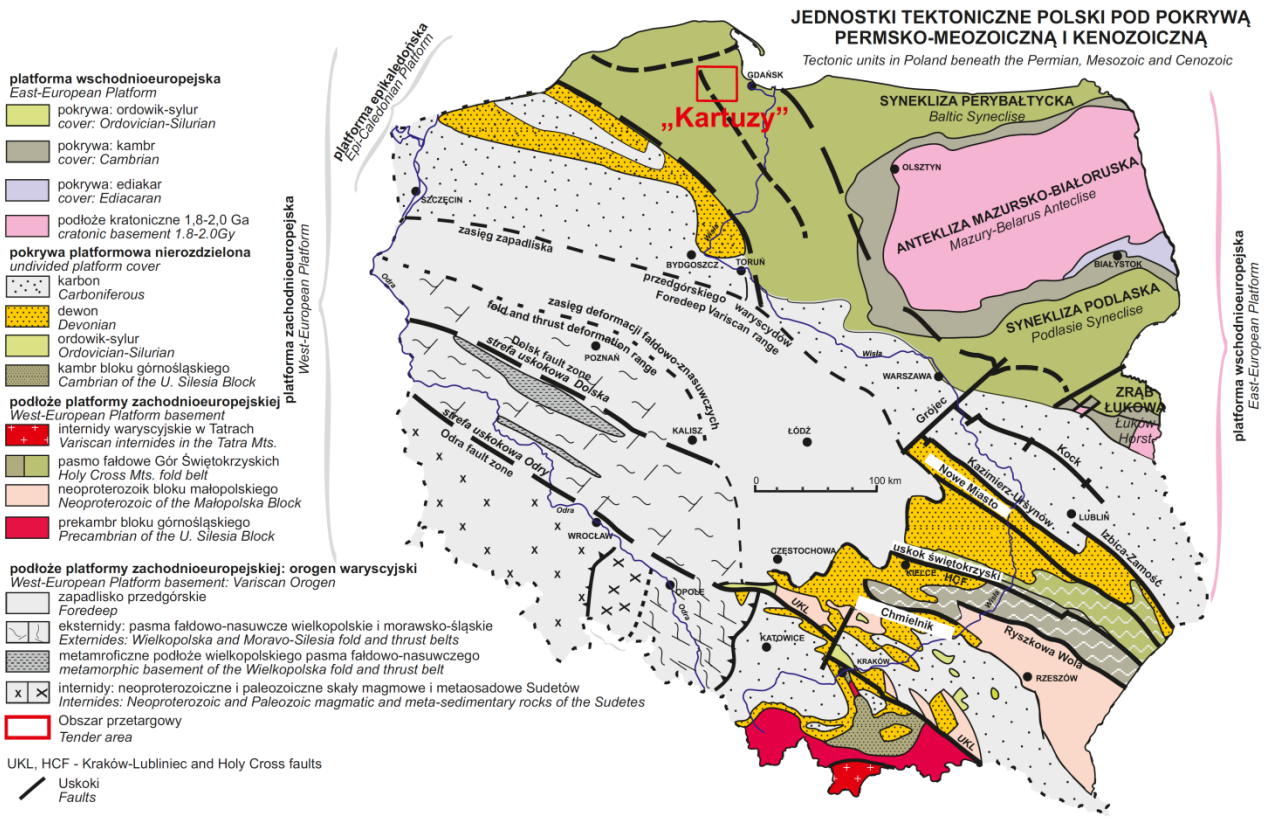


Fig. 2.1. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy” na tle mapy głównych jednostek tektonicznych Polski pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną (Żelaźniewicz i in., 2011).

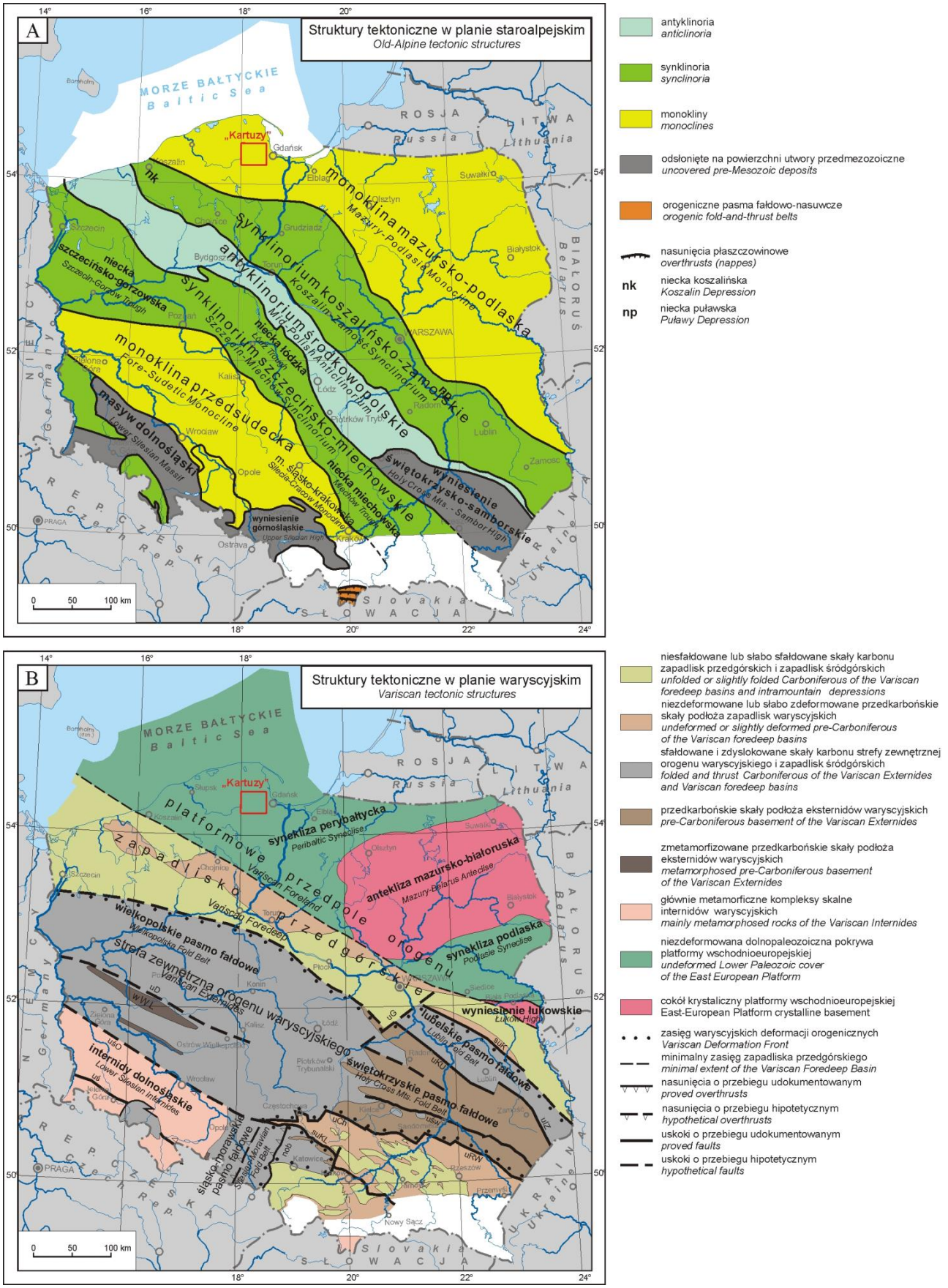


Fig. 2.2. A. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" (czerwony kontur) na szkicu głównych jednostek tektonicznych Niżu Polskiego na powierzchni podkenozoinczej (Nawrocki i Becker, 2017). **B**. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" (czerwony konur) na szkicu głównych jednostek waryscyjskiego planu tektonicznego (Nawrocki i Becker, 2017).

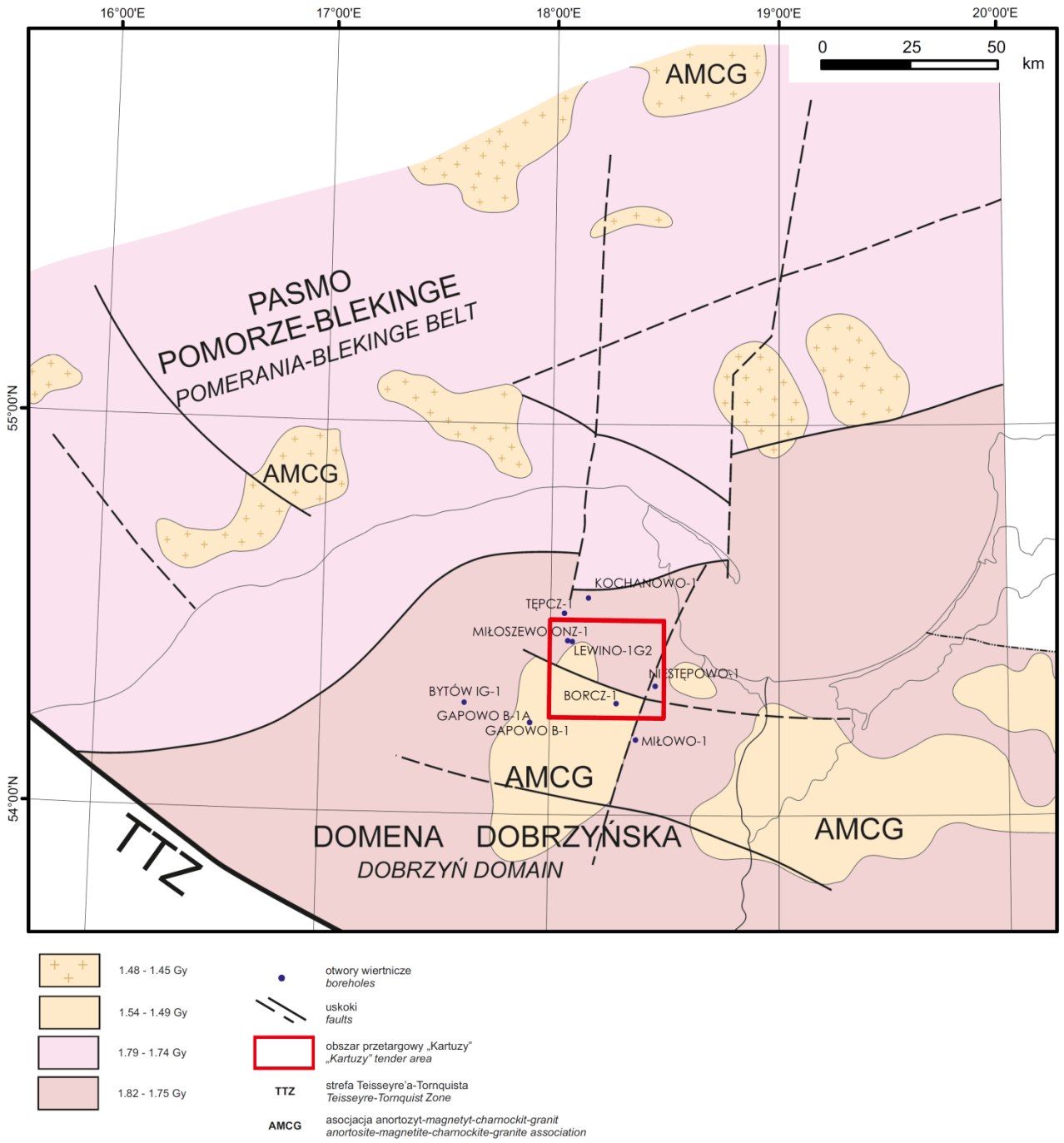


Fig. 2.3. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle mapy głównych domen skorupowych podłoża krystalicznego polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego (Krzemińska i Krzemiński., 2017).

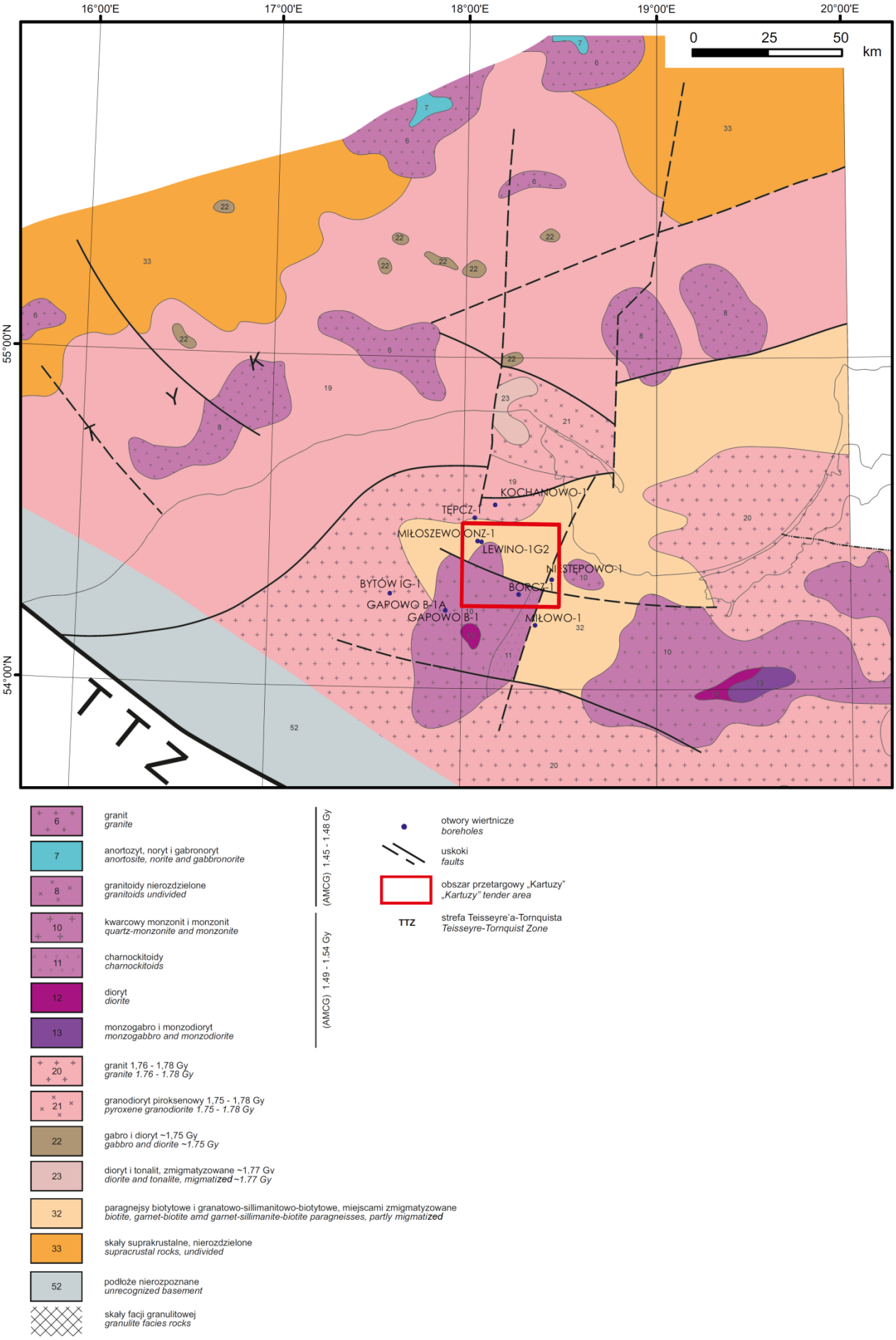


Fig. 2.4. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle mapy geologicznej podłoża krystalicznego Polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego (Krzemińska i Krzemiński, 2017).

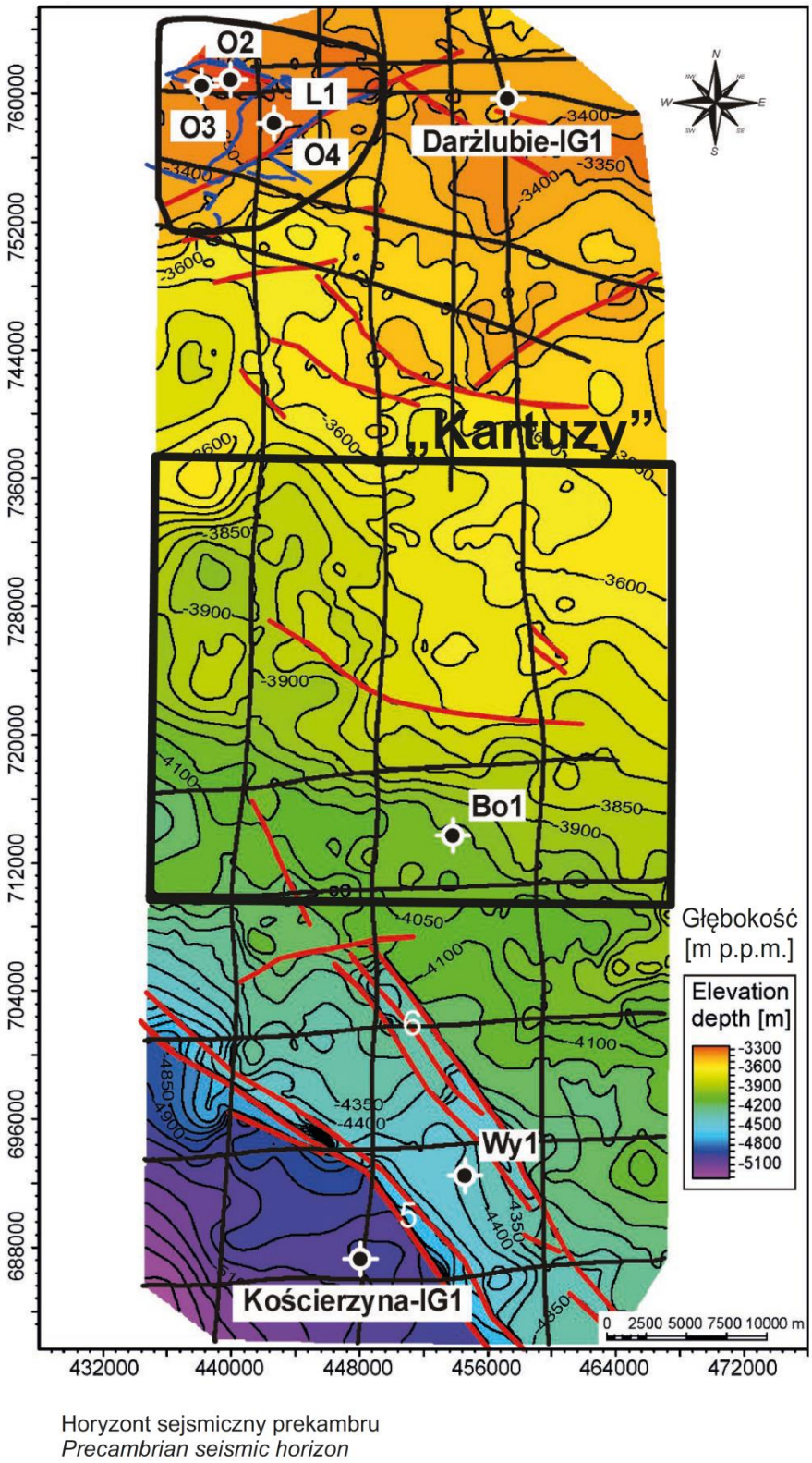


Fig. 2.5. Obszar przetargowy „Kartuzy" (czarny kontur) na tle mapy horyzontu sejsmicznego prekambru (Kasperska i in., 2019). Otwory wiertnicze: O2 – Opalino-2, O3 – Opalino-3, O4 – Opalino-4, L1 – Lewino-1G2, Bo1 – Borcz-1, Wy1 – Wysin-1.

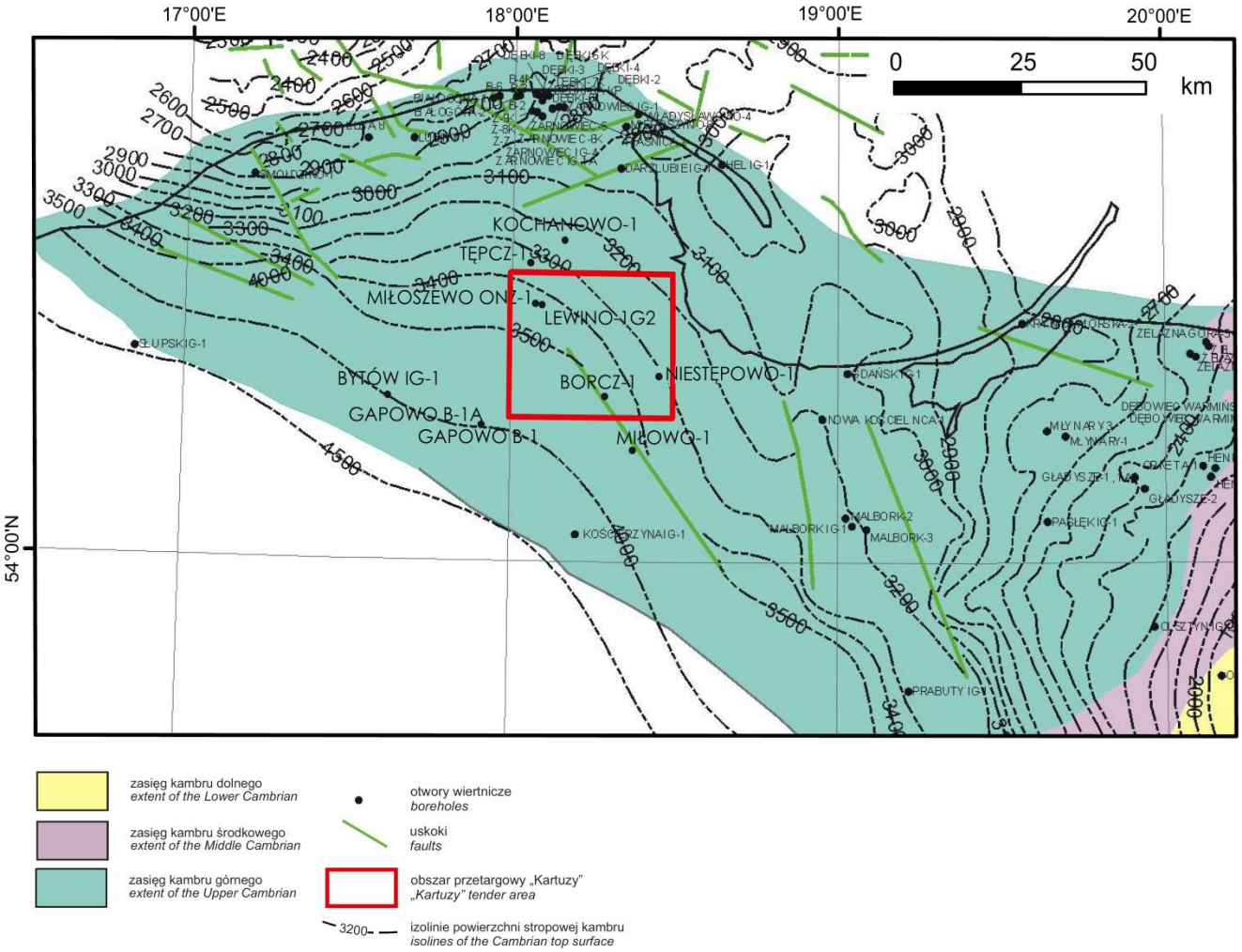


Fig. 2.6. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy strukturalnej stropu kambru (Poprawa i Kiersnowski, 2010).

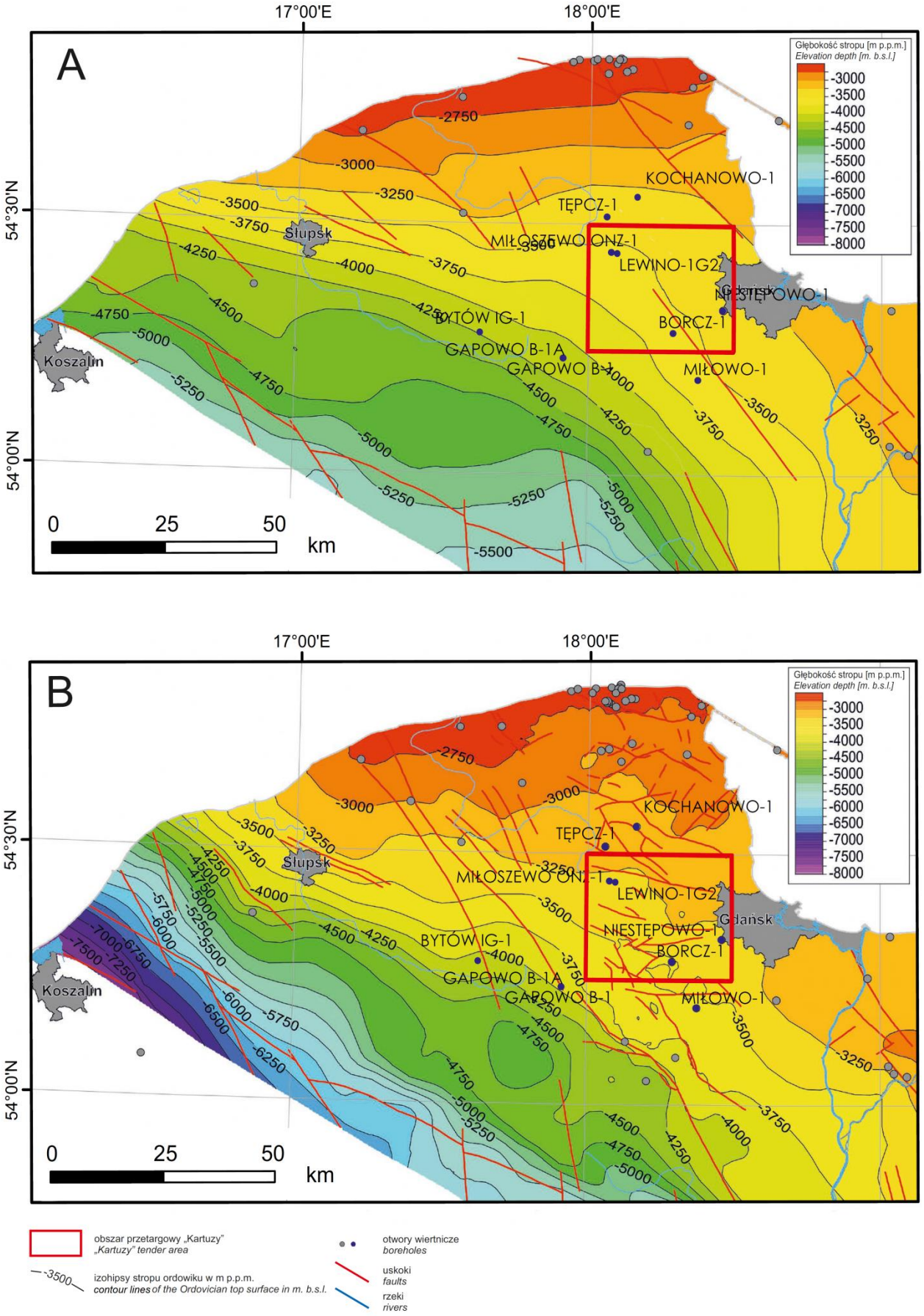


Fig. 2.7. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy stropu ordowiku w centralnej części syneklizy perybałtyckiej (Papiernik i Michna, 2019). **A**. Oryginalna mapa trendu. **B**. Mapa wynikowa zaktualizowana o wyniki wstępnej interpretacji sejsmicznej. Otwory wiertnicze oznaczone ciemniejszą barwą są analizowane w niniejszej pracy.

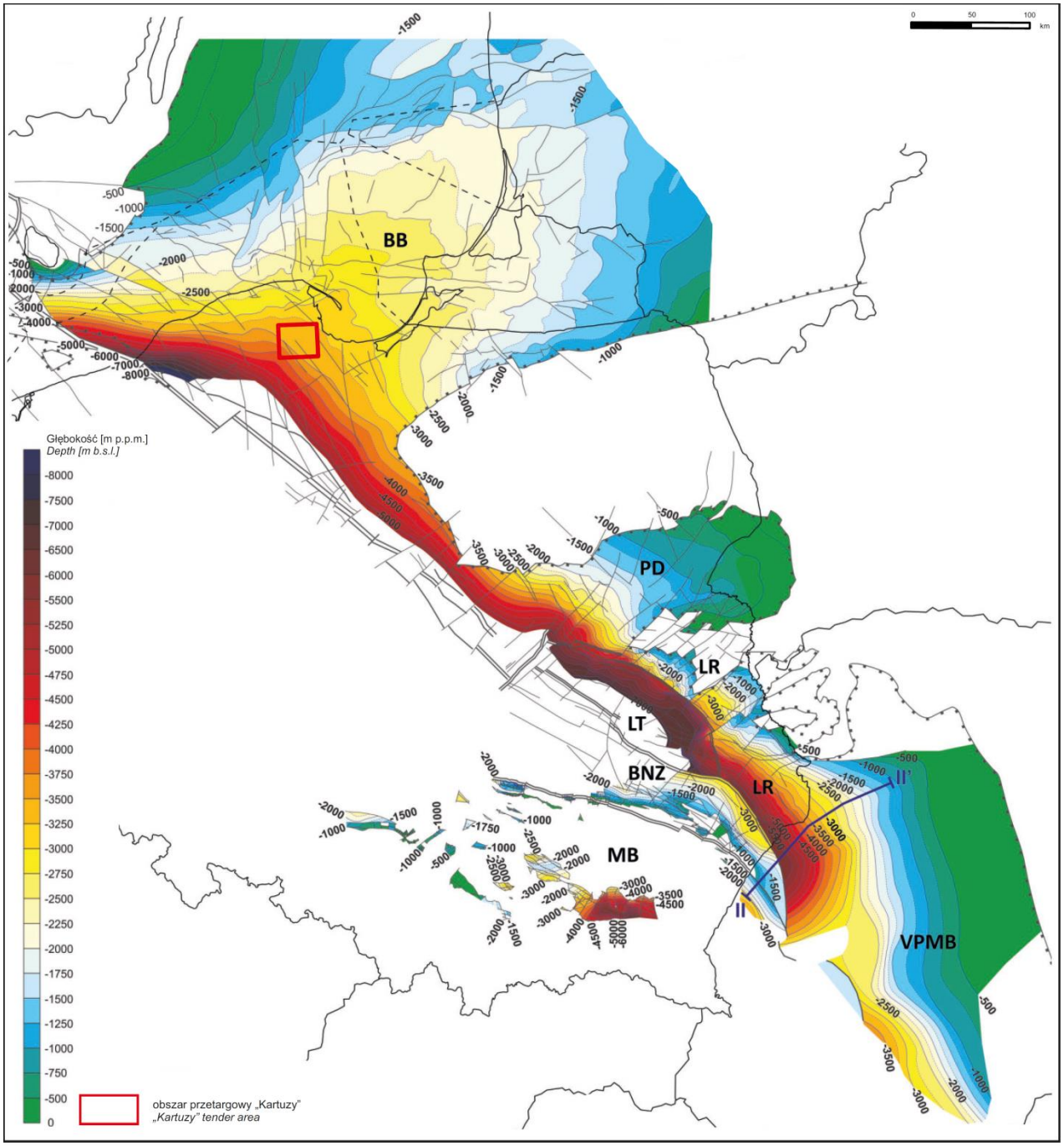


Fig. 2.8. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle mapy powierzchni strukturalnej stropu karadoku (Poprawa, 2019); BB – basen bałtycki, PD – depresja podlaska, LR – region lubelski, LT – rów lubelski, BNZ – strefa biłgorajsko-narolska, MB – blok małopolski, VPMB – basen wołyńsko-podolski.

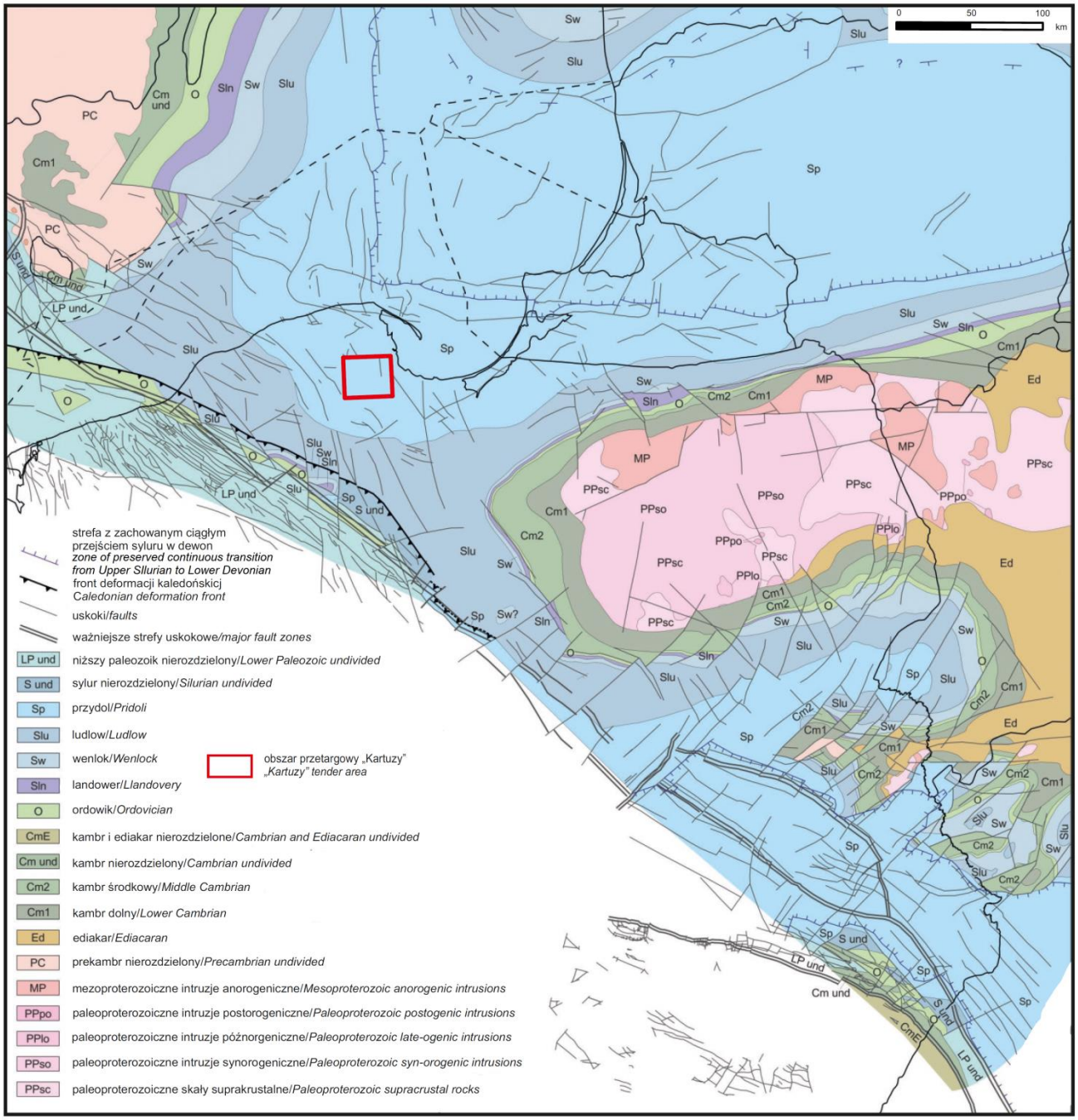


Fig. 2.9. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy powierzchni poddewońskiej (Poprawa, 2019).

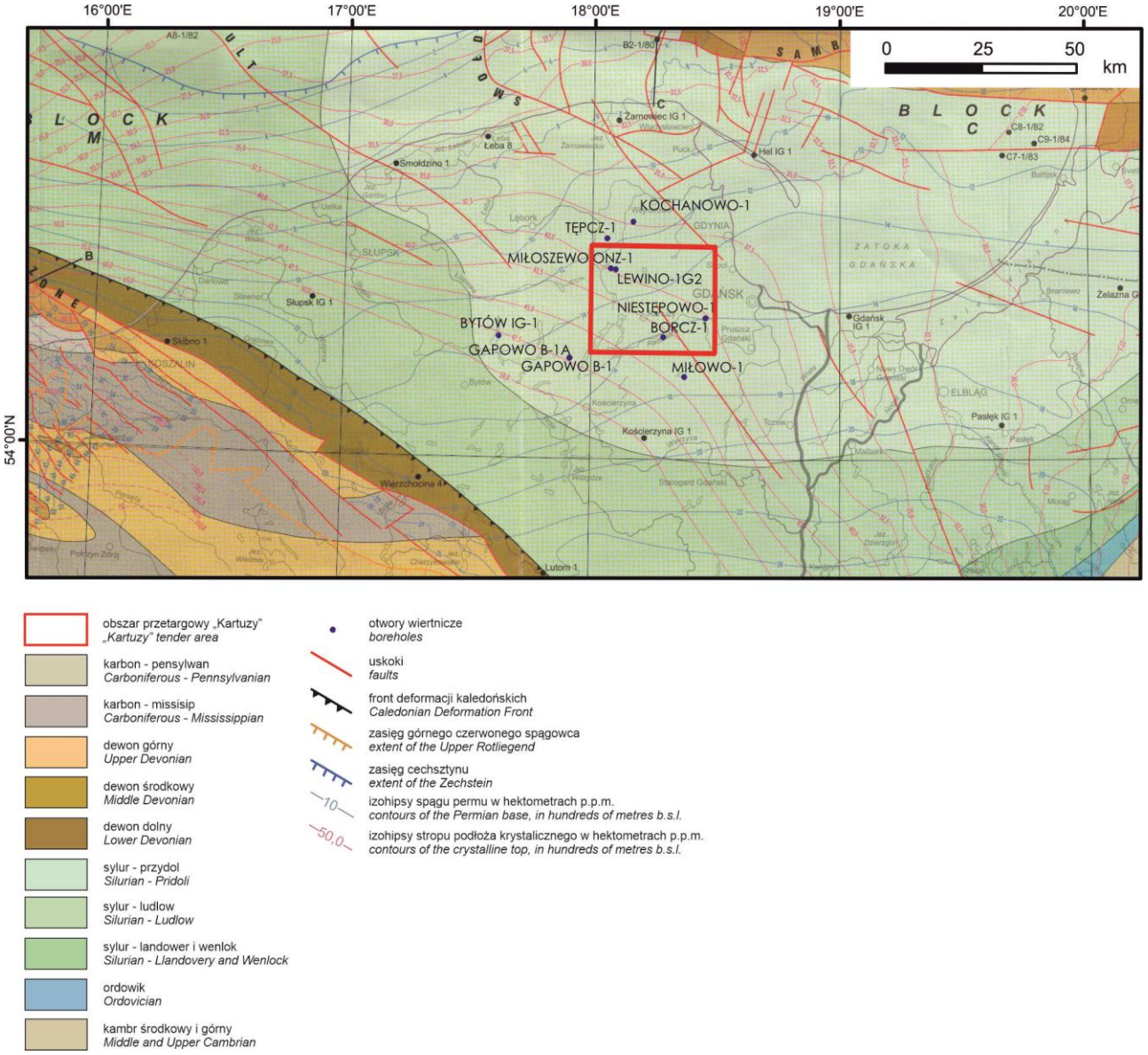


Fig. 2.10. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy obniżenia bałtyckiego bez skał permu i mezozoiku (Pokorski i Modliński, 2007).

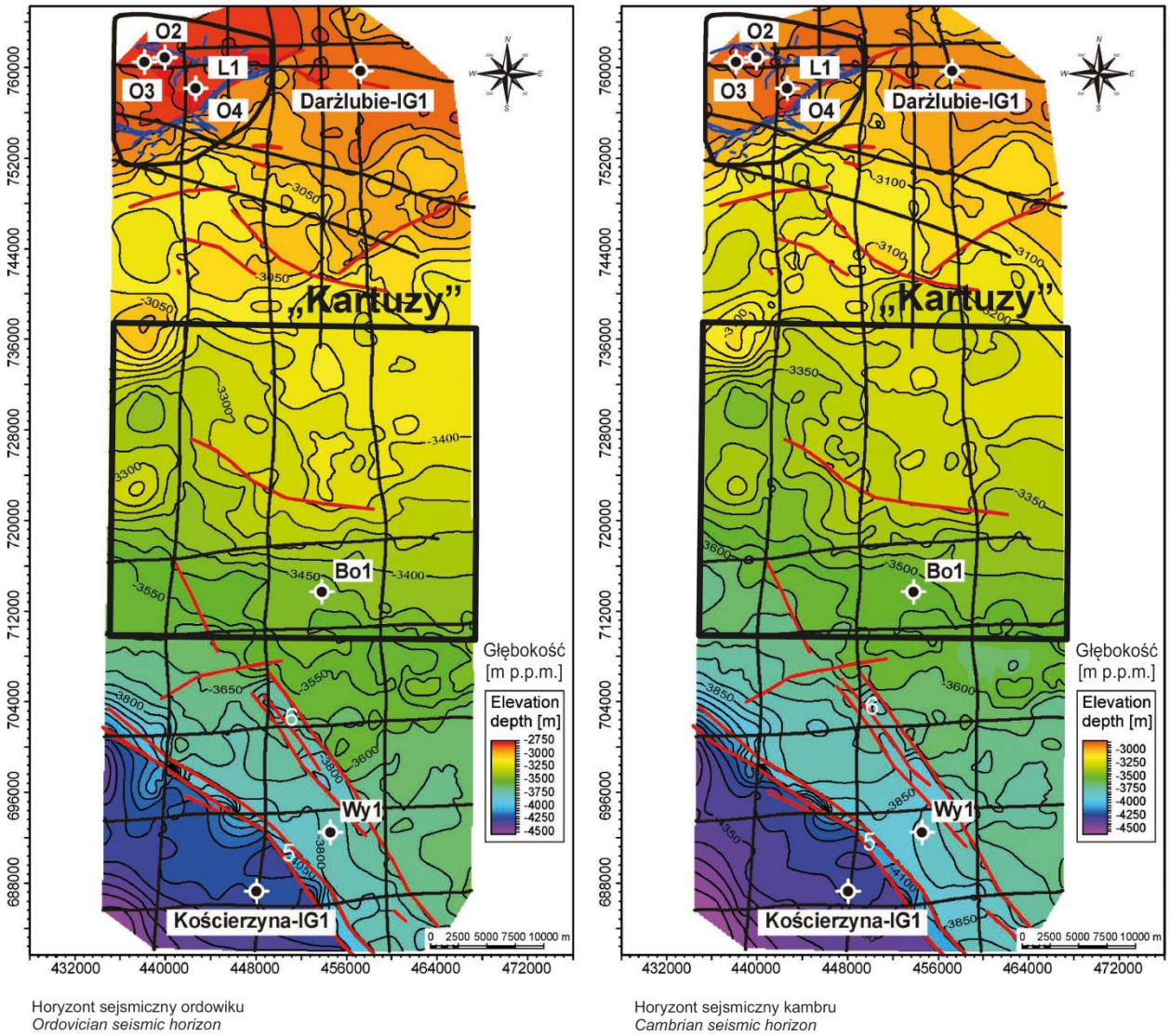


Fig. 2.11. Obszar przetargowy „Kartuzy" (czarny kontur) na tle mapy horyzontów sejsmicznych kambru i ordowiku (Kasperska i in., 2019). Otwory wiertnicze: O2 – Opalino-2, O3 – Opalino-3, O4 – Opalino-4, L1 – Lewino-1G2, Bo1 – Borcz-1, Wy1 – Wysin-1.

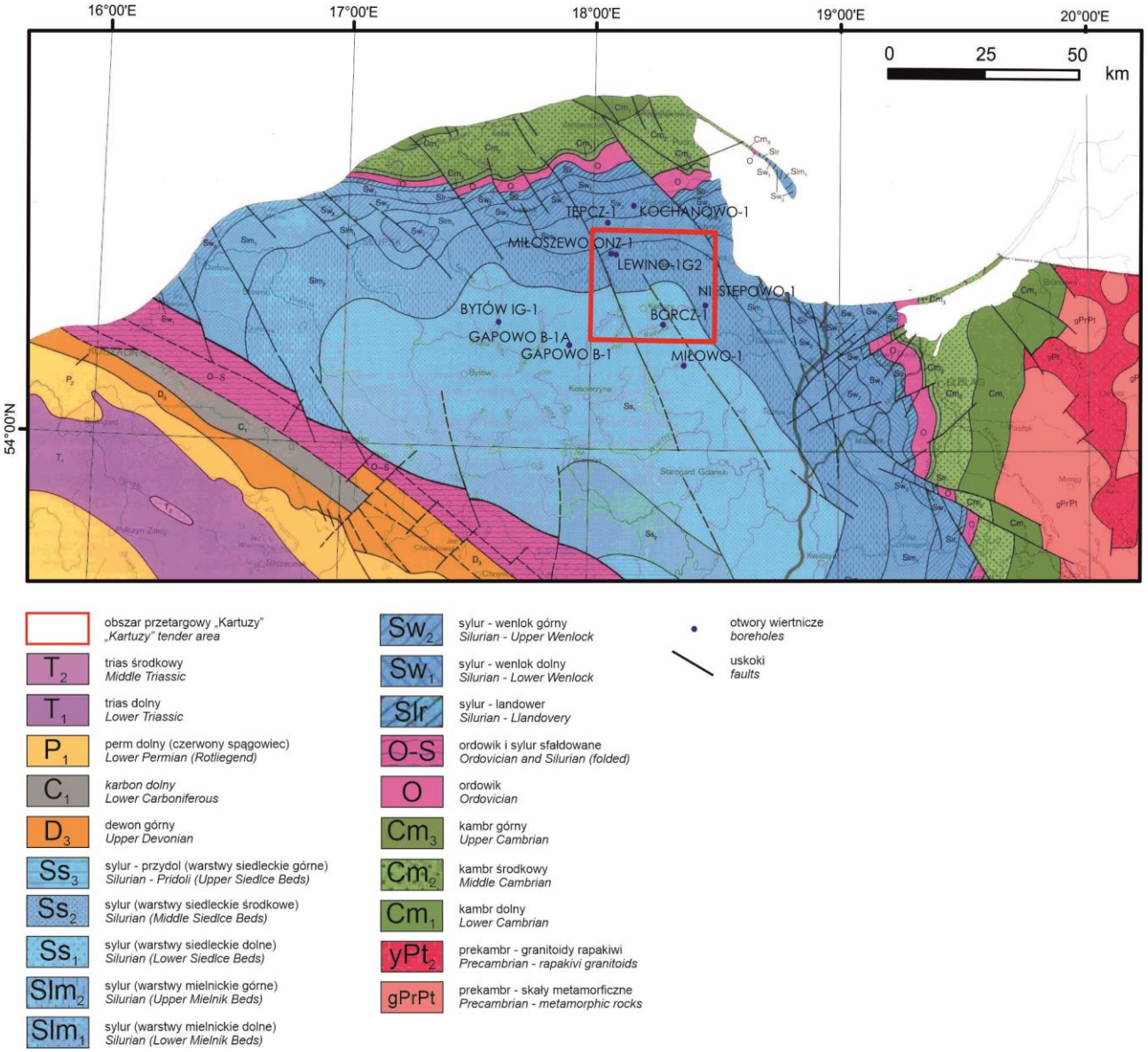


Fig. 2.12. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle map ścięcia poziomego 3000 m p.p.m. (Kotański, 1997).

Fig. 2.13. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle mapy powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2008).

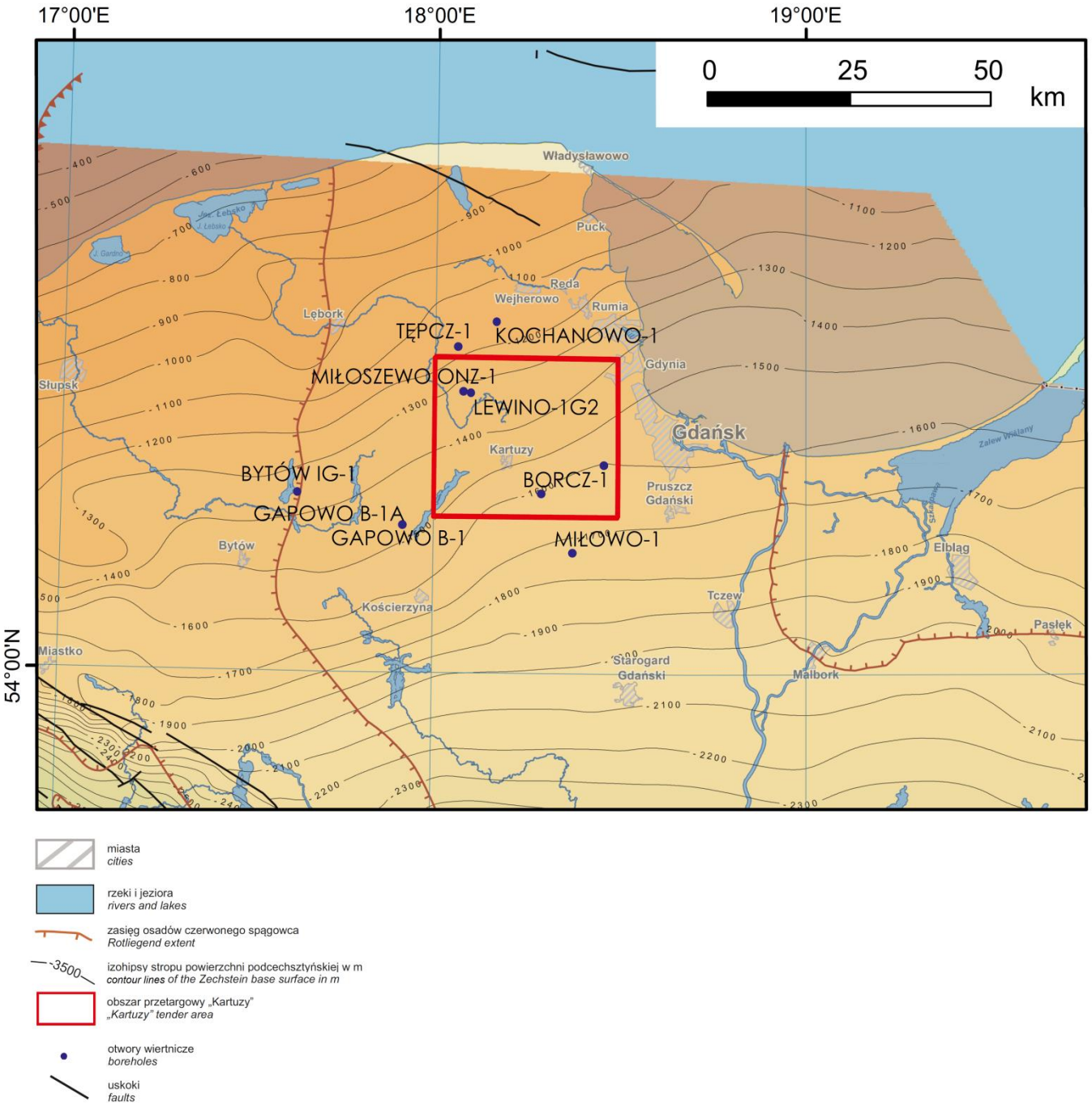


Fig. 2.14. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle mapy powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2008).

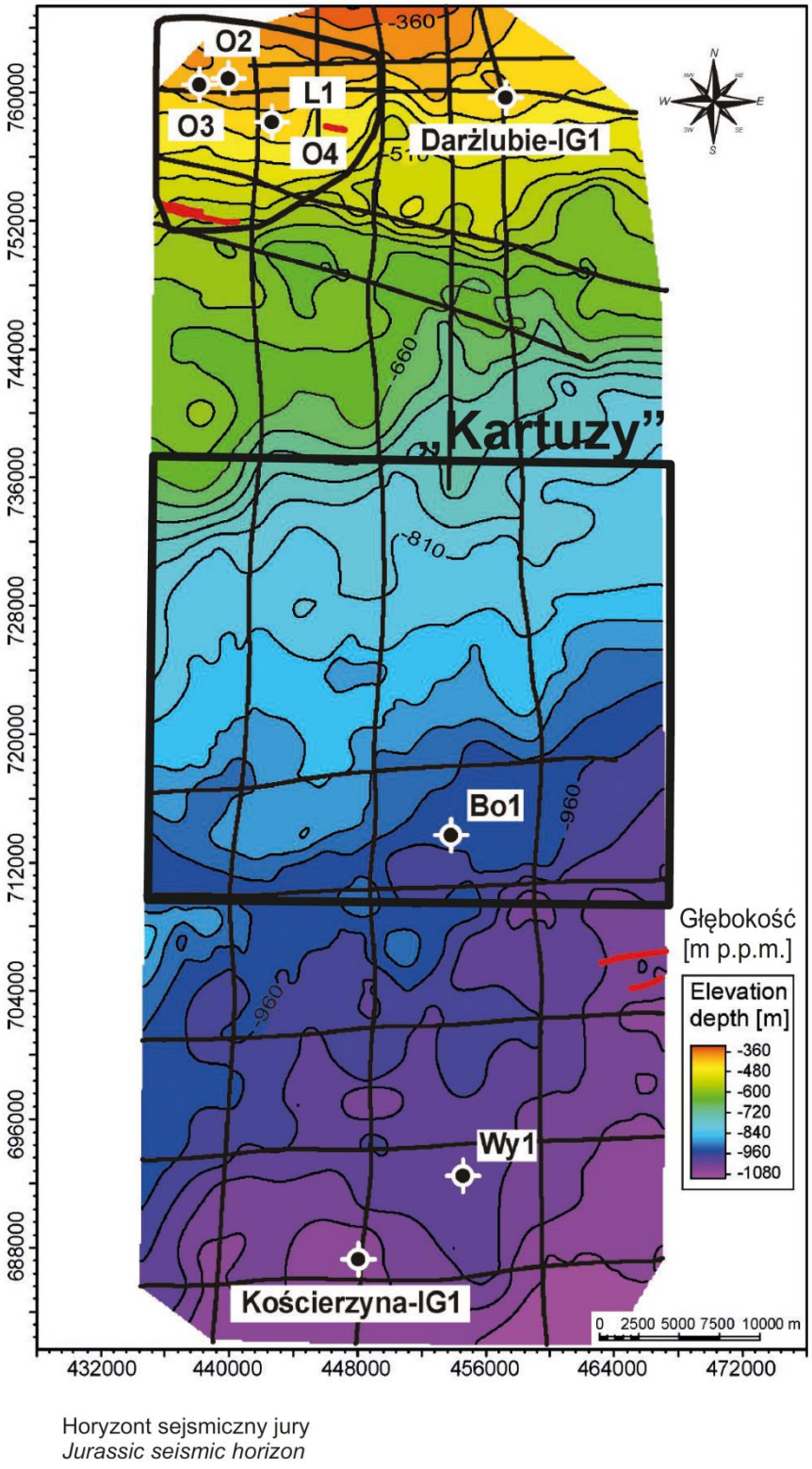


Fig. 2.15. Obszar przetargowy „Kartuzy" (czarny kontur) na tle mapy horyzontu sejsmicznego jury (Kasperska i in., 2019). Otwory wiertnicze: O2 – Opalino-2, O3 – Opalino-3, O4 – Opalino-4, L1 – Lewino-1G2, Bo1 – Borcz-1, Wy1 – Wysin-1.

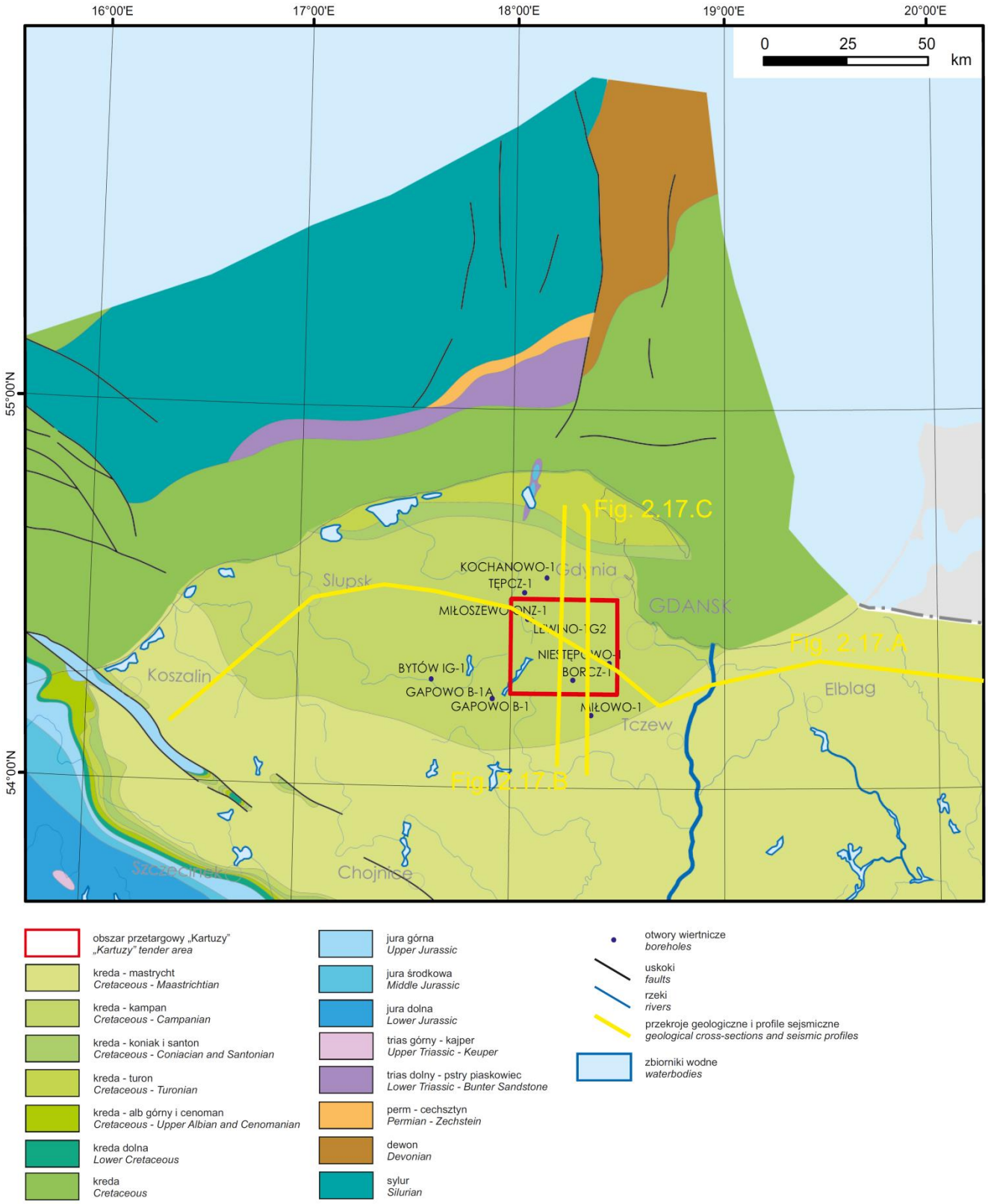


Fig. 2.16. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000).

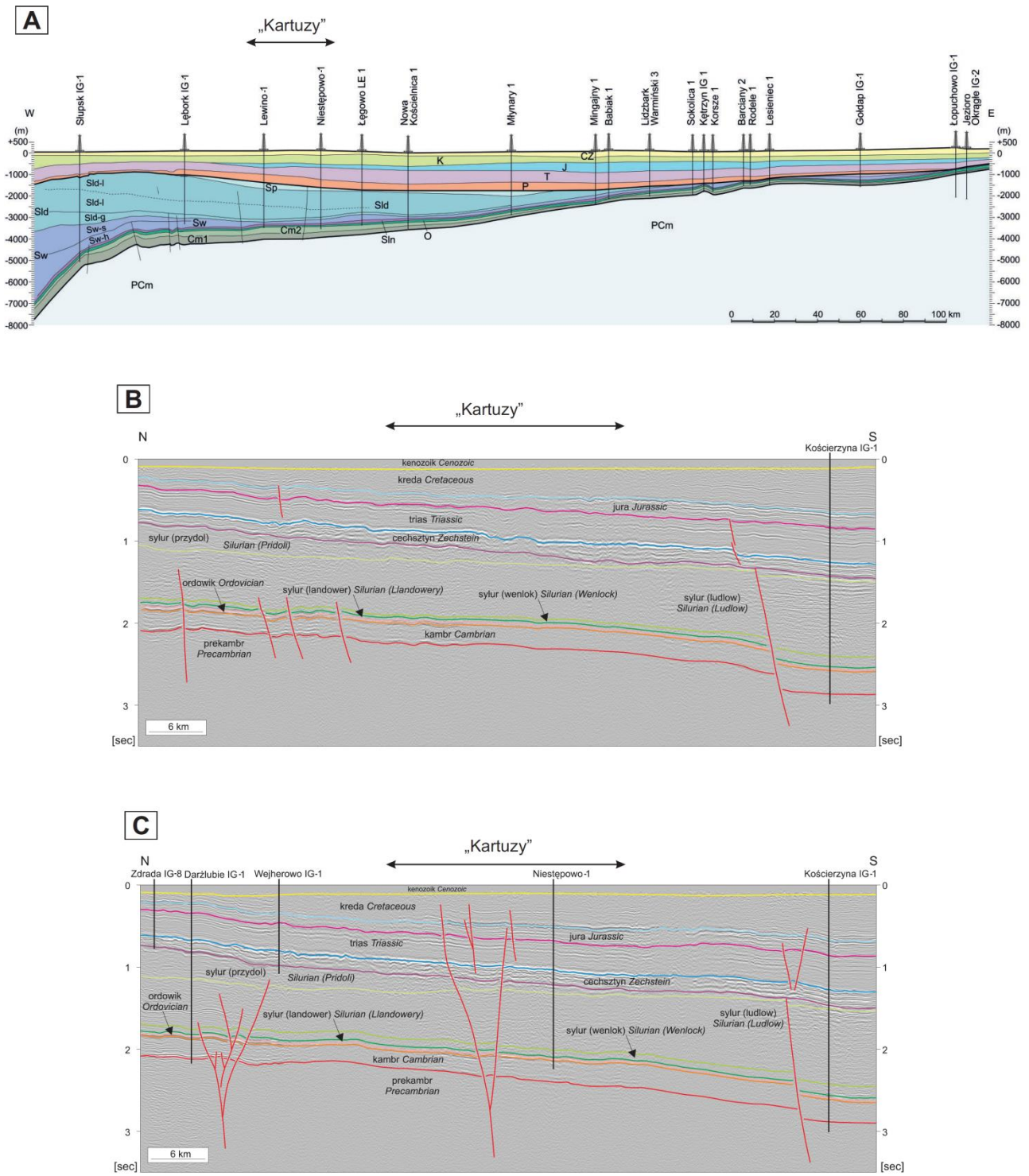


Fig. 2.17. A. Przekrój przez środkową, lądową część syneklizy bałtyckiej (Poprawa, 2019). PCm – prekambr, Cm1 – kambr dolny, Cm2 – kambr środkowy, Cm3 – kambr górny, O – ordowik, Sln – landower, Sw – wenlok, Sw-s – sheinwood, Sw-h – homer, Sw-g – gorst, Sld – ludlow, Sld-l – ludford, P – perm, T – trias, J – jura, k – kreda, CZ – kenozoik. **B**. Zinterpretowany profil sejsmiczny 13-9-03K (Krzywiec, 2011). **C**. Zinterpretowany profil sejsmiczny 14-9-03K (Krzywiec, 2011). Lokalizacja profili na Fig. 2.16.

2.2. TEKTONIKA

Fundamentem kratonu wschodnioeuropejskiego jest cokół zbudowany z paleo- i mezoproteorozoicznych skał magmowych i metamorficznych, występujących w pasmach przebiegających z NE na SW, które należały do fennoskandzkiej części paleokontynentu

Baltyki (Bogdanova i in., 2005; Żelaźniewicz i in., 2011). Obszar przetargowy w całości jest usytuowany w zachodniej części kratonu, w domenie dobrzyńskiej, na południe od pasma Pomorze-Blekinge (Krzemińska i Krzemiński, 2017; Fig. 2.3). Na obszarze przetargowym nie nawiercono podłoża krystalicznego. Na podstawie badań sejsmicznych oraz danych z innych otworów, odwierconych na obszarze syneklizy perybałtyckiej, wiadomo, że podłoże krystaliczne kratonu pogrąża się łagodnie w kierunku południowym i południowo-zachodnim (Fig. 2.17). Analiza mapy horyzontu sejsmicznego prekambru (Kasperska i in., 2019; Fig. 2.5) uwidacznia, że najpłycej prekambr występuje w północno-wschodniej części obszaru – około -3600 m n.p.m., najgłębiej w południowo-zachodniej części – około -4100 m n.p.m, a morfologia jego powierzchni stropowej jest zróżnicowana. Rozpoznane dyslokacje o przebiegu NW-SE oraz SW-NE dzielą podłoże prekambryjskie na bloki (Fig. 2.3, 2.5 i 2.17).

Na cokole krystalicznym zalegają ediakarsko-dolnopaleozoiczne sukcesje osadowe piętra kaledońskiego, ograniczone od góry regionalną powierzchnią erozyjną (Podhalańska i in., 2018). Ich sedymentacja była ściśle związana z szeregiem pulsów subsydencji, powiązanych z rozwojem różnego rodzaju basenów, począwszy od ryftingu, związanego z neoproterozoicznym rozpadem Rodinii, po karbońską sedymentację na przedpolu orogenu waryscyjskiego (Poprawa, 2006; Botor i in., 2019a). Założenia strukturalne syneklizy perybałtyckiej kształtowały się od prekambru po dewon– i karbon (Poprawa, 2006). Na profilach sejsmicznych, przechodzących przez obszar „Kartuzy", obserwuje się ogólne pogrążanie skał pod niewielkim kątem w kierunku południowym i południowo-zachodnim oraz ogólny wzrost miąższości kompleksów dolnego paleozoiku w tych samych kierunkach (Fig. 2.17). Mapy strukturalne poszczególnych wydzieleń potwierdzają ogólny trend pogrążania (Fig. 2.6–2.11). Strop kambru sytuuje się na głębokości od około 3300 m p.p.t. na północnym-wschodzie po niespełna 4000 m p.p.t. na południowym-zachodzie (Fig. 2.6). Strop karadoku występuje na głębokości od około 2750 m p.p.m. do około 3500 m p.p.m., zgodnie z ogólnym regionalnym trendem (Fig. 2.7). Powierzchnia stropowa ordowiku występuje od niespełna 3250 m p.p.m. w północnej i północno-wschodniej części obszaru po prawie 3750 m p.p.m. w południowo-zachodniej części (Fig. 2.8). Mapy horyzontów sejsmicznych kambru i ordowiku potwierdzają powyższą zależność, ukazują jednak znacznie bardziej zróżnicowaną morfologię powierzchni, niż wcześniej przytoczone mapy, oraz różnią się podanym zakresem głębokości występowania wydzieleń (por. Kasperska i in., 2019; Fig. 2.11). Mapy miąższości poszczególnych wydzieleń i formacji litostratygraficznych ilustrują odstępstwa, w granicach obszaru przetargowego, od ogólnego trendu wzrostu miąższości w kierunku południowym i południowo-zachodnim. Strop piętra kaledońskiego jest ograniczony poddewońską powierzchnią strukturalną (Poprawa, 2019; Fig. 2.9), na której, w granicach obszaru „Kartuzy", odsłaniają się jedynie skały przydolu (górny sylur). Powierzchnia ta, zilustrowana na Fig. 2.10 za pomocą izohips spągu permu, w granicach obszaru przetargowego odbiega od regionalnego trendu i pogrąża się w kierunku południowo-wschodnim. Najpłycej występuje ona na głębokości około -1200 m n.p.m. na północnym-zachodzie, a najgłębiej – na ponad -1600 m n.p.m. na południowym wschodzie. Omawiana powierzchnia jest jednocześnie powierzchnią erozyjną wyższego paleozoiku, powstałą w wyniku tektonicznych ruchów wznoszących, od wczesnego dewonu do późnego karbonu, będących efektem pokolizyjnego zjawiska izostazji (Poprawa, 2006; Podhalańska i in., 2018). Rozpoznane strefy uskokowe, zilustrowane na wyżej przytoczonych mapach, przekrojach i profilach, mają przebieg od NW-SE po niemal równoleżnikowy – NWW-SEE. Powstanie dyslokacji w syneklizie perybałtyckiej datuje się na przełom syluru i dewonu oraz wczesny dewon (Poprawa i in., 2006). W zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, na przedpolu orogenu kaledońskiego, stwierdzono obecność fałdów zbudowanych ze skał dolnopaleozoicznych, tworzących strefę deformacji na północny wschód od strefy T-T (Konon i in., 2018). Są to fałdy z odkłucia, powstałe na skutek ściskania podłużnego, równoległego do pierwotnie poziomych warstw. Towarzyszyło im powstanie drobnych struktur tektonicznych, głównie synfałdowych, m.in.: początkowo żył poziomych a później subpionowych spękań ekstensyjnych (Konon i in., 2018). Fałdy po-

wstały w wyniku odziaływań kompresyjnych w trakcie inwersji kaledońskiego basenu zapadliskowego (Mazur i in., 2016; Konon i in., 2018), w końcu syluru i/lub we wczesnym dewonie (Konon i in., 2018).

Ponad górnopaleozoiczną niezgodnością erozyjną został zdeponowany kompleks permsko-mezozoiczny piętra laramijskiego (staroalpejskiego). Sukcesje osadowe stanowią wypełnienie wschodniej części basenu polskiego, którego osiowa część została wypiętrzona wskutek oddziaływań kompresyjnych w trakcie inwersji późnokredowo-paleogeńskiej, tworząc antyklinorium śródpolskie (Żelaźniewicz i in., 2011). W granicach obszaru przetargowego poszczególne wydzielenia permu i mezozoiku występują najpłycej na północy, a najgłębiej na południowym-wschodzie, co jest zgodne z regionalnym trendem. Wspomnianą zależność ilustrują m.in. mapy powierzchni podpermskiej i podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2008; Fig. 2.13–2.14) oraz przekroje geologiczne i profile sejsmiczne (Krzywiec, 2011; Poprawa, 2019; Fig. 2.17). Strop laramijskiego piętra strukturalnego ścina powierzchnia podkenozoiczna, na której odsłaniają się skały górnej kredy (Dadlez i in., 2000; Fig. 2.16). Rozpoznane na profilach sejsmicznych, w obrębie kompleksu permsko-mezozoicznego, strefy uskokowe (Fig. 2.17) powstały prawdopodobnie w trakcie triasowo-jurajskiej ekstensji i subsydencji bruzdy śródpolskiej. Część z nich mogła ulec reaktywacji jako uskoki odwrócone, możliwe, że ze składową przesuwczą, w trakcie późnokredowo-paleogeńskiej inwersji bruzdy (Krzywiec, 2011). Część rozpoznanych dyslokacji posiada założenia w starszym podłożu.

Powyżej kompleksu permsko-mezozoicznego, na całej powierzchni obszaru przetargowego „Kartuzy”, niezgodnie zalegają utwory najmłodszego piętra kenozoicznego.

2.3. STRATYGRAFIA
2.3.1. EDIAKAR I KAMBR

Rozprzestrzenienie i miąższość

W żadnym z otworów zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Kartuzy", jak również w otworach położonych nieopodal, nie przewiercono utworów kambru, a jedynie nawiercono jego wyższą część. Poniżej zestawiono listę otworów nawiercających kambr z zakresem głębokości od stropu kambru do spodu wiercenia (tam, gdzie były dostępne; patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3726,9–3760,0 m,
- Niestępowo-1: 3490,0–3632,9 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3810,2–3856,0 m,
- Gapowo B-1: 4257,0–4303,0 m,
- Tępcz-1: 3408,5–3428,5 m.

Ze względu na to, że żaden otwór nie przewiercił osadów kambru, orientacyjne miąższości na obszarze przetargowym można oszacować z map miąższości kambru (Lendzion, 1983; Modliński i in., 2010). Miąższość utworów kambru wzrasta ku krawędziowej strefie kratonu wschodnioeuropejskiego, osiągając, wraz z nierozdzieloną formacją żarnowiecką, około 700 m (Lendzion, 1983; Modliński i in., 2010).

Litologia i stratygrafia
Ediakar – niższy kambr

Analizy regionalne wskazują, że na obszarze przetargowym ediakar i najniższy kambr jest reprezentowany przez utwory formacji żarnowieckiej (smołdzińskiej) o charakterze lądowym. Są to szare i szaroróżowe piaskowce (waki kwarcowe i arkozowe) oraz zlepieńce (Fig. 2.18). Na obszarze „Kartuzy" miąższość formacji może wynosić od około 50 do 75 m i wzrasta ku południowemu zachodowi (Lendzion, 1983; Jaworowski i Sikorska, 2010).

Kambr dolny (terenew + ~oddział 2)

Kambr dolny na obszarze zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, w tym na obszarze „Kartuzy", jest wykształcony jako drobnoziarniste piaskowce i mułowce oraz heterolity piaskowcowo-mułowcowe. Piaskowce zawierają glaukonit. Są to w dolnej części utwory lądowo-morskie dolnej części formacji klukowskiej, przechodzące ku górze w typowo morskie osady wyższej części tej formacji oraz formacji łebskiej (z fauną trylobitów). Piaskowce powstały w strefie pływów, a mułowce i heterolity w strefie przejściowej między strefą pływów a strefą mułów szelfu (Jaworowski, 2000).

Kambr środkowy: formacje dębkowska, osiecka, białogórska (nierozdzielone)

Poniżej zestawiono listę otworów nawiercających kambr środkowy – podane głębokości i miąższości dotyczą odcinka nawierconego (tam, gdzie były dostępne; patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3727,2–3760,0 m,
- Niestępowo-1: 3492,8–3632,9 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo 1: 3811,0–3856,0 m,
- Gapowo B-1: 4262,0–4303,0 m,
- Tępcz-1: 3408,65–3428,5 m.

We wszystkich otworach na obszarze „Kartuzy" oraz na obszarach sąsiednich, odwiercone zostały typowo morskie utwory kambru środkowego, reprezentujące, wyróżnione w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, formację sarbską, formację dębkowską oraz formację białogórską (Bednarczyk i Turnau-Morawska, 1975; Jaworowski, 1998). Są to iłowce lub mułowce, piaskowce kwarcowe oraz heterolity piaskowcowo-pyłowcowe (Jaworowski, 1998). Miąższość całkowita kambru środkowego na obszarze „Kartuzy" wynosi około 250–300 m (Modliński i in., 2010, Fig. 2.19).

Kambr górny (furong)

Powyżej kambru środkowego, w niektórych otworach stwierdzono utwory furongu, reprezentowane przez reliktowo zachowaną formację piaśnicką, wykształconą jako zlepieniec z fragmentami skał ilasto-mułowcowych spojonych węglanami. Miąższość formacji piaśnickiej wynosi od 0,15 do 5,0 m, co oddaje regionalny trend ujęty na mapie miąższości formacji piaśnickiej (Podhalańska i in., 2020,

Fig. 2.20). Formacja występuje w następujących otworach (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3726,9–3727,2 m,
- Niestępowo-1: 3490,0–3492,8 m,
- Lewino-1G2,
- Tępcz-1: 3408,5–3408,65 m,
- Gapowo B-1: 4257,0–4262,0 m,
- Miłowo-1: 3810,2–3811,0 m.

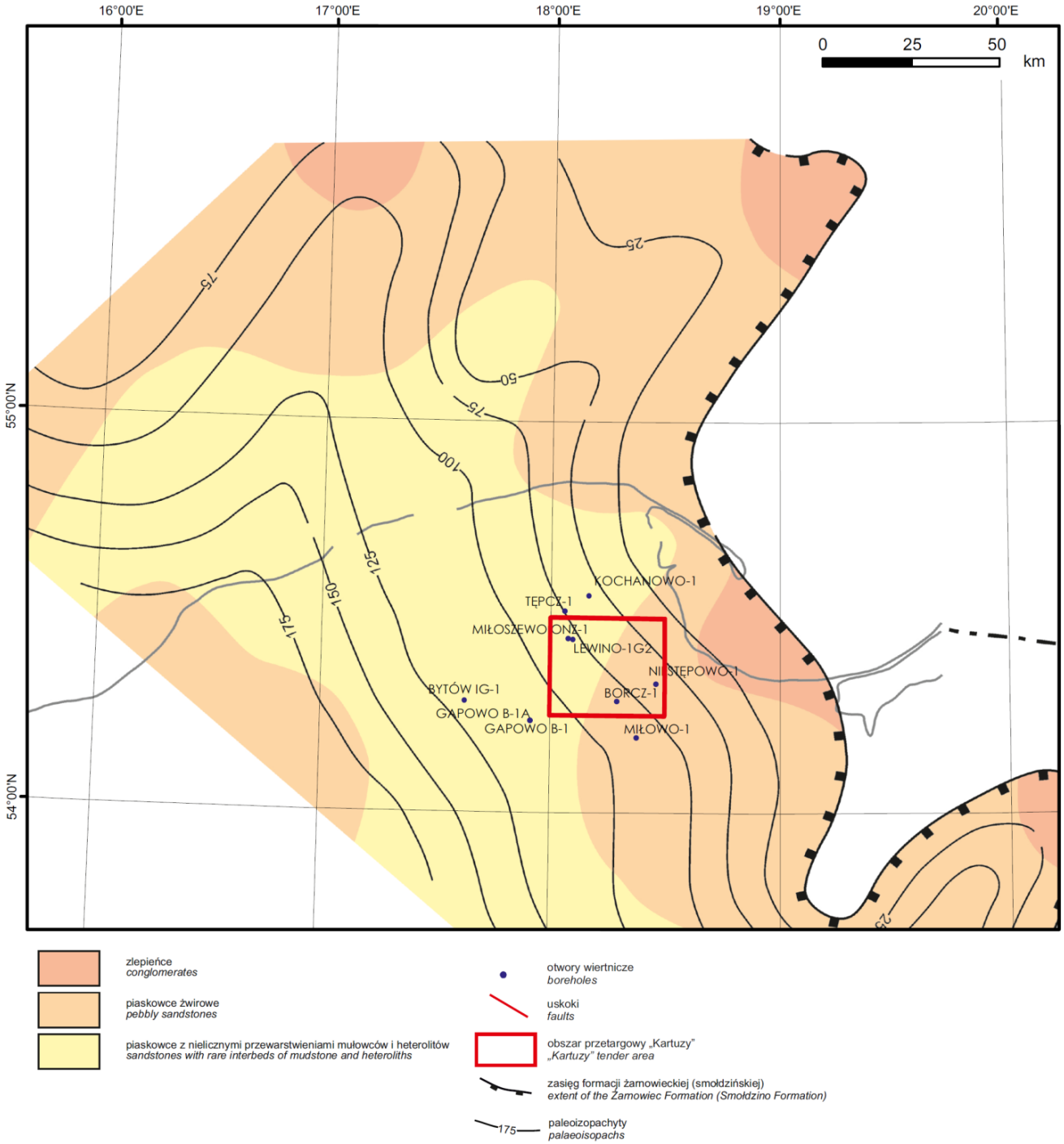


Fig. 2.18. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy litofacjalno-paleomiąższościowej formacji żarnowieckiej (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

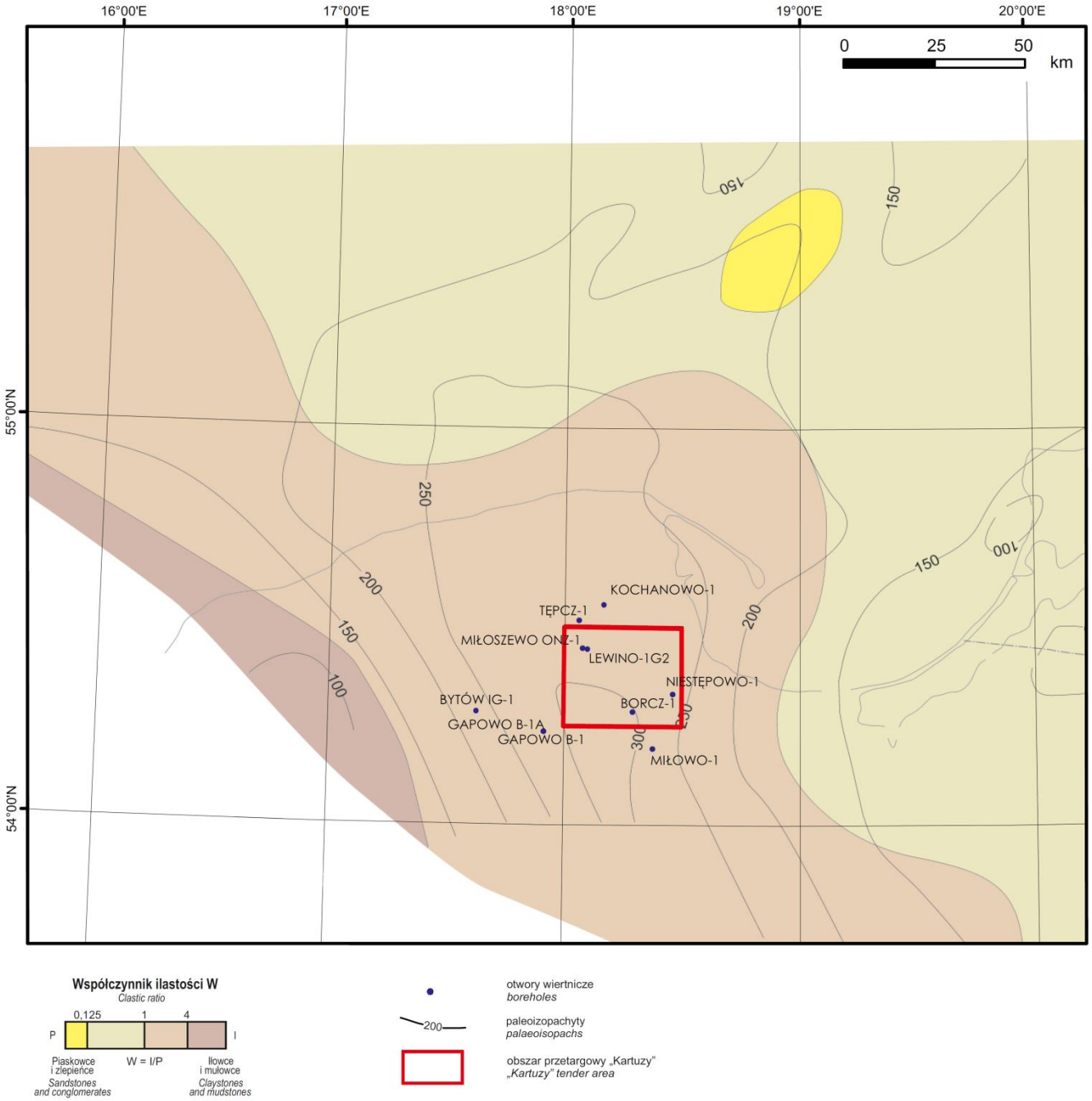


Fig. 2.19. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy litofacjalno-paleomiąższościowej kambru środkowego (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

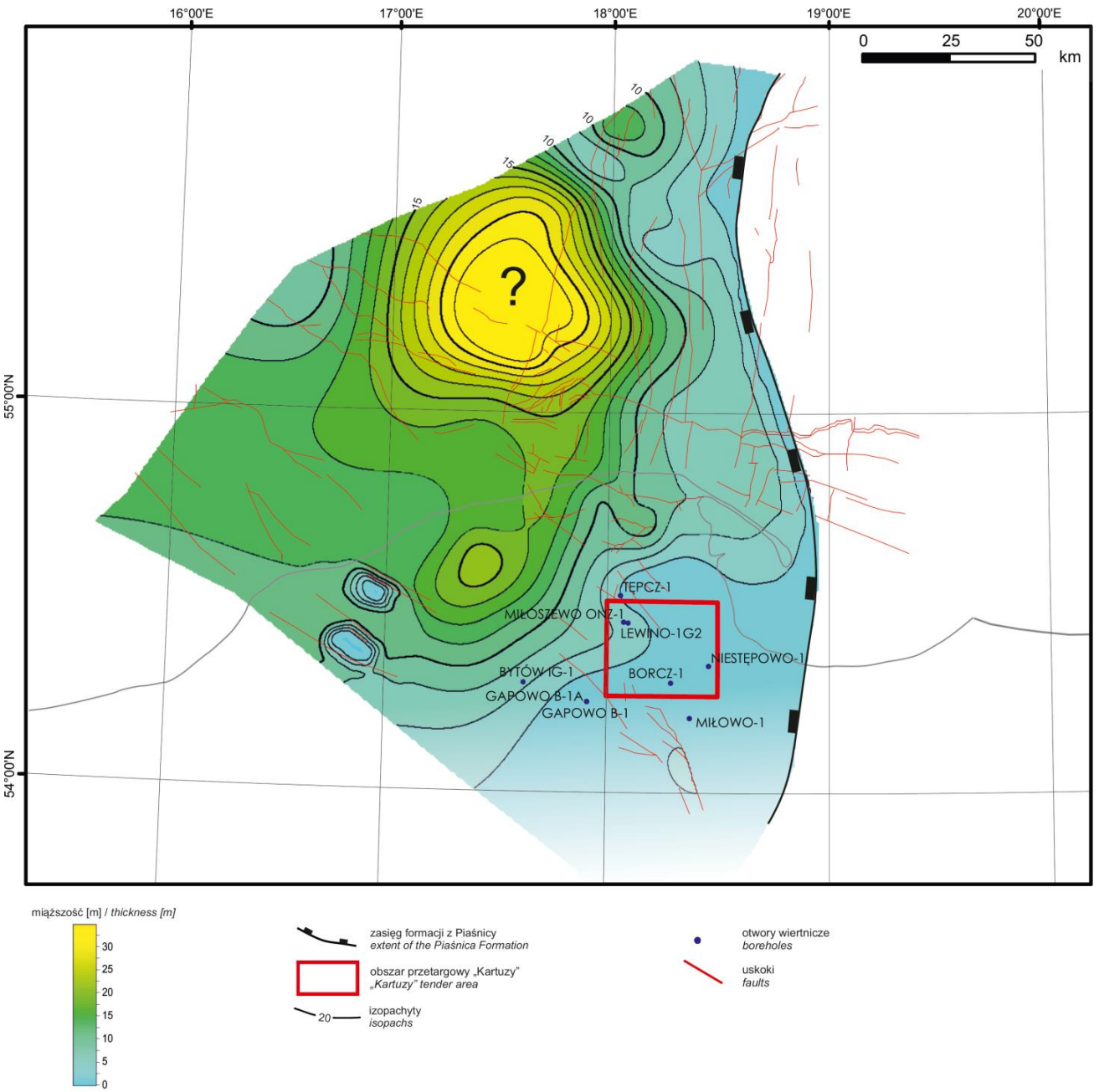


Fig. 2.20. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy miąższości formacji z Piaśnicy (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

2.3.2. ORDOWIK

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory ordowiku rozpoznano we wszystkich otworach wiertniczych, znajdujących się na obszarze przetargowym oraz w jego pobliżu, a usytuowanych na obszarze między Miłowem na północnym-zachodzie i Niestępowem na południowym wschodzie (Modliński, 1973, 1982; Modliński i Szymański, 1997; Modliński i Podhalańska, 2010; Podhalańska, 2017, 2019, Podhalańska i in., 2018). Są to (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3694,0–3726,9 m,
- Niestępowo-1: 3452,0–3490,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3775,5–3810,2 m,
- Gapowo B-1: 4207,0–4257,0 m,

- Tępcz-1: 3368,5–3408,5 m.

Miąższość utworów ordowiku w otworach zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego bezpośrednim sąsiedztwie wynosi od 32,9 do 50 m.

Litologia i stratygrafia

Węglanowo-klastyczne utwory ordowiku polskiej części obniżenia bałtyckiego zostały podzielone na szereg formacji przez Modlińskiego i Szymańskiego (1997), a następnie poddane weryfikacji (Porębski i Podhalańska, 2017, 2019; Fig. 2.21). W zachodniej części obniżenia, w zasięgu której znajduje się opisywany obszar przetargowy, zostało wyróżnionych 5 formacji, reprezentujących pełny profil stratygraficzny od dolnego arenigu (piętro flo) do wyższego aszgilu (hirnantu).

Formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa

Formację stwierdzono w niżej wymienionych otworach, na głębokościach odpowiednio (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3725,5–3 726,9 m,
- Niestępowo-1: 3485,0–3490,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3807,5–3810,2 m,
- Tępcz-1: 3407,5–3408,5 m.

Formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa ma miąższość 1–5 m (Fig. 2.22). Formacja jest ograniczona w spągu przez regionalną niezgodność erozyjną. W części przyspągowej tworzą ją cienkie płaty piaskowców, zlepieńców i brekcji z glaukonitem; jej podstawowa część to ciemnoszare i szarozielone mułowce z, występującymi lokalnie, wkładkami muszlowców. Wiek formacji to dolny arenig (flo). Ekwiwalentami stratygraficznymi formacji ze Słuchowa w basenie bałtyckim są dolne łupki didymograptusowe Skanii i regionu Jämtland (Szwecja).

Formacja czerwonych wapieni z Pieszkowa

Formację stwierdzono w 1 otworze, na głębokości (patrz również rozdział 5):

- Niestępowo-1: 3481,0–3485,0 m.

Formacja czerwonych wapieni z Pieszkowa ma miąższość 4,0 m. Opis rdzenia z środkowej części interwału z otworu Niestępowo-1 wskazuje na obecność czarnych, bezwapnistych iłowców z graptolitami, które należą prawdopodobnie jednak do formacji ze Słuchowa. Wskazywałoby to na brak formacji pieszkowskiej w otworze Niestępowo-1 (Podhalańska i in., 2018).

Formacja wapieni z Kopalina

Formację stwierdzono w niżej wymienionych otworach, na głębokościach odpowiednio (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3715,5–3725,5 m,
- Niestępowo-1: 3478,5–3481,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3798,85–3807,5 m,
- Gapowo B-1: 4250,0–4257,0 m,
- Tępcz-1: 3396,0–3407,5 m.

Formacja wapieni z Kopalina występuje na całym obszarze przetargowym; została nawiercona we wszystkich otworach znajdujących się na obszarze jak i w otworach leżących w pobliżu. Formację tworzą szare, ciemnoszare i zielonoszare wapienie, wapienie margliste, niekiedy gruzłowe z bioklastami i licznymi powierzchniami nieciągłości sedymentacyjnych. Wiek formacji jest określony na wyższy arenig i niższy lanwirn (piętra daping i darriwil bez najwyższej części). Miąższość formacji na obszarze przetargowym mieści się w granicach 7–11 m, z wyjątkiem otworu Niestępowo-1, gdzie miąższość wynosi 2,5 m. Ekwiwalentem stratygraficznym formacji w basenie bałtyckim są wapienie Komstad Bornholmu i Skanii (Bergström, 1982).

Formacja iłowców z Sasina

Formację stwierdzono w niżej wymienionych otworach, na głębokościach odpowiednio (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3700,5–3715,5 m,
- Niestępowo-1: 3459,0–3478,5 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3782,5–3798,85 m,
- Gapowo B-1: 4236,0–4250,0 m,
- Tępcz-1: 3375,5–3396,0 m.

Formację z Sasina rozpoczyna zwykle cienka warstwa transgresywnego zlepieńca z pizoi-

dami żelazistymi i fosforanowymi. Dolna granica ma charakter erozyjny. Formację tę, występującą we wszystkich otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym, charakteryzują skały drobnoklastyczne: mułowce i iłowce czarne z pirytem, ciemnoszare i zielonawe, zawierające w środkowej części wkładki wapieni marglistych z bioklastami lub silnie zbioturbowane oraz liczne warstwy bentonitów. Trójdzielność formacji z Sasina jest związana ze zmiennością warunków *redox* w dennej strefie zbiornika i jest wyraźnie widoczna na krzywych PG niektórych profili, na przykład Borcz-1, a także udokumentowana badaniami sedymentologicznymi (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016; Kędzior i in., 2017). Wiek formacji, określony na podstawie graptolitów, to lanwirn wyższy – karadok (darriwil – niższy kat; Modliński i Szymański, 1997; Podhalańska, 2013, 2017, 2019; Podhalańska i in., 2020). Miąższość formacji w analizowanych otworach wynosi 14–20,5 m, co potwierdza również mapa rozkładu miąższości formacji z Sasina (za Podhalańską i in., 2020, Fig. 2.23).

Formacja z Sasina na obszarze przetargowym „Kartuzy" stanowi jeden z celów poszukiwawczych dla niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w łupkach niższego paleozoiku w Polsce (Poprawa, 2010; Podhalańska i in., 2016, 2020; Botor i in., 2017a, b).

Formacja margli i iłowców z Prabut

Formację stwierdzono w niżej wymienionych otworach, na głębokościach odpowiednio (patrz również rozdział 5):
Borcz-1: 3694,0–3700,5 m,
Niestępowo-1: 3452,0–3459,0 m,
Lewino-1G2,
Tępcz-1: 3368,5–3375,5 m,
Gapowo B-1: 4207,0–4236,0 m,
Miłowo-1: 3775,5–3782,5 m.
Formację z Prabut udokumentowano we wszystkich otworach wiertniczych na obszarze przetargowym oraz w jego pobliżu. Formację budują iłowce i margle z fauną bentosową: ramienionogów i trylobitów. W najwyższej części występują nieregularne laminy piaszczyste (Modliński, 1973; Podhalańska, 2009; Porębski i Podhalańska, 2017). W wyższej części formacji występują ramienionogi zawiasowe zespołu Hirnantia, datujące wiek najwyższej części na hirnant. Miąższość formacji w analizowanych otworach wynosi 6–9 m, co jest zgodne z mapą miąższości aszgilu (Modliński i in., 2010; Fig. 2.24).

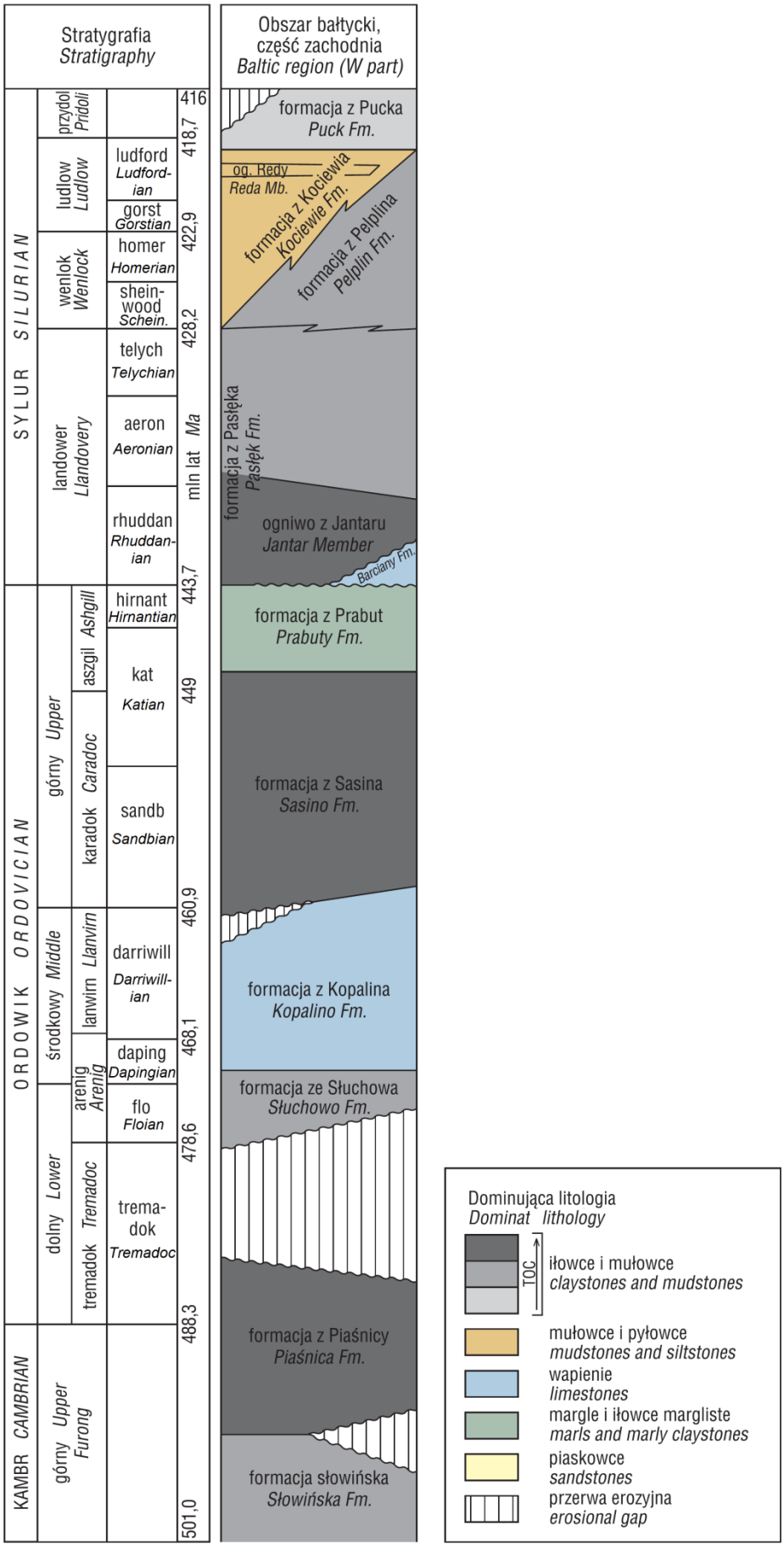


Fig. 2.21. Podział litostratygraficzny górnego kambru, ordowiku i syluru w basenie bałtyckim (Podhalańska i in., 2016; zmodyfikowane).

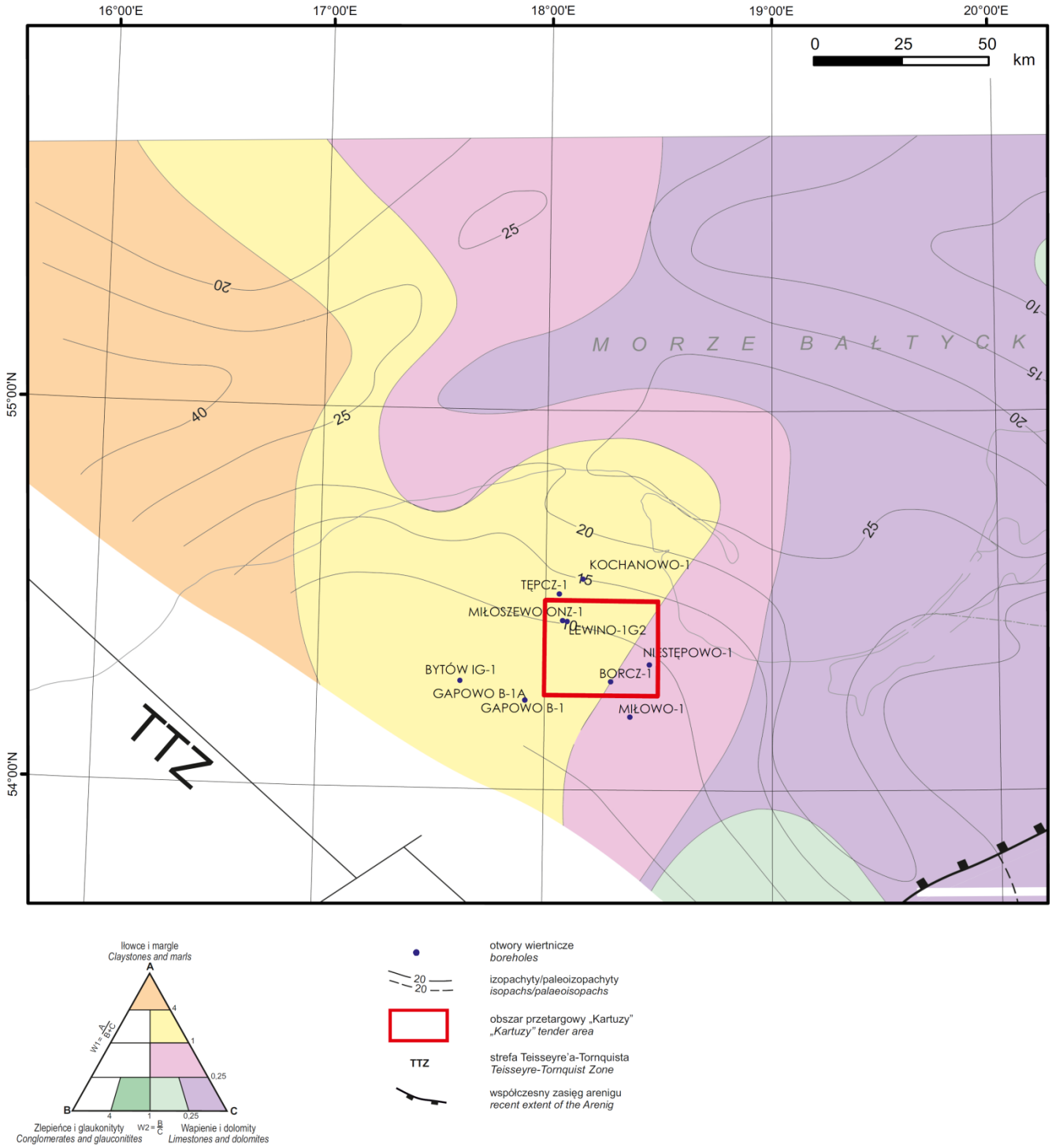


Fig. 2.22. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy litofacjalno-paleomiąższościowej arenigu odpowiadającemu na obszarze przetargowym zasięgowi formacji ze Słuchowa (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

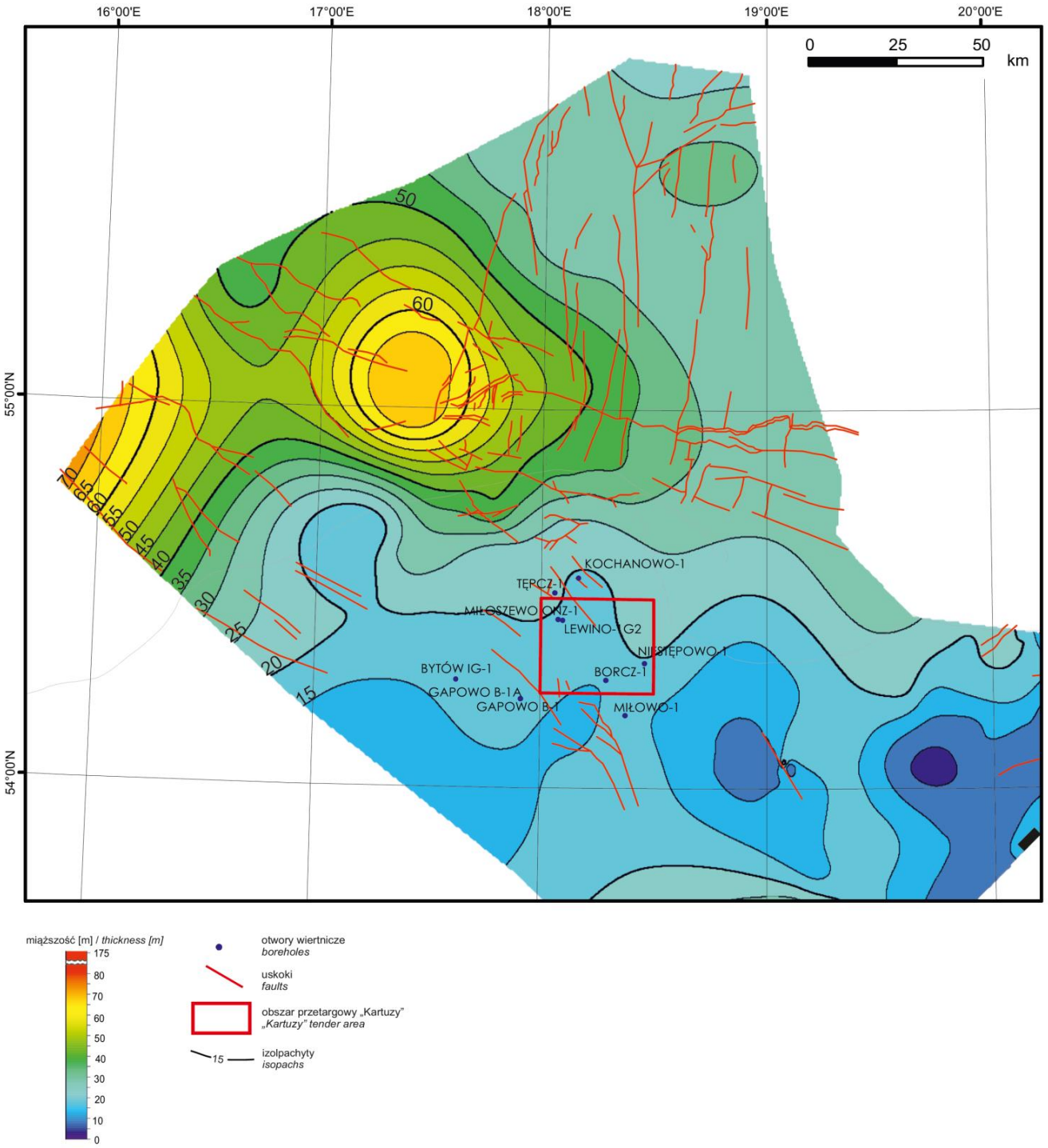


Fig. 2.23. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy miąższości formacji z Sasina (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

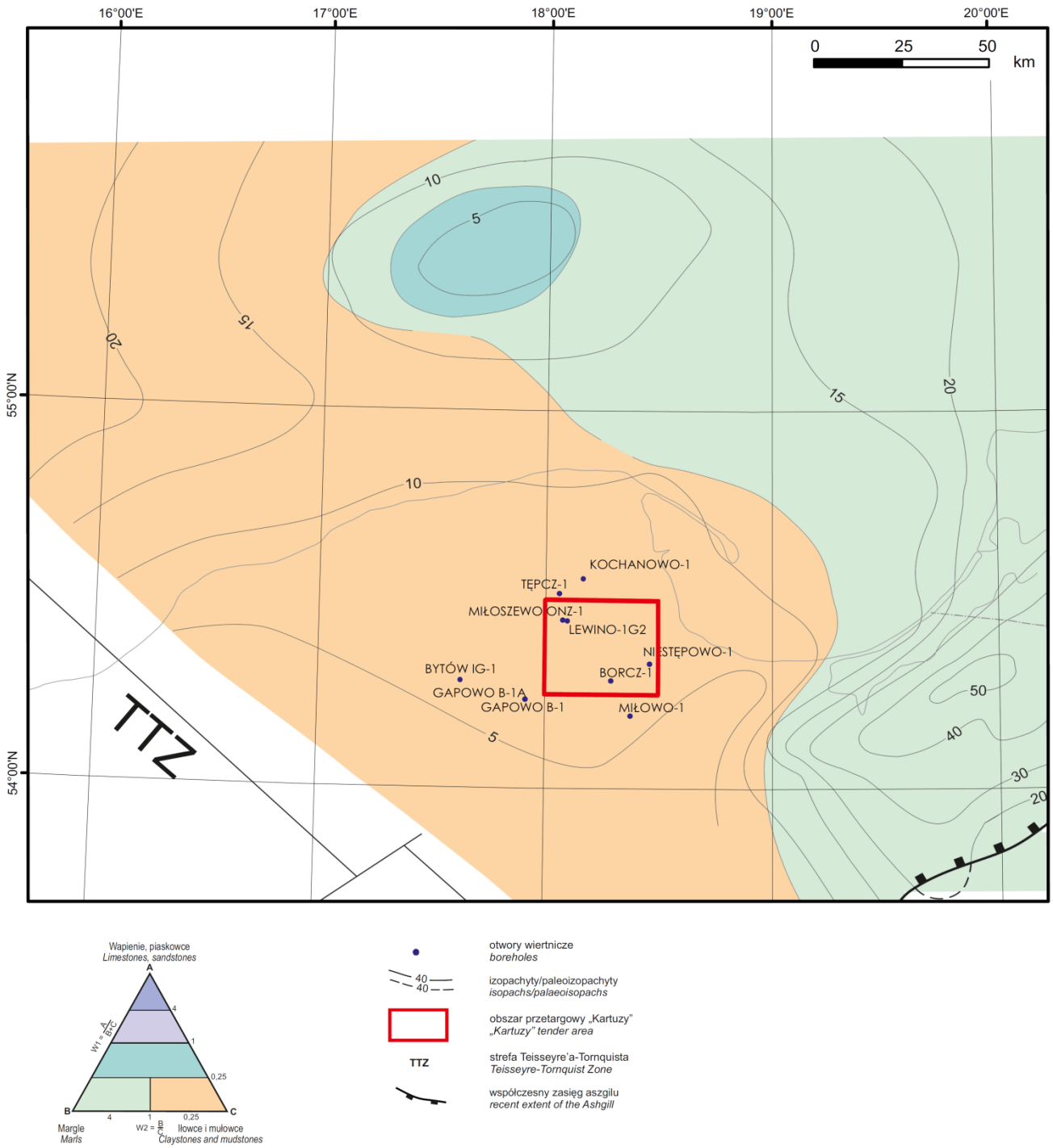


Fig. 2.24. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy liofacjalno-paleomiąższościowej aszgilu (formacji z Prabut; Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

2.3.3. SYLUR

Rozprzestrzenienie i miąższość

Drobnoziarniste silikoklastyki syluru występują na całym badanym obszarze i zostały przewiercone we wszystkich głębokich otworach oraz w otworach występujących w pobliżu (Modliński i in., 2010; Podhalańska, 2017, 2019; Porębski i Podhalańska, 2017, 2019; Podhalańska i in., 2020). Charakteryzują się one wielokrotnie większą miąższością niż utwory ordowiku, wynoszącą na omawianym obszarze od 1730,5 m na północnym wscho-

dzie do 2312,0 m tuż przy południowo zachodniej granicy obszaru. Sylur stwierdzono w niżej wymienionych otworach, na głębokościach odpowiednio (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 1834,0–3694,0 m,
- Niestępowo-1: 1717,0–3452,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 1520,0–1558,0 m,
- Miłowo-1: 2045,0–3775,5 m,
- Gapowo B-1: 1895,0–4207,0 m,
- Tępcz-1: 1449,0–3368,5 m.

Litologia i stratygrafia

Sformalizowany podział litostratygraficzny sukcesji sylurskiej w basenie bałtyckim przedstawili Modliński i in. (2006). Utwory syluru zachodniej części synekliza bałtyckiej, gdzie znajduje się obszar przetargowy, zostały podzielone pierwotnie na 4 formacje oraz dwa ogniwa. Podział ten został ostatnio nieco zmodyfikowany, a mianowicie, podniesiona została ranga ogniwa iłowców bitumicznych z Jantaru do rangi formacji (Porębski i Podhalańska, 2017, 2019; Fig. 2.21).

Formacja mułowca z Jantaru (wcześniej ogniwo iłowców bitumicznych z Jantaru)

Na obszarze przetargowym i w jego okolicy formacja ta występuje we wszystkich analizowanych otworach, z wyjątkiem otworu Lewino-1G2, gdzie, w dostępnych dokumentacjach, nie wydzielono formacji z Jantaru/ogniwa Jantaru w obrębie formacji z Pasłęka. Poniżej zestawiono listę otworów wraz z głębokościami, w których stwierdzono formację z Jantaru (patrz również rozdział 5):

- Borcz-1: 3680,5–3694,0 m,
- Niestępowo-1: 3442,0–3452,0 m,
- Miłowo-1: 3767,0–3775,5 m,
- Gapowo B-1: 4192,0–4207,0 m,
- Tępcz-1: 3349,0–3368,5 m.

Formację z Jantaru tworzą czarne i ciemnoszare mułowce bitumiczne z pirytem, miejscami z laminami i wkładkami ciemnoszarych mułowców wapnistych. Formacja ta wyróżnia się podwyższonymi wartościami promieniowania gamma, jest relatywnie łatwo identyfikowana na krzywych geofizyki otworowej. Badania sedymentologiczne wykonane na obszarze bałtyckim wykazały dominację zespołu litofacji L-1A/1B (za Feldman-Olszewską i Roszkowską-Remin, 2016), czyli zespół litofacji czarnych masywnych iłowców i mułowców bezwapnistych z pojedynczymi laminami materiału węglanowego i konkrecjami pirytowymi, sporadycznie zdarzają się cienkie interwały o zwiększonym stopniu bioturbacji. Miąższość formacji w otworach zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego pobliżu wynosi od 8,5 do 19,5 m i wyraźnie wzrasta w kierunku północnym (Fig. 2.25). Osady formacji spoczywają na iłowcach i marglach formacji z Prabut, jej strop leży w spągu najniższej warstwy mułowca szarozielonego, zbioturbowanego formacji z Pasłęka. Wiek formacji na obszarze przetargowym został określony na podstawie licznego zespołu graptolitów na rhuddan – najniższy aeron (poziomy graptolitowe *Parakidograptus acuminatus* – *Demirastrites convolutus*; m.in. Podhalańska, 2019). Formacja z Jantaru stanowi jeden z ważniejszych horyzontów perspektywicznych dolnopaleozoicznego niekonwencjonalnego systemu węglowodorowego w Polsce (m.in. Poprawa, 2010; Podhalańska i in., 2018, 2020). W ramach przyjętych kryteriów perspektywiczności (m.in. Jarvie, 2012), część osadów formacji uznano za strefę perspektywiczną dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów (Podhalańska i in., 2016, 2018, 2020)

Formacja iłowców z Pasłęka

Formację rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 3637,0–3680,5 m,
- Niestępowo-1: 3412,0–3442,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłowo-1: 3739,0–3767,0 m,
- Gapowo B-1: 4164,0–4192,0 m,
- Tępcz-1: 3318,0–3349,0 m.

Formacja z Pasłęka występuje na całym obszarze polskiej części synekliza bałtyckiej. Budują ją naprzemienne – o milimetrowej do decymetrowej miąższości – warstwy szaroczarnego i ciemnoszarego mułowca węglistego oraz szarozielonego do jasnoszarego mułowca, cechującego się zmiennych stopniem

bioturbacji. Oba typy mułowców są z reguły bezwapniste i zawierają nieliczne soczewki i laminy pyłu kwarcowego. Strop formacji stanowi najmłodsza warstwa silniej natleniona (o zielonawej barwie i zbioturbowana). Na obszarze przetargowym jej wiek odpowiada pograniczu landoweru i wenloku (poziomy graptolitowe *centrifugus* do *murchisoni*; Modliński i in., 2006; Porębski i Podhalańska, 2019; Podhalańska, 2017, 2019; Podhalańska i in., 2020). Miąższość formacji wynosi od 28,0 m do 43,5 m. Wiek formacji określono na landower: aeron – telych.

Formacja iłowców z Pelplina

Formację rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 3510,0–3637,0 m – część wenlocka,
- Niestępowo-1: ?3262,0–3412,0 m – część wenlocka,
- Miłowo-IG: 3608,5–3739,0 m – część wenlocka,
- Gapowo B-1: 4060,0–4164,0 m – część wenlocka,
- Tępcz-1: 3173,0–3318,0 m – część wenlocka.

Formację z Pelplina tworzą mułowce ciemnoszare, często wykazujące laminację oraz wkładki mułowców wapnisto-ilastych. W górnej części występują cienkie laminy silikoklastyczne i przewarstwienia wapieni bioklastycznych i bruki skorupowe (Porębski i Podhalańska, 2019). Badania sedymentologiczne wskazują na znaczną przewagę zespołu mułowców laminowanych o laminacji poziomej/soczewkowej zespołu litofacji L-4 (za Feldman Olszewską i Roszkowską-Remin, 2016), czy asocjacji AF3: mułowce ilaste wstęgowane i laminowane zazwyczaj bez bioturbacji (za Dziadzio i in., 2017). Zarówno kontakt spągowy jak i stropowy formacji jest stopniowy. Miąższość niższej części formacji, charakteryzującej się lepszymi parametrami perspektywiczności, a odpowiadającej wenlokowi, wynosi średnio około 130 m, a tylko w jednym z otworów, położonych poza obszarem, w południowo zachodniej części, wynosi około 100 m. Rozprzestrzenienie formacji z Pelplina zostało przedstawione na Fig. 2.26. Przyjęta całkowita miąższość, łącznie z niższym ludlowem (gorstem), wynosi średnio około 255 m. Wiek formacji w tej części syneklizy bałtyckiej jest określony na wenlok – niższy ludlow (sheinwood – niższy gorst).

Formacja iłowców i iłowców wapnistych z Pucka, formacja iłowców i mułowców z Kociewia, formacja iłowców z Pelplina

Utwory tego interwału rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 1834,0–3510,00 m,
- Niestępowo-1: 1717,0–2557,0 m – formacja z Pucka i formacja iłowców i mułowców z Kociewia,
- Miłowo-1: 2045,0–3739,0 m – formacja z Pucka, formacja z Kociewia i formacja z Pelplina, nierozdzielone,
- Gapowo B-1: 1895,0–3210,0 m – formacja z Pucka i formacja iłowców i mułowców z Kociewia,
- Tępcz-1: 1449,0–3173,0 m – formacja z Pucka i formacja iłowców i mułowców z Kociewia.

Formacje z Kociewia oraz Pucka stanowią na obszarze przetargowym i całym obszarze syneklizy bałtyckiej najbardziej miąższy kompleks utworów silikoklastycznych syluru. Cechą charakterystyczną formacji z Kociewia jest obecność przeławiceń pyłowców silikoklastycznych i wapnistych oraz piaskowców w obrębie szarych masywnych i laminowanych mułowców scementowanych kalcytem i dolomitem. Spąg formacji z Kociewia ma charakter heterochroniczny, najwcześniej pojawia się ona w sheinwoodzie, na obszarze najbliższym krawędzi platformy, a na obszarze przetargowym początek sedymentacji tych utworów miał miejsce w gorście (niższy ludlow). Czym dalej w kierunku północnym i wschodnim, formacja pojawia się później (Mazur i in., 2017; Podhalańska, 2019). W górnej części formacji wyróżnia się ogniwo mułowców wapnistych Redy (Modliński i in., 2006), zbudowane z laminowanych kalcisiltitów i mułowców wapnistych późnego ludfordu, stanowiące wyraźny poziom korelacyjny w basenie bałtyckim, dobrze odzwierciedlający się na krzywej profilowania gam-

ma. Sedymentację syluru kończy formacja z Pucka (przydol), zbudowana z iłowców i mułowców szarych i zielonawych z fauną, głównie bentosową. Miąższość ludlowu i tym samym znacznej części formacji z Kociewia wyraźnie wzrasta ku południowemu zachodowi (Fig. 2.27).

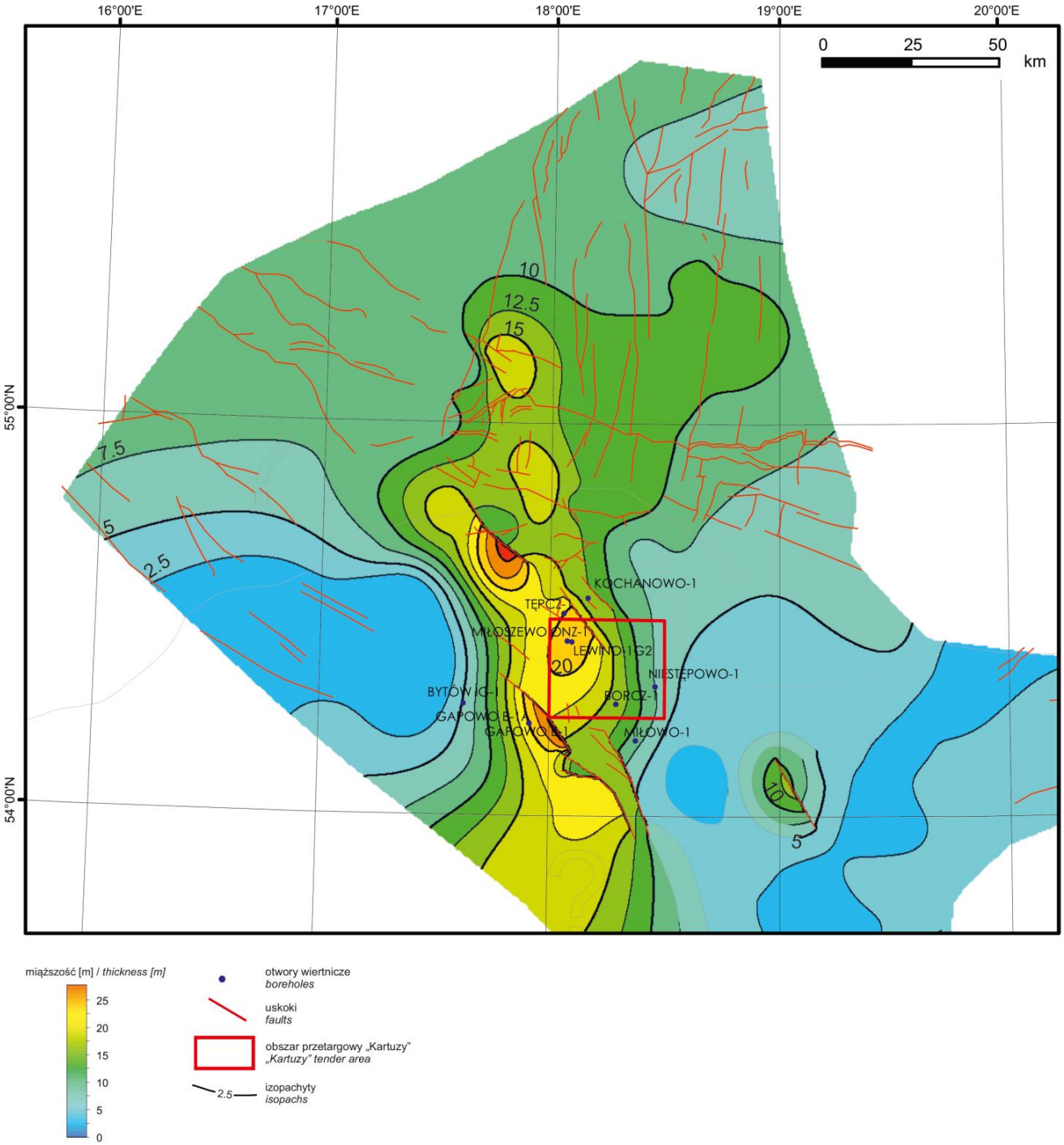


Fig. 2.25. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy miąższości formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

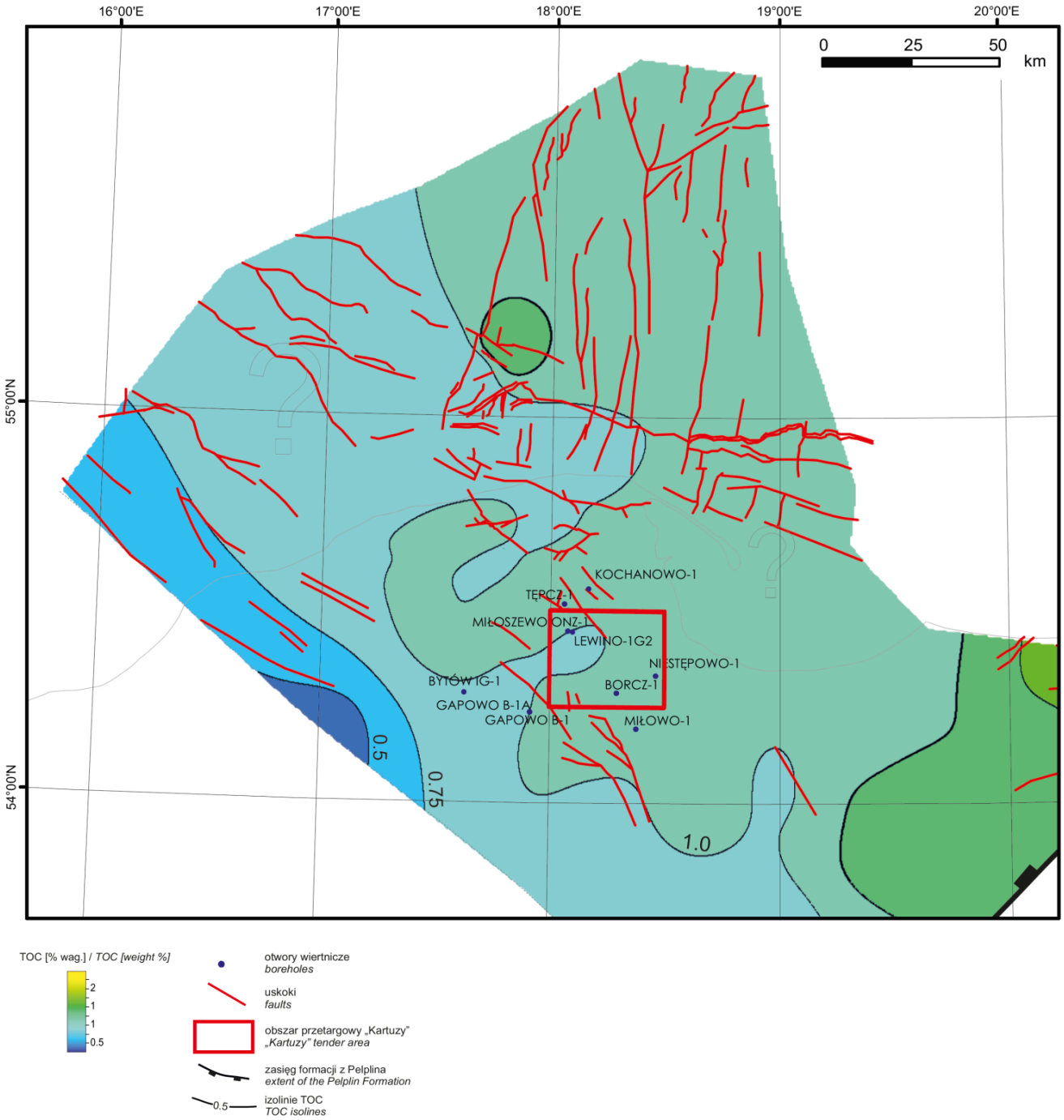


Fig. 2.26. Obszar przetargowy „Kartuzy" na mapie rozprzestrzenienia formacji z Pelplina i zawartości (mediany) TOC (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

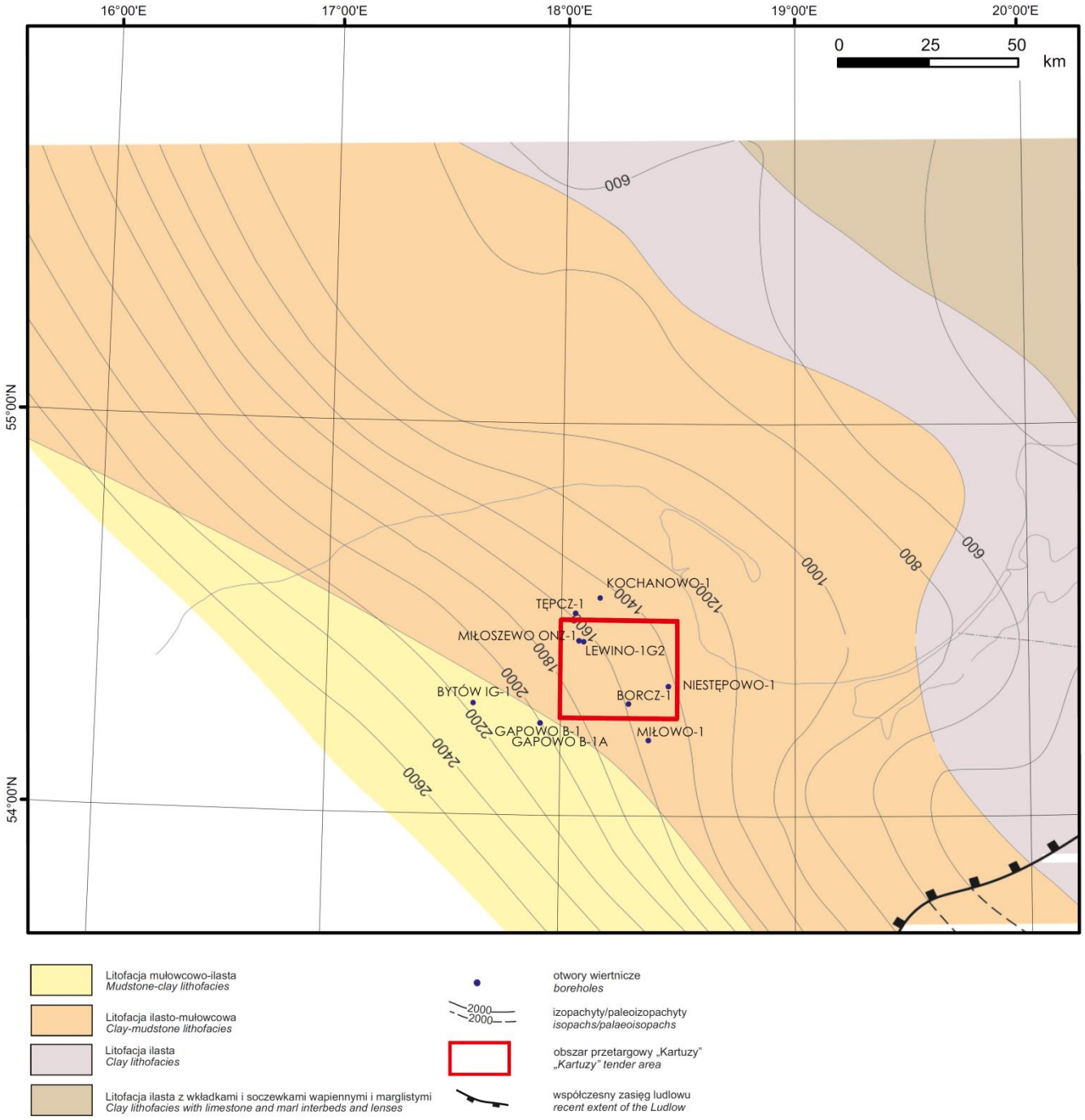


Fig. 2.27. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy litofacjalno-paleomiąższościowej ludlowu (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

2.3.4. PERM

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory permu na obszarze przetargowym „Kartuzy" rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 1448,5–1834,0 m,
- Niestępowo-1: 1340,0–1717,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 1169,0–1520,0 m,
- Miłowo-1: 1685,5–2045,0 m,
- Gapowo B-1: 1495,0–1895,0 m,
- Tępcz-1: 1098,0–1449,0 m.

Na obszarze przetargowym, bezpośrednio na utworach syluru, leżą osady permu górnego. Ich profil rozpoczyna się osadami cechsztynu, o łącznej miąższości 350–385 m, co wpisuje się w generalny trend miąższości cechsztynu w tej części Polski (Wagner, 1998; Fig. 2.28). Jedynie w otworze Gapowo B-1, poniżej cechsztynu, nawiercono utwory górnego czerwonego spągowca – formacji darłowskiej o miąższości 43 m.

Litologia i stratygrafia

Czerwony spągowiec – formacja darłowska

Formację rozpoznano w otworze wiertniczym Gapowo B-1 (głębokość 1852,0–1895,0 m, miąższość 43 m).

Cechsztyn

Na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie utwory cechsztynu obejmują cyklotemy PZ1–PZ3 (Werra, Stassfurt, Leine) oraz, szczątkowo, cyklotem PZ4 (Aller). Jedynie pierwszy z nich (PZ1 – Werra) ma kompletny profil. W otworze Niestępowo-1 profil PZ1 rozpoczyna warstwa zlepieńca podstawowego, w pozostałych otworach jest to zaś wapień cechsztyński i czasem łupek miedzionośny. Wapień cechsztyński na obszarze przetargowym tworzą węglany mikrytowe i oolitowe platformy węglanowej (Fig. 2.29–2.31). Osady soli kamiennej najstarszej (Na1) mają największą miąższość, sięgającą do nieco ponad 100 m. Warunki paleogeograficzne i miąższości całego cyklotemu PZ1 zilustrowano na Fig. 2.30. Pozostałe dwa cyklotemy są silnie zredukowane stratygraficznie – w cyklotemie Stassfurt (PZ2) – ograniczone do anhydrytu podstawowego (A2) i dolomitu głównego (Ca2). Wyjątek stanowi tutaj profil z Niestępowa-1, gdzie nawiercono również sól kamienną starszą (Na2) i anhydryt kryjący (A2r). Miąższości i lokalizację obszaru przetargowego na tle układu paleogeograficznego cyklotemu PZ2 ilustruje Fig. 2.32.

Istotnym ze względu na wykształcenie litologiczne jest poziom dolomitu głównego, w którym, na Niżu Polskim, są zlokalizowane złoża węglowodorów. Obszar przetargowy „Kartuzy" leży w zasięgu występowania utworów związanych z platformą węglanową i jej stokiem (Fig. 2.34). Można się tutaj spodziewać kompleksów litologicznych o dobrych właściwościach zbiornikowych, zdeponowanych w obrębie przykrawędziowej bariery oolitowej. Analiza litologiczna utworów dolomitu głównego w otworze Borcz-1 wskazuje na obecność, w niższej części profilu, utworów bardziej mułowcowych (madstonów i wakstonów), związanych z niskoenergetyczną równią paltformową. Jednakże, w górnej części profilu występują greinstony i pakstony, związane genetycznie z wewnątrzplatformową płycizną (Strzelecka, 2017).

Z cyklotemu Leine (PZ3, Fig. 2.33) na obszarze przetargowym rozpoznano anhydryt główny (A3) i dolomit płytowy (Ca3) z iłem solnym szarym (T3). Dolomit płytowy jest wykształcony jako wapienie mikrytowe i bioklastyczne platformy węglanowej (Fig. 2.35). W kilku otworach występują resztkowe utwory najwyższego cyklotemu PZ4 Aller (Fig. 2.36), który jest wykształcony w postaci stropowej serii terygenicznej cechsztynu. Miąższości poszczególnych wydzieleń litostratygraficznych cechsztynu na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie zestawiono w Tab. 2.1.

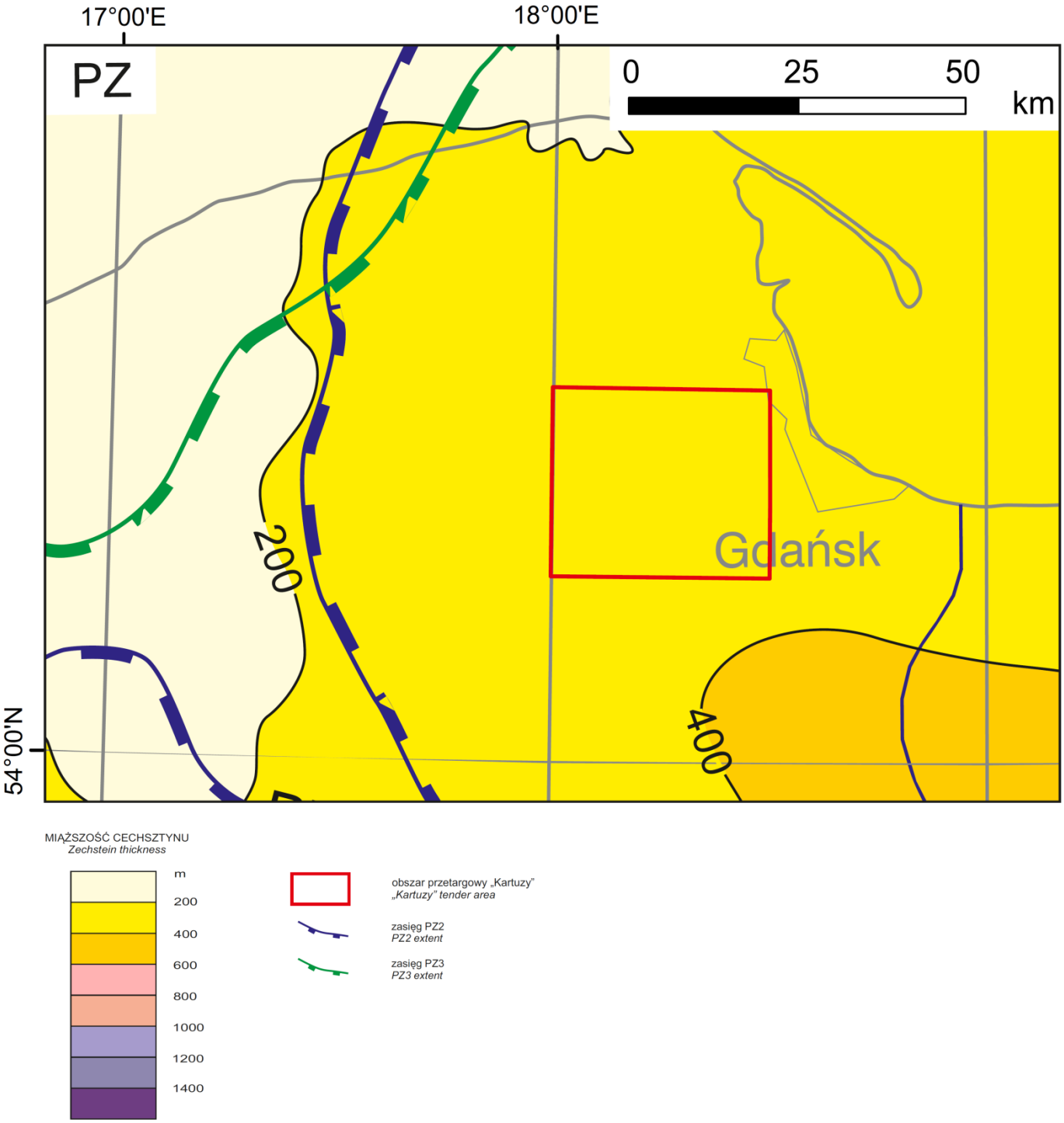


Fig. 2.28. Obszar przetargowy "Kartuzy" na tle mapy miąższości cechsztynu (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

Litostratygrafia		Zakres głębokości [m] (miąższość) [m]						
Cyklotem PZ4		**Borcz-1**	**Niestępowo-1**	**Lewino-1G2**	**Miłoszewo ONZ-1**	**Miłowo-1**	**Gapowo B-1**	**Tępcz-1**
stropowa seria terygeniczna cechsztynu [PZt]			1340,0–1358,0 (18)	Do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor	1169,5–1194,0 (24,5)		1495,0–1500,0 (5)	
Cyklotem PZ3								
A3	**anhydryt główny**	1448,5–1488,0 (39,5)	1358,0–1392,5 (34,5)		1194,0–1205,5 (11,5)	1685,5–1726,5 (41)	1500,0–1525,0 (25)	1098,0–1119,0 (21)
Ca3	**dolomit płytowy**	1488,0–1490,5 (2,5)	1392,5–1396,0 (3,5)		1205,5–1209,2 (3,7)	1726,50–1729,50 (3)	1525,0–1530,0 (5)	1119,0–1125,0 (6)
T3	**ił solny szary**		1396,0–1396,5 (0,50)		1209,2–1209,5 (0,3)			
Cyklotem PZ2								
A2r	**anhydryt kryjący**		1396,5–1398,5 (2)					
Na2	**sól kamienna starsza**		1398,5–1404,0 (5,5)					
A2	**anhydryt podstawowy**	1490,5–1501,0 (10,5)	1404,0–1422,5 (18,5)		1209,5–1214,0 (4,5)	1729,5–1740,0 (10,5)	1530,0–1537,0 (7)	1125,0–1128,5 (3,5)
Ca2	**dolomit główny**	1501,0–1535,5 (34,5)	1422,5–1451,5 (29)		1214,0–1255,5 (41,5)	1740,0–1768,0 (28)	1537,0–1580,0 (43)	1128,5–1170,0 (41,5)
Cyklotem PZ1								
A1g	**anhydryt górny**	1535,5–1564,0 (28,5)	1451,5–1475,5 (24)		1255,5–1283,5 (28)	1768,0–1870,0 (102)	1580,0–1614,0 (34)	1170,0–1195,5 (25,5)
Na1	**sól kamienna najstarsza**	1564,0–1767,5 (203,5)	1475,5–1577,5 (102)		1283,5–1443,0 (159,5)	1870,0–1938,5 (68,5)	1614,0–1700,0 (86)	1195,5–1390,5 (195)
A1d	**anhydryt dolny**	1767,5–1825,0 (57,5)	1577,5–1705,5 (128)		1443,0–1510,0 (67)	1938,5–2036,0 (97,5)	1700,0–1836,0 (136)	1390,5–1436,0 (45,5)
Ca1 + T1	**wapień cechsztyński i łupek miedzionośny**	1825,0–1834,0 (9)	1705,5–1716,5 (11)		1510,0–1520,0 (10)	2036,0–2045,0 (9)	1836,0–1852,0 (16)	1436,0–1449,0 (13)
Zp1	**zlepieniec podstawowy**		1716,5–1717,0 (0,5)					
miąższość cechsztynu		**385,50**	**377,0**		**350,5**	**359,5**	**357,0**	**351,0**

Tab. 2.1. Podział litostratygraficzny utworów cechsztynu w otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Kartuzy" i w jego bezpośrednim sąsiedztwie (na podstawie CBDG, 2021; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018; Kubala, 2013; Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018).

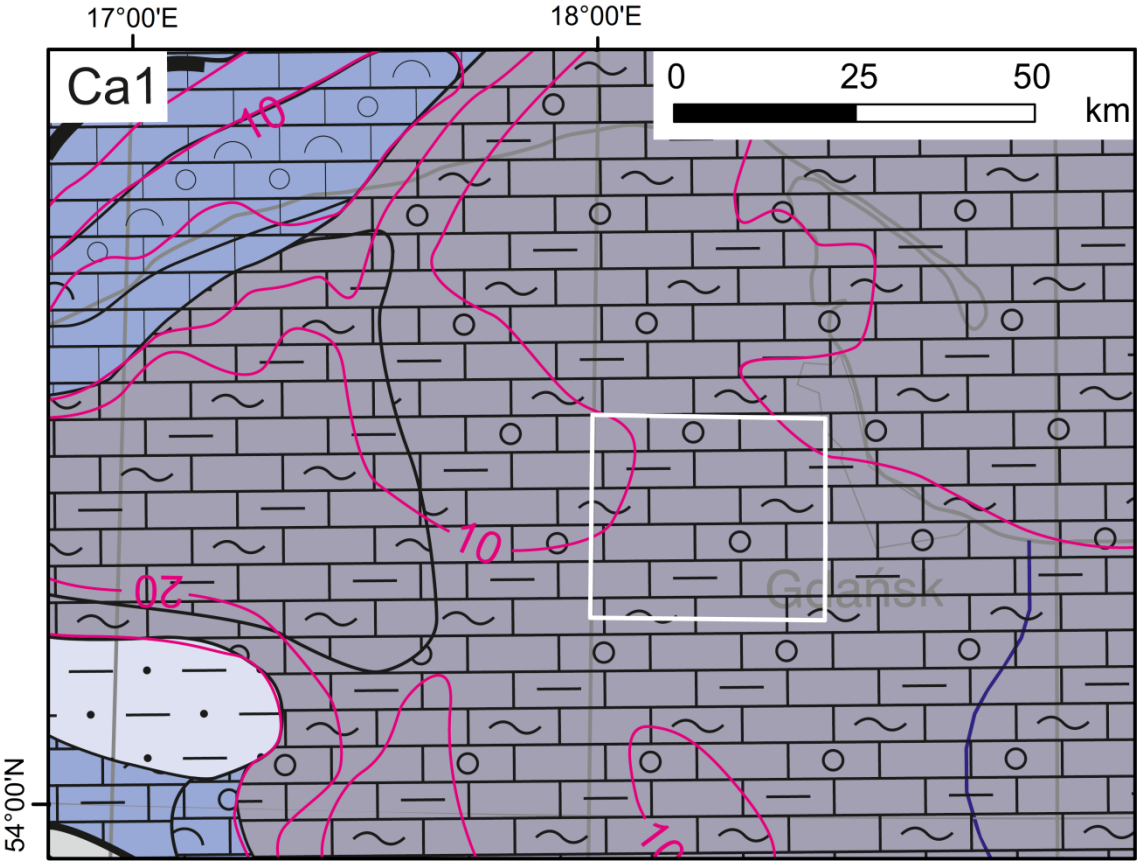


Fig. 2.29. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej wapienia cechsztyńskiego Ca1; objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

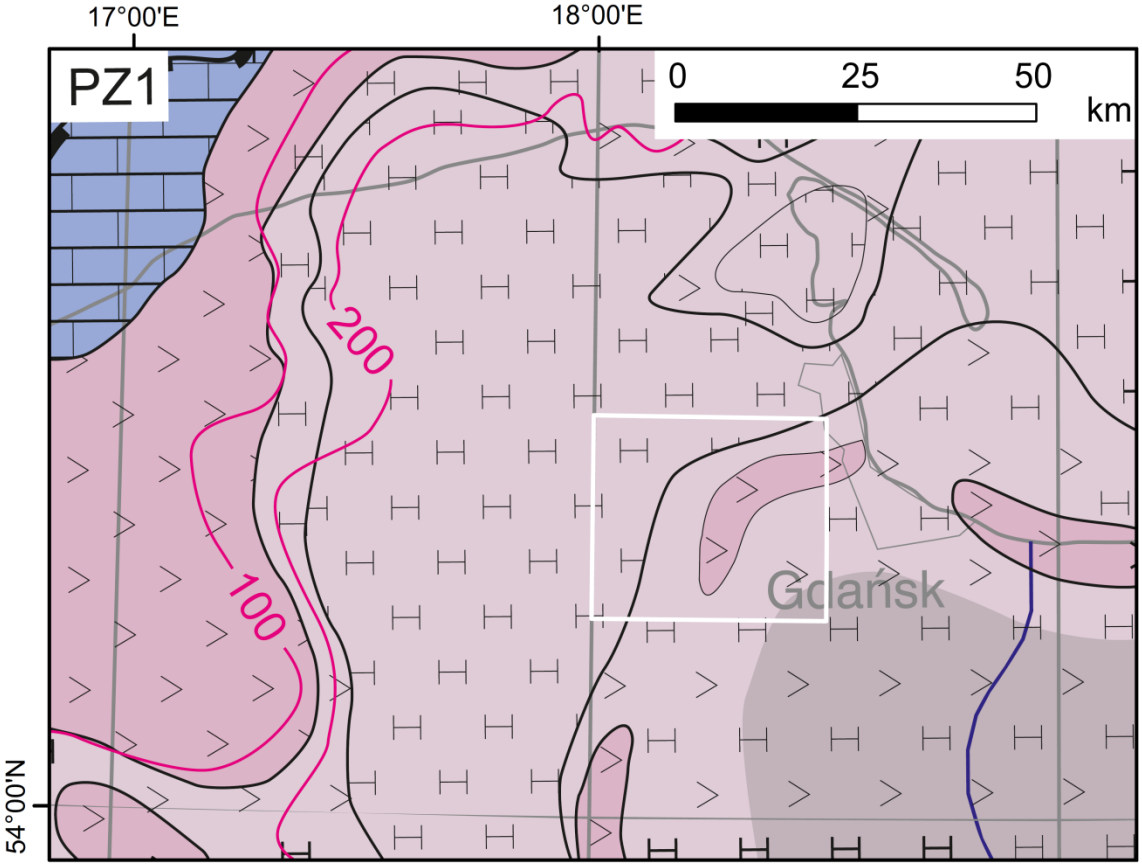


Fig. 2.30. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej cyklotemu PZ1; objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

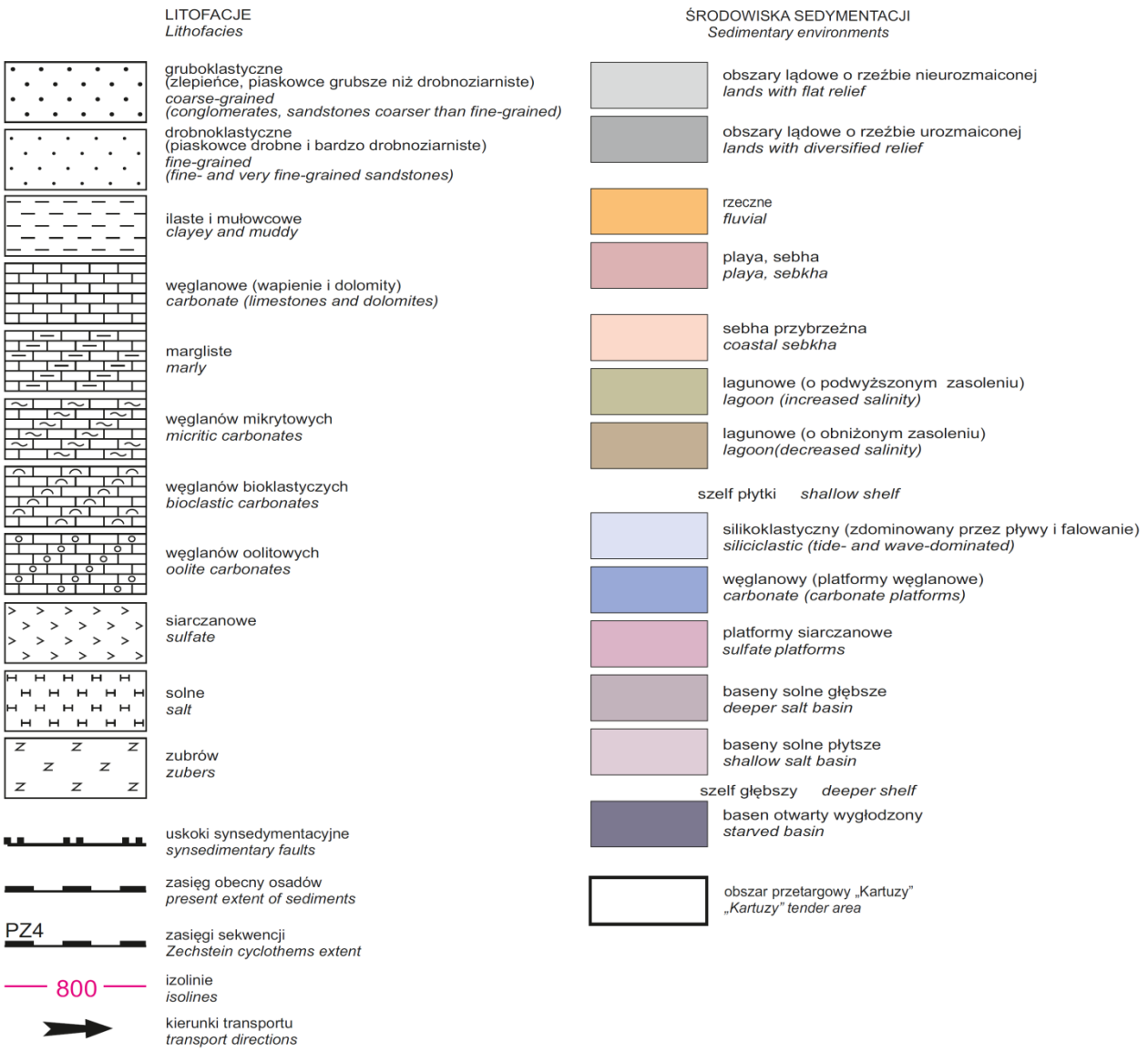


Fig. 2.31. Objaśnienia do map paleogeograficznych cechsztynu: wapienia cechsztyńskiego, cyklotemu PZ1, cyklotemu PZ2, PZ3, dolomitu płytowego (Ca3) i cyklotemu PZ4 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

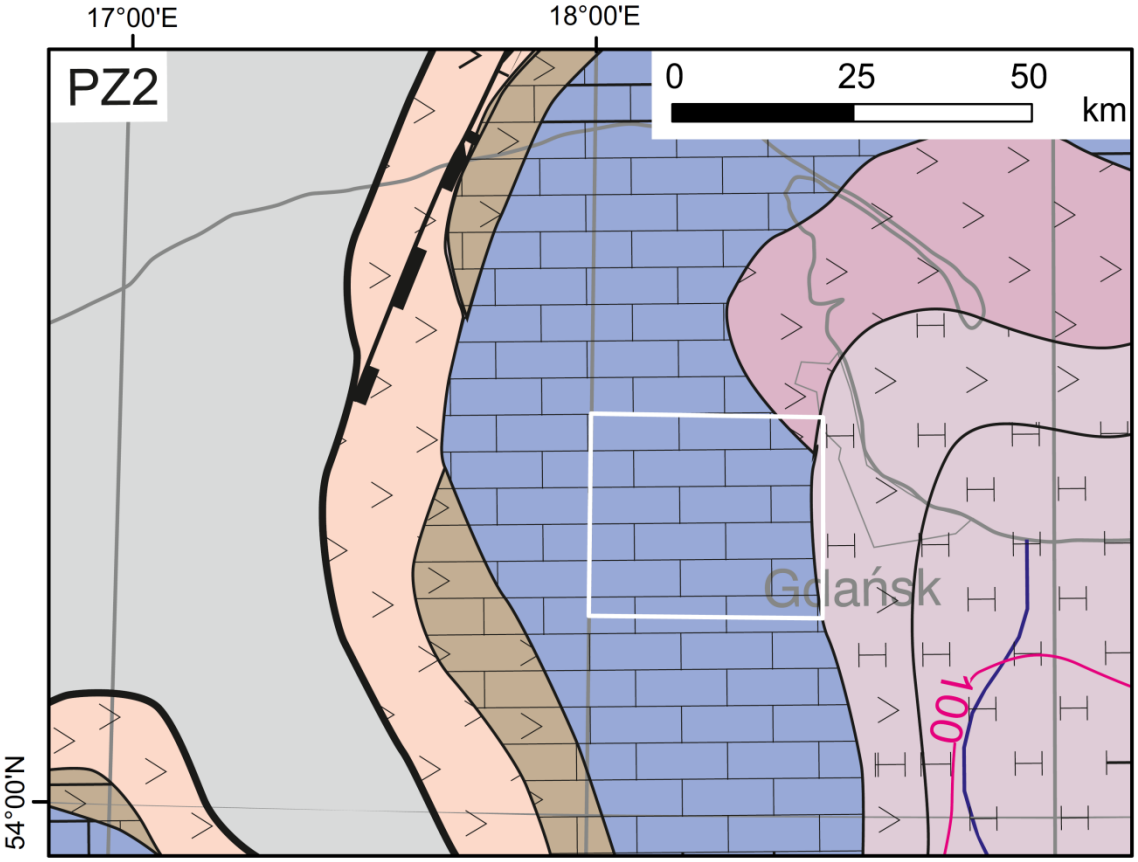


Fig. 2.32. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej cyklotemu PZ2; objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

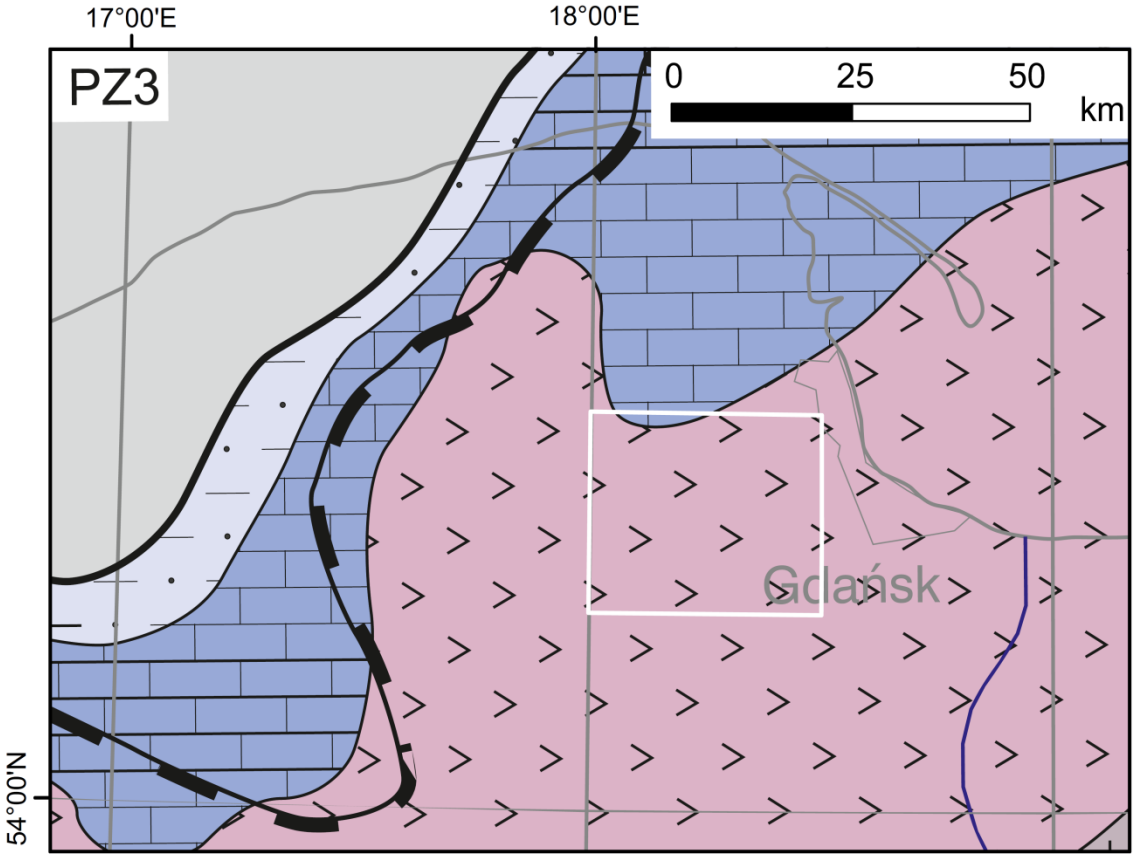


Fig. 2.33. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej cyklotemu PZ3; objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

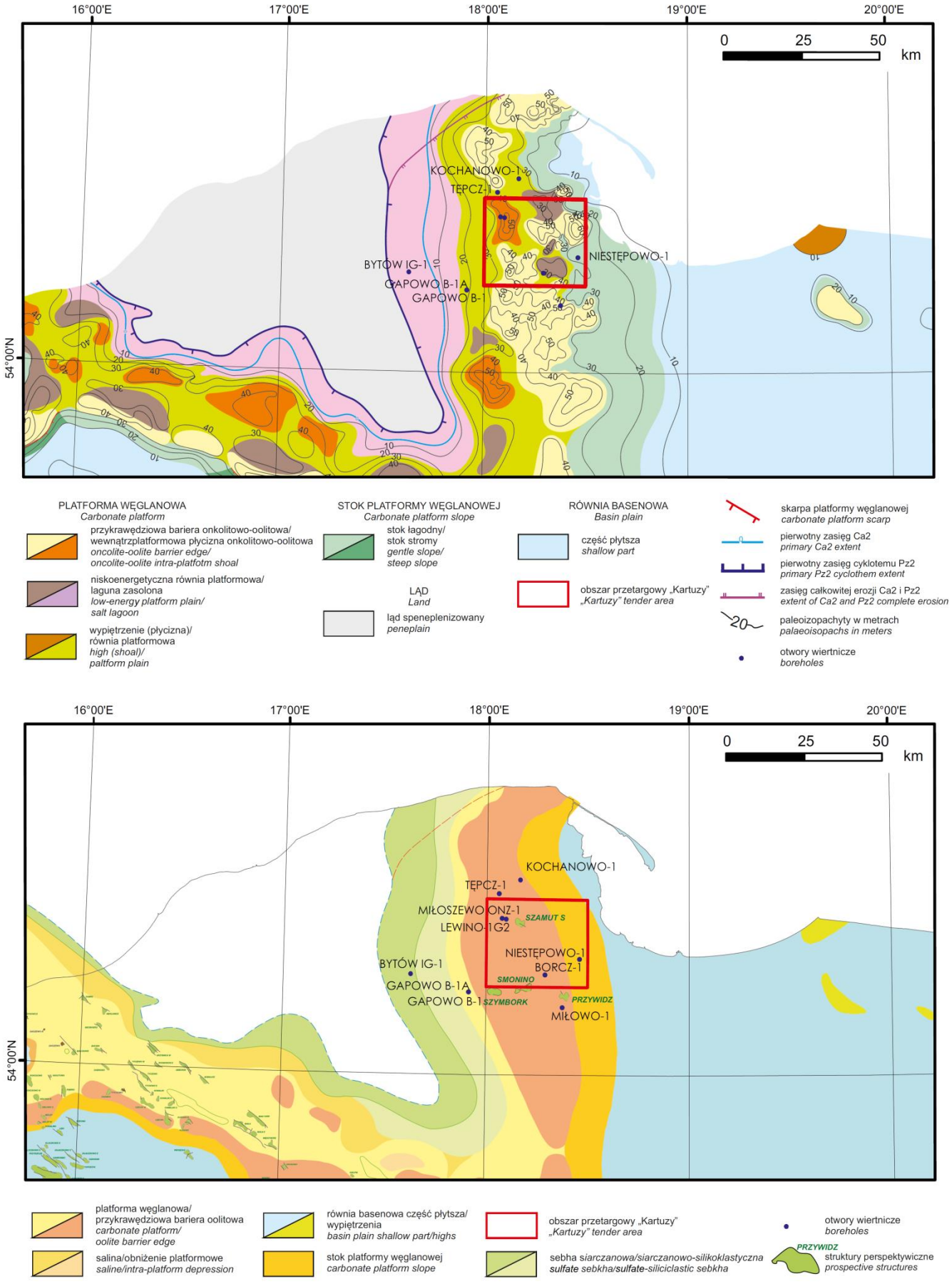


Fig. 2.34. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map paleogeograficznych dolomitu głównego (górna mapa – Wagner, 2012; zmodyfikowane; dolna mapa – Buniak i in., 2013; zmodyfikowane).

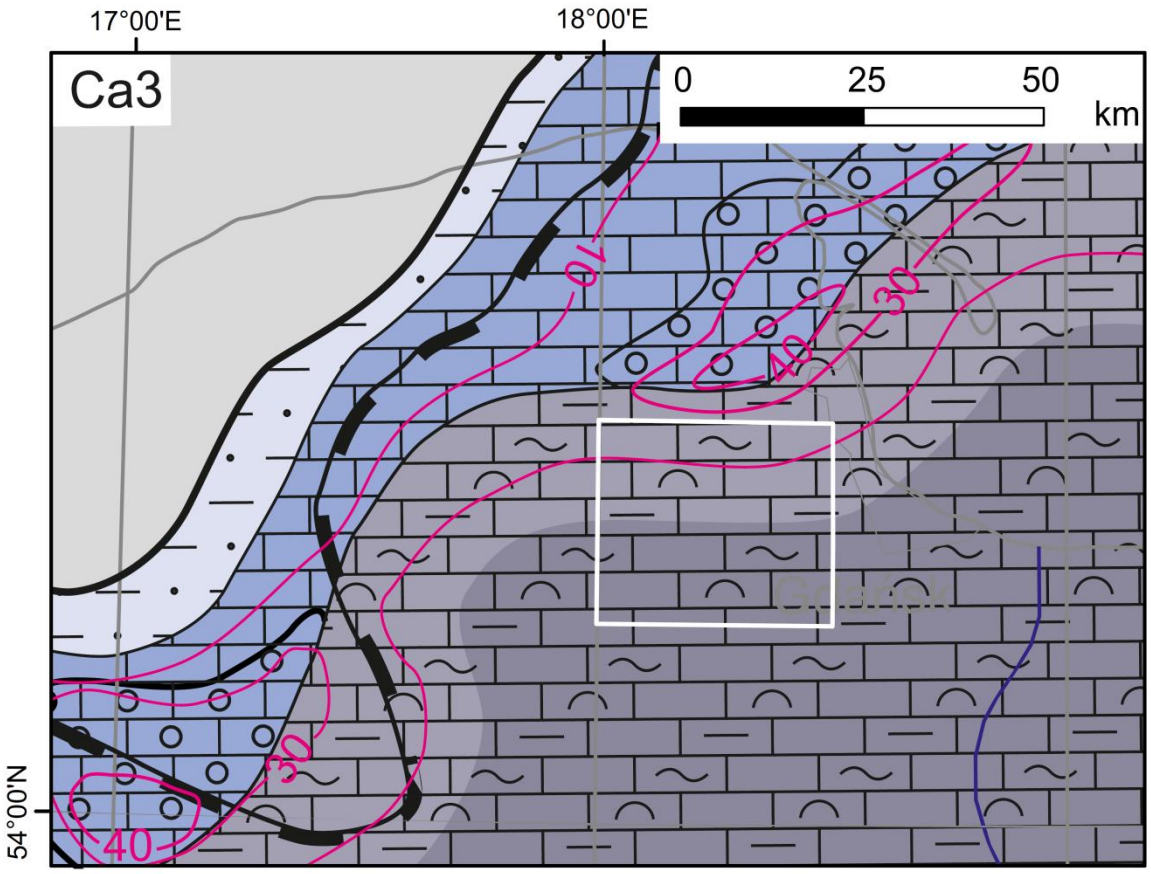


Fig. 2.35. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej dolomitu płytowego (Ca3); objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

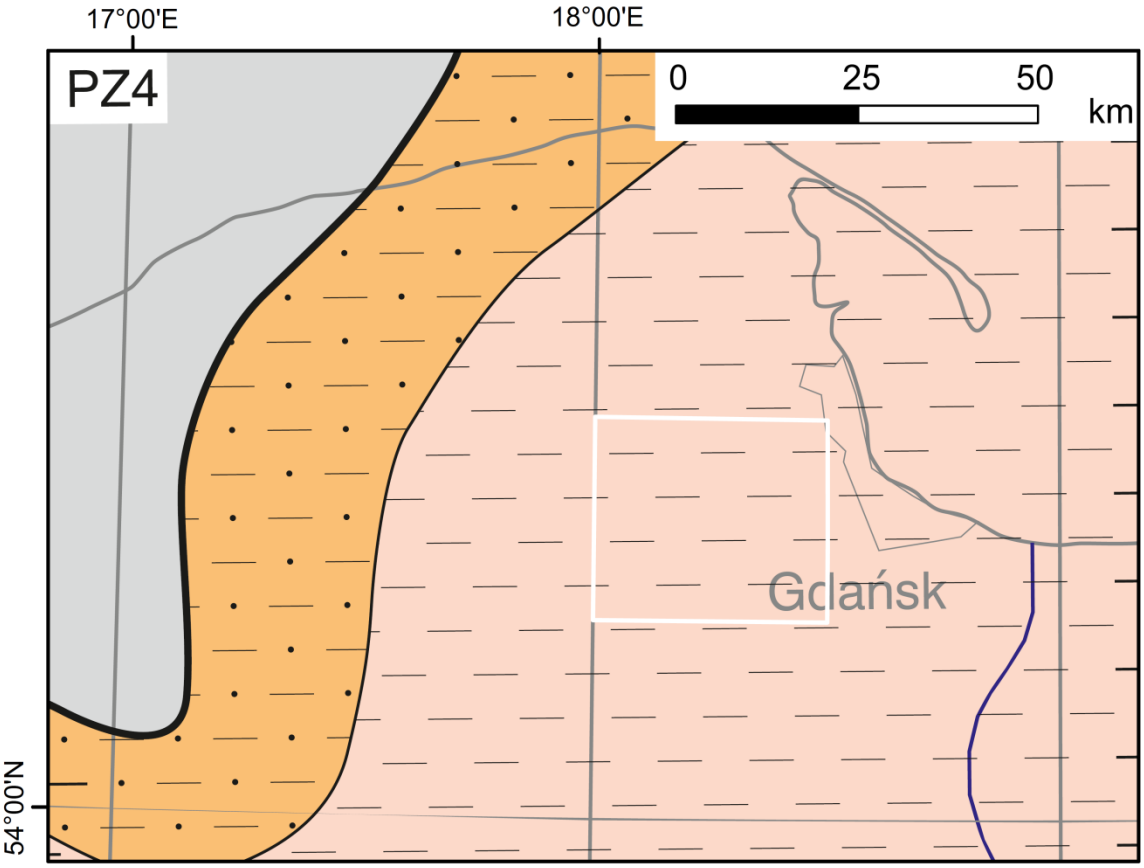


Fig. 2.36. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy paleogeograficznej cyklotemu PZ4; objaśnienia na Fig. 2.31 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

2.3.5. TRIAS

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory triasu na obszarze przetargowym „Kartuzy" rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 894,0–1448,5 m,
- Niestępowo-1: 792,0–1340,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 770,0–1169,5 m,
- Miłowo-1: 1092,0–1685,0 m,
- Gapowo B-1: 953,0–1495,0 m,
- Tępcz-1: 812,5–1098,0 m.

Na obszarze przetargowym występują tylko utwory triasu dolnego – pstrego piaskowca. Najpełniejszy profil triasu dolnego i jednocześnie największe miąższości obserwuje się w takich otworach jak Borcz-1, Niestępowo-1, Miłoszewo ONZ-1, czy w otworze sąsiadującym z obszarem przetargowym – Gapowo B-1. Miąższości triasu wahają się w granicach 399,5–593,0 m. W profilu otworu Tępcz-1, znajdującego się w pobliżu obszaru przetargowego, triasu jest najmniej – jedynie 285,5 m, a profil triasu dolnego jest tam niepełny.

Litologia i stratygrafia

Obszar przetargowy „Kartuzy", w planie staroalpejskim, leży w obrębie monokliny mazursko-podlaskiej (Nawrocki i Becker, 2017). Można się tutaj spodziewać występowania miąższego kompleksu triasu dolnego – pstrego piaskowca, którego utwory powstawały w epikontynentalnym basenie środkowoeuropejskim. Brak jest osadów triasu górnego, które zostały poddane erozji w skrajnie brzeżnej części basenu (Deczkowski i in., 1997; Iwanow, 1998). W analizowanych otworach wiertniczych, w obrębie pstrego piaskowca, można wydzielić poziomy pstrego piaskowca dolnego (o najwyższych miąższościach), pstrego piaskowca środkowego i pstrego piaskowca górnego – retu. W profilu dominują mułowce i iłowce oraz pakiety piaskowcowe. Zdarzają się również wkładki wapieni oraz wtrącenia gipsów i anhydrytów. Ze względu na brak rdzeniowania oraz perspektyw poszukiwawczych, interwały te nie były szczegółowo badane.

Pstry piaskowiec dolny

Pstry piaskowiec dolny występuje w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 1181,5–1448,5 m,
- Niestępowo-1: 1090,0–1340,0 m – formacja bałtycka,
- Miłoszewo ONZ-1: 920,0–1169,0 m – formacja bałtycka,
- Miłowo-1: 1381,5–1685,0 m,
- Gapowo B-1: 1212,0–1495,0 m – formacja bałtycka,
- Tępcz-1: 856,0–1098,0 m.

Pstry piaskowiec środkowy

Pstry piaskowiec środkowy występuje w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 997,0–1181,50 m,
- Niestępowo-1: 1038,0–1090,0 m,
- Miłoszewo ONZ-1: 872,0–920,0 m – formacja pomorska,
- Miłowo-1: 1197,5–1381,5 m,
- Gapowo B-1: 978,0–1212,0 m – formacje pomorska i połczyńska,
- Tępcz-1: 812,5–856,0 m.

Pstry piaskowiec górny (ret)

Pstry piaskowiec górny stwierdzono w poniższych otworach wiertniczych (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 894,0–997,0 m,
- Niestępowo-1: 792,0–812,0 m – formacja elbląska i warstwy bartoszyckie,
- Miłowo-1: 1092,0–1197,5 m,
- Gapowo B-1: 953,0–978,0 m – formacja barwicka.

2.3.6. JURA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory jury na obszarze przetargowym rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz:1 735,0–894,0 m,
- Niestępowo-1: 625,5–792,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 612,5–770,0 m,
- Miłowo-1: 864,0–1092,0 m,
- Gapowo B-1: 857,0–953,0 m,
- Tępcz-1: 604,5–812,5 m.

Na obszarze przetargowym osady jury wykształcone są fragmentarycznie. Miąższości całego kompleksu w otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego bezpośrednim sąsiedztwie zawierają się pomiędzy 96–228 m.

Litologia i stratygrafia

Profil jury środkowej rozpoczynają osady piaszczyste, ilaste i mułowcowo-piaszczyste z ooidami żelazistymi, przechodzące w górnej części w mułowce i margle. Osady te należą do batonu i keloweju i interpretowane są jako utwory powstałe na lądzie z okresowymi wpływami morskimi (Dayczak-Calikowska, 1976). Węglanowe i klastyczne utwory jury górnej występują w omawianym obszarze jedynie fragmentarycznie (Niemczycka, 1997). Oksford dolny jest wykształcony w postaci osadów silikoklastycznych, głównie piaskowców i mułowców. W górę profilu zaczynają się pojawiać utwory piaskowcowe w wkładkami wapieni, przykryte wapieniami, w tym wapieniami marglistymi i miejscami wapieniami oolitowymi.

Jura dolna/środkowa

Utwory jury dolnej i środkowej występują w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 857,0–894,0 m,
- Niestępowo-1: 655,0–792,0 m,
- Miłoszewo ONZ-1: 651,0–770,0 m,
- Miłowo-1: 1036,5–1092,0 m,
- Gapowo B-1: 904,0–953,0 m,
- Tępcz-1: 682,0–812,0 m.

Jura górna

Jurę górną stwierdzono w poniższych otworach wiertniczych (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 735,0–857,0 m,
- Niestępowo-1: 625,5–655,0 m,
- Miłoszewo ONZ-1: 612,5–651,0 m,
- Miłowo-1: 864,0–1036,5 m,
- Gapowo B-1: 857,0–953,0 m,
- Tępcz-1: 604,5–682,0 m.

2.3.7. KREDA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory kredy na obszarze przetargowym rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 205,0–735,0 m,
- Niestępowo-1: 217,0–625,5 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 274,0–612,5 m,
- Miłowo-1: 230,0–864,0 m,
- Gapowo B-1: 323,0–857,0 m,
- Tępcz-1: 215,0–604,5 m,

Na obszarze przetargowym nie jest zachowany pełen profil stratygraficzny kredy. Miąższości kredy w otworach zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego bezpośrednim sąsiedztwie zawierają się pomiędzy 337–634 m.

Litologia i stratygrafia

Na obszarze przetargowym najprawdopodobniej brak kredy dolnej. W nowych otworach poszukiwawczych za gazem łupkowym nie rozdzielano kredy na poszczególne piętra stratygraficzne, wyróżniano ją zwykle jako kreda,

kreda dolna + kreda górna lub kreda górna o miąższości do ponad 600 m w Miłowie-1. Jedynie w archiwalnych otworach Niestępowo-1 i Miłoszewo ONZ-1 oraz w otworze Gapowo B-1 profil kredy (tylko kredy górnej) został bardziej uszczegółowiony (Tab. 2.2).

Kreda górna na obszarze przetargowym jest wykształcona w postaci osadów klastycznych (osady piaszczyste, mułowcowe, ilaste, miejscami z podwyższoną zawartością glaukonitu), które ku górze przechodzą w gezy i margle. Są to osady zdeponowane w epikontynentalnym basenie, które, począwszy od cenomanu, stanowią zapis transgresywnego cyklu, związanego z globalnym podniesieniem się poziomu mórz. Od turonu/koniaku rozpoczęły się ruchy inwersyjne bruzdy duńsko-polskiej, których efektem było powstanie antyklinorium środkowopolskiego.

Piętro	Niestępowo-1 [m]	Miłoszewo ONZ-1 [m]	Gapowo B-1 [m]
Kampan górny	217,0–379,0	274,0–321,0	323,0–453,0
Kampan dolny	379,0–430,0	321,0–389,5	
Santon	430,0–497,0	389,5–428,0	453,0–622,0
Koniak	497,0–528,0	428,0–455,0	
Turon	528,0–606,0	455,0–541,0	622,0–795,0
Cenoman	606,0–625,5	541,0–612,5	795,0–857,0

Tab. 2.2. Głębokość występowania pięter kredy górnej na obszarze przetargowym „Kartuzy” i w jego sąsiedztwie.

2.3.8. KENOZOIK

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory kenozoiku na obszarze przetargowym „Kartuzy” rozpoznano w niżej wymienionych otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio (patrz także rozdział 5):

- Borcz-1: 0–205,0 m,
- Niestępowo-1: 0–217,0 m,
- Lewino-1G2,
- Miłoszewo ONZ-1: 0–274,0 m,
- Miłowo-1: 0–230,0 m,
- Gapowo B-1: 10,0–332,0 m,
- Tępcz-1: 0–215,0 m.

Utwory kenozoiku pokrywają cały obszar przetargowy. Są to osady paleogenu i neogenu, przykryte osadami czwartorzędowymi. Miąższości tych utworów zawierają się w przedziale 205–322 m.

Litologia i stratygrafia

Osady paleogenu i neogenu oraz czwartorzędu w większości otworów wiertniczych z obszaru przetargowego i jego okolic są nierozdzielane. Paleogen i neogen jest wykształcony w postaci osadów piaszczystych i mułowcowo-ilastych. W profilu wielu otworów, takich jak Niestępowo-1 i Borcz-1, pojawiają się również wkładki węgli brunatnych. Osady czwartorzędu to głównie gliny zwałowe, żwirki i piaski morenowe i rzeczne, związane z okresami glacjalnymi.

2.4. HYDROGEOLOGIA

Obszar przetargowy „Kartuzy” jest położony w regionie wodnym Dolnej Wisły, w jednostkach bilansowych wód podziemnych G-14 – Zlewnia Raduni i Motławy, G-16 – Zlewnia Łupawy, G-17 – Zlewnia Łeby oraz G-18 – Zlewnia Redy i Piaśnicy. W podziale na jednolite części wód podziemnych należy do JCWPd nr 13, z wyjątkiem zachodniej części, gdzie została wydzielona JCWPd nr 11 (Fig. 2.37). Obszar jest odwadniany przez rzekę Radunię oraz jej lewostronne dopływy Stupinę i Strzelenkę, rzekę Łebę z prawostronnym dopływem Dębnicą oraz prawostronne dopływy Redy – Gościnę, Bolszewkę i Zagórską Strugę oraz inne mniejsze cieki. Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych

wód podziemnych (Paczyński i Sadurski, 2007) cały obszar jest położony w regionie wschodniopomorskim, należącym do prowincji wybrzeża i pobrzeża Bałtyku.

Informacje dotyczące rozpoznania warunków hydrogeologicznych zostały umieszczone na arkuszach Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (MhP) – Kartuzy (Prussak, 2000), Żukowo (Chmielowska, 1998), Egiertowo (Kreczko, 2002) i Dzierżążno (Balcer, 1998), oraz objaśnieniach do nich.

Na obszarze „Kartuzy" słodkie (zwykłe) wody podziemne występują w obrębie trzech pięter wodonośnych – czwartorzędowego, neogeńsko-paleogeńskiego oraz kredowego (Fig. 2.38). Jedynie pierwsze z wymienionych pięter występuje w sposób ciągły na całym obszarze i spełnia parametry użytkowych poziomów wodonośnych zgodnie z kryteriami MhP. Piętro neogeńsko-paleogeńskie jest stosunkowo słabo rozpoznane, a jego użytkowy charakter stwierdzono jedynie lokalnie. Piętro kredowe ma charakter ciągły, lecz w zachodniej części obszaru nie posiada parametrów właściwych dla poziomów użytkowych. Wymienione piętra wodonośne pozostają w ze sobą w kontakcie hydraulicznym i należą do regionalnego systemu hydrogeologicznego (subniecka gdańska). Zasilanie odbywa się na wysoczyźnie Pojezierza Kaszubskiego, w obrębie, którego jest położony obszar „Kartuzy", a bazą drenażu jest Zatoka Gdańska wraz z nizinami nadmorskimi i Żuławami (Kozerski, 1990; Fig. 2.39). Przepływ wód podziemnych odbywa się w systemach lokalnym, pośrednim i regionalnym. Dolną granicę systemu stanowią miąższe osady mułowcowo-ilaste kredy górnej.

Rozpoznanie głębszych pięter wodonośnych ma charakter regionalny. Występują w nich wody słone (zmineralizowane), których mineralizacja wzrasta wraz z głębokością zalegania. Wody te mogłyby być wykorzystywane do celów balneoterapeutycznych, pod warunkiem spełnienia wymogów właściwych dla wód leczniczych określonych w Ustawie (2011).

Występowanie wód podziemnych w utworach czwartorzędowych jest związane z piaszczysto-żwirowymi osadami międzyglinowymi oraz kopalnych dolin polodowcowych. W obrębie czwartorzędu zostały wydzielone dwa międzyglinowe poziomy wodonośne, które na obszarze „Kartuzy" mają charakter użytkowy. Tworzące je warstwy wodonośne nie mają zasięgu regionalnego. W profilu pionowym występuje nierzadko kilka warstw wodonośnych, które nakładają się na siebie lub występują obocznie.

Pierwszy poziom międzyglinowy jest związany z piaskami, zwykle drobno- i średnioziarnistymi, oraz żwirami zlodowacenia północnopolskiego. Występuje powszechnie na niemal całym charakteryzowanym obszarze, choć nie ma charakteru ciągłego. Jego obecności nie stwierdzono w północnej i południowo-wschodniej części obszaru, m.in. w rejonach elewacji stropu neogenu oraz lokalnie w strefie krawędziowej Pojezierza Kartuskiego. Poziom występuje na głębokości od kilku do ponad 60 m – najpłycej w dolinach rzek i jezior, a najgłębiej w strefie alimentacji wód położonej w środkowej i południowo-zachodniej części obszaru „Kartuzy". Miejscami łączy się z drugim poziomem międzyglinowym. Na ogół jest przykryty pokładem glin zwałowych o zróżnicowanej miąższości (średnio 10–30 m), natomiast w głęboko wciętych dolinach cieków powierzchniowych i jezior oraz wschodniej części obszaru jest praktycznie pozbawiony izolacji od powierzchni terenu. Miąższość poziomu wodonośnego wynosi od 5 do 40 m (na ogół 10–20 m). Wartość współczynnika filtracji waha się od 0,05 do 2,5 m/h, jednak średnia nie przekracza zwykle 0,8 m/h. Wydajność potencjalna studni wynosi zwykle od 15 do 50 m^3/h, choć niekiedy może przekraczać nawet 70 m^3/h. Zwierciadło wody znajduje się pod niewielkim ciśnieniem hydrostatycznym lub ma charakter swobodny, nawet w warstwach występujących na znacznych głębokościach. Zasilanie poziomu wodonośnego odbywa się poprzez infiltrację wód pochodzenia atmosferycznego, dopływ lateralny z południa i południowego zachodu z wyższych partii wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego oraz z cieków powierzchniowych. Drenaż poziomu zachodzi na drodze przesączania w głąb systemu do drugiego poziomu wodonośnego oraz odpływu do wód powierzchniowych.

Drugi poziom wodonośny, występujący na całym obszarze „Kartuzy”, jest związany stratygraficznie z piaskami i żwirami zlodowaceń środkowopolskich oraz południowopolskich. Jego obecność została stwierdzona na zróżnicowanych głębokościach od około 40 do ponad 100 m. Na ogół jest oddzielony od wyżej ległego pierwszego poziomu warstwami glin zwałowych, utrudniającymi kontakt hydrauliczny, choć lokalnie poziomy łączą się ze sobą. Miąższość drugiego poziomu wodonośnego sięga od kilku do ponad 40 m. Współczynnik filtracji wynosi zwykle od 0,08 do 2,5 m/h, a wydajność potencjalna studni od 30 do 120 m^3/h, lokalnie więcej. Najkorzystniejsze warunki hydrogeologiczne stwierdzono w obrębie głęboko wciętych, kopalnych struktur rynnowych (m.in. w rejon Wiczlina, Wielkiego Kacka, Gdańska Osowej, Pępowa). Struktury te są wypełnione piaskami i żwirami zlodowacenia południowopolskiego o miąższości sięgającej lokalnie ponad 100 m, nierzadko pozostającymi w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami poziomu mioceńskiego. Zwierciadło wody drugiego poziomu międzyglinowego ma charakter subartezyjski, a lokalnie również artezyjski (dolina Raduni). Zasilanie poziomu odbywa się przez dopływ pionowy oraz w mniejszym stopniu lateralny. Odpływ wód następuje poprzez infiltrację w głąb systemu wodonośnego do głębszych poziomów wodonośnych oraz drenaż przez głęboko wcięte doliny rzek i jezior oraz doliny kopalne.

Powierzchnia zwierciadła międzyglinowych poziomów wodonośnych piętra czwartorzędowego układa się na wysokości od 60 do 180 m n.p.m. Rejon zasilania (centralna i południowo-zachodnia część obszaru „Kartuzy”) charakteryzuje się niewielkimi spadkami i położeniem zwierciadła na wysokości 140–180 m. n.p.m. W strefie tranzytu zwierciadło zalega na rzędnych około 100–140 m n.p.m., a najniżej w strefie drenażu przez rzeki Radunię oraz Łebę. Przepływ wód podziemnych piętra czwartorzędowego odbywa się zasadniczo w kierunku wschodnim – ku Zatoce Gdańskiej z nizinami nadmorskimi i Żuławami. W strefie krawędziowej drenaż zachodzi najintensywniej poprzez erozyjne doliny kopalne. W północnej części obszaru wody odpływają ku Pradolinie Redy-Łeby, będącej pośrednią bazą drenażu, w południowej są drenowane przez Radunię. Przez obszar „Kartuzy” przebiega dział wód podziemnych, co powoduje, że w północno-zachodniej części obszaru spływ wód odbywa się ku dolinie rzeki Łeby uchodzącej bezpośrednio do Bałtyku.

Wody czwartorzędowego piętra wodonośnego charakteryzują się cechami fizyczno-chemicznymi typowymi dla młodoglacjalnych obszarów pojeziernych północnej Polski. Dominują współczesne wody infiltracyjne typu HCO_3–Ca, o mineralizacji nieprzekraczającej 600 mg/dm^3, choć lokalnie w pierwszym poziomie bywa wyższa i sięga nawet 800 mg/dm^3. W wodach tych jony chlorkowe występują na ogół w stężeniach do 70 mg/dm^3 (średnio 5–30 mg/dm^3), a siarczanowe do 120 mg/dm^3 (średnio 15–50 mg/dm^3). Stopień obciążenia związkami azotowymi jest zróżnicowany, lecz na ogół wynosi około 0,1 mg/dm^3. Podwyższone zawartości azotu azotanowego do 10 mg/dm^3, spotykane są w wodach podziemnych pierwszego poziomu międzyglinowego, zwykle w sąsiedztwie gospodarstw rolnych lub na obszarach zwartej zabudowy mieszkaniowej. Natomiast okresowe występowanie drugim poziomie wodonośnym (m.in. okolice Kartuz i strefa krawędziowa), wysokich stężeń azotu amonowego, przekraczających niekiedy 1,3 mg/dm^3, jest prawdopodobnie wynikiem procesów biogeochemicznych (redukcja siarczanów przez bakterie siarkowe), a nie wynikiem przedostawania się zanieczyszczeń. Wody podziemne charakteryzują się zróżnicowanymi stężeniami żelaza i manganu. Koncentracja związków żelaza zmienia się od 0,01 do 9,0 mg/dm^3, jednak na przeważającej części obszaru nie przekracza 2,0 mg/dm^3. W wyższych ilościach występuje w głębszym poziomie wodonośnym. Stężenia manganu z reguły nie przekraczają 0,3 mg/dm^3. Pomimo znacznego stopnia zurbanizowania obszaru „Kartuz”, szczególnie jego wschodniej części, znajdującej się granicach administracyjnych Gdyni i Gdańska, oraz intensywnej antroporesji, związanej z obecnością obiektów infrastruktury przemysłowej, komunikacyjnej (lotnisko, drogi, magazyny paliw), wodnościekowej (oczyszczalnie i przepompownie ścieków)

oraz związanej z gospodarką odpadami, nie obserwuje się aktualnie obszarowych zanieczyszczeń wód podziemnych z wyjątkiem lokalnego wzrostu zawartości związków azotu oraz niektórych metali. W przeszłości obserwowano ponadto wzrost zawartości związków organicznych (WWA), których obecność była związana prawdopodobnie z przedostawaniem się zanieczyszczeń w trakcie budowy ujęć.

Wody podziemne neogeńsko-paleogeńskiego piętra wodonośnego są związane z utworami piaszczystymi miocenu i oligocenu. Poziom mioceński występuje w piaskach drobnoziarnistych, często mułkowatych, z domieszką pyłu burowęglowego. Ich miąższość wynosi od kilku do ponad 30 m w obrębie kopalnych dolin erozyjnych. Wartości współczynnika filtracji są również bardzo zróżnicowane i wynoszą od 0,1 do 2,0 m/h. Rzędne stropu podnoszą się w kierunku wschodnim od około 0 m n.p.m. w rejonie Gdyni do ok. 120 m n.p.m. w zachodniej części obszaru, natomiast w rejonie rozcięć erozyjnych sięgać mogą nawet -110 m n.p.m. (Pępowo). Najkorzystniejsze warunki występują w północno-wschodniej części obszaru (strefa krawędziowa Pojezierza Kaszubskiego), gdzie wodonośne osady neogenu łączą się z utworami wodonośnymi czwartorzędu (Wielki Kack, Bojano).

Poziom oligoceński jest związany z drobno- i średnioziarnistymi piaskami kwarcowymi i jest dość powszechnie ujmowany w rejonie Trójmiasta. W rejonie głębokich rozcięć erozyjnych może on pozostawać w bezpośrednim kontakcie z wodonośnymi osadami czwartorzędu. Jego miąższość oscyluje od kilku do ponad 30 m. Rzędne stropu w we wschodniej części obszaru wynoszą od -75 do -25 m n.p.m. i podnoszą się w kierunku wschodnim. W tym rejonie warstwę wodonośną charakteryzują współczynniki filtracji od 1 m/24h do 10 m/24h.

Zwierciadło poziomów neogeńskiego i paleogeńskiego ma charakter naporowy. Zasilanie odbywa się przez dopływ pionowy z poziomów sąsiednich, głównie wyżej ległych, i w zdecydowanie mniejszym stopniu przez dopływ lateralny. Przepływ wód następuje w kierunku wschodnim – ku dolinie Wisły i Zatoce Gdańskiej, a w północnej części obszaru ku pradolinie Redy-Łeby.

W mioceńskim i oligoceńskim poziomie wodonośnym występują wody o charakterystyce zbliżonej do wód piętra czwartorzędowego. Są to na ogół wody typu HCO_3-Ca o mineralizacji do 400 mg/dm^3, o twardości rzędu 2,8–5,5 mval/dm^3 i odczynie pH 7–8. Na jakość tych wód wpływają podwyższone stężenia związków żelaza (0,5–0,9 mg/dm^3), manganu (0,04–0,2 mg/dm^3). Z tego względu wody oligoceńskiego poziomu wodonośnego są zwykle średniej jakości. W przypadku poziomów mioceńskich, niekorzystnie na barwę i mętność wód, a tym samym ich walory użytkowe, wpływa niekiedy wysoka zawartość zawiesiny burowęglowej.

Kredowe piętro wodonośne jest związane z glaukonitowymi piaskami drobnoziarnistymi górnokredowego zbiornika wód podziemnych subniecki gdańskiej (GZWP – nr 111, Subniecka Gdańska), w którego obrębie jest położona środkowa i wschodnia część obszaru „Kartuzy". Ich miąższość wynosi od kilku metrów w strefach brzeżnych zbiornika do 90 m w Gdyni i ponad 120 m w Sopocie (Kreczko i in., 1996). W rejonie Trójmiasta, gdzie wykształcenie wodonośnych piasków jest najkorzystniejsze, wartość współczynnika filtracji wynosi od około 0,5 do ponad 15 m/d, a wydajność potencjalna studni przekracza 70 m^3/h. Na zachód i północny zachód od tego obszaru uziarnienie piasków zmienia się i przeważa frakcja mułkowa z domieszką piasków drobnoziarnistych. Strop osadów w rejonie Gdańska i Gdyni zalega na ogół na rzędnej od -120 do -140 m n.p.m., zaś w zachodniej części omawianego obszaru około -160 m n.p.m. (Miłoszewo ONZ-1). Zasilanie poziomów wodonośnych ma charakter pośredni – zachodzi na drodze przesączania wód z płytszych poziomów wodonośnych (najintensywniej wzdłuż strefy krawędziowej) oraz dopływu lateralnego. Odpływ wód następuje w kierunku Zatoki Gdańskiej i doliny Wisły. Na obszarze „Kartuzy" wody piętra kredowego nie są wykorzystywane.

W GZWP nr 111 występują wody niskozmineralizowane, w których suma składników rozpuszczonych nie przekracza zwykle

500 mg/dm^3. Są to na ogół wody typu HCO_3–Ca, HCO_3–Na lub ich mieszaniny. Jony chlorkowe występują najczęściej w stężeniach do 20 mg/dm^3, a siarczanowe do 30 mg/dm^3. Zawartość żelaza sięga do 2,0 mg/dm^3 lecz najczęściej jednak nie przekracza 0,2 mg/dm^3, a w przypadku manganu – 0,03 mg/dm^3. Zawartość związków azotu w wodach jest na ogół niewielka. Wyjątek stanowi azot amonowy, którego stężenia sięgają od 0,2 do nawet 1,5 mg/dm^3. Charakterystyczna dla wód zbiornika jest również wyczuwalna organoleptycznie zawartość siarkowodoru.

Wśród głównych kationów serii piaszczystej dominują jony wapnia i magnezu, zaś w serii węglanowej sodu. Wody zbiornika są średnio twarde, miękkie i bardzo miękkie – ich twardość waha się w granicach od 0,1 do 2 mval/dm^3, a pH wynosi od 7,0 do 8,9. Jony chlorkowe występują najczęściej w stężeniach 6–20 mg/dm^3, a siarczanowe do 30 mg/dm^3. Zawartość żelaza i manganu jest na ogół niewielka i na ogół nie przekracza odpowiednio 0,2 mg/dm^3 i 0,03 mg/dm^3. Azotany i azotyny występują również w niewielkich stężeniach, natomiast zawartość amoniaku sięga lokalnie do 1,5 mg/dm^3. Charakterystyczna dla zbiornika jest obecność siarkowodoru, objawiająca się charakterystycznym zapachem, a w południowej części podwyższonych zawartości jonu fluorkowego.

Biorąc pod uwagę rozprzestrzenienie pięter oraz poziomów wodonośnych, ich położenie względem siebie w układzie hydrostrukturalnym oraz charakteryzujące je warunki hydrogeologiczne, w obrębie obszaru „Kartuzy" wyróżniono kilka jednostek hydrogeologicznych o zróżnicowanej charakterystyce. Wspólną cechą jednostek jest dominujące znaczenie poziomów piętra czwartorzędowego jako głównych użytkowych poziomów wodonośnych. Utwory wodonośne niżej ległych pięter wodonośnych mają charakter podrzędny, poza niewielkimi obszarami, w obrębie których neogeński poziom wodonośny pozostaje w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z drugim czwartorzędowym poziomem międzyglinowym. Tego rodzaju łączne występowanie pięter wodonośnych stwierdzono w skrajnie północno zachodniej i północno-wschodniej części obszaru (jednostki Q-Ng-Pg i Q-Ng-Pg/K). Z uwagi na izolację stropu poziomu wodnośnego miąższymi pakietami utworów słabo przepuszczalnych, stopień zagrożenia zanieczyszczeniami pochodzenia antropogenicznego został określony jako niski i bardzo niski, a lokalnie również średni.

We wschodniej i północno-wschodniej części obszaru, położonej w obrębie Pojezierza Kartuskiego i jego krawędziowej części, jako użytkowe rozpoznano poziomy wodonośne w piętrach czwartorzędowym, paleogeńsko-neogeńskim i kredowym. Piętro czwartorzędowe jest reprezentowane przez jeden lub dwa użytkowe poziomy wodonośne (jednostki o piętrowych symbolach Q/Ng-Pg/K lub Q/Q/Ng-Pg/K). Tę część obszaru cechuje na ogół średni i niski, a lokalnie również bardzo niski stopień zagrożenia jakości wód, z uwagi na występujące gliny i mułki w nadkładzie warstw wodonośnych. Ponadto w rejonach, gdzie rozpoznano dwa użytkowe poziomy w utworach czwartorzędu, głównym jest zazwyczaj lepiej izolowany poziom drugi. W części środkowej i południowej obszaru parametrami właściwymi dla użytkowych poziomów wodonośnych charakteryzują się jedynie poziomy czwartorzędu i kredy (Q/K lub Q/Q/K). Stopień zagrożenia poziomu czwartorzędowego presją czynników antropogenicznych jest na tym obszarze zróżnicowany, od bardzo wysokiego po bardzo niski, z uwagi na zmienność miąższości izolujących utworów słabo przepuszczalnych i obecność obiektów stwarzających potencjalne zagrożenie. W części zachodniej kredowy poziom wodonośny traci użytkowe znaczenie, natomiast zyskuje je poziom neogeńsko-paleogeński (Q/Ng-Pg i Q/Q/Ng-Pg). Stopień zagrożenia wód podziemnych w tym rejonie jest najczęściej bardzo niski z uwagi na dobrą izolację poziomów wodonośnych, rzadziej niski lub średni. W części południowo-zachodniej charakter użytkowy mają jedynie poziomy wodonośne występujące w utworach czwartorzędu (Q i Q/Q), na ogół dość dobrze izolowane od powierzchni terenu. Niski i bardzo niski stopień zagrożenia wód podziemnych przechodzi w średni i lokalnie wysoki w rynnie jezior Raduńskich, która kontynuuje się w kierunku północnym, z uwagi na zredukowaną miąższość utworów słabo przepusz-

czalnych występujących w nadkładzie głównego poziomu wodonośnego.

Dla ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych w utworach kredy górnej został wyznaczony wspomniany już główny zbiornik wód podziemnych nr 111 Subniecka Gdańska (GZWP nr 111; Kreczko i in., 1996; Fig. 2.37). Ze względu na głębokość występowania poziomu wodonośnego, wynoszącą średnio 150 m, uznano go za odporny na oddziaływanie antropogeniczne i nie wymagający wyznaczenia obszaru ochronnego. Przyjęto, że jego ochrona powinna odbywać się poprzez właściwą eksploatację i systematyczną kontrolę jakości wód.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych subniecki gdańskiej w wysokości 2570 m^3/24h zostały ustalone w „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w utworach górnokredowych Subniecki Gdańskiej /GZWP nr 111 Subniecka Gdańska/" (Gatlik i in., 2006) i zatwierdzone decyzją DGKdh/4791-6607-20-15/6607/07/MJ dnia 31.07.2007 r.

Zasoby dyspozycyjne wód zwykłych piętra czwartorzędowego w rejonie obszaru przetargowego zostały określone w wysokości:

a) 83 330 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Raduni i Mołtawy" (Rodzoch i in., 2007), zatwierdzone decyzją DGkdh/4791-20-4-6660/581/08/MJ z dnia 23.01.2008 r.;
b) 95 160 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i mioceńskich strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego na odcinku Gdynia - Pruszcz Gdański" (Bralczyk i Jankowski, 1997), zatwierdzone decyzją DG/kdh/BJ/489-6142/2000 z dnia 5.05.2000 r.;
c) 182 983,2 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy oraz rzek Przymorza od Karwianki do Chylonki (Balcer i in., 2004), zatwierdzone decyzją DG/kdh/ED/489-6524/2005 z dnia 10.03. 2005 r.;
d) 232 800 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej zlewni Łeby zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych kenozoicznych poziomów wód podziemnych (Bralczyk i in., 2001), zatwierdzone decyzją DG/kdh/ED/489-6355/2002 z dnia 8.04.2002 r.

W obrębie obszaru „Kartuzy" istnieje ponad 500 otworów hydrogeologicznych w ujęciach jedno- i wielootworowych, z których większość jest obecnie nieczynna z uwagi na dostępność sieci wodociągowej, zaopatrującej w wodę większość użytkowników indywidualnych i instytucjonalnych. Największa liczba ujęć i wchodzących w ich skład otworów hydrogeologicznych znajduje się wzdłuż wschodniej granicy obszaru, na terenie Gdyni i Gdańska oraz ich bezpośrednim sąsiedztwie. Ujęciami tymi są eksploatowane wody czwartorzędowego piętra wodonośnego, a w pojedynczych przypadkach również paleogeńsko-neogeńskiego. Brak jest studni ujmujących kredowy poziom wodonośny. Podstawowe informacje o największych ujęciach zlokalizowanych w granicach obszaru przetargowego „Kartuzy" zestawiono w Tab. 2.3.

Wieloletnia intensywna eksploatacja wód podziemnych, prowadzona w ujęciu Wiczlino, wykorzystywanym do zaopatrzenia sieci wodociągowej Gdyni, oraz jego współdziałanie z innym gdyńskim ujęciem wód podziemnych – Wielki Kack, spowodowały powstanie regionalnego leja depresji. Po ograniczeniu wielkości wydobycia z obydwu ujęć, które miało miejsce pod koniec lat 90. XX w., zwierciadło wód podziemnych odbudowało się.

W celu ochrony wód podziemnych wokół kilku ujęć komunalnych, zlokalizowanych w obrębie obszaru „Kartuzy", zostały ustanowione strefy ochrony pośredniej. W grupie tej znalazły się ujęcia:

a) Osowa w Chwaszczynie (Rozporządzenie Wojewody Pomorskiego z dnia 29 października 2020 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych „Osowa" w Chwaszczynie, województwo pomorskie. Dz. Urz. Woj. Pomorskiego z 25.10.2020 r. poz. 4450);
b) Wielki Kack w Gdyni (Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospo-

darki Wodnej w Gdańsku z dnia 10 maja 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych „Wielki Kack" w Gdyni, powiat gdyński, województwo pomorskie. Dz. Urz. Woj. Pomorskiego z 25.05.2017 r. poz. 1999);

c) Wiczlino w Gdyni (Rozporządzenie nr 5/2014 w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych „Wiczlino" w Gdyni, powiat gdyński, woj. Pomorskie. Dz. Urz. Woj. Pomorskiego z 11.06.2014 r. poz. 2118).

Ponadto na omawianym obszarze znajdują się również fragmenty stref ochrony pośredniej ujęć położonych poza jego granicami:

d) Sieradzka w Gdyni (Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku z dnia 29 sierpnia 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych „Sieradzka" w Gdyni, powiat gdyński, wojojewództwo pomorskie. Dz. Urz. Woj. Pomorskiego z 31.08.2017 r. poz. 3145);

e) Dolina Radości w Gdyni (Rozporządzenie Wojewody Pomorskiego z dnia 25 października 2020 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych „Dolina Radości" w Gdańsku, województwo pomorskie).

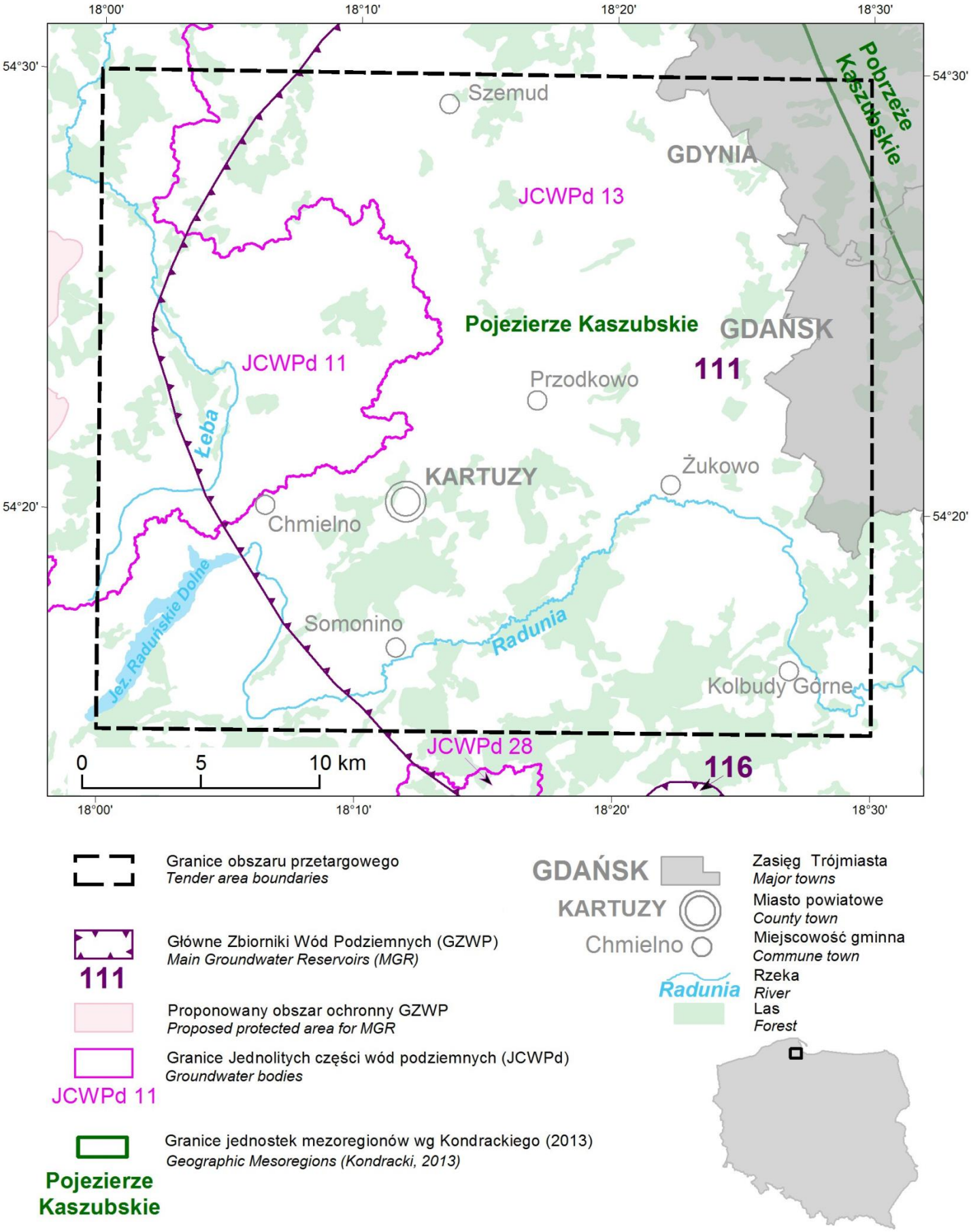


Fig. 2.37. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy" na tle jednostek fizycznogeograficznych, GZWP i JCWPd.

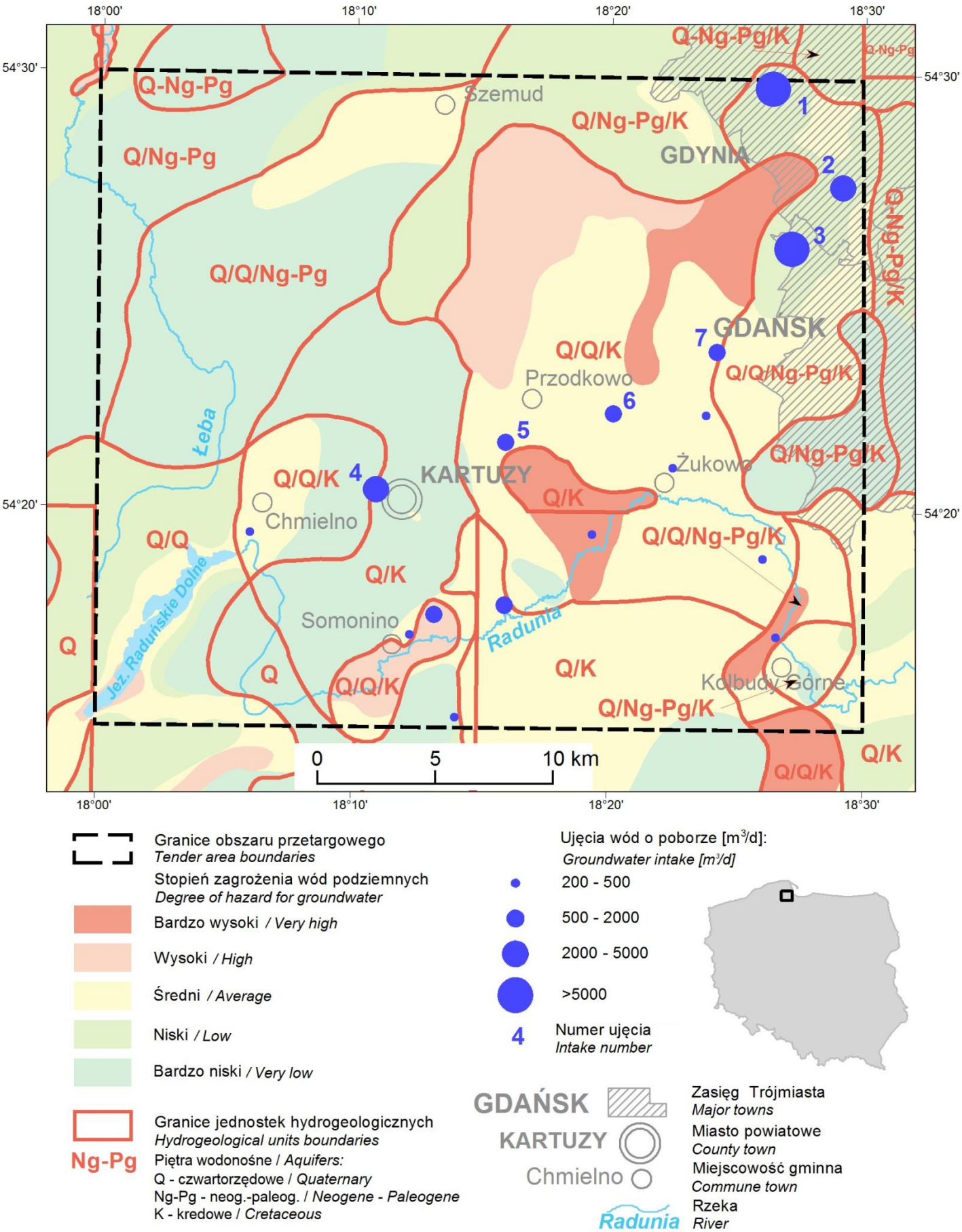


Fig. 2.38. Położenie obszaru przetargowego „Kartuzy” na tle jednostek hydrogeologicznych.

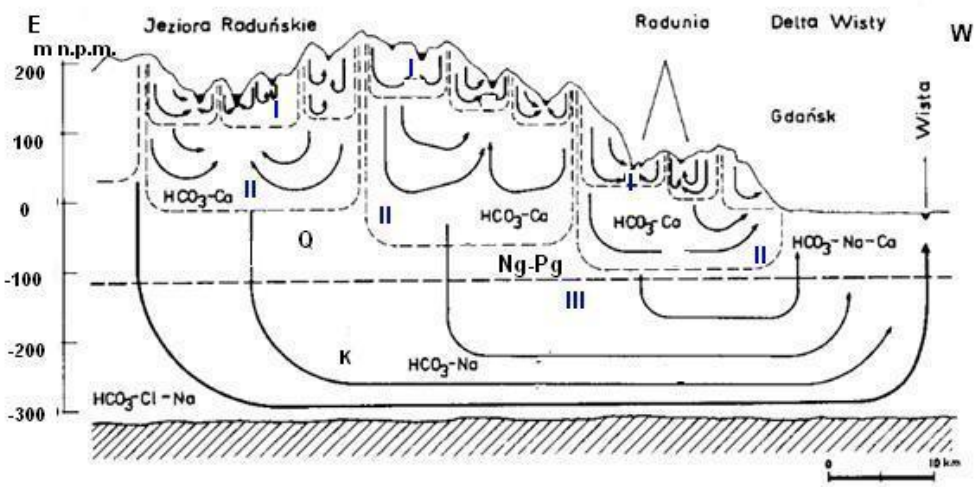


Fig. 2.39. Schemat przepływu wód podziemnych w rejonie Pojezierza Kaszubskiego (według Kozerskiego, 1990; zmodyfikowane). I – system lokalny, II – system pośredni, III – system regionalny; Q - czwartorzęd, Ng-Pg – neogen-paleogen, K – kreda górna.

Nr wg Fig. 2.38	Użytkownik ujęcia	Nazwa ujęcia/ miejscowość	Zasoby eksploatacyjne [m^3/h]	Wiek warstwy wodonośnej	Średni pobór dobowy [m^3/d]
1	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gdyni	Wiczlino	900	Q	7600
2	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gdyni	Wielki Kack	230 60	Q Ng	2500
3	Saur Neptun Gdańsk S.A.	Osowa	1062	Q	10200
4	Kartuskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.	Kartuzy	590	Q	3550
5	Urząd Gminy Przodkowo	Przodkowo	115	Q	1100
6	Spółka Komunalna Żukowo Sp. z o.o.	Małkowo	120	Q	1200
7	Spółka Komunalna Żukowo Sp. z o.o.	Banino	90	Q	1300

Tab. 2.3. Zestawienie informacji o ujęciach o największym poborze wód podziemnych położonych w granicach obszaru przetargowego „Kartuzy”.

3. SYSTEM NAFTOWY

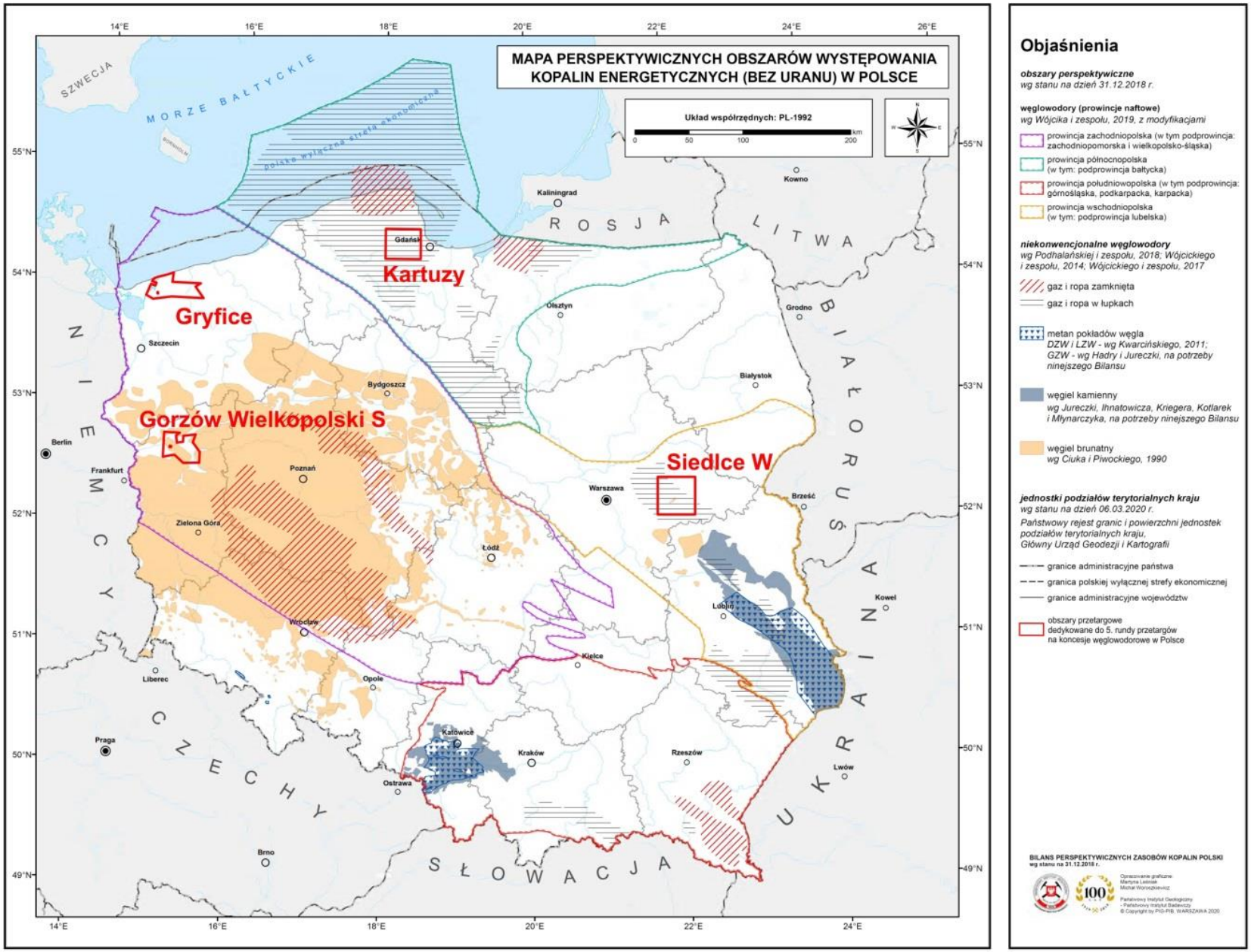
3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO

System naftowy jest określany jako zespół procesów geologicznych i naftowych, prowadzących do powstania złoża węglowodorów. Do podstawowych elementów systemu naftowego zalicza się: skałę macierzystą – ze względu na zawartość kopalnej substacji organicznej stanowi źródło powstawania węglowodorów, skałę zbiornikową – której odpowiednie właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację węglo-wodorów, 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. W przypadku złóż niekonwencjonalnych w skałach łupkowych, w których nagromadzenia węglowodorów występują w skale macierzystej, element pułapki złożowej nie występuje, a akumulacje węglowodorów mają charakter ciągły (złoża typu *continous play*).

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 w systemie konwencjonalnym lub generowanie węglowodorów w systemie niekonwencjonalnym. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża.

Obszar przetargowy „Kartuzy“ jest zlokalizowany w północnopolskiej prowincji naftowej, w podprowincji bałtyckiej (Wójcik i in., 2019; Szamałek i in., 2020; Fig. 3.1), w strefach perspektywicznych dla występowania niekowencjonalnych nagromadzeń węglowodorów w niższym paleozoiku (Fig. 3.2–3.3; Podhalańska i in., 2018, Feldman-Olszewska, 2020), zahaczając w niewielkim fragmencie również o strefę perspektywiczną występowania konwencjonalnych złóż węglowodorów w kambrze środkowym (Fig. 3.5; Stolarczyk i in., 2004). Dodatkowo, w zasięgu obszaru „Kartuzy“, wykartowano kilka struktur perspektywicznych w dolomicie głównym (Buniak i in., 2013; Fig. 2.34).

↓**Fig. 3.1.** Obszary przetargowe 5. rundy na tle mapy perspektywicznych obszarów występowania kopalin energetycznych w Polsce (Szamałek i in., 2020; zmodyfikowane).


MAPA PERSPEKTYWICZNYCH OBSZARÓW WYSTĘPOWANIA KOPALIN ENERGETYCZNYCH (BEZ URANU) W POLSCE
Układ współrzędnych: PL-1992
0 50 100 200 km
Kartuzy
Gryfice
Gorzów Wielkopolski S
Siedlce W
SZWECJA
MORZE BAŁTYCKIE
polska wyłączna strefa ekonomiczna
ROSJA
LITWA
BIAŁORUŚ
UKRAINA
NIEMCY
CZECHY
SŁOWACJA
Gdańsk
Kaliningrad
Kowno
Olsztyn
Grodno
Białystok
Szczecin
Bydgoszcz
Berlin
Frankfurt
Poznań
Warszawa
Brześć
Zielona Góra
Łódź
Lublin
Kowel
Wrocław
Kielce
Liberec
Opole
Katowice
Kraków
Rzeszów
Lwów
Praga
Ostrawa
Brno
Objaśnienia
obszary perspektywiczne
wg stanu na dzień 31.12.2018 r.
węglowodory (prowincje naftowe)
wg Wójcika i zespołu, 2019, z modyfikacjami
prowincja zachodniopolska (w tym podprowincja: zachodniopomorska i wielkopolsko-śląska)
prowincja północnopolska (w tym: podprowincja bałtycka)
prowincja południowopolska (w tym podprowincja: górnośląska, podkarpacka, karpacka)
prowincja wschodniopolska (w tym: podprowincja lubelska)
niekonwencjonalne węglowodory
wg Podhalańskiej i zespołu, 2018; Wójcickiego i zespołu, 2014; Wójcickiego i zespołu, 2017
gaz i ropa zamknięta
gaz i ropa w łupkach
metan pokładów węgla
DZW i LZW - wg Kwarcińskiego, 2011; GZW - wg Hadry i Jureczki, na potrzeby ninejszego Bilansu
węgiel kamienny
wg Jureczki, Ihnatowicza, Kriegera, Kotlarek i Młynarczyka, na potrzeby ninejszego Bilansu
węgiel brunatny
wg Ciuka i Piwockiego, 1990
jednostki podziałów terytorialnych kraju
wg stanu na dzień 06.03.2020 r.
Państwowy rejest granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju, Główny Urząd Geodezji i Kartografii
granice administracyjne państwa
granica polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej
granice administracyjne województw
obszary przetargowe dedykowane do 5. rundy przetargów na koncesje węglowodorowe w Polsce
BILANS PERSPEKTYWICZNYCH ZASOBÓW KOPALIN POLSKI
wg stanu na 31.12.2018 r.

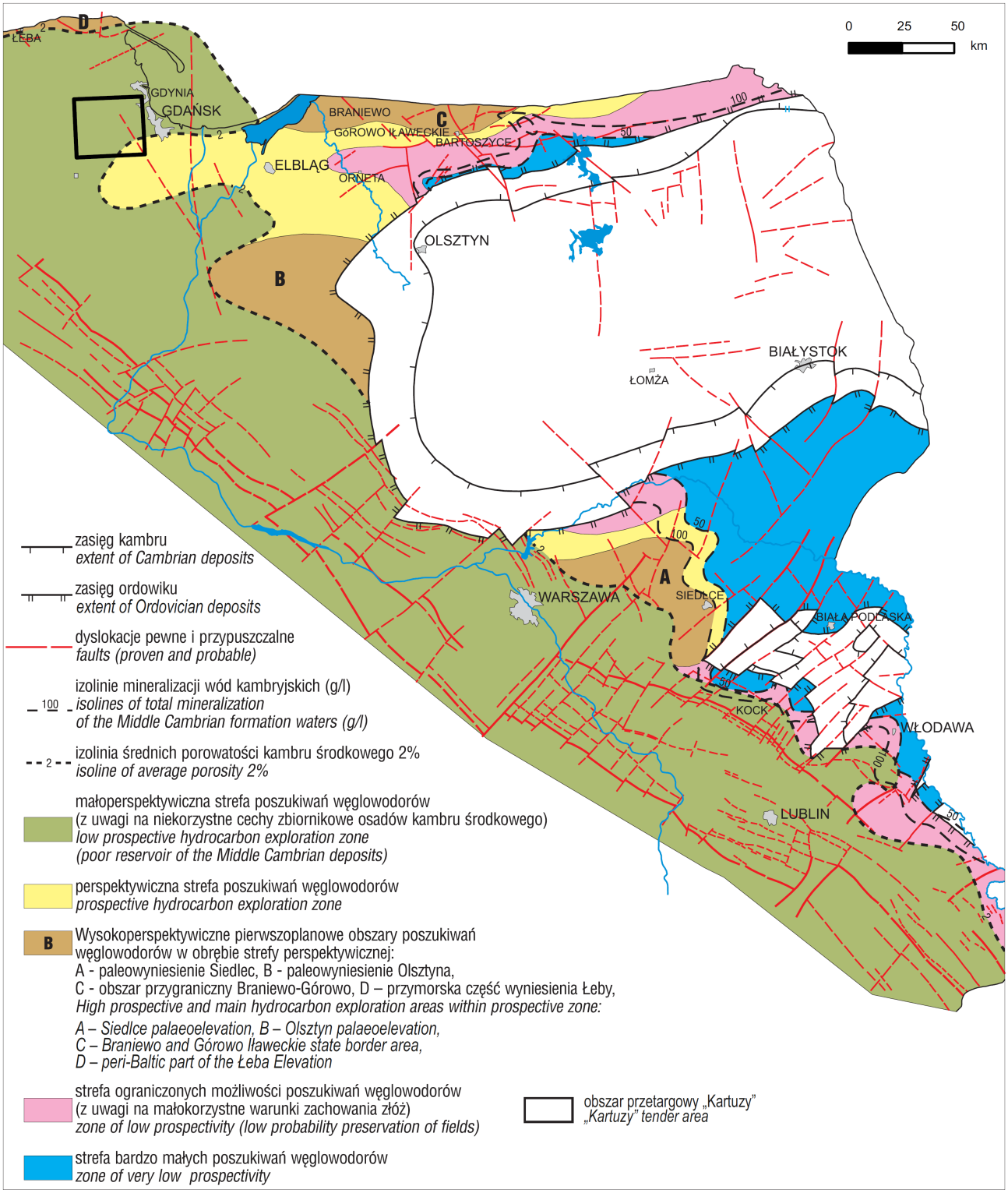


Fig. 3.2. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy obszarów perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów w kambrze środkowym (Stolarczyk i in., 2004; zmodyfikowane).

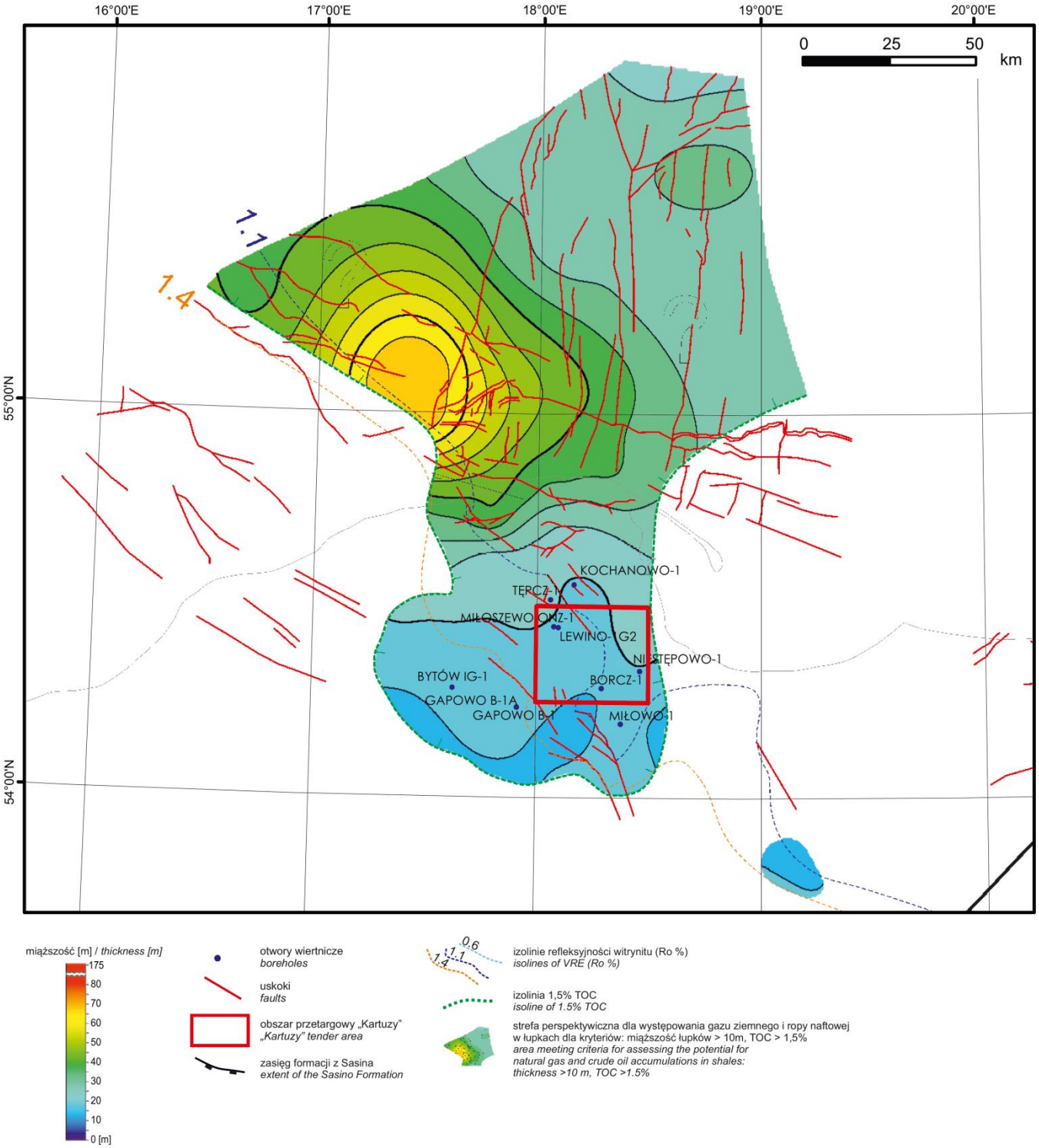


Fig. 3.3. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy strefy perspektywicznej dla występowania węglowodorów w łupkach w formacji z Sasina (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

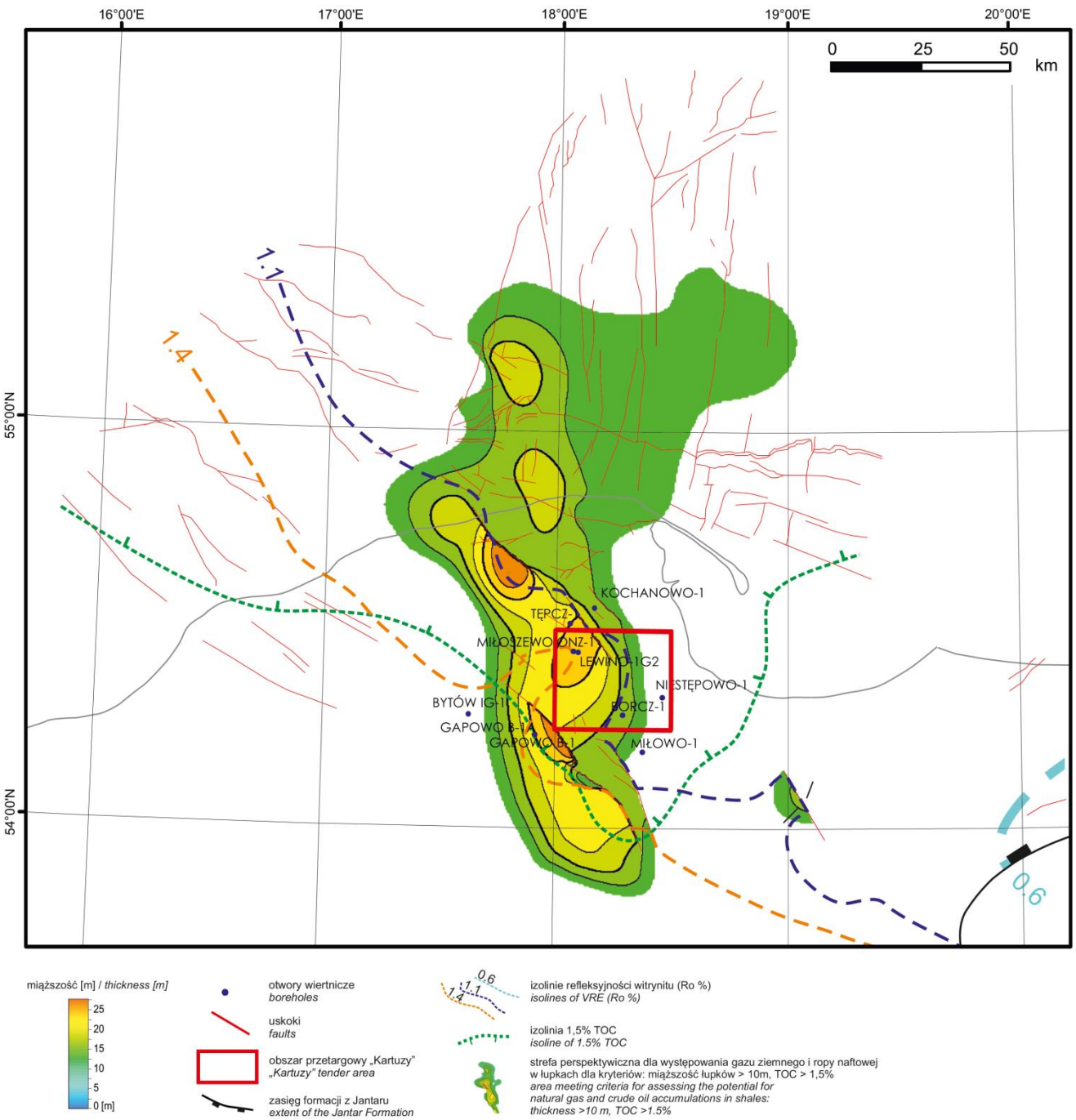


Fig. 3.4. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy strefy perspektywicznej dla występowania węglowodorów w łupkach w formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

Budowa tektoniczna obszaru przetargowego „Kartuzy" oraz parametry węglowodorowe w poszczególnych piętrach strukturalnych pozwalają rozpatrywać następujące systemy naftowe

- dolnopaleozoiczny system naftowy, związany z piaskowcami kambru środkowego (konwencjonalny system naftowy lub niekonwencjonalny system typu *tight gas*),
- dolnopaleozoiczny niekonwencjonalny system naftowy typu *shale gas/shale oil* (w skałach łupkowych górnego kambru, ordowiku, i syluru),
- konwencjonalny system naftowy w cechsztynie (dolomit główny).

Na obszarze basenu bałtyckiego w dolnopaleozoicznym systemie naftowym, zwią-

zanym z utworami kambru, najlepsze właściwości pod względem macierzystości posiadają skały kambru górnego i ordowiku. Są to wzbogacone w materię organiczną skały drobnoklastyczne (mułowce i iłowce), należące do formacji piaśnickiej (kambr górny – furong) i formacji z Sasina (ordowik – karadok). Najlepsze właściwości zbiornikowe mają skały klastyczne kambru środkowego, głównie poziomów *Paradoxides paradoxissimus* i *Parradoxides forchhameri*, a system uszczelniają skały mułowcowe ordowiku i syluru. Dodatkowym poziomem ekranującym są utwory ewaporatowe cechsztynu.

Piaskowce kambru środkowego stanową formację skalną gazo-roponośną, obejmującą swoim występowaniem obszar terytorium północnej Polski (lądowy i morski), Litwy, Rosji, Estonii i Szwecji (Górecki, 2011; Feldman-Olszewska, 2020). Złoża w obrębie tej formacji występują na wyniesionych strukturach obciętych uskokami, w pułapkach strukturalno-litologicznych, związanych ze strefami uskokowymi (Karczewska i Żurawski, 1998; Królicka, 1998, za Feldman-Olszewska, 2020). W polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku, do tej pory, odkryto trzy złoża ropy naftowej ze współwystępującym gazem ziemnym (B3, B8, B34) oraz cztery kambryjskie złoża gazu ziemnego ze współwystępującym kondensatem (B4, B6, B16, B21). Na lądzie występują cztery złoża ropy naftowej. W trzech z nich zakończono eksploatację w 2020 r.: Żarnowiec, Żarnowiec W i Dębki. W złożu Białogóra-E zaniechano eksploatacji w 2010 r. (Czapigo-Czapla i Brzeziński, 2019, za Feldman-Olszewska, 2020). Najbliższe obszarowi przetargowemu w konwencjonalnym systemie naftowym kambryjskim jest złoże kondensatu Żarnowiec W, oddalone od obszaru o 32 km.

Obszar przetargowy nie leży bezpośrednio w strefie perspektywicznej dla występowania złóż węglowodorów w kambrze środkowym ze względu na słabe właściwości zbiornikowe. Jedynie południowo-wschodnia krawędź obszaru może charakteryzować się wyższymi porowatościami (por. Stolarczyk i in., 2004, Fig. 3.2). Nie wyklucza to jednak obecności pojedynczych, wyniesionych struktur w obrębie obszaru przetargowego, które mogą wykazywać pewien potencjał złożowy. Obszar może też być rozpatrywany jako perspektywiczny dla występowania złoż typu *tight* w przypadku, gdy spełnione będą kryteria perspektywiczności (por. Wójcicki i in., 2014, 2017; Podhalańska i in., 2018).

Niekonwencjonalny system naftowy niższego paleozoiku typu *shale gas/shale oil* obejmuje skały łupkowe górnego kambru, ordowiku (karadoku) i syluru (landower oraz najniższa część wenloku). Wyznaczone przez Podhalańską i in. (2018, 2020) strefy perspektywiczne dla występowania węglowodorów wskazują, że na obszarze przetargowym i jego sąsiedztwie istnieją perspektywy odkrycia nagromadzeń węglowodorów w skałach łupkowych, zwłaszcza w ordowiku (formacja z Sasina) i sylurze – landowerze (formacja z Jantaru; Fig. 3.3–3.4). Do dzisiaj jednak nie udokumentowano żadnego złoża w niekonwencjonalnym systemie łupkowym w Polsce.

Budowa geologiczna utworów cechsztynu (zwłaszcza dolomitu głównego) na obszarze przetargowym nie wyklucza równiez istnienia struktur, które mogą być potencjalnymi złożami węglowodorów w tym kompleksie (Fig. 2.34). Na obszarze przetargowym miąższości dolomitu głównego wynoszą około 30–40 m, a analizy regionalne wskazują, że obszar ten jest usytuowany w obszarze strefy bariery węglanowej (Fig. 2.34), w której można się spodziewać grubioziarnistych węglanów (greinstonów oolitowo-onkolitowych i pakstonów) o dobrych właściwościach zbiornikowych (Mikołajewski, 2015; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018). Pomimo to, w otworach odwierconych na obszarze przetargowym: Borcz-1, Niestępowo-1, Lewino-1G2, Miłoszewo ONZ-1 oraz znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie (Miłowo-1, Gapowo B-1, Tępcz-1) dolomit główny nie był rozpatrywany jako poziom perspektywiczny dla występowania złóż węglowodorów. Jedynie w otworze Borcz-1 przeanalizowano potencjał złożowy tego interwału. Na profilowaniu gazowym ciągłym zaobserowano wzrost wskazań aparatury gazowej w interwale 1531,5–1536,0 m, sugerujący lekko podwyższoną zawartość węglowodorów w płuczce. Badania laboratoryjne próbek okruchowych oraz analiza geofizyki wiertni-

czej wskazały na dobre własności zbiornikowe (średnia porowatość całkowita około 18%, przy średniej przepuszczalności 0,434 mD), niestety przy jednoczesnym całkowitym zawodnieniu poziomu. Odcinek dolomitu głównego nie był rdzeniowany i nie przeprowadzono w nim prób złożowych. Ze względu na brak danych, dolomit główny nie będzie dalej omawiany jako oddzielny system naftowy.

3.2. DOLNOPALEOZOICZNY SYSTEM NAFTOWY ZWIĄZANY Z PIASKOWCAMI KAMBRU ŚRODKOWEGO

3.2.1. SKAŁY MACIERZYSTE

Kambr górny (furong) – formacja piaśnicka

Litologia: wzbogacone w materię organiczną czarne iłowce i mułowce, zlepieńce o klastach iłowcowych i mułowcowych o spoiwie węglanowym.
Wiek: kambr górny – furong.
Głębokość występowania (i miąższość):

- Borcz-1: 3726,9–3727,2 m (0,3 m),
- Niestępowo-1: 3490,0–3492,8 m (?2,8 m),
- Tępcz-1: 3408,5–3408,65 m (?0,15 m),
- Gapowo B-1: 4257,0–4262,0 m (5 m),
- Miłowo-1: 3810,2–3811,0 m (0,80 m).

Miąższość formacji piaśnickiej (kambr górny – furong) nawiercona otworami zlokalizowanymi w rejonie obszaru „Kartuzy" oscyluje między 0,3 m w otworze Borcz-1 do około 5 m w otworze Gapowo B-1 (CBDG, 2021; Mikołajewski, 2015; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018; Kubala, 2013; Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018). Utwory te są wykształcone jako monomiktyczne zlepieńce uformowane
z fragmentów iłowców i mułowców, tkwiących w węglanowym, prawdopodobnie biogenicznym cemencie. Miejscami napotyka się również klasty piaskowców kwarcowych lub glaukonitowych, a także skał fosforanowych. W rejonie Gapowa formacja ta jest reprezentowana przez skały węglanowe z wkładkami piaskowców. Nie stwierdzono typowych dla utworów formacji piaśnickiej czarnych iłowców bitumicznych (Kubala, 2013; Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018, 2019). Obszar przetargowy „Kartuzy" jest zlokalizowany na terenie, w którym zarówno miąższość jaki i zasobność w substancję organiczną formacji piaśnickiej drastycznie maleje (Fig. 2.20 i Fig. 3.5; Podhalańska i in., 2020). Z powyższych względów, utwory górnego kambru, zalegające w obrębie obszaru przetargowego, nie były uznawane za skały macierzyste i w dostępnych otworach brak jest badań tych skał pod kątem geochemii organicznej. Analiza ropy naftowej (Więcław i in., 2010) i gazu ziemnego (Kotarba, 2010), zakumulowanego w piaskowcach środkowego kambru w rejonie bałtyckim wskazuje, że wspomniane węglowodory zostały wygenerowane ze wspólnego źródła i najbardziej prawdopodobną skałą macierzystą dla tych złóż są, zalegające powyżej, bogate w węgiel organiczny, utwory formacji piaśnickiej.

Uaktualniona baza danych geochemicznych dla formacji piaśnickiej w rejonie obniżenia bałtyckiego pozwoliła określić wartości median całkowitej zawartości węgla organicznego (TOC) w zakresie wartości od 0,92 do 13,15% wag., wskazując na wysoki potencjał węglowodorowy tych skał (Janas, 2018). W części lądowej, najwyższe wartości TOC (3–8% wag.), a zarazem najwyższe miąższości (10–15 m) występują w rejonie wyniesienia Łeby (Fig. 2.20, Fig. 3.5; Karcz i Janas, 2016; Podhalańska i in., 2018, 2020). W strefie lądowej rozpoznano cztery złoża, z których najbliższe (Żarnowiec W) jest oddalone o 32 km w kierunku północnym od obszaru przetargowego. Powiązanie genetyczne między złożami kambryjskimi, a objawami węglowodorów w profilach kambru środkowego otworów Niestępowo-1, Borcz-1 i Miłowo-1 nie zostało zbadane. Nie wyklucza się jednak, że wspólnym źródłem tych akumulacji są węglowodory wygenerowane i przemigrowane z macierzystych partii formacji piaśnickiej.

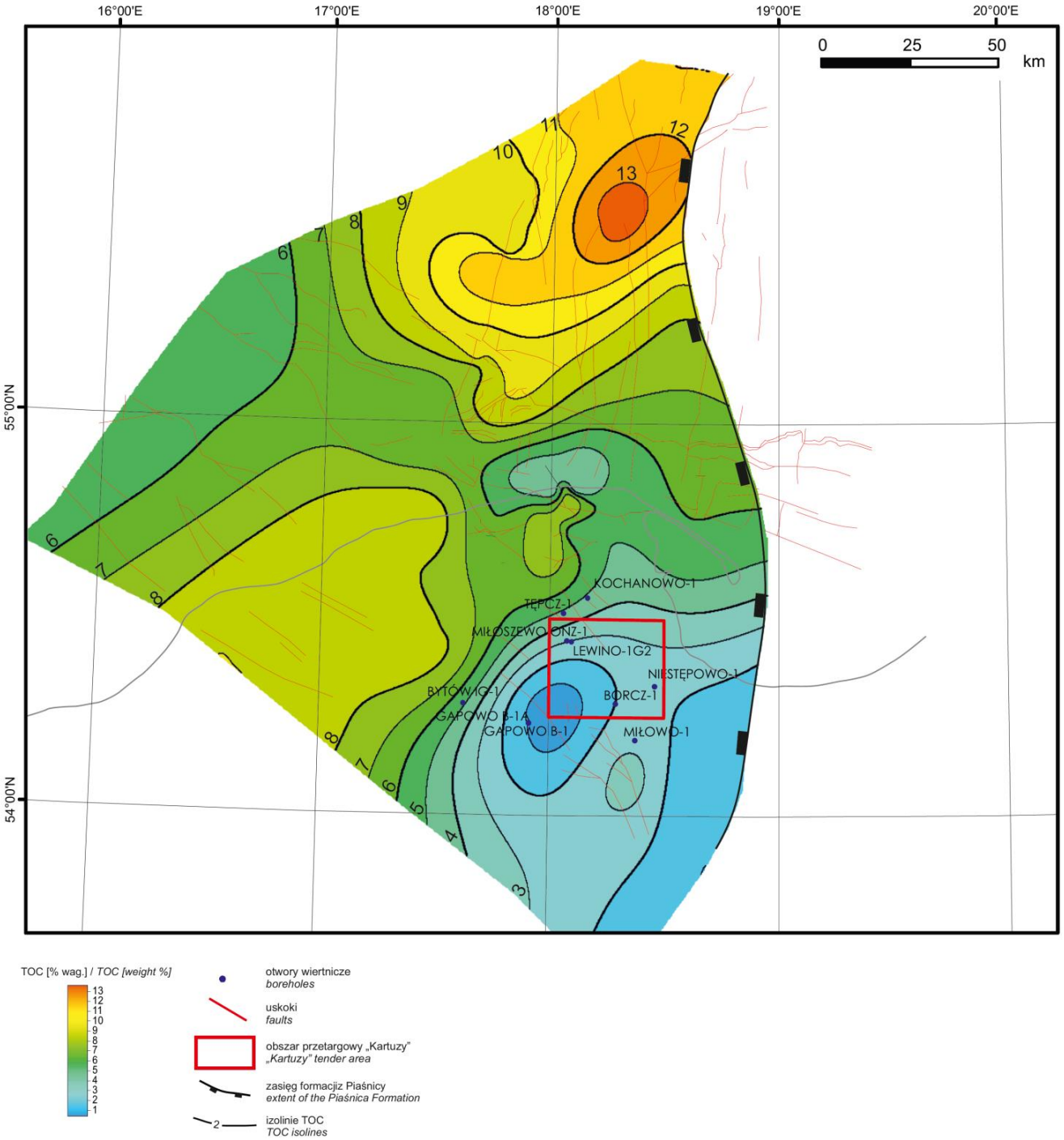


Fig. 3.5. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy zawartości TOC (mediany) w formacji z Piaśnicy (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

3.2.2. SKAŁY ZBIORNIKOWE

Piaskowce środkowego kambru

Litologia: piaskowce kwarcowe o spoiwie krzemionkowym, czasem węglanowym, sporadycznie przewarstwione wkładkami mułowcowymi i heterolitami piaskowcowo-muło-wcowo-ilastymi.
Wiek: kambr środkowy – oddział 3. Najlepsze własności kolektorskie mają piaskowce należące do poziomu *Paradoxides paradoxissimus* i *Paradoxides forchhameri* (odpowiednio: formacja dębkowska i formacja białogórska; Bednarczyk i Turnau-Morawska, 1975).
Miąższość: żaden z otworów zlokalizowanych na obszarze przetargowym lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie nie przewiercił utworów kambru środkowego. Miąższości szacunkowe są ekstrapolacją z mapy miąższości kambru środkowego (Modliński i in., 2010; Fig. 2.19). Spodziewane miąższości całego kambru środkowego zawierają się w przedziale 250–300 m.
Głębokość stropu kambru środkowego:

- Borcz-1: 3727,2 m,
- Niestępowo-1: 3492,8 m,
- Miłowo-1: 3811,0 m,
- Gapowo B-1: 4262,0 m,
- Tępcz-1: 3408,65 m.

Charakterystyka skał kambru środkowego

W basenie bałtyckim, w dolnopaleozoicznym, konwencjonalnym systemie naftowym, skałą zbiornikową dla węglowodorów (ropy naftowej i gazu ziemnego) są piaskowce najwyższej części środkowego kambru poziomu *Paradoxides paradoxissimus* i *Paradoxides forchhameri* (Witkowski, 1989; Reicher, 2006; Górecki, 2012; Pacześna, 2018). W obu przypadkach są to jednolite piaskowce drobnoziarniste o spoiwie krzemionkowym lub krzemionkowo-węglanowym o strukturze mikroporowej, wykazujące się dużą szczelinowatością (Witkowski, 1989, Karczewska i Żurawski, 1998). Poziomowi *Paradoxides paradoxissimus* odpowiada formacja dębkowska, uznana za najbardziej perspektywiczną dla występowania zarówno konwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów, jak i typu *tight*, w zachodniej części obniżenia bałtyckiego (m.in. Pacześna, 2018). Wśród perspektywicznych wymienia się również formację białogórską, jednak jej zasięg zwykle jest ograniczony do najbardziej wysuniętej na północ części wyniesienia Łeby. Formacji tej nie stwierdzono np. w otworach przyległych do obszaru przetargowego: Tępcz-1, Gapowo B-1 (Pacześna, 2018). Reprezentacyjny profil utworów środkowego kambru z otworu Darżlubie IG-1, położonego o około 20 km na północ od obszaru przetargowego, przedstawia Fig. 3.6.

W odwierconych w latach 2010–2015 otworach poszukiwawczych za gazem łupkowym, formacji kambru środkowego często nie rozdzielano, uznając utwory piaskowcowe za jeden kompleks, należący do formacji sarbskiej, dębkowskiej i białogórskiej łącznie. Wśród analizowanych otworów z obszaru przetargowego lub leżących w jego bezpośrednim sąsiedztwie, formację sarbską wydzielono jedynie w otworach Tępcz-1 i Gapowo B-1, odpowiednio w przedziałach głębokościowych 3407,9–3408,5 m i 4262,0–4303,0 m. W otworach Borcz-1, Niestępowo-1 i Miłowo-1 nie rozdzielono formacji środkowego kambru.

W otworze Borcz-1 kambr środkowy jest wykształcony jako intensywnie zdiagenezowane piaskowce kwarcowe o spoiwie krzemionkowym (Mikołajewski, 2015; Strzelecka, 2017). W otworach Miłowo-1 i Niestępowo-1 kambr środkowy jest reprezentowany przez drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, przewarstwione heterolitami piaskowcowo-mułowcowo-pyłowcowy-mi, heterolitami mułowcowo-ilastymi i heterolitami ilasto-mułowcowymi (Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2019). Są to kompleksy skalne o genezie morskiej, powstałe w środowisku przybrzeżnym lub wewnętrznego szelfu. Osadzały się powyżej sztormowej podstawy falowania, w regresywnym zbiorniku morskim (Jaworowski, 2000; Pacześna, 2012; Mikołajewski, 2015).

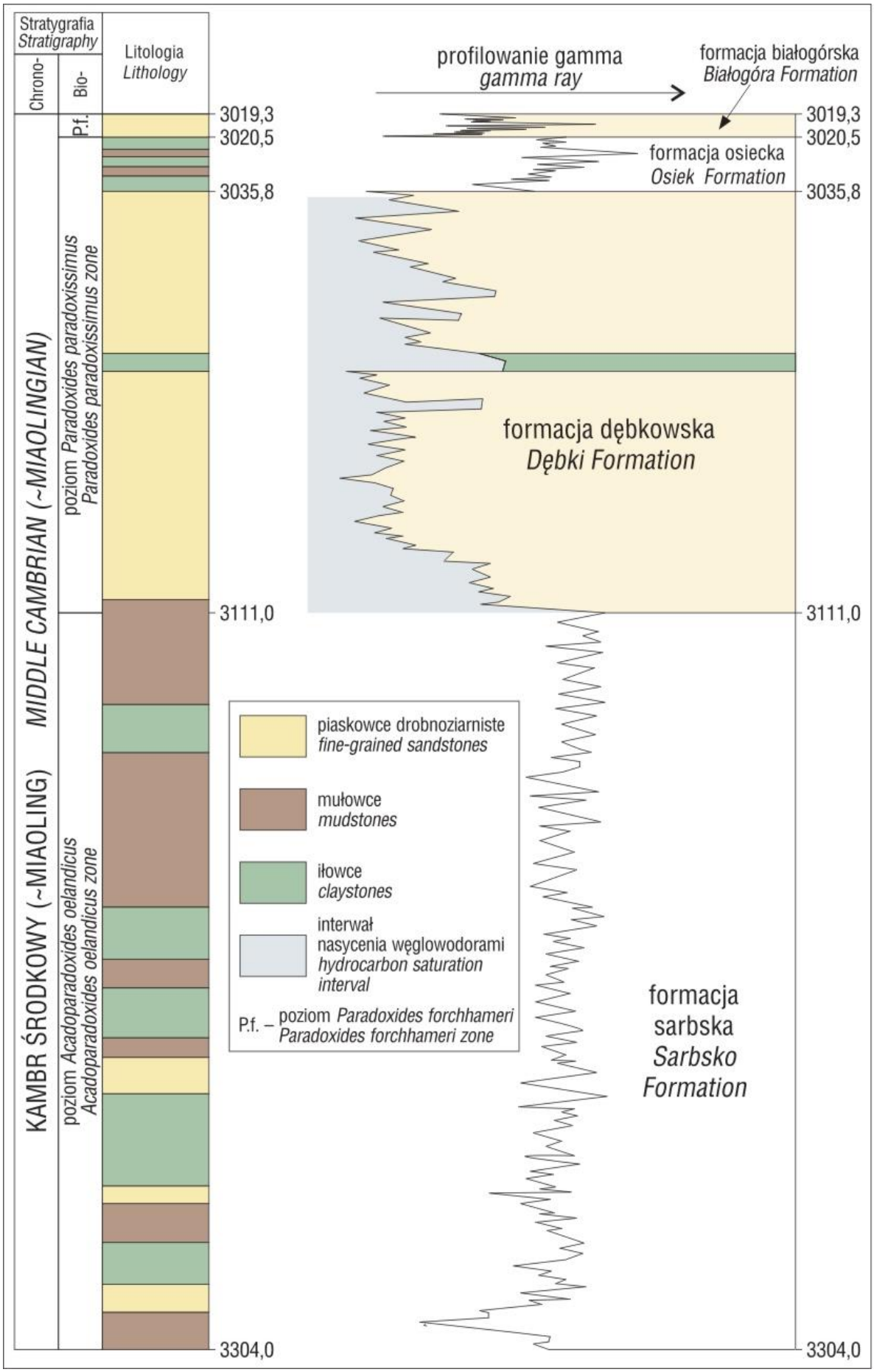


Fig. 3.6. Przykładowy profil kambru środkowego z wyniesienia Łeby – otwór Darżlubie IG-1 (Adamczak-Biały i Pacześna, 2020).

Własności petrofizyczne kambru środkowego

Na podstawie dostępnych danych, na obszarze przetargowym nie należy spodziewać się wysokich porowatości piaskowców kambru środkowego (Fig. 3.7; Stolarczyk i in., 2004). Skały terygeniczne kambru środkowego to najważniejszy kompleks zbiornikowy dla basenu bałtyckiego. Jego własności kolektorskie są uwarunkowane porowatością pomniejszoną poprzez późniejsze procesy późnoepigenetyczne. Według Witkowskiego (1989), pomniejszenie pierwotnej porowatości i przepuszczalności jest związane głównie z cementacją krzemionką ługowaną z przeławiceń ilastych, w mniejszym zaś stopniu w wyniku procesów rozpuszczania kwarcu pod ciśnieniem i ponownej krystalizacji. Procesy późnoepigenetycznej cementacji były związane z kaledońskim etapem pogrążania osadów i są mniej więcej równowiekowe do czasu generacji węglowodorów (Reicher, 2006). Generalnie obserwuje się pogorszenie parametrów petrofizycznych wraz z pogrążaniem osadów do głębokości powyżej 2500–3000 m (Reicher, 2006; Poprawa, 2019), jednakże procesy tektoniczne mogą wzmagać porowatość wtórną, wynikającą z mikroszczelinowatości (Reicher, 2006). Niskie porowatości odnotowano w otworach Borcz-1 i Niestępowo-1. W otworze Borcz-1, pomierzona laboratoryjnie porowatość całkowita nie przekroczyła 6%. Wyniki potwierdzone zostały również porowatością otrzymaną z interpretacji pomiarów geofizyki wiertniczej. W otworze Niestępowo-1, średnia porowatość całkowita wynosiła 1,91%, podobnie jak w otworach sąsiadujących z obszarem przetargowym (Tab. 3.1). Pomierzone parametry przepuszczalności wskazują na brak właściwości filtracyjnych piaskowców kambru środkowego (Tab. 3.1).

Otwór wiertniczy	**Głębokość stropu utworów kambru środkowego [m]**	**Miąższość utworów kambru środkowego [m]**	**Przedział porowatości całkowitej [%]**	**Średnia porowatość całkowita [%]**	**Średnia porowatość efektywna (zakres) [%]**	**Średnia przepuszczalność (zakres) [mD]**
Borcz-1	3727,0	>33,1	nie więcej niż 6% (lab.) 0,0–6,2 (geof.)	2,19 (lab.); 2,8 (geof.)	2,8 (0–6,2)	brak danych
Niestę–powo-1	3492,8	>140,0	0,28–5,27	1,84	brak danych	0,39 (0,00–2,42)
Lewino-1G2	Do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor					
Tępcz-1*	3408,65	>19,35	0,42–5,6 (lab.) 1,48–6,8 (geof.) 0,29–4 (rezonans)	2,36 (lab.) 3 (geof.) 1,72 (rezonans)	brak danych	14,1 (0–132,44)
Gapowo B-1	4262,0	>41	0,85–4,36	2,94	2,0 (0,78–4,33)	0,00
Miłowo-1	3811,0	>45	0,41–7,06 %	3,2 (0,41–7,06) (potw. geof.)	2,93 (0,07–6,56)	1,43 (0–14,5)

Tab. 3.1. Własności zbiornikowe utworów kambru środkowego z otworów zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Kartuzy“ oraz w jego bezpośrednim sąsiedztwie, na podstawie dokumentacji archiwalnych otworowych i regionalnych opracowań (CBDG, 2021; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018; Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018; Kubala, 2013; Mikołajewski, 2015); *parametry tylko dla najbardziej perspektywicznej formacji dębkowskiej (za Podhalańską i in., 2018). Kolorem szaro-niebieskim zaznaczono otwory zlokalizowane na obszarze przetargowym. lab. – pomiar laboratoryjny; geof. – interpreacja geofizyczna.

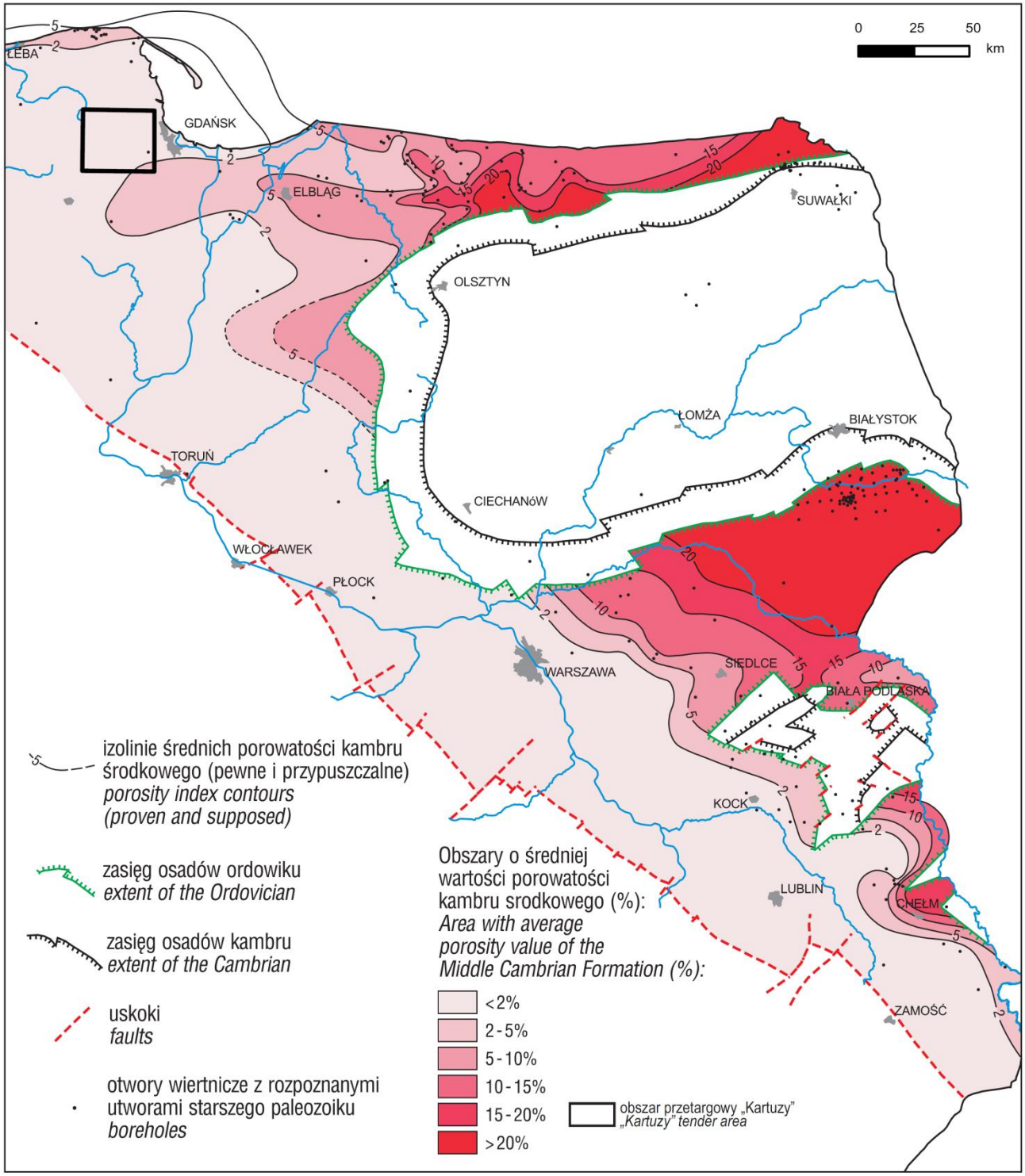


Fig. 3.7. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy rozkładu średnich porowatości osadów kambru środkowego (Stolarczyk i in., 2004; zmodyfikowane).

Objawy, zgazowanie płuczki, próby złożowe

Poniżej podsumowano dostępne informacje na temat objawów węglowodorów w trakcie wiercenia na aparaturze gazowej, objawy na rdzeniach, wykonane zabiegi szczelinowania i testy złożowe w kambrze środkowym, w otworach znajdujacych się na obszarze przetargowym „Kartuzy" lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Borcz-1

Źródło danych: Mikołajewski, 2015; Strzelecka, 2017.

Profilowanie gazowe i objawy na rdzeniu:

W przedziale głębokościowym 3726,0–3727,0 m odnotowano punktowe odgazowa-

nia w obrębie spękań i nieznaczne wskazania na profilu gazowym (maksymalne wartości z głębokości 3759,0 m).
Próby złożowe:
Ze względu na słabe własności petrofizyczne nie przeprowadzono prób złożowych. W geofizycznej ocenie nasycenia w interwale kambru środkowego zaznacza się obecność węglowodorów.

Niestępowo-1
Źródło danych: Kalbarczyk i Śliwiński, 1974.
Profilowanie gazowe i zgazowanie płuczki:
W trakcie profilowania gazowego ciągłego aparatura gazowa wykazała wzrosty zawartości węglowodorów w stanie gazowym w interwale 3500,4–3620,0 m. Na głębokości 3562,6 m stwierdzono zgazowanie płuczki.
Objawy na rdzeniach:
Z rdzenia, z interwału 3519,0–3521,5 m pobrano próbki na obecność gazu.
Próby złożowe:
Otwór Niestępowo-1 jest jedynym na obszarze przetargowym, w którym w utworach kambru środkowego zostały wykonane próby złożowe (zarówno w trakcie jak i po wierceniu). Pozyskano jedynie przypływ płuczki i filtratu płuczkowego, silnie zgazowanych. Nie odnotowano przypływu medium złożowego.

Lewino-1G2
Źródło danych: Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018, 2019.

Miłowo-1
Źródło danych: Chruścińska i in., 2018; Mikołajewski, 2015; Strzelecka, 2017.
Profilowanie gazowe i zgazowanie płuczki i objawy na rdzeniu:
Odnotowywano wzrost wskazań węglowodorów na aparaturze gazowej w interwałach: 3815,0–3816,5 m, 3822,0–3826,0 m, 3845,5–3846,5 m, 3852,0–3854,0 m.
Na rdzeniu w interwałach: 3813,0–3819,0 m oraz 3837,0–3846,0 m i 3846–3855 m odnotowano punktowe odgazowania jak i miejscami silne zgazowanie.
Próby złożowe:
Po zakończeniu wiercenia wykonano opróbowanie interwału 3795,0–3855,0 m. Wynik prób był negatywny.

Gapowo B-1
Źródło danych: Kubala, 2013.
Nie przeprowadzono prób złożowych w kambrze środkowym, ani nie odnotowano objawów węglowodorów w tym interwale.

Tępcz-1
Źródło danych: Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018.
Nie przeprowadzono prób złożowych w kambrze środkowym, ani nie odnotowano objawów węglowodorów w tym interwale.

3.2.3. PERSPEKTYWICZNOŚĆ KAMBRU ŚRODKOWEGO

System konwencjonalny

Elementami przemawiającymi za perspektywicznością obszaru przetargowego dla występowania konwencjonalnych złóż węglowodorów w kambrze środkowym są odkryte na północ od obszaru przetargowego złoża węglowodorów na lądzie (oddalone o około 30 km) oraz obecność węglowodorów w otworach wiertniczych (wskazania aparatury gazowej, zgazowania płuczki, objawy na rdzeniu). Problem stanowią słabe właściwości zbiornikowe (niskie porowatości i przepuszczalności), związane z jednej strony ze znacznymi głębokościami występowania piaskowców kambryjskich, z drugiej zaś ze zróżnicowaniem facjalnym i lokalnymi wzrostami zailenia. Drugim elementem działającym na niekorzyść tego systemu jest brak istotnych miąższości skał macierzystych (iłowców i mułowców formacji piaśnickiej) bezpośrednio na obszarze przetargowym. Elementem, który nie pozwala wykluczać zupełnie obszaru z perspektyw poszukiwawczych, to wysoka szczelinowatość tych utworów. Potencjalne

złoża zlokalizowane w tym obszarze mogłyby mieć charakter szczelinowy lub porowo-szczelinowy (Reicher, 2006). Węglowodory mogły przedostać się w rejon obszaru „Kartuzy" do lokalnych pułapek ze skał macierzystych formacji piaśnickiej w trakcie inwersji waryscyjskiej (por. podrozdział 3.6).

Analiza sejsmiczna na koncesji „Kartuzy-Szemud", która swoim zasięgiem obejmowała część obszaru przetargowego „Kartuzy", pozwoliła na uszczegółowienie obrazu strukturalnego kambru środkowego (Makos, 2014; Mikołajewski, 2015 i referencje tam zawarte), w tym dopracowywanie kształtu i wielkości struktur o charakterze podniesionym oraz wykartowaniu trzech nowych struktur. W bezpośrednim sąsiedztwie otworu Borcz-1 wykartowano podniesienie Hopowo oraz dopracowano kształt i zasięg struktury Somonino (Fig. 3.8). Dalsze analizy wymagałyby zagęszczenia linii sejsmicznych. Żadna z wyintereprettowanych struktur nie została rozwiercona i stanowi potencjalny cel badawczy.

System niekonwencjonalny typu tight

Na podstawie analiz regionalnych (Poprawa i Kiersnowski, 2008; 2010; Wójcicki i in., 2014; 2017; Feldman-Olszewska, 2020) można stwierdzić, że obszar przetargowy znajduje się poza strefą perspektywiczną dla występowania nagromadzeń węglowodorów w kambrze środkowym typu *tight*. W bezpośrednim sąsiedztwie były wykonywane analizy na otworach wiertniczych Tępcz-1 i Gapowo B-1 pod kątem perspektyw występowania gazu zamkniętego (Adamczak-Biały, 2018; Pacześna, 2018; Adamczak-Biały i Pacześna, 2020). W otworze Tępcz-1, analiza wyinterpretowanych dla tego interwału wartości porowatości (całkowitej i efektywnej), zailenia i nasycenia wodą złożową, pozwoliła na wydzielenie jedynie 1–2 metrowej miąższości warstw, spełniających kryteria przyjęte dla złóż niekonwencjonalnych typu zamkniętego, na głębokości 3408,9–3410,9 m i 3414,6–3415,8 m. Wyniki interpretacji geofizyki wiertniczej w Gapowie B-1 wskazują, że formacja dębkowska jest zawodniona (średnie nasycenie wodą złożową określone dla tej formacji wynosi 98%). Jej utwory nie spełniają również kryterium wielkości porowatości efektywnej. Na podstawie dostępnych danych stwierdzono, że formacja dębkowska w otworze Gapowo B-1 jest nieperspektywiczna dla akumulacji węglowodorów niekonwencjonalnych.

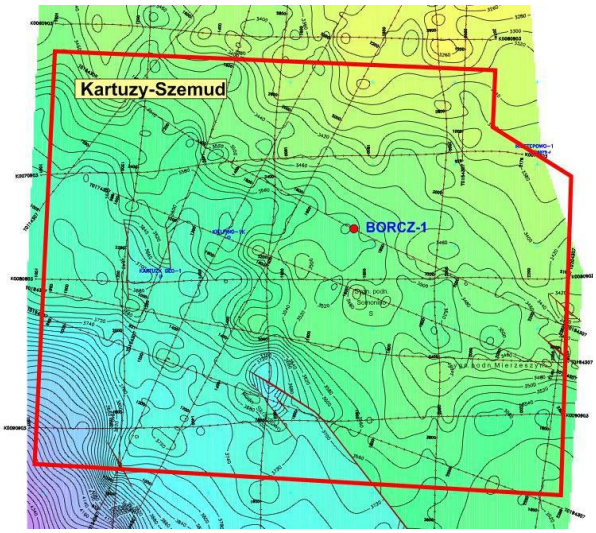


Fig. 3.8. Mapa stropu kambru środkowego na obszarze koncesji Kartuzy-Szemud (Makos, 2014).

3.2.4. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE

Główne poziomy uszczelniające skały zbiornikowe kambru środkowego to nieprzepuszczalne iłowce i mułowce kambru górnego, ordowiku i syluru. Miąższość ordowiku w otworze Borcz-1 około 33 m. Najbardziej miąższe są utwory górnego ludlowu i przydolu, których sumaryczna miąższość na obszarze przetargowym może wynosić około 1900 m. Ewaporaty cechsztynu stanowią dodatkowy, regionalny poziom uszczelniający. Spąg cechsztynu na obszarze przetargowym znajduje się w przedziale głębokości 1200–1700 m. Wysoki stopień mineralizacji wód kambru środkowego w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Fig. 3.9) sugeruje dobre uszczelnienie poziomów zbiornikowych.

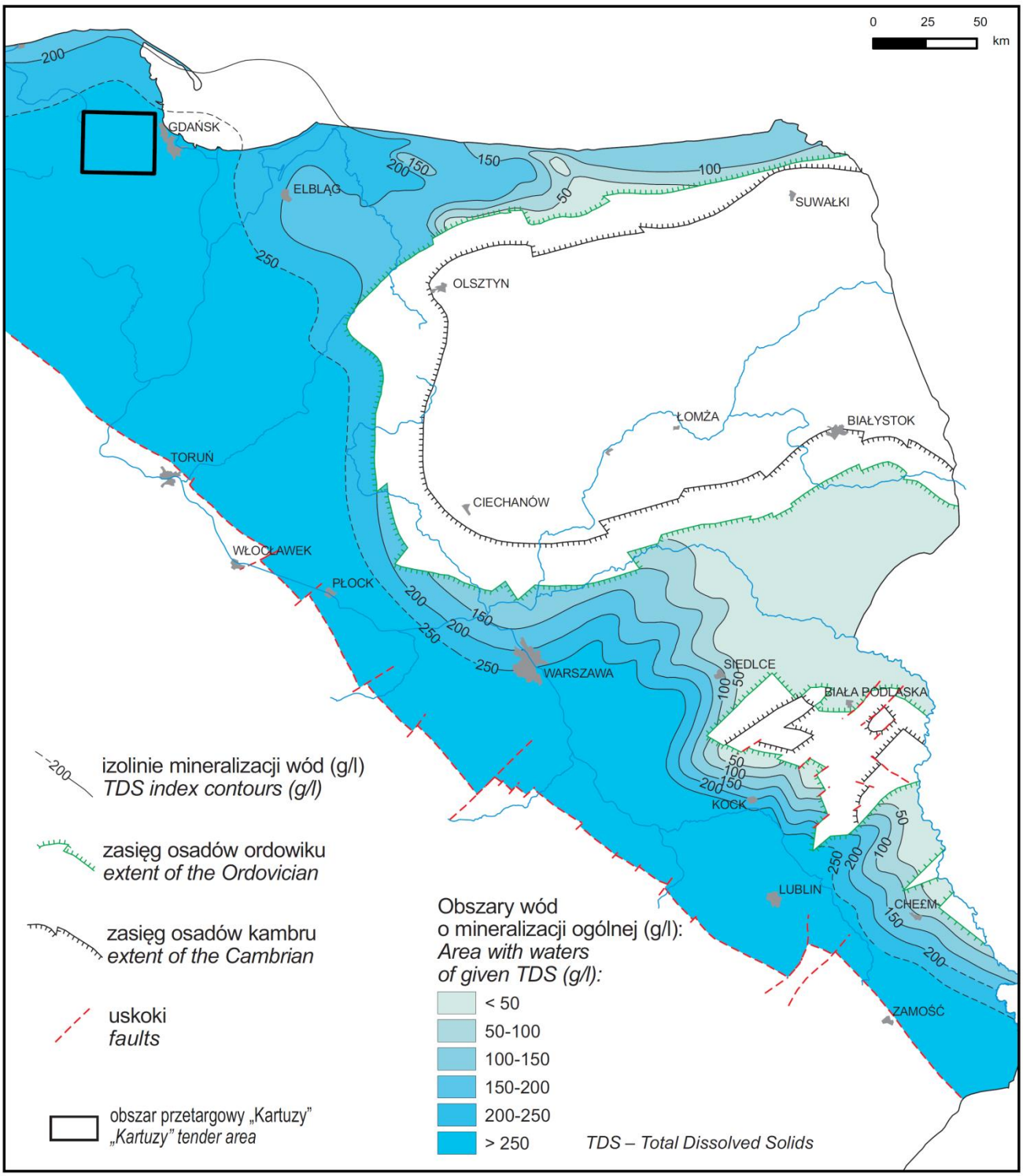


Fig. 3.9. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy mineralizacji wód w kambrze (Stolarczyk i in., 2004, zmodyfikowane).

3.3. DOLNOPALEOZOICZNY NIEKONWENCJONALNY SYSTEM NAFTOWY NIŻSZEGO PALEOZOIKU TYPU *SHALE GAS* i *SHALE OIL*

Drugim rozpatrywanym na obszarze przetargowym systemem naftowym, jest dolnopaleozoiczny system naftowy typu *shale gas/shale oil*, w którym za formacje ropo- i gazonośne uznaje się skały łupkowe górnego kambru, ordowiku (karadoku) i syluru (landoweru

i wenloku). Ze względu na niekonwencjonalny charakter tego systemu, nie rozróżnia się wśród nich osobno skał macierzystych, zbiornikowych i uszczelniających, gdyż skały macierzyste są zarazem kolektorem wygenerowanych węglowodorów, a brak odpowiedniej przepuszczalności nie pozwala na ich ucieczkę. Aby skały łupkowe mogły być uznane za perspektywiczne, muszą spełniać kryteria perspektywiczności, zarówno jeśli chodzi o macierzystość, jak i potencjał wydobywczy. Wśród przyjętych kryteriów dla dolnopaleozoicznych łupków z basenu bałtyckiego m.in. są (por. Wójcicki i in., 2017; Podhalańska i in., 2018, 2020):

- TOC >2% wag. (wartość optymalna), 1,5% wag. (wartość graniczna),
- miąższość efektywna >15 m (optymalna), ≥10 m (graniczna),
- dojrzałość materii organicznej w zakresie 0,6–3,5%,
- kruchość (zawartość kwarcu, skaleni i węglanów) >65% (optymalna), ≥40% (graniczna)

Za perspektywiczne dla występowania nagromadzeń węglowodorów uważa się wzbogacone w materię organiczną dolnopaleozoiczne mułowce i mułowce ilaste, należące do następujących wydzieleń: kambr górny – furong (formacja piaśnicka), ordowik środkowy – karadok (formacja z Sasina), sylur – landower (formacja z Jantaru) oraz sylur – wenlok (część formacji z Pelplina). Formacje te od 2010 r. były obiektem intensywnych poszukiwań na obszarze basenu bałtycko-podlasko-lubelskiego.

3.3.1. MACIERZYSTOŚĆ SKAŁ ŁUPKOWYCH

Wśród najbardziej perspektywicznych skał macierzystych dolnopaleozoicznego systemu naftowego typu *shale gas/shale oil*, w obrębie obniżenia bałtyckiego, wymienia się formację piaśnicką (kambr górny – furong), formację z Sasina (karadok – lanwirn górny), formację z Jantaru (landower) oraz dolną, wenlocką część formacji z Pelplina (Stolarczyk i in., 2004; Papiernik i in., 2019; Podhalańska i in., 2018, 2020).

Formacja piaśnicka

Ze względu na niewielkie miąższości utworów kambru górnego (formacji piaśnickiej) na obszarze przetargowym (Fig. 2.20), w dostępnych otworach wiertniczych nie był on poddawany szczegółowym badaniom. Szczątkowe informacje o formacji piaśnickiej znajdują się w opisie skał macierzystych systemu naftowego związanego z utworami kambru (podrozdział 3.2). Obszar przetargowy jest poza zasięgiem strefy perspektywicznej formacji piaśnickiej, ze względu na niespełnione kryterium miąższości (Fig. 3.10; Podhalańska i in., 2020).

Formacja z Sasina

Litologia: mułowce i iłowce.
Wiek: karadok i górny lanwirn.

Miąższość:

- Borcz-1: 15 m,
- Niestępowo-1: 19,5 m,
- Miłowo-1: 16,35 m,
- Gapowo B-1: 14 m,
- Tępcz-1: 20,5 m.

Głębokość zalegania:

- Borcz-1: 3700,5–3715,5 m,
- Niestępowo-1: 3459,0–3478,5 m,
- Miłowo-1: 3782,5–3798,85 m,
- Gapowo B-1: 4236,0–4250,0 m,
- Tępcz-1: 3375,5–3396,0 m.

Miąższość formacji z Sasina waha się w granicach od 15 m w otworze Borcz-1 do 20,5 m otworze Tępcz-1. W rejonie „Kartuz”, utwory te obejmują cały profil karadoku oraz stopową część lanwirnu, są wykształcone w postaci czarnych, drobnolaminowanych mułowców i iłowców z nagromadzeniem szczątków graptolitów oraz, lokalnie, cienkimi wkładkami ciemnoszarych wapieni.

Formacja z Sasina cechuje się zróżnicowanym składem i sposób, w jaki rozwinęła się jednostka, powoduje, że jej górna i dolna część jest ciemna i bogata w materię organiczną, a środkowa jest jaśniejsza i cechująca się niższą zawartością TOC (Podhalańska i in., 2018, 2020).

Mediana zawartości substancji organicznej formacji z Sasina obniżenia bałtyckiego waha

się od 0,3 do 3,64% wag., a najwyższa stwierdzona wartość TOC to 9,11% wag. Podwyższone wartości median TOC (>2%) występują m. in. w rejonie Gapowa i Kościerzyny (Fig. 3.11; Karcz i Janas, 2016; Janas, 2018; Podhalańska i in., 2020). Równie wysokie wartości TOC występują w obrębie obszaru przetargowego w otworze Borcz-1 (Tab. 3.2). Nieco niższą średnią zawartością węgla organicznego cechują się utwory formacji z Sasina w otworze Niestępowo-1, choć równocześnie w tym profilu stwierdzono najwyższe wartości TOC (6,90% wag.).

Kerogen w utworach formacji z Sasina jest typu II (Karcz i Janas, 2016). W skutek dojrzewania substancji organicznej, współczesne wartości wskaźnika wodorowego (HI) są obniżone i wynoszą 17–236 mg HC/gTOC. O ropotwórczym charakterze zachowanej materii organicznej świadczą wysokie wartości HI (do 405 mg HC/gTOC) z rejonów, gdzie warunki podgrzania były słabsze (Janas, 2018).

Skład grupowy bituminów wyekstrahowanych z profilu formacji z Sasina w otworze Miłowo-1 jest zdominowany frakcją alifatyczną. Węglowodory aromatyczne stanowią maksymalnie 17% składu i w większości przebadanych prób ich udział jest mniejszy niż udział żywic. W porównaniu do sylurskich poziomów macierzystych, bituminy w formacji z Sasina charakteryzuje nieco wyższy udział heterozwiązków (do 27%; Strzelecka, 2017).

Zaobserwowany skład maceralny materiału organicznego w skałach osadowych ordowiku nie różni się od składu sylurskich łupków graptolitowych i jest reprezentowany przez szczątki graptolitów, asocjacje organiczno-mineralne typu bitumicznego oraz niezidentyfikowany detrytus witrynitopodobny. Ponadto, w próbkach znajdowano stałe bituminy oraz, nielicznie, macerały grupy liptynitu oraz inertynitu (Strzelecka, 2017; Grotek, 1999).

Zmienny zakres potencjału generacyjnego (S2 = 0,06–10,8 mg HC/gSkały; Tab. 2.3) oraz zawartości węgla organicznego (TOC = 0,18–6,90% wag.) klasyfikuje potencjał węglowodorowy formacji z Sasina z rejonu „Kartuz" w przedziale od niemacierzystych po macierzyste doskonałej jakości. Za wyjątkiem pojedynczych horyzontów, w których TOC spada poniżej 0,5% wag., niemal cały profil formacji z Sasina przejawia cechy macierzystości (TOC >0,5% wag.; parametr S2 >2,5 mg HC/gSkały; Dembicki, 2017). Skały macierzyste najlepszej – bardzo dobrej i doskonałej – jakości występują w górnej części formacji. Pozostała część profilu to skały macierzyste przede wszystkim średniej i dobrej jakości (Strzelecka, 2017; Chruścińska i in., 2018; Chruścińska, 2018; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018). Stosunkowo niski indeks nasycenia ropą (średnia OSI = 36–64 mg HC/gTOC; Tab. 3.2) sugeruje, że wygenerowane w trakcie podgrzewania węglowodory w większej mierze pozostały w miejscu generacji. Miejscowo wartości parametru OSI przekraczają 100 mg HC/gTOC, co świadczy o lokalnej migracji węglowodorów ciekłych.

Podobnie do sylurskich skał macierzystych, analizy średnich wartości refleksyjności witrynitu (Ro = 0,92–1,28%) oraz średnich wartości parametru Tmax (450–475 ˚C) i indeksu produkcyjności (średni PI = 0,26–0,53) wskazują na dojrzałość termiczną formacji z Sasina na pograniczu okna ropnego oraz okna mokrego gazu i kondensatów. Dojrzałość termiczna wzrasta stopniowo wraz z głębokością pogrzebania w kierunku południowo-zachodnim (Janas, 2018). Najwyższą średnią Tmax obserwuje się w otworze Lewino-1G2. O silniejszym przeobrażeniu materii organicznej tych skał świadczy również obniżona wartość wskaźnika wodorowego tych skał (Tab. 3.2). Lokalny wzrost dojrzałości termicznej przypisuje się obecności zrzuconych bloków tektonicznych (Janas, 2018).

Formację z Sasina wymienia się wśród głównych poziomów macierzystych basenu bałtyckiego. W rejonie obszaru przetargowego „Kartuz", ze względu na stopień podgrzania i stosunkowo wysoką zawartość rozproszonej materii organicznej, może ona stanowić perspektywiczne źródło dla węglowodorów ciekłych i, w mniejszym stopniu, dla gazowych w systemie niekonwencjonalnym typu *shale*.

Formacja z Jantaru

Litologia: iłowce i mułowce.
Wiek: landower.
Miąższość:

- Borcz-1: 13,5 m,
- Niestępowo-1: 10 m,
- Gapowo B-1: 15 m,
- Tępcz-1: 19,5 m,
- Miłowo-1: 8,5 m.

Głębokość zalegania:

- Borcz-1: 3680,5–3694,0 m,
- Niestępowo-1: 3442,0–3452,0 m,
- Miłowo-1: 3767,0–3775,5 m,
- Gapowo B-1: 4192,0–4207,0 m,
- Tępcz-1: 3349,0–3368,5 m.

Formacja z Jantaru na obszarze przetargowym „Kartuzy" jest reprezentowana przez czarne, bezwapniste iłowce i mułowce bitumiczne ze skupieniami pirytu oraz liczną fauną graptolitową. Lokalnie występują cienkie przewarstwienia węglanowe. Miąższość tych bogatych w substancję organiczną utworów przekracza 10 m (Fig. 2.25).

Najwyższa wartość TOC, stwierdzona w formacji z Jantaru obniżenia bałtyckiego, to około 15% wag. skały, choć przeważnie wynosi między 0,95% a 10,5% wag. skały. Rozkład wartości TOC w pewnym stopniu koreluje się odwrotnie z miąższością, więc w rejonie Gapowa i Kościerzyny (blisko południowo-zachodniej krawędzi obszaru przetargowego), gdzie występują wyższe miąższości formacji z Jantaru, wartości TOC są nieco niższe (Fig. 3.12; Podhalańska i in., 2018, 2020). Zawartość całkowitego węgla organicznego w formacji z Jantaru w rejonie obszaru przetargowego jest stosunkowo wysoka. W centralnej jego części (Borcz-1) oraz blisko granicy, w kierunku południowo-wschodnim (Miłowo-1), obserwuje się średnie wartości TOC powyżej 3% wag. skały (Tab. 3.3). W otworze Gapowo B-1 wartości TOC w utworach formacji z Jantaru zawierają się w przedziale 0,42–3,28% wag. (Kubala, 2013).

Pomimo niskich średnich wartości wskaźnika wodorowego (80–120 mg HC/gTOC), wynikającej ze stosunkowo wysokiej dojrzałości termicznej tych skał, większość próbek zawiera kerogen typu II (Tab. 3.3). Głównie ropotwórczy charakter formacji z Jantaru potwierdzają badania geochemiczne, prowadzone na licznych otworach nawiercających utwory syluru i ordowiku, m. in. w rejonie obniżenia bałtyckiego (Karcz i Janas, 2016; Janas, 2018; Podhalańska i in., 2020). Obserwacje petrologiczne wskazują na słabe zróżnicowanie w obrębie całego kompleksu skał sylurskich. Główną masę substancji organicznej zachowanej w próbkach formacji z Jantaru w otworze Borcz-1 stanowią szczątki graptolitów (około 90%). Wśród pozostałych składników organicznych przeważają asocjacje organiczno-mineralne typu bitumicznego, w formie amorficznych szczątków organicznych przemieszanych z materiałem ilastym, stałe bituminy oraz macerały witrynitopodobne, których bioprekursorem są najprawdopodobniej szczątki morskich alg (Strzelecka, 2017; Grotek, 1999). W składzie grupowym bituminów w tych skałach dominują węglowodory nasycone (58,8–70,6% wag. ekstrahowanych bituminów). Węglowodory aromatyczne stanowią maksymalnie 18,5% składu ekstraktów, a heterozwiązki (żywice i asfalteny) łącznie do około 23% (Strzelecka, 2017).

Wartości indeksu nasycenia ropą (OSI) poniżej 50 g HC/gTOC w większości próbek (Tab. 3.3) wskazują, że zawarte w skale wolne węglowodory (S1) pozostały w miejscu ich generacji. Wartości TOC (Tab. 3.3) od wartości poniżej 0,5% do 7,08% wag. klasyfikują skały formacji Jantaru z rejonu „Kartuz" w bardzo szerokim przedziale: od niemacierzystych po macierzyste doskonałej jakości. W próbkach o wysokiej zawartości węgla organicznego notowane są jednocześnie wysokie wartości potencjału genetycznego (średnia S2 = 2,68–3,69 mg HC/gSkały), potwierdzając ich zdolność do dalszego generowania węglowodorów. W profilu dominują skały macierzyste o dobrym i bardzo dobrym potencjale węglowodorowym (Strzelecka, 2017).

Stopień przeobrażenia termicznego materii organicznej jest stosunkowo wysoki. Średnie parametru Tmax, pomierzone w otworach wiertniczych z rejonu „Kartuz" (Tab. 3.3) oscylują w niewielkim zakresie 453–463˚C, a średnie wartości pomiarów refeksyjności witrynitu wahają się od 1,15 do 1,21%, co jest równoważne z warunkami na granicy okna ropnego oraz okna mokrego gazu i kondensatów. Zakres średniej wartości wskaźnika produkcyjności PI (0,31–0,32) potwierdza dojrzałość termiczną omawianych skał. Zgodnie z analizą wykonaną dla polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego (Podhalańska

i in., 2020) dojrzałość termiczna formacji z Jantaru w lądowej partii obniżenia bałtyckiego zmienia się względnie osiowo. Niższą dojrzałość mają utwory położone w kierunku północno-wschodnim od obszaru przetargowego, zaś w kierunku południowo-zachodnim stopień przeobrażenia termicznego tych skał intensywnie wzrasta (Fig. 3.13–3.14).

Wysokość stopnia przeobrażenia termicznego wskazuje, iż początkowy potencjał generacyjny skał macierzystych był znacznie wyższy, lecz został już w dużym stopniu zrealizowany (Botor i in., 2019b). Formacja z Jantaru stanowi najbardziej zasobny w materię organiczną poziom w całym dolnopaleozoicznym kompleksie łupkowym rejonu „Kartuz". Ze względu na wysoką zawartość TOC, ropotwórczy charakter kerogenu oraz dojrzałość termiczną w zakresie od okna ropnego do okna mokrego gazu stanowią perspektywistyczną skałę macierzystą dla węglowodorów w niekonwencjonalnym systemie naftowym typu *shale oil* (Strzelecka, 2017; Karcz i Janas, 2016; Podhalańska i in., 2018, 2020).

Formacja z Pelplina (część wenlocka)

Litologia: mułowce i iłowce.
Wiek: wenlok.
Miąższość (tej części formacji, która należy do wenloku):

- Borcz-1: 127 m,
- Niestępowo-1: ~150 m,
- Miłowo-1: 130,5 m,
- Gapowo B-1: 104 m,
- Tępcz-1: 145 m.

Głębokość zalegania (części należącej do wenloku):

- Borcz-1: 3510,0–3637,0 m,
- Niestępowo-1: ?3262,0–3412,0 m,
- Miłowo-1: 3608,5–3739,0 m,
- Gapowo B-1: 4060,0–4164,0 m,
- Tępcz-1: 3173,0–3318,0 m.

Obszar przetargowy „Kartuzy" leży poza zasięgiem strefy perspektywicznej dla występowania niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów w utworach wenloku (części formacji z Pelplina; Fig. 3.15). Jednakże, w trakcie prowadzonych prac na koncesjach, wenlok był uznawany za potencjalny cel poszukiwawczy. W efekcie, interwał ten został gęsto opróbowany, czego rezultatem jest obszerny materiał analityczny określający potencjał poszukiwawczy tego poziomu.

Ze względu na duże zróżnicowanie oraz miąższość formacji z Pelplina obniżenia bałtyckiego, cechy potencjalnej skały macierzystej przejawia jej spągowa, wenlocka część (Karcz i Janas, 2016; Podhalańska i in., 2018, 2020). Utwory wenloku w rejonie „Kartuz" są wykształcone jako stosunkowo miąższe (104–150 m; Fig. 2.26), szare i ciemnoszare (prawie czarne) mułowce, rzadziej iłowce, miejscami margliste, często laminowane z oddzielnością łupkową, przejawami bituminów oraz bogatą fauną graptolitową (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974; Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018).

Średnia zawartość węgla organicznego TOC w macierzystej części formacji z Pelplina w obrębie obniżenia bałtyckiego oscyluje w okolicach 1% wag. skały (Podhalańska i in., 2018). Parametry macierzystości utworów wenlockiej części formacji z Pelplina zamieszczono w Tab. 3.4. Wartość średnich TOC utworów wenloku w otworach zlokalizowanych w obrębie obszaru przetargowego „Kartuzy" mieszczą się pomiędzy 0,84% a 1,13% wag. W większości prób z otworów wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie parametr TOC przekracza wartość progową dla drobnoklastycznych skał macierzystych (TOC = 0,5% wag.). Nieco wyższą średnią TOC tych skał (1,13% wag.) stwierdzono blisko południowo-wschodniej granicy obszaru przetargowego, w otworze Miłowo-1, choć tutaj pomiary ograniczały się do spągowej (ok. 55 m) części formacji. Cechą charakterystyczną formacji z Pelplina obniżenia bałtyckiego jest zwiększona zawartość węgla organicznego w spągowej, około 50-m części profilu (Podhalańska i in., 2018). Wspomniana tendencja jest również widoczna w wynikach pomiarów zawartości substancji organicznej w otworach Borcz-1 i Lewino-1G2 (Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018).

Zakres średnich wartości Tmax otrzymywanych z analizy Rock-Eval próbek formacji z Pelplina z rejonu Borcza i Miłowa odpowiadają dojrzałości termicznej na poziomie okna ropnego (średnia Tmax = 428–440°C; Tab. 3.4). Na główny etap generowania ropy naftowej wskazują również pomiary reflek-

syjności witrynitu wykonane na próbkach wenloku z otworu Borcz-1 (Tab. 3.4; Ro = 1,11–1,20%). Nieco wyższe wartości parametrów, na granicy okna ropnego oraz okna mokrego gazu i kondensatów, stwierdzono w otworze Niestępowo-1 (Tmax = 440–470˚C). Przytoczone wyniki pokrywają się z regionalnymi analizami stopnia maturacji dolnej części formacji z Pelplina w obniżeniu bałtyckim (Podhalańska i in., 2020).

Obserwacje petrologiczne materiału organicznego wykonane na próbkach z otworów położonych bezpośrednio w obrębie obszaru przetargowego (Borcz-1), a także w jego bliższych (Miłowo-1) i w dalszych okolicach (Gdańsk IG-1, Kościerzyna IG-1, Prabuty IG-1), pozwoliły stwierdzić mało zróżnicowany skład maceralny utworów wenloku. Głównym składnikiem organicznym są szczątki graptolitów. Wśród pozostałych składników dominuje amorficzna substancja organiczna, przemieszana z materiałem ilastym, tworząca tzw. asocjacje organiczno-mineralne typu bitumicznego. Materiał witrynitopodobny, o formie występowania wskazującej na pochodzenie algowe, oraz stałe bituminy to składniki, których udział jest drugorzędny. Macerały grupy inertynitu i liptynitu stanowią najwyżej niewielkie domieszki (Strzelecka, 2017; Grotek, 1999). Rozdział grupowy przeprowadzony na ekstraktach bitumicznych skał wenloku z otworu Miłowo-1 wskazuje na przewagę węglowodorów alifatycznych nad węglowodorami aromatycznymi w składzie, zaś udział żywic i asfaltenów nie przekracza 4%, co nie odbiega od składu grupowego bituminów obserwowanego w formacji z Pelplina w innych partiach basenu (Grotek, 1999). Pomimo stosunkowo niskich średnich wartości wskaźnika wodorowego (średnia HI = 25–139 mg HC/gTOC; Tab. 3.4), będącego skutkiem dojrzałości termicznej, a zarazem częściowego wyczerpania potencjału generacyjnego skały (Botor i in., 2019b), z uwagi na przytoczoną charakterystykę petrologiczną i skład grupowy bituminów w formacji z Pelplina w rejonie „Kartuz”, a także wyników ze słabiej przeobrażonych skał w obrębie obniżenia bałtyckiego (Karcz i Janas, 2016; Janas, 2018; Podhalańska i in., 2020), kerogen zawarty w omawianych utworach klasyfikuje się do typu II.

Średnie wartości indeksu nasycenia ropą OSI blisko 50 g HC/gTOC (Tab. 3.4) wskazują, że zawarte w skale wolne węglowodory (S1) w przeważającej mierze pozostały w miejscu ich generacji. W utworach wenloku w rejonie obszaru przetargowego występują skały niemacierzyste oraz skały macierzyste niskiej i średniej jakości (Janas, 2018). W próbkach o zawartości węgla organicznego powyżej 1% brak jest korelacji z odpowiednimi wartościami potencjału generacyjnego (Tab. 3.4; np. Dembicki, 2017) by reprezentowane nimi utwory stanowiły skałę macierzystą dobrej jakości. Za perspektywiczną jest uważana wyłącznie dolna część formacji, gdzie stwierdzono podwyższoną – względem reszty formacji – zawartość rozproszonej materii organicznej (Podhalańska i in., 2018, 2020). Rodzaj i stopień dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w formacji z Pelplina w rejonie obszaru przetargowego wskazuje na możliwość występowania w tych utworach niekonwencjonalnych (słabej i średniej jakości) akumulacji węglowodorów typu *shale oil*.

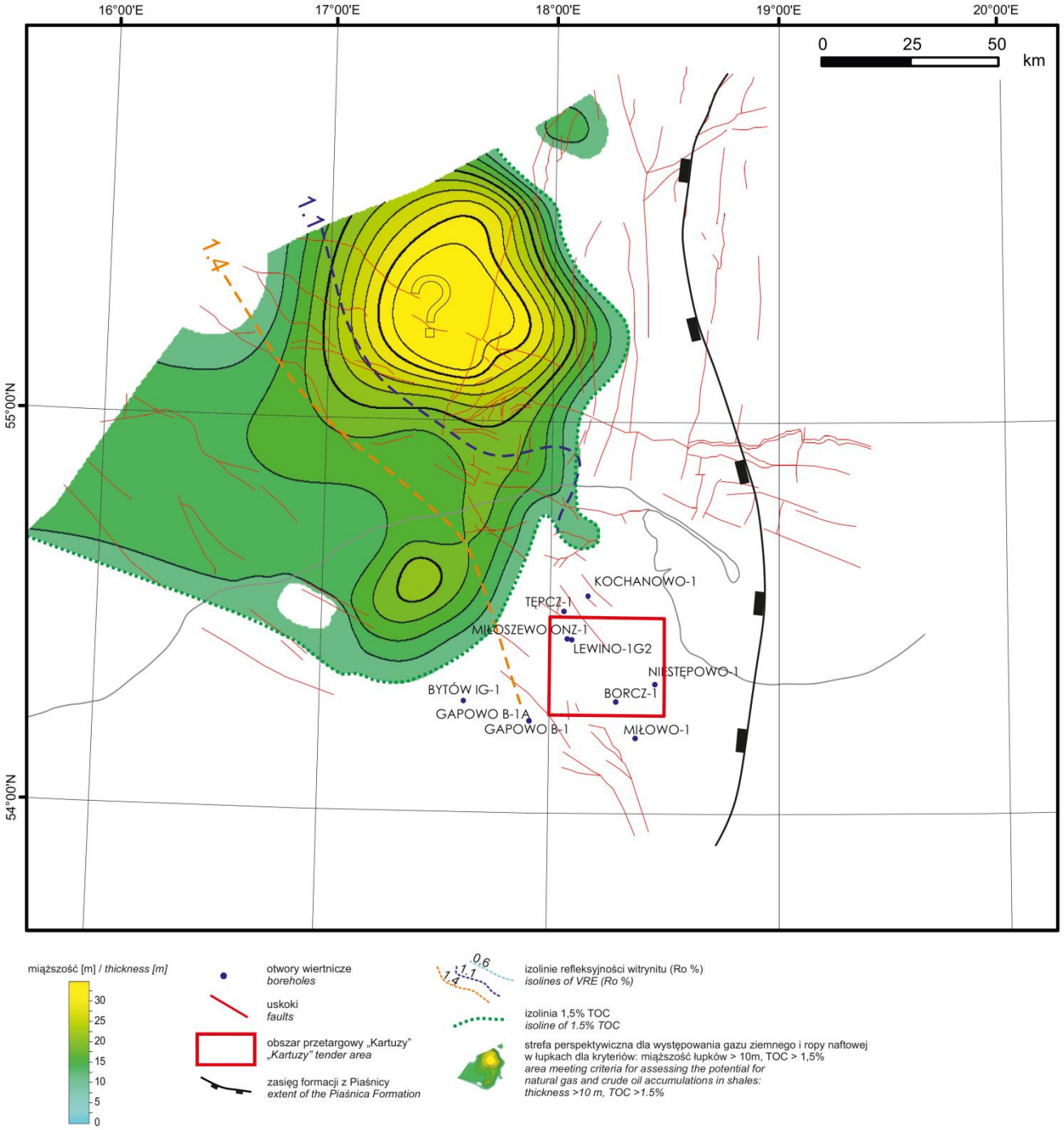


Fig. 3.10. Położenie obszaru „Kartuzy" względem strefy perspektywicznej dla występowania niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów w formacji piaśnickiej (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

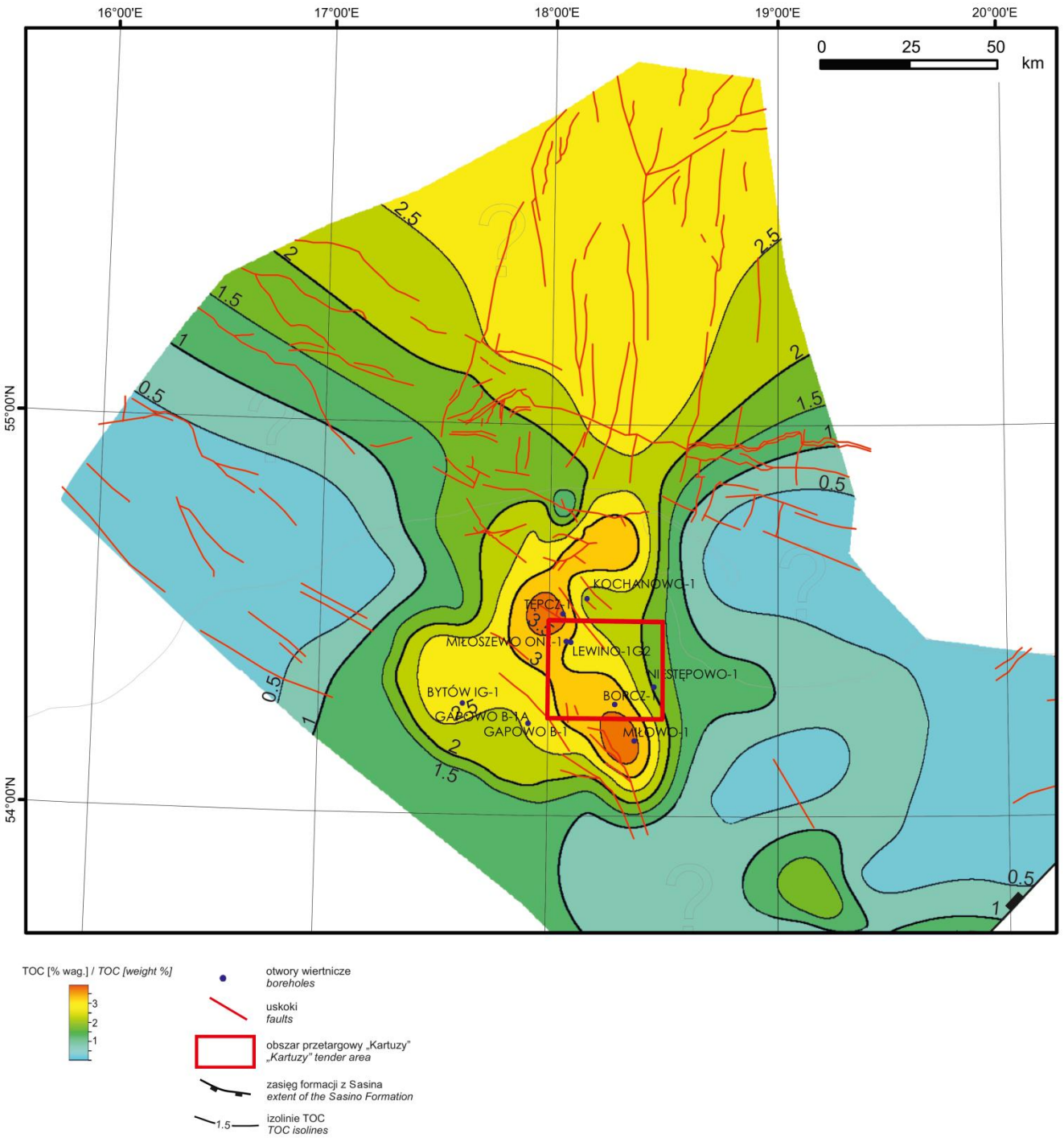


Fig. 3.11. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy zawartości TOC (mediany) dla formacji z Sasina (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

Parametry skał macierzystych wartości średnie (zakres)	Borcz-1	Lewino-1G2	Niestępowo-1	Miłowo-1
TOC [% wag.]	2,68	Do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor	2,79 (0,32–6,90)	3,23 (0,21–6,81)
T_{max} [°C]	465		450 (441–456)	457 (451–463)
R_o	1,23		0,92	0,99
S1 [mg HC/gSkały]	0,88		1,35 (0,24–3,42)	1,21 (0,02–2,26)
S2 [mg HC/gSkały]	1,94		4,64 (0,46–10,8)	3,77 (0,12–8,48)
HI [mg HC/gTOC]	71,5		171 (122–236)	119 (57–160)
PI	0,36		0,26 (0,13–0,39)	0,27 (0,05–0,47)
Typ kerogenu	II		II	II

Tab. 3.2. Parametry macierzystości utworów formacji z Sasina (karadok i górny lanwirn) w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018; Podhalańska i in., 2018 wraz z literaturą tam cytowaną).

Parametry skał macierzystych średnie wartości (zakres)	Borcz-1	Miłowo-1
TOC [% wag.]	3,29	3,38 (0,81–7,08)
T_{max} [°C]	463	453 (432–460)
R_o	1,21	1,15
S1 [mg HC/gSkały]	1,18	1,38 (0,77–2,09)
S2 [mg HC/gSkały]	2,68	3,69 (1,13–7,73)
HI [mg HC/gTOC]	80	120 (83–180)
PI	0,32	0,31 (0,18–0,41)
Typ kerogenu	II	II

Tab. 3.3. Parametry macierzystości formacji z Jantaru (dolny landower) z wybranych otworów w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Strzelecka, 2017; Podhalańska i in., 2018 wraz z literaturą tam cytowaną).

Parametry skał macierzystych wartości średnie (zakresy)	Borcz-1	Lewino-1G2	Niestępowo-1	Miłowo-1
TOC [% wag.]	0,90	Do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor	0,84 (0,09–1,32)	1,13 (0,78–1,44)
T_{max} [°C]	428		448 (440–470)	440 (434–443)
R_o	1,11–1,20		brak danych	brak danych
S1 [mg HC/gSkały]	0,32		0,57 (0,04–0,82)	0,72 (0,49–0,94)
S2 [mg HC/gSkały]	0,41		1,10 (0,14–1,52)	0,94 (0,79–1,09)
HI [mg HC/gTOC]	45,5		139 (66–200)	86 (74–110)
PI	0,43		0,32 (0,20–0,39)	0,43 (0,37–0,48)
Typ kerogenu	II		II	II

Tab. 3.4. Parametry macierzystości utworów formacji z Pelplina (część wenlocka) w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Strzelecka, 2017; Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018; Podhalańska i in., 2018 wraz z literaturą tam cytowaną).

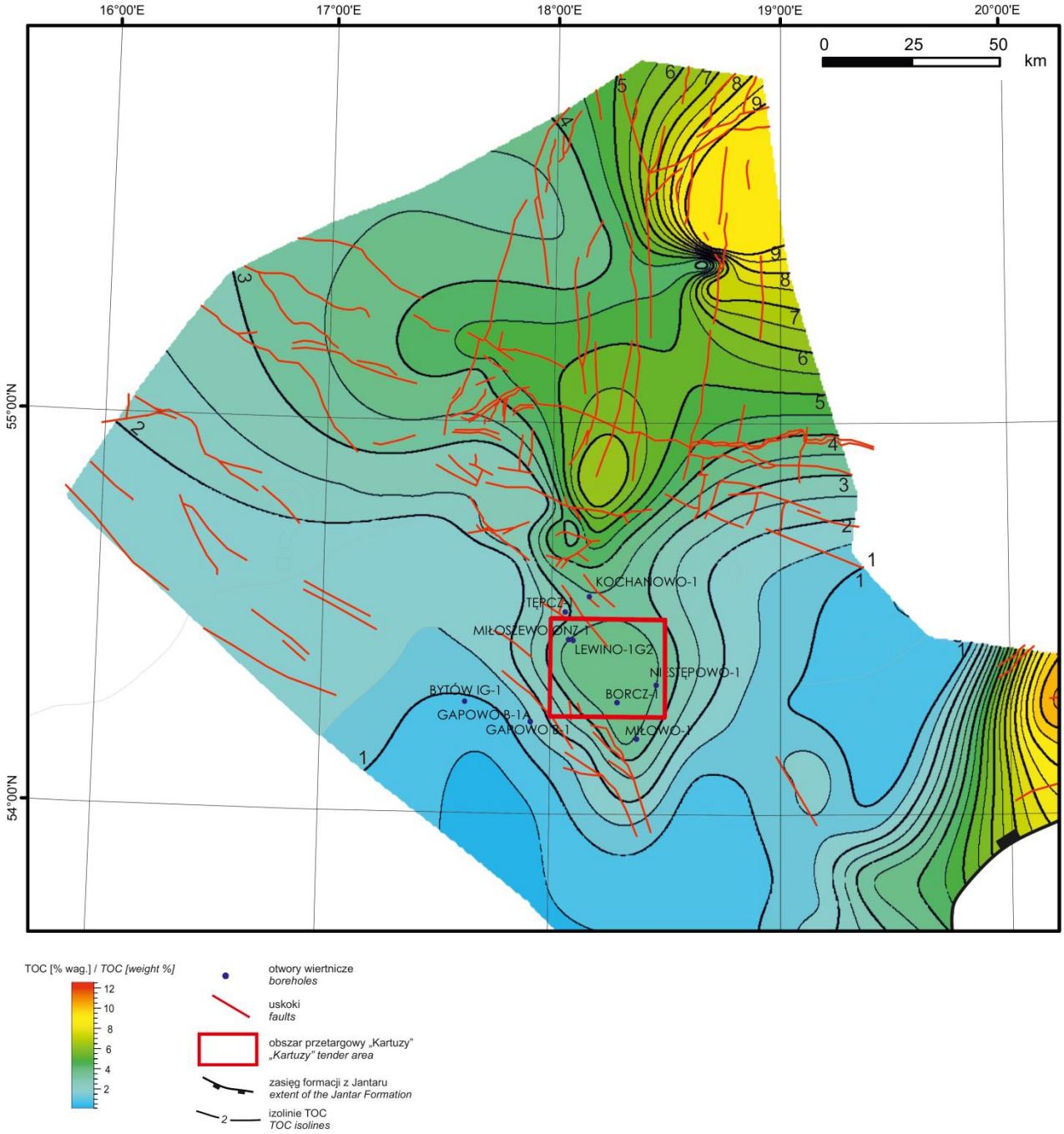


Fig. 3.12. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy zawartości TOC (mediany) dla formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

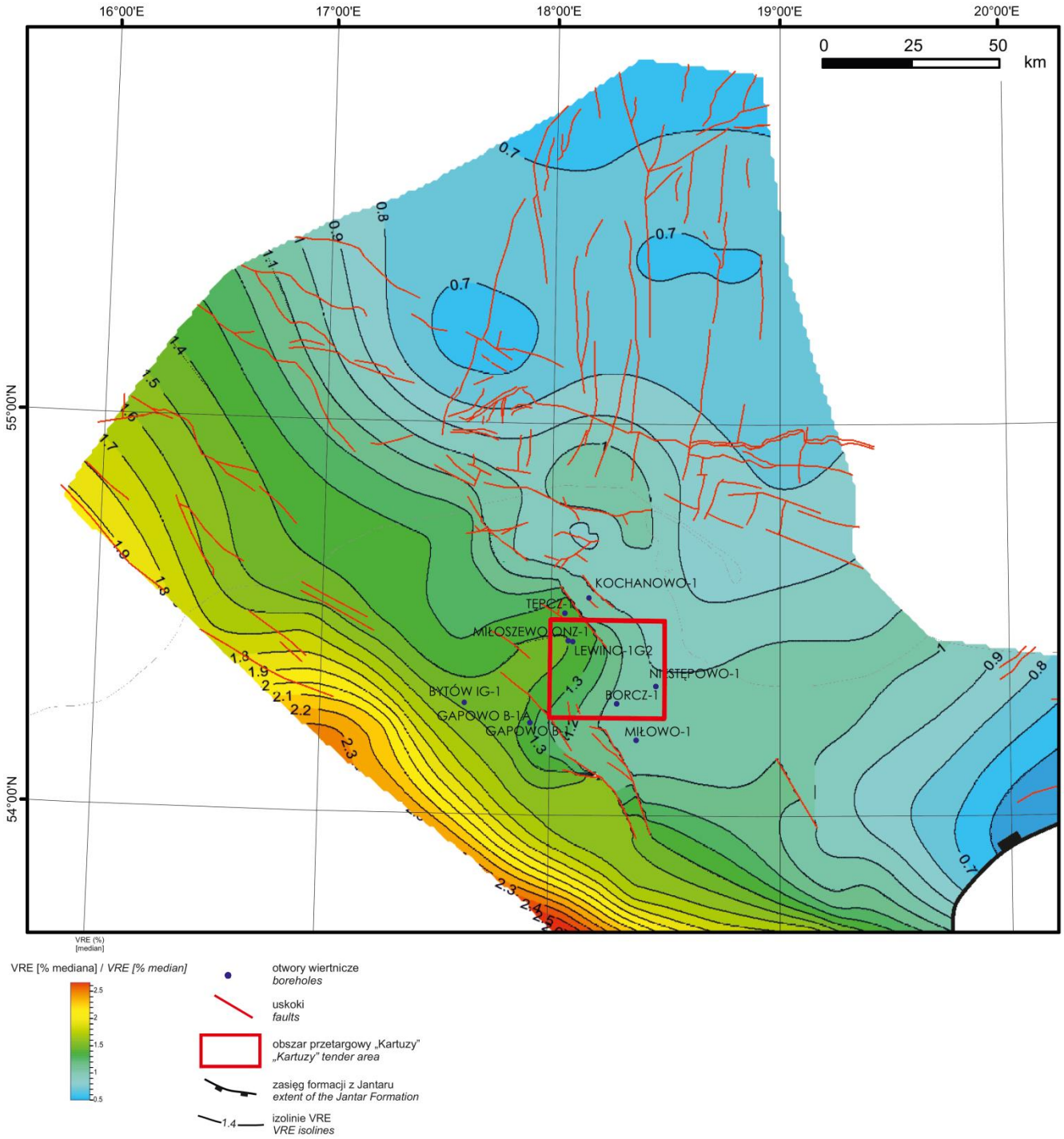


Fig. 3.13. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy rozkładu refleksyjności witrynitu (mediany) w formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

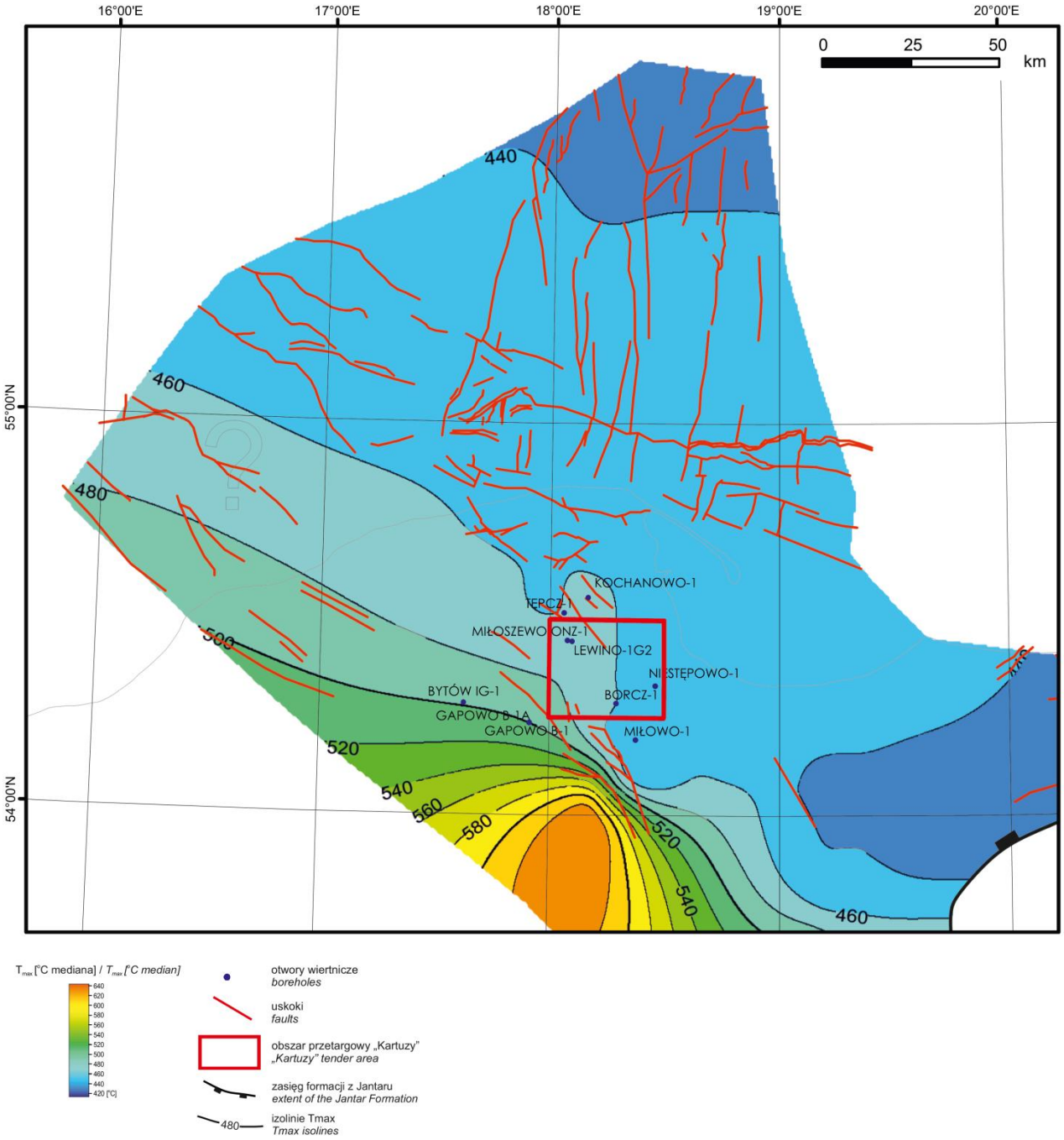


Fig. 3.14. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy rozkładu (mediany) parametru Tmax – temperatury maksymalnego generowania węglowodorów w formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane)

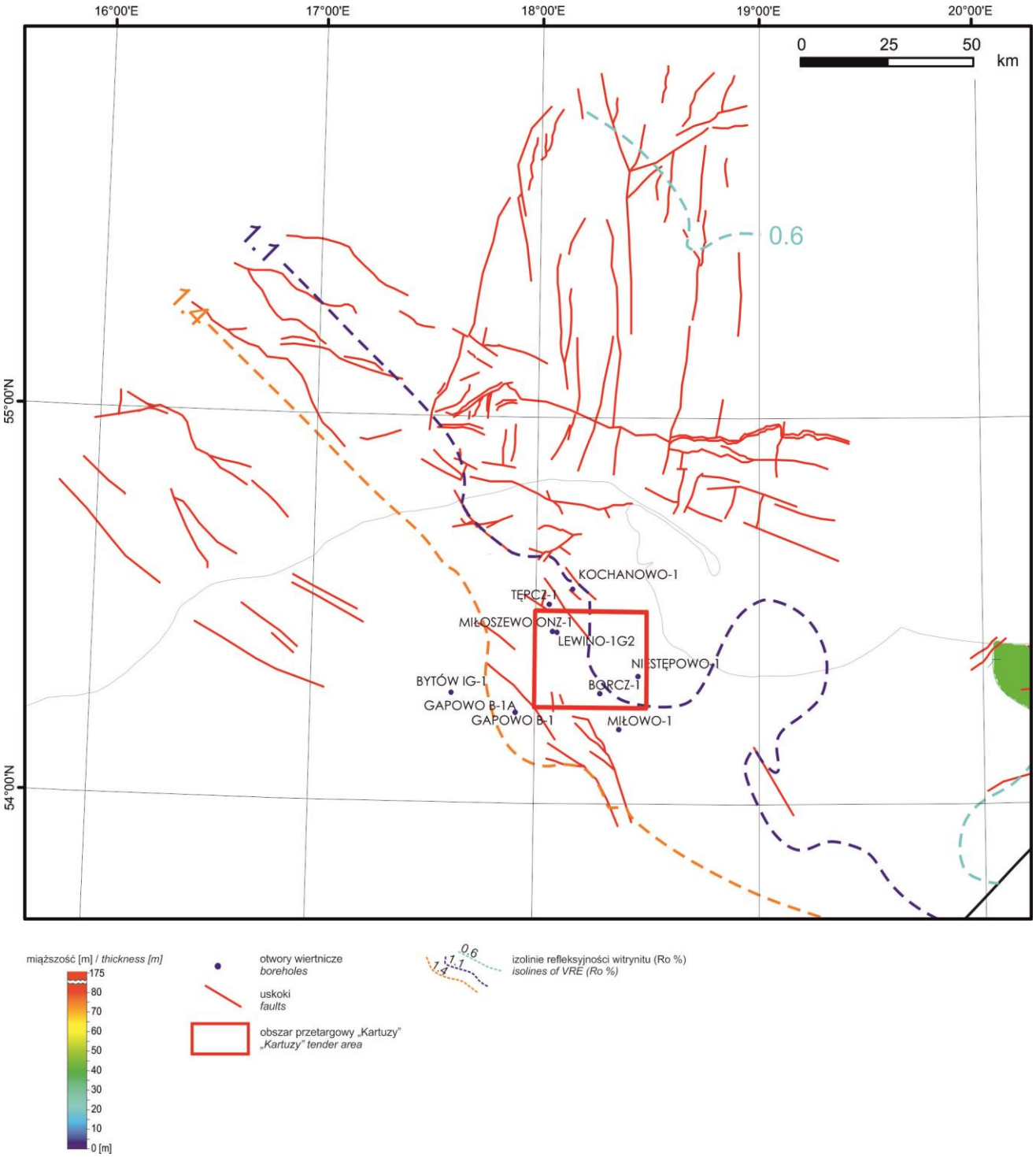


Fig. 3.15. Położenie obszaru „Kartuzy" poza obszarem strefy perspektywicznej dla występowania niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów w formacji z Pelplina (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

3.3.2. CHARAKTERYSTYKA MINERALOGICZNA I ANALIZA KRUCHOŚCI PERSPEKTYWICZNYCH INTERWAŁÓW I FORMACJI ŁUPKOWYCH NIŻSZEGO PALEOZOIKU

Formacje perspektywiczne niższego paleozoiku (formacja piaśnicka, formacja z Sasina, formacja z Jantaru i formacja z Pelplina) są to generalnie mułowce i iłowce wzbogacone w materię organiczną, z istotną zawartością kwarcu, pomniejszą węglanów, miejscami zailone. Na podstawie dostępnych danych mineralogicznych z analiz XRD, można stwierdzić, że w otworach na zachód od Gdańska, w tym również w tych, które znajdują się na obszarze przetargowym lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie, zawartość minerałów ilastych w formacji z Sasina jest bardzo zmienna, ale zdarzają się próby gdzie dochodzi do 80% (Fig. 3.16). Nieco mniejsze zailenie występuje w formacji z Jantaru, dla której w otworach takich jak Kościerzyna IG 1, Wysin 1, Borcz 1, Gapowo B-1 (i innych) dominująca ilość wyników mieści się w zakresie 40–70% (Fig. 3.17). Zestawienie uśrednionych zawartości kwarcu i sumy minerałów ilastych w otworach położonych na lub sąsiadujących z obszarem przetargowym przedstawiono w Tab. 3.5.

Analizy składu mineralogicznego skał łupkowych ordowiku i syluru wskazują na obecność takich minerałów ilastych jak illit, chloryt i grupę minerałów mieszanopakietowych typu illit/smektyt. Wyniki dostępne z otworu Borcz-1 wskazują, że grupa minerałów mieszanopakietowych illit/smektyt ma słabe właściwości pęczniejące (nieco wyższe dla ordowiku niż dla syluru). W mułowcach i iłowcach, zarówno ordowiku i syluru, zmienna jest zawartość węglanów, jednakże nie przekraczająca w formacjach perspektywicznych 10% (Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018).

Kruchość

W całym basenie bałtyckim najbardziej jednorodną pod względem mineralogicznym jest formacja z Pelplina. Wyliczone w skali regionalnej parametry kruchości (indeks kruchości mineralogicznej – por. Pachytel, 2018 i literatura tam cytowana) wskazują, że są to skały o średniej do dobrej podatności na szczelinowanie, a mediana indeksu kruchości wynosi 0,54 (Pachytel, 2018). Z kolei formacje z Jantaru i Sasina wykazują się niejednorodnością, co przekłada się również na takie parametry jak kruchość skał i podatność na propagację szczelin.

Formacja z Jantaru na obszarze przetargowym charakteryzuje się niejednorodnością mechaniczną i można w niej rozróżnić strefy o wyższej/niższej kruchości, które można śledzić nawet na przestrzeni kilkudziesięciu kilometrów w obrębie basenu (Fig. 3.18). Stały, niewielki udział węglanów powoduje, że kruchość jest kształtowana głównie poprzez stosunek minerałów ilastych do kwarcu i skaleniowców. Obliczone wartości współczynnika kruchości przedstawiają średnie wartości dla strefy perspektywicznej 0,464. Heterogeniczność jest zauważalna również w rozrzucie wartości minimalnej (0,09) i maksymalnej (0,91). Różnice w kruchości poszczególnych sekcji formacji z Jantaru mogą stanowić znaczącą przeszkodę dla propagacji szczelin hydraulicznych. W zależności od odległości warstw o niskim wskaźniku kruchości od miejsca perforacji i iniekcji płynu szczelinującego, nawet takie półmetrowe sekcje mogą stanowić zaporę wygaszającą propagującą szczelinę i znacząco ograniczającą strefę stymulowaną.

W skali basenu bałtyckiego jest widoczny podział pomiędzy zachodnią jego częścią, gdzie za kruchość odpowiada kwarc i skaleniowce, a wschodnią, ze zdecydowanie większym udziałem węglanów. Strefa o podwyższonej zawartości minerałów ilastych i znaczącym udziale materii organicznej, a co za tym idzie zmniejszonej kruchości, przebiega od otworu Lębork IG-1 na zachodzie, po Starogard S-1 na wschodzie, obejmując tym samym część obszaru przetargowego. Średnie wartości kruchości dla formacji z Jantaru z otworów znajdujących się na obszarze „Kartuzy" lub w jego sąsiedztwie wynoszą: 0,43 (Borcz-1), 0,53 (Gapowo B-1), 0,51 (Miłowo-1). Pozwala to wnioskować, że na obszarze przetargowym średni indeks kruchości dla formacji z Sasina powinien się zawierać w granicach 0,6–0,4.

Warto podkreślić, że na wyniesieniu Łeby, a zwłaszcza w rejonie obszaru przetargowego, formacja z Sasina charakteryzuje się dużą

niejednorodnością, zauważalną zarówno w wynikach badań mineralogicznych, geochemicznych jak i na krzywych geofizycznych (Fig. 3.19). W takich otworach jak Borcz-1, Kochanowo-1, czy Lubocino-1 jest widoczna trójdzielność formacji, ze stropową i spągową częścią wzbogaconą w materię organiczną i minerały ilaste, oraz środkową, zubożoną w TOC. W wielu próbach zaobserwowano wzrost materiału węglanowego, co sprawia, że kruchość jest kreowana głównie przez 3 zmienne (kwarc + skalenie, węglany, minerały ilaste). Wewnątrz formacji istnieją zarówno wkładki węglanów, powodujące znaczny wzrost kruchości, jak i warstwy materiału bentonitowego, którego kruchość jest bardzo mała.

Średnia wartość BIBB dla strefy perspektywicznej formacji z Sasina wynosi 0,544 (Pachytel, 2018; Fig. 3.20). W rejonie „Kartuz" średnia kruchość waha się od 0,46 (w otworze Borcz-1) do 0,56 (w otworze Gapowo B-1). Warstwy bentonitowe, często występujące jako przeławicenia o miąższości od kilku mm do kilku metrów, stanowią niezwykle istotne w analizach firm wiertniczych strefy o znacząco obniżonej kruchości, które bardzo trudno jest szczelinować (niski współczynnik kruchości tych stref, połączony z niskim współczynnikiem tarcia na kolejno zalegających warstwach może powodować „ślizganie", tj. zmianę kierunku propagującej szczeliny na horyzontalny, oraz jej „aresztowanie", czyli zakończenie rozwoju na jednej z warstw, nawet w przypadku reżimu tektonicznego uskoków normalnych lub przesuwczych).

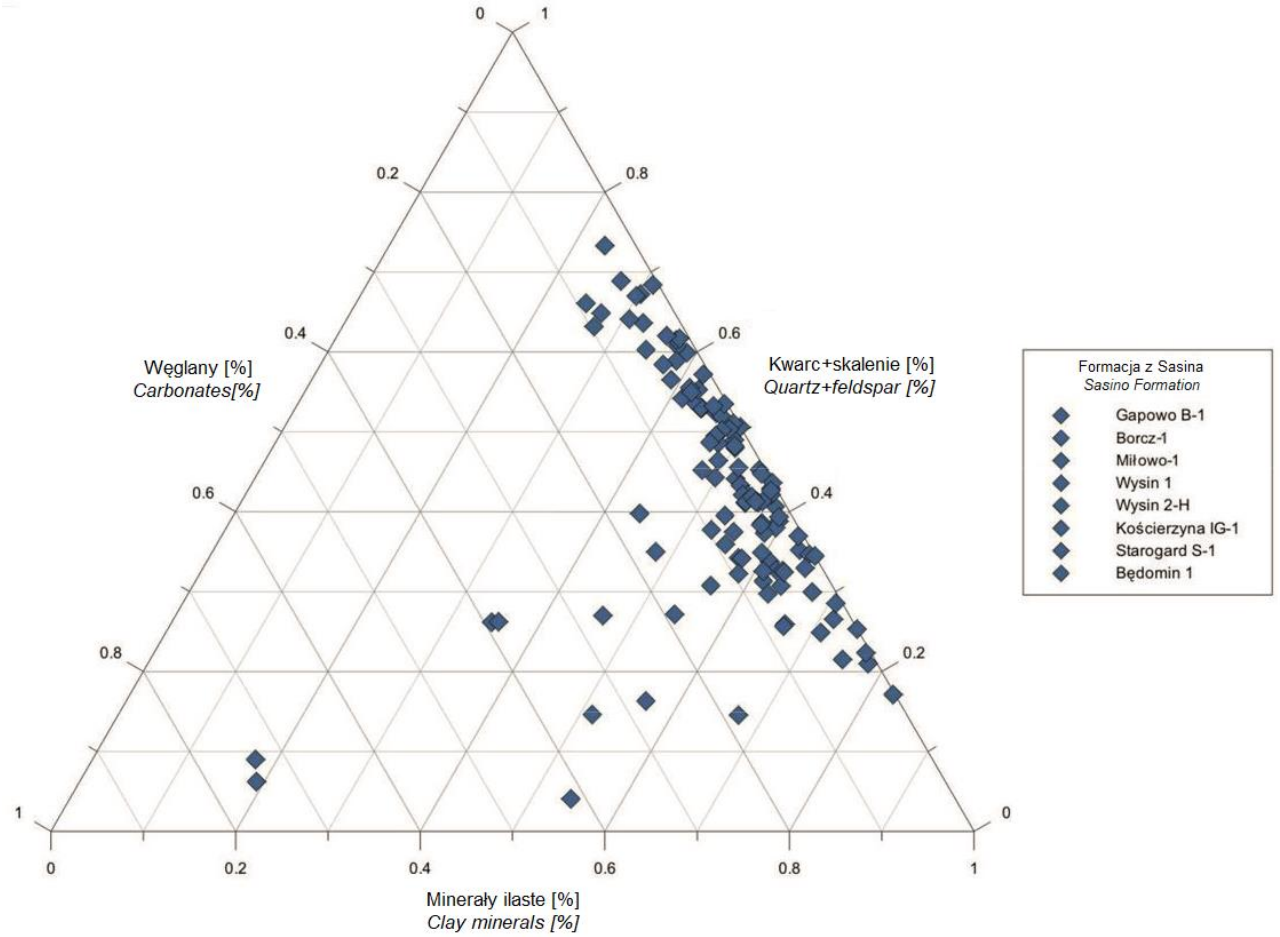


Fig. 3.16. Rozkład średnich zawartości minerałów skałotwórczych dla formacji z Sasina na obszarze na zachód od Gdańska (Podhalańska i in., 2018).

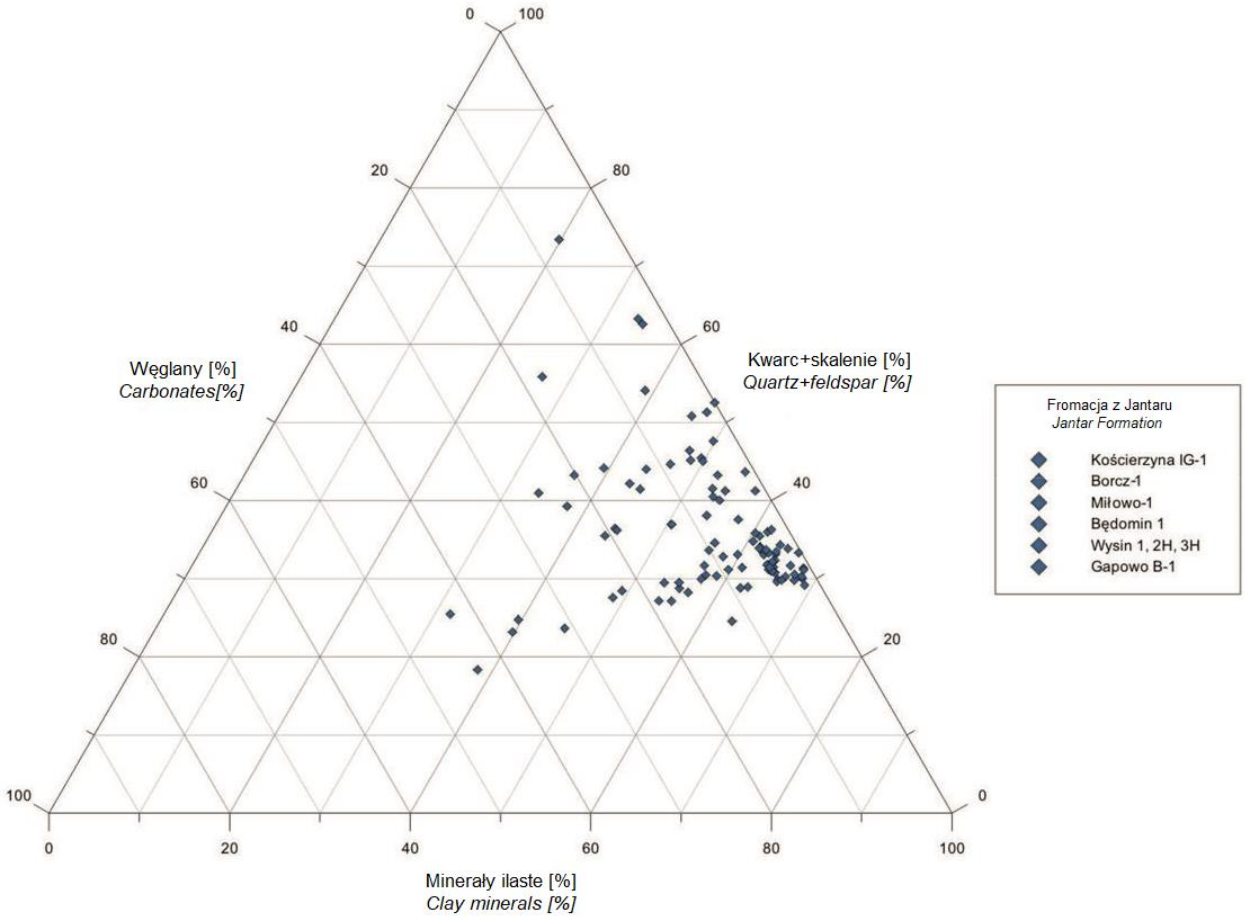


Fig. 3.17. Rozkład średnich zawartości minerałów skałotwórczych dla formacji z Jantaru na obszarze na zachód od Gdańska (Podhalańska i in., 2018).

Otwór wiertniczy	Litostratygrafia	Mediana zawartości kwarcu (odchylenie standardowe/ ilość próbek) [%]	Mediana zailenia (odchylenie standardowe/ ilość próbek) [%]
Borcz-1	formacja z Sasina	27,5 (11/14)	54,5 (7,69/14)
	formacja z Jantaru	22,7 (3,21/13)	57,2 (6,74/13)
	formacja z Pelplina (wenlok)	24,45 (3,4/36)	50,75 (5,9/36)
Miłowo-1	formacja z Sasina	33,0 (12,7/19)	49,0 (10,8/19)
	formacja z Jantaru	21,4 (4,6/12)	52,1 (6,8/12)
	formacja z Pelplina (wenlok)	25,4 (3,4/7)	47,5 (2,5/7)
Gapowo B-1	formacja z Piaśnicy	31,0 (2/3)	54,0 (4/3)
	formacja z Sasina	41,0 (17/14)	45,0 (16/14)
	formacja z Jantaru	32,0 (9/13)	47,0 (9/13)
	formacja z Pelplina (wenlok)	31,0 (4/20)	44,0 (4/20)

Tab. 3.5. Mediany zawartości kwarcu i zailenia w próbkach z rdzeni wiertniczych (badania XRD) z otworów Borcz-1, Miłowo-1 i Gapowo B-1 (Podhalańska i in., 2018). Kolorem szaro-niebieskim zaznaczono otwór zlokalizowany na obszarze przetargowym „Kartuzy".

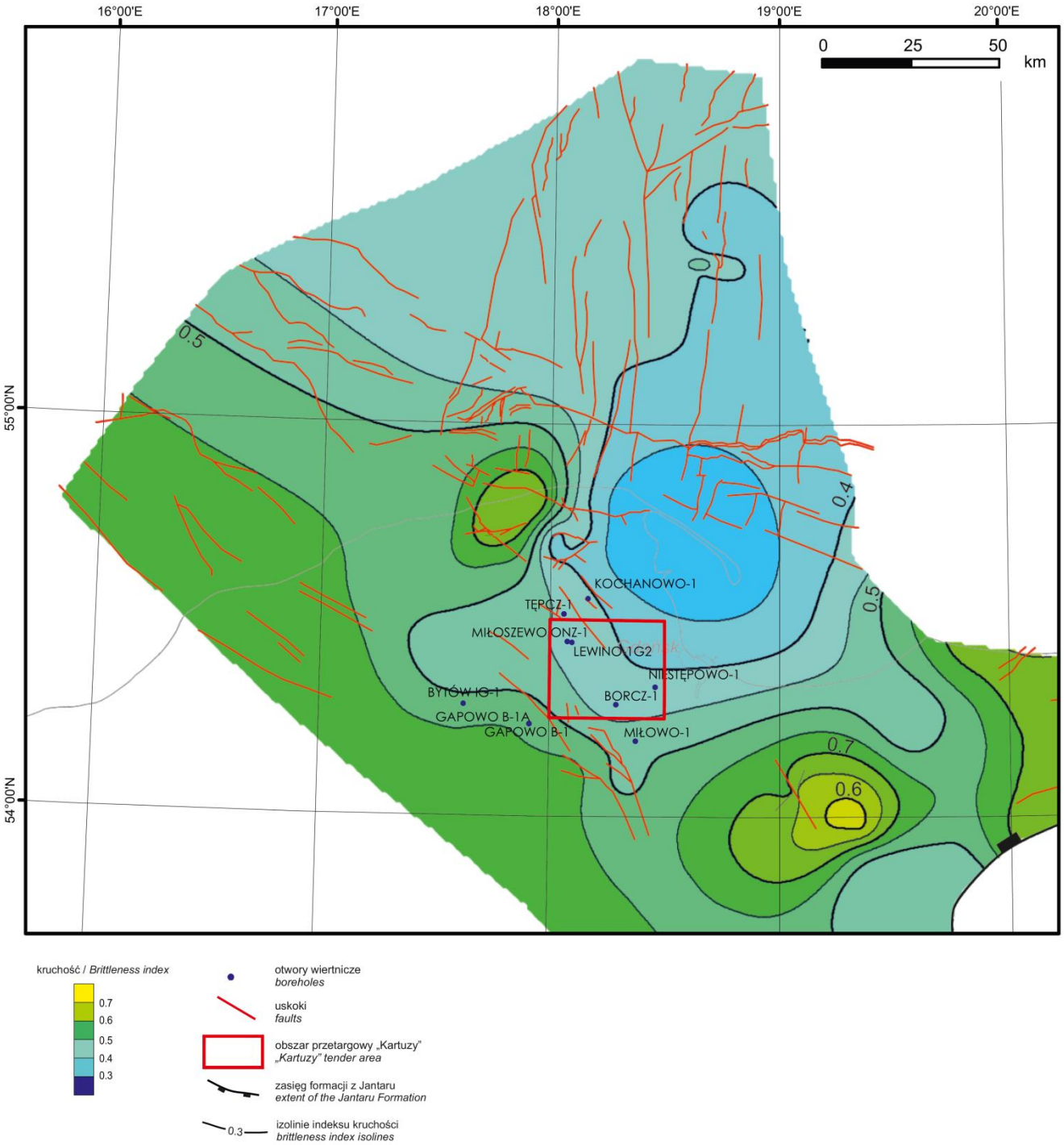


Fig. 3.18. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy rozkładu indeksu kruchości w formacji z Jantaru (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

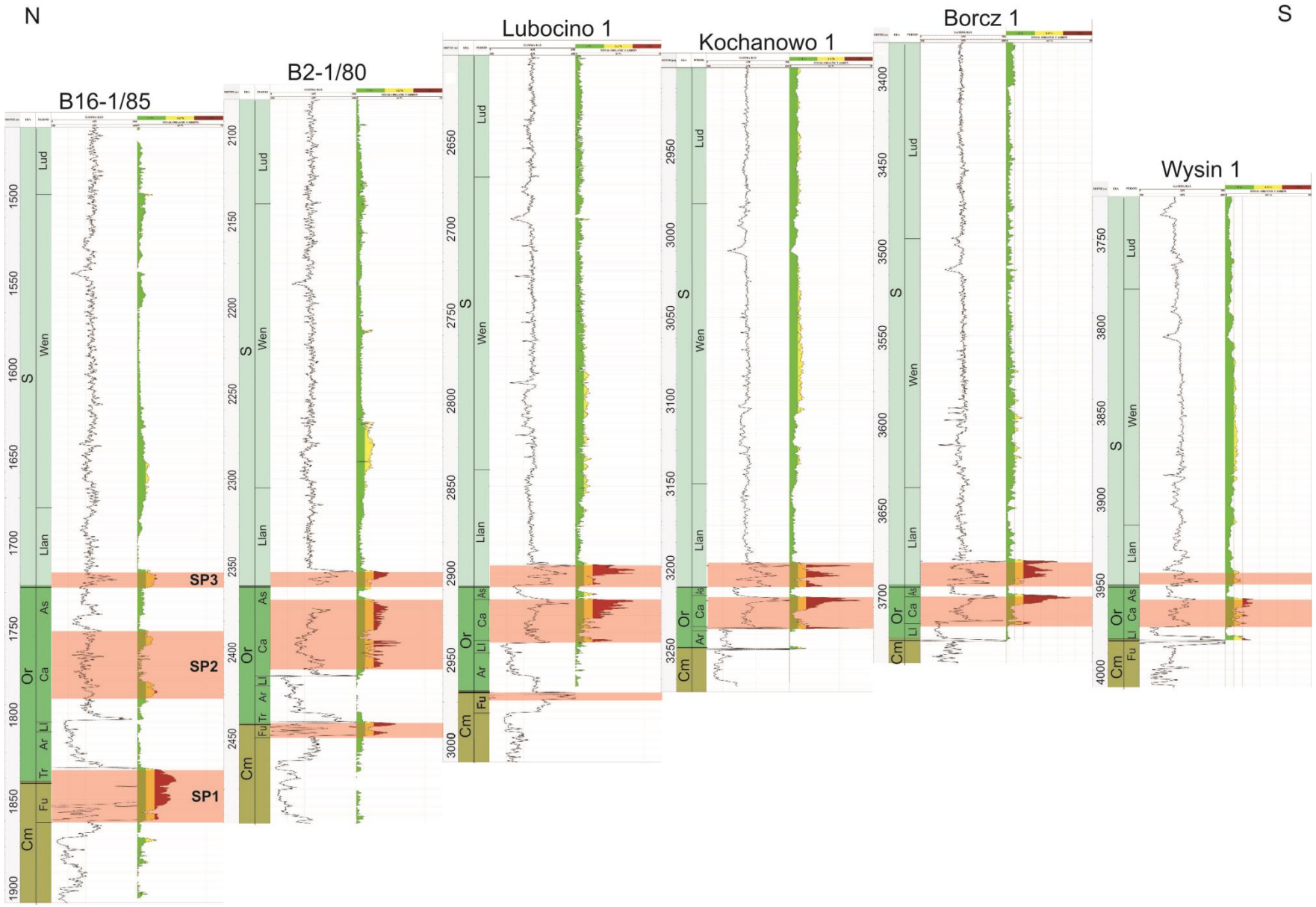


Fig. 3.19. Korelacja niższego paleozoiku w otworach z wyniesienia Łeby (Podhalańska i in., 2020). Cm – kambr, Or – ordowik, S – sylur, Fu – furong, Tr – tremadok, Ar – arenig, Ll – lanwirn, Ca – karadok, As – aszgil, Llan – landower, Wen – wenlok, Lud – lidlow, SP1, SP2 – SP3 – strefy perspektywiczne.

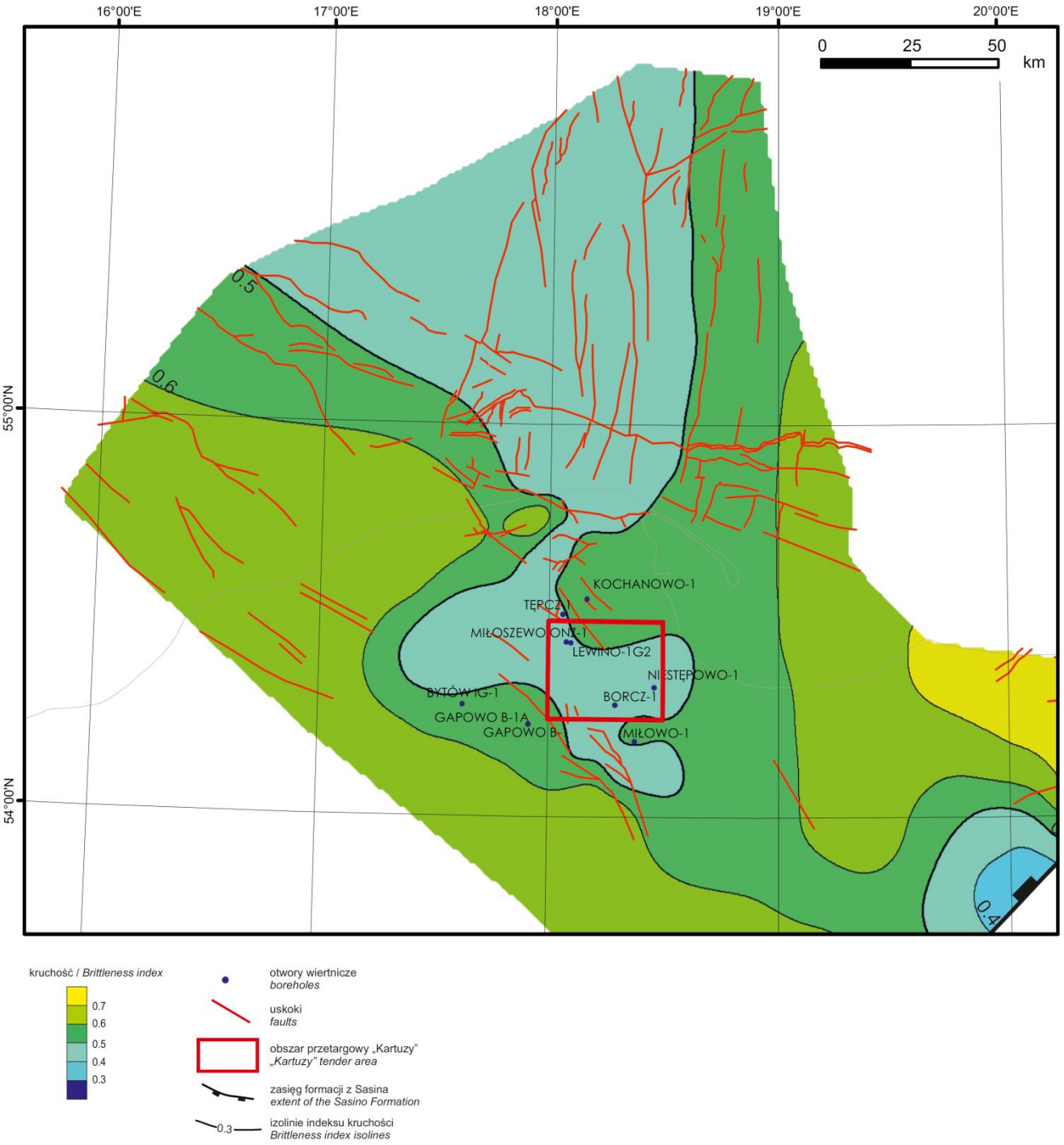


Fig. 3.20. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle mapy rozkładu indeksu kruchości w formacji z Sasina (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

3.3.3. WŁAŚCIWOŚCI PETROFIZYCZNE SKAŁ ŁUPKOWYCH NIŻSZEGO PALEOZOIKU NA OBSZARZE PRZETARGOWYM

Dostępne dane wskazują na średnie wartości porowatości i niewielkie wartości przepuszczalności skał ordowiku i syluru. Ze względu na różnorodną metodykę pomiarów w otworach znajdujących się na obszarze przetargowym (lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie) dostępne parametry petrofizyczne są zestawione osobno dla każdego z otworów m. in w Tab. 3.6–3.8.

W otworze Niestępowo-1 nie wykonano analiz petrofizycznych w utworach ordowiku i syluru. W opracowaniu Podhalańskiej i in. (2018) zostały wykonane przez Instytut Nafty i Gazu – PIB analizy krzywych geofizyki wiertniczej pod kątem interpretacji porowatości efektywnej i zawartości TOC. Wyliczone parametry porowatości dla ordowiku (formacji z Sasina) zawierają się w przedziale 0 do 9%, ze średnią około 6%. Jednakże warto podkreślić, że nie są one na tym odcinku skalibrowane żadnymi danymi laboratoryjnymi. W dolnej części profilu syluru (formacja z Jantaru), wyliczona porowatość efektywna waha się pomiędzy 0–5%, by w wenloku (formacja z Pelplina) osiągnąć ok. 4% (Podhalańska i in., 2018).

Litostratygrafia	Średnia porowatość całkowita [%]	Średnia porowatość otwarta [%]	Średnia porowatość całkowita (NMR) [%]	Średnia porowatość wyinterpretowana z analizy krzywych geofizyki wiertniczej [%]
formacja z Sasina	9,58	8,31	5,07	4,7
formacja z Jantaru	9,75	8,93	4,25	4,1
formacja z Pelplina (wenlok)	5,86	5,60	bd	bd

Tab. 3.6. Parametry petrofizyczne dla otworu Borcz-1 (Mikołajewski, 2015; Strzelecka, 2017); bd - brak danych.

Litostratygrafia	Średnia porowatość całkowita (zakres) [%]	Średnia porowatość otwarta (zakres) [%]	Średnia porowatość szczelinowa (zakres) [%]	Przepuszczalność szczelinowa (zakres) [mD]
formacja z Sasina	6,98 (4,02–13,1)	2,42 (0,18–4,85)	1,68 (0,89–0,74)	1,25 (0,11–4,45)
formacja z Jantaru	5,69 (2,72–10,58)	1,70 (0,22–3,57)	2,09 (1,11–3,89)	1,77 (0,23–4,25)
formacja z Pelplina (wenlok)	6,8 (0,33–9,18)	0,52 (0,14–1)	2,25 (1,51–4,10)	1,66 (1,12–2,71)

Tab. 3.7. Parametry petrofizyczne dla otworu Miłowo-1 (Mikołajewski, 2015; Strzelecka, 2017).

Litostratygrafia	Średnia porowatość całkowita (zakres) [%]	Średnia porowatość efektywna (zakres) [%]	Średnia przepuszczalność (zakres) [mD]
formacja z Sasina	5,53 (0,79–16,57)	2,96 (0,56–11,28)	0,00
formacja z Jantaru	5,47 (3,63–6,15)	3,29 (1,55–4,40)	0,00
formacja z Pelplina (wenlok)	4,46 (3,20–5,75)	3,02 (2,02–3,71)	0,00

Tab. 3.8. Średnie parametry petrofizyczne dla otworu Gapowo B-1 (Kubala, 2013).

3.3.4. OBJAWY, PRÓBY ZŁOŻOWE, ZABIEGI SZCZELINOWANIA

Poniżej podsumowano dostępne informacje na temat objawów węglowodorów w trakcie wiercenia na aparaturze gazowej, objawy na rdzeniach i wykonane zabiegi szczelinowania i testy złożowe w otworach znajdujących się

na obszarze przetargowym „Kartuzy“ lub jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Borcz-1
Źródło danych: Mikołajewski, 2015.
Profilowanie gazowe:
W trakcie profilowania gazowego ciągłego aparatura gazowa wykazała wzrosty zawartości węglowodorów w następujących interwałach głębokościowych:
- sylur–wenlok
  3516,0–3521,5 m, 3524,0–3531,5 m, 3535,0–3541,0 m, 3572,5–3574,0 m, 3598,0–3602,0 m, 3619,5–3620,0 m;
- sylur–landower:
  3644,0–3645,0 m, 3679,5–3687,5 m;
- ordowik–karadok/lanwirn:
  3700,5–3705,0 m, 3710,5–3713,5 m.

Objawy na rdzeniach:
W rdzeniach z następujących interwałów stwierdzono punktowe odgazowania:
- 3405,0–3414 m (sylur – ludlow/przydol),
- 3432,0–3530,5 m (sylur – ludlow/wenlok – formacja z Pelplina),
- 3539,5–3566,0 m (sylur – wenlok – formacja z Pelplina),
- 3575,0–3620,0 m (sylur – wenlok – formacja z Pelplina),
- 3629,0–3647,0 m (sylur –wenlok/landower – formacja z Pelplina/formacja z Pasłęka),
- 3664,0–3717,0 m (sylur/ordowik – wenlok/landower/aszgil/karadok – formacja z Pasłęka, formacja z Jantaru, formacja z Prabut i formacja z Sasina).

Szczelinowanie, próby złożowe:
W otworze nie wykonywano zabiegu szczelinowania oraz prób złożowych.

Lewino-1G2
Źródło danych: Szpetnar-Skierniewska i in., 2019.

Niestępowo-1
Źródło danych: Kalbarczyk i Śliwiński, 1974.
Profilowanie gazowe:
W profilowaniu ciągłym gazowym aparatura wykazała wzrosty wskazań na głębokości 2955,0 m, 2958,5 m i w interwale 3958,5–2977,3 m (sylur – przydol, ludlow, wenlok) maksymalnie do 0,7%.
Objawy w płuczce:
W interwale 2958,5–2974,0 m (sylur – przydol/wenlok) oraz na głębokości 3562,6 m (ordowik – karadok) zaobserwowano zgazowanie płuczki.
Objawy na rdzeniu:
W interwałach 2963,5–2968,0 m i 2968,0–2974,3 m zaobserwowano słabe przejawy bituminów.
Szczelinowanie, próby złożowe:
W otworze Niestępowo-1 podchodzono kilkukrotnie do wykonania prób złożowych w interwale sylur dolny – ordowik –kambr środkowy, jednakże nie otrzymano przypływów.

Miłowo-1
Źródło danych: Mikołajewski, 2015.
Profilowanie gazowe:
w trakcie profilowania gazowego ciągłego aparatura gazowa wykazała wzrosty zawartości gazu w następujących interwałach głębokościowych:
- sylur górny: 3545,0–3551,0 m, 3584,0–3600,0 m,
- sylur – wenlok: 3614,0–3618,5 m, 3643,5–3648,0 m, 3658,0–3663,5 m, 3671,0–3680,0 m, 3687,0–3691,5 m, 3704,5–3729,5 m, 3757,0–3760,0 m,
- sylur – landower: 3768,0–3775,0 m,
- ordowik: 3782,0–3789,0 m, 3790,5–3792,0 m, 3795,5–3797,5 m,
- kambr górny: 3809,5–3811,5 m,

Objawy na rdzeniu:
W rdzeniach pobranych z interwałów:
- 3680,0–3698,5 m (sylur – wenlok – formacja z Pelplina),
- 3698,5–3716 m (sylur – wenlok – formacja z Pelplina),
- 3762,0–3780 m (sylur/ordowik – landower/aszgil – formacja z Pasłęka/Jantaru/Prabut),
- 3780,0–3789 m (ordowik – aszgil/karadok – formacja z Prabut/Sasina),
- 3789,0–3807 m (ordowik – karadok/lanwirn/arenig – formacja z Sasina/Kopalina/Słuchowa),

stwierdzono zarówno liczne, punktowe mikroodgazowania jak i silne zgazowanie.
Szczelinowanie i próby złożowe:
Nie podejmowano prób szczelinowania i testów złożowych w obrębie formacji łupkowych ordowiku i syluru.

Tępcz-1

Źródło danych: Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018.

Profilowanie gazowe:

W trakcie profilowania gazowego ciągłego aparatura gazowa wykazała wzrosty zawartości gazu w następujących interwałach głębokościowych:

- sylur – przydol/ludlow: 1662,0–2089,0 m,
- sylur – ludlow/wenlok: 3043,0 m, 3058,0–3270,0 m, 3166,0 m,
- sylur – wenlok: 3270,0–3288,0 m, 3288,0–3348,0 m,
- sylur – landower 3348,0–3362,0 m,
- ordowik – aszgil/karadok: 3375,0–3384 m,

Objawy na rdzeniach:

Punktowe objawy odgazowania na rdzeniu zaobserwowano w interwałach:

- 3270,0–3288,0 m (sylur – wenlok – formacja z Pelpina),
- 3330,0–3348,0 m (sylur – landower – formacja z Pasłęka),
- 3348,0–3366,0 m (sylur – landower – formacja z Jantaru),
- 3366,0–3384,0 m (ordowik – karadok – formacja z Sasina),
- 3392,0–3410,0 m (ordowik – lanwirn – formacja z Kopalina).

Szczelinowanie i próby złożowe:

zarówno w trakcie wiercenia jak i po zakończeniu w otworze Tępcz-1 nie wykonywano zabiegów szczelinowania ani prób złożowych.

Gapowo B-1 i Gapowo B-1A

Źródło danych: Kubala, 2014, Miłaczewski i Poprawa, 2015.

Profilowanie gazowe:

Według dostępnej danych z dokumentacji z koncesji „Bytów“ (Miłaczewski i Poprawa, 2015) w trakcie wiercenia otworu Gapowo B-1 było stosowane profilowanie gazowe ciągłe. Wzrost zawartości węglowodorów w gazie z płuczki zaobserwowano po nawierceniu utworów syluru. Z odcinka pionowego otworu Gapowo B-1 odwiercono poziomy odcinek – otwór Gapowo B-1A, w którym aparatura gazowa odnotowała wzrost zawartości węglowodorów w spągu ludlowu, wenloku i dolnym landowerze (formacja z Jantaru).

Objawy na rdzeniu:

W pobranych dolnopaleozoicznych odcinkach rdzeni zaobserwowano objawy węglowodorów w postaci uwalniających się z powierzchni rdzenia bąbli gazu. Nie stwierdzono objawów węglowodorów płynnych.

Szczelinowanie i próby złożowe:

W poziomym otworze Gapowo B-1A wykonano szczelinowanie i test produkcyjny. Długość odcinka perforowanego wynosiła 1541 m (interwał 4409–5860 m) i obejmowała interwał formacji z Jantaru. Wykonano 20 sekcji szczelinowania hydraulicznego, ale po analizie wyników stwierdzono, że tylko 8 z nich zostało wykonanych efektywnie (Kubala, 2014; Miłaczewski i Poprawa, 2015). Test produkcyjny wykazał przypływy węglowodorów na poziomie 5600–11300 m^3/dobę. Nie odnotowano śladów węglowodorów ciężkich. Zawartość węglowodorów C1–C6 zawierała się w przedziale 29–85% (Kubala, 2014).

3.4. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW

Dolnopaleozoiczne systemy naftowe

Skały macierzyste: wzbogacone w materię organiczną drobnoklastyczne skały kambru górnego, ordowiku (karadoku) i syluru (landoweru i wenloku).

Skały zbiornikowe: piaskowce kambru środkowego w systemie konwencjonalnym; mułowce ordowiku (karadoku) i syluru (landoweru i wenloku) w systemie niekonwencjonalnym typu *shale gas/shale oil*.

Skały uszczelniające: drobnoklastyczne utwory ordowiku i syluru, skały ewaporatowe cechsztynu.

Skały nadkładu: drobnoklastyczne utwory syluru, utwory permu, mezozoiku, paleogenu i neogenu, czwartorzędu.

Kształt i wielkość pułapek: w dolnopaleozoicznym systemie naftowym związanym z utworami kambru, na obszarze syneklizy perybałtyckiej, pułapki mają charakter strukturalny, litologiczny, stratygraficzny lub kombinowany (Reicher, 2006). Wszystkie dotychczas odkryte złoża w kambrze środkowym są związane z podniesieniami strukturalnymi (Vosilius, 1987; Reicher, 2006). Większość z nich ma charakter antyklinalny i jest ograniczona strefami uskokowymi. Według Brangulisa i in. (1993) perspektywiczne podniesienia strukturalne mają powierzchnię dochodzącą średnio do około 10–15 km^2 i amplitudy sięgające około 30–50 m, przy czym największe struktury mają powierzchnię 50 km^2 i amplitudy około 100 m.

Najbliżej obszaru przetagowego jest położone złoże kondensatu Żarnowiec W (około 32 km od jego północnej granicy), które ma charakter pułapki strukturalnej (podniesienia antyklinalnego), ekranowanej litologicznie (Oświęcimska i Sikorski, 1990).

W dolnopaleozoicznym systemie związanym z łupkami ordowiku i syluru nagromadzenia węglowodorów, ze względu na swój niekonwencjonalny charakter, są typu ciągłego (*continuous play*), a nie pojedynczych pułapek.

Wiek/mechanizm utworzenia pułapek: w dolnopaleozoicznym systemie naftowym związanym z utworami kambru, założenia lokalnych struktur powstawały od końca proterozoiku i we wczesnym kambrze, natomiast struktury te zostały uformowane w kambryjskim i sylursko-dewońskim etapie rozwoju strukturalnego syneklizy perybałtyckiej (Reicher, 2006).

Wiek i mechanizm generacji, ekspulsji, migracji i akumulacji węglowodorów: modelowanie dojrzałości termicznej wskazuje, że dolnopaleozoiczne skały macierzyste znajdują się współcześnie w strefie przejściowej, generowania/występowania gazu mokrego, kondensatu (Ro w zakresie od 1,1 do 1,4%; Podhalańska i in., 2020). Wyniki modelowań historii termicznej i pogrążania (wraz z kalibracją termochronologiczną: Botor, 2017a, 2019a) wykazały, że utwory dolnopaleozoiczne w basenie bałtyckim osiągnęły maksymalne paleotemperatury w paleozoiku: od końca syluru do późnego karbonu/wczesnego permu (Botor i in., 2017a, b, 2019a, b). Proces generacji węglowodorów ze skał macierzystych w basenie bałtyckim rozpoczął się w kaledońskim etapie pogrążania osadów do głębokości około 2000 m (Witkowski, 1989; Reicher, 2006). Proces ten (w zachodniej części basenu bałtyckiego – rejon obszaru przetargowego) rozpoczął się w późnym sylurze/wczesnym dewonie i trwał do karbonu włącznie.

Analiza danych z otworu Gdańsk IG-1 (Fig. 3.21), oddalonego od obszaru przetargowego o około 20 km, sugeruje, że generacja ropy naftowej i kondensatu w utworach ordowiku i syluru w rejonie obszaru przetargowego mogła rozpocząć się we wczesnym dewonie (Botor, 2017b, 2019b). Generacja węglowodorów w basenie bałtyckim została zakończona w wyniku ruchów waryscyjskich i związanej z nimi inwersji. W mezozoiku i kenozoiku utwory niższego paleozoiku były schładzane i generacja nie została aktywowana (Botor, 2017b, 2019b).

W efekcie modelowań regionalnych Botor i in., (2017b, 2019b) wskazali, że stopień transformacji kerogenu i potencjał generacyjny ordowickich i sylurskich skał łupkowych rośnie w kierunku zachodnim. Na obszarze przetargowym stopień transformacji kerogenu na koniec paleozoiku mógł wynosić powyżej 90% dla skał macierzystych karadoku i landoweru oraz powyżej 80% dla skał macierzystych wenloku (Fig. 3.22.A–C). Potwierdza to, że w okresie mezozoiku i kenozoiku, pomimo ponownego pogrzebania, procesy generowania nie zostały wznowione.

Wyliczony szacunkowy potencjał generacyjny gazu dla etapu paleozoicznego dla skał macierzystych ordowiku w basenie bałtyckim rośnie w kierunku południowo-zachodnim i na obszarze przetargowym może wynosić około 20–40 mg HC/gTOC (Fig. 3.23.C). Potencjał generacyjny ropy jest wyższy i może przekraczać 450 mg HC/gTOC (Fig. 3.24.C).

Wyliczony szacunkowy potencjał generacyjny gazu w etapie paleozoicznym dla skał macierzystych landoweru i wenloku również generalnie wzrasta w kierunku południowo-zachodnim i na obszarze przetargowym może zawierać się w przedziale 30–80 mg HC/g TOC (Fig. 3.23.A–B). Potencjał generacyjny ropy w obszarze przetargowym można osza-

cować na większy niż 450 mg HC/gTOC (Fig. 3.24.A–B).

Według Botora i in. (2017b, 2019b) ekspulsja węglowodorów w basenie bałtyckim towarzyszyła procesom ich generowania, lub była opóźniona o kilka milionów lat, zatem występowała w okresie od najwyższego syluru do karbonu włącznie. Na podstawie analiz regionalnych (Botor i in., 2017b, 2019b), na obszarze przetargowym szacowane tempo ekspulsji gazu w skałach macierzystych ordowiku, landoweru i wenloku może wynosić poniżej 10 Mton/km^2/Ma (Fig. 3.25.A–C). Szacowane tempo ekspulsji ropy zawierać się może w okolicy 50 Mton/ km^2/Ma dla skał macierzystych karadoku, 10–150 Mton/km^2/ Ma dla skał macierzystych formacji Jantaru i dochodzić do 300 Mton/ km^2/Ma w wenloku (Fig. 3.26.A–C). Przy czym, warto zwrócić uwagę, że dotychczasowe wyniki oparte są na danych z oddalonych od siebie otworów wiertniczych i szczegółowa analiza ilościowa wymaga dalszych badań (Botor i in., 2017b, 2019b).

Według Reicher (2006), główna faza migracji i akumulacji węglowodorów w dolnopaleozoicznym systemie naftowym, związanym z kambrem środkowym, przypada na przełom wczesnego i środkowego dewonu i jest związana z waryscyjską przebudową strukturalną. Węglowodory migrowały w kierunku północnym i północno-wschodnim obszaru basenu bałtyckiego, czyli w kierunku regionalnego wzniosu warstw zbiornikowych kambru. Złoża węglowodorów zaczęły się formować przed erozją późnokarbońską. W wyniku inwersji waryscyjskiej część ze złóż uległa rozformowaniu, a nagromadzenia węglowodorów rozproszeniu (Reicher, 2006; Botor i in., 2017b, 2019b).

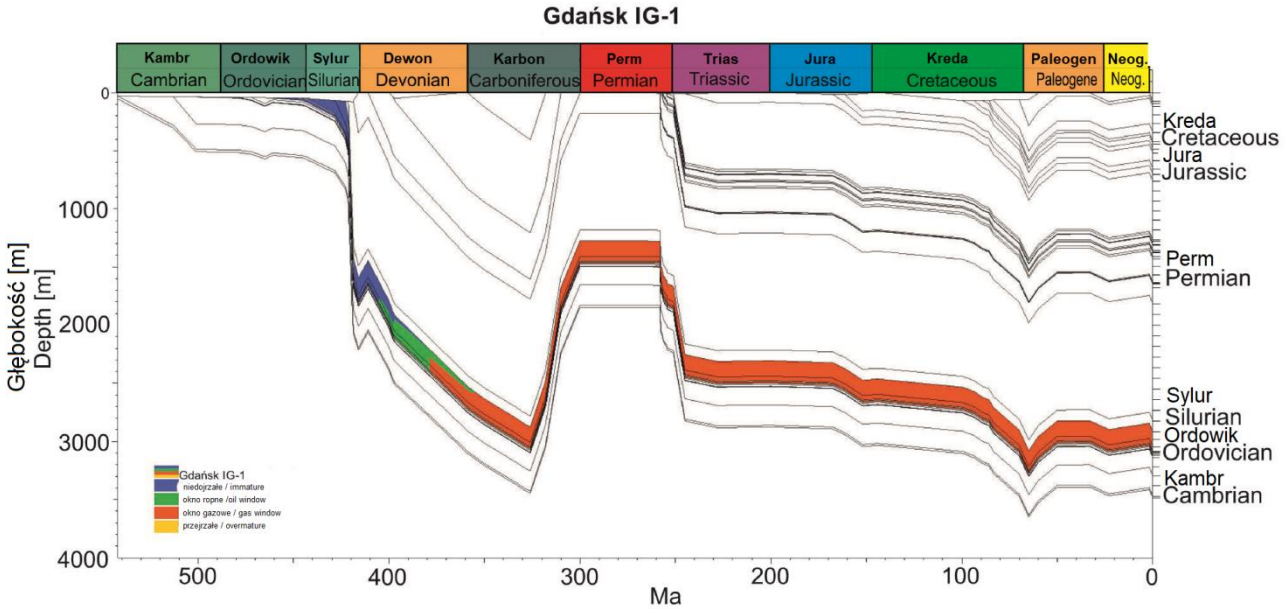


Fig. 3.21. Ewolucja stref generowania węglowodorów w profilu Gdańsk IG-1 położonego na wchód od obszaru przetargowego (Botor i in., 2019b, za Botor i in., 2017b).

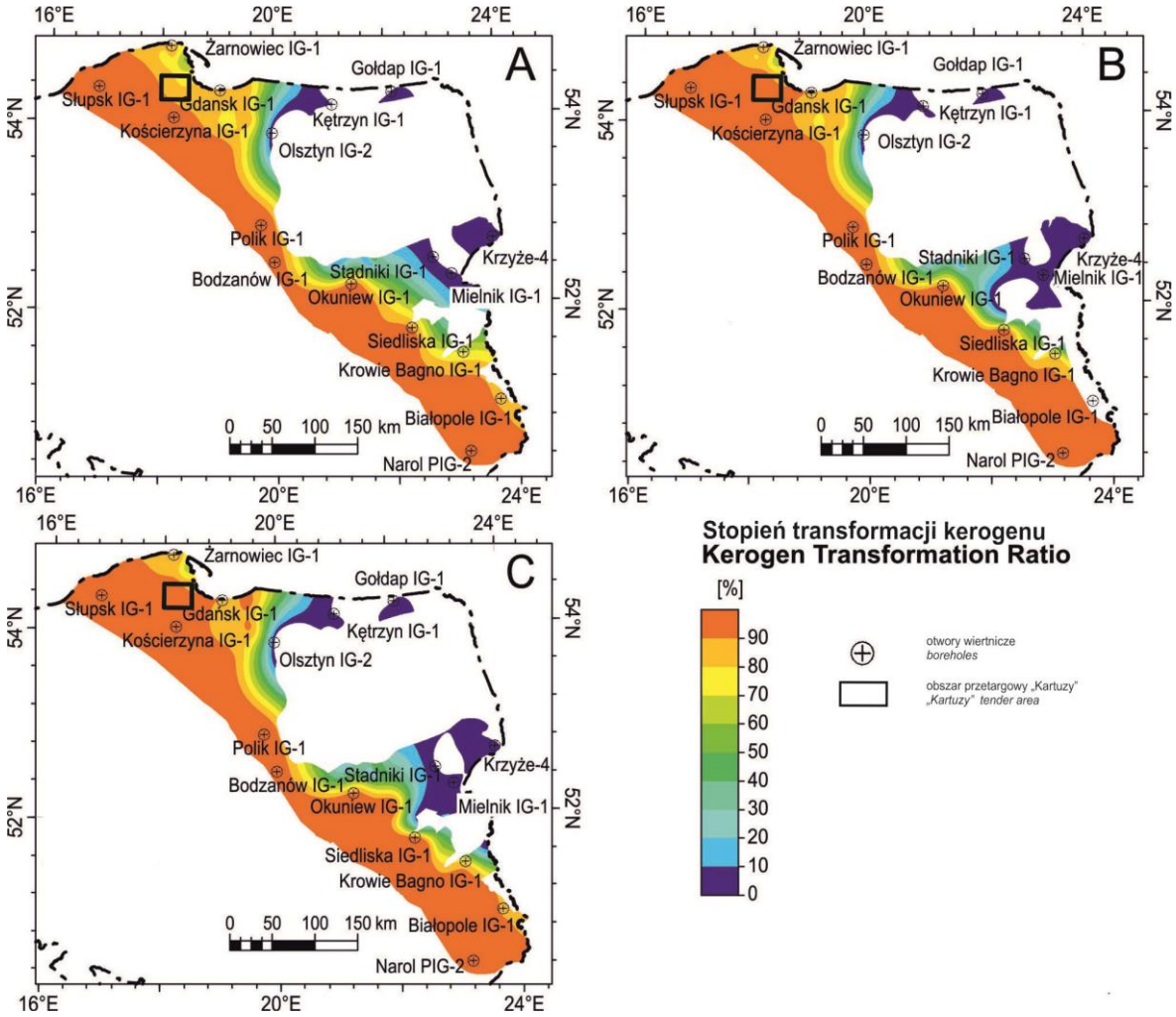


Fig. 3.22. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map wskaźnika transformacji kerogenu w utworach: A – wenloku, B – landoweru, C – karadoku (Botor i in., 2019b; zmodyfikowane na podstawie Botor i in., 2017b).

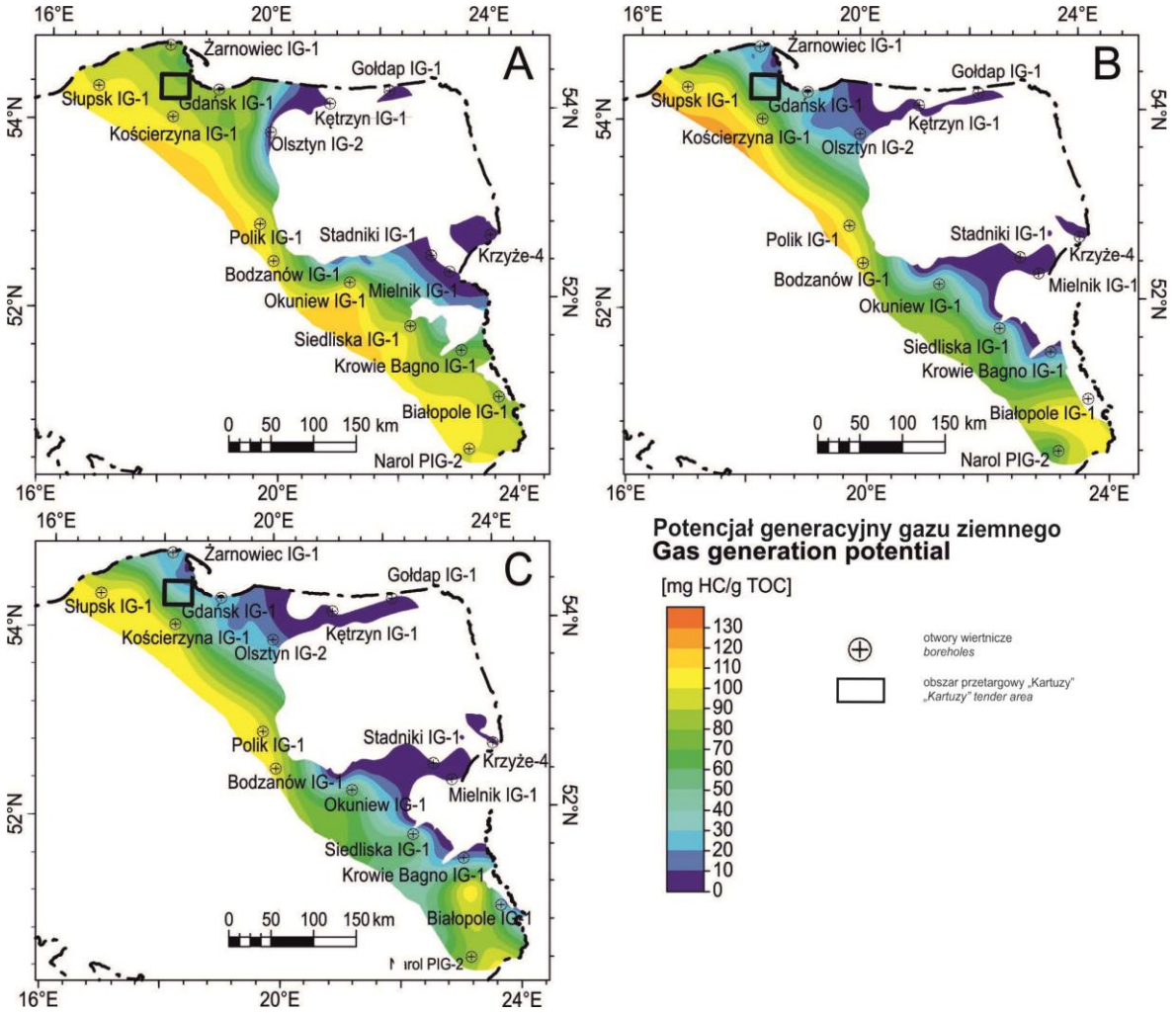


Fig. 3.23. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map potencjału generacyjnego gazu w utworach A – wenloku, B – landoweru, C – karadoku obliczonego dla etapu paleozoicznego (Botor i in., 2019b; zmodyfikowane na podstawie Botor i in., 2017b).

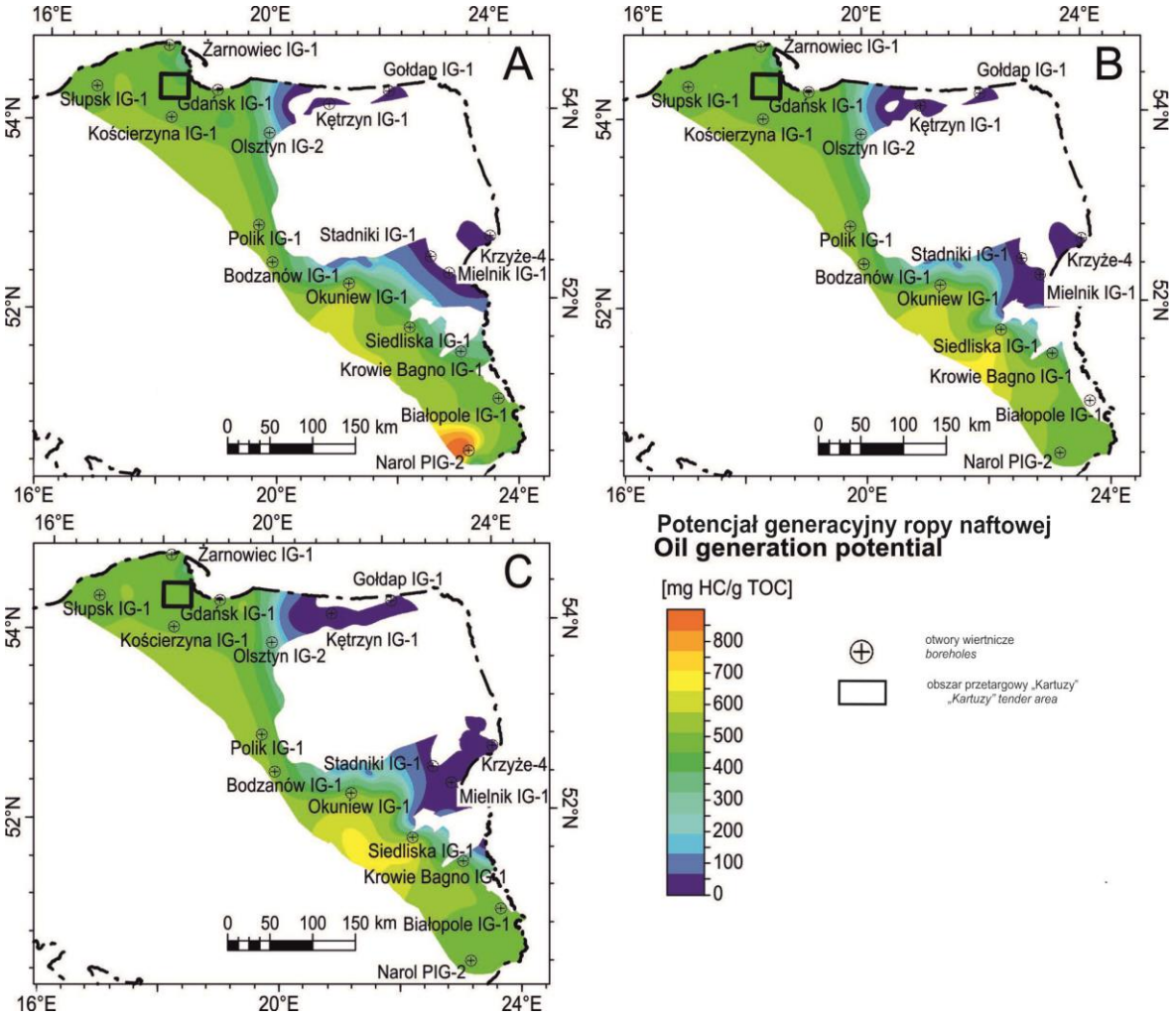


Fig. 3.24. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map potencjału generacyjnego ropy w utworach A – wenloku, B – landoweru, C – karadoku obliczonego dla etapu paleozoicznego (Botor i in., 2019b; zmodyfikowane na podstawie Botor i in., 2017b).

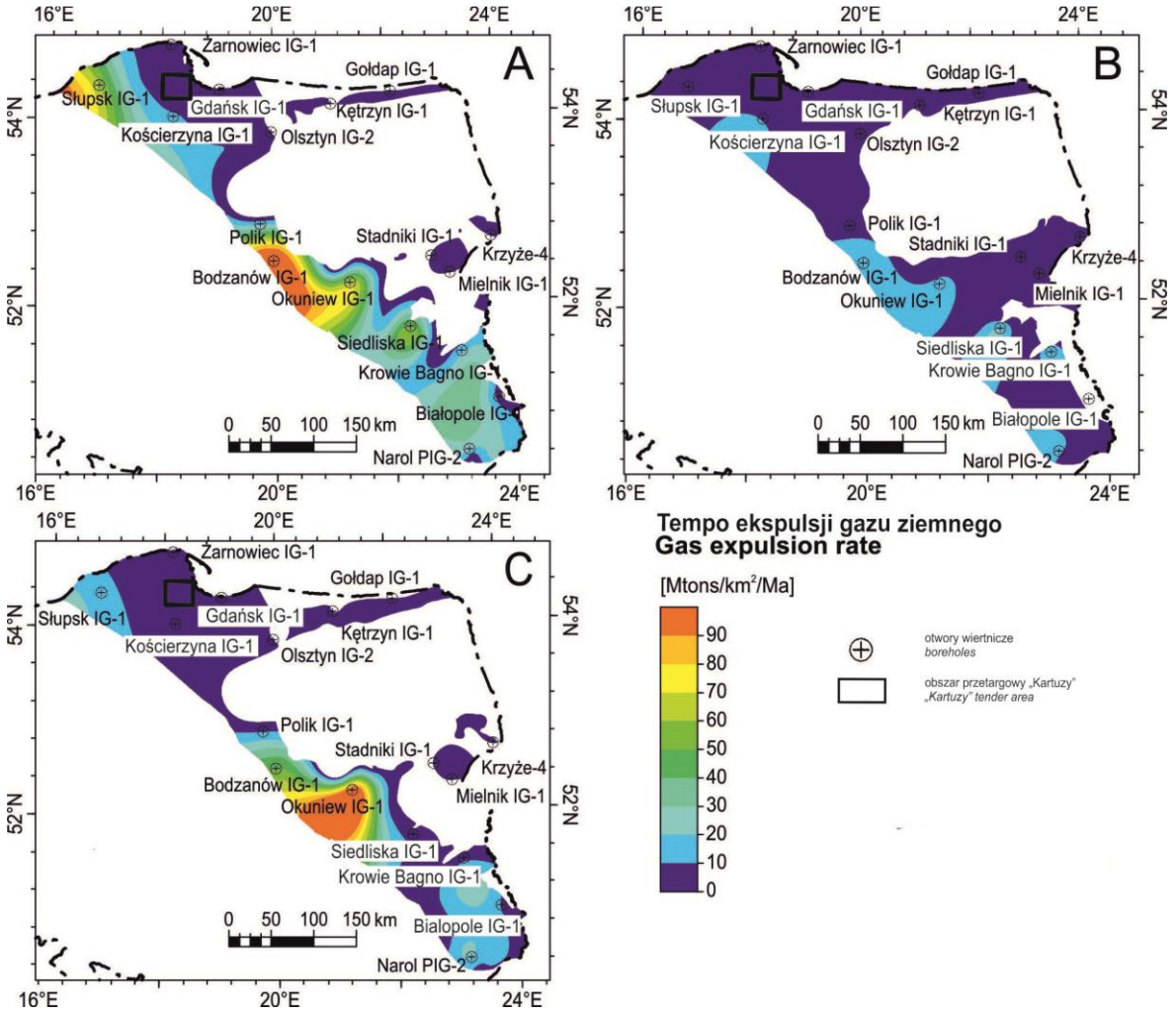


Fig. 3.25. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map tempa ekspulsji gazu w utworach A - wenloku, B – landoweru, C – karadoku obliczonego dla etapu paleozoicznego (Botor i in., 2019b; zmodyfikowane na podstawie Botor i in., 2017b).

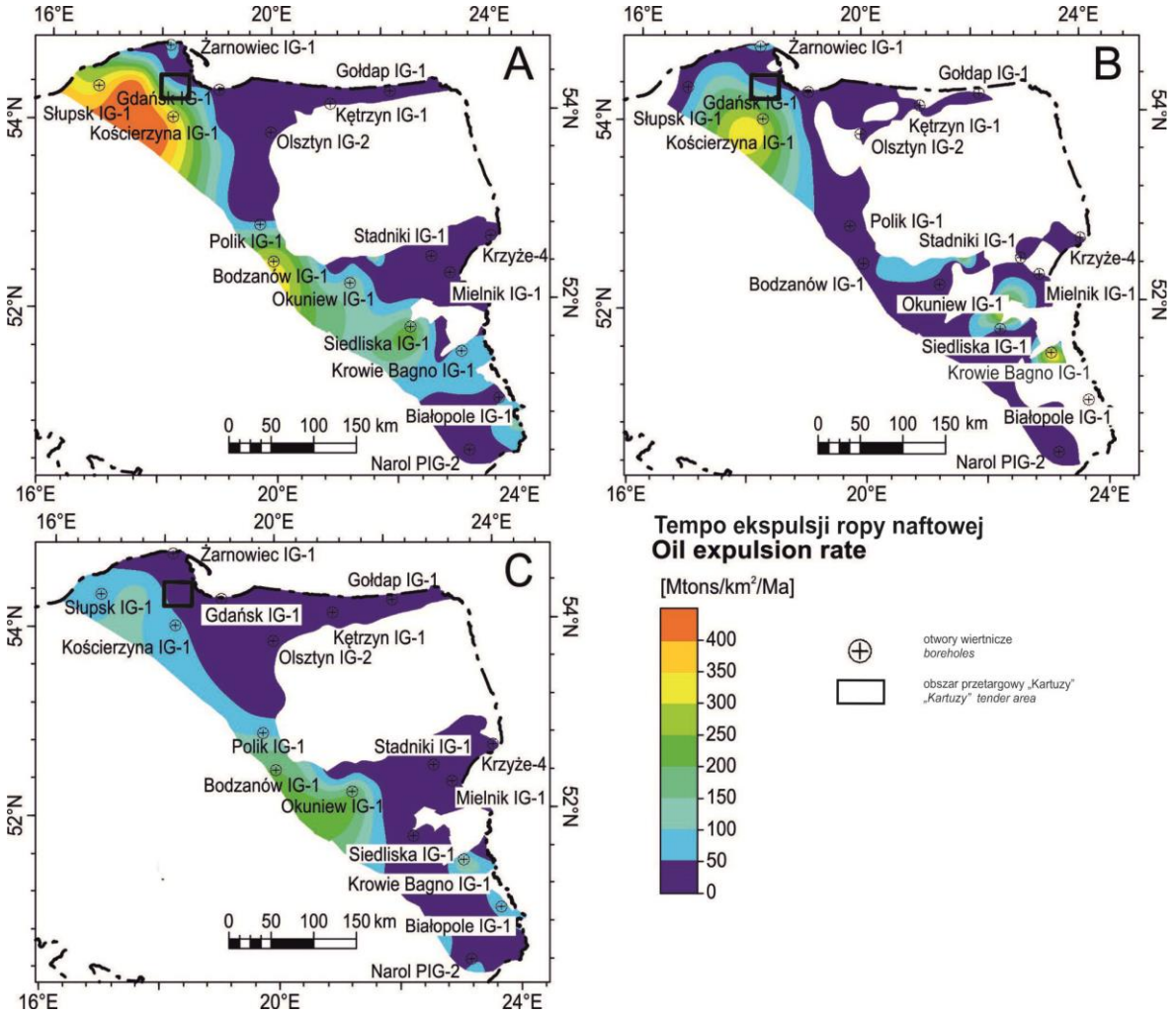


Fig. 3.26. Obszar przetargowy „Kartuzy" na tle map tempa ekspulsji ropy w utworach A – wenloku, B – landoweru, C – karadoku obliczonego dla etapu paleozoicznego (Botor i in., 2019b; zmodyfikowane na podstawie Botor i in., 2017b).

4. ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW

Na obszraze przetargowym „Kartuzy“ oraz w jego bliskim sąsiedztwie nie udokumentowano jak dotąd konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. W przypadku systemu konwencjonalnego, związanego z utworami kambru, można oczekiwać, że ewentualne odkrycia będą podobne do (obecnie nieeksploatowanych) złóż zlokalizowanych około 30 km na północ od obszaru przetargowego, tj. Żarnowiec, Dębki i Białogóra. Ich szczegółową charakterystykę można znaleźć w innych pakietach danych geologicznych, przygotowywanych przy okazji poprzednich rund przetargowych, np: „Wejherowo“ – pakiet danych geologicznych dostępny pod adresem:
https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/koncesje_geologiczne/ogloszenia/przetargi_weglowodorowe/runda_3_2018/pakiety_2/PDG%20WEJHEROWO.pdf

5. OTWORY WIERTNICZE

5.1. INFORMACJE OGÓLNE

Na obszarze przetargowym „Kartuzy" znajdują się 4 otwory wiertnicze o głębokości >500 m MD osiągające interwały perspektywiczne, a następne 3 otwory, które warto uwzględnić w analizie budowy geologicznej obszaru i funkcjonowania systemów naftowych, ze względu na ich znaczną głębokość i wykonane analizy, znajdują się w bliskim sąsiedztwie obszaru (Tab. 5.1). Lokalizację otworów można znaleźć na Fig. 5.1. W następnych podrozdziałach przedstawiono ich ogólną charakterystykę. Przykładowy profil jednego z nich – otworu Niestępowo-1 – zilustrowano na Fig. 5.2.

Informacje źródłowe niniejszego rozdziału – dane geologiczne będące własnością Skarbu Państwa, które są niezbędne dla prawidłowej analizy perspektywiczności naftowej obszaru „Kartuzy", zostały zebrane i wycenione w osobnym miejscu – „Projekcie cyfrowych danych geologicznych". Jest on dostępny do wglądu w ramach „DATA ROOMu" w Czytelni NAG w trakcie trwania piątej rundy przetargów na koncesje węglowodorowe w Polsce.

W przypadku otworu Lewino-1G2, do dnia 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej posiada inwestor.

Nazwa otworu	Rok wykonania	Właściciel informacji geologicznej	Koncesja (dla otworów wykonanych po 1994 r.)	Głębokość [m]	Stratygrafia na dnie
Borcz-1	2013	Skarb Państwa	Kartuzy-Szemud 72/2009/p	3760,0	kambr środkowy
Lewino-1G2	2011	Skarb Państwa	Gdańsk W 71/2009/p	3760,0	kambr środkowy
Niestępowo-1	1973	Skarb Państwa		3632,9	kambr środkowy
Miłoszewo ONZ-1	1969	Skarb Państwa		1558,0	przydol
Otwory zlokalizowane w sąsiedztwie obszaru przetargowego					
Gapowo B-1/ B-1A	2012/2014	Skarb Państwa	Bytów 17/2010/p	4303,0/ 6058,0	kambr/ordowik
Miłowo-1	2014	Skarb Państwa	Kartuzy-Szemud 72/2009/p	3856,0	kambr środkowy
Tępcz-1	2014	Skarb Państwa	Wejherowo 4/2009/p	3428,0	kambr środkowy

Tab. 5.1. Otwory wiertniczne o głębokości >500 m MD osiągające interwały perspektywiczne na obszarze przetargowym „Kartuzy" wraz z wskazaniem roku wykonania, właściciela informacji geologicznej, koncesji, na której zostały wykonane (dotyczy otworów wykonanych po 1989 r.), głębokości końcowej i stratygrafii na dnie.

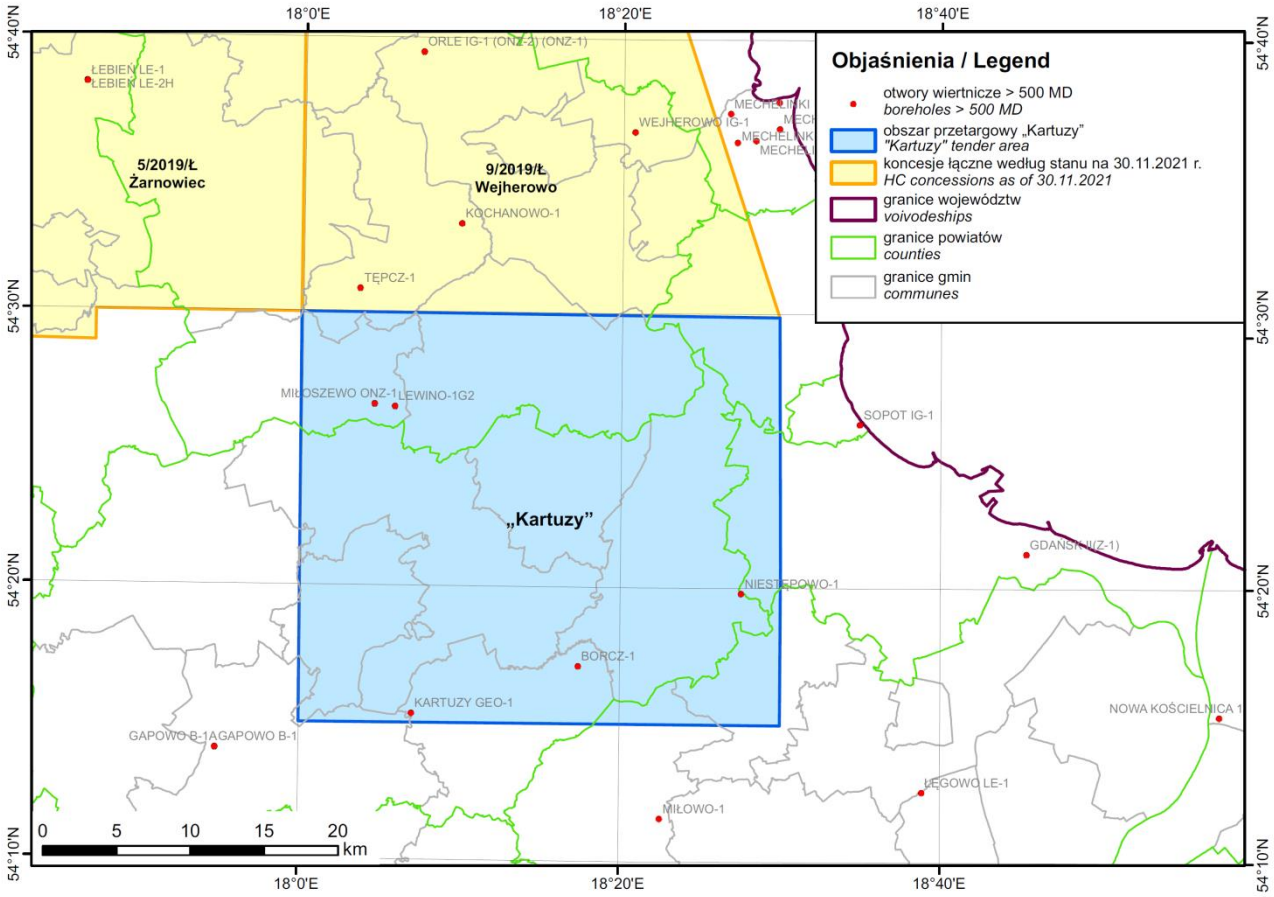


Fig. 5.1. Otwory wiertnicze o głębokości >500 m MD osiągające interwały perspektywiczne na obszarze przetargowym „Kartuzy" i jego sąsiedztwie.

5.2. BORCZ-1

Głębokość otworu: 3760,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2013
Rdzenie: 3405,0–3759,0 m, 330 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Stratygrafia (CBDG, 2021; Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	205,0	kenozoik
205,0	723,0	kreda górna
723,0	735,0	kreda dolna
735,0	857,0	jura górna
857,0	894,0	jura środkowa
894,0	1448,5	trias
894,0	*997,0*	*→ret*
997,0	*1181,5*	*→pstry piaskowiec środkowy*
1181,5	*1448,5*	*→pstry piaskowiec dolny*
1448,5	1834,0	perm
1448,5	*1834,0*	*cechsztyn*
1834,0	3694,0	sylur
1834,0	*3637,0*	*→formacja z Pucka* *→formacja z Kociewia* *→formacja z Pelplina*
3637,0	*3680,5*	*→formacja z Pasłęka*
3680,5	*3694,0*	*→formacja z Jantaru*
3694,0	3726,9	ordowik
3694,0	*3700,5*	*→formacja z Prabut*
3700,5	*3715,5*	*→formacja z Sasina*
3715,5	*3725,5*	*→formacja z Kopalina*
3725,5	*3726,9*	*→formacja ze Słuchowa*
3726,9	3727,2	kambr górny
3726,9	*3727,2*	*→formacja z Piaśnicy*
3727,2	3760,0	kambr środkowy
3727,2	*3760,0*	*→formacja białogórska* *→formacja osiecka* *→formacja dębkowska*

Wyniki badań skał:
W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego „Kartuzy-Szemud" nr 72/2009/p (Strzelecka, 2017) znajdują się wyniki analiz laboratoryjnych i geofizycznych wykonanych w otworze Borcz-1. Dokumentacja zawiera: (1) wyniki badań gęstości, porowatości i parametrów przestrzeni porowej 257 próbek ordowiku i syluru z interwału 1954,0–3722,28 m (podsumowane w Tab. 5.2), (2) wyniki badań gęstości, porowatości i przepuszczalności 26 próbek dolomitu głównego z interwału 1504,5–1535,0 m oraz 14 próbek kambru z interwału 3750,2–3758,6 m (podsumowane w Tab. 5.3), (3) wyniki analizy mikroszczelinowatości 44 próbek ordowiku i syluru z interwału 3419,11–3714,01 m, (4) wyniki analizy nasycenia metodą Deana-Stark'a 36 próbek ordowiku i syluru z interwału 3412,2–3717,1 m, (5) wyniki analizy rozkładu nasyceń metodą jądrowego rezonansu magnetycznego NMR 95 próbek ordowiku i syluru z interwału 3411,8–3717,07 m, (6) wyniki pomiarów czasu nasiąkliwości kapilarnej CST, wrażliwości łupka na oddziaływanie roztworów i pęcznienie LSM 5 próbek ordowiku i syluru z interwału 3612,0–3699,3 m, (7) wyniki analizy ilościowej składu mineralnego XRD 221 próbek ordowiku i syluru z interwału 1954,0–3724,76 m, (8) wyniki analizy składu mineralnego materiału illitowego obecnego w badanych iłowcach wraz z oceną maksymalnych paleotemperatur jakim podlegały na podstawie zawartości procentowej pakietów smektytowych w illicie-smektycie, (9) wyniki analizy składu mineralnego i chemicznego badanych iłowców i mułowców pod kątem kruchości, węglanowości oraz zawartości minerałów ilastych w 136 próbkach z interwału 3405,0–3722,28 m, (10) wyniki pomiarów wskaźnika zdolności jonowymiennej skał CEC w 96 próbkach z interwału 3454,15–3711,07 m. Oprócz nich w dokumentacji znajdują się: (11) wyniki analiz chemicznych pierwiastków głównych, śladowych i ziem rzadkich 221 próbek z interwału 1954,0–3722,28 m, (12) wyniki kalibracji ciągłej zmienności zawartości węgla organicznego TOC metodą Passey'a (podsumowane w Tab. 5.4), (13) wyniki analizy pirolitycznej Rock-Eval 227 próbek kambru, ordowiku i syluru z interwału 1954,0–3758,5 m (podsumowanie w Tab. 5.5), (14) wyniki ilościowej i jakościowej analizy ekstrahowalnej substancji organicznej 24 próbek niższego paleozoiku z interwału 1971,0–3758,5 m, (15) wskaźniki geochemiczne obliczone na podstawie dystrybucji węglowodorów aromatycznych w ekstraktach bitumicznych w 17 próbkach ordowiku i syluru z interwału 1971,0–3709,6 m, (16) wyniki analiz składu izotopowego węgla i wodoru w węglowodo-

rach próbek gazów z degazacji rdzeni z 69 próbek ordowiku i syluru z interwału 3411,8–3712,27 m, (17) wyniki oznaczeń ilości gazów z desorpcji w 36 próbkach rdzeni z interwału 3411,8–3717,52 m, (18) obecne i zrekonstruowane zawartości substancji organicznej i obliczony wskaźnik transformacji substancji organicznej w skałach starszego paleozoiku w 150 próbkach z interwału 2250–3755,21 m, (19) wyniki profilowania naturalnej promieniotwórczości rdzeni wiertniczych z interwału 3405,0–3727,0 m, zestawione w postaci krzywych i tabelarycznej. Powyższe badania zostały wykonane przez INiG-PIB w Krakowie. Ponadto w dokumentacji koncesji Kartuzy-Szemud (Strzelecka, 2017) zamieszczono (20) wyniki oznaczeń paleontologicznych graptolitów oraz wyniki pomiarów refleksyjności witrynitu 26 próbek ordowiku i syluru z interwału 3450,42–3709,6 m, wykonane przez PIG-PIB (podsumowanie w Tab. 5.6). W zakładzie Geomechaniki Wydziału Geologii UW wykonano analizy geomechaniczne, których rezultatem są: (21) wyniki badań wskaźników szczelinowatości masywu na 330 odcinkach rdzenia w interwale 3045,0–3759,0 m, (22) wyniki badań właściwości fizycznych, wytrzymałościowych i pomiarów ultradźwięków w warunkach ciśnienia atmosferycznego 32 próbek rdzeni z interwału 3450,22–3723,68 m, uzupełnione ośmioma pomiarami ultradźwięków w komorze termociśnieniowej.

Wyniki geofizyki otworowej:
W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża na koncesji nr 72/2009/p „Kartuzy-Szemud" (Strzelecka, 2017) znajdują się również wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanej w otworze Borcz-1, której zakres przekazany do NAG w formie plików LAS zestawiono w Tab. 5.7.

Objawy węglowodorów:
Objawy węglowodorów zaobserwowane w trakcie wiercenia otworu Borcz-1 zostały podsumowane w Tab. 5.8.

Dokumentacje:

- Chruścińska, J. 2018. Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Borcz-1. Inw. 3642/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Mikołajewski, Z. 2015. Kompleksowa analiza wyników prac i robót geologicznych zrealizowanych na obszarze koncesji Kartuzy-Szemud. Inw. 2298/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Strzelecka, D. 2017. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego Kartuzy-Szemud nr 72/2009/p. Inw. 9901/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.

	Gęstość objętościowa	Gęstość materiałowa	Gęstość szkieletowa	Porowatość całkowita	Porowatość otwarta
	[g/cm^3]	[g/cm^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]
formacja z Pelplina (ludlow – przydol)					
Średnia	2,58	2,80	2,79	8,31	7,84
Mediana	2,58	2,80	2,79	8,52	8,01
Min.	2,48	2,74	2,74	2,24	2,12
Max.	2,72	2,90	2,82	13,51	12,52
Liczba próbek	85	85	85	85	85
formacja z Pelplina (wenlok)					
Średnia	2,62	2,77	2,77	5,86	5,60
Mediana	2,63	2,77	2,77	5,68	5,33
Min.	2,48	2,65	2,72	0	1,70
Max.	2,73	2,86	2,82	11,72	11,51
Liczba próbek	80	80	80	80	80
formacja z Pasłęka					
Średnia	2,58	2,77	2,77	7,61	7,40
Mediana	2,59	2,77	2,76	7,15	6,93
Min.	2,45	2,73	2,72	3,58	3,48
Max.	2,67	2,81	2,80	13,08	12,98
Liczba próbek	49	49	49	49	49
formacja z Jantaru					
Średnia	2,44	2,68	2,66	9,75	8,93
Mediana	2,43	2,67	2,66	10,19	9,70
Min.	2,32	2,59	2,57	3,45	2,55
Max.	2,68	2,77	2,75	13,50	12,95
Liczba próbek	15	15	15	15	15
formacja z Prabut					
Średnia	2,59	2,78	2,77	7,41	6,83
Mediana	2,58	2,77	2,77	7,34	7,27
Min.	2,52	2,76	2,74	3,95	3,49
Max.	2,66	2,81	2,79	10,09	9,62
Liczba próbek	7	7	7	7	7
formacja z Sasina					
Średnia	2,48	2,71	2,68	9,58	8,31
Mediana	2,48	2,74	2,68	9,29	8,32
Min.	2,27	2,55	2,54	4,30	2,67
Max.	2,68	2,97	2,95	16,07	13,19
Liczba próbek	17	17	17	17	17
formacja z Kopalina					
Średnia	2,68	2,75	2,74	2,51	2,14
Mediana	2,69	2,75	2,74	1,95	1,55
Min.	2,66	2,74	2,73	1,66	1,33
Max.	2,70	2,78	2,77	4,48	4,12
Liczba próbek	4	4	4	4	4

Tab. 5.2. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych próbek rdzeni pobranych z ordowiku i syluru z przedziału głębokości 1954,0–3722,28 m w otworze Borcz-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

	Gęstość szkieletowa	Gęstość objętościowa	Porowatość całkowita	Porowatość otwarta	Porowatość dynamiczna	Przepusz-czalność
	[g/cm^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[%]	[mD]
dolomit główny						
Średnia	2,73	2,26	17,20	16,79	0,33	0,43
Mediana	2,77	2,27	18,51	18,84	0,29	0,01
Min.	2,22	2,03	0,51	0,36	0,00	0,00
Max.	2,89	2,62	27,56	26,61	1,20	4,73
Liczba próbek	26					
kambr						
Średnia	2,66	2,60	2,19	2,13	0,14	
Mediana	2,66	2,61	2,29	2,27	0,05	

Min.	2,57	2,49	0,35	0,35	0,00	
Max.	2,70	2,68	5,74	5,54	0,56	
Liczba próbek	14					

Tab. 5.3. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych próbek rdzeni pobranych z dolomitu głównego z przedziału 1504,5–1535,0 m oraz z kambru z przedziału 3750,2–3758,6 m w otworze Borcz-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Stratygrafia	TOC		
	Min.	Max.	Średnia
	[% wag.]	[% wag.]	[% wag.]
ludlow	0,03	1,04	0,42
wenlok	0,03	1,97	0,73
landower	0,1	5,95	1,17
formacja z Jantaru	0,74	5,97	3,16
formacja z Prabut	0,13	4,5	0,55
formacja z Sasina	0,13	7,51	2,18
formacja z Kopalina	0,1	2,91	0,56
formacja ze Słuchowa	0,13	0,5	0,22

Tab. 5.4. Podsumowanie wyników kalibracji ciągłej zmienności zawartości węgla organicznego skał ordowiku i syluru w otworze Borcz-1 metodą Passey'a (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Stratygrafia	Ilość pomia-rów	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	TOC
		[mgHC/ gSkały]	[mgHC/ gSkały]	[mgCO_2 /gSkały]	[°C]	[mgHC/ gTOC]	[mgCO_2 /gTOC]	[mgHC/ gSkały]	[%wag.]
ludlow – przydol	105	0,09	0,33	0,31	381	137	137	0,22	0,26
formacja z Pelplina	36	0,32	0,41	0,27	428	45,5	33	0,43	0,90
fm z Pasłęka i Jantaru	44	0,15	0,25	0,10	432	54,5	61	0,30	1,49
formacja z Jantaru	13	1,18	2,68	0,09	462,5	80	6,15	0,32	3,29
formacja z Prabut	11	0,07	0,09	0,25	361	41	154	0,48	0,19
formacja z Sasina	14	0,88	1,94	0,11	465	71,5	7,93	0,36	2,68
formacja z Kopalina	3	0,30	0,52	0,51	391	56	282	0,36	0,91
kambr środkowy	6	0,01	0,07	0,35	453	51	227	0,17	0,19

Tab. 5.5. Podsumowanie wyników analizy pirolitycznej Rock-Eval (wartości średnie) próbek kambru, ordowiku i syluru z interwału 1954,0–3758,5 m w otworze Borcz-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Stratygrafia	Liczba próbek/ liczba pomiarów	Ro Średnia	Ro Min.	Ro Max.
		[%]	[%]	[%]
fm Pucka i Kociewia	2/57	1,10	0,87	1,32
formacja z Pelplina	7/332	1,16	0,84	1,54
fm z Pasłęka i Jantaru	12/841	1,21	0,89	1,71
formacja z Prabut	2/105	1,235	0,93	1,55
formacja z Sasina	2/100	1,23	0,98	1,51

Tab. 5.6. Podsumowanie wyników pomiarów refleksyjności witrynitu próbek ordowiku i syluru w interwale 3450,42–3709,6 m w otworze Borcz-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
25,0	353,0	BS: średnica nominalna wiercenia	TAK
340,0	1839,0	BS1: średnica nominalna wiercenia	TAK
1840,0	3759,0	BS2: średnica nominalna wiercenia	TAK
340,0	3759,0	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALX)	TAK
1840,0	3759,0	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALY1)	TAK
1840,0	3759,0	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALZ)	TAK
345,0	1838,9	DTP: P-wave slowness (prędkość fali podłużnej)	TAK
1850,0	3757,9	DTP1: P-wave slowness (prędkość fali podłużnej)	TAK
335,8	3757,0	NPHI: profilowanie porowatości neutronowej w skali wapienia	TAK

345,0	1821,1	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
1850,0	3758,0	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR1)	TAK
341,5	1831,1	POst: profilowanie oporności sterowane (LLD1) o dużym zasięgu	TAK
1840,0	3754,7	POst: profilowanie oporności sterowane (LLD) o dużym zasięgu	TAK
341,6	1836,3	RHOB: gęstość objętościowa (elektronowa) w stanie nasyconym	TAK
1842,9	3760,0	RHOB1: gęstość objętościowa (elektronowa) w stanie nasyconym	TAK

Tab. 5.7. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Borcz-1 i przekazana do NAG w formie plików LAS (Strzelecka, 2017).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy węglowodorów
od	do		
1488,5	1491,5	cechsztyn: szary ił solny	wzrost zgazowania 0,001-0,0087%
1531,5	1536,0	cechsztyn: dolomit główny	wzrost zgazowania 0,008–0,021%
2745,0	3377,0	ludlow	wzrost zgazowania 0,07–0,55 %
3430,0	3470,0	wenlok	wzrost zgazowania 0,11–1,55 %
3644,0	3687,5	landower	wzrost zgazowania 0,17–0,74%
3700,5	3713,5	ordowik	wzrost zgazowania 0,26–0,86%

Tab. 5.8. Objawy węglowodorów (podsumowane) zarejestrowane w profilowaniu ciągłym zgazowania płuczki w otworze Borcz-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

5.3. LEWINO-1G2

Głębokość otworu: 3600,38 m
Rok zakończenia wiercenia: 2011
Rdzenie: 3273,0–3583,73 m, 372 skrzynki, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Halinowie.

Stratygrafia (Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018): do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor

Wyniki badań skał:
W dokumentacji geologicznej z wykonania prac geologicznych na koncesji nr 71/2009/p w obszarze „Gdańsk W" niekończących się udokumentowaniem zasobów złóż kopalin (Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018) zestawiono zakres prac wykonanych w otworze Lewino-1G2. Dokumentacja zawiera: (1) wyniki pomiarów czasu nasiąkliwości kapilarnej CST, (2) wyniki badań właściwości petrofizycznych (gęstości, porowatości, przepuszczalności, szczelinowatości i pomiarów nasycenia mediami, (3) wyniki badań składu mineralogicznego XRD, (4) wynik badań pirolitycznych metodą Rock-Eval, (5) wyniki pomiarów TOC i XRD, (6) wyniki pomiarów refleksyjności witrynitu, (7) wyniki desorpcji rdzeni wiertnicznych. Ponadto w dokumentacji znajdują się wyniki pomiarów promieniowania gamma i zawartość K, U i Th na rdzeniach, przedstawione w formie graficznej.

W dokumentacji niekończącej się udokumentowaniem zasobów złóż kopalin Inwestor wspomina również o wykonaniu badań własności mechanicznych rdzeni wiertniczych, ale nie załączył ich wyników. Również brak wyników badań próbek gazów pobranych podczas wiercenia – 154 isotuby, 153 isojary oraz 5 prób płuczki wiertniczej zostały przekazane do NAG w Halinowie.

Wyniki geofizyki otworowej:
W dokumentacji geologicznej z wykonania prac geologicznych na koncesji nr 71/2009/p w obszarze „Gdańsk W" niekończących się udokumentowaniem zasobów złóż kopalin (Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018) znajdują się również wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanej w otworze Lewino-1G2. Zakres tych badań został podsumowany w Tab. 5.9.

Próby złożowe: do 29.11.2022 r. wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej ma inwestor

Dokumentacje:
- Szpetnar-Skierniewska, A., Krajewski, D. 2018. Dokumentacja geologiczna z wyko-

nania prac geologicznych na koncesji nr 71/2009/p w obszarze Gdańsk W niekończących się udokumentowaniem zasobów złóż kopalin (ropy naftowej i gazu ziemnego). Inw. 5747/2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- Szpetnar-Skierniewska, A., Krajewski, D. 2019. Dokumentacja geologiczna sporządzona w przypadku likwidacji otworu wiertniczego Lewino-1G2. Inw. 2492/ 2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
0	3577	ADJS1: czas przejścia fali z GL	TAK
533	3577	DTCO: czas przejścia fali podłużnej	TAK
533	3577	DTSM: czas przejścia fali poprzecznej	TAK
533	3577	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
533	3577	PSr: profilowanie średnicy otworu (HCAL)	TAK
533	3577	NPHI: profilowanie porowatości neutronowej w skali wapienia	TAK
533	3577	PR: współczynnik Poissona	TAK
533	3577	RHOZ: gęstość objętościowa (elektronowa) w stanie nasyconym	TAK
533	3577	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK

Tab. 5.9. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Lewino-1G2 i przekazana do NAG w formie plików LAS (Szpetnar-Skierniewska i Krajewski, 2018).

5.4. NIESTĘPOWO-1

Głębokość otworu: 3632,9 m
Rok zakończenia wiercenia: 1973
Rdzenie: 3356,0–2567,2 m, 31 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Iwicznej.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	217,0	kenozoik
217,0	430,0	kampan
430,0	497,0	santon
497,0	528,0	koniak
528,0	606,0	turon
606,0	625,5	cenoman
625,5	655,0	jura górna
655,0	698,0	jura środkowa
698,0	792,0	jura dolna
792,0	1340,0	trias
792,0	*812,0*	*→warstwy bartoszyckie*
812,0	*900,0*	*→formacja elbląska*
900,0	*1038,0*	*→formacja malborska*
1038,0	*1090,0*	*→formacja lidzbarska*
1090,0	*1340,0*	*→formacja bałtycka*
1340,0	1717,0	perm
1340,0	*1358,0*	*→formacja rewalska*
1358,0	*1392,5*	*→anhydryt główny A3*
1392,5	*1396,0*	*→dolomit płytowy Ca3*
1396,0	*1396,5*	*→ił solny szary T3*
1396,5	*1398,5*	*→anhydryt kryjący A2r*
1398,5	*1404,0*	*→sól kamienna starsza Na2*
1404,0	*1422,5*	*→anhydryt podstawowy A2*
1422,5	*1451,5*	*→dolomit główny Ca2*
1451,5	*1475,5*	*→anhydryt górny A1g*
1475,5	*1577,5*	*→sól kamienna najstarsza Na1*
1577,5	*1705,5*	*→anhydryt dolny A1d*
1705,5	*1716,0*	*→wapień cechsztyński Ca1*
1716,0	*1716,5*	*→łupek miedzionośny T1*
1716,5	*1717,0*	*→zlepieniec podstawowy Zp1*
1717,0	3452,0	sylur
3412,0	*3442,0*	*→formacja z Pasłęka*
3442,0	*3452,0*	*→formacja z Jantaru*
3452,0	3490,0	ordowik
3452,0	*3459,0*	*→formacja z Prabut*
3459,0	*3477,0*	*→formacja z Sasina*
3477,0	*3478,5*	*→formacja z Sasina*
3478,5	*3481,0*	*→formacja z Kopalina*
3481,0	*3485,0*	*→formacja z Pieszkowa*
3485,0	*3490,0*	*→formacja ze Słuchowa*
3490,0	3492,8	kambr górny
3492,8	3632,9	kambr środkowy

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu Niestępowo-1 (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974) znajdują się: opis rdzeni i prób okruchowych i wyniki analiz fizykochemicznych 43 próbek skał z interwału 576,0–3632,9 m (podsumowane w Tab. 5.10). W dokumentacji wynikowej znajdują się także wyniki pięciu analiz gazu oraz trzech analiz filtratu płuczkowego.

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – etap II" (Podhalańska i in., 2018) dane dla otworu Niestępowo-1 zostały uzupełnione wynikami pomiarów refleksyjności witrynitu 14 próbek z interwału 3358,3–3551,2 m. Zostały one podsumowane w Tab. 5.11. Oprócz nich w wymienionej dokumentacji znajdują się wyniki analizy pirolitycznej Rock-Eval 47 próbek z interwału 3357,1–3551,2 m, podsumowane w Tab. 5.12.

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Niestępowo-1 (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974) oraz sprawozdanie z pomiaru średnich prędkości w otworze (Klecan, 1973) zawierają również wyniki badań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.13–5.14.

Objawy węglowodorów i próby złożowe:
Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia otworu Niestępowo-1 oraz rezultaty 6 prób złożowych podsumowano w Tab. 5.15–5.16.

Dokumentacje:

- Kalbarczyk, R., Śliwiński, J. 1974. Dokumentacja wynikowa otworu Niestępowo-1. Inw. 118511, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Klecan A. 1973. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości i pionowego profilowania sejsmicznego Niestępowo-1. N28 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Podhalańska, T., i zespół. 2018. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów		Porowatość	Przepuszczalność	Zasolenie	Bituminy	Ciężar objętościowy
			[%]	[mD]	[%]	[%]	[g/cm^3]
dolomit główny	7	Średnia	6,43	33,90	1,00	0,01	2,51
		Max.	11,90	169,31	1,42	0,02	2,59
		Min.	1,72	0,00	0,55	0,01	2,43
wapień cechsztyński	3	Średnia	2,80	0,35	0,10	0,01	2,65
kambr górny	2	Średnia	2,09		0,08	0,01	2,76
kambr środkowy	20	Średnia	1,84	0,39	0,04	0,01	2,65
		Max.	5,27	2,42	0,10	0,03	2,72
		Min.	0,28	0,00	0,02	0,00	2,59

Tab. 5.10. Podsumowanie wyników analiz fizykochemicznych próbek skał z interwału 576,0–3632,9 m w otworze Niestępowo-1 (na podstawie Kalbarczyka i Śliwińskiego, 1974).

Stratygrafia	Liczba pomiarów		Ro
			[%]
przydol – wenlok	5	Średnia	0,862
		Max.	0,94
		Min	0,81
formacja z Pasłęka	2	Średnia	0,92
formacja z Sasina	4	Średnia	0,92
kambr środkowy	2	Średnia	0,56

Tab. 5.11. Podsumowanie wyników badań refleksyjności witrynitu próbek pobranych z przedziału głębokości 3358,3–3551,2 m w otworze Niestępowo-1 (na podstawie Podhalańskiej i in., 2018).

Stratygrafia	Liczba pomia-rów		S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	TOC
			[mgHC/ gSkały]		[mgCO_2 /gSkały]	[°C]	[mgHC/ gTOC]	[mgCO_2 /gTOC]	[mgHC/ gSkały]	[% wag]
przydol – wenlok	9	Średnia	0,57	1,10	0,15	448	139	29	0,32	0,84
		Max.	0,82	1,52	0,20	470	200	124	0,39	1,32
		Min	0,04	0,14	0,10	440	79	10	0,20	0,09
formacja z Pasłęka	11	Średnia	0,16	0,40	0,11	468	97	60	0,24	0,48
		Max.	0,82	1,52	0,20	507	200	158	0,39	1,46
		Min	0,02	0,08	0,04	446	53	8	0,16	0,05
formacja z Sasina	21	Średnia	1,35	4,64	0,12	450	171	11	0,26	2,79
		Max.	3,42	10,8	0,19	456	236	29	0,39	6,90
		Min	0,24	0,46	0,06	441	122	2	0,13	0,32
formacja z Kopalina	3	Średnia	1,20	3,89	0,11	452	157	5	0,24	2,52
formacja z Pieszkowa	3	Średnia	1,79	5,41	0,13	450	194	14	0,34	3,25
kambr środkowy	2	Średnia	0,10	0,37	0,34	403	111	99	0,21	0,35

Tab. 5.12. Podsumowanie wyników badań pirolitycznych metodą Rock-Eval próbek pobranych z przedziału głębokości 3357,1–3551,2 m w otworze Niestępowo-1 (na podstawie Podhalańskiej i in., 2018).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
10	3610	BS: średnica nominalna wiercenia	TAK
1020	1676	gPS: prof. gradientu potencjałów naturalnych	NIE
3274	3495	gPS: prof. gradientu potencjałów naturalnych	NIE
3460	3612	gPS: prof. gradientu potencjałów naturalnych	NIE
235	1072	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
100	200	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
3400	3553	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
3450	3517	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
3450	3500	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
3565	3615	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
1350	1677	PA: profilowanie akustyczne	NIE
3260	3615	PA: profilowanie akustyczne	NIE
3440	3515	PA: profilowanie akustyczne	NIE
1344,25	3611,25	PAdt: profilowanie akustyczne czasu interwałowego	TAK
5	1072	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
5	3613.75	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
1020	1678	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1525	3097	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
3040	3267	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
3200	3495	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
3440	3515	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
3450	3563	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
3460	3613	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2640	3125	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
2674	3112.9	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
3500	3551	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
3500,4	3551	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
3567	3620,5	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
3567,2	3620,5	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
25	150	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
200	1070	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1050	1675	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1650	3075	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
3050	3250	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
3225	3495	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
3475	3515	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
3500	3600	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
5	1072	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE

5	3612	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
1020	1678	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1525	3097	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
3040	3267	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
3200	3495	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
3440	3515	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
3450	3563	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
3460	3613	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
16	150	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
16	165	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
100	200	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
235	1072	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1020	1676	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1020	1676	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1684	3097	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3040	3266,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3040	3266,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3273	3618	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3274	3495	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3350	3563	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3440	3515	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
3460	3612	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
10	3621	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1020	1678	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
1684	3097	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
3040	3267	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
3275	3495	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
3440	3515	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
3460	3613	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
950	1650	Profilowanie elektromagnetyczne	NIE
235	1072	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
3040	3266,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
3440	3515	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
10	3610,25	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
16	150	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
235	1676	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
235	1072	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1020	1676	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1683	3253	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1684	3097	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
3040	3266,5	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
3274	3495	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
3440	3510	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
3460	3612	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1000	3050	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE

Tab. 5.13. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Niestępowo-1 według dokumentacji wynikowej (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974) i CBDG, 2021.

Głębokość [m]		**Nazwa profilowania**	**Plik LAS w CBDG**
od	**do**		
20	3600	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2	TAK
20	3600	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
75	3600	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
75	3600	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	3600	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK
20	2000	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.14. Profilowanie prędkości średnich w otworze Niestępowo-1 według dokumentacji wynikowej (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974; Klecan, 1973) i CBDG, 2021.

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy węglowodorów	Miejsce obserwacji
od	do			
1708,5	1715,0	wap. cechsztyński	bardzo słaby zapach węglowodorów	rdzeń
2963,5	2968,0	przydol – wenlok	słabe przejawy bituminów	rdzeń
2968,0	2974,3		słabe przejawy bituminów	rdzeń
2958,5	2974,0		zgazowanie płuczki	płuczka
3562,6	3564,7	kambr środkowy	16% obj. węglowodorów w gazie czystym	płuczka

Tab. 5.15. Objawy węglowodorów zaobserwowane w płuczce i rdzeniu w otworze Niestępowo-1 (na podstawie Kalbarczyka i Śliwińskiego, 1974).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Czas opróbowania
od	do				
1683,0	1715,0	anhydryt dolny – wapień cechsztyński	pr. rurowy złoża KII-2-14695	brak przypływu	w trakcie wiercenia
3263,0	3519,0	niższy paleozoik	KII-95	płyn ze ślad. zgazowania	w trakcie wiercenia
3263,0	3524,0		KII-95	płuczka ze śladami gazu	w trakcie wiercenia
3524,0	3574,6		KII-95	płuczka silnie zgazowana	w trakcie wiercenia
3263,0	3632,4		KII-95	płuczka i filtrat zgaz.	po zakończeniu wiercenia
3514,0	3526,0	kambr środkowy	pr. rurowy złoża KII-95	brak przypływu	po zakończeniu wiercenia

Tab. 5.16. Rezultaty prób złożowych w otworze Niestępowo-1 według dokumentacji wynikowej (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974).

5.5. MIŁOSZEWO ONZ-1

Głębokość otworu: 1558,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1969
Rdzenie: 4,0–1554,0 m, 398 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia MD (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	274,0	kenozoik
274,0	389,5	kampan
389,5	428,0	santon
428,0	455,0	koniak
455,0	541,0	turon
541,0	612,5	cenoman
612,5	651,0	oksford
651,0	696,0	kelowej - baton
696,0	770,0	jura
770,0	1169,0	trias dolny
770,0	*872,0*	*→warstwy lęborskie*
872,0	*920,0*	*→formacja pomorska*
920,0	*1169,0*	*→formacja bałtycka*
1169,0	1520,0	perm
1169,0	*1194,0*	*→strop. seria terygeniczna PZt*
1194,0	*1205,5*	*→anhydryt główny A3*
1205,5	*1209,2*	*→dolomit płytowy Ca3*
1209,2	*1209,5*	*→ił solny szary T3*
1209,5	*1214,0*	*→anhydryt podstawowy A2*
1214,0	*1255,5*	*→dolomit główny Ca2*
1255,5	*1283,5*	*→anhydryt górny A1g*
1283,5	*1443,0*	*→sól kamienna najstarsza Na1*
1443,0	*1510,0*	*→anhydryt dolny A1d*
1510,0	*1519,3*	*→wapień cechsztyński Ca1*
1519,3	*1520,0*	*→łupek miedzionośny T1*
1520,0	1558,0	sylur
1520,0	*1558,0*	*→formacja z Pucka*

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Miłoszewo ONZ-1 wraz z dokumentacją pomiarów geofizycznych w otworze (Tab. 5.17) i diagramem profilowania akustycznego. W CBDG dostępne są ponadto wyniki pomiarów ciężarów objętościowych (2960 pomiarów) i porowatości skał (76 próbek), przeprowadzone w interwale 0–1554 m (Szostak i Blus, 1971; Rosowiecka, 2011). Według pomiarów 18 próbek z interwału anhydrytu podstawowego, dolomitu głównego i anhydrytu górnego (opróbowany interwał: 1290,2–1260,3 m) średnia porowatość efektywna wynosi tutaj 8%. W utworach syluru (6 próbek z interwału 1524,0–1540,0 m) – porowatość efektywna wynosi 1–2%.

Dokumentacje:

- Szostak, I., Blus, R. 1971. Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1970. Inw. 43782, ObO/1246, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Rosowiecka, O. 2011. Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Pomiary geofizyczne w otworze Miłoszewo ONZ-1 + karta otworu wiertniczego. 1969. Inw. 111061, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
1552	905	PA: profilowanie akustyczne	NIE
110	975	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
110	977	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
865	1551	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
875	1541	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
887	1548	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
900	1528	PAT: profilowanie akustyczne tłumienia	NIE
22	905	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
22	905	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
905	1552	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1170	1552	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
40	920	PGG: profilowanie gamma-gamma gęstościowe (GGDN)	NIE
905	1551	PGG: profilowanie gamma-gamma gęstościowe (GGDN)	NIE
1170	1552	PGG: profilowanie gamma-gamma gęstościowe (GGDN)	NIE
900	1553	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
25	900	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
22	905	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
22	905	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
905	1551	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1170	1551	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
73	902	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
73	902	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
73	902	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
73	902	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
73	902	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1551,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
905,5	1545,5	POpl: profilowanie oporności płuczki	NIE
905,5	1551,5	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
73	899	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
73	938	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
905,5	1545,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
905,5	1545,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
73	901	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
905,5	1543	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
73	902	PTn: prof. temp. przy nieust. równowadze term.	NIE
900	1550	PTn: prof. temp. przy nieust. równowadze term.	NIE

Tab. 5.17. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Miłoszewo ONZ-1 według CBDG, 2021.

5.6. GAPOWO B-1/B-1A

Głębokość otworu: 4303,0/6058,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2012/2014
Rdzenie (otwór B-1): 4081,0–4267,41 m, 190 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Hołowne.

Stratygrafia (Kubala, 2013):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
Gapowo B-1		
0,00	323,0	kenozoik
323,0	857,0	kreda
857,0	904,0	jura górna
904,0	953,0	jura środkowa i dolna
953,0	1495,0	trias dolny
953,0	*978,0*	*→pstry piaskowiec górny*
978,0	*1212,0*	*→pstry piaskowiec środkowy*
1212,0	*1495,0*	*→pstry piaskowiec dolny*
1495,0	1895,0	perm
1495,0	*1500,0*	*→cechsztyn terygeniczny PZ4*
1500,0	*1525,0*	*→anhydryt główny A3*
1525,0	*1530,0*	*→dolomit płytowy Ca3* *→szary ił solny T3*
1530,0	*1537,0*	*→anhydryt podstawowyA2*
1537,0	*1580,0*	*→dolomit główny Ca2*
1580,0	*1614,0*	*→anhydryt górny A1g*
1614,0	*1700,0*	*→sól kamienna najstarsza Na1*
1700,0	*1836,0*	*→anhydryt dolny A1d*
1836,0	*1852,0*	*→wapień podstawowy Ca1*
1852,0	*1895,0*	*→czerwony spągowiec*
1895,0	4207,0	sylur
1895,0	*2080,0*	*→formacja z Pucka*
2080,0	*3210,0*	*→formacja z Kociewia*
3210,0	*4164,0*	*→formacja z Pelplina*
4164,0	*4192,0*	*→formacja z Pasłęka*
4192,0	*4207,0*	*→formacja z Jantaru*
4207,0	4257,0	ordowik
4207,0	*4236,0*	*→formacja z Prabut*
4236,0	*4250,0*	*→formacja z Sasina*
4250,0	*4257,0*	*→formacja z Kopalina*
4257,0	4262,0	kambr górny
4257,0	*4262,0*	*→formacja z Piaśnicy*
4262,0	4303,0	kambr środkowy
4262,0	*4303,0*	*→formacja sarbska*
Gapowo B-1A		
3710,0	4068,7	ludlow
4068,7	4255,4	wenlok
4255,4	6044,0	landower
4255,4	*6058,0*	*→formacja z Jantaru*

Wyniki badań skał:
Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1 (Kubala, 2013) został wykonany przed odwierceniem odcinka horyzontalnego B-1A. W raporcie znajduje się profil stratygraficzny, opis litostratygrafii, jak również wyniki badań próbek z rdzeni wiertniczych. Wśród tych ostatnich znajdują się: (1) wyniki badań petrograficznych i oznaczeń biostratygraficznych graptolitów 22 próbek (12 pozytywnych) pobranych z interwału 4104,03–4264,88 m, (2) opis rdzeni wraz z ich dokumentacją fotograficzną, (3) wyniki badań składu mineralogicznego XRD 66 próbek niższego paleozoiku z interwału 4081,37–4266,25 m, (4) wyniki badań geochemicznych metodą Rock-Eval 68 próbek niższego paleozoiku pobranych z interwału 4081,37–4266,25 m (podsumowane w Tab. 5.18), (5) wyniki pomiarów TOC w 134 próbkach z interwału 4081,37–4266,4 m (podsumowane w Tab. 5.19), (6) wyniki oznaczeń refleksyjności witrynitu w 6 próbkach z interwału 4082,4–4256,59 m (podsumowane w Tab. 5.20), (7) wyniki badań petrofizycznych 72 próbek niższego paleozoiku z interwału 4081,37–4266,25 m (podsumowane w Tab. 5.21), (8) wyniki badań izotermy adsorpcji 4 próbek z interwału 4198,83–4234,38 m, (9) wyniki badań z desorpcji 66 odcinków rdzenia z niższego paleozoiku z interwału 4082,0–4266,5 m wraz z ich analizą chemiczną. W otworze pobrano też 53 próbki gazu typu Isotube i 41 próbek typu Isojar w interwale 1800–4300 m, w których analizowano skład chemiczny gazu i izotopy stabilne węgla w węglowodorach.

Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A (Kubala, 2014) dotyczy otworu poziomego – bocznego odejścia od otworu Gapowo B-1 (*side track*), przy czym głębokość początku wiercenia (*tie-in*) wynosi 1911,0 m (1910,9 m TVD), głębokość odejścia (*kick-off point*) od B-1 – 3710,0 m (3698,0 m TVD), głębokość rozpoczęcia części horyzontalnej (*landing point*) – 4437,0 m (4197,0 m TVD), a głębokość końcowa – 6058,0 m (4198,0 m TVD). Otwór poszukiwawczy Gapowo B-1A zgodnie planem nie był rdzeniowany, nie pobrano też żadnych prób węglowodorów typu Isotube/Isojar.

Wyniki geofizyki otworowej:
W raportach geologicznych z odwiertów poszukiwawczych Gapowo B-1 i B-1A (Kubala,

2013, 2014) znajdują się wyniki badań geofizyki wiertniczej, zestawione w formie plików LAS i PDF. Zakres wykonanych badań podsumowano w Tab. 5.22.

Objawy węglowodorów:
W czasie wiercenia otworu Gapowo B-1 analizowano w sposób ciągły zawartość gazu w płuczce wiertniczej przy pomocy chromatografu. Kubala (2013; patrz również Miłaczewski i Poprawa, 2015) podaje, że po nawierceniu utworów syluru występował stały wzrost zawartości węglowodorów w gazie z płuczki, szczególnie w spągowej części ludlowu, w wenloku oraz w górnym ordowiku. Efekt ten jest związany ze większą ilością materii organicznej rozproszonej w ilastych i łupkowych utworach dolnopaleozoicznych. Niestety Inwestor nie przekazał wyników karotażu gazowego z otworu Gapowo B-1.

Również w czasie wiercenia otworu Gapowo B-1A analizowano w sposób ciągły zawartość gazu w płuczce wiertniczej przy pomocy chromatografu. Według Kubali (2014; patrz również Miłaczewski i Poprawa, 2015) po nawierceniu utworów syluru zaobserwowano stały wzrost zawartości węglowodorów w gazie z płuczki – w spągowej części ludlowu, w wenloku oraz w dolnym landowerze w formacji z Jantaru. Wyniki karotażu gazowego z otworu Gapowo B-1A podsumowano w Tab. 23.

Próby złożowe:
W otworze Gapowo B-1A wykonano szczelinowanie hydrauliczne odcinka poziomego, podsumowane w osobnym raporcie Kubali (2014). Szczelinowanie zostało przeprowadzone w 20 etapach, choć znaczące ilości propantu zostały wpompowane tylko w 9 etapach. Na odcinku 4409–5860 m wykonano perforacje rur okładzinowych. Podczas całego testu produkcyjnego wydatki gazu na separatorze utrzymywały się na poziomie 5 600–11 300 m^3/dobę. Nie odnotowano śladów węglowodorów ciężkich, a zawartość procentowa węglowodorów C1–C6 zawierała się w przedziale 29–85%. Wyniki testów produkcyjnych, jak podaje Kubala (2014), były zaburzone z powodu przytkania się zaworów gazodźwigu i związaną z tym rekonstrukcją otworu. Ponadto tylko kilka etapów z 9 uzyskało oczekiwaną przepuszczalność.

Dokumentacje:

- Konieczyńska, M., Sechman, H. 2018. Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Sprawozdanie z prac wykonanych podczas realizacji przedsięwzięcia pt.: Wykonanie badań dla oceny aktualnego stanu środowiska naturalnego na 7 poligonach badawczych, gdzie prowadzono prace poszukiwawcze za gazem z formacji łupkowych. Inw. 7072/2018, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Kubala, P. 2013. Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1. Inw. 10040/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Kubala, P. 2014. Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A. Raport z testu produkcyjnego odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A poprzedzonego szczelinowaniem hydraulicznym. Inw. 10041/2017, 10042/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Miłaczewski, L., Poprawa, P. 2015. Dokumentacja geologiczna inna sporządzona w przypadku wykonywania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny dla koncesji „Bytow” nr 17/2010/p. Inw. 9282/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Ilość pomia-rów		TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI
			[% wag.]	[mgHC/ gSkały]		[mgHC/ gTOC]	[°C]	[mgHC/ gTOC]	[mgCO$_2$/ gTOC]	[mgHC/ gSkały]
formacja z Pelplina	17	Śred.	0,90	0,11	0,03	0,26	0	4	32	0,85
		Max.	1,47	0,20	0,27	0,40	0	36	51	0,95
		Min.	0,53	0,04	0,01	0,17	0	1	15	0,31
formacja z Pasłęka	9	Śred.	0,77	0,06	0,01	0,12	0	4	33	0,80
		Max.	2,32	0,13	0,02	0,19	0	12	127	0,88
		Min.	0,09	0,02	0,01	0,05	0	0	4	0,67
formacja z Jantaru	6	Śred.	1,59	0,06	0,03	0,26	0	2	28	0,73
		Max.	3,28	0,08	0,07	0,41	0	2	72	0,88
		Min.	0,42	0,04	0,01	0,07	0	1	7	0,50
formacja z Prabut	15	Śred.	1,52	0,11	0,13	0,07	30	10	16	0,56
		Max.	3,72	0,33	0,58	0,31	443	30	129	0,83
		Min.	0,09	0,02	0,01	0,01	0	1	0	0,22
formacja z Sasina	11	Śred.	1,29	0,07	0,13	0,04	33	35	17	0,54
		Max.	3,77	0,15	0,82	0,30	358	283	103	0,86
		Min.	0,05	0,02	0,01	0,01	0	1	0	0,15
formacja z Kopalina	3	Śred.	0,68	0,04	0,03	0,01	0	4	2	0,57
		Max.	0,92	0,05	0,04	0,01	0	6	3	0,71
		Min.	0,34	0,02	0,02	0,01	0	2	1	0,50
formacja z Paśnicy	4	Śred.	0,64	0,06	0,03	0,06	0	5	10	0,71
		Max.	0,77	0,08	0,04	0,09	0	10	20	0,89
		Min.	0,40	0,04	0,01	0,01	0	1	1	0,56
formacja z Sarbska	3	Śred.	0,24	0,05	0,02	0,03	0	10	13	0,68
		Max.	0,35	0,07	0,05	0,08	0	17	23	0,88
		Min.	0,08	0,02	0,01	0,01	0	3	3	0,50

Tab. 5.18. Podsumowanie wyników badań geochemicznych metodą Rock-Eval próbek z niższego paleozoiku pobranych z interwału 4081,37–4266,25 m w otworze Gapowo B-1 (na podstawie Kubali, 2013).

Stratygrafia	Ilość pomia-rów		Gęstość objętościowa	TOC
			[g/cm^3]	[% wag.]
formacja z Pelplina	48	Śred.	2,69	0,91
		Max.	2,73	1,47
		Min.	2,65	0,53
formacja z Pasłęka	23	Śred.	2,71	0,63
		Max.	2,74	2,32
		Min.	2,68	0,08
formacja z Jantaru	14	Śred.	2,64	1,55
		Max.	2,70	4,19
		Min.	2,54	0,37
formacja z Prabut	19	Śred.	2,62	1,76
		Max.	2,75	3,72
		Min.	2,48	0,09
formacja z Sasina	14	Śred.	2,63	1,23
		Max.	2,73	3,77
		Min.	2,51	0,05
formacja z Kopalina	5	Śred.	2,71	0,43
		Max.	2,72	0,92
		Min.	2,69	0,05
formacja z Paśnicy	6	Śred.	2,76	0,52
		Max.	2,92	0,77
		Min.	2,70	0,13
formacja z Sarbska	5	Śred.	2,74	0,20
		Max.	2,81	0,35
		Min.	2,69	0,08

Tab. 5.19. Podsumowanie wyników badań TOC próbek z niższego paleozoiku pobranych z interwału 4081,4–4266,4 m w otworze Gapowo B-1 (na podstawie Kubali, 2013).

Stratygrafia	Liczba pomia-rów	Ro średnia [%]
formacja z Pelplina	25	1,4
formacja z Pasłęka	5	1,35
formacja z Jantaru	28	1,37
formacja z Prabut	25	1,68
formacja z Sasina	30	1,73
formacja z Kopalina	15	1,67

Tab. 5.20. Podsumowanie wyników badań refleksyjności witrynitu próbek z niższego paleozoiku pobranych z interwału 4082,4–4256,59 m w otworze Gapowo B-1 (na podstawie Kubali, 2013).

Stratygrafia	Ilość pomia-rów		Gęstość objętościowa [g/cm^3]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]	Porowatość całkowita [%]
formacja z Pelplina	17	Śred.	2,69	3,02	0,00	4,46
		Max.	2,73	3,71	0,00	5,75
		Min.	2,65	2,02	0,00	3,20
formacja z Pasłęka	9	Śred.	2,71	2,03	0,00	3,88
		Max.	2,73	2,47	0,00	4,76
		Min.	2,68	1,64	0,00	3,42
formacja z Jantaru	7	Śred.	2,62	3,29	0,00	5,47
		Max.	2,69	4,40	0,00	6,15
		Min.	2,56	1,55	0,00	3,63
formacja z Prabut	15	Śred.	2,64	2,15	0,00	3,89
		Max.	2,75	4,82	0,00	6,11
		Min.	2,48	0,67	0,00	2,18
formacja z Sasina	12	Śred.	2,62	2,96	0,00	5,53
		Max.	2,71	11,28	0,00	16,57
		Min.	2,51	0,56	0,00	0,79
formacja z Kopalina	3	Śred.	2,70	1,20	0,00	3,52
		Max.	2,71	1,52	0,00	3,82
		Min.	2,69	0,90	0,00	3,20
formacja z Paśnicy	5	Śred.	2,76	0,92	0,00	2,28
		Max.	5,72	29,46	2,69	5,50
		Min.	2,70	0,51	0,00	0,55
formacja z Sarbska	5	Śred.	2,70	2,00	0,00	2,94
		Max.	2,81	4,33	0,00	4,36
		Min.	2,55	0,78	0,00	0,85

Tab. 5.21. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych próbek niższego paleozoiku z interwału 4081,4–4266,25 m w otworze Gapowo B-1 (na podstawie Kubali, 2013).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
Gapowo B-1			
1913,0	4303,0	akustyczny skaner otworowy	TAK
800,0	1913,0	dipolowe profilowanie akustyczne	TAK
1913,0	4303,0	ECS: mineralogiczna sonda Schlumberger	TAK
800,0	1913,0	laterolog wysokiej rozdzielczości HRLA	TAK
10,0	1911,3	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
15,0	798,0	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
38,0	800,0	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
800,0	1913,0	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
1913,0	4303,0	PG: profilowanie nat. prom. gamma o podwójnym wzbudzaniu (GR)	TAK

38,0	800,0	profilowanie akustyczne BHC	TAK
800,0	1913,0	profilowanie geochemiczne z sondą spektroskopową ECS	TAK
800,0	1913,0	profilowanie gęstościowe TLD	TAK
1913,0	4303,0	profilowanie gęstościowe TLD	TAK
38,0	800,0	profilowanie indukcyjne AIT	TAK
1913,0	4303,0	profilowanie indukcyjne AIT	TAK
1913,0	4303,0	profilowanie neutronowe CNL	TAK
800,0	1913,0	profilowanie neutronowe HGNS	TAK
38,0	800,0	profilowanie potencjałów samoistnych SP	TAK
1913,0	4303,0	profilowanie średnicy	TAK
800,0	1913,0	profilowanie średnicy CAL	TAK
38,0	800,0	profilowanie środowiska/kształtu otworu EMS	TAK
1913,0	4303,0	skaner otworowy FMI	TAK
1913,0	4303,0	spektroskopię wysokiej rozdzielczości HNGS	TAK
10,0	1911,3	USIT-CBL: cementomierz	TAK
15,0	798,0	USIT-CBL: cementomierz	TAK
Gapowo B-1A			
1911,0	4141,0	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
4679,0	6058,0	profilowanie azymutalne gamma LWD	TAK
1911,0	4141,0	profilowanie krzywizny i azymutu MWD	TAK
4141,0	4679,0	profilowanie krzywizny i azymutu MWD	TAK
4679,0	6058,0	profilowanie krzywizny i azymutu MWD	TAK
10,0	6058,0	profilowanie gazowe płuczki (Mudlogging)	TAK

Tab. 5.22. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworach Gapowo B-1 i Gapowo B-1A (Kubala, 2013, 2014).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy węglowodorów
od	do		
1900,0	2125,0	formacja z Pucka	wzrost zgazowania 0,14%
2126,0	2521,0	formacja z Kociewia	wzrost zgazowania 0,67%
2522,0	3267,0	formacje z Kociewia i z Pelplina	wzrost zgazowania 1,06%
3268,0	4249,0	formacja z Pelplina	wzrost zgazowania 10,7%
4074,0	4146,0	wenlok	wzrost zgazowania 3,22–13,5%
4250,0	4264,0	wenlok – landower	wzrost zgazowania 11,2%
4265,0	6058,0	formacja z Jantaru	wzrost zgazowania 3,5–38,5%

Tab. 5.23. Objawy węglowodorów w otworze Gapowo B-1A zarejestrowane podczas ciągłego profilowania płuczki (na podstawie Kubali, 2014).

5.7. MIŁOWO-1

Głębokość otworu: 3856,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2014
Rdzenie: 3680,0–3855,0 m, 123 skrzynki, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	230,0	kenozoik
230,0	864,0	kreda
864,0	1092,0	jura
1092,0	1685,5	trias
1685,5	2045,0	perm
2045,0	3608,5	ludlow – przydol
2045,0	*2618,0*	*→formacja z Pucka*
2618,0	*2642,0*	*→formacja z Kociewa*
2642,0	*3608,5*	*→formacja z Pelpina*
3608,5	3739,0	wenlok
3739,0	3782,5	landower – aszgil
3739,0	*3767,0*	*→formacja z Pasłęka*
3767,0	*3775,5*	*→formacja z Jantaru*
3775,5	*3782,5*	*→formacja z Prabut*
3782,5	3810,2	karadok – lanwirn – arenig
3782,5	*3798,85*	*→formacja z Sasina*
3798,85	*3807,5*	*→formacja z Kopalina*
3807,5	*3810,2*	*→formacja ze Słuchowa*
3810,2	3811,0	kambr górny
3810,2	*3811,0*	*→formacja z Piaśnicy*
3811,0	3856,0	kambr środkowy

Wyniki badań skał:

W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze kon-

cesji ropy naftowej i gazu ziemnego „Kartuzy-Szemud" nr 72/2009/p (Strzelecka, 2017) znajdują się wyniki analiz laboratoryjnych i geofizycznych wykonanych w otworze Miłowo-1. Dokumentacja zawiera wyniki badań przeprowadzonych na rdzeniach w podobnym zakresie jak w przypadku otworu Borcz-1. Najważniejsze z nich to: (1) wyniki badań gęstości, porowatości i parametrów przestrzeni porowej 40 próbek ordowiku i syluru z interwału 3680,17–3797,0 m (podsumowane w Tab. 5.24), (2) wyniki analizy nasycenia metodą Deana-Stark'a 35 próbek ordowiku i syluru z interwału 3680,88–3795,4 m, (3) wyniki analizy ilościowej składu mineralnego XRD 40 próbek ordowiku i syluru z interwału 3680,17–3797,0 m, (4) wyniki analiz chemicznych pierwiastków głównych, śladowych i ziem rzadkich próbek z tego samego interwału, (5) wyniki pomiarów refleksyjności witrynitu 5 próbek z interwału 3689,92–3789,07 m (Tab. 5.25), wyniki badań geomechanicznych 10 próbek z interwału 3681,23–3795,45 m oraz raport desorpcyjny 35 próbek pobranych z interwału 3680,57–3795,40 m.

W dokumentacji Podhalańskiej i in. (2018) zebrano natomiast wyniki wszystkich dostępnych badań pirolitycznych wykonanych metodą Rock-Eval w otworze Miłowo-1, tj. dla 73 próbek z interwału 3680,57–3797,0 m, które zostały podsumowane w Tab. 5.26.

Wyniki geofizyki otworowej:
W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża na koncesji nr 72/2009/p „Kartuzy-Szemud" (Strzelecka, 2017) znajdują się również wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanej w otworze Miłowo-1, której zakres przekazany do NAG w formie plików LAS zestawiono w Tab. 5.27.

Objawy węglowodorów:
Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia otworu Miłowo-1 zarejestrowane aparaturą gazową zostały podsumowane w Tab. 5.28.

Próby złożowe:
W otworze Miłowo-1 wykonano próbę złożową w utworach kambru środkowego próbnikiem HALLIBURTON 5" STD w interwale 3811,0–3855,0 m. Rezultatem był bardzo słaby po 30 minutach zanikający wypływ powietrza (I odbudowa: 604 min) i brak dopływu węglowodorów i cieczy do przewodu. Odczytane ciśnienie denne na koniec odbudowy wynosiło 239 bar.

Dokumentacje:

- Chruścińska, J., Puchalski, A., Twarduś, E., Majdosz-Lenart, M., Mikołajewski, Z. 2018. Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Miłowo-1. Inw. 4714/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Mikołajewski, Z. 2015. Kompleksowa analiza wyników prac i robót geologicznych zrealizowanych na obszarze koncesji Kartuzy-Szemud. Inw. 2298/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Podhalańska, T., zespół. 2018. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Strzelecka, D. 2017. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego Kartuzy-Szemud nr 72/2009/p. Inw. 9901/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba próbek		Gęstość szkieletowa	Gęstość objętościowa	Porowatość całkowita	Porowatość otwarta	Porowatość szczelinowa	Przepuszczalność szczelinowa
[m]			[g/cm^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[%]	[mD]
wenlok	7	Średnia	2,73	2,57	6,80	0,52	2,25	1,66
		Max.	2,76	2,72	9,18	1,00	4,10	2,71
		Min.	2,71	2,52	0,33	0,14	1,51	1,12
formacja z Jantaru	16	Średnia	2,62	2,52	5,69	1,70	2,09	1,77
		Max.	2,74	2,61	10,58	3,57	3,89	4,25
		Min.	2,54	2,39	2,72	0,22	1,11	0,23

formacja z Sasina	16	Średnia	2,61	2,50	6,98	2,42	1,68	1,25
		Max.	2,70	2,63	13,10	4,85	3,74	4,45
		Min.	2,53	2,32	4,02	0,18	0,89	0,11

Tab. 5.24. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych próbek rdzeni pobranych z ordowiku i syluru z przedziału głębokości 3680,17–3797,0 m w otworze Miłowo-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Stratygrafia	Liczba pomia-rów	Ro Średnia	Ro Min	Ro Max
		[%]	[%]	[%]
formacja z Jantaru	47	0,95	0,82	1,31
	47	1,15	1,11	1,35
formacja z Sasina	4	0,90	0,95	1,00
	50	0,99	0,91	1,13

Tab. 5.25. Podsumowanie wyników pomiarów refleksyjności witrynitu próbek ordowiku i syluru w interwale 3689,92–3789,07 m w otworze Miłowo-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Stratygrafia	Liczba pomia-rów		S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	TOC
			[mgHC/ gSkały]	[mgHC/ gSkały]	[mgCO_2/ gSkały]	[°C]	[mgHC/ gTOC]	[mgCO_2 /gTOC]	[mgHC/ gSkały]	[% wag]
wenlok	12	Średnia	0,72	0,94	0,01	440	86	0,57	0,43	1,13
		Max.	0,94	1,09	0,02	443	110	2	0,48	1,44
		Min.	0,49	0,79	0	434	74	0	0,37	0,78
formacja z Jantaru	14	Średnia	1,38	3,69	0,00	453,09	120	0	0,31	3,38
		Max.	2,09	7,73	0	460	180	0	0,41	7,08
		Min.	0,77	1,13	0	432	83	0	0,18	0,81
formacja z Sasina	24	Średnia	1,21	3,77	0	457	119	0	0,27	3,23
		Max.	2,26	8,48	0	463	160	0	0,47	6,81
		Min.	0,02	0,12	0	451	57	0	0,05	0,21

Tab. 5.26. Podsumowanie wyników analizy pirolitycznej Rock-Eval próbek kambru, ordowiku i syluru z interwału 3680,57–3797,0 m w otworze Miłowo-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
0	3858	BS: średnica nominalna wiercenia	TAK
332	3857	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
2050	3818	CS: prędkość kabla	TAK
31	3855	CSP: ciśnienie płuczki	TAK
2050	3856	DEVI: odchylenie odwiertu	TAK
344	3850	DT: czasy przejścia fal	TAK
31	3855	FLOC: wydatek pomp	TAK
31	3855	FLOW: zapis przepływomierza	TAK
0	3851	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma (GR)	TAK
1	1973	HBHK: zawartość potasu	TAK
0	3858	ICV: objętość cementu	TAK
31	3855	parametry płuczki: MTI, MTO, MWI, MWO	TAK
2050	3853	NPOR: porowatość neutronowa	TAK
332	3855	PEFZ: profilowanie fotoelektryczne	TAK
		PR: współczynnik Poissona	TAK
31	3855	PV: parametry objętości płuczki	TAK
332	3855	RHOZ: gęstość objętościowa (elektronowa) w stanie nasyconym	TAK
3072	3850	SLOANI: anizotropia na podst. prędkości	TAK
1	2053	THOR: zawartość Th	TAK
1	2053	TPRA: współczynnik zawartości Th/K	TAK
1	2053	TURA: współczynnik zawartości Th/U	TAK
1	2053	URAN: zawartość U	TAK
2072	3850	VPVS: wsp. prędkości fali podłużnej do poprzecznej	TAK

Tab. 5.27. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Miłowo-1 i przekazana do NAG w formie plików LAS (Strzelecka, 2017).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy węglowodorów – wzrost zgazowania [%] Min.–Max.				
od	do		C1	C2	C3	iC4	nC4
1728,0	1729,0	szary ił solny	>0,0062				
1744,5	1767,5	dolomit główny	<0,0185	<0,0006			
3545,0	3775,0	sylur	0,8812–2,7253	0,0886–0,3680	0,0131–0,0397	0,0006–0,0055	0,0008–0,0061
3782,0	3797,5	ordowik	0,4596–2,6733	0,0593–0,3262	–0,0160–0,0670	0,0010–0,0031	0,0011–0,0022
3809,5	3811,5	kambr górny	0,0811	0,0080	0,0066	0,0005	0,0006
3815,0	3854,0	kambr środkowy	0,0588–0,1799	0,0062–0,0162	0,0018–0,0044	0,0002–0,0015	

Tab. 5.28. Objawy węglowodorów zarejestrowane w profilowaniu ciągłym zgazowania płuczki w otworze Miłowo-1 (na podstawie Strzeleckiej, 2017).

5.8. TĘPCZ-1

Głębokość otworu: 3428,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2014
Rdzenie: 3270,0–3428,0 m, 107 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Stratygrafia (Chruścińska i Sikorska-Piekut, 2018):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	215,0	kenozoik
215,0	604,5	kreda
604,5	812,5	jura
812,5	1098,0	trias
1098,0	1449,0	perm
1098,0	*1119,0*	*→anhydryt główny A3*
1119,0	*1125,0*	*→dolomit płytowy Ca3* *→szary ił solny T3*
1125,0	*1128,5*	*→anhydryt podstawowy A2*
1128,5	*1170,0*	*→dolomit główny Ca2*
1170,0	*1195,5*	*→anhydryt górny A1g*
1195,5	*1390,5*	*→sól kamienna najstarsza Na1*
1390,5	*1436,0*	*→anhydryt dolny A1d*
1436,0	*1449,0*	*→wapień cechsztyński Ca1* *→łupek miedzionośny T1*
1449,0	3368,5	sylur
1449,0	*1902,0*	*→formacja z Pucka*
1902,00	*3173,0*	*→formacja z Kociewia*
3173,0	*3318,0*	*→formacja z Pelplina*
3318,0	*3349,0*	*→formacja z Pasłęka*
3349,0	*3368,5*	*→formacja z Jantaru*
3368,5	3408,5	ordowik
3368,5	*3375,5*	*→formacja z Prabut*
3375,5	*3396,0*	*→formacja z Sasina*
3396,0	*3407,5*	*→formacja z Kopalina*
3407,5	*3408,5*	*→formacja ze Słuchowa*
3408,5	3408,65	kambr górny
3408,65	3428,0	kambr środkowy

W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego Wejherowo nr 4/2009/p (Sowa i in., 2017) znajdują się wyniki analiz laboratoryjnych i geofizycznych wykonanych w otworze Tępcz-1. Dokumentacja zawiera: (1) wyniki badań XRD (składu mineralnego, zawartości minerałów ilastych, TOC, porowatości całkowitej, całkowitej zawartości gazu) 65 próbek z ordowiku, syluru i kambru z interwału 1954,0–3722,28 m (podsumowane w Tab. 5.29), (2) wyniki analizy pirolitycznej Rock-Eval 45 próbek z kambru, ordowiku i syluru z interwału 1954,0–3758,5 m (podsumowanie w Tab. 5.30), (3) wyniki badań zawartość ekstrahowalnej substancji organicznej 45 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.31), (4) wyniki badań rozdziałów grupowych ESO 10 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.32), (5) wyniki badań składu molekularnego biomarkerów frakcji nasyconej i aromatycznej 10 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.33), (6) wyniki badań refleksyjności i składu maceralnego substancji organicznej 5 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.34), (7) wyniki analizy składu izotopowego gazu 10 próbek z syluru, ordowiku i kambru z interwału 3349,1–3409,2 m (podsumowanie w Tab. 5.35), (8) wyniki analizy składu molekularnego gazu 20 próbek z syluru, ordowiku i kambru z interwału 3349,1–3409,5 m (podsumowanie w Tab. 5.36), (9) wyniki badań składu mineralnego 45 próbek

z syluru, i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.37), (10) wyniki badań składu chemicznego 45 próbek z syluru, i ordowiku, (11) wyniki analizy składu mineralnego frakcji ilastej metodą rentgenowskiej analizy fazowej, (12) wyniki analizy zdolności jonowymiennej skał 30 próbek z syluru, i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.38), (13) wyniki badań rozkładu naturalnej promieniotwórczości rdzeni wiertniczych przy wykorzystaniu spektrometru gamma, (14) wyniki badań gęstości właściwej i objętościowej 45 próbek z syluru, ordowiku i kambru (podsumowanie w Tab. 5.39), (15) wyniki badań porowatości całkowitej i otwartej 65 próbek z syluru, ordowiku i kambru (podsumowanie w Tab. 5.40), (16) wyniki badań porowatości efektywnej 20 próbek z kambru (podsumowanie w Tab. 5.41), (17) wyniki badań przepuszczalności 20 próbek z kambru (podsumowanie w Tab. 5.42), (18) wyniki badań mikroszczelinowatości 45 płytek cienkich z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.43), (19) wyniki analizy rozkład nasycenia przestrzeni porowej skał (NMR) 10 próbek z kambru, 43 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.44), (20) wyniki badań porozymetrycznych 45 próbek z syluru i ordowiku, (21) wyniki analizy nasyceń metodą Deana-Stark'a 20 próbek z kambru, ordowiku i syluru (podsumowanie w Tab. 5.45), (22) wyniki badań wpływu cieczy wiertniczych na skały (czasu kapilarnej nasiąkliwości, wrażliwość łupków w środowisku cieczy wiertniczej, pecznienie) 7 próbek z ordowiku i syluru z interwału 3356,93–3394,58 m (podsumowanie w Tab. 5.46–5.48), (23) wyniki badań geomechanicznych (fizyczne, ultradźwiękowe, wytrzymałościowe) 10 prób z ordowiku i syluru z interwału 3270-3384 m (podsumowanie w Tab. 5.49–5.51), (24) wyniki badań desorpcji 20 próbek z ordowiku, syluru i kambru z interwału 3349,1–3409,5 m (podsumowanie w Tab. 5.52), (25) wyniki badań izotermy sorpcji 5 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.53), (26) wyniki badań zawartości materii organicznej 5 próbek z syluru i ordowiku (podsumowanie w Tab. 5.54).

Wyniki geofizyki otworowej:
W dokumentacji dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego Wejherowo nr 4/2009/p (Sowa i in., 2017) znajdują się również wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanej w otworze Tępcz-1, której zakres przekazany do NAG w formie plików LAS zestawiono w Tab. 5.55.

Objawy węglowodorów:
Objawy węglowodorów zaobserwowane w trakcie wiercenia (zaniki płuczki) oraz objawy w rdzeniach otworu Tępcz-1 zostały podsumowane w Tab. 5.56–5.57.

Dokumentacje:

- Chruścińska, J., Sikorska-Piekut, W. 2018. Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Tępcz-1. Inw. 1968/2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Sowa, D., Sikorska-Piekut, W., Puchalski, A. 2017. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego Wejherowo nr 4/2009/p. Inw. 2376/2021, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Zawartość kwarcu i skaleni	Zawartość minerałów ilastych:	TOC	Porowatość całkowita	Zawartość gazu całkowitego
	%	%	%	%	m^3/t
fm z Pelplina	kwarc – śr. 24,6% (21,4–30,7%), skalenie potasowe – śr. 2,7% (1,9–3,3%), plagioklazy – śr. 5,1% (3,8–6,5%)	śr. 57,7% (48,7–65,4%)	> 1%	śr. 8,19% (8,02–8,37%)	nie wykonano
fm z Pasłęka	kwarc – śr. 24,6% (16,7–35,8%), skalenie potasowe – śr. 3,1% (1,6–5,5%), plagioklazy – śr. 4,1% (2,9–5%)	śr. 51,6% (37,8–60,2%)	max ok. 5,34%	śr. 9,6% (5,25–11,78%)	0,75–1,53
fm z Prabut	nie wykonano	nie wykonano	nie wykonano	3,56%	0,31
fm z Sasina	kwarc – śr. 32,9% (18,5–52%), skalenie potasowe – śr. 2,9% (1–5,1%), plagioklazy – śr. 3,1% (1,7–4,2%)	śr. 49,7% (29,8–63,6%)	1–5,69%	śr. 7,22% (1,22–14,49%)	0,65–2,59
fm białogórska i osiecka	nie wykonano	nie wykonano	nie wykonano	śr. 2,36% (0,42–5,56%)	0,15

Tab. 5.29. Podsumowanie wyników badań XRD (składu mineralnego, zawartości minerałów ilastych, TOC, porowatości całkowitej, całkowitej zawartości gazu) 65 próbek z ordowiku, syluru i kambru z interwału 1954–3722,28 m w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Parametr	Ilość prób	Zakres	Średnia
formacja z Pelplina (część "wenlocka")			
TOC (% wag.)	2	0,46–1,01	0,74
T_{max} (°C)	2	454–464	459
S_1 (HC/g skały)	2	0,14–0,3	0,22
S_2 (HC/g skały)	2	0,17–0,43	0,3
PI	2	0,41–0,45	0,43
HI (HC/g skały)	2	37–43	40
MINC (% wag.)	2	0,97–4,64	2,81
formacja z Pasłęka			
TOC (% wag.)	7	0,05–0,87	0,51
T_{max} (°C)	6	446–482	467
S_1 (HC/g skały)	7	0,02–0,22	0,12
S_2 (HC/g skały)	7	0,05–0,48	0,27
PI	7	0,21–0,38	0,3
HI (HC/g skały)	7	43–100	62
MINC (% wag.)	7	0,02–3,27	0,66
formacja z Jantaru			
TOC (% wag.)	23	0,33–5,35	1,9
T_{max} (°C)	20	458–480	465
S_1 (HC/g skały)	23	0,16–1,54	0,62
S_2 (HC/g skały)	23	0,23–3,95	1,26
PI	23	0,24–0,48	0,38
HI (HC/g skały)	23	45–84	63
MINC (% wag.)	23	0,32–4	1,26
formacja z Prabut			
TOC (% wag.)	1	0,1	0,1
T_{max} (°C)	–	–	–
S_1 (HC/g skały)	1	0,03	0,03
S_2 (HC/g skały)	1	0,03	0,03
PI	1	0,5	0,5
HI (HC/g skały)	1	30	30
MINC (% wag.)	1	3,19	3,19
formacja z Sasina			
TOC (% wag.)	12	0,98–5,69	3,59
T_{max} (°C)	12	464–477	469
S_1 (HC/g skały)	12	0,52–1,57	0,99
S_2 (HC/g skały)	12	0,7–4,13	2,22

PI	12	0,26–0,43	0,32
HI (HC/g skały)	12	48–73	62
MINC (% wag.)	12	0,14–0,83	0,42

Tab. 5.30. Podsumowanie wyników pirolitycznych Rock-Eval w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Ilość prób	Zakres [% wag.]	Średnia [% wag.]
formacja z Pelplina (część „wenlocka”)		
2	0,018–0,041	0,029
formacja z Pasłęka		
7	0,01–0,033	0,016
formacja z Jantaru		
23	0,019–0,213	0,08
formacja z Prabut		
1	0,024	0,024
formacja z Sasina		
12	0,048–0,183	0,097

Tab. 5.31. Podsumowanie wyników zawartość ekstrahowalnej substancji organicznej w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Parametr	Ilość prób	Zakres [% wag.]	Średnia [% wag.]
formacja z Pelplina (część "wenlocka")			
węglowodory nasycone	1	64,1	64,1
węglowodory aromatyczne	1	13,3	13,3
żywice	1	18,2	18,2
asfalteny	1	4,4	4,4
formacja z Pasłęka			
węglowodory nasycone	1	42,9	42,9
węglowodory aromatyczne	1	17,5	17,5
żywice	1	27	27
asfalteny	1	12,6	12,6
formacja z Jantaru			
węglowodory nasycone	5	55–74,6	64,8
węglowodory aromatyczne	5	9,5–18,6	14,3
żywice	5	10,1–21,3	14,7
asfalteny	5	3,6–9,1	6,2
formacja z Sasina			
węglowodory nasycone	3	37,4–67,2	54,3
węglowodory aromatyczne	3	12–15,6	13,8
żywice	3	13,8–34,6	22,2
asfalteny	3	5,2–16	9,7

Tab. 5.32. Podsumowanie wyników badań rozdziałów grupowych ESO w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Parametr	Ilość prób	Zakres [% wag.]	Średnia [% wag.]
formacja z Pelplina (część "wenlocka")			
frakcja nasycona			
$CPI_{(Total)}$	1	1,04	1,04
$CPI_{(17-23)}$	1	1,03	1,03
$CPI_{(25-31)}$	1	1,11	1,11
Pr/Ph	1	1,06	1,06
Pr/n-C_{17}	1	0,23	0,23
Ph/n-C_{18}	1	0,27	0,27
S/T	1	0,36	0,36
C_{27}	1	36	36
C_{28}	1	28	28
C_{29}	1	37	37
$C_{26}t/C_{25}t$	1	0,6	0,6
Mor/Hop	1	0,14	0,14
C_{27} dia/(dia + reg)	1	0,44	0,44

C_{29} S/(S + R)	1	0,43	0,43
C_{29} ββ/(ββ + αα)	1	0,46	0,46
H_{31} S/(S + R)	1	0,58	0,58
Ts/(Ts + Tm)	1	0,41	0,41
GI	1	0	0
C29H/Hop	1	0,65	0,65
C_{29}Ts/(C_{29}Ts + C_{29}H)	1	0,23	0,23
C_{35}/ C_{34}	1	0,85	0,85
C_{23}t/ Hop	1	0,53	0,53
C_{24}Tet/C_{26}t	1	1,29	1,29
frakcja aromatyczna			
DNR1	1	9,06	9,06
MPI1	1	1,21	1,21
MPR	1	0,94	0,94
$R_{cal.(MPI1)}$ [%]	1	1,13	1,13
MDR	1	4,42	4,42
$R_{cal.(MDR)}$ [%]	1	0,83	0,83
formacja z Paslęka			
frakcja nasycona			
parametr	ilość prób	zakres	średnia
$CPI_{(Total)}$	1	0,96	0,96
$CPI_{(17-23)}$	1	0,89	0,89
$CPI_{(25-31)}$	1	1,08	1,08
Pr/Ph	1	0,51	0,51
Pr/n-C_{17}	1	0,43	0,43
Ph/n-C_{18}	1	0,55	0,55
S/T	1	0,33	0,33
C_{27}	1	38	38
C_{28}	1	27	27
C_{29}	1	34	34
C_{26}t/C_{25}t	1	0,7	0,7
Mor/Hop	1	0,11	0,11
C_{27} dia/(dia + reg)	1	0,43	0,43
C_{29} S/(S + R)	1	0,38	0,38
C_{29} ββ/(ββ + αα)	1	0,45	0,45
H_{31} S/(S + R)	1	0,57	0,57
Ts/(Ts + Tm)	1	0,46	0,46
GI	1	0	0
C29H/Hop	1	0,67	0,67
C_{29}Ts/(C_{29}Ts + C_{29}H)	1	0,3	0,3
C_{35}/ C_{34}	1	0,86	0,86
C_{23}t/ Hop	1	0,76	0,76
C_{24}Tet/C_{26}t	1	0,72	0,72
frakcja aromatyczna			
DNR1	1	3,94	3,94
MPI1	1	3,16	3,16
MPR	1	3,25	3,25
$R_{cal.(MPI1)}$ [%]	1	0,73	0,73
MDR	1	8,14	8,14
$R_{cal.(MDR)}$ [%]	1	1,1	1,1
formacja z Jantaru			
frakcja nasycona			
$CPI_{(Total)}$	5	0,96–0,99	0,98
$CPI_{(17-23)}$	5	0,95–0,97	0,96
$CPI_{(25-31)}$	5	0,96–1,07	1,03
Pr/Ph	5	0,46–1,15	0,9
Pr/n-C_{17}	5	0,09–0,21	0,16
Ph/n-C_{18}	5	0,15–0,2	0,18
S/T	5	0,31–0,39	0,34
C_{27}	5	34–37	35

C_{28}	5	26–27	26,8
C_{29}	5	36–39	38
$C_{26}t/C_{25}t$	5	0,5–0,9	0,75
Mor/Hop	5	0,1–0,13	0,11
C_{27} dia/(dia + reg)	5	0,38–0,45	0,41
C_{29} S/(S + R)	5	0,37–0,47	0,42
C_{29} ββ/(ββ + αα)	5	0,45–0,47	0,46
H_{31} S/(S + R)	5	0,57–0,59	0,58
Ts/(Ts + Tm)	5	0,42–0,5	0,47
GI	5	0	0
C29H/Hop	5	0,72–0,78	0,77
$C_{29}Ts/(C_{29}Ts + C_{29}H)$	5	0,12–0,2	0,16
C_{35}/ C_{34}	5	0,75–1,02	0,86
$C_{23}t/$ Hop	5	0,42–0,49	0,46
$C_{24}Tet/C_{26}t$	5	0,44–0,95	0,6
frakcja aromatyczna			
DNR1	5	2,52–4,01	3,22
MPI1	5	1,75–2,2	2,01
MPR	5	1,39–2,26	1,91
$R_{cal.(MPI1)}$ [%]	5	1,45–1,72	1,61
MDR	5	4,07–6,93	5,77
$R_{cal.(MDR)}$ [%]	5	0,81–1,02	0,93
formacja z Sasina			
frakcja nasycona			
$CPI_{(Total)}$	3	0,97–1,01	0,99
$CPI_{(17-23)}$	3	0,93–0,99	0,96
$CPI_{(25-31)}$	3	0,98–1,23	1,08
Pr/Ph	3	0,35–0,7	0,5
$Pr/n-C_{17}$	3	0,06–0,14	0,11
$Ph/n-C_{18}$	3	0,17–0,33	0,23
S/T	3	0,31–0,36	0,33
C_{27}	3	32–35	34
C_{28}	3	25–30	27,67
C_{29}	3	35–43	38,33
$C_{26}t/C_{25}t$	3	0,52–0,71	0,63
Mor/Hop	3	0,11–0,17	0,13
C_{27} dia/(dia + reg)	3	0,38–0,47	0,41
C_{29} S/(S + R)	3	0,36–0,43	0,4
C_{29} ββ/(ββ + αα)	3	0,43–0,46	0,44
H_{31} S/(S + R)	3	0,57–0,58	0,58
Ts/(Ts + Tm)	3	0,40–0,49	0,45
GI	3	0	0
C29H/Hop	3	0,58–0,75	0,69
$C_{29}Ts/(C_{29}Ts + C_{29}H)$	3	0,14–0,26	0,2
C_{35}/ C_{34}	3	0,70–0,93	0,79
$C_{23}t/$ Hop	3	0,34–0,58 0,701,15	0,48
$C_{24}Tet/C_{26}t$	3	0,70–1,15	0,89
frakcja aromatyczna			
DNR1	3	2,83–4,84	3,63
MPI1	3	1,76–1,93	1,86
MPR	3	1,82–2,29	1,99
$R_{cal.(MPI1)}$ [%]	3	1,46–1,56	1,52
MDR	3	4,44–11,85	7,39
$R_{cal.(MDR)}$ [%]	3	0,83–1,37	1,05

Tab. 5.33. Podsumowanie wyników badań składu molekularnego biomarkerów frakcji nasyconej i aromatycznej w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Ilość prób	Ilość pomiarów	Zakres [%]	Średnia [%]
formacja z Paslęka			
1	20	1,62 – 1,93	1,78
formacja z Jantaru			
2	57	1,40 – 1,86	1,67
formacja z Sasina			
2	26	1,41 – 1,76	1,56

Tab. 5.34. Podsumowanie wyników badań refleksyjności substancji organicznej w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Kod próby	Głębokość	$\delta^{13}C_1$	$\delta^{13}C_2$	$\delta^{13}C_3$
	1ml	%-V-PDBI	%-V-PDBI	%-V-PDBI
TEP-1/01/01D	3349,1	-43,8	-36,6	-31,2
TEP-1/03/0ID	3357,05	-43	-37	-32,1
TEP-1/06/01D	3361,9	-44,5	-36,4	-32,2
TEP-1/08/0ID	3366,57	-45,2	-38,4	-36,4
TEP-1/10/0IO	3376	-43,9	-35,9	-31
TEP-1/12/010	3379	-46	-40,4	-35,3
TEP-1/15/0ID	3382,7	-43,5	-38,2	-33,8
TEP-1/18/01D	3393,2	-44,3	-38,1	-34,9
TEP-1/19/01D	3394,25	-44,6	-38,9	-35,8
TEP-1/20/01D	3409,2	-45,8	-39,1	-36,9

Tab. 5.35. Podsumowanie wyników analizy składu izotopowego gazu 10 próbek z syluru, ordowiku i kambru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Kod próbki gazu desorbowanego	Głębokość [m]	N_2	CO_2	Węglowodory						Postęp desorpcji
				C1	C2	C3	C4	C5	C6	
		[%Vol.]		[%Vol.]						[%]
TEP-1/01/01/D	3349,1–3349,4	0,54	<0,1	79,8	14,5	3,99	1,03	0,168	0,007	7,9
TEP-1/01/02/D	3349,1–3349,4	<0,01	3,8	22,6	34,9	23.64	10.38	3,516	1,093	84,2
TEP-1/02/01/D	3350,8–3351,1	0,59	<0,1	72,3	17,4	6,84	2,34	0,513	0,07	9,4
TEP-1/03/01/D	3357,05–3357,35	0,42	<0,1	75,3	17,4	5.21	1,49	0,251	0,02	8,7
TEP-1/03/02/D	3357,05–3357,35	<0,01	3,4	17,6	35,2	24,86	12,95	4,586	1,35	82,2
TEP-1/04/01/D	3358,6–3358,9	0,62	<0,1	71,1	19,8	6,13	1,9	0,377	0,062	9,3
TEP-1/05/01/D	3360,8–3361,I	<0,01	<0,1	82	13,4	3,43	0,99	0,188	0	3,4
TEP-1/06/01/D	3361,9–3362,2	1,82	<0,1	81,9	12	3,4	0,81	0,111	0	3,5
TEP-l/07/01/D	3364,15–3364,45	0,83	0,4	75,8	15,3	5,29	1,89	0,462	0,074	7,6
TEP-1/07/02/D	3364, I 5–3364,45	0,01	2,5	33,6	30,5	19.34	9.16	3,589	1,211	87,4
TEP-1/08/01/D	3366,57–3366,88	<0,01	<0,1	81,9	13,2	3,78	0,86	0,161	0,03	7
TEP-1/08/02/D	3366,57–3366,88	<0,01	3,9	18,6	37,2	25,81	10,43	3,221	0,877	89,6
TEP-1/09/01/D	3371,03–3)71,33	<0,01	<0,1	69,8	12,9	8,05	5,21	3,005	1,095	2,8
TEP-1/10/01/D	3376–3376,3	1,16	<0,1	79,2	14,8	3.79	0,91	0,128	0,005	5,3
TEP-1/10/02/0	3376–3376,3	0,07	1,5	26,7	34,9	22,56	9,74	3,509	1,03	89,2
TEP-1/11/01/0	3377,9–3378,2	0,6	<0,1	80,3	14,4	3,68	0,89	0,155	0,025	4,9
TEP-1/11/02/D	3377,9–3378,2	<0,01	1,6	31,6	34,7	20,42	8,o7	2,773	0,748	85,7
TEP-1/12/01/0	3379–3379,3	0,93	<0,1	70,7	19,1	6,77	2,03	0,388	0,039	8,7
TEP-1/12/02/D	3379–3379,3	<0,01	1,1	26,6	27,6	25,58	13,1	4,756	1,202	83,7
TEP-1/13/01/D	3379,72–3380	0,69	<0,1	68,2	21,3	7,25	2,08	0,375	0,053	9,3
TEP-1/14/01/D	3381,44–3381,74	0,48	<0,1	72,2	19,3	6.1	1,67	0,281	0,032	8,7
TEP-1/14/02/D	3381,44–3381,74	<0,01	1,8	16,2	32,5	28,4	14,5	5,224	1,37	80,1
TEP-1/15/01/D	3382,7–3383	0,85	0,3	78	15,1	4,24	1,19	0,26	0,048	5,6
TEP-1/16/01/D	3384,7–3385	36,38	<0,1	53,9	6,9	1,83	0,61	0,261	0,103	1,7
T[P-1/17/01/D	3388,31–3388,61	10,96	<0,1	76,2	9,7	2,44	0,58	0,118	0,01	3,4
TEP-1/17/02/0	3388,31–3388,61	0,28	2,8	53,1	27,6	11,24	3,68	1,059	0,298	82,5
TEP-l/18/01/D	3393,2–3393,5	<0,01	<0,1	87,1	10,4	2,12	0,41	0,066	0,002	4,3
TEP-l/18/02/D	3393,2–3393,5	<0,01	5,2	25,8	40,2	20,64	5,78	1,924	0,462	87,8
TEP-1/19/01/0	3394,25–3394,55	<0,01	<0,1	90,3	8,2	1,31	0,2	0,037	0,003	2,9
TEP-l/20/01/0	3409,2–3409,5	61,65	<0,1	27,5	6,3	2,66	1,21	0,576	0,155	3,1

←**Tab. 5.36.** Podsumowanie wyników analizy składu molekularnego gazu z syluru, ordowiku i kambru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Parametr [%]	Ilość prób	Zakres zmian parametru		Średnia wartość	Odchylenie standardowe
				od	do		
SYLUR	formacja z Pelplina	Kwarc	2	21,4	22,4	21,9	0,7
		Dolomit	2	0,4	0,6	0,5	0,1
		Skalenie	2	1,9	2,3	2,1	0,3
		Plagioklazy	2	3,8	4,1	3,95	0,2
		Piryt	2	1,0	3,9	2,8	1,6
		Anataz	2	0,5	0,7	0,6	0,1
		Chloryt	2	6,6	7,6	7,1	0,7
		Suma minerałów ilastych	2	48,7	48,9	48,8	0,1
	formacja z Pasłęka	Kwarc	10	21,4	30,7	24,6	2,7
		Kalcyt	6	0,5	7,5	2,6	2,9
		Dolomit	10	0,4	3,3	1,3	1,1
		Skalenie	10	1,9	3,3	2,7	0,4
		Ankeryt	4	0,6	2,2	1,6	0,8
		Plagioklazy	10	3,8	6,5	5,1	0,9
		Piryt	10	1,6	9,1	5,1	2,1
		Markasyt	1	4,6			
		Anataz	10	0,5	0,9	0,8	0,1
		Chloryt	10	6,6	17,8	11,0	3,2
		Suma minerałów ilastych	10	48,7	65,4	57,7	6,4
	formacja z Jantaru	Kwarc	23	16,7	35,8	24,6	4,6
		Kalcyt	23	0,8	31	8,1	10,3
		Dolomit	22	0,2	8,4	1,8	1,8
		Skalenie	23	1.6	5,5	3,1	1,2
		Ankeryt	13	0,8	7,1	2,2	1,8
		Plagioklazy	23	2,9		4,1	0,7
		Piryt	23	1.5	5,7	3,2	1,2
		Markasyt	22	0,4	3,9	1,6	0,8
		Anataz	23	0,5	1,3	0,9	0,3
		Chloryt	23	3,5	11,7	7,7	2,1
		Kaolinit	3	1,4	1,7	1,5	0,2
		Suma minerałów ilastych	23	37,8	60,2	51,6	8,2
ORDOWIK	formacja z Sasina	Kwarc	12	18,5	52	32,9	11,8
		Kalcyt	9	0,4	3,6	1,4	1,0
		Dolomit	4	0,5	2,5	1,7	0,9
		Skalenie	12	1	5,1	2,9	1,5
		Ankeryt	5	0,6	1,9	1,4	0,7
		Plagioklazy	12	1,7	4,2	3,1	0,7
		Piryt	12	1,7	33,3	7,3	8,5
		Markasyt	11	0,6	2,4	1,4	0,6
		Anataz	12	0,4	0,9	0,6	0,2
		Chloryt	12	4,4	17,5	8,5	3,7
		Suma minerałów ilastych	12	29,8	63,6	49,7	10,3

Tab. 5.37. Podsumowanie wyników badań składu mineralnego w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Ilość prób	Zakres [meq/100g]		Średnia	Odchylenie standardowe
			od	do		
SYLUR	formacja z Pelplina	1	5		n.o.	n.o.
	formacja z Pasłęka	2	6	15	n.o.	6,36
	formacja z Jantaru	18	3	11, 5	6,6	2,11
ORDOWIK	formacja z Sasina	9	3,5	9	6,0	1,7

Tab. 5.38. Podsumowanie wyników badań zdolności jonowymiennej skał z syluru, i ordowiku w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Litostratygrafia	Parametr [g/cm^3]	Ilość prób	Zakres		Średnia
SYLUR	WENLOK	formacja z Pelplina	gęstość materiałowa	2	2,76	2,76	-
			gęstość szkieletowa	2	2,74	2,76	-
			gęstość obietościowa	2	2,55	2,56	-
	LANDOWER	formacja z Pasłęka	gęstość materiałowa	7	2,72	2,83	2,77
			gęstość szkieletowa	7	2,67	2,78	2,75
			gęstość objętościowa	7	2,49	2,58	2,53
		formacja z Jantaru	gęstość materiałowa	23	2,64	2,83	2,71
			gęstość szkieletowa	23	2,58	2,81	2,68
			gęstość objętościowa	23	2,43	2,68	2,53
ORDOWIK	KARADOK + LANWIRN GÓRNY	formacja z Sasina	gęstość materiatowa	13	2,61	2,79	2,68
			gęstość szkieletowa	13	2,59	2,77	2,64
			gęstość objętościowa	13	2,40	2,67	2,53

Tab. 5.39. Podsumowanie wyników badań wyniki badań gęstości właściwej i objętościowej 20 próbek z syluru, ordowiku i kambru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia/ Litostratygrafia		Parametr [%]	Ilość prób	Zakres		Średnia
				od	do	
SYLUR	formacja z Pelplina	porowatość całkowita	2	8,02	8,37	8,20
		porowatośc otwarta	2	7,44	7,88	7,66
	formacja z Pasłęka	porowatość całkowita	7	5,25	11,78	9,6
		porowatość otwarta	7	3,32	11,36	8,62
	formacja z Jantaru	porowatość całkowita	23	2,22	10,69	6,99
		porowatośc otwarta	23	1,49	9.54	5,70
ORDOWIK	formacja z Prabut	porowatość całkowita	1	6,85		n. o
		porowatośc otwarta	1	6,25		
	formacja z Sasina	porowatość całkowita	12	1,22	9,42	5,99
		porowatość otwarta	12	0,27	8,82	4,48
KAMBR ŚRODKOWY		porowatość całkowita	20	0,42	5,56	2,36

Tab. 5.40. Podsumowanie wyników badań porowatości całkowitej i otwartej z syluru, ordowiku i kambru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia/ Litostratygrafia		Parametr [%]	Ilość prób	Zakres		Średnia
				od	do	
KAMBR		porowatość efektywna	20	0,5	5,13	2,06

Tab. 5.41. Podsumowanie wyników badań porowatości efektywnej w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia/ Litostratygrafia		Parametr [mD]	Ilość prób	Zakres		Średnia
				od	do	
KAMBR		przepuszczalności	20	0	132,443	14,07

Tab. 5.42. Podsumowanie wyników badań przepuszczalności w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Straty-grafia	Litostratygrafia	Parametr	Ilość prób	Zakres		Średnia
				od	do	
SYLUR	formacja z Pelplina	wskaźnik objętości szczelin [l/cm]	2	5,63	8,87	n.o
		porowatość szczelinowa [%]		1,91	2,9	
		przepuszczalność szczelinowa [mD]		0,83	1,98	
		średnia rozwartość szczelin [mm]		0,0084	0,0152	
	formacja z Pasłęka	wskaźnik objętości szczelin [l/cm]	7	2,99	11,09	7,37
		porowatość szczelinowa [%]		2,11	3,52	2 84
		przepuszczalność szczelinowa [mD]		0,67	3,01	1,61
		średnia rozwartość szczelin [mm]		0,0119	0,0146	0,0135
	formacja z Jantaru	wskaźnik objętości szczelin [l/cm]	24	3,54	23,77	9,78
		porowatość szczelinowa [%]		1,55	3,89	2,62
		przepuszczalność szczelinowa [mD]		0,47	4,92	1,93
		średnia rozwartość szczelin [mm]		0,0075	0,0186	0,0130
ORDOWIK	formacja z Sasina	wskaźnik objętości szczelin [l/cm]	12	4,67	16,86	0,44
		porowatość szczelinowa [%]		0, 98	3 16	1,86
		przepuszczalność szczelinowa [mD]		0,48	3,8	1,63
		średnia rozwartość szczelin [mm]		0,0064	0,0131	0,0086

Tab. 5.43. Podsumowanie wyników badań mikroszczelinowatości w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia	Litostratygrafia	Parametr	Ilość próbek	Zakres [%]		Średnia [%]
				od	do	
SYLUR	formacja z Pasłęka	Kp_1[%]	9	3,06	8,85	4,61
		Kp_2[%]		3,26	4,99	4,09
		Kp_{NMR}[%]		7,14	10,84	8,70
		Swnr[%]		42,32	61,68	52,76
	formacja z Jantaru	Kp_1[%]	22	2,34	4,83	3,89
		Kp_2[%]		2,52	6,5	3,59
		Kp_{NMR}[%]		5,64	11,25	7,48
		Swnr[%]		41,49	60,33	52,30
ORDOWIK	formacja z Sasina	Kp_1[%]	12	2,13	5,44	3,63
		Kp_2[%]		2,33	4,62	3,43
		Kp_{NMR}[%]		4,59	9,46	7,06
		Swnr[%]		40,11	60,32	50,39
KAMBR		Kp_1[%]	2	0,08	0,25	
		Kp_2[%]		0,15	0,71	
		Kp_3[%]		0,08	1,7	
		$Kp1_{NMR}$[%]		0,32	2,66	
		$Kp2_{NMR}$[%]		0,23	2,41	
		Swnr[%]		9,34	26,54	
		Kp_1[%]	8	0,08	1,05	0,41
		Kp_2[%]		0,18	2,22	0,9
		Kp_3[%]		0,02	2,32	0,47

		Kp_{1NMR}[%]		0,29	3,69	1,77
		Kp_{2NMR}[%]		0,21	3,06	1,36
		Swnr[%]		8,61	35,6	25,54

Tab. 5.44. Podsumowanie wyników analizy rozkład nasycenia przestrzeni porowej skał (NMR) w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia	Litostratygrafia (ilość prób)	Nasycenie w porowatości całkowitej			Nasycenie w porowatości otwartej		
		woda [%]	biruminy [%]	gaz [%]	woda [%]	bituminy [%]	gaz [%]
SYLUR	firmacja z Jantaru (8 prób)	0-36,25 (śr. 20,06)	0,3-1,22 (śr. 0,7)	63,11-99,02 (śr. 79,24)	0-99,25 (śr. 48,36)	0,75-2,8 (śr. 1,68)	0-97,98 (śr. 49,96)
ORDOWIK	formacja z Prabut (1 próba)	14,10	0,36	85,54	48,36	1,68	49,96
	formacja z Sasina (10 prób)	0-52,44 (śr. 15,94)	0,06-1,1 (śr. 0,42)	47,39-99,66 (śr. 83,64)	0-97,69 (śr. 37,57)	0,29-2,64 (śr. 1,14)	0-98,86 (śr. 61,30)
KAMBR ŚRODKOWY	(1 próba)	6,13	0,59	93,27	22,15	2,14	75,71

Tab. 5.45. Podsumowanie wyników analizy nasyceń metodą Deana-Stark'a w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Głębokość próbki [m]	Stratygrafia	Czas nasiąkliwości kapilarnej [s] dla roztworu				
		H_2O	3% KCl	7% KCl	3%$CaCl_2$	5% NH_4CI
3356,93	ORDOWIK	63,6	46,2	49,1	47 9	43,6
3360,31		731,7	67,4	64,2	78,9	60,6
3361,4		137,3	56,5	57,3	58,9	61
3362,15		113,3	57,9	58,7	56,6	63,6
3366,0		310,2	55,9	59,0	63,5	61 8
3379,29	SYLUR	142,1	51,8	49,7	50,6	58,5
3394,58		186,3	56,7	58,4	59,3	58,6

Tab. 5.46. Podsumowanie wyników badań wpływu cieczy wiertniczych na skały czasu kapilarnej nasiąkliwości w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Głębokość próbki [m]	Stratygrafia	Wrażliwość łupka na oddziaływanie roztworów				
		H_2O	3% KCl	7% KCl	3%$CaCl_2$	5% NH_4CI
3356,93	ORDOWIK	6,7	4,6	5,1	4,9	4,3
3360,31		88,2	7,2	7	8,7	6,4
3361,4		15,7	5,9	6,1	63	6,4
3362,15		12,8	6,1	6,3	6	6,8
3366,0		36,8	5,8	6,4	6,8	65
3379,29	SYLUR	16,3	5,3	5,2	5,2	6,1
3394,58		21,7	5,9	6 3	6,3	6,1

Tab. 5.47. Podsumowanie wyników badań wpływu cieczy wiertniczych na wrażliwość łupków w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Głębokość próbki (m)	Stratygrafia	Ciecz				
		H_2O	3% KCl	7% KCl	3%$CaCl_2$	5% NH_4CI
3356,93	ORDOWIK	6,3	2,9	3	5,9	3,7
3360,31		18,6	14,1	16	21	15
3361,40		7,4	5,5	6,7	7,4	6,2
3362,15		6,8	5	4,6	6	6,8
3366,00		10,5	9,5	10,7	14,9	10,1
3379,29	SYLUR	5,3	3,3	2,2	1,3	2,9
3394,58		7,5	5,7	6	7,1	7,1

Tab. 5.48. Podsumowanie wyników badań wpływu cieczy wiertniczych na pęcznienia łupków w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Wartość	m [g]	h [mm]	d [mm]	h/d [-]	ρ_s [kg/m³]
SYLUR	formacja z Pelpina	min	498,47	98,24	49,2	2	2643
		max	539,11	107,27	49,37	2,2	2668
		średnia 3próby	513,87	101,39	49,28	2,07	2657
	formacja z Pasłęka	1 próba	507,87	101,11	49,19	2,1	2643
	formacja z Jantaru	min	476,91	97,1	49,2	2	2517
		max	498,54	102,12	49147	2,1	2586
		średnia 3 próby	489,68	99,85	49,37	2,03	2562,33
ORDOWIK	formacja Prabut	1 próba	515,55	98,38	49,61	2	2711
	formacja z Sasina	min	487,71	106,55	49,06	2	2421
		max	487,95	100,44	49,4	2,2	2619
		średnia 2 próby	487,83	103,495	49,23	2,1	2520

Tab. 5.49. Podsumowanie wyników badań geomechanicznych w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Wartość	$V_p\perp$ [m/s]	$E_d\perp$ [GPa]	$V_s\perp$ [m/s]	$\nu_d\perp$ [-]	$E_{d(v)}\perp$ [GPa]	$K_d\perp$ [GPa]	$G_d\perp$ [GPa]
SYLUR	formacja z Pelpina	min	4980	65,6	2277	0,34	38,2	44,3	13,8
		max	5259	73,6	2456	0,38	42,7	53,5	15,9
		średnia	5143	70,4	2375	0,36	40,9	50,4	14,9
	formacja z Pasłęka	1 próba	5045	67,3	2523	0,33	44,9	44,9	16,8
	formacja z Jantaru	min	4483	50,6	2276	0,33	34,6	33,2	13,0
		max	4977	64,1	2430	0,35	40,8	44,0	15,3
		średnia	4793	59,1	2372	0,34	38,6	39,8	43,3
ORDOWIK	formacja z Prabut	1 próba	5562	83,9	2626	0,36	50,7	58,9	18,7
	formacja z Sasina	min	4686	53,2	2355	0,32	37,3	34,3	14,1
		max	4930	61,6	2417	0,35	38,0	42,9	14,1
		średnia 2 próby	4808	114,8	4772	0,67	37,65	17,2	14,1

Tab. 5.50. Podsumowanie wyników badań ultradźwiękowe geomechanicznych w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia	Interwał próby [m]	Max naprężenie niszczące [MPa]		Parametry sprężystości wyznaczone						
				moduł Younga IGPal			współczynnik Poissona			
				Wg ASRM i ISRM			Wg ASRM i ISRM			WG UW
		$\sigma_{1\,max}$	$\sigma_{1\text{-}3}$	Es	Et si	Eav	ns	nt	nav =	nav1
formacja z Pelpina	3280,44–3280,73	132	112	31,5	31,4	31,1	0,18	0,23	0,22	0,21
	3281,72–3281,85	229	189	28,5	25,9	28,4	0,23	0,28	0,25	0,22
	3282,35–3282,5	178	138	26!7	24,5	25,9	0,2	0,24	0.22	0,21
formacja z Pasłęka	3335,2–3335,47	293	208	24,3	18,8	23,2	0,21	0,27	0,22	0,19
formacja z Jantaru	3349,17-3349,32	180	140	21,2	18,1	20,3	0,2	0,25	0,21	0,18
	3357,64-3357,8	216	131	15,4	12,1	16,5	0,14	0,21	0,13	0,11
	3365-3365,12	224	184	24.5	21,4	23,5	0,18	0,24	0,20	0,17
formacja	3371,42–3371,54	231	191	40,3	*37,5*	*39,5*	0,2	0,27	0,23	0,2
formacja z Sasina	3376,48–3376,64	130	110	24,7	24	23,7	0,13	0,19	0,20	0,17
	3383,6–3383,96	148	128	20,7	20,9	21,8	0,2	0,2	0,19	0,19

Tab. 5.51. Podsumowanie wyników badań wytrzymałościowe geomechanicznych w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Stratygrafia		Interwal próby	Gaz desorbowany	Gaz resztkowy	Gaz tracony	Gaz całkowity
		[m]	[m³/t]			
SYLUR	formacja z Jantaru	3349,1–3349,4	1,24	0,04	0,25	1,53
		3350,8–3351,1	1,15	0,05	0,3	1,5
		3357,05–3357,35	1,04	0,06	0,28	1,38
		3358,6–3358,9	1,02	0,04	0,3	1,36
		3360,8–3361,1	0,67	0,04	0,04	0,75
		3361,9–3362,2	0,84	0,04	0,05	0,93
		3364,15–3364,45	1,37	0,06	0,34	1,77
		3366,57–3366,88	1,03	0,05	0,22	1,3
ORDOWIK	formacja z Prabut	3371,03–3371,33	0,23	0,07	0,01	0,31
	formacja z Sasina	3376–3376,3	2,14	0,03	0,37	2,54
		3377,9–3378,2	1,97	0,05	0,35	2,37
		3379–3379,3	1,45	0,04	0,45	1,94
		3379,72–3380	1,35	0,04	0,5	1,89
		3381,44–3381,74	1,25	0,04	0,48	1,77
		3382,7–3383	2,0	0,06	0,53	2,59
		3384,7–3385	0,64	<0,01	0,01	0,65
		3388,31–3388,61	1,47	0,1	0,04	1,61
		3393,2–3393,5	1,41	0,09	0,19	1,69
		3394,25–3394,55	1,49	0,08	0,1	1,67
KAMBR		3409,2–3409,5	0,14	<0,01	0,01	0,15

Tab. 5.52. Podsumowanie wyników badań desorpcji z ordowiku, syluru i kambru z interwału 3349,1-3409,5 m w otworze Tępcz-1 (na podstawie Sowa i inni, 2017).

Stratygrafia		Interwal próby [m]		Temperatura pomiaru izotermy ['C]	Uziarnienie próbki [mm)]
SYLUR	formacja z Jantaru	3349,1	334i,4	105	0,29-0,6
		3364,15	3364,45		
ORDOWIK	formacja z Sasina	3376	3376,3	105	
		3382,7	3383		
		3394,25	3394,55		

Tab. 5.53. Podsumowanie wyników badań izotermy sorpcji z ordowiku i syluru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Interwał próby rdzenia	Gęstość Rdzenia [g/cc]	Stratygrafia	TOC [wt. %]	VsL [m³/t]	pL [Mpa]
3349,1–3349,4	2,61	formacja z Jantaru	2,52	1,59	5,5
3364,15–3364,45	2,6		1,69	1,317	13,5
3376,0–3376,3	2,52	formacja z Sasina	4,66	2,397	4,9
3382,7–3383	2,54		3,56	1,658	11,2
3394,25–3394,55	2,63		3,60	2,101	10,4

Tab. 5.54. Podsumowanie wyników badań zawartości materii organicznej z ordowiku i syluru w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Głębokość GD [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
329,5	1473	BSAT: profilowanie czasu interwałowego fali akustycznej	TAK
20	1475	cementomierz akustyczny	TAK
50	328	cementomierz akustyczny	TAK
329,5	1466	CSNG: spekytrometryczne naturalne promieniowanie gamma	TAK

1475	3417	CSNG: spekytrometryczne naturalne promieniowanie gamma	TAK
329,5	1469,5	D4TG: profilowanie gamma	TAK
1475	3410	D4TG: profilowanie gamma	TAK
329,5	1467	DLL: profilowanie oporności sterowane	TAK
1475	3425	DLL: profilowanie oporności sterowane	TAK
329,5	1469	DSN II: profilowanie neutronowe	TAK
1475	3425	DSN: profilowanie neutronowe	TAK
329,5	1474	FIAC: profilowanie średnicy otworu	TAK
1475	3418	FIAC: profilowanie średnicy otworu	TAK
1475	3421	GEM: profilowanie geochemiczne	TAK
29	355	GR: profilowanie gamma	TAK
2416	3417	MRIL: rezonans magnetyczny	TAK
329,5	1472	MSFL: profilowanie oporności strefy przemytej	TAK
1475	3428	MSFL: profilowanie oporności strefy przemytej	TAK
329,5	1470	PK: profilowanie krzywizny otworu	TAK
1475	3416	PK: profilowanie krzywizny otworu	TAK
15	3420	profilowanie prędkości średnich - pionowe profilowanie sejsmiczne	TAK
329,5	1475,5	SDLT: kompensacyjne profilowanie gamma-gamma gęstości objętościowej	TAK
1475	3428,5	SDLT: kompensacyjne profilowanie gamma-gamma gęstości objętościowej	TAK
1475	3425	WS: profilowanie akustyczne dipolowe	TAK
1475	3428,5	XRMI: mikrooporności ściany otworu	TAK
29	355	XYCAL: profilowanie średnicy otworu	TAK

Tab. 5.55. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

Głębokość MD [m]	Stratygrafia	Zanik płuczki [m^3]
1480	formacja z Pucka	2,2
1480		2,2
1480		2,4
1480		5,7
1480		0,8

Tab. 5.56. Objawy w trakcie wiercenia (zaniki płuczki) w otworze Tępcz-1 (na podstawie Sowa i inni, 2017).

Głębokość MD [m]		Stratygrafia	Objawy
od	do		
3270	3288	wenlok	zaobserwowano liczne, punktowe odgazowania
3330	3348	landower	objawy odgazowywania rdzenia
3348	3410		w całości interwału rdzeniowania liczne ślady odgazowań

Tab. 5.57. Objawy węglowodorów w rdzeniach w otworze Tępcz-1 (Sowa i in., 2017).

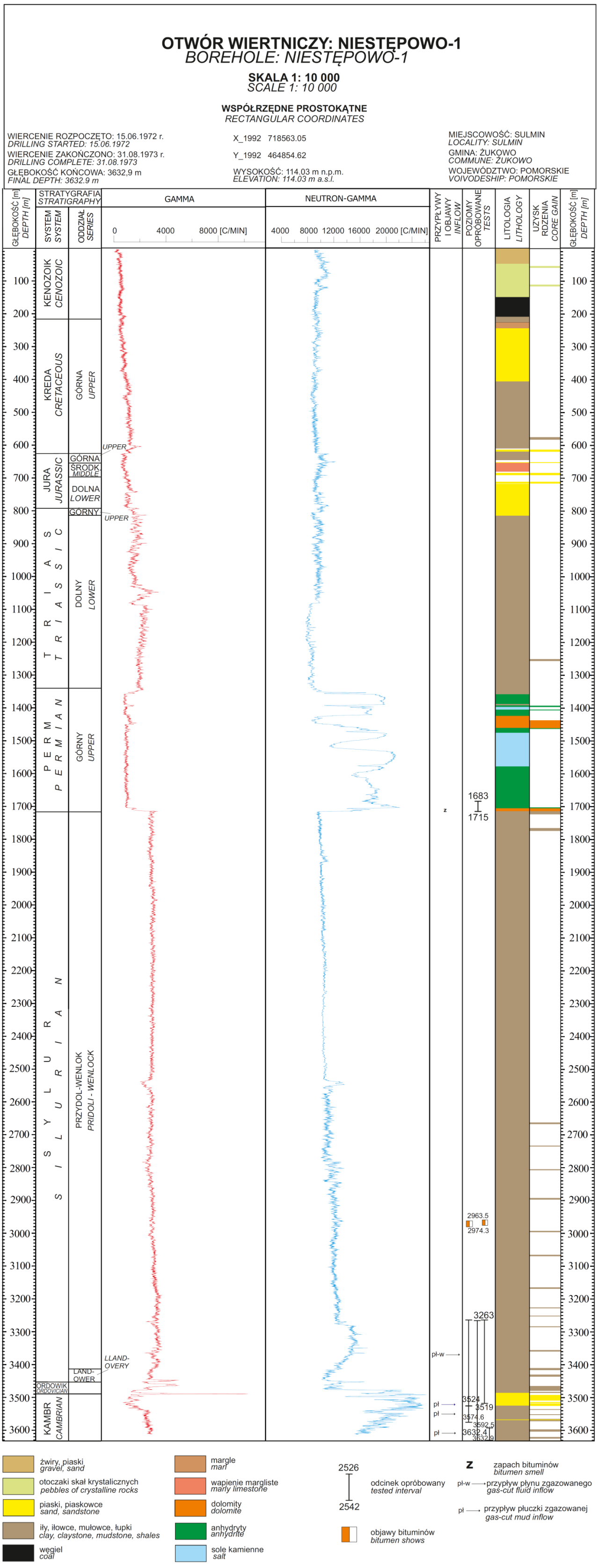


Fig. 5.2. Uproszczony profil otworu Niestępowo-1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kalbarczyk i Śliwiński, 1974).

6. SEJSMIKA

Obszar przetargowy „Kartuzy” jest rozpoznany stosunkowo rzadką siecią profili sejsmicznych (Fig. 6.1–6.2) i wymaga dalszych badań. Pierwsze prace sejsmiczne na tym terenie prowadzono już w latach 60-tych ubiegłego wieku, kiedy pomiary przeprowadzano z zapisem analogowym. Ówczesne możliwości techniczne miały ogromny wpływ na jakość obrazu sejsmicznego, a refleksów podcechszyńskich nie udało się uzyskać. Próby eliminacji zakłóceń na tych danych w latach późniejszych również się nie powiodły.

Kolejne badania przeprowadzono dopiero w latach 2003–2004 i 2008. Pierwszy temat sejsmiczny 2D „Kościerzyna – Gdańsk” zrealizowała Geofizyka Kraków (Fig. 6.3). Rozmieszczenie profili miało charakter regionalny, a jego celem było m.in. rozpoznanie przebiegu przykrawędziowej bariery oolitowej dolomitu głównego, określenie budowy utworów dolnopaleozoicznych, w szczególności kambru środkowego, ale także rozpoznanie litostatygrafii potencjalnych skał zbiornikowych dla złóż węglowodorów. Drugi temat sejsmiczny – Baltic Basin 2D – wykonała Geofizyka Toruń, a profile miały charakter uzupełniający wcześniejsze prace.

Najnowsze dane dla obszaru „Kartuzy” pozyskano w latach 2010–2012 w ramach dwóch tematów sejsmicznych: „Somonino – Przywidz” (południowa część obszaru) oraz „Baltic Basin 2D” (północna część obszaru). Zagęściły one w znaczący sposób dotychczasową siatkę profili sejsmicznych 2D. Dodatkowo, przez NE i E część obszaru „Kartuzy” przebiega fragment profilu PL1-1200, wykonany w ramach regionalnego projektu badań PolandSpan.

Badania sejmiczne wykonane dotychczas na obszarze przetargowym „Kartuzy” umożliwiły identyfikację kilku struktur perspektywicznych w utworach niższego paleozoiku:

Struktura	Horyzont sejsmiczny
Somonino	Kambr środkowy, Ordowik
Chmielno	Kambr środkowy
Hopowo	Ordowik
Lublewo	Ordowik

Dane sejsmiczne z obszaru przetargowego „Kartuzy” należą do Skarbu Państwa. Należy jednak zaznaczyć, że pomiary wykonane w ramach koncesji nr 71/2009/p „Gdańsk W” (Baltic Basin 2D) są objęte zakazem udostępniania i wglądu.

Listę profili sejsmicznych na obszarze przetargowym „Kartuzy” zestawiono w Tab. 6.1. Pominięto tam jednak linie krótsze niż 2 km.

Informacje źródłowe niniejszego rozdziału – dane sejsmiczne będące własnością Skarbu Państwa, które są niezbędne dla prawidłowej analizy perspektywiczności naftowej obszaru „Kartuzy”, zostały zebrane i wycenione w osobnym miejscu – „Projekcie cyfrowych danych geologicznych”. Jest on dostępny do wglądu w ramach „DATA ROOMu” w Czytelni NAG w trakcie trwania piątej rundy przetargów na koncesje węglowodorowe w Polsce.

Nazwa	Rok wyk.	Temat	Rejon	Koncesje	Właściciel	Długość [km]
12-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk		Wejherowo 50/2001/p, Kartuzy 51/2001/p, Kościerzyna 44/2001/p	Skarb Państwa	28,53
13-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	28,04
14-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	28,2
5-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	28,09
6-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	27,17
7-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	30,12
8-9-03K	2003	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	33,03
T0084307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	3,92
T0094307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	4,59
T0114307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	28,66
T0124307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	23,92

T0134307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	26,41
T0144307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	30,64
T0154307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	21,66
T0164307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	27,78
T0174307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	16,41
T0204307	2007	Kościerzyna – Gdańsk			Skarb Państwa	2,97
16-9-10K	2010	Baltic Basin 2D	Synekliza Perybałtycka	Gdańsk W, 71/2009/p	Skarb Państwa	11,07
17-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	7,56
1-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	28,73
2-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	15,77
3-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	23,42
4-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	18,3
5-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	15,56
6A-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	12,43
6B-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	15,79
7-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	16,61
8-9-10K	2010	Baltic Basin 2D			Skarb Państwa	8,5
T0029011	2011	Somonino – Przywidz 2D		Kartuzy-Szemud 72/2009/p, Stara Kiszewa 1/2011/p	Skarb Państwa	7,62
T0039011	2011	Somonino – Przywidz 2D			Skarb Państwa	4,45
T0049011	2011	Somonino – Przywidz 2D			Skarb Państwa	5,96
T0059011	2011	Somonino – Przywidz 2D			Skarb Państwa	5,41
T0069011	2012	Somonino – Przywidz 2D			Skarb Państwa	9,97
T0079011	2012	Somonino – Przywidz 2D			Skarb Państwa	2,96
PL1-1200	2012	PolandSPAN			Skarb Państwa	24,23
					Suma:	**624,48**

Tab. 6.1. Lista profili sejsmicznych (dłuższych niż 2 km) na obszarze przetargowym „Kartuzy”.

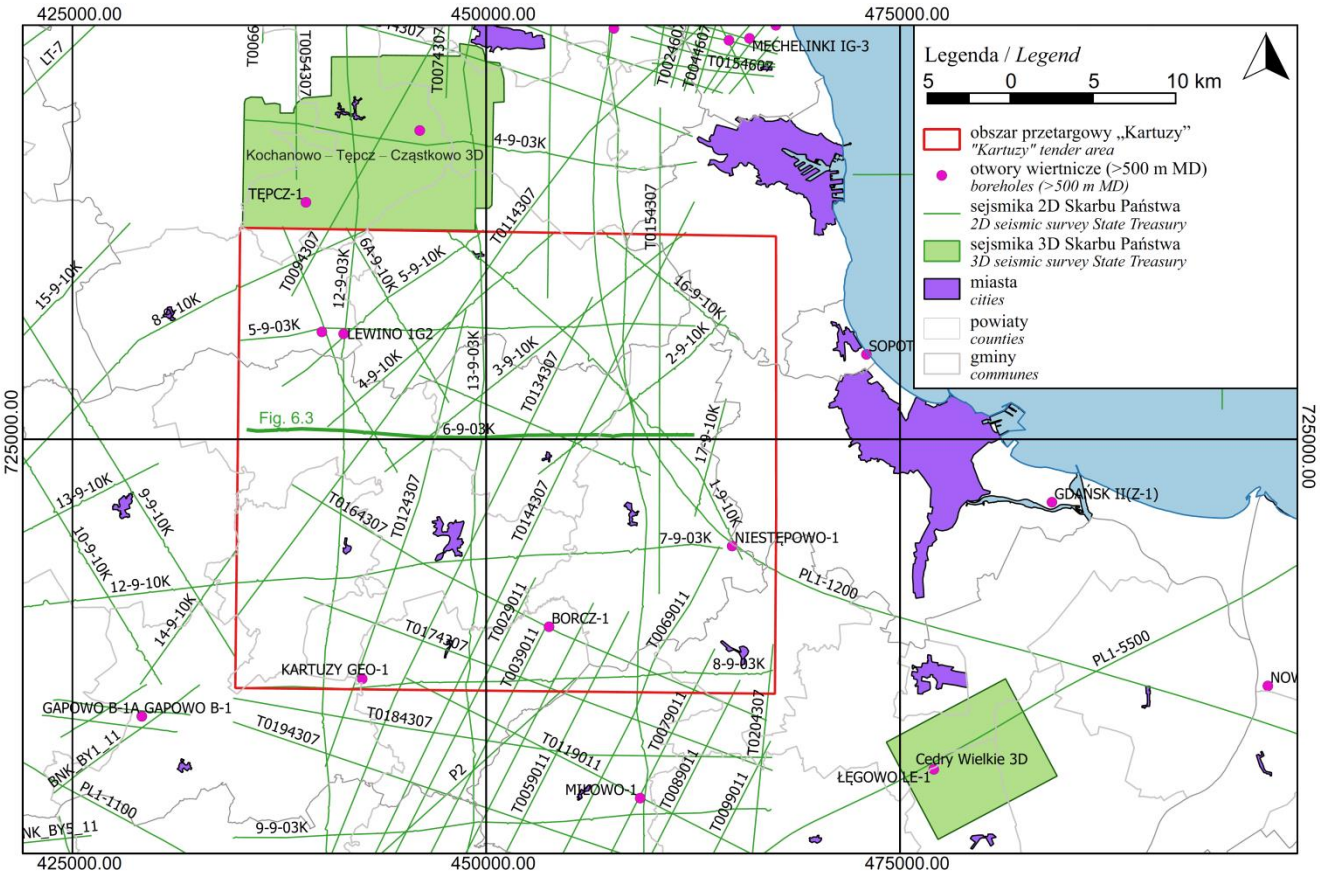


Fig. 6.1. Lokalizacja badań sejsmicznych 2D i 3D na obszarze przetargowym „Kartuzy” i w jego sąsiedztwie.

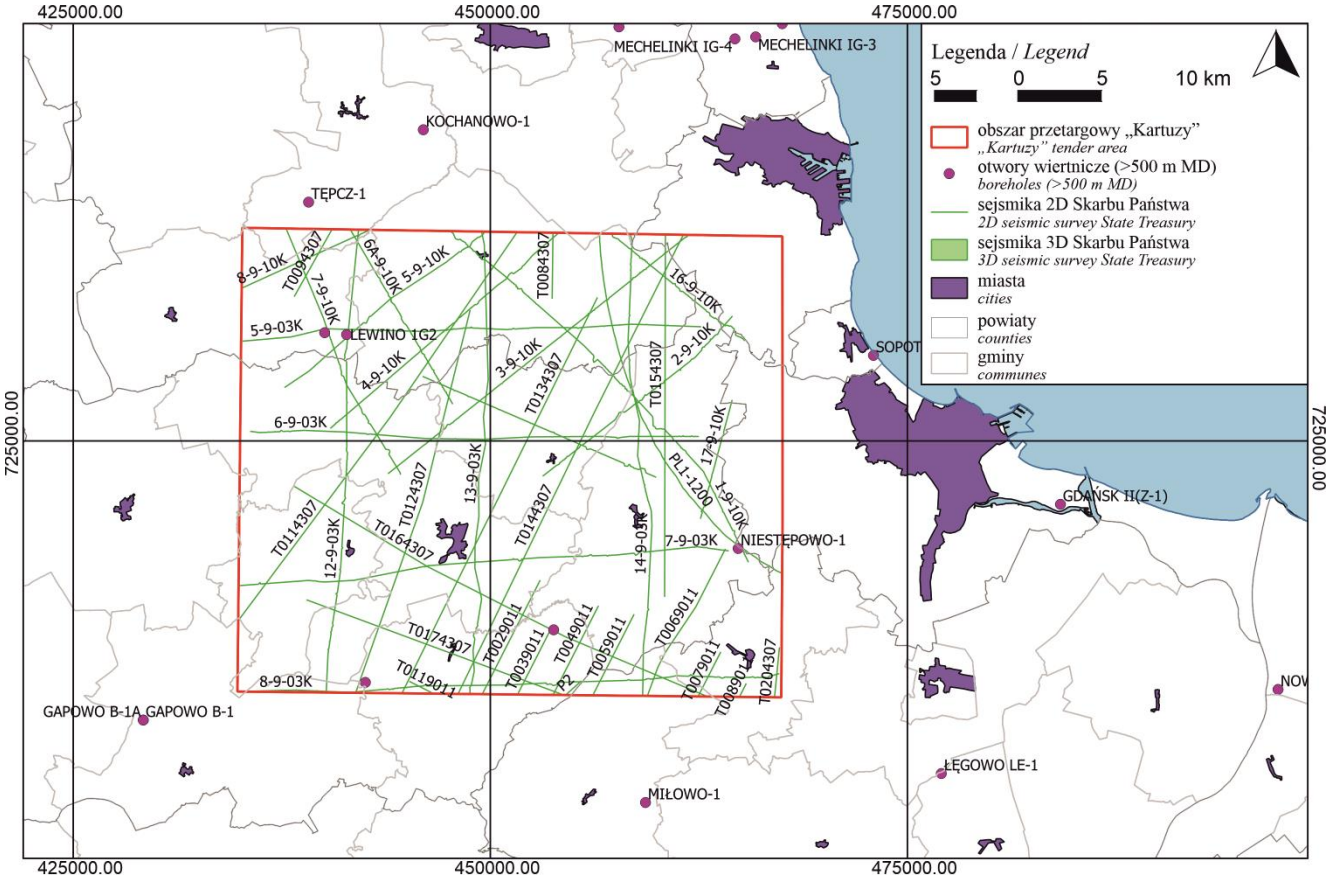


Fig. 6.2. Lokalizacja badań sejsmicznych 2D na obszarze przetargowym „Kartuzy".

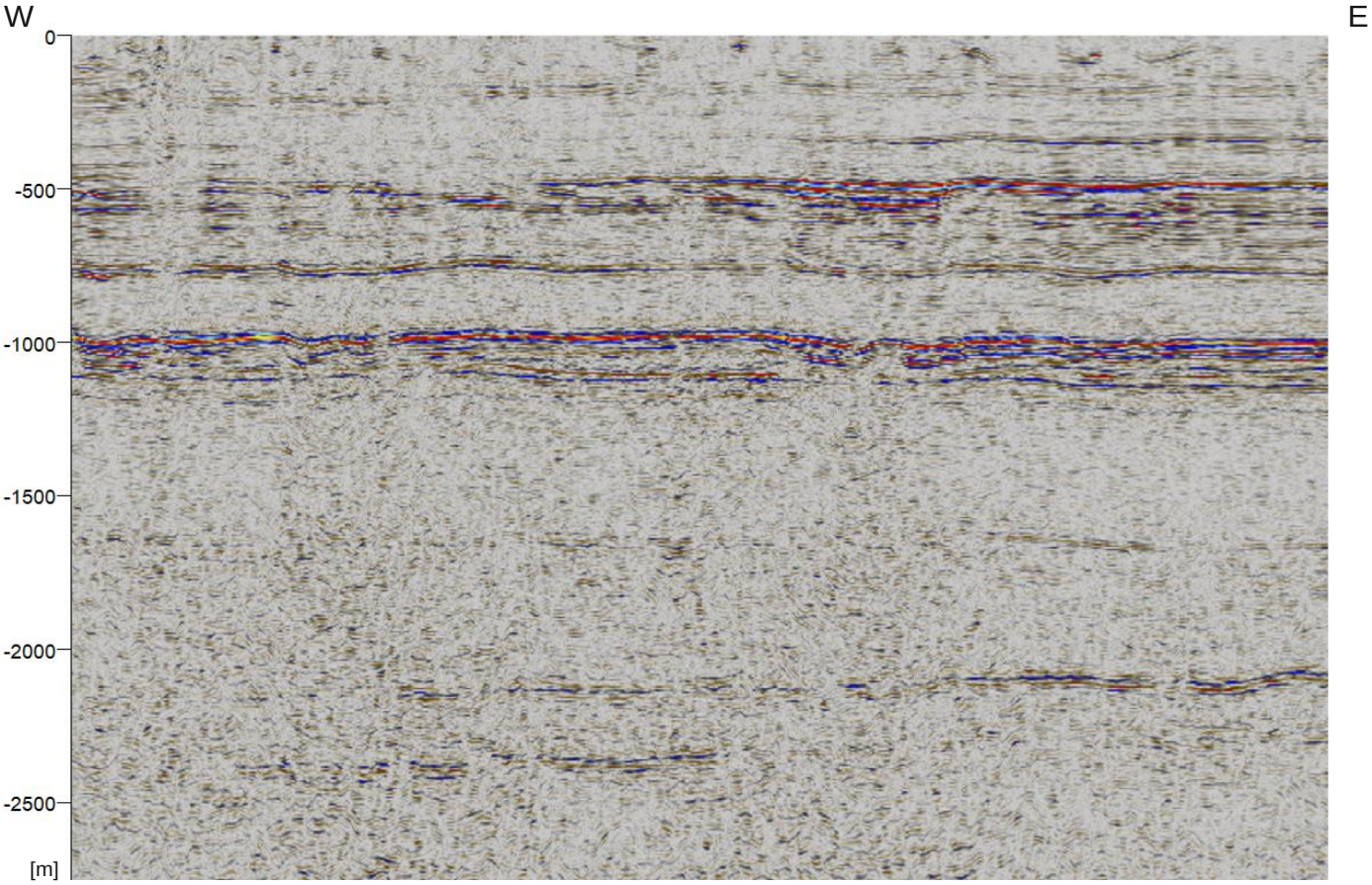


Fig. 6.3. Przykładowy profil sejsmiczny z obszaru przetargowego „Kartuzy": 6-9-03K w wersji głębokościowej (Wnuk, 2009).

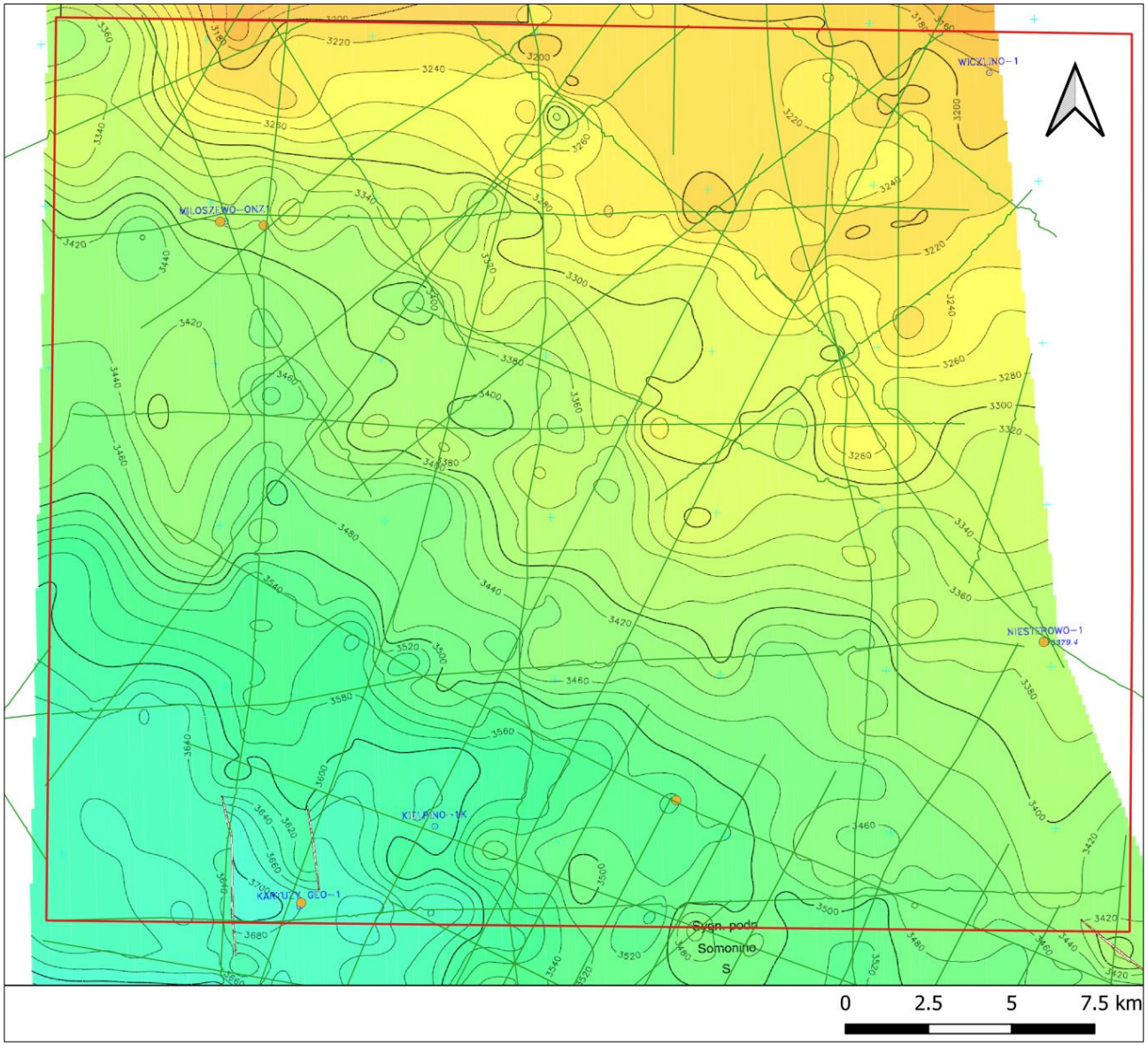


Fig. 6.4. Szkic głębokościowy horyzontu Cm2 – środkowy kambr (Wnuk, 2009). Czerwoną linią zaznaczono granice obszaru przetargowego „Kartuzy".

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

Pierwsze badania grawimetryczne w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" wykonano w latach 50-tych XX w. Było to zdjęcie o charakterze regionalnym (Stolarek i in., 1957), które jednak ze względu na sposób udokumentowania i stan zachowania tejże dokumentacji, nie zostało scyfrowane i nie jest dostępne w CBDG.

Obszar przetargowy „Kartuzy" został pokryty grawimetrycznym zdjęciem o charakterze półszczegółowym w ramach tematu „Wyniesienie Łeby i Synekliza Perybałtycka" (Okulus i Wasiak, 1970; Fig. 7.1.) o średnim zagęszczeniu 1,75 pkt/km^2. Zdjęcie to sąsiaduje od południowego zachodu z tematem „Darłowo – Bytów – Starogard Gdański – Sztum" (Bochnia i Duda, 1969), o bardzo podobnym zagęszczeniu punktów pomiarowych (1,8 pkt/km^2).

Stworzenie komputerowego banku danych grawimetrycznych umożliwiło opracowanie i opublikowanie „Atlasu grawimetrycznego Polski" (Królikowski i Petecki, 1995), w którym anomalie grawimetryczne zostały obliczone w międzynarodowym systemie grawimetrycznym IGSN 71 (International Gravity Standardization Net, 1971), z uwzględnieniem formuły Moritza na pole normalne dla elipsoidy odniesienia GRS 80 (Geodetic Reference System, 1980). Atlas zawiera mapy anomalii grawimetrycznych o charakterze przeglądowym w skalach 1 : 500 000 i 1 : 750 000. Tak opracowane dane pomiarowe zdjęcia poszczegółowego są dostępne w CBDG w postaci cyfrowego banku danych. Współrzędne stacji pomiarowych zostały przeliczone na układ 1992 przez Instytut Geodezji i Kartografii (Kryński, 2007). Należy jednak pamiętać, że współrzędne te charakteryzują się błędem przekraczającym w niektórych przypadkach 100 m.

Problemy te nie dotyczą szczegółowych zdjęć profilowych, których w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" zrealizowano kilka. W południowej części obszaru znajdują się profile wykonane z krokiem pomiarowym wynoszącym 40 m, wykonane w ramach tematu ukierunkowanego na poszukiwanie złóż węgla brunatnego (Okulus, 1981). W zachodniej części Fig. 7.1 jest widoczny fragment regionalnego profilu Gorzów Wielkopolski – Bytów (Kleszcz, 1975) o dwustumetrowym kroku pomiarowym. Te dwa zdjęcia pierwotnie były lokalizowane w układzie Borowa Góra, ale lokalizacje zostały przeniesione na współczesne podkłady topograficzne, co umożliwiło dokładne odczytanie współrzędnych w układzie 1942.

Opisany w tym rozdziale materiał pomiarowy stał się podstawą do wielu opracowań interpretujących obraz grawitacyjny obszaru obecnego zainteresowania (m.in. Gaczyński i in., 1986; Grobelny, 1970; Królikowski i in., 1986).

Najnowszymi zdjęciami grawimetrycznymi, wykonanymi zgodnie ze współczesnymi wymaganiami jakościowymi, są dwa zdjęcia „Kościerzyna – Gdańsk". Interpretacja pierwszego z nich (Ostrowski i in., 2004) pozwoliła na określenie przebiegu granic gęstościowych występujących w obrębie utworów permskich (także granicy związanej z utworami dolomitu głównego) oraz kambryjskich. Dodatkowo wytyczono strefy zaburzone tektonicznie. Pomiary wykonano zarówno w siatce rozproszonej (4 pkt/km^2) jak i wzdłuż wybranych linii profili sejsmicznych (krok pomiarowy 250 m) tzw. system „online". Opracowano mapy podstawowe jak i transformowane, a także przeprowadzono wstępną interpretację jakościową rozkładu pola grawitacyjnego. Drugie zdjęcie (Stefaniuk i in., 2008) miało na celu rozpoznanie tzw. strefy małych prędkości. Pomiary grawimetryczne wykonano wzdłuż linii sejsmicznej i magnetotellurycznej, a w ramach interpretacji podjęto próbę znalezienia relacji pomiędzy parametrami petrofizycznymi wynikającymi z wszystkich trzech metod.

Na Fig. 7.2 zamieszczono mapę anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, która została skonstruowana na podstawie bazy danych opracowanej na potrzeby realizacji „Atlasu grawimetrycznego Polski" (Królikowski i Petecki, 1995). Zgodnie z podziałem na regionalne jednostki grawimetryczne przyjętym w „Atlasie…" obszar przetargowy

„Kartuzy” znajduje się w obrębie ujemnej anomalii związanej z synekliżą perybałtycką, która to anomalia mieści się w obrębie Wyżu Mazursko-Mazowieckiego. Region ten jest obszarem grawimetrycznie bardzo zaburzonym, czego przyczyny należy upatrywać w płytkim występowaniu podłoża krystalicznego i we względnie płaskim, niezaburzonym zaleganiu skał osadowych (Królikowski i Petecki, 1995).

Pomiary grawimetryczne uzyskane w wyniku realizacji nowego zdjęcia w rejonie Gdańska – Kościerzyny (Ostrowski i in., 2004) nie wprowadziły znaczących zmian w obrazie anomalii pola siły ciężkości omawianego obszaru, ale dzięki uszczegółowieniu możliwe było przeprowadzenie szczegółowej interpretacji obrazów transformowanych, ukierunkowanych na konkretne przedziały głębokości.

Obraz składowej rezydualnej pola siły ciężkości obliczonej metodą Griffina (r_1 = 5 km i r_2 = 9 km) umożliwił rozpoznanie zmienności litologicznej i elementów strukturalnych w przedziale głębokości (teoretycznie) 2,5–4,5 km p.p.m.

Obraz anomalii rezydualnych dla przedziału głębokości 2,5–4,5 km (Fig. 7.3) cechuje się dużą zmiennością, co w połączeniu z profilami geologicznymi otworów świadczy o bardzo dużej zmienności litologiczno-gęstościowej syluru, wypełniającego górną część rozpatrywanego interwału głębokości.

Na północny wschód od miejscowości Szemud (północna granica obszaru przetargowego „Kartuzy”), obecna jest anomalia ujemna, osiągającą wartość poniżej -1 mGal. Przyczyny tej anomalii należy upatrywać w lokalnym nagromadzeniu lżejszych osadów syluru. Podobne, również ujemne anomalie, to ta rozciągająca się na wschód od linii łączącej miejscowości Reda i Rumia oraz leżąca w centralnej części obszaru przetargowego „Kartuzy”, wyraźnie ujemna anomalia, zarejestrowana pomiędzy Somoninem a Przodkowem.

We zachodniej części obszaru przetargowego „Kartuzy”, na północ od równoleżnika 54°20’ rozciąga się rejon dodatnich wartości anomalii rezydualnych o bardzo nieregularnym kształcie i braku wyraźnej osi. Jedynym wytłumaczeniem tej anomalii są zmiany litologii, polegające na lokalnej sedymentacji cięższych osadów.

Na omawianym obrazie grawimetrycznym najwyraźniej zaznacza się rejon dodatnich wartości anomalii rezydualnych, o kilkukilometrowej szerokości, rozciągający się z zachodu do Szymbarka i w okolice miejscowości Kolbudy Górne (na południe od obszaru przetargowego „Kartuzy”), a następnie na północny wschód do otworu Niestępowo-1 i dalej poza obszar prac. Wyraźny gradient poziomy siły ciężkości na granicy z wyżej opisywaną anomalią ujemną świadczy o ostrym kontraście gęstościowym mas skalnych. Na pozostałych odcinkach obwiedni anomalii, strefy gradientowe są rozmyte i gęsto powyginane, co wskazuje na zwiększoną miąższość cięższej facji syluru. Nie można również wykluczyć niewielkiego wyniesienia podłoża, w tym kambru, o rozciągłości zbliżonej do SW-NE.

W celu wyodrębnienia efektu grawitacyjnego pochodzącego od kompleksu zalegającego na głębokości 0,5–2,5 km obliczono anomalie rezydualne na podstawie filtracji częstotliwościowej (Fig. 7.3). Na obrazie tych anomalii rezydualnych, z punktu widzenia poszukiwań naftowych interesujące są anomalie dodatnie odwzorowujące wyniesione utwory w obrębie permu (głównie wyniesienia obejmujące dolomit główny).

Pomiędzy miejscowościami Luzino, Łebno i Szemud (północna część i sąsiedztwo obszaru przetargowego „Kartuzy”) stwierdzono dwie anomalie dodatnie, o osiach biegnących południkowo. Cechy obu anomalii wskazują, iż formy te związane są prawdopodobnie z zaburzeniami tektonicznymi w wyższych partiach cechsztynu, powodującymi wyniesienie osadów cięższych. Podobny charakter ma anomalia stwierdzona w odległości około 6 km na południowy wschód od miejscowości Szemud.

Następna, bardzo interesująca dodatnia forma anomalna, rozciąga się równoleżnikowo pomiędzy miejscowościami Mirachowo i Przodkowo (centralna część obszaru przetargowego „Kartuzy”), z wyraźnym odgałęzieniem w kierunku Chmielna. Okonturowują ją strefy podwyższonego gradientu poziomego, które niewątpliwie mają związek z czyn-

nikami tektonicznymi, wynoszącymi utwory cięższe w obrębie cechsztynu.

Pomiędzy rejonem położonym kilka kilometrów na zachód od Szymbarka i otworu Niestępowo-1 (południowa krawędź obszaru przetargowego „Kartuzy") rozprzestrzenia się obszar podwyższonych wartości anomalii rezydualnych, które mają wprawdzie amplitudy nieco mniejsze od poprzednich, ale też głębokość do cechsztynu w tej części obszaru prac jest większa, niż w rejonie wcześniej opisanym. Źródło omawianych form anomalnych jest prawdopodobnie dwojakiego rodzaju, na co składa się wyniesienie cięższych osadów cechsztynu i nadbudowa tych struktur na garbie podłoża sylurskiego (Ostrowski i in., 2004).

Dokumentacje grawimetryczne

1. Królikowski, C., zespół. 1985. Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii od podłoża podpermskiego północno-zachodniej Polski, etap I – Model strukturalno-gęstościowy. Inw. 33910, Arch. CAG PIG, Warszawa.
2. Królikowski, C., zespół. 1986. Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii podłoża podpermskiego północno-zachodniej Polski. Etap II /ostatni/ - Opracowanie mapy anomalii od podłoża permu, 1986. Inw. 35725, Arch. CAG PIG, Warszawa.
3. Okulus, H. 1981. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (obszary: Kiełpino, Piotrowo, Graniczna Wieś, Rokitki), 1981r. Inw. 2138, Arch. CAG PIG, Warszawa.
4. Okulus, H., Wasiak, I. 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Wyniesienie Łeby i Synekliza Perybałtycka. Inw. 1636, Arch. CAG PIG, Warszawa.
5. Ostrowski, C., zespół. 2004. Dokumentacja badań grawimetrycznych w rejonie Kościerzyna – Gdańsk, 2003. Inw. 4516/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
6. Stefaniuk, M., Targosz, P., Wojdyła, M. 2008. Dokumentacja prac magnetotellurycznych i grawimetrycznych Kościerzyna – Gdańsk, 2007 r. Inw. 4696/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
7. Stolarek, J., Grzywacz, J., Kruk, B. 1957. Badania grawimetryczne na Pomorzu w 1957 r. Inw. 12111/59, Arch. CAG PIG, Warszawa.

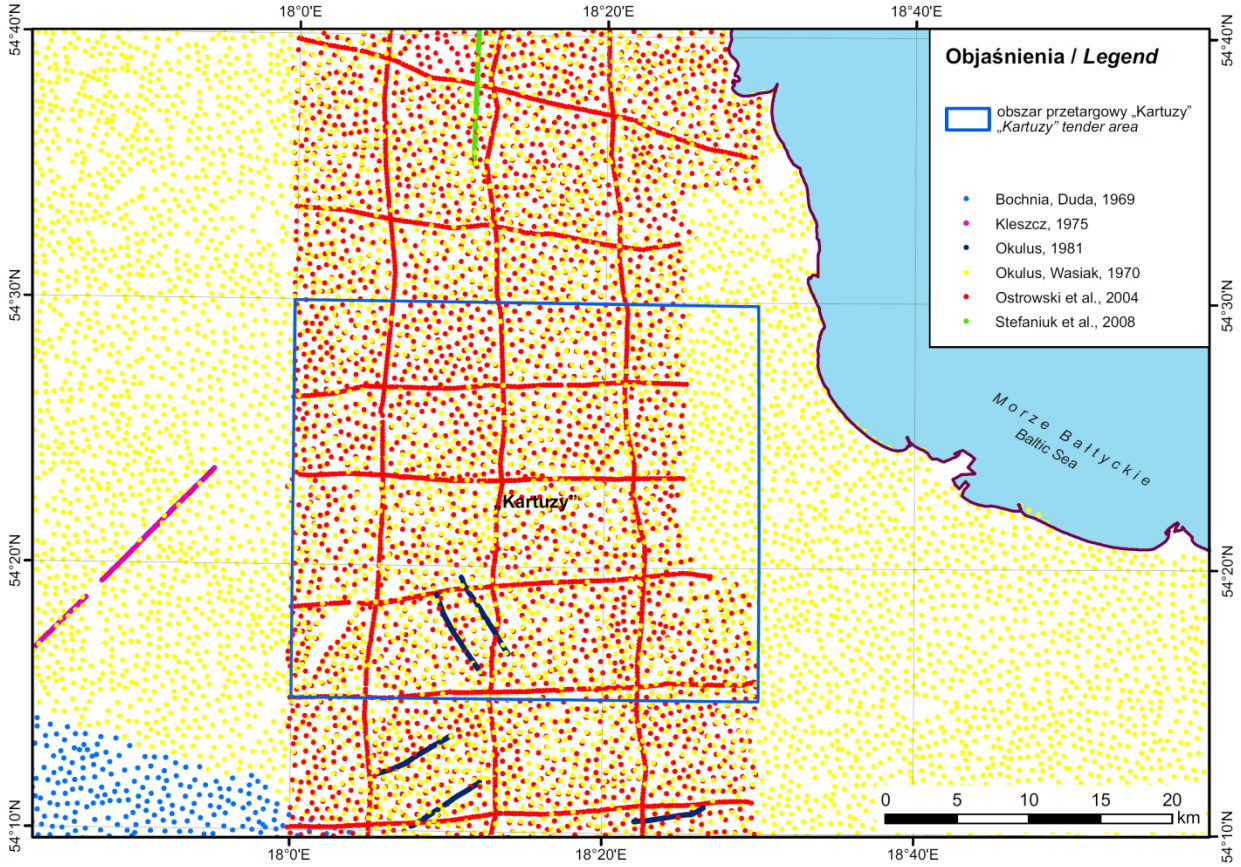


Fig. 7.1. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych i szczegółowych (profile grawimetryczne) na obszarze przetargowym „Kartuzy" (na podstawie danych CBDG, 2021).

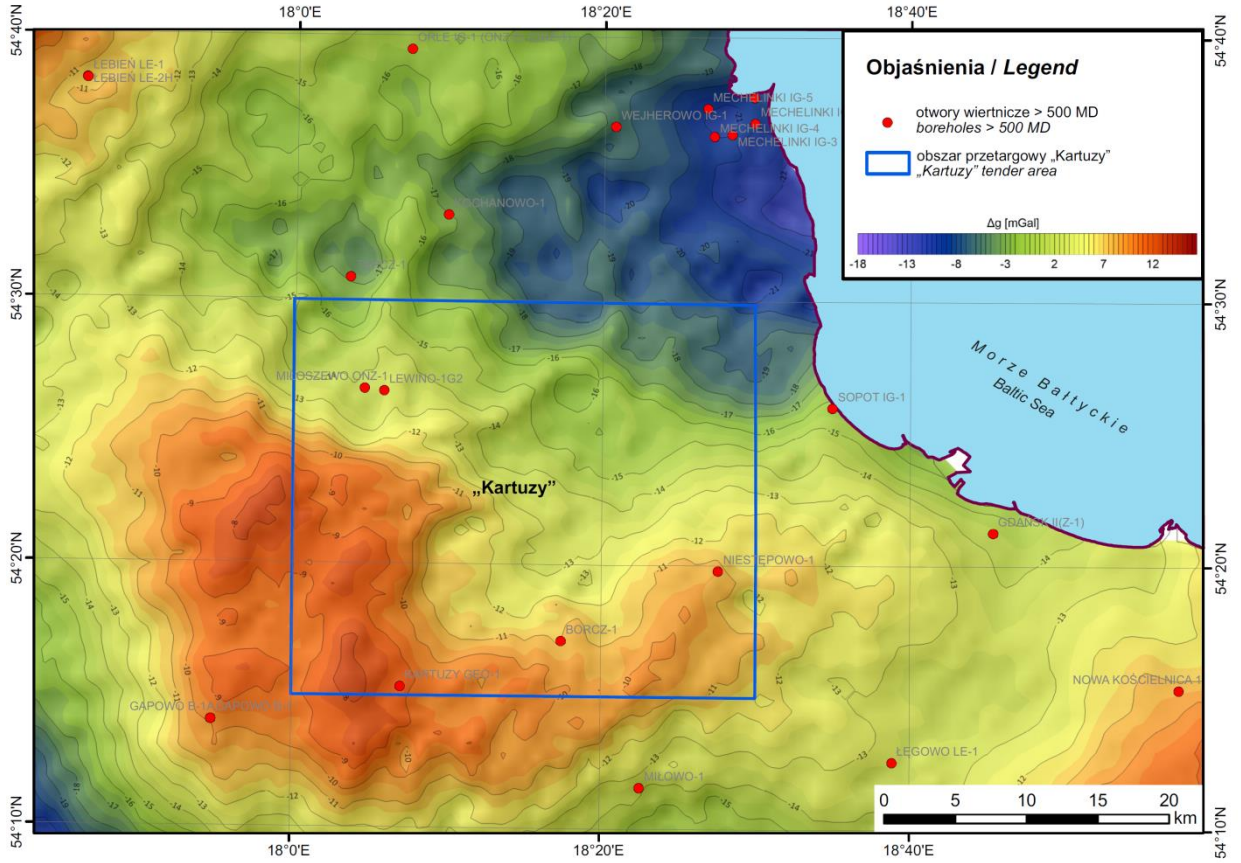


Fig. 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Królikowski i Petecki, 1995).

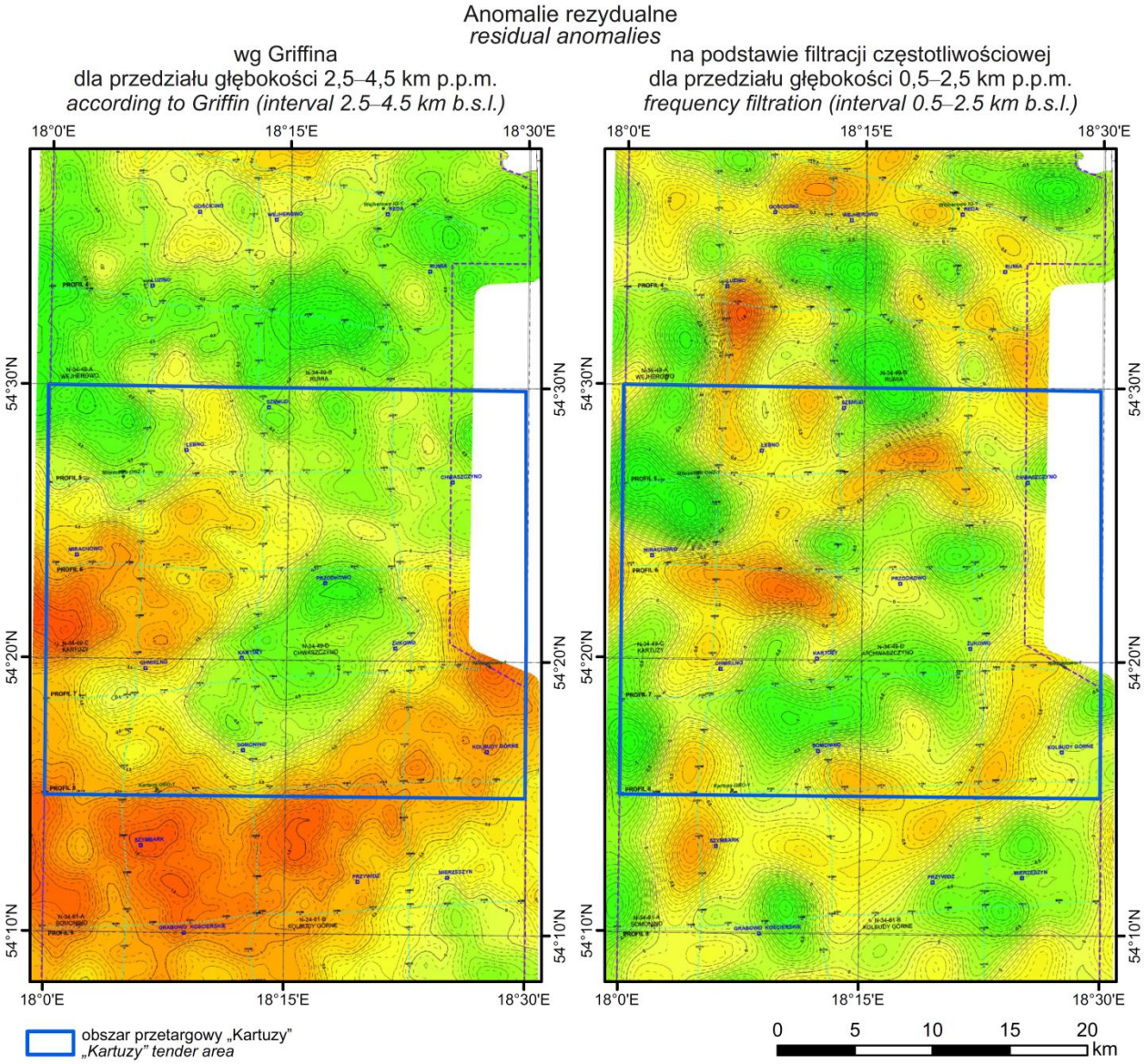


Fig. 7.3. Mapy grawimetrycznych anomalii rezydualnych dla różnych przedziałów głębokości (Ostrowski i in., 2004).

7.2. BADANIA MAGNETYCZNE

Pierwsze badania pola magnetycznego w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" wykonano pod koniec lat 50-tych ubiegłego wieku. Wykonano wówczas zdjęcie regionalne składowej pionowej ΔZ (Kozera, 1955; Orecki, 1955; Fig. 7.4), o średnim zagęszczeniu 0,33 pkt/km^2. Prace te posłużyły opracowaniu map anomalii ΔZ w skali 1 : 300 000 w cięciu arkuszy 1 : 100 000 (Dąbrowski i in., 1956), a ta stała się bazą dla opracowań interpretacyjnych (Dąbrowski i Karaczun, 1958; Szlachta, 1971).

Obecnie obszar przetargowy „Kartuzy" jest pokryty rozproszonym zdjęciem magnetycznym o charakterze półszczegółowym „Brzeżna strefa platformy prekambryjskiej" (Kosobudzka, 2002). Zdjęcie to zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem 2 pkt/km^2. Obecność zelektryfikowanych linii kolejowych (na północ i na wschód od obszaru przetargowego „Kartuzy") spowodowała konieczność zastosowania tzw. różnicowej metody pomiarów (Kosobudzka, 1998), co przejawia się charakterystycznym, pasmowym układem punktów pomiarowych. Od zachodu zdjęcie to sąsiaduje z wcześniejszymi tematami „Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia" (Kosobudzka, 1988,

1991), które zostały opracowane z podobnym zagęszczeniem punktów pomiarowych.

Na Fig. 7.4 zaznaczono również lokalizację pomiarów morskich wykonanych w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego wieku (Kosobudzka i Paprocki, 1995). Ponieważ nie dotyczą one jednak bezpośrednio obszaru koncesji nie będą tu szerzej omawiane.

Mapa anomalii całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego ΔT przedstawiona na Fig. 7.5 została sporządzona w oparciu o zbiór danych przygotowanych na potrzeby opracowania mapy magnetycznej Polski (Petecki i Rosowiecka, 2017). Stosując podział na domeny magnetyczne zastosowany przez Peteckiego i Rosowiecką (2017), obszar koncesji „Kartuzy" należy przypisać do domeny Pomorsko-Mazurskiej (*PMd - Pomerania – Mazury domain*). Jest to domena o bardzo zróżnicowanym obrazie magnetycznym. Źródłem anomalii magnetycznych są tu głównie skały formacji anortozytowo-mangetytowo-charnockitowo-granitowej (*ang: AMCG -Anorthosite–Mangerite–Charnockite-Granite association)*. Jedną z takich anomalii jest widoczna na Fig. 7.5 anomalia obejmująca południowo-zachodnią część obszaru przetargowego „Kartuzy". Anomalia pozostaje w ścisłej korelacji z dodatnią anomalią grawimetryczną (Fig. 7.2). Silnie dodatnie anomalie magnetyczne związane są w tym rejonie z obecnością intruzji gabrowych, norytowych, monzodiorytowych i granodiorytowych, co zostało potwierdzone licznymi wierceniami (Wiszniewska, 1995).

Dokumentacje magnetyczne

1. Dąbrowski, A., Karaczun, K., Karaczun, M., Orkisz, H. 1956. Przeglądowa Mapa Magnetyczna Polski 1 : 300 000, Anomalie składowej pionowej "Z" magnetyzmu ziemskiego, wydanie tymczasowe I i II. Kat. ObO/2176, Arch. CAG PIG, Warszawa.
2. Dąbrowski, A., Karaczun, M. 1958. Próba interpretacji ilościowej wyników badań magnetycznych w północno-wschodniej Polsce. Inw. 11526; 11527, Arch. CAG PIG, Warszawa.
3. Kosobudzka, I. 1988. Dokumentacja częściowa półszczegółowych badań magnetycznych temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1988 r., w rejonie Kołobrzegu – Ustki. Inw. 1257/91, Arch. CAG PIG, Warszawa.
4. Kosobudzka, I. 1991. Sprawozdanie z półszczegółowych badań magnetycznych ΔT, temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, rok 1990. Inw. 1287/91, Arch. CAG PIG, Warszawa.
5. Kosobudzka, I. 2002. Półszczegółowa mapa magnetyczna T w brzeżnej strefie platformy prekambryjskiej, 1998-2002 rok. Inw. 1311/2002; 8117/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
6. Kosobudzka, I., Paprocki, A. 1994. Sprawozdanie z prac tematu: Mapa magnetyczna Bałtyku Południowego w skali 1 : 200 000 wraz z komputerowym bankiem danych, anomalie modułu T całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego Ziemi. Inw. 820/95, Arch. CAG PIG, Warszawa.
7. Kozera, A. 1955. Sprawozdanie z prac magnetycznych tematu: „Regionalne badania magnetyczne na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii" przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II PPG w roku 1954. Inw. 40596, Arch. CAG PIG, Warszawa.
8. Orecki, A. 1955. Sprawozdanie z regionalnych badań magnetycznych na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii w 1954r. Inw. 40599, Arch. CAG PIG, Warszawa.
9. Szlachta, K. 1971. Interpretacja anomalii magnetycznych na obszarze wschodniej części syneklizy perybałtyckiej. Inw. 34/84, Arch. CAG PIG, Warszawa.

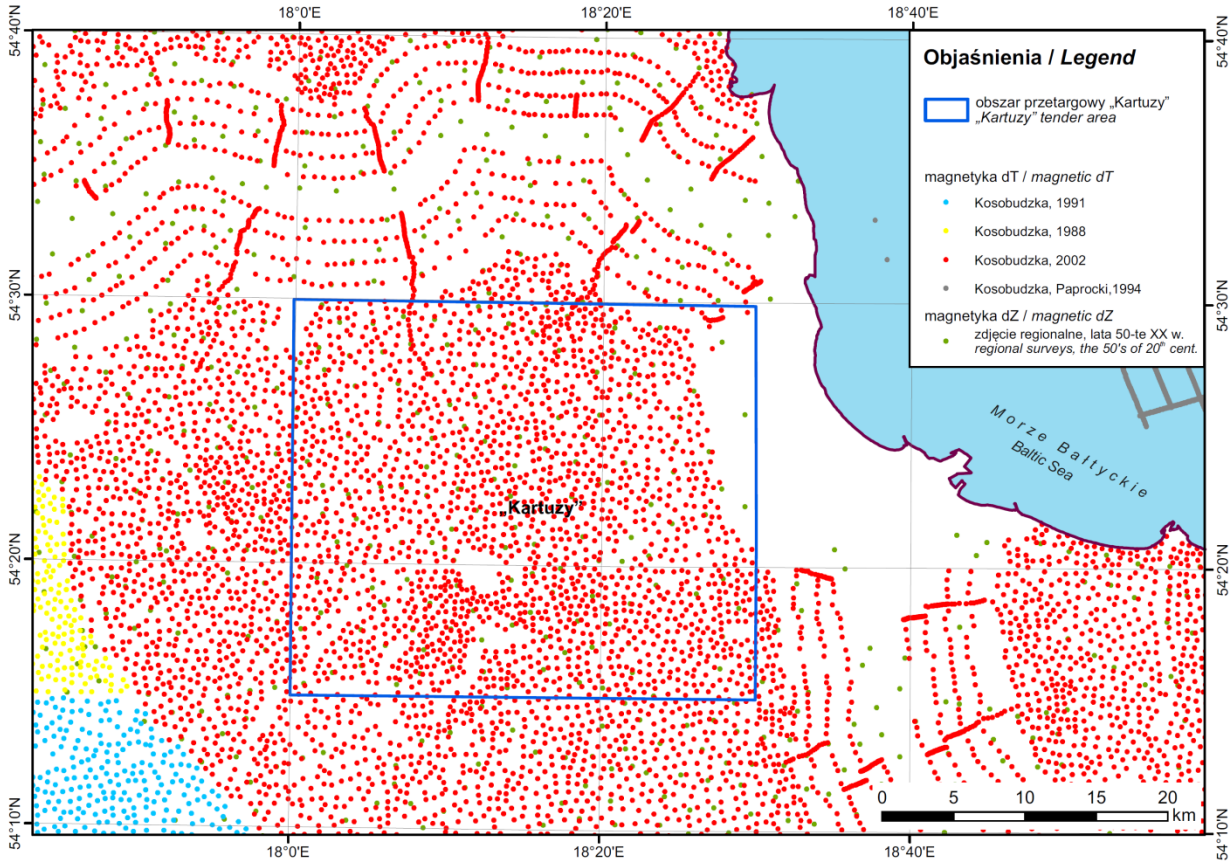


Fig. 7.4. Lokalizacja stanowisk pomiarowych modułu całkowitego wektora pola geomagnetycznego T na obszarze przetargowym „Kartuzy" (na podstawie danych CBDG, 2021).

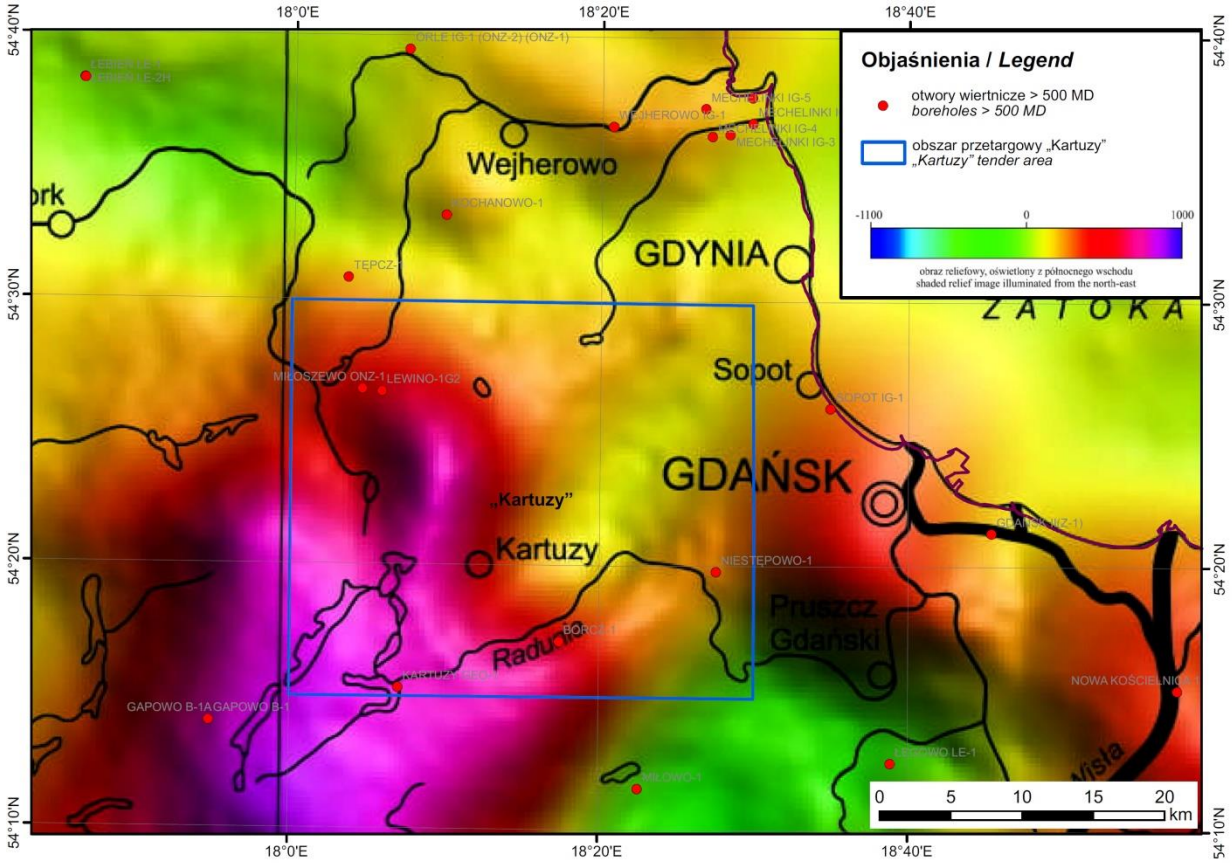


Fig. 7.5. Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego T w rejonie obszaru przetargowego „Kartuzy" (Petecki i Rosowiecka, 2017).

7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE

Na początku XXI w. wykonano dwa zdjęcia magnetotelluryczne w rejonie Kościerzyna – Gdańsk (Stefaniuk i Wojdyła, 2004; Stefaniuk i in., 2008; Fig. 7.6) o zupełnie odmiennych celach. W pierwszym z opracowań (Stefaniuk i Wojdyła, 2004) wykonano zestaw sondowań i dwa profile ciągłe, przebiegające wzdłuż wybranych profili sejsmicznych, tak aby ich wyniki uzupełniły interpretację danych sejsmicznych i grawimetrycznych. Badania były ukierunkowane na rozwarstwienie i rozpoznanie litologiczne utworów paleozoiku, a także prześledzenie tektoniki kompleksu podcechsztyńskiego. Stwierdzono silne lateralne zróżnicowanie oporności w kompleksie sylurskim (lub też uznawanym za utwory syluru). Na podstawie wyników profilowań opracowano modele geologiczne. Część z wyznaczonych na modelu uskoków koreluje się ze strefami gradientów maksymalnych anomalii grawimetrycznych. Stwierdzono, że morfologia stropu prekambru jest zróżnicowana, wykształcenie kambru nie jest jednolite, a strefy dominacji litotypu piaskowcowego wiążą się prawdopodobnie z wyniesieniami podłoża prekambryjskiego. Kompleks cechsztynu charakteryzuje się zróżnicowaną i stosunkowo niewielką opornością w stosunku do otoczenia, wobec czego jego interpretacja jest niepewna. Wyrazistą granicę geoelektryczną tworzy kontakt węglanowych i ewentualnie klastycznych utworów kredy i górnej jury z ilasto-mułowcowymi utworami niższych poziomów jury i górnych triasu.

Celem drugiego opracowania (Stefaniuk i in., 2008) było natomiast opracowanie metodyki i interpretacji danych dla rozpoznania rozkładu prędkości fali sejsmicznej w płytkich częściach przekrojów sejsmicznych w oparciu o szczegółowe dane grawimetryczne i magnetotelluryczne. Cel ten został osiągnięty.

Dokumentacje magnetotelluryczne

1. Stefaniuk, M., Wojdyła, M. 2004. Dokumentacja badań magnetotellurycznych w rejonie Kościerzyna – Gdańsk. Inw. 4868/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
2. Stefaniuk, M., Targosz, P., Wojdyła, M. 2008. Dokumentacja prac magnetotellurycznych i grawimetrycznych Kościerzyna – Gdańsk 2007 r. Inw. 4696/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.

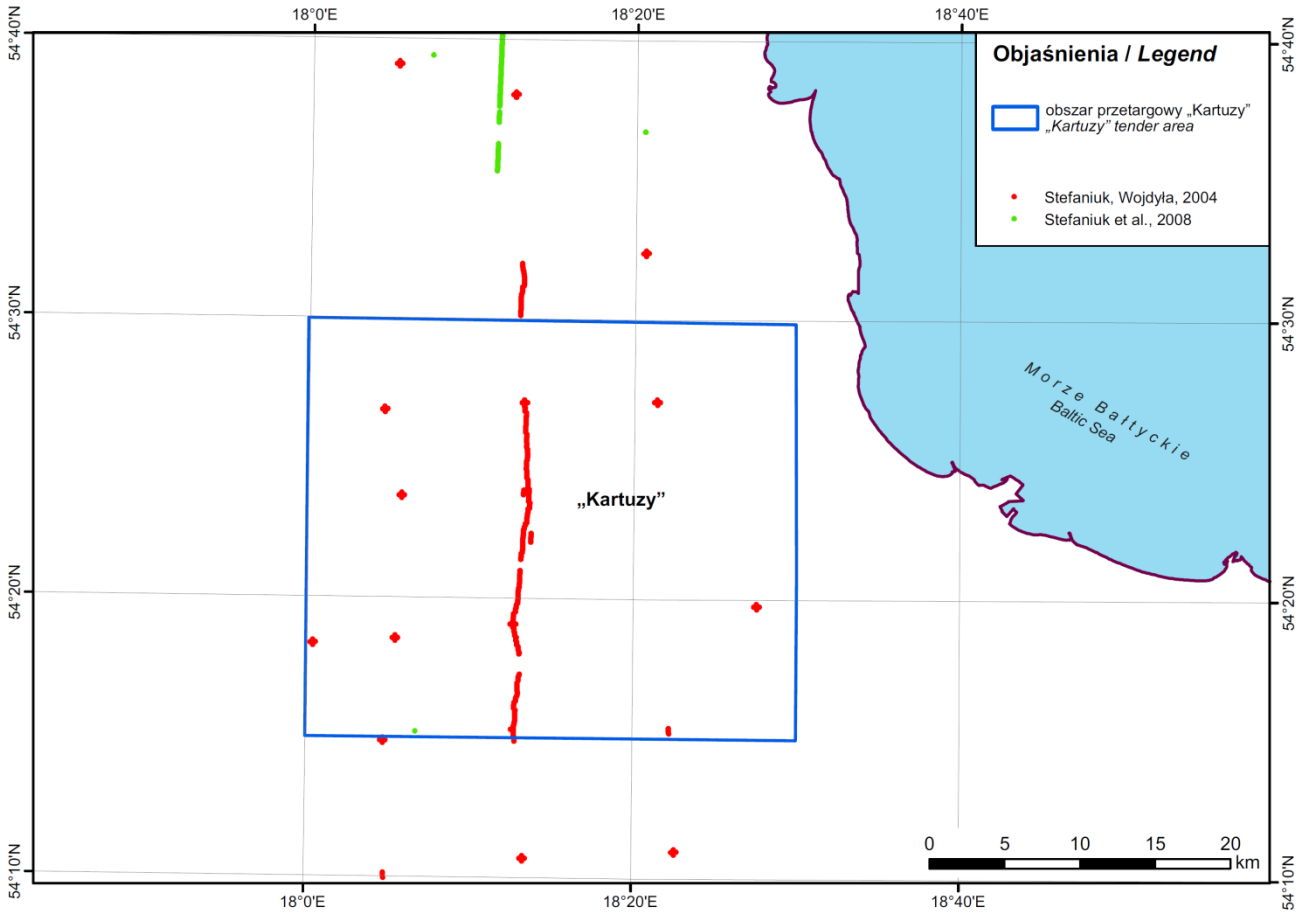


Fig. 7.6. Lokalizacja sondowań magnetotellurycznych na obszarze przetargowym „Kartuzy" (na podstawie danych CBDG, 2021).

8. PODSUMOWANIE

Perspektywy naftowe poszczególnych horyzontów stratygraficznych oraz związane z nimi koncepcje poszukiwawcze na obszarze przetargowym „Kartuzy" zostały opisane w rozdziale 2. Ich podstawą są dane dotyczące systemów naftowych, złóż węglowodorów zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego okolicy, otworów wiertniczych, sejsmiki i grawimetrii, magnetyki i magnetotelluryki (rozdziały 3–7). Poniżej zestawiono najważniejsze informacje o obszarze przetargowym „Kartuzy" w formie karty informacyjnej, a także zaproponowano minimalny program fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej przyszłej koncesji, której zakres umożliwi odkrycie złoża.

Karta informacyjna obszaru przetargowego „Kartuzy"

Dane ogólne	**Nazwa obszaru:**	**„KARTUZY"**
	Lokalizacja:	Na lądzie Arkusze mapy topograficznej w skali 1 : 50 000: Sierakowice 24, Kartuzy 25, Chwaszczyno 26, Gdańsk 27, Gowidlino 52, Somonino 53, Kolbudy Górne 54, Pruszcz Gdański 55 Fragmenty bloków koncesyjnych nr: 49 Położenie administracyjne: województwo pomorskie: powiat Gdynia, m. Gdynia (3,89%); powiat Gdańsk, m. Gdańsk (4,26%); powiat gdański, gminy: Kolbudy (3,63%), Przywidz (1,33%); powiat kartuski, gminy: Żukowo (18,18%), Stężyca (0,84%), Chmielno (8,13%), Kartuzy (20,21%), Sierakowice (0,12%), Somonino (6,90%), Przodkowo (9,46%); powiat wejherowski, gminy: Linia (5,44%), Szemud (16,61%), Wejherowo (0,12%), Łęczyce (0,0006%), Luzino (0,88%)
	Typ:	poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
	Czas obowiązywania:	koncesja na 30 lat w tym: faza poszukiwawczo-rozpoznawcza (5 lat), faza wydobywcza – po uzyskaniu decyzji inwestycyjnej
Udziały		zwycięzca przetargu 100%
Powierzchnia [km^2]		900,35
Rodzaj złoża		konwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej niekonwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej (*shale gas/shale oil/tight gas*)
Piętra strukturalne		kenozoiczne laramijskie kaledońskie prekambryjskie
Systemy naftowe		I. dolnopaleozoiczny system naftowy, związany z piaskowcami kambru środkowego (konwencjonalny system naftowy lub niekonwencjonalny system typu *tight gas*) II. dolnopaleozoiczny niekonwencjonalny system naftowy typu *shale gas/shale oil* (w skałach łupkowych górnego kambru, ordowiku, i syluru)
Skały zbiornikowe		I. piaskowce kambru środkowego II. mułowce ordowiku (karadoku) i syluru (landoweru i wenloku)
Skały macierzyste		I, II. wzbogacone w materię organiczną drobnoklastyczne skały kambru górnego, ordowiku (karadoku) i syluru (landoweru i wenloku)
Skały uszczelniające		I, II. drobnoklastyczne utwory ordowiku i syluru, skały ewaporatowe cechsztynu
Typ pułapki		I. strukturalne, litologiczne, stratygraficzne lub kombinowane, ciągłe II. ciągłe
Złoża rozpoznane w pobliżu		brak (w dalszym sąsiedztwie występują złoża ropy naftowej i gazu ziemnego Żarnowiec, Żarnowiec W, Dębki i Białogóra E)
Zrealizowane zdjęcia sejsmiczne, rejon, (właściciel)		2003 Kościerzyna – Gdańsk 2D, 7 profili (Skarb Państwa) 2007 Kościerzyna – Gdańsk 2D, 10 profili (Skarb Państwa) 2010 Baltic Basin 2D Gdańsk-W, 11 profili (Skarb Państwa) 2011-2012 Somonino – Przywidz 2D, 6 profili (Skarb Państwa) 2012 PolandSPAN, 1 profil (Skarb Państwa)

Otwory reperowe (głębokość)	Borcz-1 (3760,0 m), Lewino-1G2 (3600,38 m), Niestępowo-1 (3632,9 m), Miłoszewo ONZ-1 (1558,0 m) Gapowo B-1/B-1A (4303,0/6058,0 m), Miłowo-1 (3856,0 m), Tępcz-1 (3428,0 m)

Proponowany minimalny program prac fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej

- interpretacja i analiza archiwalnych danych geologicznych
- wykonanie badań sejsmicznych 2D (100 km PW) albo 3D (50 km^2)
- wykonanie jednego otworu wiertniczego sięgającego utworów kambru o maksymalnej głębokości 5000 m TVD wraz z obligatoryjnym rdzeniowaniem interwałów perspektywicznych

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- **Adamczak-Biały, T. 2018.** Parametry petrofizyczne utworów kambru obszaru bałtyckiego i obszaru lubelskiego. [W:] Podhalańska, T. [red.], Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Adamczak-Biały, T., Pacześna, J. 2020.** Możliwości występowania gazu zamkniętego w piaskowcach środkowego kambru zachodniej części obniżenia bałtyckiego (wyniesienie Łeby)– wstępna analiza na podstawie danych petrofizycznych i geofizyki otworowej. *Przegląd Geologiczny*, **68**, 701–709.
- **Balcer, M. 1998.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Dzierżążno (0054). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Balcer, M., Jankowski, M., Walczak, M. 2004.** Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy oraz rzek Przymorza od Karwianki do Chylonki. Inw. 155/2005, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Bednarczyk, W., Turnau-Morawska, M. 1975**. Litostratygrafia osadów kambru i wendu w rejonie Łeby. *Acta Geologica Polonica*, **25**, 537–566.
- **Bergström, S. 1982.** Scania. In: 4th Int. Symp. On the Ordovician System Oslo-Norway. [W.] Bruton, D., Williams S.H. 1982 [red.], Field Excursion Guide. Paleont. Contr. Univ. Oslo, 279, 184–197.
- **Bochnia, N., Duda, W. 1969.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium pomorskie, Darłowo – Bytów – Starogard Gdański – Sztum, 1967-1968. Inw. 1473, CAG PIG, Warszawa.
- **Bogdanova, S.V., Gorbatschev, R., Garetsky, R.G. 2005.** The East European Craton. [W:]: Selley, R.,C., Cocks, L., R., Plimer, I., R. 2005 [red.], Encyclopedia of Geology. Elsevier, Amsterdam: 34–49.
- **Botor, D., Golonka, J., Anczkiewicz, A. A., Dunkl, I., Papiernik, B., Zając, J., Guzy, P. 2019a.** Burial and thermal history of the Lower Palaeozoic petroleum source rocks at the SW margin of the East European Craton (Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 121–152.
- **Botor, D., Golonka, J., Anczkiewicz, A.A., Dunkl, I., Papiernik, B., Zając, J., Guzy, P. 2017a.** Historia pogrążania utworów dolnopaleozoicznychi ich ewolucja paleotermiczna w obszarze platformy wschodnioeuropejskiej na tle badań termochronologicznych. [W:] Golonka, J., Bębenek, S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, Wydawnictwo Arka, Cieszyn, 393–422.
- **Botor, D., Golonka, J., Papiernik, B., Zając, J., Guzy, P., 2017b**. Generowanie i ekspulsja węglowodorów w utworach dolnopaleozoicznych w obszarze SW skłonu wschodnioeuropejskiej platformy prekambryjskiej w NE Polsce: implikacje dla poszukiwań złóż niekonwencjonalnych. [W:] Golonka J., Bębenek S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, Wydawnictwo Arka, Cieszyn, 423–451.
- **Botor, D., Golonka, J., Zając, J., Papiernik, B., Guzy, P. 2019b.** Petroleum generation and expulsion in the Lower Palaeozoic petroleum source rocks at the SW margin of the East European Craton (Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**,153–174.
- **Bralczyk, M., Jankowski, M. 1997.** Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i mioceńskich strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego na odcinku Gdynia - Pruszcz Gdański. Inw. 1050/2000, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Bralczyk, M., Lubowiecki, W., Florczyk, J., Pasierowska, B., Kłosowska, I., Śmie-**

tański, L., 2001. Dokumentacja hydrogeologiczna zlewni Łeby zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych kenozoicznych poziomów wód podziemnych. Inw. 626/2002, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- **Brangulis, A. P., Kanev, S. V., Margulis, L. S., Pomarantseva, R. 1993.** Geology and hydrocarbon prospects of the Paleozoic in the Baltic region. Geological Society, London, Petroleum Geology Conference series, 4, 651–656.
- **Buniak, A., Kwolek, K., Nowicka, A., Dyjaczyński, K., Papiernik, B., Peryt, T., Protas, A., Wagner, R. 2013.** Mapa perspektyw poszukiwawczych w utworach dolomitu głównego. PGNiG, Oddział w Zielonej Górze; Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **CBDG, 2021.** Centralna Baza Danych Geologicznych. http://geoportal.pgi.gov.pl
- **Chmielowska, U. 1998.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Żukowo (0026). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Chruścińska, J. 2018.** Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Borcz-1. Inw. 3642/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Chruścińska, J., Puchalski, A., Twarduś, E., Majdosz-Lenart, M., Mikołajewski, Z. 2018.** Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Miłowo-1. Inw. 4714/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Chruścińska, J., Sikorska-Piekut, W. 2018.** Dokumentacja geologiczna likwidowanego otworu Tępcz-1. Inw. 1968/2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Czapigo-Czapla, M., Brzeziński, D. 2019.** Gaz ziemny. [W:] Szuflicki M. i in. 2019 [red.], Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2018 r. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J. 2000.** Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, 1 : 1 000 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Dayczak-Calikowska, K. 1976.** Bytów IG-1. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. [W:] Tomczyk, H. 1976 [red.]. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, **40**, 72–75.
- **Dąbrowski, A., Karaczun, K., Karaczun, M., Orkisz, H. 1956.** Przeglądowa Mapa Magnetyczna Polski 1 : 300 000, Anomalie składowej pionowej "Z" magnetyzmu ziemskiego, wydanie tymczasowe I i II. Kat. ObO/2176, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Dąbrowski, A., Karaczun, M. 1958**. Próba interpretacji ilościowej wyników badań magnetycznych w północno-wschodniej Polsce. Inw. 11526; 11527, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Deczkowski, Z., Gajewska, I., Maliszewska, A., Marcinkiewicz, T. 1997.** Trias górny. [W:] Marek, S., Pajchlowa, M. 1997 [red.], Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **143**, 151–194.
- **Dembicki, H., 2017.** Practical petroleum geochemistry for exploration and production: 66–80. Elsevier, Amsterdam, Holandia.
- **Dziadzio, P.S., Porębski S.J., Kędzior, A., Liana, B., Paszkowski, M., Porębski, S.J., Ząbek, G. 2017.** Architektura facjalna syluru zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego. [W:] Golonka, J., Bębenek, S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, Wydawnictow Arka, Cieszyn, 150–190.
- **Feldman-Olszewska, A. (red). 2020.** Kopaliny Energetyczne. [W:] Szamałek, K., Szuflicki, M., Mizerski, W. 2020 [red.], Bilans Perspektywicznych Zasobów Kopalin Polski wg. stanu na 31.12.2018 r. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Feldman-Olszewska, A., Roszkowska-Remin, J. 2016.** Litofacje formacji perspektywicznych dla gazu i ropy w łupkach w utworach ordowiku i syluru na obszarze bałtyckim i podlasko-lubelskim. *Przegląd Geologiczny*, **64**, 968–975.
- **Gaczyński, E., Petecki, Z., Zientara, P., Wybraniec, S. 1986.** Analiza obszarów

badań geofizycznych na podstawie map gradientu pionowego na obszarze ujemnych anomalii grawimetrycznych w północno-zachodniej Polsce, 1986. Inw. 34526, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- **Gatlik, J., Fiszer, J., Sadowska, M., Kos, J., Pyć, P. 2006.** Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w utworach górnokredowych Subniecki Gdańskiej /GZWP nr 111 Subniecka Gdańska/. Inw. 3214/2007, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Górecki, W. 2011.** Ropa naftowa i gaz ziemny. [W:] Wołkowicz, S., Smakowski, T., Speczik, S. 2011 [red.], Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31.12.2009 r. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Górecki, W. 2012.** Wstępne rozpoznanie zasobów perspektywicznych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Wyniki prac geologicznych na eksplorowanych obszarach koncesyjnych (2008–2011). Niekonwencjonalne złoża węglowodorów – szanse i zagrożenia. Materiały konferencyjne: 11–17. Kancelaria Senatu, Warszawa.
- **Grobelny, A. 1970.** Zestawienie, analiza interpretacji mapy grawimetrycznej 1 : 200 000 oraz historia badań i charakterystyka grawimetryczna Syneklizy Perybałtyckiej i Wyniesienia Łeby, 1970. Inw. 1612, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Grotek, I. 1999.** Origin and thermal maturity of the organic matter in the Lower Palaeozoic rocks of the Pomeranian Caledonides and their foreland (northern Poland). *Geological Quarterly*, **43**, 297–312.
- **Iwanow, A. 1998.** Paleogeografia późnego piaskowca pstrego, wapienia muszlowego, kajpru i retyku. [W:] Dadlez i in., 1998 [red.], Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce, 1 : 2 500 000. Inw. 3417/98, 4610/2015, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Janas, M. 2018.** Analiza wyników badań geochemicznych materii organicznej metodami Rock-Eval, SRA i LECO. Podsumowanie dostępnych danych z dojrzałości termicznej materii organicznej z obszaru platformy wschodnioeuropejskiej (obszar Polski). [W:] Podhalańska, T. 2018 [red.], Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Jarvie, D. M. 2012.** Shale resource systems for oil and gas. Part 1 –Shale gas. Resource Systems. *AAPG Memoir*, **97**, 69–87.
- **Jaworowski, K. 1998.** Litostratygrafia kambru. [W:] Modliński i in. 1998 [red.], Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowe j i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedymentacyjnych starszego paleozoiku. Inw. 2903/98, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Jaworowski, K. 2000.** Facies variability in the Cambrian deposits from the Kościerzyna and Gdańska sections (Pomerania Caledonides foreland, northern Poland): a comparative study. *Geologial Quarterly*, **44**, 249–260.
- **Jaworowski, K., Sikorska, M. 2010.** Mapa litofacjalno-paleomiąszosciowa formacji żarnowieckiej ediakar–dolny kambr. [W:] Modliński i in., 2010 [red.], Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Kalbarczyk, R., Śliwiński, J. 1974.** Dokumentacja wynikowa otworu Niestępowo-1. Inw. 118511, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Karcz, P., Janas, M. 2016.** Materia organiczna łupków kambru, ordowiku i syluru w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim Polski. *Przegląd Geologiczny*, **64**, 995–999.
- **Karczewska, A., Żurawski, E. 1998.** Złoża obszaru morskiego. Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedymentacyjnych starszego paleozoiku. Inw. 2903/98, Arch CAG PIG, Warszawa.
- **Kasperska, M., Marzec, P., Pietsch, K., Golonka, J. 2019.** Seismo-geological model of the Baltic Basin (Poland). *Annales*

Societatis Geologorum Poloniae, **89**, 195–213.

- **Kędzior, A., Dziadzio, P.S., Lis, P., Liana B., Paszkowski M., Porębski, S.J., Ząbek, G. 2017.** Architektura facjalna ordowiku zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego. [W:] Golonka, J., Bębenek, S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, Wydawnictwo Arka, Cieszyn, 150–190.
- **Klecan, A. 1973.** Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze i pionowego profilowania sejsmicznego Niestępowo-1. N28 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kleszcz, T. 1975.** Dokumentacja badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Profile regionalne Chociwel – Lębork (A) oraz Gorzów Wielkopolski – Bytów (B), 1974-1975. Inw. 1859, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kondracki, J. 2013.** Geografia regionalna Polski, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- **Konieczyńska, M., Sechman, H. 2018.** Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Sprawozdanie z prac wykonanych podczas realizacji przedsięwzięcia pt.: Wykonanie badań dla oceny aktualnego stanu środowiska naturalnego na 7 poligonach badawczych, gdzie prowadzono prace poszukiwawcze za gazem z formacji łupkowych. Inw. 7072/2018, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Konon, A., Rybak-Ostrowska, B., Wyglądała, M., Haluch, A., Cyz, M., Malinowski, M. 2018.** Poźnosylurskie-wczesnodewońskie deformacje tektoniczne na przedpolu pomorskiego odcinka orogenu kaledońskiego. Materiały konferencyjne LXXXVI Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego (streszczenie referatu), 10–16.
- **Kosobudzka, I. 1988.** Dokumentacja częściowa półszczegółowych badań magnetycznych temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1988 r., w rejonie Kołobrzegu – Ustki. Inw. 1257/91, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kosobudzka, I. 1991.** Sprawozdanie z półszczegółowych badań magnetycznych ΔT, temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, rok 1990. Inw. 1287/91, Arch. CAG PIG, Warszawa
- **Kosobudzka, I. 1998.** Pomiary magnetyczne w strefach zakłóceń wywołanych elektrycznymi trakcjami kolejowymi. *Biuletyn informacyjny Geofizyka Stosowana* **1/2.**
- **Kosobudzka, I. 2002.** Półszczegółowa mapa magnetyczna T w brzeżnej strefie platformy prekambryjskiej, 1998-2002 rok. Inw. 1311/2002; 8117/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kosobudzka, I., Paprocki, A. 1994.** Sprawozdanie z prac tematu: Mapa magnetyczna Bałtyku Południowego w skali 1 : 200 000 wraz z komputerowym bankiem danych, anomalie modułu T całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego Ziemi. Inw. 820/95, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kotański, Z. (red.), 1997.** Atlas Geologiczny Polski: mapy geologiczne ścięcia poziomego, 1 : 750 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Kotarba, M.J. 2010.** Origin of hydrocarbon gases accumulated in the Middle Cambrian reservoirs of the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly*, **54**, 197–204.
- **Kozera, A. 1955.** Sprawozdanie z prac magnetycznych tematu: „Regionalne badania magnetyczne na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii" przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II PPG w roku 1954. Inw. 40596, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kozerski, B. 1990.** Wody podziemne okolic Gdańska. *Przegląd Geologiczny*, **38**, 234–239.
- **Kreczko, M. (red.), 1996.** Dokumentacja hydrogeologiczna Zbiornika Wód Podziemnych nr 111 Subniecka Gdańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne Gdańsk. Inw. 1266/99, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kreczko, M. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Egierto-

wo (0053). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

- **Królicka, J. 1998.** Złoża obszaru lądowego. Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedymentacyjnych starszego paleozoiku (ze szczególnym uwzględnieniem bloków tektonicznych C i D). Inw. 2903/98, Arch CAG PIG, Warszawa.
- **Królikowski, C., Petecki, Z. 1995.** Atlas grawimetryczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Królikowski, C., Petecki, Z. 2002.** Lithospheric structure across the Trans-European Suture Zone in NW Poland based on gravity data interpretation. *Geological Quarterly*, **46**, 235–245.
- **Królikowski, C., zespół.** 1985. Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii od podłoża podpermskiego północno-zachodniej Polski, etap I – Model strukturalno-gęstościowy. Inw. 33910, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Królikowski, C., zespół. 1986.** Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii podłoża podpermskiego północno-zachodniej Polski. Etap II /ostatni/ - Opracowanie mapy anomalii od podłoża permu, 1986. Inw. 35725, Arch. CAG PIG, Warszawa
- **Kryński, J. 2007.** Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. *Seria Monograficzna IGiK*, **13**, Warszawa
- **Krzemińska, E., Krzemiński, L. 2017.** Mapa geologiczna podłoża krystalicznego polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej, 1 : 1 000 000. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Krzywiec, P. 2011.** Interpretacja tektoniczna profili sejsmicznych w rejonie otworu wiertniczego Darżlubie IG 1. [W:] Modliński, Z. [red.], *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **128**.
- **Kubala, P. 2013.** Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1. Inw. 10040/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kubala, P. 2014.** Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A. Raport z testu produkcyjnego odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A poprzedzonego szczelinowaniem hydraulicznym. Inw. 10041/2017, 10042/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kudrewicz, R. 2008.** Mapy strukturalne powierzchni podcechsztyńskiej i podpermskiej, 1 : 500 000. [W:] Wagner, R. i in., 2008 [red.], Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce - badania geologiczne. Inw. 2293/2009, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Lendzion, K. 1983.** Rozwój kambryjskich osadów platformowych Polski. *Prace Instytutu Geologicznego*, **105**, 1–55.
- **Makos, M. 2014.** Activities of PGNiG in exploration of unconventional hydrocarbon resources in Poland. Science for Industry: Necessity is the mother of invention: Third Networking Event dedicated to the Polish experience in the field of shale gas exploration, 25-27.06.2014. ING PAN, Warszawa.
- **Mazur, S., Mikołajczak, M., Krzywiec, P., Malinowski, M., Lewandowski, M., Buffenmyer, V. 2016**. Pomeranian Caledonides, NW Poland – A collisional suture or thin-skinned fold-and-thrust belt? *Tectonophysics*, **692**, 29–43.
- **Mazur, S., Porębski, S.J., Kędzior, A., Paszkowski, M., Podhalańska, T., Poprawa, P. 2017.** Refined timing and kinematics for Baltica-Avalonia convergence based on the sedimentary record of a foreland basin. *Terra Nova*, **30**, 8–16.
- **MIDAS. 2021.** System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych Polski. http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/midas
- **Mikołajewski, Z. 2015.** Kompleksowa analiza wyników prac i robót geologicznych zrealizowanych na obszarze koncesji Kartuzy-Szemud. Inw. 2298/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Miłaczewski, L., Poprawa, P. 2015.** Dokumentacja geologiczna inna sporządzona

w przypadku wykonywania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny dla koncesji „Bytow" nr 17/2010/p. Inw. 9282/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- **Modliński, Z. (red.), 1982.** Kościerzyna IG-1. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego,* **54**.
- **Modliński, Z. 1973.** Stratygrafia i rozwój ordowiku w północno-wschodniej Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego,* **72**.
- **Modliński, Z., Małecka, J., Szewczyk, A. (red.), 2010.** Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Modliński, Z., Podhalańska, T. 2010.** Outline of the lithology and depositional features of the Lower Paleozoic strata in the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly,* **54**, 109–121.
- **Modliński, Z., Szymański, B. 1997.** The Ordovician lithostratigraphy of the Peribaltic Depression (NE Poland). *Geological Quarterly,* **41**, 273–288.
- **Modliński, Z., Szymański, B., Teller, L. 2006.** Litostratygrafia syluru polskiej części obniżenia perybałtyckiego – część lądowa i morska. *Przegląd Geologiczny,* **54**, 787–796.
- **Nawrocki, J., Becker, A. (red.), 2017.** Atlas geologiczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Niemczycka, T. 1997.** Przeddolnokredowa (riazańsko-cenomańska) powierzchnia na Niżu Polskim. [W:] Marek, S., Pajchlowa, M. 1997 [red.], Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego,* **153**.
- **Okulus, H. 1981.** Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (obszary: Kiełpino, Piotrowo, Graniczna Wieś, Rokitki), 1981r. Inw. 2138, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Okulus, H., Wasiak, I. 1970.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Wyniesienie Łeby i Synekliza Perybałtycka. Inw. 1636, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Orecki, A. 1955.** Sprawozdanie z regionalnych badań magnetycznych na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii w 1954r. Inw. 40599, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Ostrowski, C., zespół. 2004.** Dokumentacja badań grawimetrycznych w rejonie Kościerzyna – Gdańsk, 2003. Inw. 4516/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Oświęcimska, A., Sikorski, B. 1990.** Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej Żarnowiec W. Inw. 867/91, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Pachytel, R. 2018.** Analiza kruchości w formacjach łupkowych kambru ordowiku i syluru na obszarze basenu bałtyckiego. [W:] Podhalańska, T. 2018 [red.], Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Pacześna, J. 2012**. Wysokorozdzielcza stratygrafia sekwencji utworów środkowego kambru w południowej i północno-wschodniej części bloku B (wyniesienie Łeby). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego,* **448**, 71–80.
- **Pacześna, J. 2018.** Analiza litologiczno-stratygraficzna utworów kambru w obszarze bałtyckim i obszarze lubelskim, ze szczególnym uwzględnieniem wydzieleni litostratygraficznych. [W:] Podhalańska, T. 2018 [red.], Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Paczyński, B, Sadurski, A. (red.), 2007.** Hydrogeologia regionalna Polski, tom I- wody słodkie, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Papiernik, B., Botor, D., Golonka, J., Porębski, S. 2019.** Unconventional hydrocarbon prospects in Ordovician and Silurian mudrocks of the East European Craton (Poland): Insight from three-dimensional modelling of total organic carbon and

thermal maturity. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 511–533.

- **Papiernik, B., Michna, M. 2019.** Methodology and results of digital mapping and 3D modelling of the Lower Palaeozoic strata on the East European Craton, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 405–427.
- **Petecki, Z., Rosowiecka, O. 2017.** A new magnetic anomaly map of Poland and its contribution to the recognition of crystalline basement rocks. *Geological Quarterly*, **61**, 934-945.
- **Podhalańska, T. 2009.** Późnoordowickie zlodowacenie Gondwany – zapis zmian środowiskowych w sukcesji osadowej obniżenia bałtyckiego. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **193**.
- **Podhalańska, T. 2013.** Graptolity - narzędzie stratygraficzne w rozpoznaniu stref perspektywnicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. *Przegląd Geologiczny*, **61**, 460–467.
- **Podhalańska, T. 2017.** Biostratygrafia ordowiku i syluru zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego. [W:] Golonka, J., Bębenek, S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Wydawnictwo Arka, Cieszyn, 116–143.
- **Podhalańska, T. 2019.** Graptolite biostratigraphy and dating of theOrdovician–Silurian shale succession of the SW slope of the East European Craton. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 429 – 452.
- **Podhalańska, T., Becker, A., Dyrka, I., Feldman-Olszewska,A., Głuszyński, A., Grotek, I., Grudzień, T., Janas, M., Karcz,P., Klimuszko, E., Kiersnowski, H., Kozłowska, A., Kuberska A., Modliński, Z., Nowak, G., Pacześna, J., Roman, M.G., Roszkowska-Remin, J., Sikorska-Jaworowska, M., Skowroński, L., Sobień, K., Waksmundzka, M.I. 2016.** Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, etap I. Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Inw. 4878/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Podhalańska, T., Feldman-Olszewska, A., Roszkowska-Remin, J., Janas, M., Pachytel, R., Głuszyński, A., Roman, M. 2020.** Prospective zones of unconventional hydrocarbon reservoirs in the Cambrian, Ordovician and Silurian shale formations of the East European Craton marginal zone in Poland. *Geological Quaterly*, **64**, 342–376.
- **Podhalańska, T., zespół. 2018.** Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Pokorski, J., Modliński, Z. 2007.** Mapa geologiczna zachodniej i centralnej części obniżenia bałtyckiego bez utworów permu i młodszych, 1 : 750 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Pomiary geofizyczne w otworze Miłoszewo ONZ-1** + karta otworu wiertniczego. 1969. Inw. 111061, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Poprawa, P. 2006.** Neoproterozoiczny rozpad superkontynentu Rodinii/Pannotii – zapis w rozwoju basenów osadowych na zachodnim skłonie Baltiki. Rozwój kaledońskiej strefy kolizji wzdłuż zachodniej krawędzi Baltiki oraz jej relacje do basenu przedpola. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **186**.
- **Poprawa, P. 2010.** Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie baltyckim i lubelsko-podlaskim. *Przegląd Geologiczny*, **58**, 226–249.
- **Poprawa, P. 2019.** Geological setting and Ediacaran–Palaeozoic evolution of the western slope of the East European Craton and adjacent regions. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 347–380.
- **Poprawa, P., Kiersnowski, H. 2008.** Perspektywy poszukiwań gazu ziemnego w skałach ilastych (shale gas) oraz gazu ziemnego zamkniętego (*tight gas*) w Polsce. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **429**, 145–152.

- **Poprawa, P., Kiersnowski, H. 2010.** Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowania poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego - etap I. Inw. 2439/2011, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Poprawa, P., Šliaupa, S., Sidorov, V. 2006.** Późnosylursko-wczesnodewońska śródpłytowa kompresja na przedpolu orogenu kaledońskiego (centralna część basenu bałtyckiego) – analiza danych sejsmicznych. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **186**, 215–224.
- **Porębski, S.J., Podhalańska, T. 2017.** Litostratygrafia ordowiku i syluru [W:] Golonka, J., Bębenek, S. 2017 [red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, Wydawnictwo Arka, Cieszyn, 144–149.
- **Porębski, S.J., Podhalańska, T. 2019.** Ordovician-Silurian lithostratigraphy of the East European Craton in Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 95–104.
- **Prussak, W. 2000.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Kartuzy (0025). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Reicher, B. 2006.** Strukturalno-litofacjalne uwarunkowania akumulacji węglowodorów w utworach kambru syneklizy bałtyckiej. Praca doktorska. Archiwum AGH, Kraków.
- **Rodzoch, A., Muter, K., Karwacka, K., Sobczak, A., Oficjalska, H., Dobkowska, A., Krawczyński, J., Krawczyńska, B. 2007.** Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Raduni i Mołtawy. Inw. 634/2008, Arch. CAG PIG, Warszawa
- **Rosowiecka, O. 2011.** Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Solon, J., Borzyszkowski, J., Bidłasik, M., Richling, A., Badora, K., Balon, J., Brzezińska-Wójcik, T., Chabudziński, Ł., Dobrowolski, R., Grzegorczyk, I., Jodłowski, M., Kistowski, M., Kot, R., Krąż, P., Lechnio, J., Macias, A., Majchrowska, A., Malinowska, E., Migoń, P., Myga-Piątek, U., Nita, J., Papińska, E., Rodzik, J., Strzyż, M., Terpiłowski, S., Ziaja, W. 2018.** Physico-geographical mesoregions of Poland - verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, **91**.
- **Sowa, D., Sikorska-Piekut, W., Puchalski, A. 2017.** Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego Wejherowo nr 4/2009/p. Inw. 2376/2021, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Stefaniuk, M., Targosz, P., Wojdyła, M. 2008.** Dokumentacja prac magnetotellurycznych i grawimetrycznych Kościerzyna – Gdańsk, 2007 r. Inw. 4696/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Stefaniuk, M., Wojdyła, M. 2004.** Dokumentacja badań magnetotellurycznych w rejonie Kościerzyna – Gdańsk. Inw. 4868/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Stolarczyk, F., Stolarczyk, J., Wysocka, H. 2004.** Perspektywiczne obszary poszukiwań węglowodorów w kambrze polskiej części platformy schodnioeuropejskiej. *Przegląd Geologiczny*, **52**, 403–412.
- **Stolarek, J., Grzywacz, J., Kruk, B. 1957.** Badania grawimetryczne na Pomorzu w 1957 r. Inw. 12111/59, Arch. CAG PIG, Warszawa
- **Strzelecka, D. 2017.** Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny wykonanych na obszarze koncesji ropy naftowej i gazu ziemnego Kartuzy-Szemud nr 72/2009/p. Inw. 9901/2017, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Szamałek, K., Szuflicki, M., Mizerski, W. (red.), 2020.** Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa.
- **Szlachta, K. 1971.** Interpretacja anomalii magnetycznych na obszarze wschodniej

części syneklizy perybałtyckiej. Inw. 34/84, Arch. CAG PIG, Warszawa

- **Szostak, I., Blus, R. 1971.** Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1970. Inw. 43782, ObO/1246, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Szpetnar-Skierniewska, A., Krajewski, D. 2018.** Dokumentacja geologiczna z wykonania prac geologicznych na koncesji nr 71/2009/p w obszarze Gdańsk W niekończących się udokumentowaniem zasobów złóż kopalin (ropy naftowej i gazu ziemnego). Inw. 5747/2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Szpetnar-Skierniewska, A., Krajewski, D. 2019.** Dokumentacja geologiczna sporzą-dzona w przypadku likwidacji otworu wiertniczego Lewino-1G2. Inw. 2492/ 2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Ustawa. 2011.** Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2011 Nr 163 poz. 981, na podstawie: t.j. Dz. U. z 2020 r. poz. 1064, 1339, 2320, z 2021 r. poz. 234).
- **Vosilius, G.B. 1987.** Oil deposits of the Baltic area. Mokosłas.Vilnius.
- **Wagner, R. 1998.** Mapy paleogeograficzne cechsztynu. [W:] Dadlez i in., 1998 [red.], Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce, 1 : 2 500 000. Inw. 3417/98, 4610/2015, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Wagner, R., 2012.** Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) w Polsce. Inw. 7736/2016 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Więcław, D., Kotarba, M.J., Kosakowski, P., Kowalski, A., Grotek, I. 2010.** Habitat and hydrocarbon potential of the lower Paleozoic source rocks in the Polish part of the Baltic region. *Geological Quaterly*, **54**, 159–182.
- **Wiszniewska, J. 1995.** Mineral resources of the Suwałki region. *Geological Quarterly*, **39**, 17–29.
- **Witkowski, A. 1989.** Geologia i ropogazonośność utworów starszego paleozoiku Pomorza i Bałtyku Południowego. *Przegląd Geologiczny*, **3**, 117–125.
- **Wnuk, Z. 2009.** Opracowanie badań sejsmicznych, Temat: Kościerzyna – Gdańsk 2D + reinterpretacja 15 profili z 2003 r. Inw. 2286/2009, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Wójcicki, A., Dyrka, I., Kiersnowski, H., zespół. 2017.** Szacowanie zasobów złóż węglowodorów - zadanie ciągłe PSG (etap I, 2014-2017 r.). Inw. 9046/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa
- **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. 2014.** Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski. Inw. 9046/2019, CAG PIG, Warszawa.
- **Wójcik, K., Brzeziński, D., Czapigo-Czapla, M., Drążek, E., Feldman-Olszewska, A., Garecka, M., Habryn, R., Hadro, J., Janas, M., Jankowski, L., Jasionowski, M., Kiersnowski, H., Kijewska, S., Krzyżak, E., Krieger, W., Laskowicz, R., Malon, A., Ługiewicz-Mołas, I., Peryt, T., Podhalańska, T., Rosowiecka, O., Roszkowska-Remin, J., Skowroński, L., Smajdor, Ł., Szydło, A., Waśkiewicz, K., Wójcicki, A. 2019.** 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 – etap III. Inw. 9766/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Ślączka, A., Żaba, J., Żytko, K. 2011.** Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.