



**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
„SIEDLCE W”**

**Opracował:
Zespół pod kierunkiem
Dr. Piotra SŁOMSKIEGO**



**Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej**

**Koordynator zadania:
dr Krystian WÓJCIK**

Warszawa, kwiecień 2021 r.

Skład zespołu

Dr Piotr SŁOMSKI – kierownik zespołu

dr hab. Monika JACHOWICZ-ZDANOWSKA

mgr Marzena JARMUŁOWICZ-SIEKIERA

mgr inż. Dominika KAFARA

mgr inż. Sylwia KIJEWSKA

dr Aleksandra KOZŁOWSKA

dr Olimpia KOZŁOWSKA

dr Marta KUBERSKA

mgr Jowita KUMEK

mgr inż. Barbara MASSALSKA

mgr inż. Rafał NASIŁOWSKI

dr hab. Teresa PODHALAŃSKA, prof. PIG-PIB

mgr Elżbieta PRZYTUŁA

dr inż. Olga ROSOWIECKA

mgr Joanna ROSZKOWSKA-REMIN

inż. Leszek SKOWROŃSKI

mgr Katarzyna SOBIEN

mgr Joanna SZYBORSKA-KASZYCKA

mgr inż. Dorota WĘGLARZ

dr Krystian WÓJCIK

Pakiet danych geologicznych dla obszaru przetargowego „Siedlce W” 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 „Siedlce W” 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 „Siedlce W” 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
<i>Krzysztof Wójcik</i>	
1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE	8
<i>Joanna Szyborska-Kaszycka, Dominika Kafara, Olimpia Kozłowska</i>	
2. BUDOWA GEOLOGICZNA	16
2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ	16
<i>Rafał Nasiłowski</i>	
2.2. TEKTONIKA.....	28
<i>Rafał Nasiłowski</i>	
2.3. STRATYGRAFIA	30
<i>Monika Jachowicz-Zdanowska, Aleksandra Kozłowska, Marta Kuberska, Joanna Roszkowska-Remin, Piotr Słomski, Katarzyna Sobień, Teresa Podhalańska, Krzysztof Wójcik</i>	
2.3.1. KAMBR.....	30
2.3.2. ORDOWIK	40
2.3.3. SYLUR	48
2.3.4. KARBON	57
2.3.5. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC	57
2.3.6. PERM – CECHSZTYN.....	58
2.3.7. TRIAS.....	66
2.3.8. JURA	66
2.3.9. KREDA	67
2.3.10. KENOZOIK.....	67
2.4. HYDROGEOLOGIA	68
<i>Marzena Jarmułowicz-Siekiera, Elżbieta Przytuła, Dorota Węglarz</i>	
3. SYSTEM NAFTOWY	76
<i>Barbara Massalska, Joanna Roszkowska-Remin, Piotr Słomski</i>	
3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO	76
3.2. SKAŁY MACIERZyste.....	77
3.3. SYSTEM KONWENCJONALNY – SKAŁY ZBIORNIKOWE.....	89
3.4. SYSTEM KONWENCJONALNY – SKAŁY USZCZELNIAJĄCE.....	93
3.5. SYSTEM NIEKONWENCJONALNY.....	93
3.6. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW	96
4. ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW	104
<i>Krzysztof Wójcik</i>	

5. OTWORY WIERTNICZE.....	105
<i>Jowita Kumek, Leszek Skowroński, Krystian Wójcik</i>	
5.1. INFORMACJE OGÓLNE	105
5.2. POLAKI 1	107
5.3. SOK-GRĘBKÓW-01	110
5.4. SOKOŁÓW PODLASKI 1	113
5.5. KAŁUSZYN 1	115
5.6. KAŁUSZYN 2	116
5.7. DOBRE 1	116
5.8. RÓWCE 1	119
5.9. TŁUSZCZ IG-1.....	121
5.10. ŻEBRAK IG-1	126
6. SEJSMIKA.....	132
<i>Sylvia Kijewska</i>	
7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE.....	136
<i>Olga Rosowiecka</i>	
7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE	136
7.2. BADANIA MAGNETYCZNE	138
7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE.....	140
8. PODSUMOWANIE.....	141
<i>Krystian Wójcik</i>	
9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE.....	143

1. WSTĘP

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy „Siedlce W” ma powierzchnię 1200,0 km² i obejmuje część bloków koncesyjnych na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oznaczonych numerami 216, 217, 236 i 237 (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	508667,07	687397,04
2	508667,07	722038,06
3	474026,06	722038,06
4	474026,06	687397,04

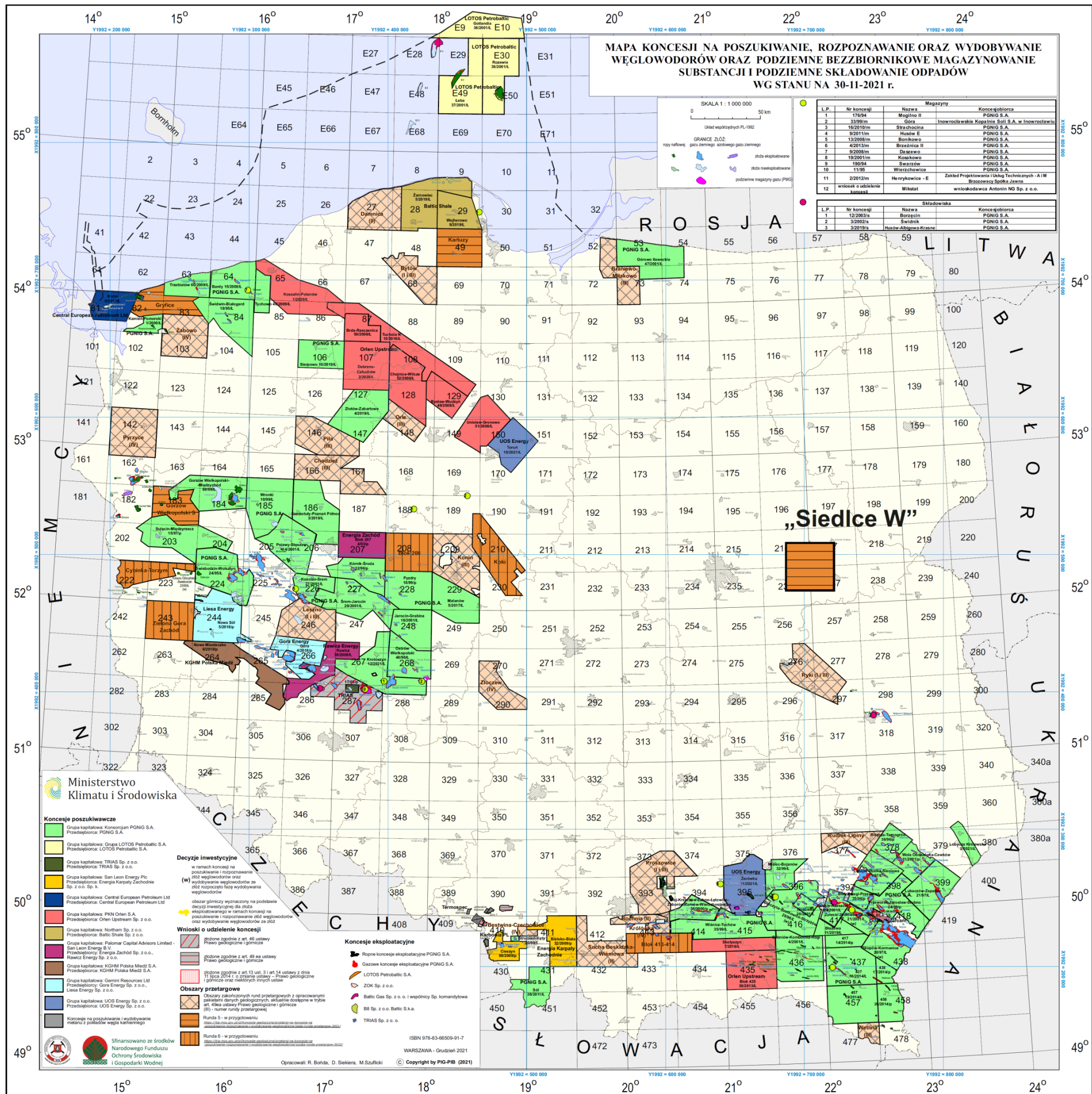
Tab. 1.1. Współrzędne punktów załamania granic obszaru przetargowego „Siedlce W”.

W latach 2008-2013, zachodnia część obszaru przetargowego była objęta koncesją Mazowia Energy Resources/Exxon Mobil „Mińsk Mazowiecki” nr 31/2008/p. W części południowej, w latach 2009-2016, Exxon Mobil, a później Orlen Upstream, posiadał koncesję „Wodynie-Łuków” nr 51/2009/p. Z kolei północny i wschodni fragment obszaru przetar-

gowego był w latach 2010-2013 objęty koncesjami „Sokołów Podlaski” nr 33/2010/p i „Siedlce” nr 35/2010/p, które prowadziła firma Marathon Oil Poland. Skrajny północny fragment obszaru „Siedlce W” był objęty także koncesją „Węgrów”, którą w latach 2010-2013 posiadała firma Maryani Invests.

Obszar „Siedlce W” jest perspektywiczny dla poszukiwania niekonwencjonalnych i konwencjonalnych złóż węglowodorów w utworach kambru, ordowiku i syluru.

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



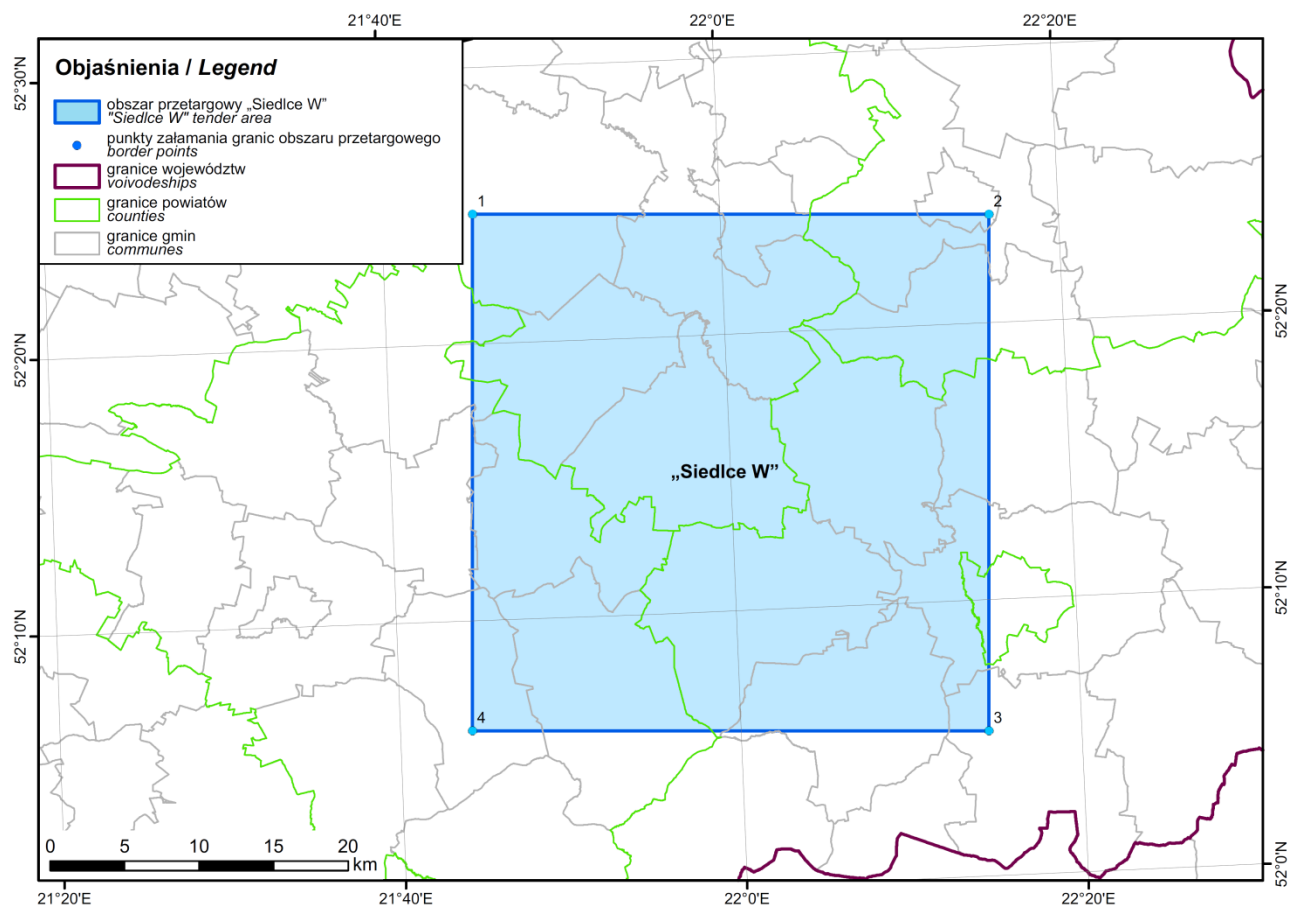


Fig. 1.2. Punkty załamania granic obszaru przetargowego „Siedlce W”.

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Położenie administracyjne

Obszar przetargowy „Siedlce W” jest zlokalizowany w granicach administracyjnych województwa mazowieckiego. Obejmuje fragmenty 4 powiatów: mińskiego (gminy Dobrze, Jakubów, Kałuszyn, Cegłów i Mrozy), siedleckiego (gminy Kotuń, Mokobody, Siedlce, Skórzec, Suchożebry, Wiśniew i Wodynie), sokołowskiego (gminy Bielany i Sokołów Podlaski oraz miasto Sokołów Podlaski) i węgrowskiego (gminy Grębków, Korytnica, Liw, Węgrów i Wierzbno) oraz zachodnią część Siedlec – miasta na prawach powiatu. Siedlce są największym miastem na omawianym obszarze. Obejmują (w całości) 32 km², są zamieszkiwane przez ponad 78 tys. mieszkańców (Bank Danych Lokalnych GUS, stan na 06 2020 r.). Są ośrodkiem przemysłu spożywczego, mechanicznego, maszynowego i środków transportu. Większymi miejscowościami zlokalizowanymi na omawianym obszarze są: Kałuszyn, Kotuń, Mrozy, Mokobody i Węgrów.

Sieć komunikacyjna

Przez obszar „Siedlce W” przebiega autostrada A2. Aktualnie łączy ona zachodnią część omawianego terenu (Kałuszyn) z Warszawą i zachodnią Polską i Niemcami. Stanowi ona część międzynarodowej trasy E30. Odcinek A2 pomiędzy Kałuszynem i Siedlcami jest w fazie realizacji. Węzły drogowe będą się znajdowały w pobliżu miejscowości Kałuszyn, Groszki, Gręzów i Siedlce. Ukończenie inwestycji jest planowane na 2023 r. Obecnie przez omawiany teren przebiega fragment drogi krajowej nr 2.

We wschodniej części obszaru przetargowego znajduje się fragment drogi krajowej nr 63, łączącej granicę Polski z Federacją Rosyjską na północy i z granicą polsko-białoruską na wschód od Radzyna Podlaskiego. Sieć komunikacyjną uzupełniają drogi gminne, powiatowe i wojewódzkie. Wśród tych ostatnich znajdują się: DW637 Węgrów – Warszawa, DW696 Chodów – Węgrów, DW697 Kałuszyn – Liw i DW803 Siedlce – Stoczek Łukowski.

Elementem infrastruktury komunikacyjnej są również linie kolejowe. Przez południową część obszaru „Siedlce W” przebiega część dwutorowej, zelektryfikowanej linii nr 2 Warszawa – Terespol. We wschodnim krańcu obszaru znajduje się fragment linii nr 55 Sokołów Podlaski – Siedlce. Jest ona jednotorowa i nieelektryfikowana.

Infrastruktura techniczna

Elementami infrastruktury techniczno-inżynierskiej, znajdującymi się w granicach obszaru przetargowego, są, przebiegające przez jego część, 3 napowietrzne jednotorowe linie elektroenergetyczne najwyższych napięć (400 kV). Są to linie Siedlce Ujrzanów – Narew, Stanisławów – Siedlce Ujrzanów i Kozienice – Stanisławów. Przez południowo-wschodni skraj obszaru przebiega jednotorowa linia najwyższego napięcia (220 kV) relacji Kozienice – Siedlce. Przez północno-zachodnią część obszaru przebiega linia wysokich napięć (110 kV).

Przez obszar przebiega równoleżnikowo fragment gazociągu przesyłowego wysokiego ciśnienia o średnicy 700 mm, relacji Hołowiec – Warszawa wraz z odgałęzieniem w kierunku północnym w rejonie Mokobódów.

Położenie fizycznogeograficzne

Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną Polski (Kondracki, 2013; Solon i in. 2018), obszar przetargowy „Siedlce W” jest położony w prowincji Nizina Środkowoeuropejska (31), podprowincji Niziny Środkowopolskie (318), w makroregionie Nizina Południowopodlaska (318.9) w zasięgu 3 różnych mezoregionów. Są to Wysoczyzna Kałuszyńska (318.92), Obniżenie Węgrowskie (318.93) i Wysoczyzna Siedlecka (318.94). Wysoczyzna Kałuszyńska, zajmująca powierzchnię 818 km², osiąga wysokość 223 m n.p.m. Jest dość płaską równiną denudacyjną, wznoszącą się ponad otaczające ją tereny. Biorą z niej początek liczne ciekі, m in. dopływy Liwca. Na wschód od wysoczyzny znajduje się Obniżenie Węgrowskie. Teren, zajmujący 587 km², jest, przebiegającym południkowo,

obniżeniem terenu (dno znajduje się na wysokości 120–140 m n.p.m.), wykorzystywanym przez Liwiec i jego dopływ – Kostrzyń. Jest to region typowo rolniczy.

Wschodnią część omawianego obszaru zajmuje Wysoczyzna Siedlecka. Leży ona w strefie moren czołowych zlodowacenia warty. Wysokości osiągają tutaj 200 m n.p.m. Na glinach morenowych i piaskach gliniastych wykształciły się tu gleby brunatnoziemne i płowe, zajęte przez pola uprawne i lasy.

Formy ochrony przyrody

Część terenów położonych w zasięgu granic obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej, realizowanej na mocy przepisów ustawy o ochronie przyrody. Wśród obszarowych form chronionych znajduje się tu m.in. 9 rezerwatów przyrody, 2 obszary chronionego krajobrazu i 6 obszarów zaliczanych do międzynarodowej sieci Natura 2000 i użytki ekologiczne.

Wśród rezerwatów przyrody wyróżniamy: 1 faunistyczny Stawy Broszkowskie, 1 florystyczny Las Jaworski, 1 torfowiskowy Torfowisko Jeziorek, 6 leśnych: Barania Ruda, Florianów, Kantor Stary, Przełom Witówki, Rogoźnica, i Rudka Sanatoryjna. Część rezerwatów ma ustanowiony obszar ochronny – otulinę. Łącznie rezerваты zajmują powierzchnię 889,81 ha, co stanowi 0,74% całkowitej powierzchni obszaru przetargowego.

W południowo-zachodniej część obszaru dużą część terenu zajmuje Miński Obszar Chronionego Krajobrazu (16 775,69 ha, co stanowi 13,98% ogólnej powierzchni) natomiast w północno-wschodniej części znajduje się fragment Siedlecko-Węgrowskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu (31 327,41 ha, co stanowi 26,11% ogólnej powierzchni).

Do sieci Natura 2000 należą specjalne obszary ochrony (SOO) wyznaczone w ramach tzw. dyrektywy siedliskowej Kantor Stary (PLH140007), Dzwonecznik w Kisielanach (PLH140026), Ostoja Nadliwiecka (PLH140032), Rogoźnica (PLH140036) oraz obszary specjalnej ochrony (OSO) utworzone na podstawie dyrektywy ptasiej Dolina Liwca (PLB140002) i Dolina Kostrzynia (PLB140009). Zajmują one od 45,71 do 10 323,20 ha, obejmując łącznie 15 545,94 ha, co stanowi 12,95% ogólnej powierzchni. Trzy

użytki ekologiczne zlokalizowane są w Siedlcach, Olszewicach i Paczuskach.

Poza powierzchniowymi formami ochrony przyrody, na omawianym obszarze znajduje się 465 pomników przyrody, zarówno żywej i nieożywionej. Wśród nich dominują drzewa rosnące pojedynczo bądź w skupiskach, głównie lipy drobnolistne, modrzewie polskie, świerki pospolite i dęby szypułkowe. Jeden z pomników jest formą powierzchniową, zajmującą 0,18 ha. Jest to teren zasiedlony przez groszek wschodniokarpacki oraz przewierceń pospolity. Pomniki przyrody nieożywionej to 11 głazów narzutowych.

Poza opisanymi powyżej formami chronionymi, za cenne przyrodniczo należy uznać areale gruntów ornych wysokich klas bonitacyjnych zajmujące 26 470 ha, czyli ponad 22% obszaru przetargowego. Pojawiają się one praktycznie na całym omawianym terenie oprócz dolin rzecznych, w których dominują 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. Ich zwarte kompleksy zlokalizowane są głównie w południowo-wschodnim skraju obszaru przetargowego, koło miejscowości Topór i w okolicy Paczusek.

W granicach obszaru przetargowego jest zlokalizowanych 20 stanowisk archeologicznych. Są to obiekty datowane od opoki brązu do średniowiecza, grodziska, cmentarzyska i osady.

Złoże kopalin

Obszar przetargowy „Siedlce W” jest również miejscem prowadzenia działalności wydobywczej i przetwórczej. W jego granicach znajduje się 95 złóż kopalin udokumentowanych i zestawionych w bazie danych MIDAS (2021; Tab. 1.2). Kopalinami eksploatacyjnymi są niemal wyłącznie kruszywa naturalne (92 złoża). Oprócz nich pojawiają się piaski kwarcowe do produkcji betonów komórkowych.

wych, piaski kwarcowe do produkcji cegły wapienno-piaskowej oraz złoża torfu.

W ramach prac wykonywanych na potrzeby Mapy Geośrodowiskowej Polski w granicach obszaru przetargowego wyznaczono 4 zweryfikowane obszary prognostyczne dla piasków oraz piasków i żwirów. Zlokalizowane są one pomiędzy miejscowościami Wąsy i Jabłonna. Wyznaczono również 32 obszary perspektywiczne dla piasków, piasków i żwirów, piasków kwarcowych oraz torfów.

Obszary wyznaczone dla piasków, piasków i żwirów znajdują się przede wszystkim w południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części omawianego terenu, dla piasków kwarcowych koło Dąbrówki Starej, dla torfów na południe od Grodziska i koło Kotunia.

Uwarunkowania środowiskowe obszaru przetargowego „Siedlce W” zostały podsumowane w Tab. 1.3 i na Fig. 1.3.

ID złoża	Nazwa złoża	Typ kopaliny
3804	Wola Suchożebrska	kruszywa naturalne
3816	Świętochów Stary	kruszywa naturalne
3831	Woźbin	kruszywa naturalne
3835	Wola Suchożebrska II	kruszywa naturalne
3836	Józefy II	kruszywa naturalne
3837	Gręzów	kruszywa naturalne
3841	Jarnice Pieńki	kruszywa naturalne
3847	Gręzów II	kruszywa naturalne
3848	Sokolnik	kruszywa naturalne
4304	Ryczówek	kruszywa naturalne
5125	Gręzów IV	kruszywa naturalne
5127	Gręzów III	kruszywa naturalne
5128	Gręzów V	kruszywa naturalne
5554	Stok Wiśniewski	kruszywa naturalne
5557	Wola Suchożebrska III	kruszywa naturalne
5558	Jarnice Pieńki II	kruszywa naturalne
6097	Wola Suchożebrska IV	kruszywa naturalne
6365	Olszewice	kruszywa naturalne
6775	Wola Suchożebrska V	kruszywa naturalne
6779	Wola Suchożebrska VIII	kruszywa naturalne
6924	Wola Suchożebrska IX	kruszywa naturalne
6925	Wola Suchożebrska X	kruszywa naturalne
6967	Wola Suchożebrska VI	kruszywa naturalne
7623	Sokolnik I	kruszywa naturalne
8280	Sokolnik II	kruszywa naturalne
8321	Przytoka	kruszywa naturalne
8325	Kazimierzów I	kruszywa naturalne
8338	Sokolnik III	kruszywa naturalne
8657	Wola Rafałowska	kruszywa naturalne
8726	Olszewice-W	kruszywa naturalne
8750	Wola Suchożebrska XIII	kruszywa naturalne
8964	Sokolnik IV	kruszywa naturalne
9256	Teodorów	kruszywa naturalne
9259	Olszewice I	kruszywa naturalne
9579	Żuków	kruszywa naturalne
9742	Świętochów Stary I	kruszywa naturalne
9759	Kazimierzów III	kruszywa naturalne
10040	Sokolnik VIII	kruszywa naturalne
10068	Gręzów VIII	kruszywa naturalne
10070	Teodorów II	kruszywa naturalne
10169	Wola Suchożebrska XIV	kruszywa naturalne
10786	Gręzów VII	kruszywa naturalne
10930	Dąbrówka-Ług	kruszywa naturalne
10953	Teodorów I	kruszywa naturalne
11270	Olszewice II	kruszywa naturalne

ID złoza	Nazwa złoza	Typ kopaliny
11281	Józefy IV	kruszywa naturalne
11730	Ryczołek VII	kruszywa naturalne
12203	Wola Suchożebrska XVI	kruszywa naturalne
12260	Przytoka II	kruszywa naturalne
12413	Przytoka III	kruszywa naturalne
12414	Przytoka IV	kruszywa naturalne
12415	Przytoka V	kruszywa naturalne
12474	Wola Suchożebrska XVII	kruszywa naturalne
13379	Olszewice III-p.A	kruszywa naturalne
13380	Sinołęka	kruszywa naturalne
13381	Kazimierzów IV	kruszywa naturalne
13596	Kruki	kruszywa naturalne
13791	Żarnówka	kruszywa naturalne
14178	Gołąbek	kruszywa naturalne
14276	Kruki I	kruszywa naturalne
14394	Kruki III	kruszywa naturalne
14631	Woźbin II	kruszywa naturalne
14735	Ryczołek VIII	kruszywa naturalne
15153	Sokolnik dz.934/1	kruszywa naturalne
15305	Przytoka VIII	kruszywa naturalne
15330	Wola Suchożebrska XVIII	kruszywa naturalne
15547	Olszewice III-p.B	kruszywa naturalne
15548	Olszewice III-p.C	kruszywa naturalne
15648	Wola Suchożebrska XX	kruszywa naturalne
15810	Wola Suchożebrska XXI	kruszywa naturalne
15816	Wola Suchożebrska XIX	kruszywa naturalne
16534	Przytoka IX	kruszywa naturalne
16760	Sikory	kruszywa naturalne
17050	Olszewice IV	kruszywa naturalne
17147	Węże III	kruszywa naturalne
17579	Ozorów	kruszywa naturalne
17580	Nowe Opole I	kruszywa naturalne
17885	Woźbin dz. 38	kruszywa naturalne
17894	Kruki IV	kruszywa naturalne
18033	Skórzec	kruszywa naturalne
18178	Olszewice V	kruszywa naturalne
18202	Olszewice VI	kruszywa naturalne
18437	Przytoka X	kruszywa naturalne
18636	Olszewice I-1	kruszywa naturalne
19000	Wola Suchożebrska XXII	kruszywa naturalne
19075	Gręzów X	kruszywa naturalne
19146	Mała Wieś	kruszywa naturalne
19434	Marianka	kruszywa naturalne
19447	Przytoka XI	kruszywa naturalne
19694	Wola Suchożebrska XXIII	kruszywa naturalne
19866	Olszewice VII	kruszywa naturalne
20033	Kałużyn	kruszywa naturalne
6103	Dąbrówka-Stany	piaski kwarcowe d/p cegły wap-piaskowej
11892	Wola Suchożebrska I	piaski kwarcowe d/p betonów komórkowych
15859	Pieróg IV	torfy

Tab. 1.2. Złoza kopalin na obszarze przetargowym „Siedlce W” wg bazy MIDAS, 2021.

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „SIEDLCE W”			
1.	LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE	Nazwa i numer arkusza mapy w skali 1 : 50 000	Liw 491, Węgrów 492, Sokołów Podlaski 493, Mińsk Mazowiecki 526, Kałuszyn 527, Mokobody 528, Siedlce Północ 529, Cegłów 562, Latowicz 563, Skórzec 564 i Siedlce Południe 565
2.	POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE	Województwo	mazowieckie
		Powiat	węgrowski
		Gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Korytnica (4,80%), Wierzbno (8,35%), Liw (9,03%), Węgrów (1,41%), Grębków (10,89%)
		Powiat	sokołowski
		Gmina	Sokołów Podlaski gm. (3,45%), Sokołów Podlaski m. (0,29%), Bielany (5,52%)
		Powiat	miński
		Gmina	Dobre (0,96%), Jakubów (0,34%), Kałuszyn (7,82%), Cegłów (2,33%), Mrozy (8,14%)
		Powiat	Siedlce
		Gmina	m. Siedlce (0,55%)
		Powiat	siedlecki
		Gmina	Kotuń (12,52%), Mokobody (9,94%), Siedlce (3,84%), Skórzec (6,74%), Suchożebry (2,32%), Wiśniew (0,76%), Wodynie (<0,0003%)
3.	REGIONALIZACJA FIZYCZNO- GEOGRAFICZNA (WG KONDRACKIEGO, 2013 ORAZ SOŁONA i in., 2018)	Makroregion	Nizina Południowopodlaska (318.9)
		Mezoregion	Wysoczyzna Kałuszyńska (318.92)
		Mezoregion	Obniżenie Węgrowskie (318.93)
		Mezoregion	Wysoczyzna Siedlecka (318.94)
4.	WSPÓLRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO	Układ PL-1992 [X; Y]	508667,07 687397,04
			508667,07 722038,06
			474026,06 722038,06
			474026,06 687397,04
5.	POW. OBSZARU PRZETARGOWEGO	[km ²]	1200,00
6.	CEL KONCESJI		poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
7.	WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ		kambryj, ordowik, sylur
8.	PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:	[tak/ nie] jeśli „tak” to: nazwa ob- szaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	
	Parki Narodowe		nie
	Rezerваты		Barania Ruda (<1%), Florianów (<1%), Kan- tor Stary (<1%), Las Jaworski (<1%), Prze- łom Witówki (<1%), Rogoźnica (<1%), Rudka Sanatoryjna (<1%), Stawy Broszkow- skie (<1%), Torfowisko Jeziorzek (<1%)
	Parki Krajobrazowe		nie
	Obszary chronionego krajobrazu		Miński OChK (14%), Siedlecko-Węgrowski OChK (26%)
	Natura 2000 – SOO		PLH140007 Kantor Stary (<1%), PLH140026 Dzwonecznik w Kisielanach (<1%), PLH140032 Ostoja Nadliwiecka (3%), PLH140036 Rogoźnica (<1%)
	Natura 2000 – OSO		PLB140002 Dolina Liwca (4%), PLB140009 Dolina Kostrzynia (9%)
	Zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		nie

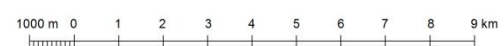
KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „SIEDLCE W”			
	Użytki ekologiczne	[tak (liczba)/ nie]	3
	Pomniki przyrody		465
	Stanowiska dokumentacyjne		nie
9.	GLEBY CHRONIONE	[tak/ nie]	tak
10.	KOMPLEKSY LEŚNE	[tak/ nie]	tak
11.	LASY OCHRONNE	[tak (powierzchnia,% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru prze- targowego)/ nie]	19,03 km ² (1,6%)
12.	OBIEKTY DZIEDZICTWA KULTUROWEGO	[tak (liczba)/ nie]	
		Grodzisko	4
		Osada	7
		Cmentarzysko	7
		inne	nie
13.	GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	215 Subniecka warszawska Pg-Ng, 2151 Subniecka warszawska (część centralna) Pg- Ng, 223 Dolina kopalna górnego Liwca; Q
14.	STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY	[tak / nie]	tak
15.	STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ	[tak/ nie] [yes / no]	nie
16.	TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI	[tak/ nie]	tak
17.	UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (kruszywa naturalne, piaski kwarcowe, torfy)
18.	OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN (z wyłączeniem węglowodorów)	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (piaski, piaski i żwiry, piaski kwarcowe, torfy)
19.	SIECI PRZESYŁOWE GAZU	[tak/ nie]	tak
20.	PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU	[tak/ nie]	nie
21.	DATA WYPEŁNIENIA KARTY	26.02.2021 r.	
22.	ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH	Joanna Szyborska-Kaszycka, Dominika Kafara	

Tab. 1.3. Karta uwarunkowań środowiskowych obszaru przetargowego „Siedlce W”.

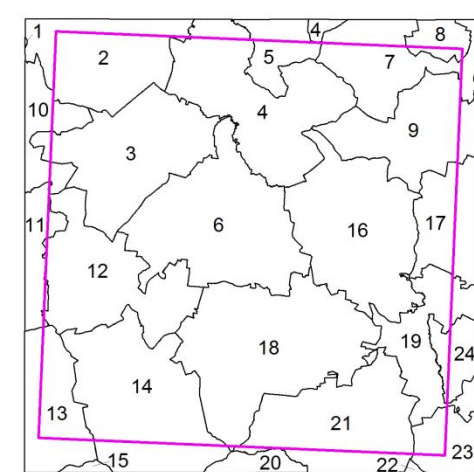
→Fig. 1.3. Mapa środowiskowa obszaru „Siedlce W”.



Mapa środowiskowa obszaru „SIEDLCE W”
Environmental Map of the "SIEDLCE W" area



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



- woj. MAZOWIECKIE
powiat wołomiński
1 – gm. Strachówka
powiat węgrzowski
2 – gm. Korytnica
3 – gm. Wierzbno
4 – gm. Liw
5 – gm. Węgrów
6 – gm. Grębków
powiat sokołowski
7 – gm. Sokołów Podlaski
8 – m. Sokołów Podlaski
9 – gm. Bielany
powiat miński
10 – gm. Dobrze
11 – gm. Jakubów
12 – gm. Kaluszyń
13 – gm. Ceglów
14 – gm. Mrozy
15 – gm. Łatowicz
powiat siedlecki
16 – gm. Mokokobody
17 – gm. Suchozębry
18 – gm. Kotuń
19 – gm. Siedlce
20 – gm. Wodnyń
21 – gm. Skórzec
22 – gm. Domanice
23 – gm. Wiśniew
powiat Siedlce
24 – m. Siedlce

*Położenie obszaru koncesyjnego SIEDLCE W
na tle arkuszy mapy 1:50 000*
Location of tender area on maps with scale of 1:50 000



Zestawienie danych oraz redakcja komputerowa mapy: **Joanna Szyborska-Kaszycka**
Data compilation and map edition:
Weryfikacja: **Olimpia Kozłowska**
Verification:

Objaśnienia do mapy środowiskowej obszaru „Siedlce W”

Legend of the environmental map of the "Siedlce W" area

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

(based on MGŚP database*)

ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY
ICH WYSTĘPOWANIAMINERAL DEPOSIT AND
PERSPECTIVE AREA'S, PROGNOSTIC AREA'S FOR DOCUMENTING DEPOSITS

	piaski i żwiry sands and gravels		piaski kwarcowe quartz sands
	piaski sands		torfy peat
9579	identyfikator z bazy Midas złoża mało-konfliktowego ID from the MIDAS database of the small environmental conflict		
19000	identyfikator z bazy Midas złoża konfliktowego ID from the MIDAS database of the environmental conflict		
	granica złoża deposit boundary		
	granica zweryfikowanego obszaru prognostycznego verified prognostic area boundary		
	granica obszaru perspektywicznego perspective area boundary		
	złożo o powierzchni < 5 ha deposit with area < 5 ha		
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		
	punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny (p - rodzaj kopaliny) point of unlicensed exploitation of a mineral (p - type of mineral)		
Symbol kopaliny: z - żwiry gravel pż - piaski i żwiry sands and gravels p - piaski sands pk - piaski kwarcowe quartz sands t - torfy peat		Symbol jednostki stratygraficznej: Symbol of the stratigraphic unit: Q - czwartorzęd Quaternary Ng - neogen Neogene Pg - paleogen Paleogene	

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

SURFACE AND UNDERGROUND WATERS

	obszary dolinne zagrożone podtopieniami valley flood hazard area
	granice działu wodnego drugiego rzędu water divide of second rank
	granice działu wodnego trzeciego rzędu water divide of third rank
	granice działu wodnego czwartego rzędu water divide of fourth rank
	granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem principle boundary aquifer with ID number
	granica strefy ochrony ujęcia wód water intake protected area boundary
	granica lejów depresyjnego wywołanego eksploatacją wód podziemnych (Q - wiek eksploatowanych utworów) boundary of a cone depression caused by water exploitation (Q - age of exploited rocks)
	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)
	ujęcie wód podziemnych o wydajności > 50 m³/h (k - komunalne, p - przemysłowe, Q - wiek ujmowanych utworów) underground water intake with capacity > 50 m³/h (k - municipal, p - industrial, Q - age of exploited rocks)

OCHRONA PRZYRODY, KRAJOBRAZU I ZABYTKÓW KULTURY

	grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych) arable land (class I-IVa)
	łąki na glebach pochodzenia organicznego meadows on organic soils
	las
	las chronione protected forests
	zielenie urządzone urban greenery
	granice terenów zarządzanych przez Generalną Dyрекcyję Lasów Państwowych boundary of areas managed by General Directorate of the State Forests
	granica obszaru chronionego krajobrazu; nazwa obszaru boundary of protected landscape area; area name
	granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (FI - florystyczny, Fn - faunistyczny, L - leśny, T - torfowiskowy) boundary of natural reserve (FI - floristic, Fn - faunistic, L - forests, 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 PLH140007
	pomnik przyrody żywej (n - liczba obiektów) animate nature monument (n - number of objects)
	pomnik przyrody nieożywionej inanimate nature monument
	użytek ekologiczny ecological area
	użytek ekologiczny o powierzchni < 5 ha ecological area with area < 5 ha
	geostanowisko o znaczeniu krajowym geosite of national importance
	geostanowisko o znaczeniu lokalnym geosite of local importance
	stanowisko archeologiczne archeological site

INFORMACJE DODATKOWE

ADDITIONAL INFORMATIONS

	granica powiatu district boundary
	granica gminy, miasta commune or town boundary
	oś autostrady lub drogi szybkiego ruchu highway or express route
	oś projektowanej autostrady lub drogi szybkiego ruchu planned highway or express route
	siedziba urzędu gminy, miasta commune or town office headquarter
	sieć gazociągów przesyłowych natural gas pipeline network
	sieć elektroenergetyczna najwyższych i wysokich 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 oraz z baz danych PŚG i PSH w PIG-PIB

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

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

W budowie geologicznej obszaru przetargowego „Siedlce W” biorą udział kraton wschodnioeuropejski oraz zalegająca na nim pokrywa osadowa. W obrębie omawianego obszaru wyróżnia się w sumie cztery piętra strukturalne: najstarsze prekambryjskie (podłoże kratoniczne), a w obrębie pokrywy osadowej, trzy kolejne – kaledońskie (ediakar i niższy paleozoik), laramijskie (perm i mezozoik) oraz najmłodsze kenozoiczne (Żelaźniewicz i in., 2011). Poszczególne piętra strukturalne są oddzielone od siebie regionalnymi niezgodnościami/lukami stratygraficznymi. Najdłuższa luka czasowa obejmuje interwał od górnego syluru (przydol) do końca karbonu (gżel). Rozdziela ona piętro kaledońskie od laramijskiego, w którym można zaobserwować kilka kolejnych niezgodności/luk o mniejszej rozpiętości czasowej m.in.: w stropie triasu i spągu kredy (Podhalańska i in., 2018; Krzywiec i in., 2018).

Na powierzchni obszaru przetargowego „Siedlce W” występują utwory kenozoiczne, które zalegają niezgodnie na sukcesji permomezozoiku monokliny mazursko-podlaskiej, nieznacznie zaburzonej w wyniku staroalpejskich (laramijskich) ruchów tektonicznych (Fig. 2.1). W świetle nowej regionalizacji tektonicznej Polski obszar przetargowy jest zlokalizowany w obrębie synklinorium kościerzynsko-puławskiego, w jego segmencie warszawskim, przy granicy z segmentem puławskim (Fig. 2.2). Granica pomiędzy synklinorium a monokliną jest dyskusyjna i zależy od przyjętych założeń. Faktem jest, że skały permu i mezozoiku w granicach obszaru przetargowego zapadają w tym samym kierunku. Laramijskie piętro strukturalne ilustrują:

- mapa strukturalna powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2008; Fig. 2.3),
- mapa strukturalna powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2008; Fig. 2.4),
- mapa geologiczna powierzchni podkenozoicznej (Dadlez i in., 2000; Fig. 2.5),
- przekroje geologiczne i geofizyczne (Fig. 2.6).

W dolnej części kompleksu permomezozoicznego, w zachodniej części obszaru „Siedlce W”, są obecne niewielkie uskoki o przebiegu NW-SE oraz NE-SW (Fig. 2.3–2.4).

W planie podpermskim są widoczne struktury piętra kaledońskiego (ediakarsko-dolnopaleozoicznego), tworzące syneklizę podlaską (Fig. 2.2). Struktura ta jest położona przy zachodniej krawędzi kratonu i otwiera się ku południowemu-zachodowi. Dzisiejsza synekliza podlaska obejmuje ediakarską i dolnopaleozoiczną sukcesję osadową, deponowaną wzdłuż skłonu platformy wschodnioeuropejskiej (Żelaźniewicz i in., 2011). Kaledońskie piętro strukturalne ilustrują:

- mapa ścięcia na poziomie -3000 m n.p.m. (Kotański, 1997; Fig. 2.7),
- mapa strukturalna powierzchni stropu kambru (Poprawa i Kiersnowski, 2010; Fig. 2.8),
- mapa geologiczna powierzchni poddewońskiej (Poprawa, 2019; Fig. 2.9),
- mapa geologiczna powierzchni podpermskiej (Stolarczyk i in., 2004; Fig. 2.10),
- przekroje geologiczne i geofizyczne (Fig. 2.6).

Poniżej skał dolnego paleozoiku i ediakaru znajduje się krystaliczne podłoże kratonu wschodnioeuropejskiego, który należał do fennoskandzkiej części paleokontynentu Bałtyki (Bogdanova i in., 2005). Obszar przetargowy „Siedlce W” znajduje się w domenie mazowieckiej, a w granicach obszaru występują paleoproterozoiczne granitoidy otoczone paragnejsami (Krzemińska i Krzemiński, 2017; Fig. 2.11–2.12). Najstarsze skały, jakie nawiercono na obszarze przetargowym „Siedlce W” i w jego sąsiedztwie, to skały magmowe i metamorficzne prekambryjskiego podłoża krystalicznego, które występują w otworach Kałuszyn 1, Okuniew IG-1, Polaki 1, Rówce 1, Tłuszcz IG-1.

W dalszej części rozdziału przedstawiono charakterystykę poszczególnych wydzieleni stratygraficznych. Do opisu stratygrafii i litologii obszaru przetargowego „Siedlce W” wykorzystano dane z otworów położonych w jego granicach oraz w bliższym, jak i w dalszym sąsiedztwie. Są to: Dobrze-1, Kałuszyn 1, 2, Polaki 1, Rówce 1, SOK-Grębków-01, Sokołów Podlaski 1, Tłuszcz IG-1 i Żebrak IG-1. Ich lokalizację można znaleźć na Fig. 5.1.

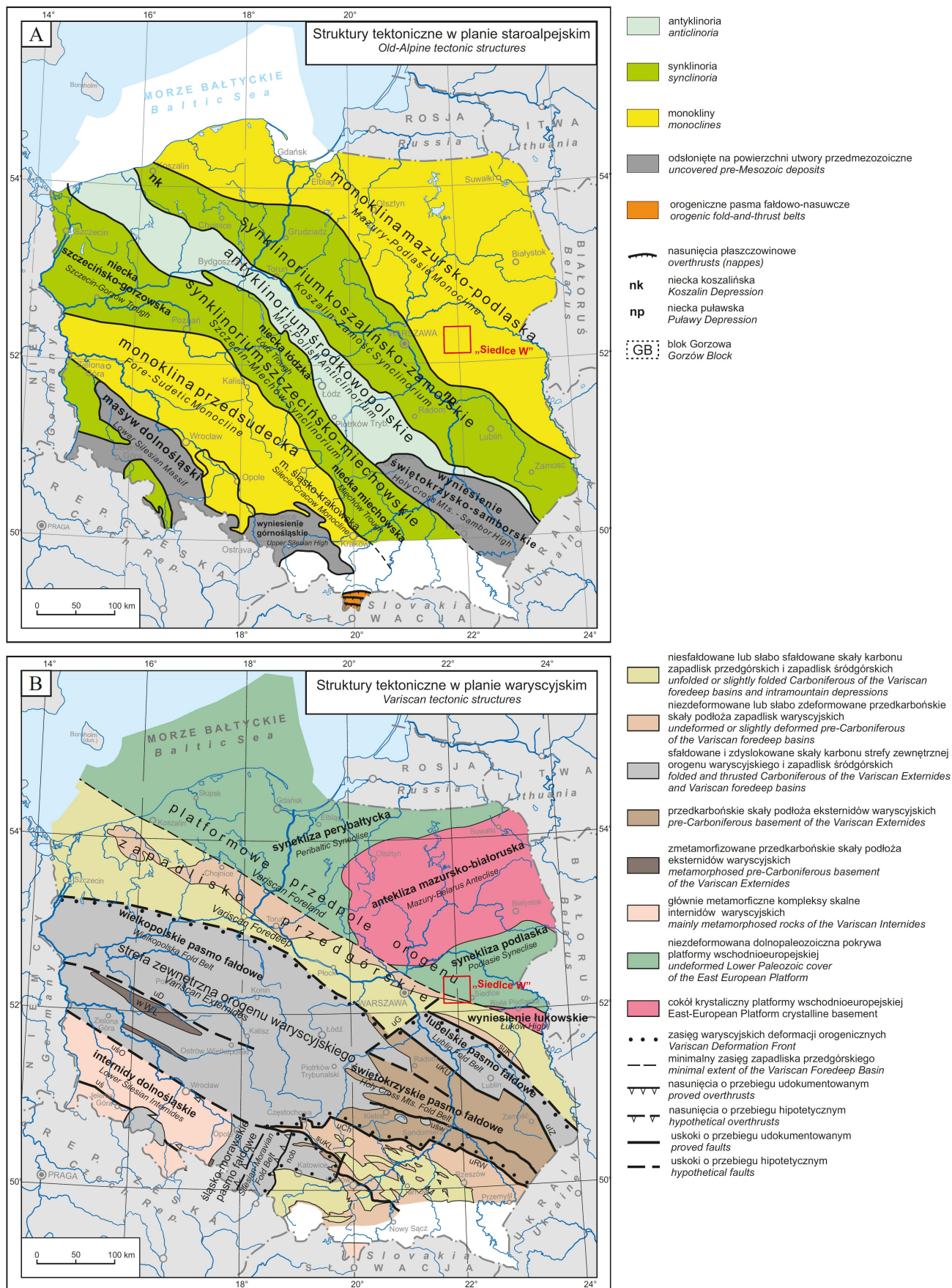


Fig. 2.1. A. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na szkicu głównych jednostek tektonicznych Niżu Polskiego na powierzchni podkenozoicznej (Nawrocki i Becker, 2017). **B.** Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na szkicu głównych jednostek warwicyjskiego planu tektonicznego (Nawrocki i Becker, 2017).

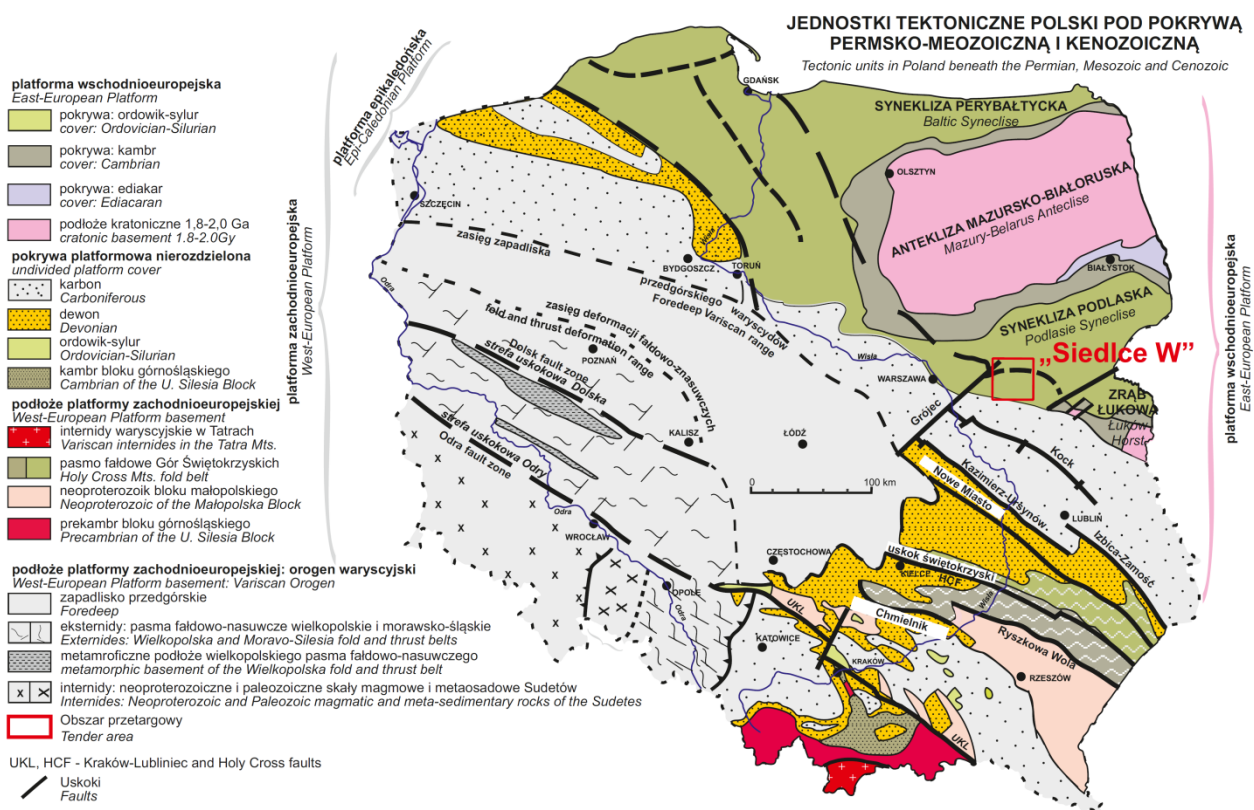


Fig. 2.2. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy głównych jednostek tektonicznych Polski pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną (Żelaźniewicz i in., 2011). Czerwonym konturem zaznaczono granice obszaru przetargowego.

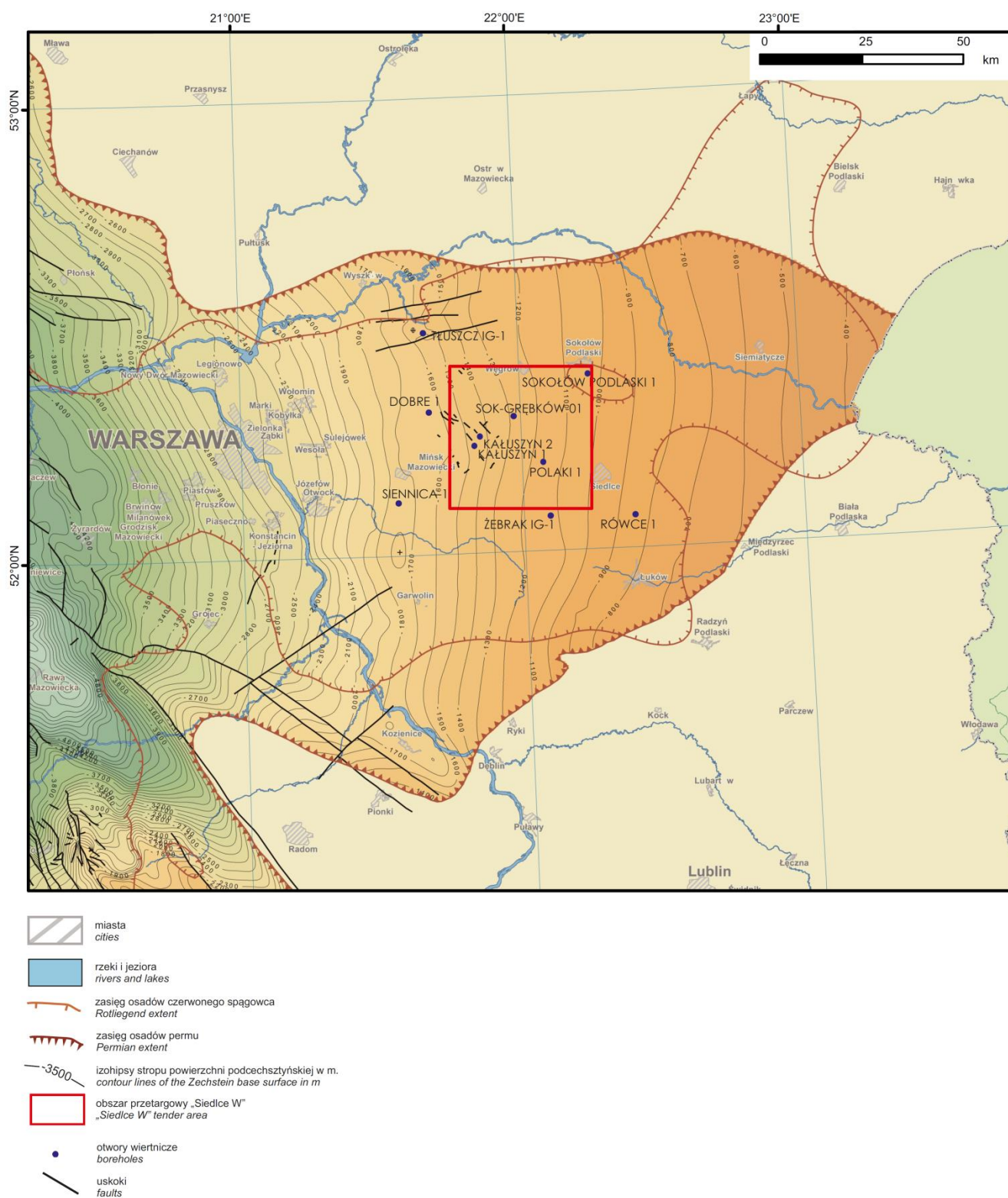


Fig. 2.3. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2008).

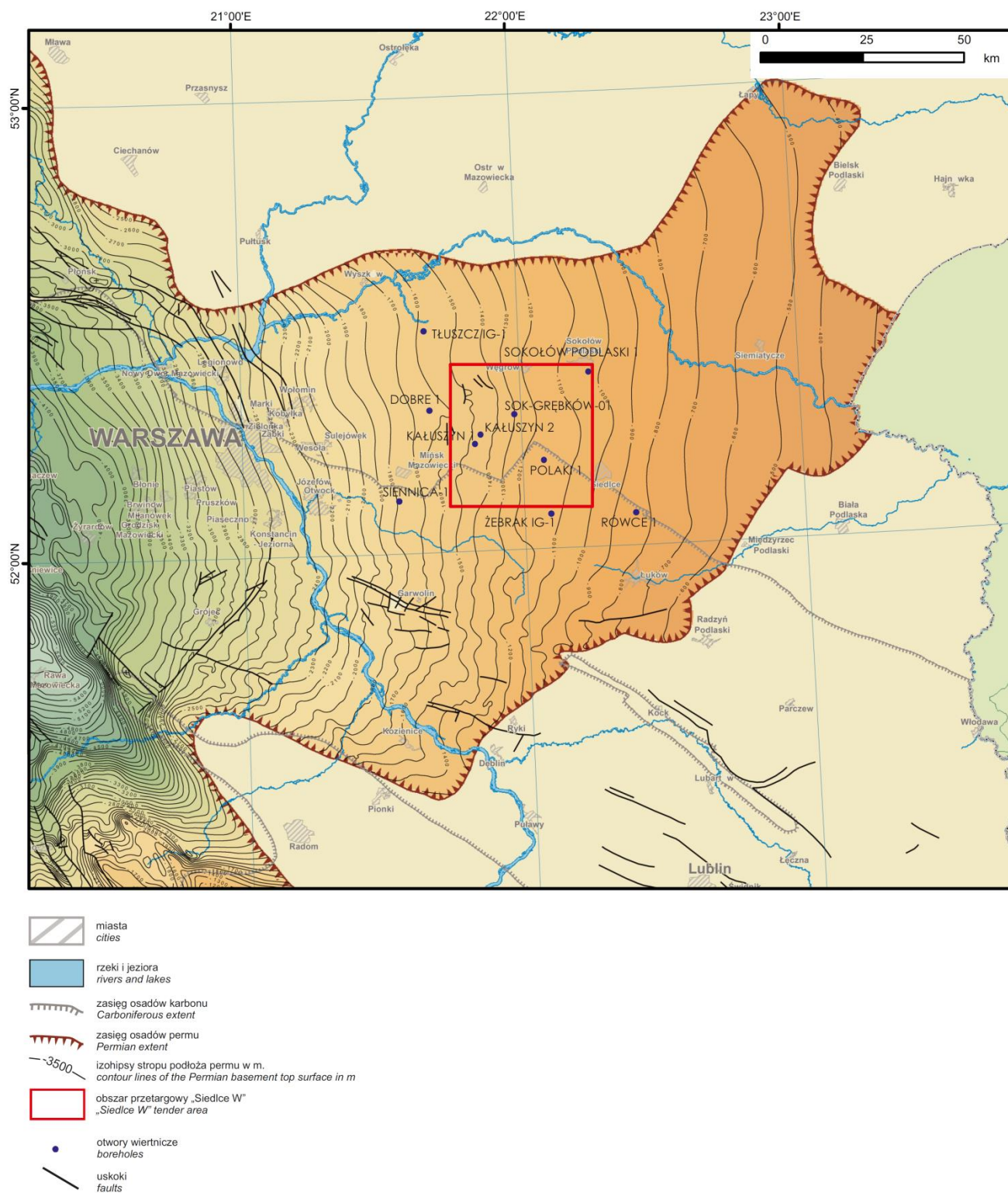


Fig. 2.4. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2008).

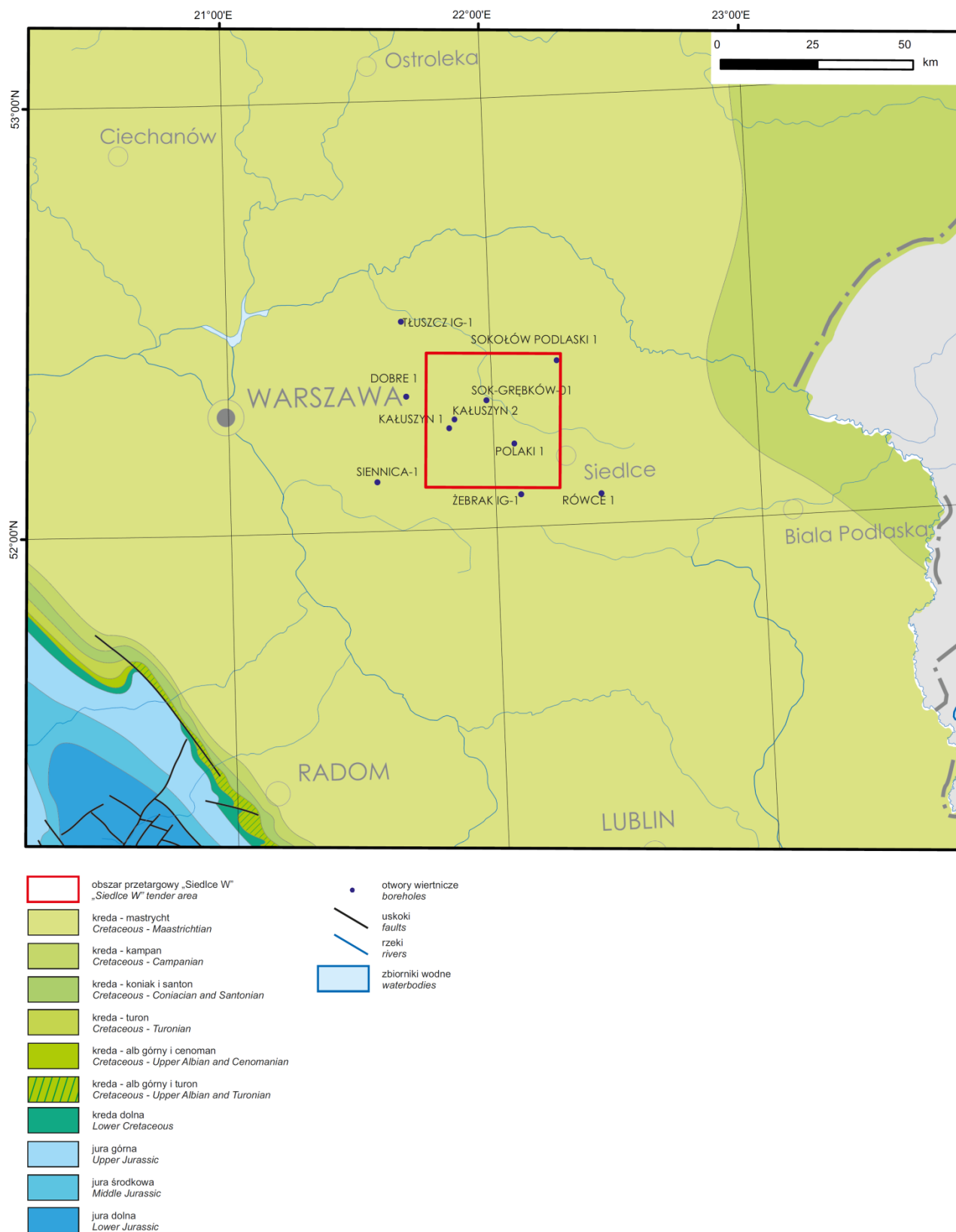


Fig. 2.5. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000).

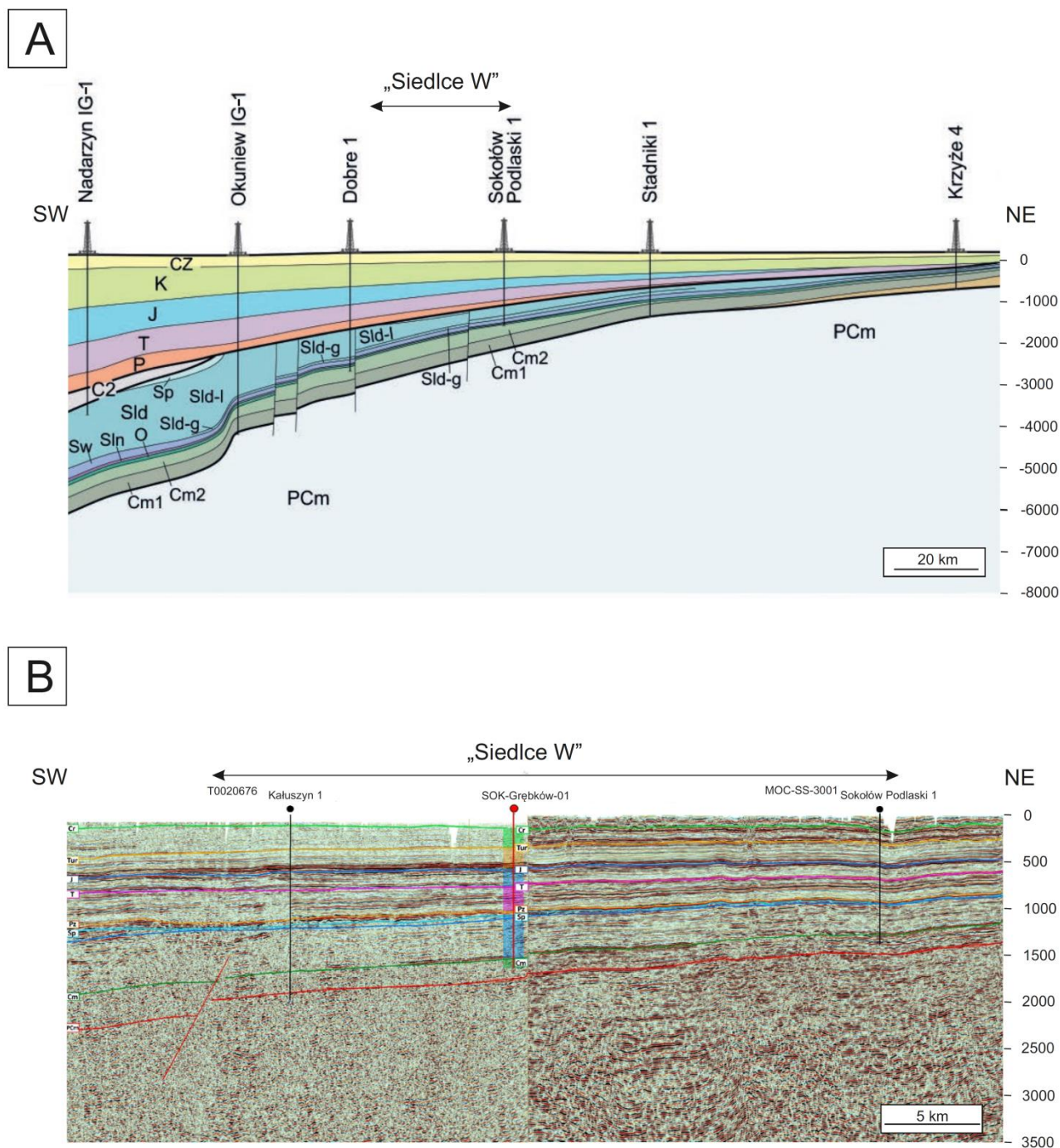
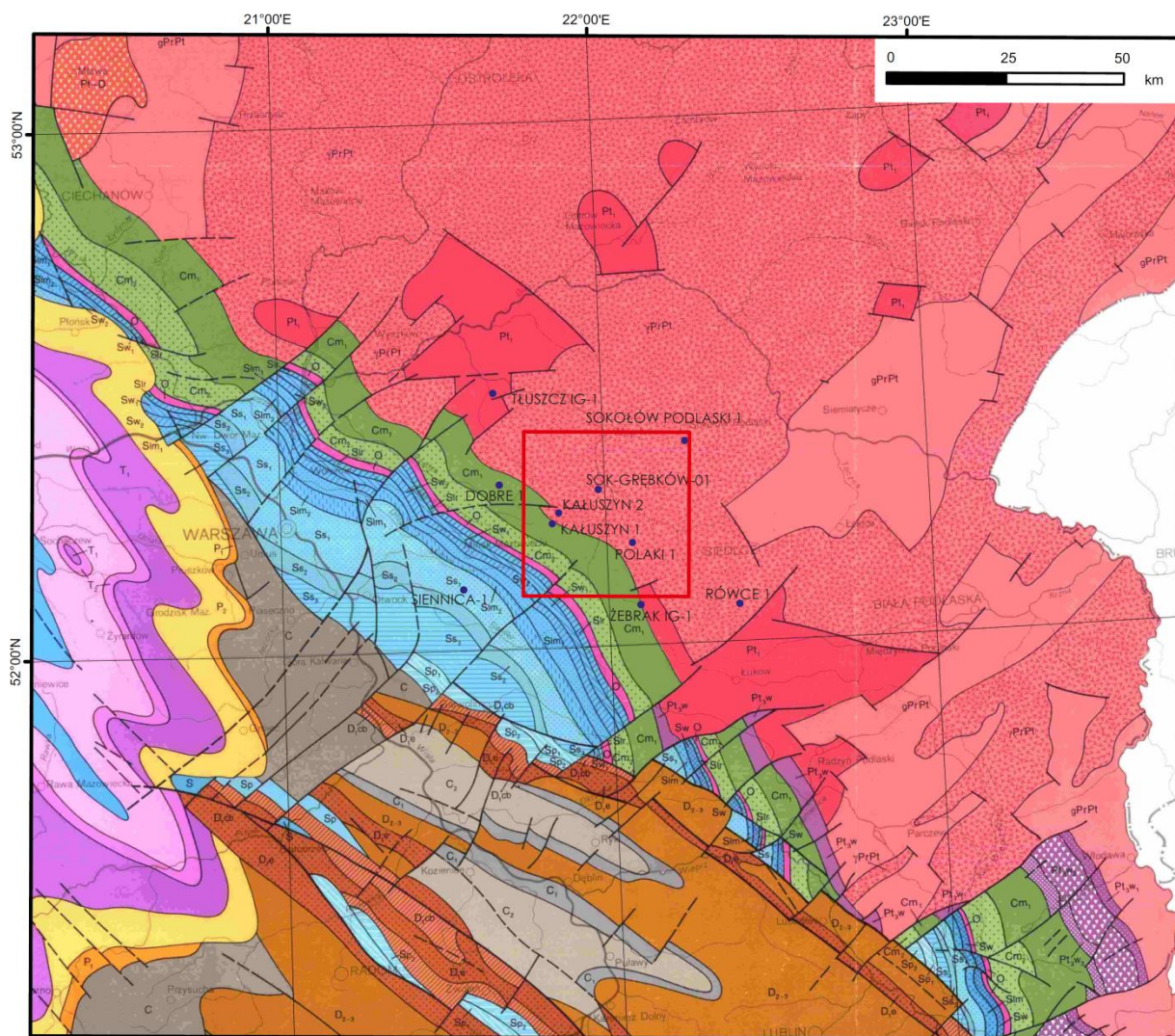


Fig. 2.6.A. Przekrój geologiczny przez syneklizę podlaską (Poprawa, 2019; zmodyfikowane). **B.** Zinterpretowany profil sejsmiczny ukazujący budowę wglębną obszaru przetargowego „Siedlce W” (Gliniak i in., 2013). Lokalizacja przekrojów na Fig. 2.10; PCm – prekambry, Cm – kambry, Cm1 – kambry dolny, Cm2 – kambry środkowy, O – ordowik, Sln – landowery, Sw – wenloki, Sld – ludlow, Sld-g – gorst, Sld-l – ludford, Sp – przydół, C2 – karbon górny, Pz – cechsztyń, P – permian, T – trias, J – jura, Tur – turon, K/Cr – kreda, CZ – kenozoik.



 	obszar przetargowy „Siedlce W” „Siedlce W” tender area	Sm₂	syłur (warstwy mielnickie górne) Silurian (Upper Mielnik Beds)	•	otwory wiertnicze boreholes
J	jura Jurassic	Sm₁	syłur (warstwy mielnickie dolne) Silurian (Lower Mielnik Beds)	—	uskoki faults
T₃	trias górny Upper Triassic	Sw₂	syłur - wenlok górny Silurian - Upper Wenlock		
T₂	trias środkowy Middle Triassic	Sw₁	syłur - wenlok dolny Silurian - Lower Wenlock		
T₁	trias dolny Lower Triassic	Slr	syłur - landower Silurian - Llandovery		
P₂	perm górny (cechsztyń) Upper Permian (Zechstein)	O	ordowik Ordovician		
P₁	perm dolny (czerwony spagowiec) Lower Permian (Rotliegend)	Cm₃	kambr górny Upper Cambrian		
C	karbon Carboniferous	Cm₂	kambr środkowy Middle Cambrian		
C₂	karbon górny Upper Carboniferous	Cm₁	kambr dolny Lower Cambrian		
C₁	karbon dolny Lower Carboniferous	Pt_{3w}	wend Vendian		
D₂₋₃	dewon środkowy i górny Middle and Upper Devonian	Pt_{2w}	wend górny Upper Vendian		
D_{1e}	dewon dolny - ems Lower Devonian - Emsian	Pt_{1w}	wend środkowy Middle Vendian		
D_{1a}	dewon dolny Lower Devonian	Pt_{3w1}	wend dolny Lower Vendian		
S	syłur Silurian	Pt₁	prekambr - dolny proterozoik Precambrian - Lower Proterozoic		
Sp	syłur - przydół (warstwy podlaskie) Silurian - Pridoli (Podlasie Beds)	gPrPt	prekambr - paleoproterozoik - skały metamorficzne Precambrian - Paleoproterozoic - metamorphic rocks		
Sp₂	syłur - przydół (warstwy podlaskie górne) Silurian - Pridoli (Upper Podlasie Beds)	yPrPt	prekambr - paleoproterozoik - graniroidy Precambrian - Paleoproterozoic - granitoids		
Sp₁	syłur - przydół (warstwy podlaskie dolne) Silurian - Pridoli (Lower Podlasie Beds)	Pt-D	intruzje anorogeniczne anorogenic intrusions		
Ss₃	syłur - przydół (warstwy siedleckie górne) Silurian - Pridoli (Upper Siedlce Beds)				
Ss₂	syłur (warstwy siedleckie środkowe) Silurian (Middle Siedlce Beds)				
Ss₁	syłur (warstwy siedleckie dolne) Silurian (Lower Siedlce Beds)				

Fig. 2.7. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle map ścięcia poziomego -3000 m n.p.m. (Kotański, 1997).

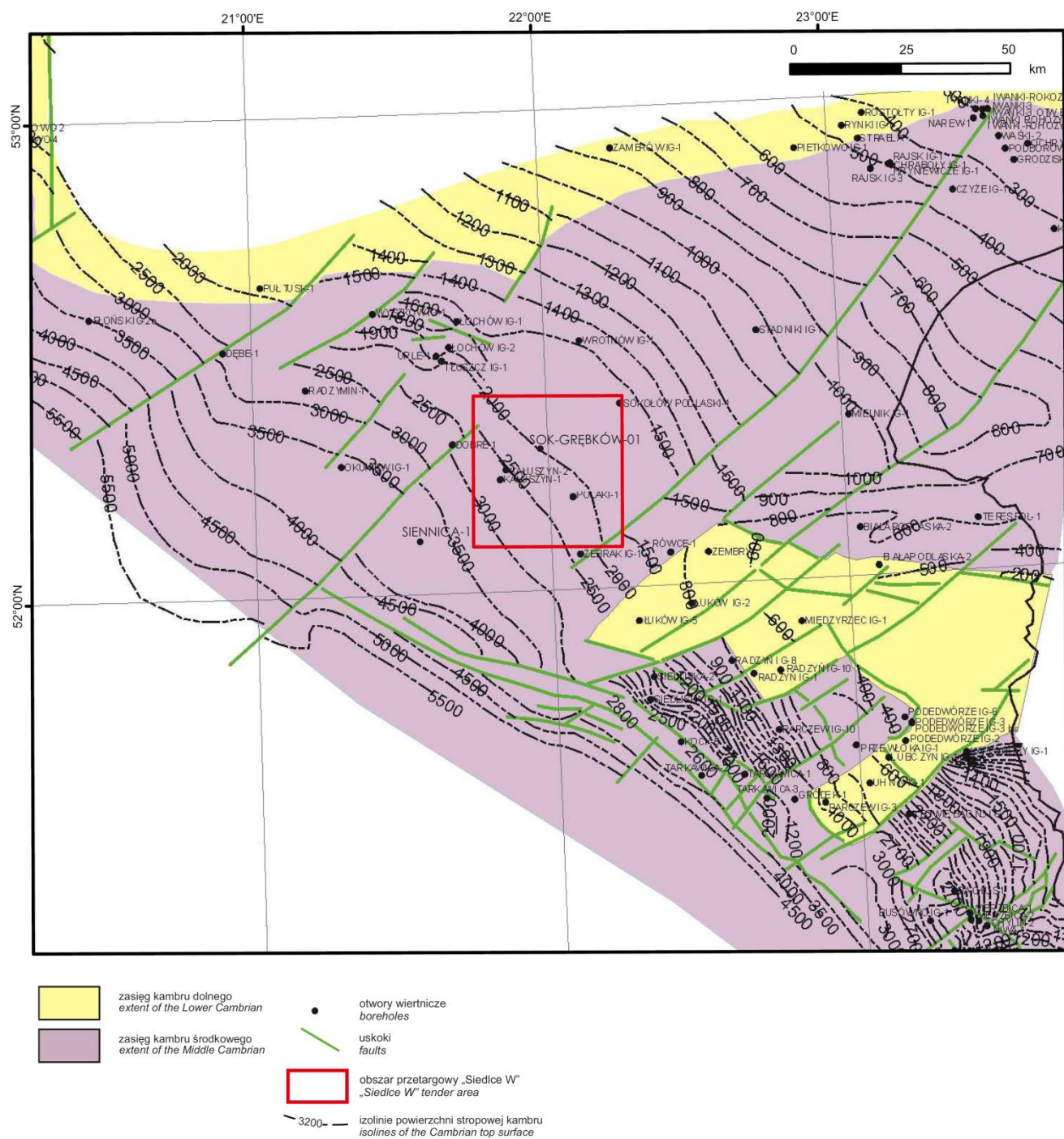


Fig. 2.8. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle mapy strukturalnej stropu kambru (Poprawa i Kiersnowski, 2010).

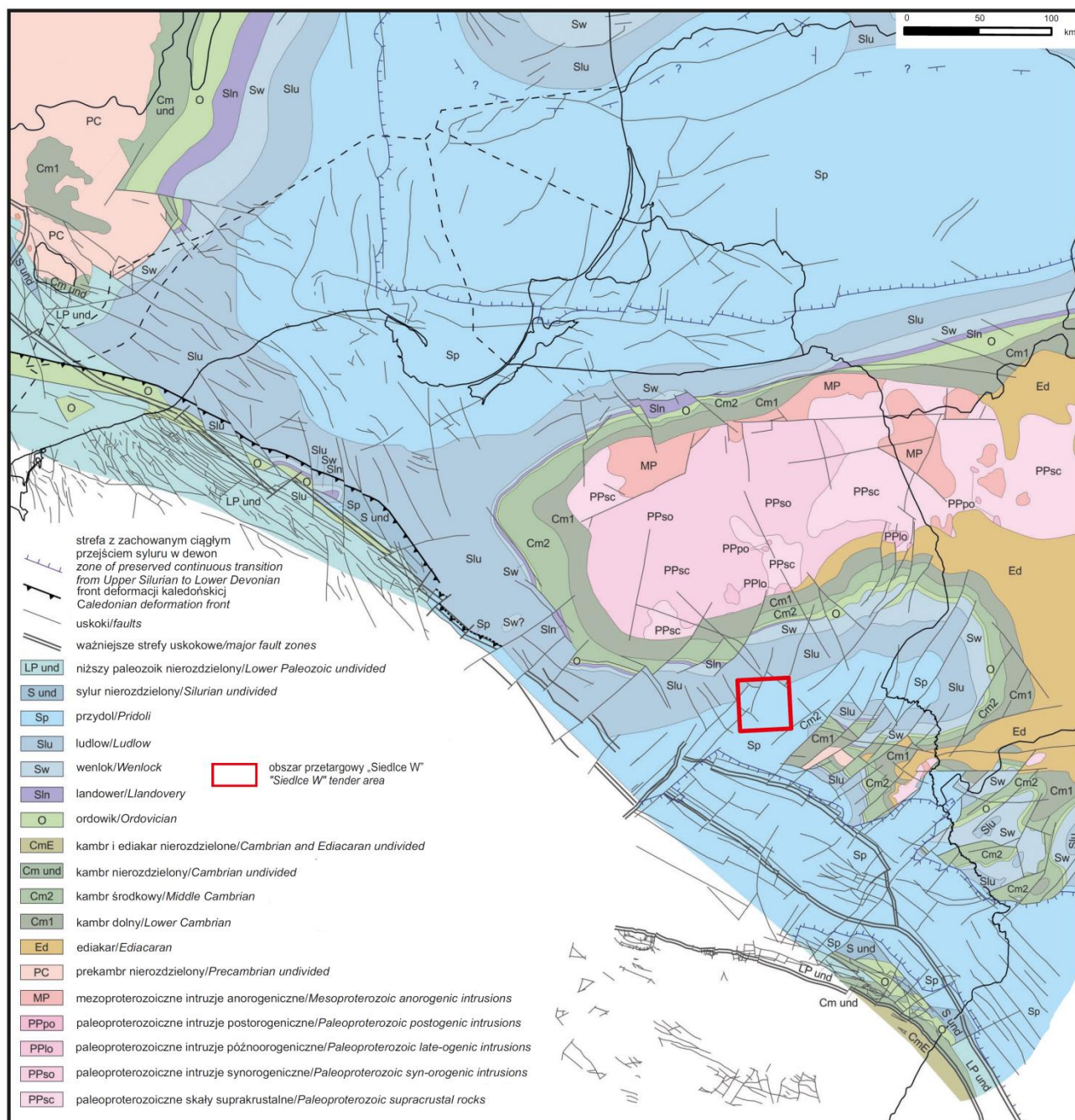


Fig. 2.9. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle mapy powierzchni poddewońskiej (Poprawa, 2019).

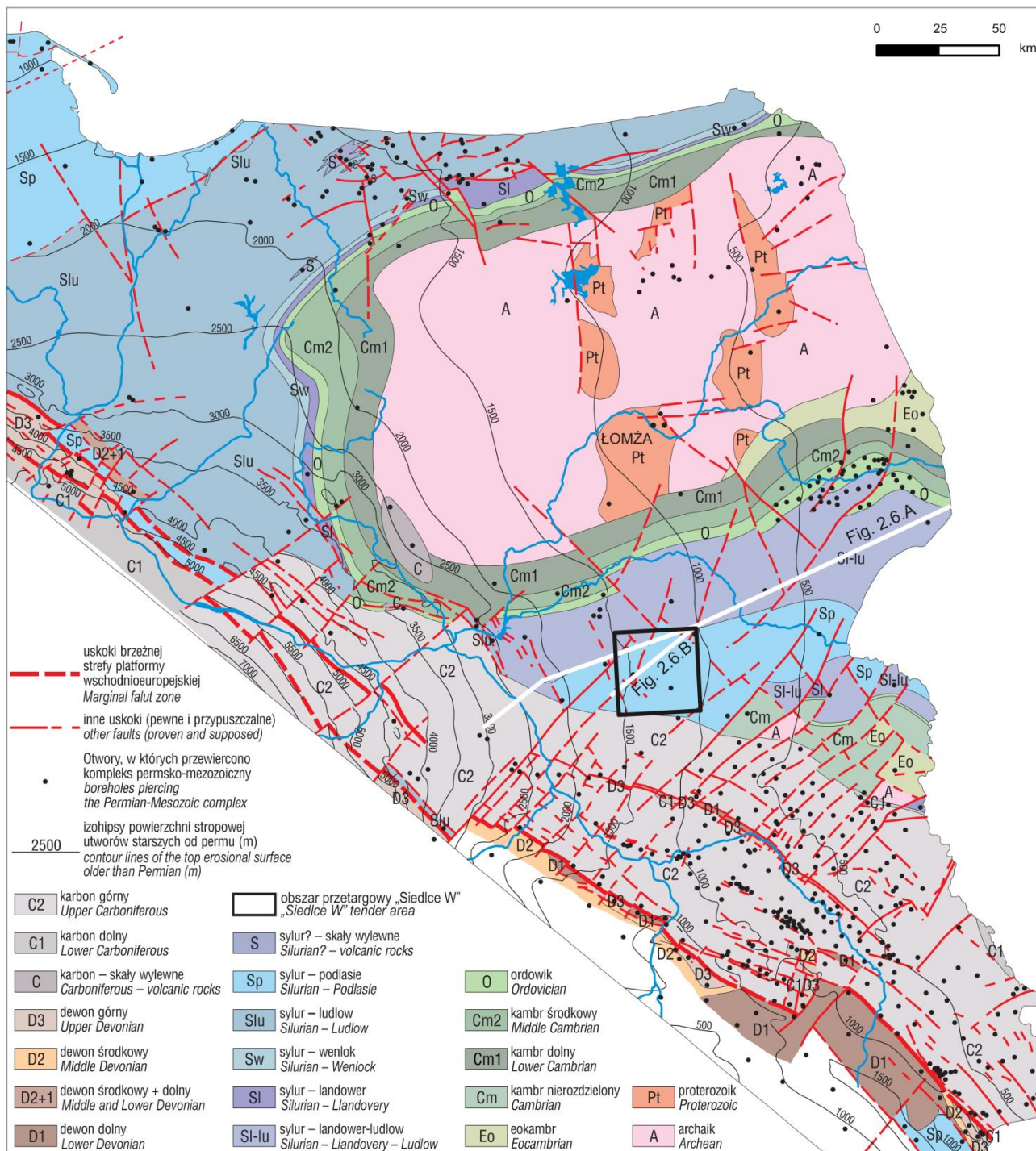


Fig. 2.10. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle mapy geologicznej polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego bez utworów permu i młodszych (Stolarczyk i in., 2004).

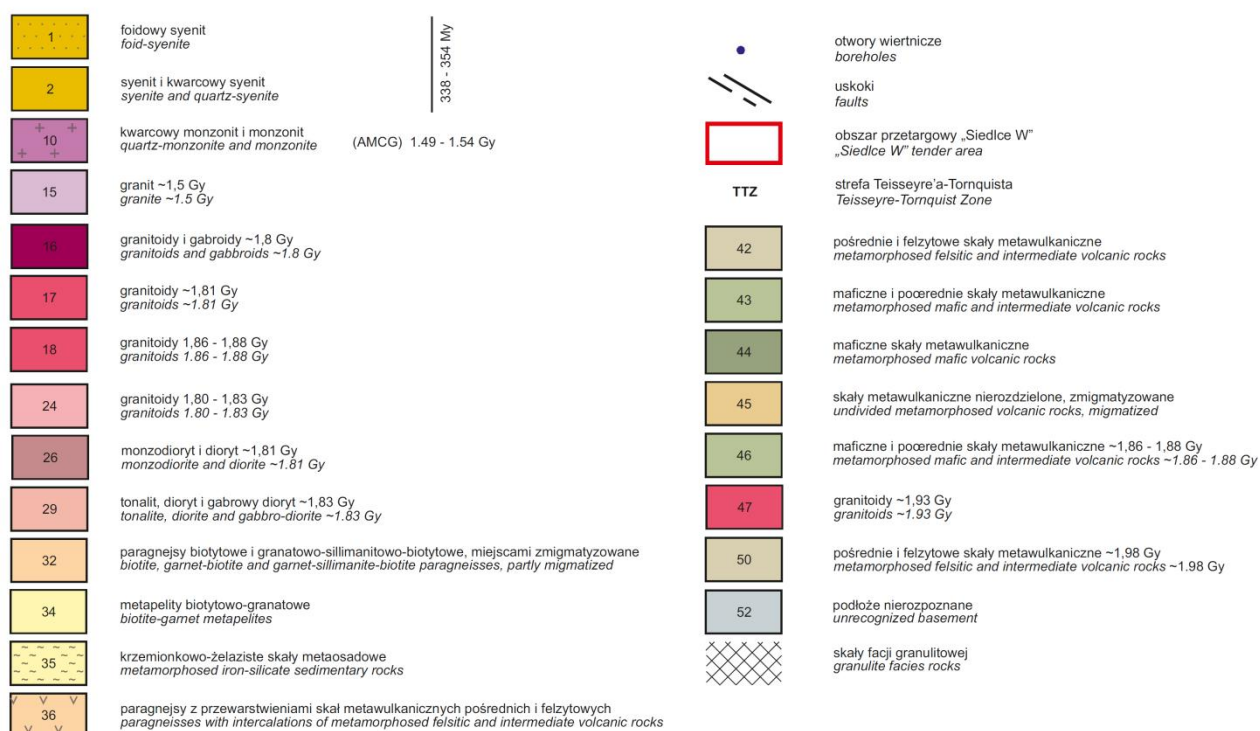
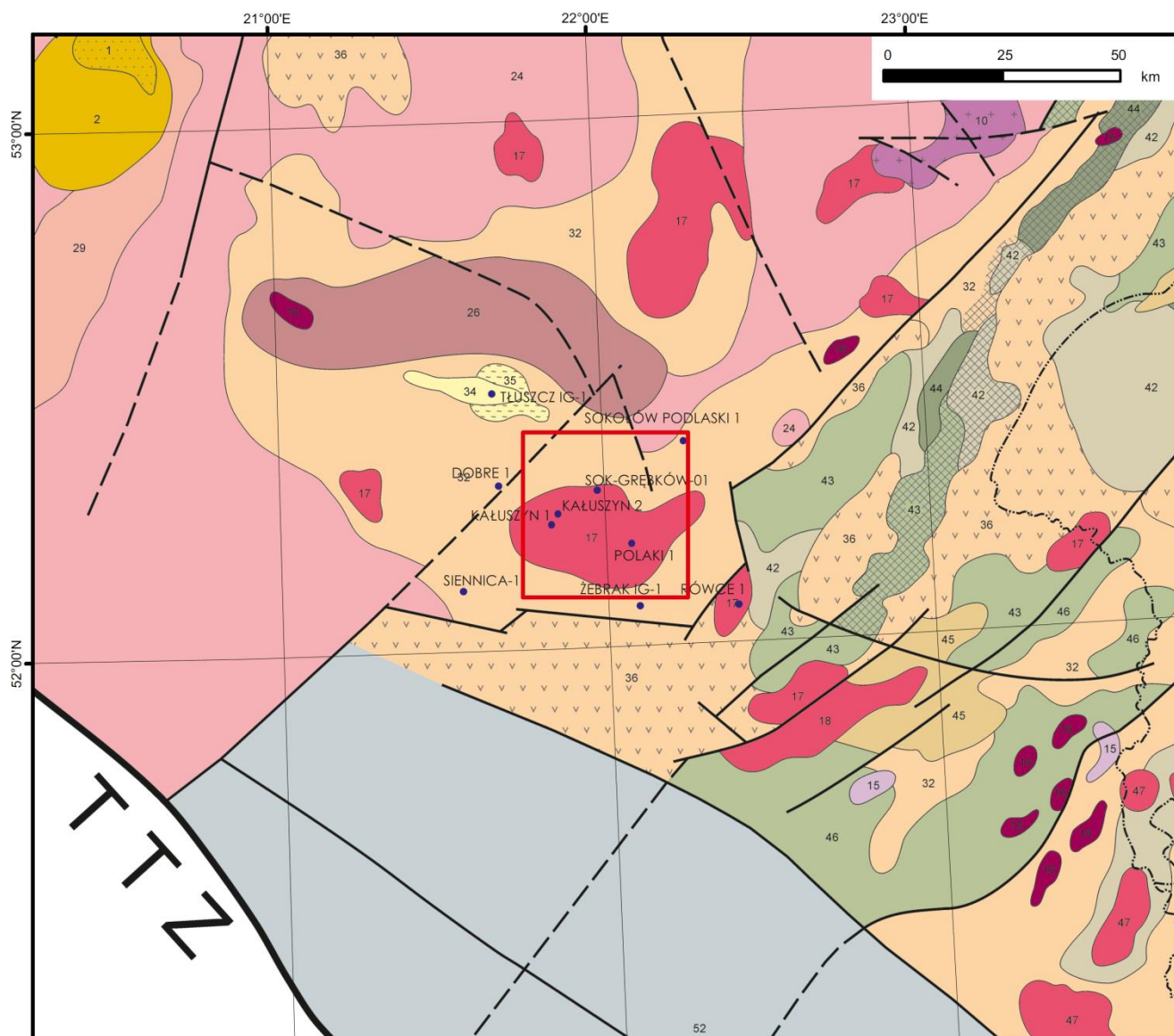


Fig. 2.11. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy geologicznej podłoża kratonu wschodnioeuropejskiego (Krzemińska i Krzemiński, 2017)

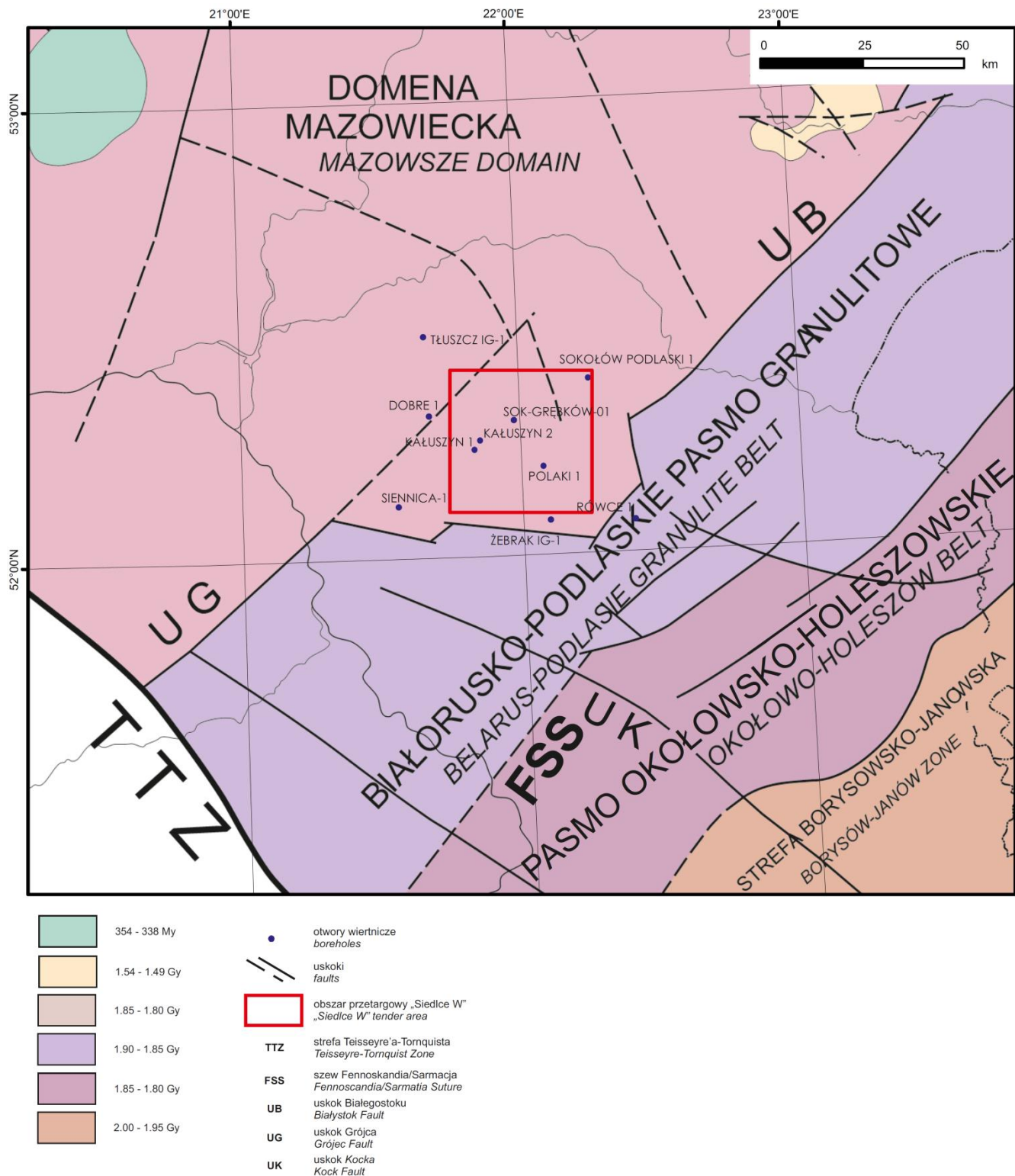


Fig. 2.12. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy domen kratonu wschodnioeuropejskiego (Krzemińska i Krzemiński, 2017).

2.2. TEKTONIKA

Obszar przetargowy „Siedlce W” jest położony na kratonie wschodnioeuropejskim (Żelaźniewicz i in., 2011). W jego budowie geologicznej wyróżnia się cztery piętra strukturalne, rozpoznane za pomocą otworów wiertni-

czych: prekambryjskie, kaledońskie (ediakar i niższy paleozoik), laramijskie (permsko-mezozoiczne) i kenozoiczne (Żelaźniewicz i in., 2011). Bezpośrednio na kratonie zalega ediakarsko-dolnopaleozoiczna pokrywa osa-

dowa piętra kaledońskiego tworząca strukturę zwaną syneklizą podlaską (np. Żelaźniewicz i in., 2011) lub depresją podlaską (np. Poprawa, 2019; Podhalańska i in., 2020). Wyżej niezgodnie zalega kompleks permsko-mezozoiczny (staroalpejski). Zależnie od przyjętych założeń regionalizacji tektonicznej, obszar przetargowy będzie zlokalizowany na monoklinie mazursko-podlaskiej (Fig. 2.1; Nawrocki i Becker, 2017), lub w segmencie warszawskim synklinorium kościerzynsko-puławskiego (Fig. 2.2; Żelaźniewicz i in., 2011). Całość niezgodnie przykrywają osady kenozoiku.

W planie prekambryjskim obszar „Siedlce W” jest zlokalizowany w zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego, w domenie mazowieckiej. W podłożu kratonu znajduje się cokolwiek zbudowany z paleo- i mezoproterozoicznych skał magmowych i metamorficznych, występujących w pasmach biegnących z NE na SW, które należały do fennoskandzkiej części paleokontynentu Baltiki (Bogdanova i in., 2005; Żelaźniewicz i in., 2011). Obszar przetargowy „Siedlce W” w całości jest położony w domenie mazowieckiej, na północno-zachód od białorusko-podlaskiego pasma granulitowego, przy zachodniej krawędzi kratonu (Krzemińska i Krzemiński, 2017; Fig. 2.11–2.12). W centrum omawianego obszaru występuje granitoidowa intruzja późnoorogeniczna, która jest otoczona przez zróżnicowane paragnejsy. Profile sejsmiczne pokazują, że strop podłoża proterozoicznego stopniowo zapada coraz głębiej w kierunku zachodnim (Fig. 2.6). Na tych przekrojach widać również głęboko zakorzenione uskoki odwrócone, które dzielą prekambryjskie podłoże syneklizy podlaskiej na bloki (Krzywiec i in., 2018). Uskoki powstały prawdopodobnie w efekcie późnopaleozoicznych ruchów tektonicznych, prawdopodobnie z udziałem składowej przesuwowej (Kufraś i in., 2018; Krzywiec i in., 2018). Innymi ważniejszymi strefami tektonicznymi są uskoki Grójca, który prawdopodobnie przebiega przez północno-zachodnią część obszaru z SW na NE, oraz uskoki Białegostoku, biegnący w pobliżu wschodniej i południowej granicy obszaru (Fig. 2.11–2.12).

Na cokole krystalicznym zalegają ediakarsko-dolnopaleozoiczne sukcesje osadowe piętra kaledońskiego, ograniczone od góry regionalną powierzchnią erozyjną górnego

paleozoiku (od górnego syluru – przydolu do końca karbonu – gżel; Podhalańska i in., 2018). Obszar „Siedlce W” jest położony w syneklizie podlaskiej (Fig. 2.2), która wykształciła się na skrzyżowaniu ponadregionalnych struktur tektonicznych tj. aulakogenu Orsza-Wołyń oraz zachodniego skłonu Baltiki, wzdłuż którego rozwinęła się strefa TESZ (Poprawa, 2006). 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; Krzywiec i in., 2018; Botor i in., 2019a). Część profili sejsmicznych, przechodzących przez syneklizę, ukazuje stopniowy wzrost miąższości utworów ediakaru w kierunku północno-wschodnim. Powyższy układ można wiązać z rozwojem aulakogenu Orsza – Wołyń (Krzywiec i in., 2018). Miąższości sukcesji dolnopaleozoicznych wzrastają regionalnie w kierunku zachodnim i południowo-zachodnim (Modliński i in., 2010). Ich układ i rozkład był związany z rozwojem oceanu Tornquista, powstałego po rozpadzie Rodinii wzdłuż pasywnej, zachodniej krawędzi Baltiki (Krzywiec i in., 2018; Poprawa, 2019). Powierzchnie strukturalne poszczególnych wydziałów dolnego paleozoiku, w granicach obszaru przetargowego, zgodnie zapadają w kierunku południowo-zachodnim.

Rozpoznane dyslokacje występują na zachodzie oraz północy obszaru przetargowego i przebiegają w kierunku SW-NE oraz NW-SE (Fig. 2.10). Część z nich posiada założenia w starszym podłożu (np. uskoki Grójca) i ma charakter odwrócony (Krzywiec i in., 2018). Powstały one prawdopodobnie w trakcie późnopaleozoicznej przebudowy tektonicznej obszaru, w trakcie której ulegał on różnego rodzaju deformacjom związanym z ruchami blokowymi podłoża (Krzywiec i in., 2018). W efekcie wspomnianych procesów tektonicznych doszło do erozji skał starszego paleozoiku (Podhalańska i in., 2018; Krzywiec i in., 2018). Zgodnie z interpretacjami części badaczy (Nawrocki i Becker, 2017) w planie waryscyjskim południe obszaru „Siedlce W” leży w obrębie zapadliska przedgórskiego waryscydów (Fig. 2.1).

Sukcesje osadowe kompleksu permsko-mezozoicznego stanowią wypełnienie brzeżnej, wschodniej części basenu polskiego, którego osiowa część, w skutek oddziaływań kompresyjnych, została wypiętrzona w trakcie inwersji późnokredowo-paleogeńskiej, tworząc antyklinorium śródpolskie (Żelaźniewicz i in., 2011). Poszczególne wydzielienia łagodnie zapadają na zachód, będąc w tej części najgłębiej pogrzebane. W kierunku zachodnim nieznacznie wzrasta też ich miąższość. W laramijskim piętrze strukturalnym, na skutek mezozoicznych ruchów wznoszących, można zaobserwować kilka regionalnych nie-

zgodności/luk erozyjnych o stosunkowo małej rozpiętości czasowej, m.in. w stropie triasu oraz w spągu kredy (Podhalańska i in., 2018; Krzywiec i in., 2018). W dolnej części kompleksu permsko-mezozoicznego, w zachodniej części obszaru „Siedlce W”, są obecne niewielkie uskoki o przebiegu NW-SE oraz NE-SW (Fig. 2.3–2.4). Na powierzchni podkenozoicznej, która ogranicza piętro laramijskie (staroalpejskie) od stropu, odsłaniają się jedynie skały kredy (Dadlez i in., 2000). Powyżej, na całości obszaru przetargowego, zalega najmłodsze piętro kenozoiczne.

2.3. STRATYGRAFIA

2.3.1. KAMBR

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym „Siedlce W” utwory klastyczne kambru dolnego i środkowego rozpoznano w 4 otworach wiertniczych usytuowanych na linii SW-NE między Kałuszynem na południowym zachodzie, a Sokołowem Podlaskim na północnym wschodzie. Ponadto, na omawianym obszarze jest zlokalizowany jeszcze otwór Polaki 1, usytuowany około 2 km na północ od miejscowości Kotuń, we wsi Polaki, przy drodze Siedlce – Warszawa. Trzeba jednak zaznaczyć, że dane z otworów Kałuszyn 1 i 2 są własnością inwestora, w związku z tym nie mogą być szczegółowo prezentowane w niniejszym opracowaniu. Poniżej zestawiono listę otworów, które przewierciły/nawierciły kambr na obszarze przetargowym (w przypadku otworów Kałuszyn 1 i 2 podano informacje o głębokości i stratygrafii na spągu):

- Kałuszyn 1: 3190 m, paleoproterozoik,
- Kałuszyn 2: 2480 m, kambr,
- SOK-Grębków-01: 2160,0–2243,0 m,
- Sokołów Podlaski 1: 1739,0–1771,0 m,
- Polaki 1: 2198,5–2760,0 m.

Dodatkowo, w sąsiedztwie obszaru przetargowego, kambr został stwierdzony w trzech głębokich otworach wiertniczych: Dobrze 1, Żebrak IG-1 i Rówce 1.

Głębokość zalegania stropu utworów kambru zmienia się od około 1750 m p.p.t. w części północno-wschodniej obszaru do poniżej 2800 m p.p.t. w części południowo-zachod-

niej (Fig. 2.15). Powierzchnia stropowa utworów kambryjskich została ukształtowana w wyniku zachodzących procesów erozyjnych w okresie hiatusu poprzedzającego sedymentację węglanowych osadów ordowiku, z czego wynika też brak utworów kambru górnego.

Całkowita miąższość utworów kambru została rozpoznana w otworze Polaki 1, a także w otworze Rówce 1, zlokalizowanym poza granicami obszaru przetargowego. Włączając do tych danych czasowe i zinterpretowane głębokościowe profile sejsmiczne, można stwierdzić, że zachowana miąższość kambru oscyluje około 570 m, z czego około 420 m to kambr dolny, obejmujący piętra faunistyczne: *Platysolenites*, *Mobergella* oraz *Holmia-Protolenus* (Fig. 2.16–2.18), a 100–200 m to kambr środkowy (Fig. 2.19), określany mianem serii kostrzyńskiej.

Litologia i stratygrafia

Utwory kambru zalegają niezgodnie na magmowych i metamorficznych skałach proterozoicznych i w przewadze różnoziarnistych utworach ediakaru, wypełniających obniżenia w morfologii cokołu krystalicznego. Profil kambru na zachodnim skłonie platformy wschodnioeuropejskiej został podzielony na serie litostratygraficzne (Lendzion, 1956), które w kolejnych latach uległy wielu modyfikacjom (Areń i Lendzion, 1978; Lendzion, 1983; Moczydłowska, 1991), a o których

wspomniano w pracy Paczeńskiej (2008). W niniejszej pracy podział kambru w obszarze „Siedlce W” przedstawiono na podstawie profili zachowanych w otworach Polaki 1, Rówce 1 i Okuniew IG-1 (Fig. 2.20). Kolejne wydzielenia litostratygraficzne w kolejności od najstarszych to:

- Seria mazowiecka o miąższości około 200 m:
Polaki 1: 2570,0–2760,0 m p.p.t.
Rówce 1: 1860,0–2048,0 m p.p.t.
- Seria kaplonoska i radzyńska o miąższości około 250–280 m:
Polaki 1: 2290,0–2570,0 m p.p.t.
Rówce 1: 1610,0–1860,0 m p.p.t.
- Seria kostrzyńska o miąższości około 90–130 m:
Polaki 1: 2198,5–2290,0 m p.p.t.
Rówce 1: 1481,0–1610,0 m p.p.t.

Seria mazowiecka to wyłącznie utwory gruboklastyczne, reprezentowane przez piaskowce kwarcowe, w przewadze drobnoziarniste, jasno szare i białe, laminowane równolegle materiałem ilastym, często glaukonitowym. W profilu omawianej serii występują wkładki mułowców ciemnoszarych o strukturach równoległych, podkreślonych materiałem piaskowcowym lub też iłowcowym. Na płaszczyznach oddzielności piaskowców i mułowców występują liczne, drobne blaszki muskowitu. Mimo wyraźnych objawów burzliwej, niespokojnej sedymentacji, zauważa się ciągle przejścia sedymentacyjne między wymienionymi skałami, a śródformacyjne rozmijanie erozyjne należą do rzadkości. Profil serii mazowieckiej jest w miarę dobrze udokumentowany paleontologicznie i to zarówno pod względem makrofauny jak i mikroflory. Osady te zaliczono do kambru dolnego, poziomu faunistycznego *Platysolenites* (Areń i Lendzion, 1978; Lendzion, 1983) i poziomu akritarchowego *Asteridium tomatum* (Moczyłowska, 1991).

Seria kaplonoska i radzyńska to zespół osadów klastycznych, reprezentowanych przez piaskowce drobno- i różnoziarniste, występujące w dolnej i górnej części profilu. Część środkową budują osady mułowcowo-piaszczyste, będące dobrym geofizycznym

poziomem korelacyjnym. Charakteryzują się one wyraźnie podwyższonymi wartościami na krzywych PS i PG oraz obniżonymi wartościami na krzywej PNG. Wykresy innych pomiarów karotażowych nie wykazują cech charakterystycznych. Zarówno osady piaskowcowe, jak i mułowcowe, mają laminację przekątną i równoległą, podkreśloną cienkimi laminami piaskowców, mułowców i iłowców. W przypadku tej serii dominują barwy pstre z dominacją szarych, różowych i fioletowych, rzadziej zielone. Te ostatnie występują zazwyczaj w środkowej, mułowcowej części profilu, gdzie stwierdzono obecność nagromadzenia skupień glaukonitu. Pod względem paleontologicznym ta seria osadów zaliczana jest do pięter faunistycznych *Mobergella*, *Holmia* i *Protolenus* (Lendzion, 1983), które odpowiadają poziomom akritarchowym *Skia-gia ornata*, *Heliospheridium dissimulare* oraz *Volkovia dentifera* (Moczyłowska, 1991).

Seria kostrzyńska, to najmłodszy odcinek kambru rozpoznany na obszarze „Siedlce W”, zbudowany z gruboławicowych piaskowców drobnoziarnistych, masywnych, przekładanych cienkimi wkładkami mułowców i iłowców. Piaskowce kwarcowe o lepszemu krzemionkowym tylko lokalnie są laminowane materiałem ilastym. Są to skały o barwie jasnoszarej, a ich przewarstwienia są szarozielone i czerwone. Przypuszczalnie barwy skał pochodzą od rozproszonych wodorotlenków żelaza i obecnego w nich, w formie skupień, glaukonitu, a brak skał szarych i ciemnoszarych może świadczyć o niskiej zawartości substancji organicznych. Są to skały ubogie w skamieniałości. Podział kambru zaproponowany przez Lendzion (1983) lokalizuje serię kostrzyńską w kambrze środkowym, w poziomie faunistycznym *Paradoxides*. Na obszarze przetargowym „Siedlce W” skały osadowe tej serii występują głównie jako litofacja piaskowcowa, jedynie w SW części obecna jest także litofacja mułowcowo-piaskowcowa (Fig. 2.19). Podobny wynik uzyskała Jagielska (1966), analizując mikroskamieniałości florystyczne tej części profilu kambru.

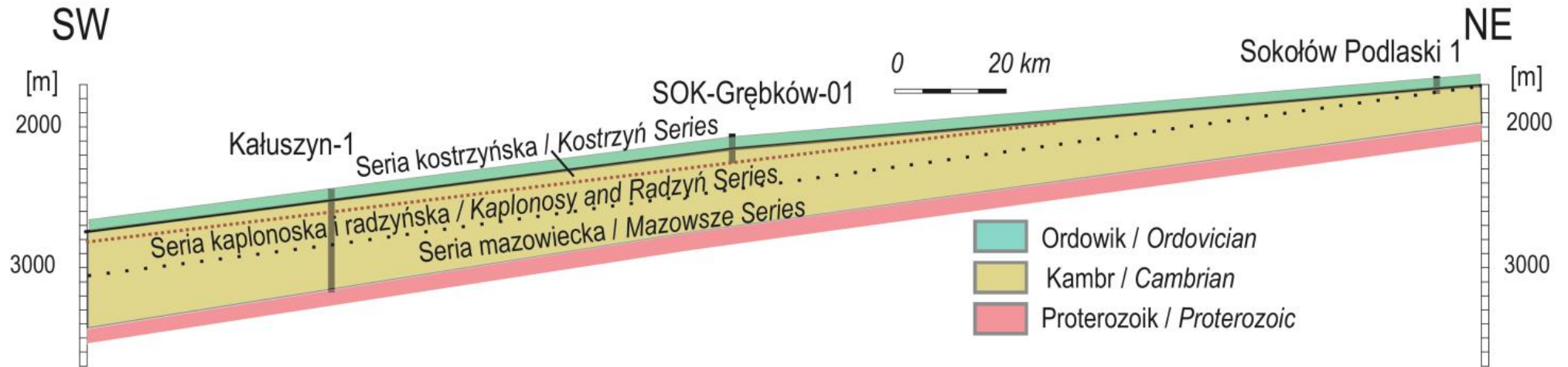


Fig. 2.15. Przekrój geologiczny kambru w obszarze przetargowym „Siedlce W” na linii Sokołów Podlaski 1 – SOK- Grębków-01 – Kałuszyn 1 (Monika Jachowicz-Zdanowska, materiały autorskie).

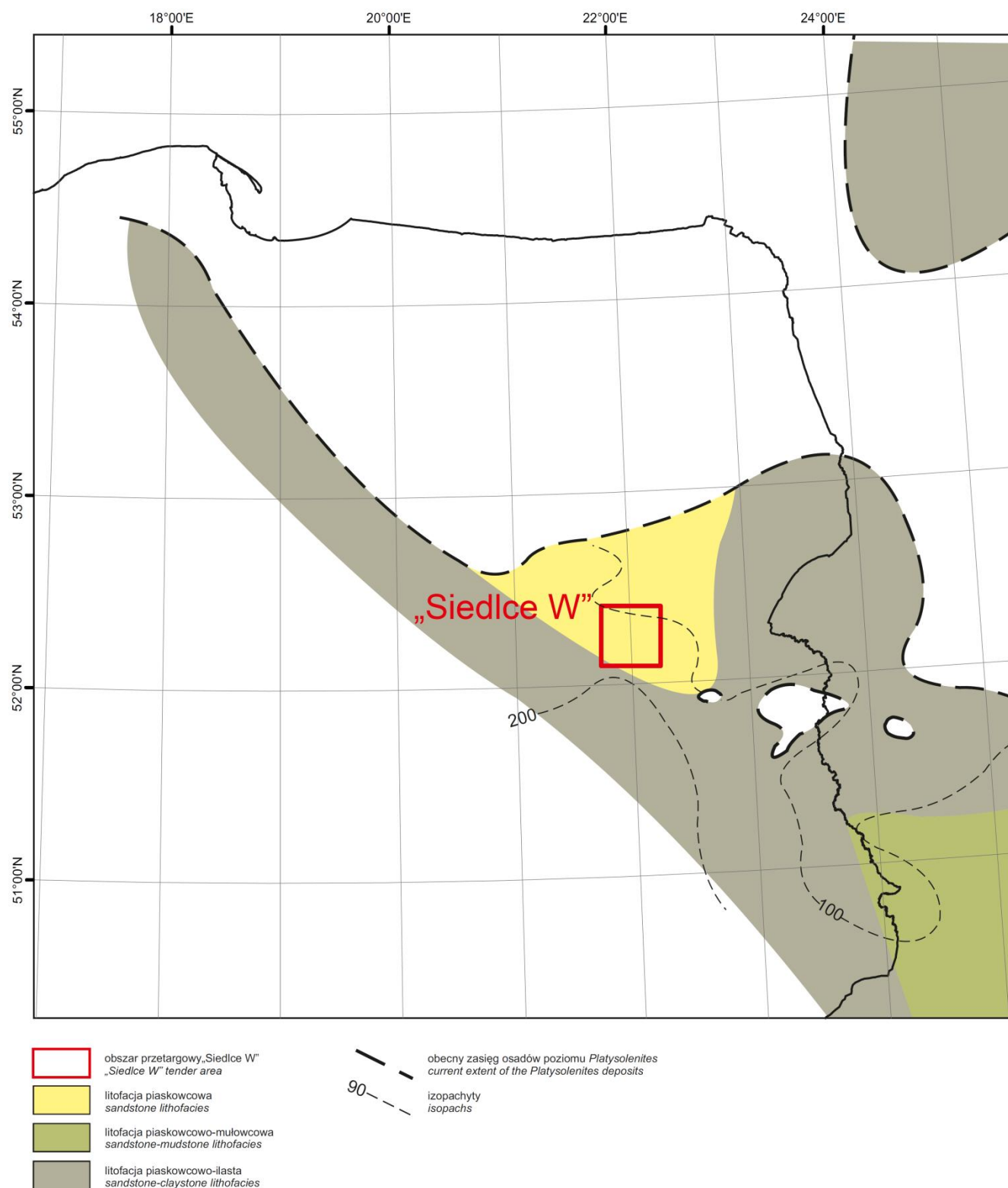


Fig. 2.16. Mapa litologiczno-mięższościowa kambru dolnego – poziom *Platysolenites* na platformie wschodnioeuropejskiej wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Lendzion, 1983; zmodyfikowane).

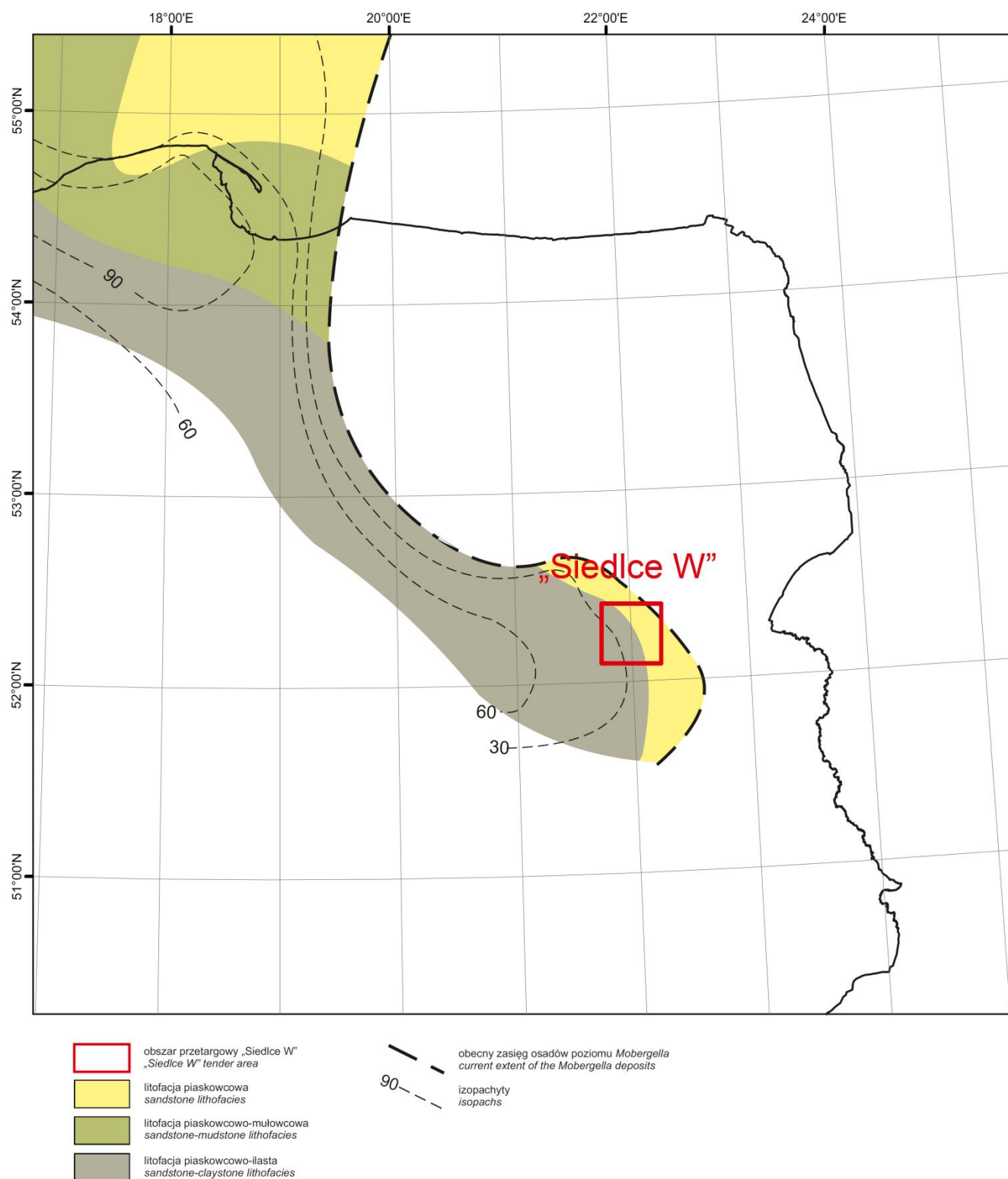


Fig. 2.17. Mapa litologiczno-miąszościowa kambru dolnego – poziom *Mobergella* na platformie wschodnioeuropejskiej wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Lendzion, 1983; zmodyfikowane).

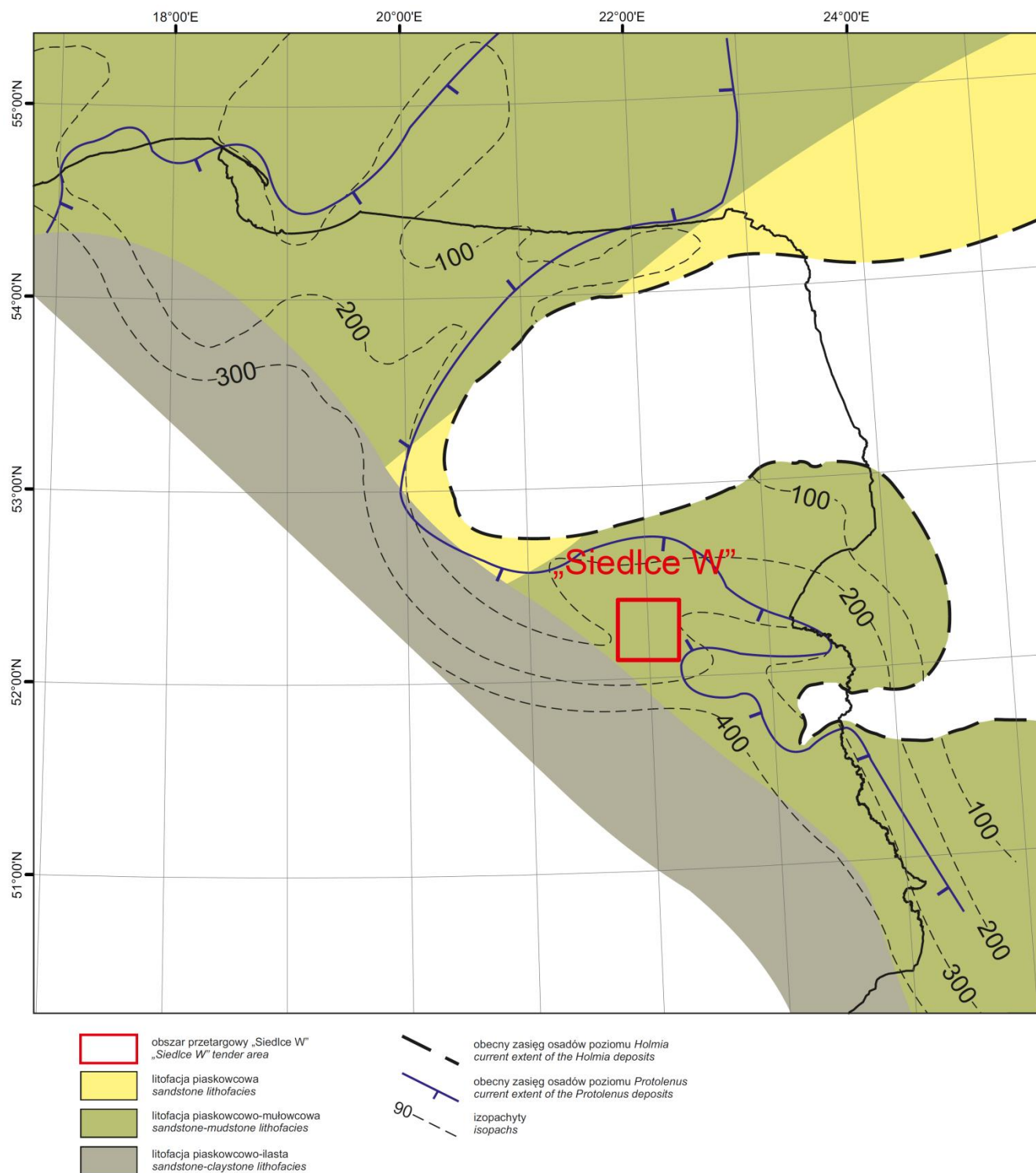


Fig. 2.18. Mapa litologiczno-mięszkościowa kambru dolnego – poziom *Holmia-Protolenus* na platformie wschodnioeuropejskiej wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Lendzion, 1983; zmodyfikowane).

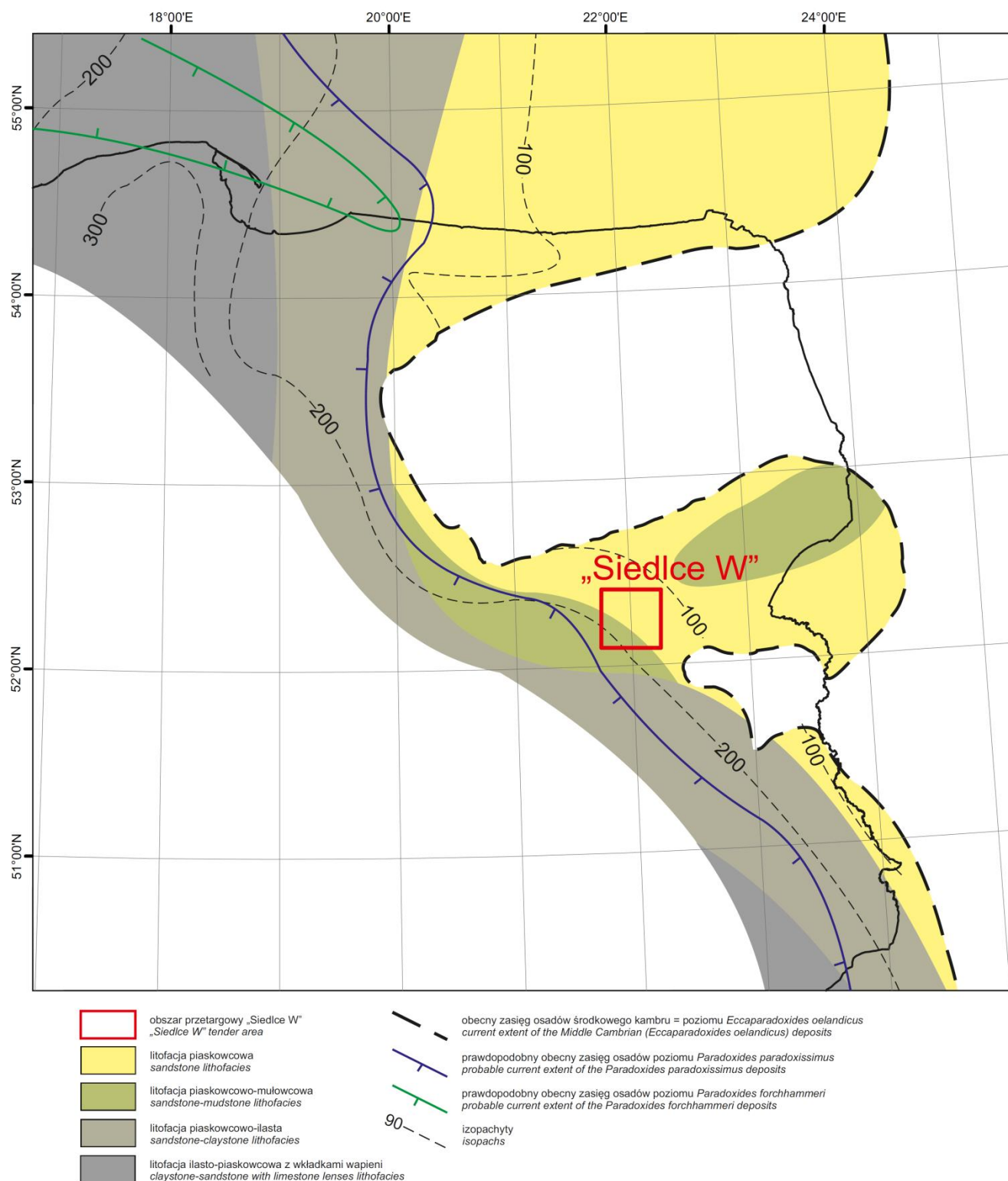


Fig. 2.19. Mapa litologiczno-mięższościowa kambru środkowego na platformie wschodnioeuropejskiej wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Lendzion, 1983; zmodyfikowane).

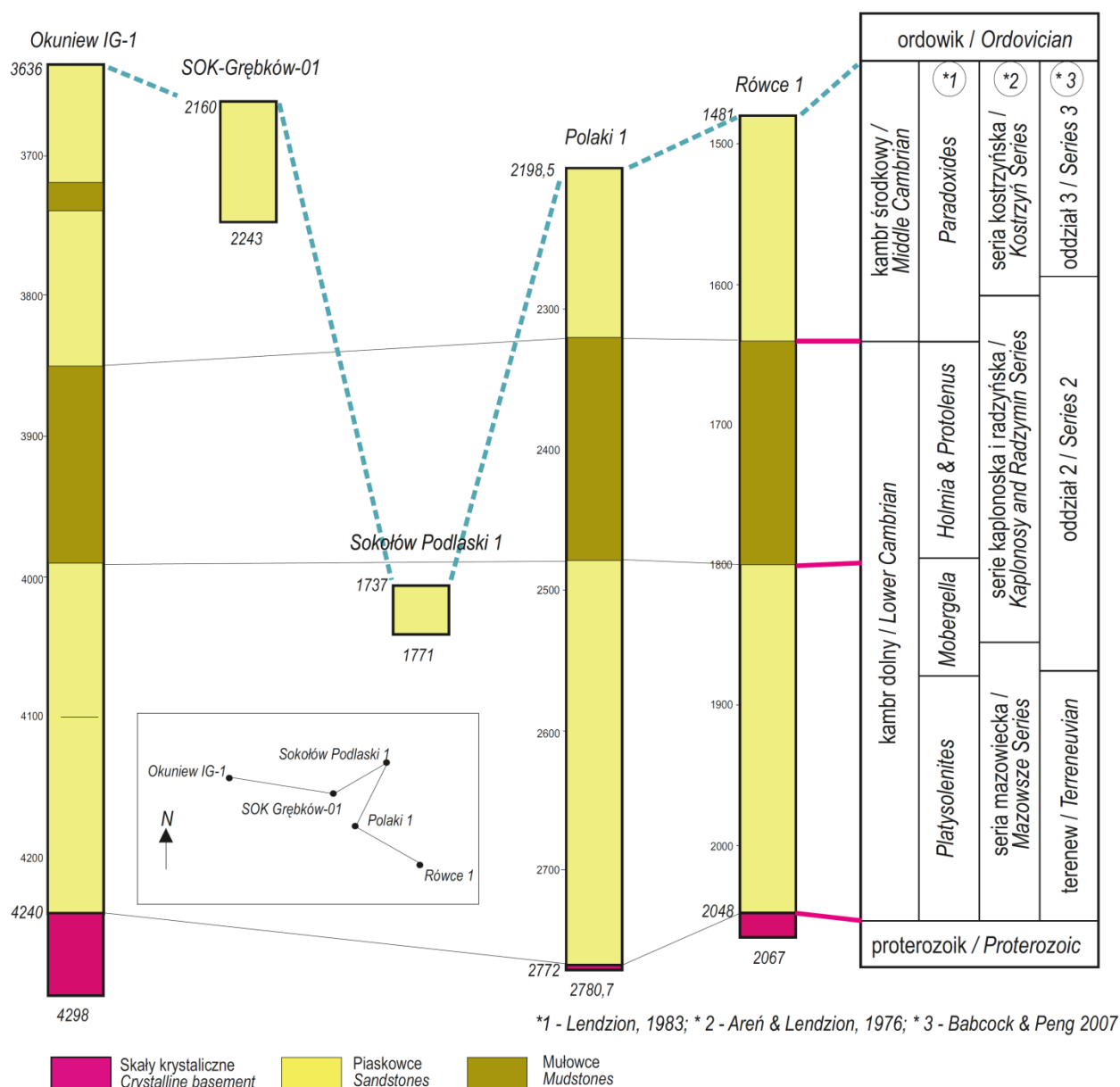


Fig. 2.20. Schematyczne profile litostratigraficzne kambru na obszarze „Siedlce W” (Monika Jachowicz-Zdanowska, materiały autorskie).

Petrografia

Charakterystykę petrograficzną osadów kambru w rejonie obszaru przetargowego przedstawiono na podstawie informacji zamieszczonych w dokumentacjach wynikowych wybranych otworów wiertniczych (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971; Kielbasa i Kowalska-Łącka, 1972; Gliniak i in., 2013), w publikacjach (Stolarczyk i in., 1997; Sikorska, 1998; Sikorska-Jaworowska i in., 2016; Stadnik i in., 2019; Podhalańska i in., 2016, 2020) oraz w Profilach Głębokich Otworów Wiertniczych Tłuszcz IG-1 i Żebrak IG-1 (Areń, 1974; Lendzion, 1975). Wykorzystano rów-

nież wyniki badań petrograficznych z otworów wiertniczych położonych bezpośrednio na obszarze przetargowym: Polaki 1, SOK-Grębków-01, Sokołów Podlaski 1, jak również, dla porównania, wykorzystano dane z otworów Rówce 1, Siedliska IG-1, Tłuszcz IG-1, Żebrak IG-1 (Podhalańska i in., 2016, 2018).

Utwory kambru dolnego i środkowego należą do morskich osadów silikoklastycznych. Są to piaskowce od drobno- do średnioziarnistych, często różnoziarniste, z wkładkami i przewarstwieniami mułowcowo-iłowcowymi. Miej-

scami dominują mułowce i piaskowce z dużym udziałem skaleni. Kambr górny na dokumentowanym obszarze nie był dotychczas stwierdzony.

Stosując w badaniach mikroskopowych zmodyfikowaną klasyfikację Dotta (Pettijohn i in., 1972), piaskowce zaliczono głównie do grupy arenitów kwarcowych (Fig. 2.21), w pojedynczych przypadkach do wak kwarcowych lub arenitów arkozowych (np. otwór wiertniczy Tuszcz IG-1). Piaskowce wykazują zróżnicowany stopień wysortowania, są słabo zwięzłe. Dzięki zastosowaniu analizy katodoluminescencyjnej stwierdzono, że stopień obtoczenia ziaren jest dobry i bardzo dobry. Głównym składnikiem szkieletu ziarnowego są ziarna kwarcu monokrystalicznego, rzadziej polikrystalicznego. Poza tym odnotowano pojedyncze ziarna skaleni potasowych, łuszczyków (muskowit, biotyt) oraz minerałów akcesorycznych. Pakiety łuszczykowe bywają zdeformowane kompacyjnie. Wśród minerałów akcesorycznych opisano cyrkon, rutyl, celestyn, apatyt, turmalin. W niewielkich ilościach zidentyfikowano piryty oraz glaukonit. Na powierzchniach ziaren detrytycznych zaobserwowano efekty procesów rozpuszczania lub nadtrawiania diagenetycznego.

Powszechnie występującym typem spoiwa opisywanych piaskowców jest kwarc autigeniczny. W przestrzeniach porowych piaskowców, w elektronowym mikroskopie skaningowym, obserwowano zarówno pojedyncze, drobne kryształy, jak również połączone, tworzące obwódki regeneracyjne (Fig. 2.21). Miejscami widoczne są obwódki regeneracyjne, które, rozrastając się, zamykały lub ograniczały wolne przestrzenie międzyziarnowe. Obserwowano ślady diagenetycznego rozpuszczania obwódek regeneracyjnych. Poza spoiwem kwarcowym stwierdzono ortochemiczny cement węglanowy. Spoiwo węglanowe ma charakter poikilitowy lub występuje w postaci skupień w przestrzeniach porowych. Najczęściej spotykany jest ankeryt, miejscami kalcyt, rzadziej syderyt. Ankeryt, między innymi, tworzy wypełnienia drobnych żyłek lub spękań. Wśród autigenicznych minerałów ilastych wyróżniono kaolinit, illit oraz chloryty. Kaolinit w przestrzeniach porowych tworzy książeczkowe skupienia lub

formy „robakowate”. Chloryty występują w postaci pseudoheksagonalnych tabliczek, a ich skład chemiczny, zbadany mikrosondą (EDS), pokazuje na nieco zwiększoną zawartość żelaza. Illit tworzy nieregularne blaszki okalające ziarna detrytyczne kwarcu, częściej występuje w postaci włókien i nitek tworzących wypełnienia porów (Fig. 2.22).

W utworach kambru występują przeławiczenia skał drobnoklastycznych, reprezentowanych przez mułowce i iłowce, obecnych w postaci cienkich wkładek, lamin i soczewek. Charakteryzują się one barwą szarą, ciemnoszarą, miejscami prawie czarną, co jest spowodowane obecnością piryty i substancji organicznej. Skały te wykazują strukturę bezładną, miejscami tylko kierunkową. Głównymi składnikami materiału detrytycznego są ziarna kwarcu, skaleni, występują także blaszki łuszczyków oraz minerały akcesoryczne, podobne jak w piaskowcach. W znacznych ilościach notuje się piryty, tlenki i wodorotlenki żelaza, ilmenit i glaukonit. W spoiwie występują minerały ilaste (illit, kaolinit, chloryty), a także miejscami obecne są węglany i fosforany.

Procesy diagenetyczne w piaskowcach i ich wpływ na właściwości petrofizyczne

W zależności od głębokości pogrzebienia utworów kambru na kratonie wschodnioeuropejskim zostały one zdiagenezowane w różnym stopniu (Sikorska, 1998). Najdłużej trwającym i powszechnym procesem diagenetycznym jest kompakcja mechaniczna, której efekty obserwujemy w postaci występowania prostych kontaktów międzyziarnowych. Sporadycznie obserwowano efekty kompacji chemicznej, której efektem mogą być wklęsło-wypukłe kontakty międzyziarnowe lub szwy mikrostylolitowe. Obserwując efekty tych procesów, można stwierdzić, że opisywane skały należą do średnio zdiagenezowanych. W otworze wiertniczym Rówce 1, położonym w pobliżu obszaru przetargowego „Siedlce W”, piaskowce charakteryzują się porowatością dochodzącą do kilkunastu procent obj. i należą do jednych z najbardziej porowatych (Podhalańska i in., 2018). Z badań mikroskopowych wynika także, że porowatość opisywanych piaskowców ma charakter w dużej mierze pierwotny. Największe

znaczenie dla lityfikacji osadów kambru miała cementacja, głównie kwarcowa. Powszechnie obserwuje się autigeniczny cement kwarcowy, występujący w postaci obwódek regeneracyjnych (Fig. 2.21), często zarastających przestrzenie porowe lub występujący w formie pojedynczych automorficznych osobników krystalizujących w przestrzeniach porowych. Proces ten miał zasadnicze znaczenie dla ograniczenia porowatości piaskowców. Cementacja węglanami, miejscami znacznie słabsza, również miała wpływ na porowatość skał, tym bardziej, że zarówno sylikfikacja, jak i karbonatyzacja zachodziły kilkietapowo (Łabęcki, 1992; Stolarczyk i in., 1997; Sikorska, 1998). W piaskowcach zauważono także

efekty procesów selektywnego rozpuszczania diagenetycznego ziaren detrytycznych i składników spoiwa oraz efekty przeobrażania mniej trwałych składników (łyszczyków, skałeni). Obydwa procesy miały wpływ na powstanie wtórnej porowatości między- i wewnątrzziarnowej, a także wewnątrzkryształicznej. W rozważaniach na temat właściwości zbiornikowych piaskowców duże znaczenie ma występowanie autigenicznego illitu, szczególnie włóknistych form (Fig. 2.22). Tworzenie mostków i skupień illitu skutecznie ogranicza przepuszczalność osadu, nie powodując drastycznego zmniejszenia porowatości.

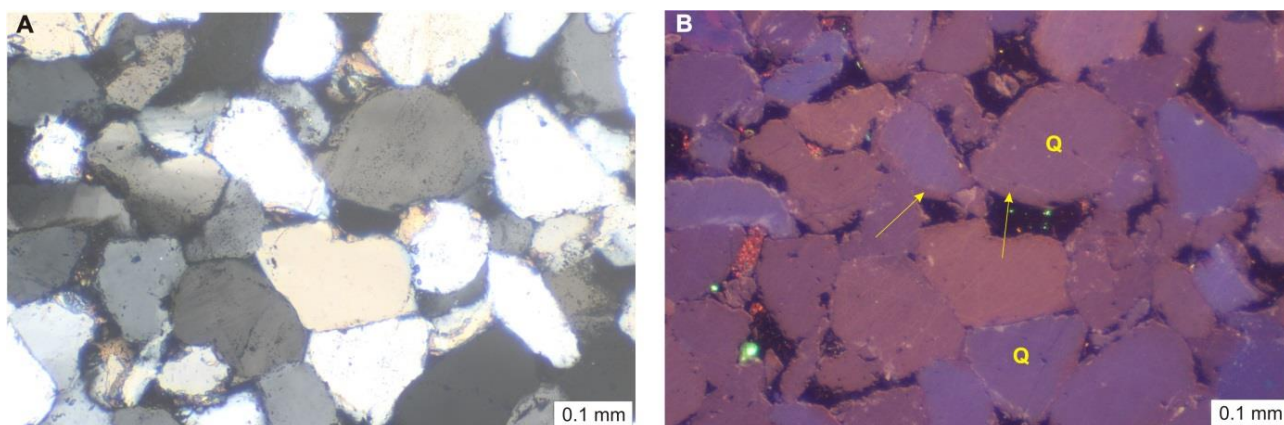


Fig. 2.20. A. Fragment piaskowca o składzie arenitu kwarcowego; skrzyżowane nikole; otwór wiertniczy Rówce 1, głęb. 1511,7 m. B. Obraz w CL skały z fot. A; widoczne ziarna kwarcu (Q), wykazujące luminescencję w barwach brązowych i niebieskawych oraz obwódki kwarcu autigenicznego (strzałki; Podhalańska i in., 2018).

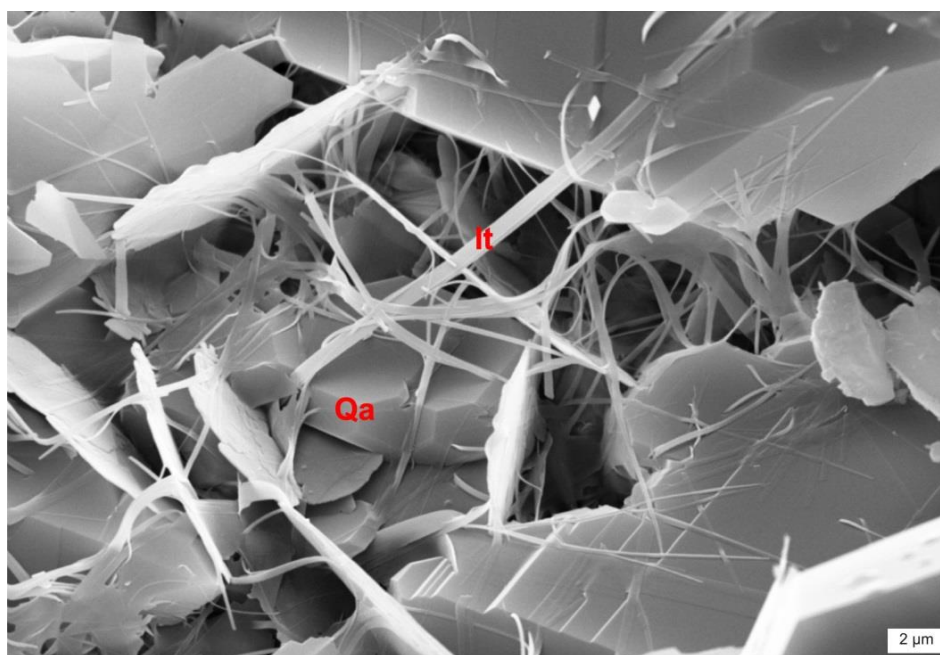


Fig. 2.22. Fragment piaskowca o składzie arenitu kwarcowego; widoczny kwarc autigeniczny (Qa) oraz włóknisty illit (It) w przestrzeni porowej piaskowca; obraz SE; otwór Siedliska IG-1, głęb. 2712,3 m (Podhalańska i in., 2018).

2.3.2. ORDOWIK

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory ordowiku rozpoznano w 5 otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym, między Kałuszynem na zachodzie i Sokołowem Podlaskim na północnym-wschodzie oraz Żebrakiem na południu. Otworem, w którym utwory ordowiku, ze względu na pełne rdzeniowanie, zostały dobrze rozpoznane, jest Żebrak IG-1, zlokalizowany w niewielkiej odległości od południowej granicy obszaru przetargowego (Lendzion, 1975).

Obszar przetargowy znajduje się na pograniczu zachodniej części obniżenia podlaskiego, odpowiadającej w ordowiku bardziej oddalonej od brzegu i głębszej strefie basenu, i części wschodniej, proksymalnej. Charakterystyczna jest oboczna zmienność facjalna osadów ordowiku oraz ich zróżnicowana miąższość (Modliński, 1973, 1982; Modliński i Szymański, 2008; Kędzior i in., 2017; Podhalańska, 2017, 2019; Podhalańska i in., 2020). Należy zaznaczyć, że dane z otworów Kałuszyn 1 i 2 są własnością inwestora, zatem dokładna stratygrafia i głębokość zalegania utworów ordowiku i syluru nie zostanie dla tych otworów podana. Głębokość ordowiku w poszczególnych otworach wynosi:

- SOK-Grębków-01: 2140,0–2160,0 m (Gliniak i in., 2013; w toku prac nad niniejszym opracowaniem zweryfikowano na 2130,0–2160,0 m p.p.t.),
- Polaki 1: 2172,0–2198,5 m,
- Sokołów Podlaski 1: 1712,5–1739,0 m,
- Żebrak IG-1: 2359,2–2399,3 m.

Miąższość utworów ordowiku wynosi od 26,5 m na północnym wschodzie obszaru przetargowego do 35,5 m na zachodzie; w otworze Żebrak IG-1, położonym blisko południowej granicy obszaru, miąższość ordowiku wynosi 40,1 m. W otworze SOK-Grębków-01 stratygrafia oraz miąższość ordowiku została zweryfikowana w stosunku do opracowania wynikowego (Gliniak i in., 2013) i jego miąższość określono na 30 m.

Litologia i stratygrafia

Utwory ordowiku (od arenigu – flo do aszgilu – hirnantu) leżą niezgodnie na utworach kambru środkowego. Ordowik kontaktuje w stropie z utworami syluru (landoweru). Utwory ordowickie zostały podzielone na szereg formacji przez Modlińskiego i Szymańskiego (2008), a następnie poddane weryfikacji (Porębski i Podhalańska, 2017, 2019; Fig. 2.23). Są to:

- formacja glaukonitytów z Rajska,
- formacja czerwonych wapieni z Pieszkowa,
- formacja wapieni glaukonitowych z Narwi,
- formacja pstrych wapieni z Kielna,
- formacja iłowców z Sasina,
- formacja wapieni z Widowa,
- formacja margli z Włodawki,
- formacja wapieni z Kodeńca,
- formacja margli z Tyśmienicy.

Skały osadowe ordowiku są wykształcone w litofacji węglanowo-marglistej z niewielkim udziałem utworów silikoklastycznych, co jest zilustrowane na Fig. 2.24–2.27.

Formacja glaukonitytów z Rajska występuje we wszystkich otworach na obszarze przetargowym i w jego pobliżu, a jej miąższość wynosi od 0,8 m na północnym wschodzie w otworze Sokołów Podlaski 1 do 1,4 m w zachodniej części obszaru. Formacja ta jest ograniczona w spągu przez regionalną niezgodność erozyjną. W jej dolnej części występuje zwykle nieznacznej miąższości warstwa transgresywnego zlepieńca, składającego się z glaukonitu, kwarcu i klastów skał fosforanowych i piaskowców kwarcowych. Przechodzi on wyżej w glaukonityt piaszczysty z laminami iłowca z glaukonitem. Wiek formacji to dolny arenig – flo.

Formacja czerwonych wapieni z Pieszkowa została wyróżniona na znacznej części obszaru przetargowego, poza jego północno-wschodnim krańcem, gdzie w otworze Sokołów Podlaski 1, jest zastąpiona przez formację z Narwi (Fig. 2.24; Modliński i Szymański, 2008). Formację z Pieszkowa budują wapie-

nie, wapienie dolomityczne i dolomity barwy brunatnoczerwonej, szaroróżowej, szarobrunatnej i szarej z nielicznymi wkładkami ilastymi i marglistymi; obserwuje się liczne powierzchnie subakwalnych nieciągłości sedymentacyjnych, w dolnej części występują ziarna glaukonitu. Jej miąższość na obszarze przetargowym i jego bliskim sąsiedztwie wynosi 3,7–7,5 m. Wiek formacji określono na arenig – wyższy flo – daping.

Formacja wapieni glaukonitowych z Narwi występuje tylko we wschodniej części obniżenia podlaskiego, na obszarze przetargowym została rozpoznana tylko w otworze Sokołów Podlaski 1; stanowi wiekowy odpowiednik formacji z Pieszkowa (Modliński i Szymański, 2008). Formację tę tworzy dwudzielny kompleks skał węglanowych: dolny – wapieni marglistych i dolomitów, górny – wapieni organodetrytycznych. Dla obu charakterystyczna jest powszechna zawartość ziaren glaukonitu. Miąższość formacji w otworze Sokołów Podlaski 1 wynosi 3,2 m, jej wiek to wyższy arenig – daping.

Formacja pstrych wapieni z Kielna występuje prawie na całym obszarze przetargowym, poza jego najbardziej wschodnią częścią (otwór Sokołów Podlaski 1), stanowiącą wschodnią część obniżenia podlaskiego, reprezentującą sedymentacyjnie bardziej proksymalną część basenu. Formacja pstrych wapieni z Kielna stanowi niejednorodny kompleks skał węglanowych, składający się z wapieni, wapieni organodetrytycznych, wapieni marglistych, dolomitów o barwie szarej, szarozielonej, rzadziej brunatnoczerwonej, przewarstwianych iłowcami; w wyższej części pojawiają się ooidy żelaziste. W osadach formacji występują szczątki makrofauny głównie trylobitów i ramienionogów, a także cystoidy, krynoidy i głowonogi. Miąższość formacji wynosi od kilku do około 16 m w otworze SOK-Grębków-01 (łącznie z formacją z Pieszkowa miąższość tego kompleksu węglanowego w otworze wynosi 20 m). Fauna określa wiek jednostki na lanwirn i niższy karadok – darriwil – niższy sandb.

Formacja iłowców z Sasina składa się z mułowców ciemnoszarych, mułowców wapni-

stych ciemnoszarych, często z pirytem i wkładkami wapieni. Jej miąższość wynosi 2,0–15,3 m. Badania sedymentologiczne wykazały dominację zespołu litofacji L-6 (za Feldman-Olszewską i Roszkowską-Remin, 2016) czyli zespołu iłowców zbioturbowanych, o barwach szarych, w skład których wchodzi litofacje: iłowców bezwapnistych masywnych, słabo zbioturbowanych bez pirytu, barwy ciemnoszaro-czarnej lub ciemnoszarej oraz iłowców bezwapnistych silnie zbioturbowanych z *Chondrites* isp. i *Planolites* isp. (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016; Podhalańska i in., 2020). Wiek, określony na podstawie nielicznych graptolitów, określono na wyższą część karadoku – wyższy sandb – niższy kat, poziomy graptolitowe *Dicranograptus clingani* – *Climacograptus styloideus*.

Formacja margli z Włodawki oraz formacja wapieni z Widowa są charakterystyczne dla wschodniej części obniżenia podlaskiego i występują na obszarze przetargowym tylko w jego wschodniej części – w otworze Sokołów Podlaski 1. Formację wapieni z Widowa cechuje obecność w dolnej części oolitów żelazistych; formację margli z Włodawki odróżniają zaś szarozielone i szare margle i iłowce margliste z wkładkami szarych i szarozielonych wapieni marglistych i organodetrytycznych. Wiek tych formacji to odpowiednio – formacji z Widowa – lanwirn (darriwil), a formacji z Włodawki – karadok (wyższy sandb – niższy kat). Łączna miąższość obu formacji wynosi 18,5 m.

Formacja wapieni z Kodeńca i formacja margli z Tyśmienicy są rozwinięte tylko w południowo-zachodniej części obniżenia podlaskiego, występują w zachodniej i środkowej części obszaru przetargowego. Formacje te stanowią kompleks wapienno-marglisty wieńczący sedymentację ordowiku na tym obszarze. Ich wiek odpowiada aszgilowi (wyższy kat i hirnant). Stanowią litostratygraficzny odpowiednik formacji z Prabut obszaru zachodniej części obniżenia bałtyckiego. Każda z formacji jest dobrze rozpoznawalna na krzywych PG. Miąższość łączna wszystkich formacji wynosi przeważnie kilkanaście metrów.

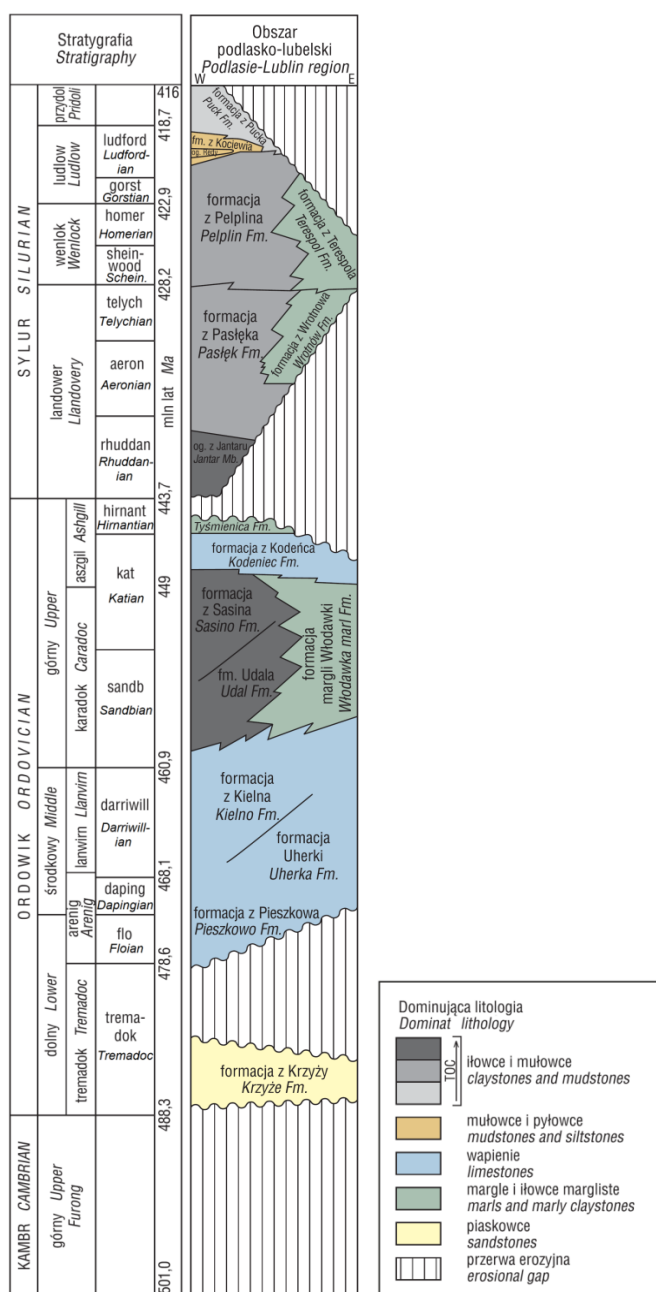


Fig. 2.23. Podział litostratygraficzny górnego kambru, ordowiku i syluru w obniżeniu podlaskim (Podhalańska i in., 2016; zmodyfikowane).

Formacja	Interwał w otworze [m]					
	Kałuszyn 1	Kałuszyn 2	Polaki 1	SOK-Grębków-01	Sokolów Podlaski 1	Żebrak IG-1
Formacja margli z Tyśmienicy	+	+	–	2130,0–2137,0	–	2359,2–2373,3
Formacja wapieni z Kodeńca	+	+	2172,0–2176,0		–	2373,3–2375,0
Formacja margli z Włodawki	–	–	–	–	1716,5–1720,0	–
Formacja wapieni z Widowa	–	–	–	–	1720,0–1735,0	–
Formacja łłowców z Sasina	+	+	2176,0–2180,0	2137,0–2139,0	–	2375,0–2384,3
Formacja pstrych wapieni z Kielna	+	+	2180,0–2193,0	2139,0–2159,0	–	2384,3–2391,6

Formacja wapieni glaukonitowych z Narwi	-	-	-	-	1735,0–1738,2	-
Formacja czerwonych wapieni z Pieszkowa	+	+	2193,0–2198,5	2139,0–2159,0	-	2391,6–2398,3
Formacja glaukonitytów z Rajska	+	+		2159,0–2160,0	1738,2–1739,0	2398,3–2399,3

Tab. 2.1. Zestawienie głębokości występowania poszczególnych formacji ordowiku na obszarze „Siedlce W” (CBDG, 2021; Podhalańska i in., 2016; Modliński i Szymański, 2008); „+” formacja występuje; „-” brak formacji w profilu.

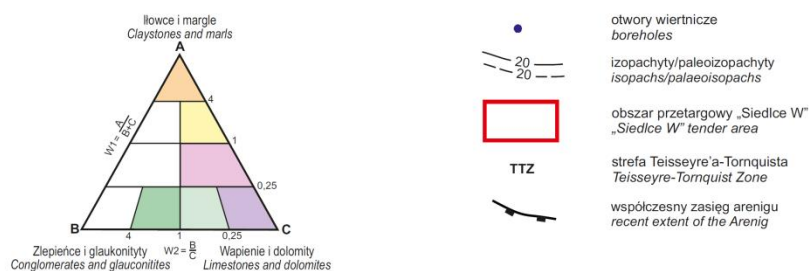
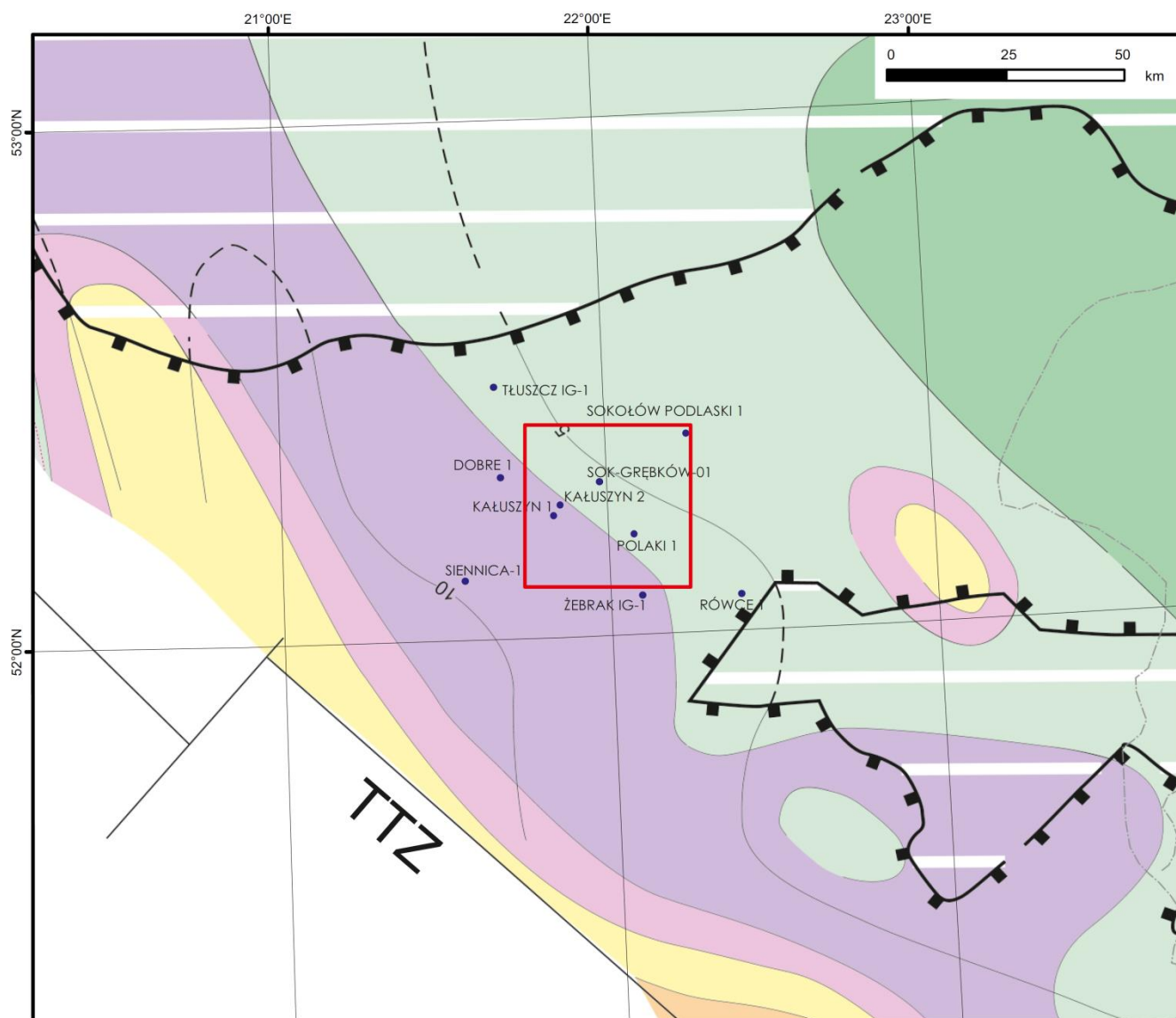


Fig. 2.24. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa arenigu wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

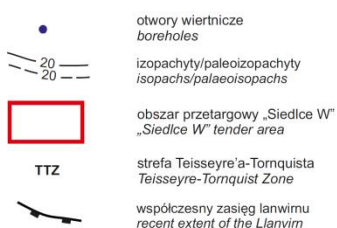
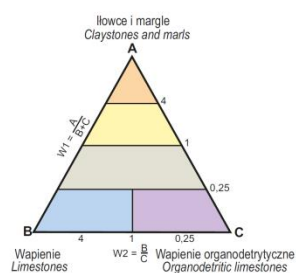
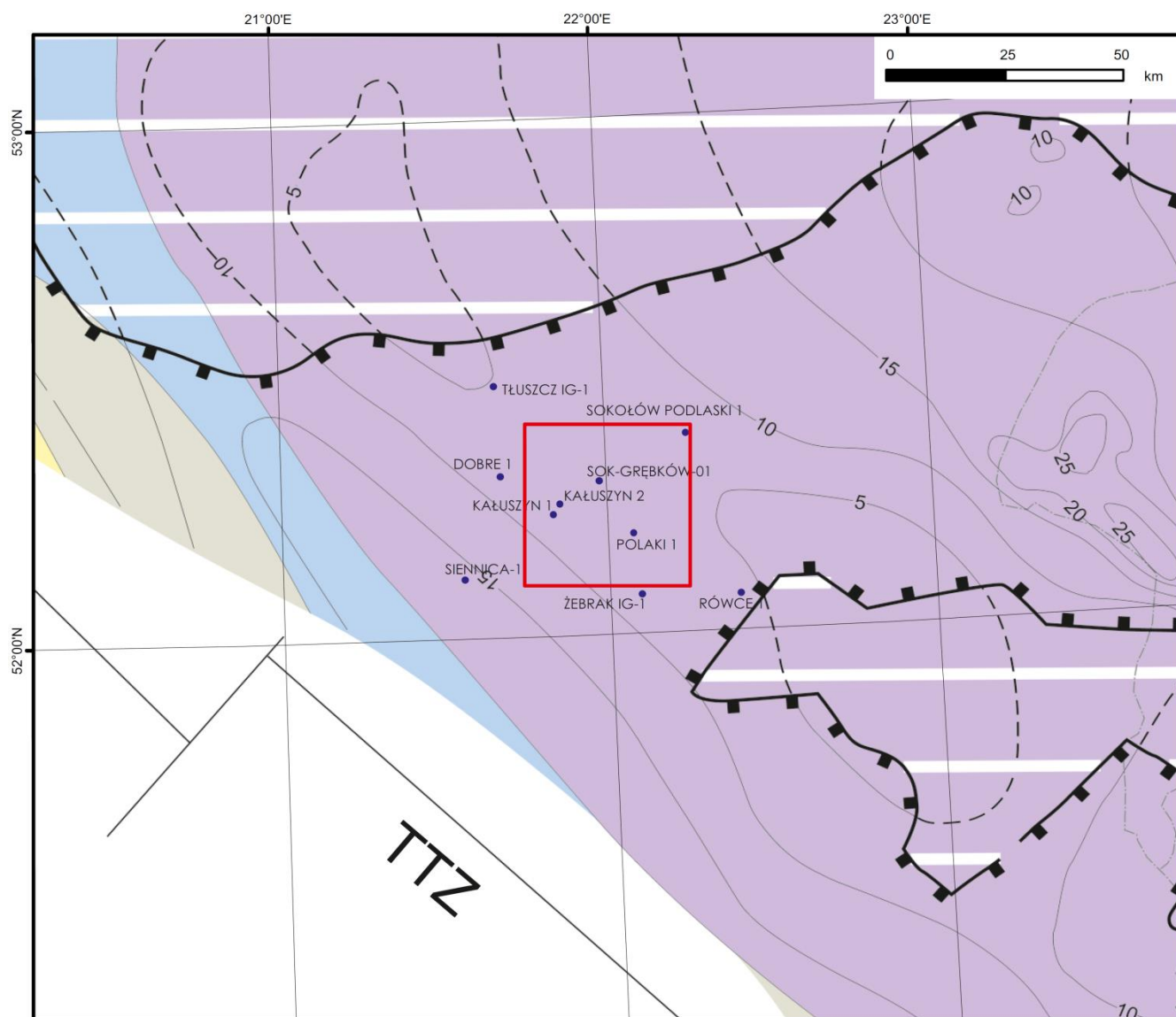


Fig. 2.25. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa lanwirnu wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

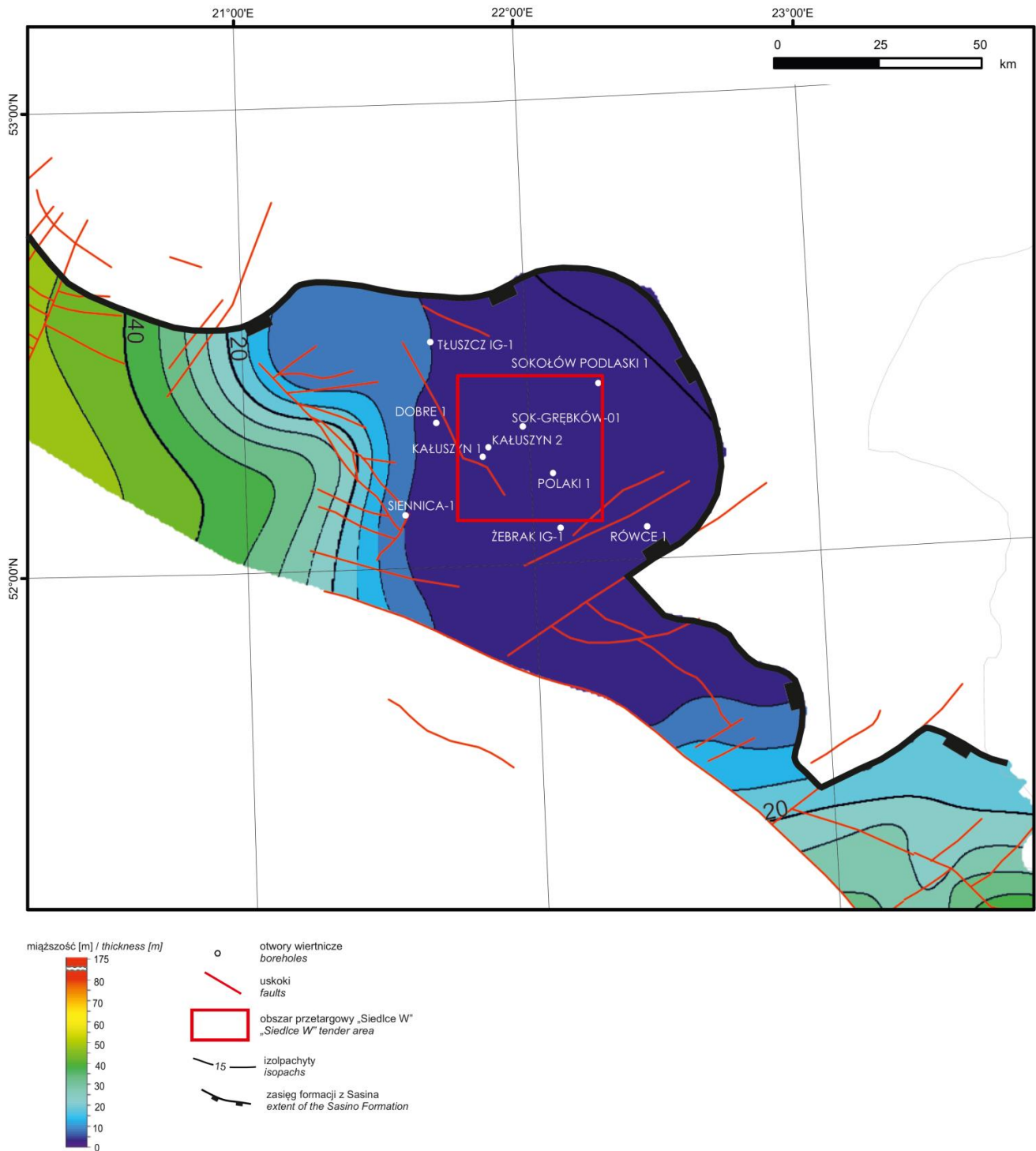


Fig. 2.26. Mapa miąższości formacji z Sasina wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in.,2020; zmodyfikowane).

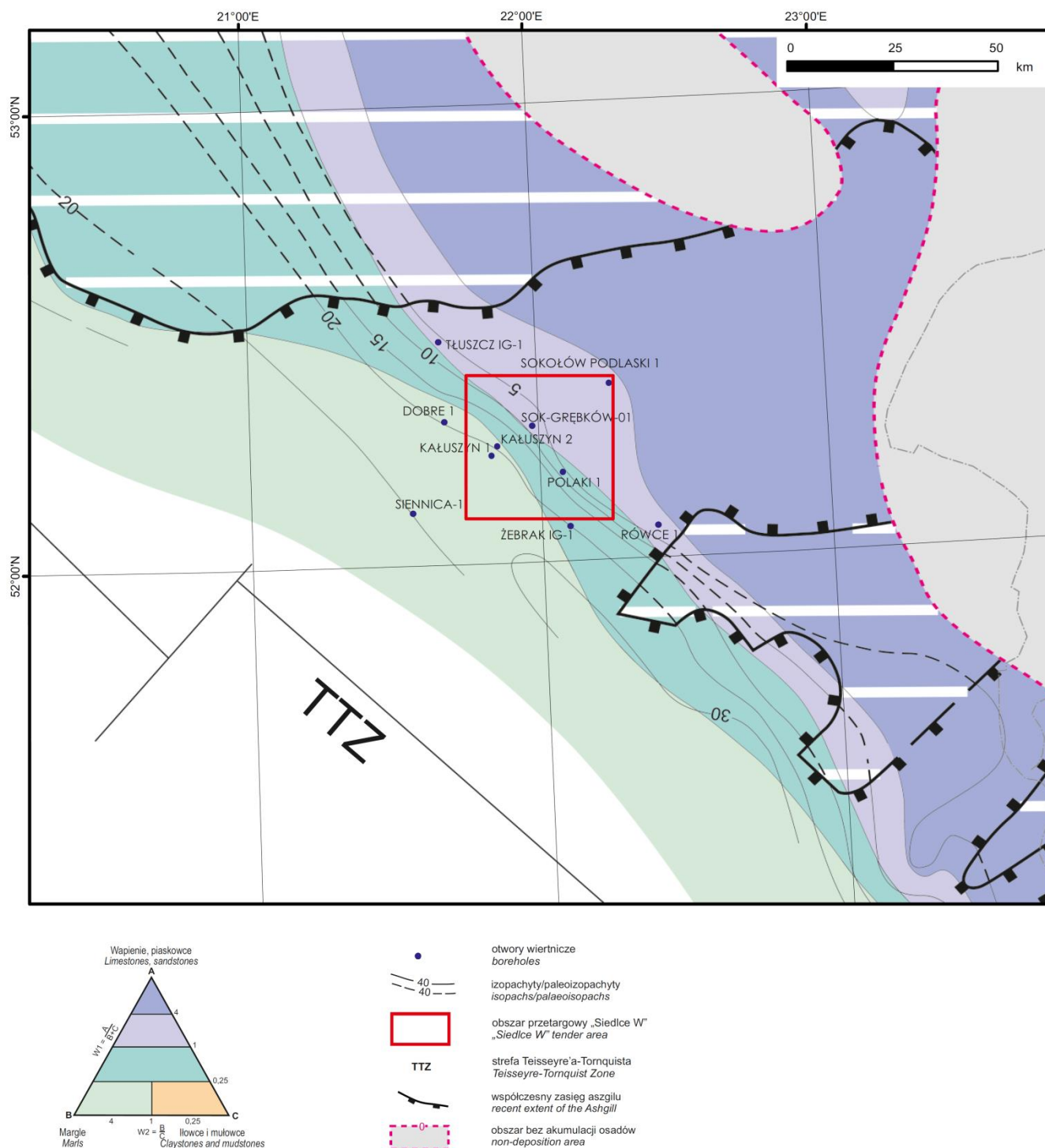


Fig. 2.27. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa aszgilu wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

Petrografia

Charakterystykę petrograficzną osadów ordowiku i syluru w rejonie obszaru przetargowego przedstawiono na podstawie informacji zamieszczonych w Profilach Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego: Tłuszcz IG-1 (Areń, 1974), Żebrak IG-1 (Lendzion, 1975) oraz w publikacjach (Lan-

gier-Kuźniarowa, 1964, 1967, 1971a, b; 1974, 1979, 1981, 1990; Sikorska-Jaworowska i in., 2016). Ponadto wykorzystano wyniki badań petrograficznych z opracowań archiwalnych (Podhalańska i in., 2016, 2018).

W osadach ordowiku, w rejonie obszaru przetargowego, wyróżniono cztery litofacie: zlepieńcową, glaukonitową, węglanowo-

margistą i ilastą. Litofacja zlepieńcowa występuje w spągu profilu ordowiku (arenig), tworząc 2-cm miąższości zlepienie podstawowy w otworze Żebrak IG-1. Ziarna frakcji psefitowej to dobrze obtoczone i wysortowane fragmenty piaskowców kwarcowych wielkości do 3 cm. Spoiwo zlepieńca jest pirytowe, fosforanowe i piaszczyste (dobrze obtoczone ziarna kwarcu, sporadycznie glaukonit i turmalin). Skałę przecinają żyłki dolomitowe.

Litofacja glaukonitowa jest charakterystyczna dla spągu profilu ordowiku (arenig). W dolnej części wyróżniono glaukonityt, złożony głównie z ziaren glaukonitu, o przeciętnej wielkości 0,04–1,0 mm, które są spojone krzemionką (opal-chalcedon, kwarc) oraz węglanami (dolomit, formy romboedryczne). Ponadto występują fosforany, piryt i wodorotlenki żelaza. Ku stropowi poziomemu glaukonitowego pojawia się niewielka ilość ziaren kwarcu, bazalne spoiwo węglanowe oraz wzrasta zawartość wodorotlenków żelaza.

Litofacja węglanowo-marglista (Fig. 2.28) występuje od stropu glaukonitytu aż do stropu ordowiku z niewielkimi przeławieniami ilastymi. Jest to litofacja przeważająca ilościowo w profilu ordowiku w rejonie obszaru prze-

targowego. W dolnej części profilu występują dolomity, następnie wapienie pelityczne ze szczątkami organicznymi z licznymi laminami ilasto-żelazistymi. Charakterystyczny jest poziom skał węglanowych z ooidami żelazistymi, zbudowanymi z szamozytu (Żebrak IG-1). Wyżej występują wapienie dolomityczne, margliste niekiedy ze szczątkami organicznymi, ziarnami glaukonitu, kwarcu i pirytem. Często występują powłoki ilaste oraz laminy i soczewki margliste. Skały przecięte są żyłkami wypełnionymi: kalcytem, siarczkami (piryt, markasyt) i siarczanami (baryt).

Litofacja ilasta (Fig. 2.29) jest reprezentowana przez iłowce i iłołupki cętkowane lub czarnobrunatne, występuje podrzędnie w stosunku do litofacji węglanowo-marglistej. Substancja ilasta wykazuje zasadniczo stały skład mineralny i jest asocjacją illitu i chlorytów (głównie klinochlor). Zawartość materiału detrytycznego (głównie kwarc, skalenie, łuszczyki) jest zmienna, podobnie jak i jego uziarnienie. Substancja bitumiczna bywa rozmieszczona zazwyczaj dość równomiernie w postaci mikrosoczewek. Piryty występuje postaci rozproszonej.

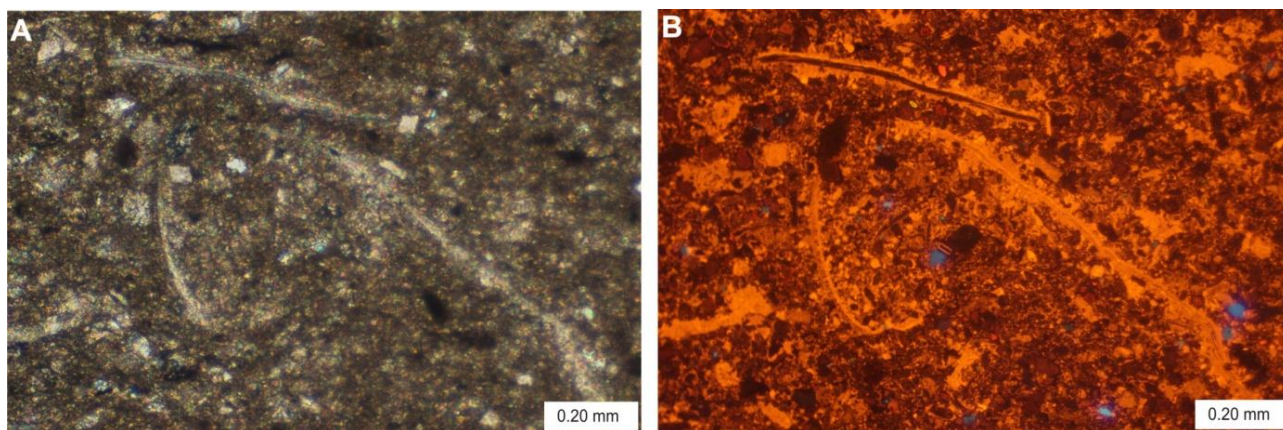


Fig. 2.28. A. Fragment wapienia z bioklastami; bez analizatora; otwór Żebrak IG-1, głęb. 2368,5 m. **B.** Obraz w CL skały z fot. A; widoczne bioklasty zbudowane z kalcytu wykazującego żółtopomarańczową luminescencję, tkwiące w węglanowym mikrycie o luminescencji brunatno pomarańczowej oraz pojedyncze ziarna skaleń potasowych o luminescencji w barwach niebieskich (Podhalańska i in., 2016).

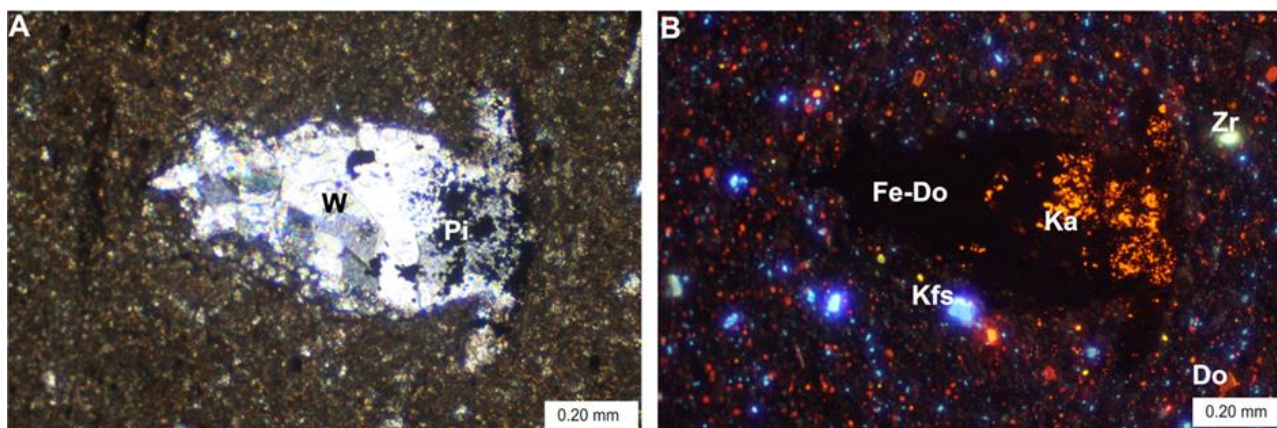


Fig. 2.29. **A.** Fragment iłowca wapnistego z owalną formą węglanową (W) i pirytem (Pi); skrzyżowane nikole; otwór Tłuszcz IG-1, głęb. 1969,3 m. **B.** Obraz w CL skały z fot. A; widoczne ziarna skaleni potasowych (Kfs) o niebieskiej luminescencji, cyrkon (Zr) świecący na żółto oraz węglany – luminescencja w barwach żółtopomarańczowych (Ka), czerwonych (Do) lub niewykazujące luminescencji (Fe-Do) (Podhalańska i in., 2016).

2.3.3. SYLUR

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory syluru rozpoznano w 5 otworach wiertniczych na obszarze przetargowym, zlokalizowanych między Kałuszynem na zachodzie i Sokołowem Podlaskim na północnym-wschodzie oraz Żebrakiem na południu (Modliński i Szymański, 1997; Modliński i Podhalańska, 2010; Podhalańska, 2017, 2019). Otworem, w którym utwory syluru były w pełni rdzeniowane, jest, położony w pobliżu południowej granicy obszaru przetargowego, Żebrak IG-1 (Lendzion, 1975). Osady syluru charakteryzują się wielokrotnie większą miąższością niż ordowiku, wynoszącą na omawianym obszarze od 485,5 m w otworze Sokołów Podlaski 1 do 998,3 m w otworze Żebrak IG-1. Sylur występuje w otworach:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- SOK-Grębków-01: 1452–2130,0 m p.p.t.,
- Polaki 1: 1339,0–2172,0 m p.p.t.,
- Sok. Podlaski 1: 1227,0–1712,5 m p.p.t.,
- Żebrak IG-1: 1360,9–2359,2 m p.p.t.

Litologia i stratygrafia

W sukcesji sylurskiej podlaskiej części dolnopaleozoicznego basenu bałtyckiego wyróżnia się obecnie 7 formacji i 1 ogniwo (Podhalańska i in., 2010; Porębski i Podhalańska, 2017, 2019; Tab. 2.2), niemniej jednak ich wykształcenie litologiczne jest bardzo mono-

tonne (Fig. 2.30–2.33). Na obszarze przetargowym, w porządku stratygraficznym, występują następujące wydzielienia litostratygraficzne:

- Formacja mułowców z Jantar,
- Formacja iłowców z Pasłęka,
- Formacja iłowców z Pielplina,
- Formacja iłowców i mułowców z Kociewia,
- Formacja iłowców i iłowców wapnistych z Pucka oraz ogniwo Redy.

Formacja mułowców z Jantar (wcześniej ogniwo iłowców bitumicznych z Jantar) została udokumentowana w otworach Kałuszyn 1, SOK-Grębków-01, Polaki 1 oraz w otworze położonym w pobliżu obszaru przetargowego – Żebrak IG-1. Formację z Jantar 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 łatwo identyfikowalna na krzywych geofizyki otworowej. Badania sedymentologiczne wykonane na obszarze podlasko-lubelskim wykazały dominację zespołu litofacji L-1A/1B (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016) czyli zespół litofacji czarnych masywnych iłowców i mułowców bezwapnistych z pojedynczymi laminami materiału węglanowego, sporadycznie zdarzają

się interwały o zwiększonym stopniu bioturbacji. Miąższość formacji na obszarze przetargowym i w pobliżu jest bardzo mała i wynosi 2,5 m w otworze Polaki 1 i 1,2 m w otworze Żebrak IG-1. Osady formacji spoczywają na marglach formacji z Tyśmienicy lub wapieniach z Kodeńca aszgilu, a jej strop leży w spągu najniższej warstwy mułowca szarozielonego, zbioturbowanego, formacji z Pasłęka. Wiek formacji na obszarze przetargowym, określony na podstawie graptolitów, to najwyższy aeron (Podhalańska, 2017, 2019).

Formacja iłowców z Pasłęka występuje na całym obszarze przetargowym. Budują ją naprzemienne warstwy o milimetrowej do decymetrowej miąższości szarocznego i ciemnoszarego mułowca węglistego oraz szarozielonego do jasnoszarego mułowca, cechującego się zmiennym stopniem bioturbacji. Oba typy mułowców są z reguły bezwapniste i zawierają nieliczne soczewki i laminy pyłu kwarcowego. Powyższe obserwacje potwierdzają badania sedimentologiczne wykonane na obszarze podlasko-lubelskim, także w profilu Żebrak IG-1 (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016; Podhalańska i in., 2019). Strop formacji wyznacza strop najmłodszej warstwy silniej natlenionej (zielonawej i zbioturbowanej); na obszarze przetargowym jej wiek odpowiada pograniczu landoweru i wenloku (poziomy graptolitowe *centrifugus* do *murchisoni*; Porębski i Podhalańska, 2019; Podhalańska, 2017, 2019). Jej miąższość wynosi 24 m w otworze SOK-Grębków-01. Wiek formacji określono na aeron i/lub telych landoweru.

Formację iłowców z Pelplina tworzą mułowce ciemnoszare, często wykazujące laminację, wkładki mułowców wapnisto-ilastych. W górnej części występują cienkie laminy silikoklastyczne i przewarstwienia wapieni bioklastycznych i bruki skorupowe (Porębski i Podhalańska, 2019). Na obszarze dominującą litofacją jest L4 (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016), charakteryzowana przez czarnoszare mułowce i iłowce laminowane. Zarówno kontakt spągowy jak i stropowy formacji jest stopniowy. Spąg formacji wyznacza przejście od mułowców zielona-

wych formacji z Pasłęka do bardziej jednolitych makroskopowo mułowców szaroczarnych. Charakterystyczna jest mała zmienność cech litologiczno-petrograficzno-sedimentologicznych; wyjątkiem jest zawartość węglanów, która zwiększa się w kierunku wschodnim (Feldman-Olszewska i Roszkowska-Remin, 2016; Podhalańska i in., 2019). Miąższość formacji (część wenlocka) wynosi 63 m w otworze SOK-Grębków-01. Wiek formacji w tej części jest określony na wenlok – niższy ludlow (sheinwood – niższy gorst).

Formacje iłowców i mułowców z Kociewia oraz iłowców i iłowców wapnistych z Pucka stanowią na obszarze przetargowym najbardziej miąższy kompleks utworów silikoklastycznych syluru górnego (ludfordu i przydolu), chociaż znaczna ich część podległa późniejszej erozji. Cechą charakterystyczną formacji z Kociewia jest obecność przeławień pyłowców silikoklastycznych i wapnistych oraz piaskowców w obrębie szarych masywnych i laminowanych mułowców scementowanych kalcytem i dolomitem. Spąg formacji z Kociewia ma charakter heterochroniczny, górną część formacji tworzy ogniwo Redy (Modliński i in., 2006), zbudowane z laminowanych kalcisiltitów i mułowców wapnistych późnego ludfordu, stanowiące wyraźny poziom korelacyjny w basenie bałtyckim. Ogniwo to można wyróżnić w otworze Kałuszyn 1, Polaki 1 na głębokości 1915,0–1923,0 m oraz Żebrak IG-1 na głębokości 2035,0–2045,0 m. Według Porębskiego i Podhalańskiej (2017, 2019) ogniwo Redy można przyjąć jako górną granicę formacji z Kociewia.

Profil syluru kończy formacja z Pucka (wyższy ludford – przydol), zbudowana z iłowców i mułowców szarych i zielonawych z fauną głównie bentosową. Miąższość łączna formacji z Kociewia i formacji z Pucka (część ludłowska i przydol) wynosi od około 500 m na wschodzie do ponad 1000 m na zachodzie i 800 m na południu (otwór Żebrak IG-1) obszaru przetargowego. Strop utworów syluru ma charakter erozyjny, spoczywają na nim utwory permu lub karbonu (w otworach Polaki 1 i Żebrak IG-1).

Formacja	Interwał w otworze [m]					
	Kaluszyn 1	Kaluszyn 2	Polaki 1	SOK-Grębków-01	Sokolów Podlaski 1	Żebrak IG-1
Formacja iłowców i mułowców z Kociewia oraz formacja iłowców i iłowców wapnistych z Pucka	+	+	1339,0–2062,0 (ogniwo Redy: 1915,0–1928,0)	1452,0–2043,0	1227,0–1605,0 (tylko formacja z Kociewia)	1360,9–2274,5 (ogniwo Redy: 2035,0–2045,0)
Formacja iłowców z Pelplina	+	+	2062,0–2149,0 (część wenlocka)	2043,0–2115,0 (część wenlocka)	1605,0–1691,5 (część wenlocka)	2274,5–2343,0 (część wenlocka)
Formacja iłowców z Pasłęka	+	+	2149,0–2165,0	2115,0–?2130,0	1691,5–1712,5	2343,0–2358,0
Formacja mułowców z Jantar	+	+	2165,0–?(2167,5)* 2172,0	nie zidentyfikowana na krzywej PG	-	2358,0–2359,2

Tab. 2.2. Zestawienie głębokości występowania poszczególnych formacji syluru na obszarze „Siedlce W” na podstawie dostępnych dokumentacji geologicznych (CBDG, 2021; Podhalańska i in., 2016; Tomczyk, 1975). „+” formacja występuje; „-” brak formacji w profilu; *według opisu rdzenia w CBDG iłowce bitumiczne pojawiają się powyżej dolnej granicy landoweru na głębokości 2167,5 m.

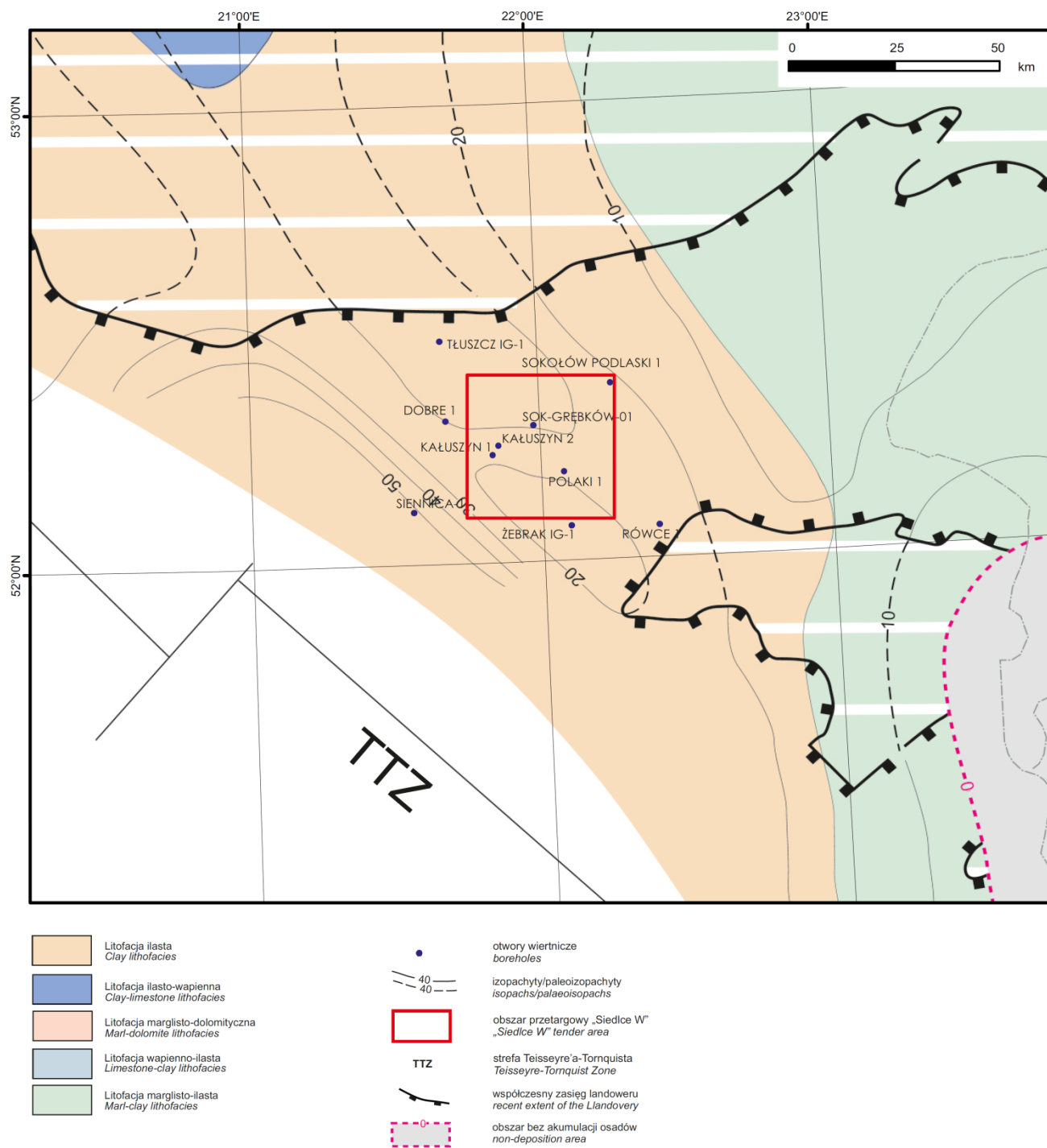


Fig. 2.30. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa landoweru wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

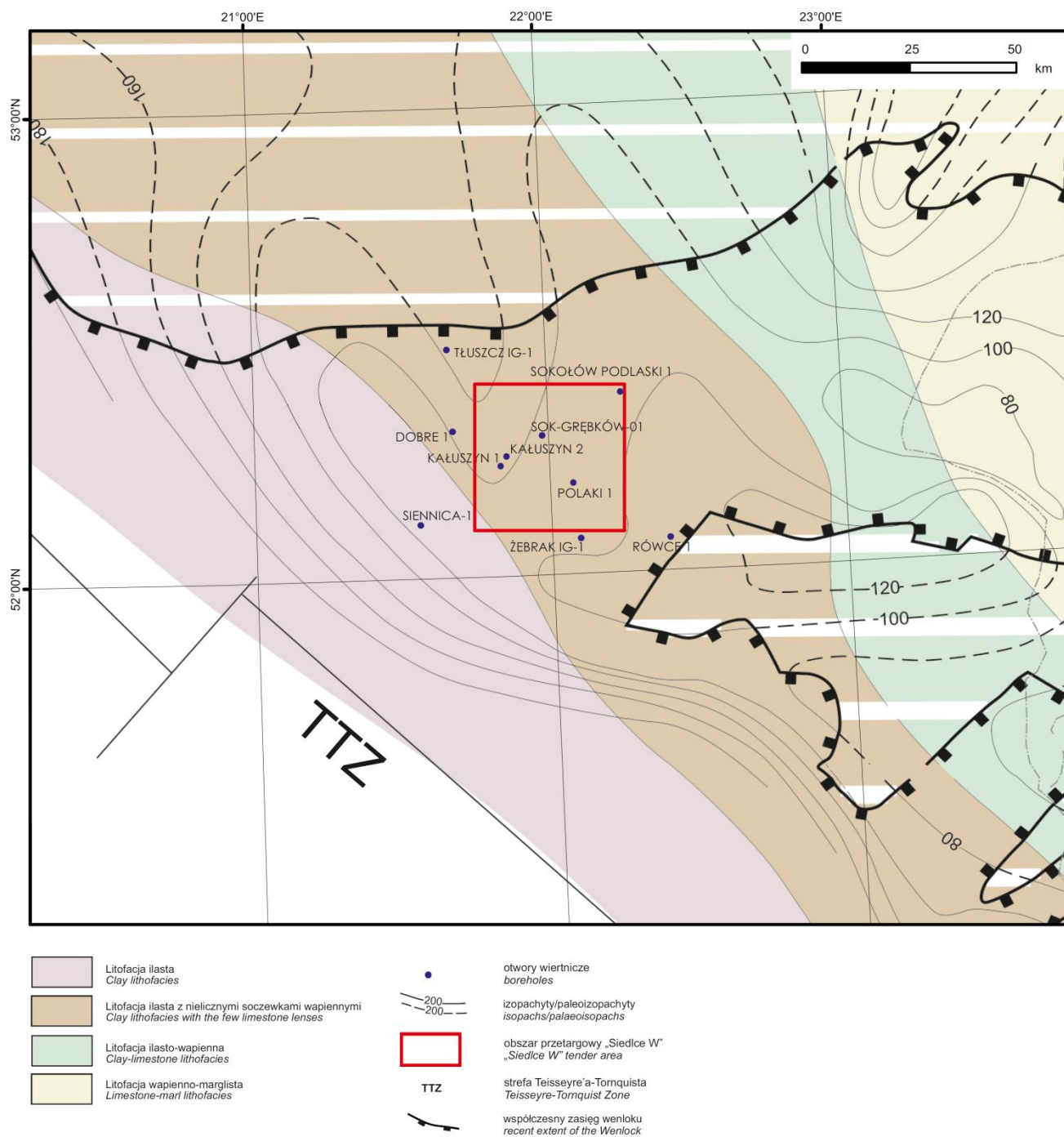


Fig. 2.31. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa wenlocku wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

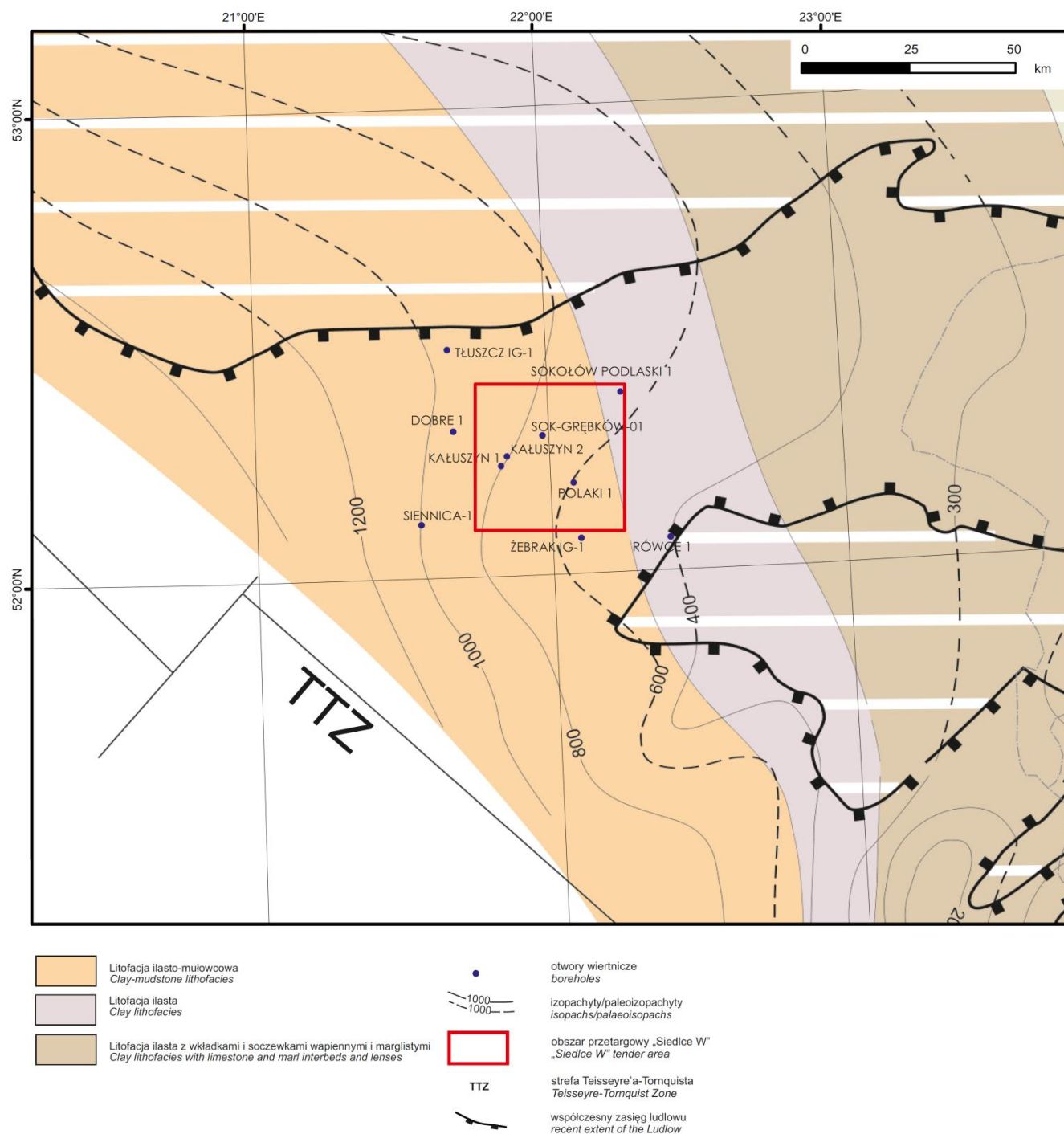


Fig. 2.32. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa ludłowu wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

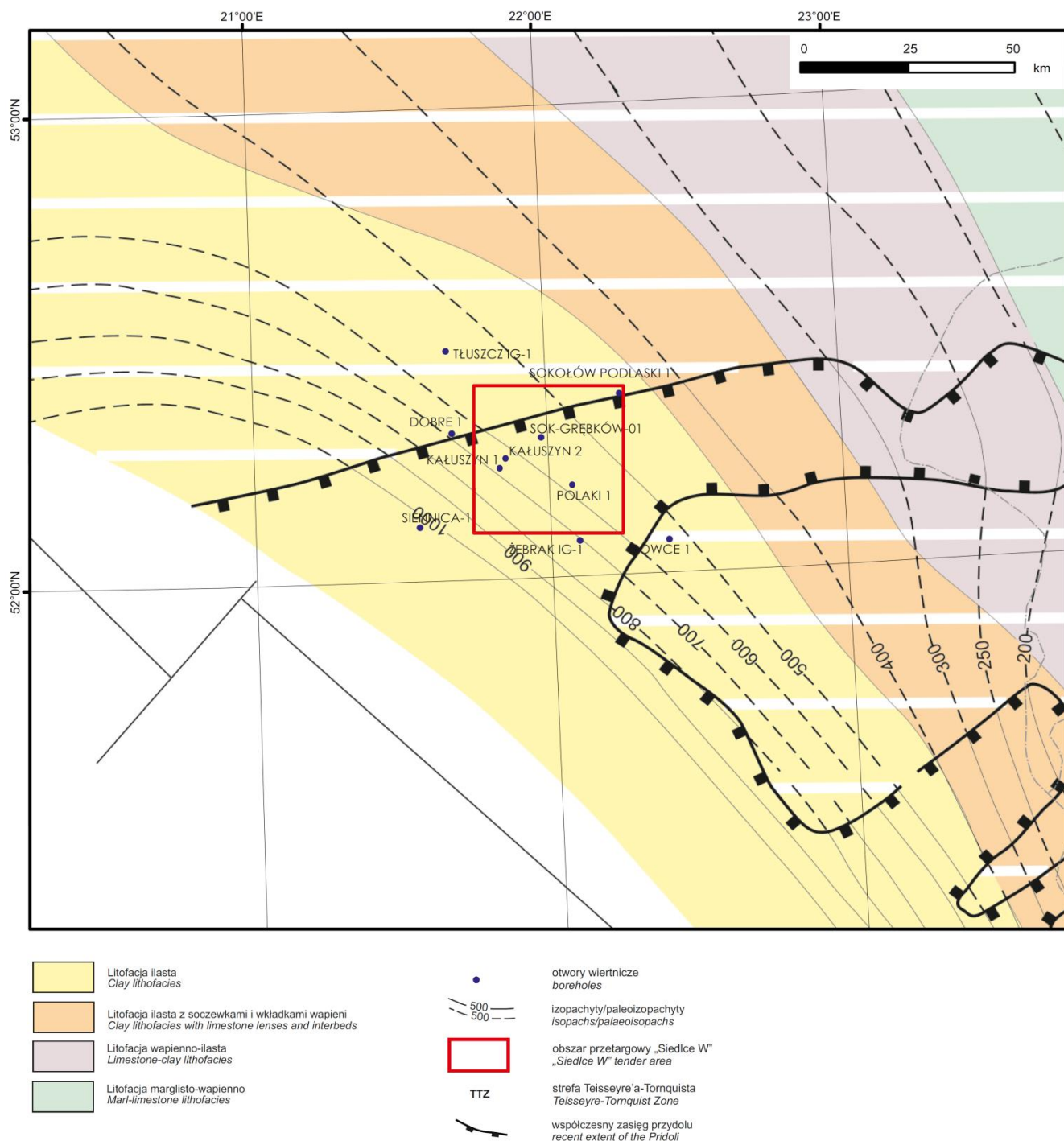


Fig. 2.33. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa przydolu wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Modliński i in., 2010; zmodyfikowane).

Petrografia

W osadach syluru, w rejonie obszaru przetargowego, wyróżniono cztery litofacje: ilastą, która jest typem dominującym, oraz węglanowo-marglistą, mułowcową i piroklastyczną, które występują podrzędnie.

Litofacja ilasta (Fig. 2.34) jest reprezentowana przez graptolitowe łupki ilaste i iłowce mikrolitofacji jasnej i ciemnej. Składają się one z ziaren kwarcu, skaleni oraz pelitycznej,

blaszkowatej substancji ilastej o składzie illitu (niekiedy z serycytem) i chlorytu (klinochlor, prochloryt), blaszek muskowitu, mułku kwarcowego, glaukonitu, pelitu i drobnych kryształów węglanowych (kalcyt, dolomit), pigmentu i większych ziaren piryty, pojedynczych ziaren cyrkonu i turmalinu oraz materii organicznej. Charakteryzują się strukturą zbitą (iłowce) lub łupkowatą (łupki ilaste). Barwa skał jest od popielatej, poprzez szarą do prawie czarnej.

Skały ilaste mikrolitofacji jasnej, o wyraźnej łupkowatości, są zbudowane prawie wyłącznie z blaszkowatej substancji ilastej z domieszką mułku kwarcowego oraz niewielką ilością pigmentu pirytyowego, pelitu węglanowego i śladów materii organicznej. Skały ilaste mikrolitofacji ciemnej mają dobrze zaznaczoną łupkowatość. Charakteryzują się obfitością pigmentu i większych ziaren pirytu oraz obecnością znacznych ilości materii organicznej, która tworzy soczewki i laminy. Charakterystyczna jest koncentracja, w formie soczewek, materiału detrytycznego (kwarc, skaleń, cyrkon, rutyl, turmalin, apatyt, muskowit), spojenego węglanami. Obie mikrolitofacje występują jednocześnie w całym profilu syluru, z przewagą ilościową mikrolitofacji ciemnej w dolnej części, a mikrolitofacji jasnej w górnej części. Skały ilaste w wielu poziomach są poprzecinane siecią żyłek węglanowych (kalcyt) i siarczanowych (baryt, celestyn).

Litofacja mułowcowa jest reprezentowana przez mułowce i mułowce piaszczyste, które występują w postaci cienkich warstw wśród skał ilastych. Tekstura mułowców jest przeważnie kierunkowa (laminowana). Głównymi składnikami skały są kwarc o ziarnach frakcji aleurytowej i psamitowej oraz blaszki muskowitu. Ponadto mułowce zawierają blaszki biotytu, chlorytów, ziarna skaleń, cyrkon, turmalin, glaukonit, piryty, skupienia wodorotlenków żelaza i niewielkie ilości materii organicznej. Spoiwo mułowców jest zmienne: margliste, węglanowe (m.in. romboedry dolomitowe) i ilaste.

Litofacja węglanowo-marglista (Fig. 2.35) występuje podrzędnie w profilu syluru w postaci wkładek, soczewek i konkrecji wśród łupków ilastych. Wyróżniono wapienie margliste, zbudowane z afanitowych i mikrytowych węglanów (głównie kalcyt) oraz minerałów ilastych, pigmentu pirytyowego, wodorotlenków żelaza, materii organicznej i pojedynczych ziaren kwarcu frakcji mułkowej i blaszek muskowitu. W konkrecjach napotkano baryt.

Litofacja piroklastyczna jest reprezentowana przez bentonity, które tworzą cienkie wkładki (do kilku centymetrów) oraz tufity. Bentonity są barwy żółtobrunatnej i szarej. Masa podstawowa jest złożona z blaszek mi-

nerałów mieszanopakietowych illit/smektyt. Zidentyfikowano również: chloryty, kaolinit, kwarc, skalenie, piryty, kalcyt, dolomit i syderyt. Zawartość krystaloklastów, wśród których dominują blaszki biotytu, rzadziej ziarna kwarcu i skaleń czy cyrkonu, jest zmienna. Wyróżniono również pigment pirytowy i niewielkie skupienia węglanowe. Tufity tworzą warstwy grubsze (kilkadziesiąt centymetrów). Materiał detrytyczny reprezentują: ostrokrawędziste ziarna kwarcu, blaszki biotytu, częściowo schlorityzowane, muskowitu, ziarna plagioklastu, szczątki organiczne, okruchy rogowców, glaukonit, piryty, cyrkon, turmalin i apatyt. Spoiwo jest ilaste, miejscami zsylikowane (opal) lub skarbonatyzowane.

Podsumowanie cech petrograficznych skał ordowiku i syluru

1. Osady ordowiku nie różnią się zasadniczo od obserwowanych w innych profilach ordowiku na Niżu Polskim. Charakter osadów wskazuje na tworzenie się ich początkowo w morzu transgredującym, a następnie w ustabilizowanym zbiorniku strefy płytkonekrytycznej. Liczne powierzchnie rozmywania w skałach węglanowych – powłoki ilastomargliste, interpretowane jako przejaw rozmywania, wskazują na sedymentację nieciągłą, przerywaną okresami erozji i przeróbki śródformacyjnej. Produktami diagenetyzacji są: spoiwo pirytowe zlepieńca, spoiwo opalowo-kwarcowe glaukonitytu, pseudomorfozy opalowe po glaukonicie, mineralizacja węglanowa, siarczanowa i siarczkowa.

2. Osady syluru odpowiadają równowiekowemu osadom w innych profilach na Niżu Polskim, gdzie w większości obserwuje się prawidłowość polegającą na przewadze skał ilastych mikrolitofacji ciemnej w starszych warstwach syluru i skał mikrolitofacji jasnej – w młodszych. Hłowce i łupki ilaste wykazują w całym profilu syluru stały skład mineralny i składają się z illitu i chlorytu, a ponadto zawierają: kwarc, kalcyt, dolomit, skalenie, piryty i materię organiczną.

3. Substancja bitumiczna w ordowiku i sylurze swym sposobem występowania nie różni się od obserwowanej w pozostałych nawierconych na Niżu Polskim profilach. Jest ona

rozproszona w postaci drobnych, płaskich, soczewkowatych skupień, ułożonych zgodnie z laminacją skały, ostro ograniczonych w kierunku pionowym, a nieostro w poziomym. Skupia się ona – wraz z pirytem – głównie w łupkach graptolitowych mikrolitofacji ciemnej, która występuje jako przeważająca w niższych partiach profilu, następnie prze-warstwia się z mikrolitofacją jasną i stopniowo ku stropowi zanika, ustępując miejscami mikrolitofacji jasnej.

4. Skały piroklastyczne, reprezentowane przez bentonity, wykazują skład mineralny podobny do równowiekowych bentonitów innych profili na Niżu Polskim. Zbudowane są głównie

z minerałów mieszanopakietowych illit/smektyt oraz w zmiennych ilościach z biotytu, kwarcu, skaleni i pirytu. Charakterystyczne jest występowanie biotytu w prawie wszystkich poziomach piroklastycznych na Niżu. Występowanie osadów piroklastycznych w profilu syluru jest związane z intensywną działalnością wulkaniczną w tym czasie.

5. W osadach ordowiku obserwowano żyłki wypełnione węglanami (kalcyt, dolomit), siarczanami (baryt) oraz siarczkami (piryt, markasyt). W sylurze skały poprzecinane są żyłkami, w których zidentyfikowano kalcyt, baryt i celestyn.

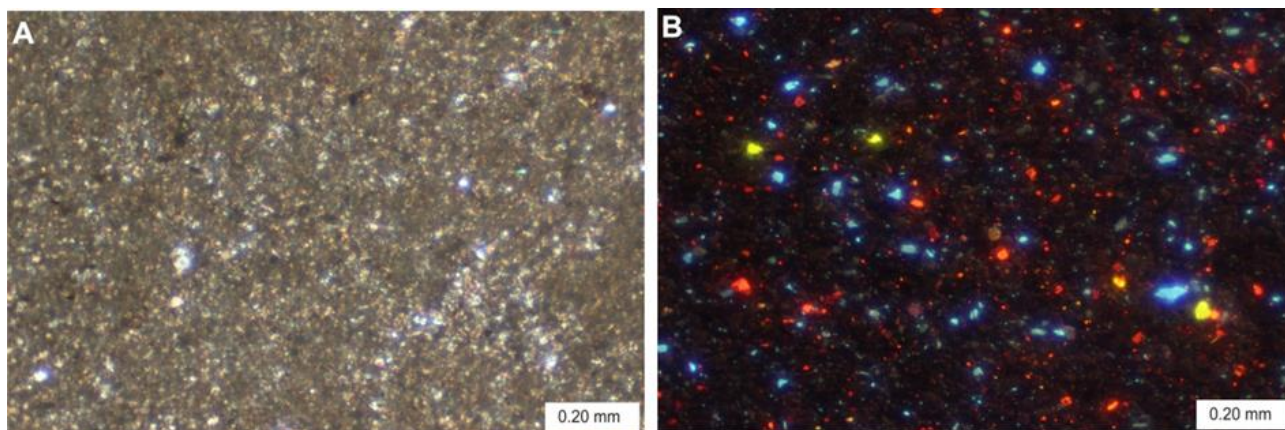


Fig. 2.34. **A.** Fragment ilowca wapienistego; bez analizatora; otwór Tłuszcz IG-1, głęb. 1950,3 m. **B.** Obraz w CL skały z fot. A; widoczne skalenie potasowe wykazujące niebieską luminescencję, plagioklasy o luminescencji żółtozielonej oraz węglany o luminescencji w barwach pomarańczowych i czerwonych (Podhalańska i in., 2016).

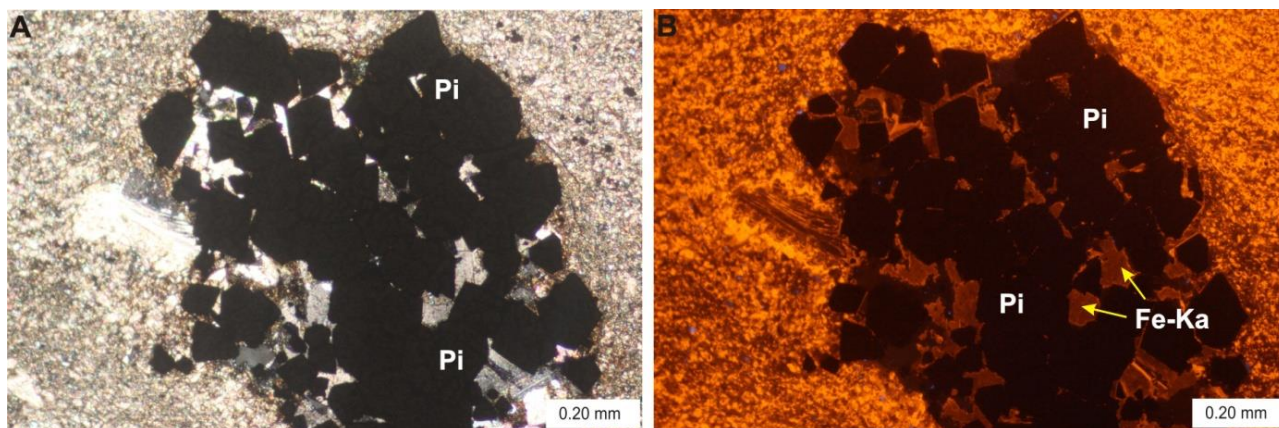


Fig. 2.35. **A.** Fragment wapienia z gniazdowym skupieniem pirytu (Pi); bez analizatora; otwór Żebrak IG-1, głęb. 2354,8 m. **B.** Obraz w CL skały z fot. A; widoczny mikrosparyt kalcytowy wykazujący żółtopomarańczową luminescencję, Fe-kalcyt o luminescencji brunatnopomarańczowej, w którym tkwią kryształy pirytu (Pi) (Podhalańska i in., 2018).

2.3.4. KARBON

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym „Siedlce W” utwory karbonu rozpoznano w 1 otworze wiertniczym – Polaki 1 – na głębokości 1335,0–1339,0 m. Zapewne jest to zachowany niewielki płat karbonu, jako że utwory te nie występują w sąsiednich otworach. Dopiero w południowym sąsiedztwie obszaru przetargowego karbon występuje w sposób ciągły (Fig. 2.10), osiągając do 65,9 m w otworze Żebrak IG-1 (głębokość 1295,0–1360,9 m).

Litologia i stratygrafia

Karbon w otworze Polaki 1 jest wykształcony w postaci łupków pstrych oraz zwietrzałych zlepieńcowatych i gruboziarnistych piaskowców arkozowych o bliżej nieustalonej pozycji stratygraficznej. W profilu karbonu otworu Żebrak IG-1, w dolnej części występują piaskowce gruboziarniste z otoczkami mułowców i fragmentami łupków sylurskich, a wyżej drobnoziarniste, o słabo zwietrzałych ziarnach ostrokrawędzistych, warstwowane. Ku górze profilu pojawiają się laminowane mułowce ilaste i iłowce, również z konkrecjami sydertów i detrytusem roślinnym, iłowce z hematytem i oolity, mułowce i piaskowce drobnoziarniste.

2.3.5. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory czerwonego spągowca na obszarze przetargowym „Siedlce W” rozpoznano w 5 otworach wiertniczych, na głębokościach odpowiednio:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 1319,0–1335 m,
- SOK-Grębków-01: 1436,0–1452,0 m,
- Sokołów Podlaski 1: 1221,0–1227,0 m.

Ponadto, w sąsiedztwie obszaru przetargowego czerwony spągowiec został rozpoznany w otworach:

- Dobrze 1: 1801,0–1831,5 m,
- Rówce 1: 980,0–1007,0 m,
- Tłuszcz IG-1: 1665,0–1667,5 m,
- Żebrak IG-1: 1270,7–1295,0 m.

Litologia i stratygrafia

Miąższość utworów czerwonego spągowca wynosi od 6 m w skrajnie północno-wschodniej części obszaru do 16 m w otworach Polaki 1 i SOK-Grębków-01, rosnąc w kierunku południowym i zachodnim.

Utwory czerwonego spągowca to głównie skały klastyczne, aluwialne, wykształcone w postaci słabo obtoczonych piaskowców i zlepieńców z okruchami granitoidów, kwarcu, plagioklazów, a także skał kambry, ordowiku i syluru. Występowanie piaskowców eolicznych jest postulowane jedynie w południowo-zachodnim sąsiedztwie obszaru (Fig. 2.36).

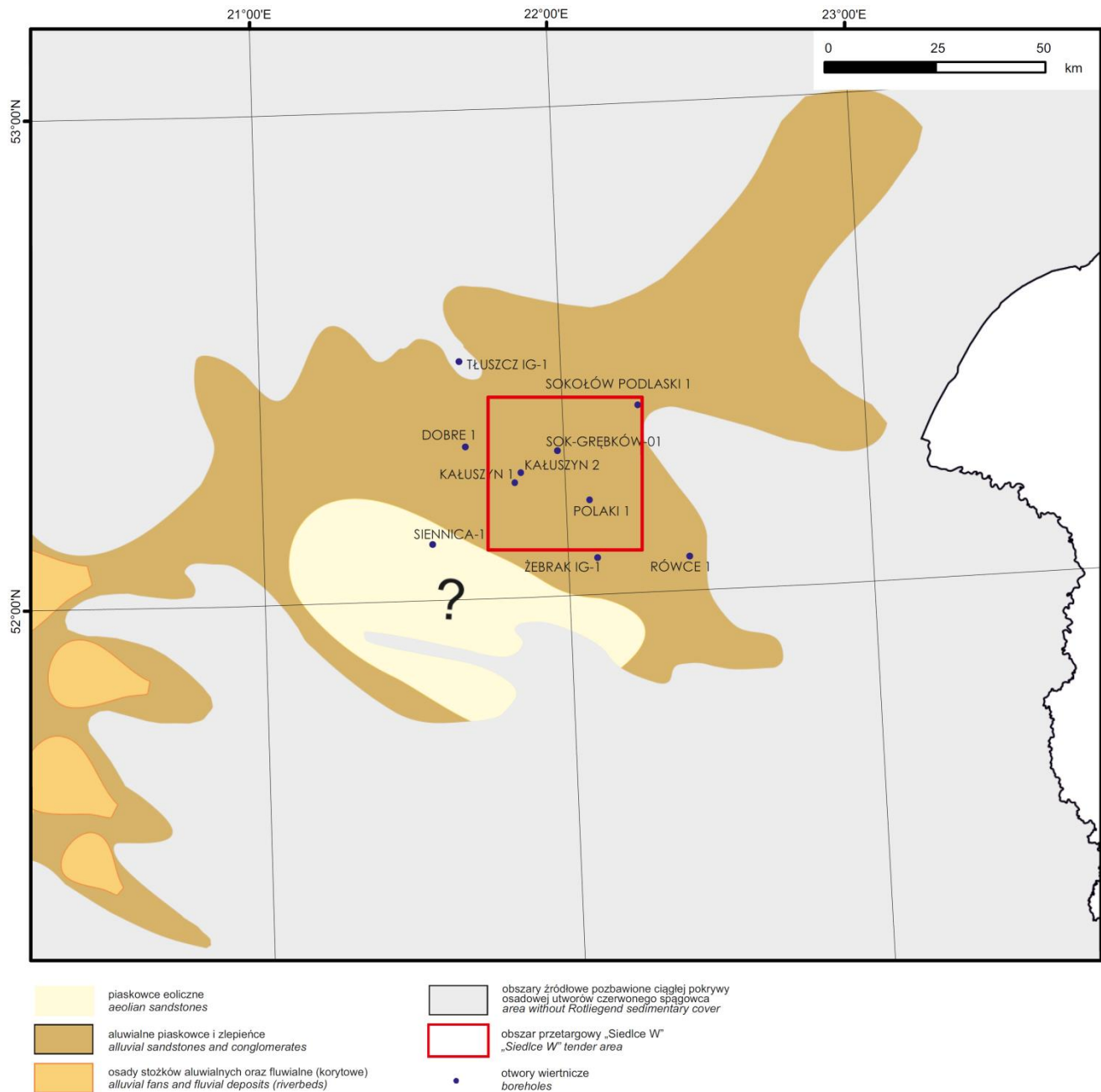


Fig. 2.36. Lokalizacja obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy litofacji stropu czerwonego spągowca (Kiersnowski i Waśkiewicz, 2020; zmodyfikowane).

2.3.6. PERM – CECHSZTYN

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory cechsztynu na obszarze przetargowym wyróżniono w 5 otworach wiertniczych oraz we wszystkich otworach w sąsiedztwie, na głębokościach odpowiednio:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 1241,0–1319,0 m,
- SOK-Grębków-01: 1336,0–1436,0 m,

- Sokołów Podlaski 1: 1160,0–1221,0 m,
- Żebrak IG-1: 1198,5–1270,7 m,
- Dobrze 1: 1620,0–1801,0 m,
- Rówce 1: 888,0–980,0 m,
- Tłuszcz IG-1: 1584,5–1665,0 m.

Na obszarze przetargowym miąższość utworów cechsztynu wynosi od 61 do ponad 100 m.

Litologia i stratygrafia

Profil cechsztynu jest niekompletny, występują tylko szczątkowo zachowane utwory dwóch najniższych cyklotemów PZ1 i PZ2, choć pierwotnie występowały również młodsze osady cechsztynu, zachowane w sąsiedztwie obszaru (Wagner, 1998; Fig. 2.37–2.39; Tab. 2.3). Na obszarze podlaskim cyklotem PZ1 rozpoczyna się łupkiem miedzionośnym, na którym spoczywają szare wapienie i dolomity z onkolitami i obfitą fauną (tzw. wapień cechsztyński), o miąższościach od 20 na brzegach zbiornika do 40 m w rejonie otworu wiertniczego Tłuszcz IG-1. Obszar przetargowy „Siedlce W”, podczas sedimentacji wapienia cechsztyńskiego, był położony na krawędzi podlaskiej platformy węglanowej (Buniak i in., 2013a; Fig. 2.41). Wyższe osady cyklotemu PZ1 składają się z utworów siarczanych – anhydrytów i (lokalnie) soli kamiennych. Obecnie, całkowita miąższość cyklotemu PZ1 na obszarze „Siedlce W”, wynosi 50–71 m, podobne miąższości cyklotemu występują w sąsiedztwie obszaru (Tab. 2.3).

Cyklotem PZ2 na obszarze podlaskim rozpoczyna się dolomitem głównym, miejscami podścielonym serią detrytyczną (Tab. 2.3). Utwory dolomitu głównego to beżowe, porowate, niekiedy kawerniste dolomity z przeławieniami dolomitów onkolitowych lub masywnych wapieni, powstałe w środowiskach platformy węglanowej i przykrawędziowej bariery onkolitowo-oolitowej (Wagner, 2012; Buniak i in., 2013b; Fig. 2.42). W otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym, miąższość dolomitu głównego wynosi od 7 m do około 40 m, osiągając największe wartości w zachodnim sąsiedztwie – w okolicach otworu Dobrze 1 (43 m; Tab. 2.3). Według Buniaka i in. (2013b), na obszarze „Siedlce W” nie występują struktury perspektywiczne dla akumulacji węglowodorów w dolomicie głównym, skały te posiadają również znikome ilości substancji organicznej oraz niedostateczną dojrzałość do generowania i ekspulsji węglowodorów (choć w otworze Sokołów Podlaski 1 odnotowano w tym interwale niewielkie objawy węglowodorów).

Stratygrafia	Polaki 1	SOK– Grębków– 01	Sokołów Podlaski 1	Dobrze 1	Rówce 1	Tłuszcz IG–1	Żebrak IG–1
Głębokość [m]							
teryogeniczna seria stropowa PZt	–	1336,0– 1436,0 m	–	1620,0– 1665,0	888,0– 907,5	1584,5– 1587,5	1198,5– 1270,7
dolomit płytowy Ca3	–		–	1665,0– 1685,0	–	–	
dolomit główny Ca2	1241,0– 1248,0		1160,0– 1171,0	1685,0– 1728,0	907,5– 910,0	1587,5– 1610,5	
teryogeniczna seria recesywna T1r	–		–	–	910,0– 915,0	–	
anhydryt A1	1248,0– 1255,0		1171,0– 1190,0	1728,0– 1795,0	915,0– 964,0	–	
sól kamienna najstarsza Na1	1255,0– 1276,5		–	–	–	1610,5– 1665,0	
anhydryt dolny A1d	1276,5– 1308,5		–	–	–	–	
wapień cechsz- tyński Ca1, łupki miedzio- nośny T1	1308,5– 1319,0		1190,0– 1221,0	1795,0– 1801,0	964,0– 980,0	–	

Tab. 2.3. Głębokość występowania cechsztynu w otworach zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Siedlce W” i w jego sąsiedztwie.

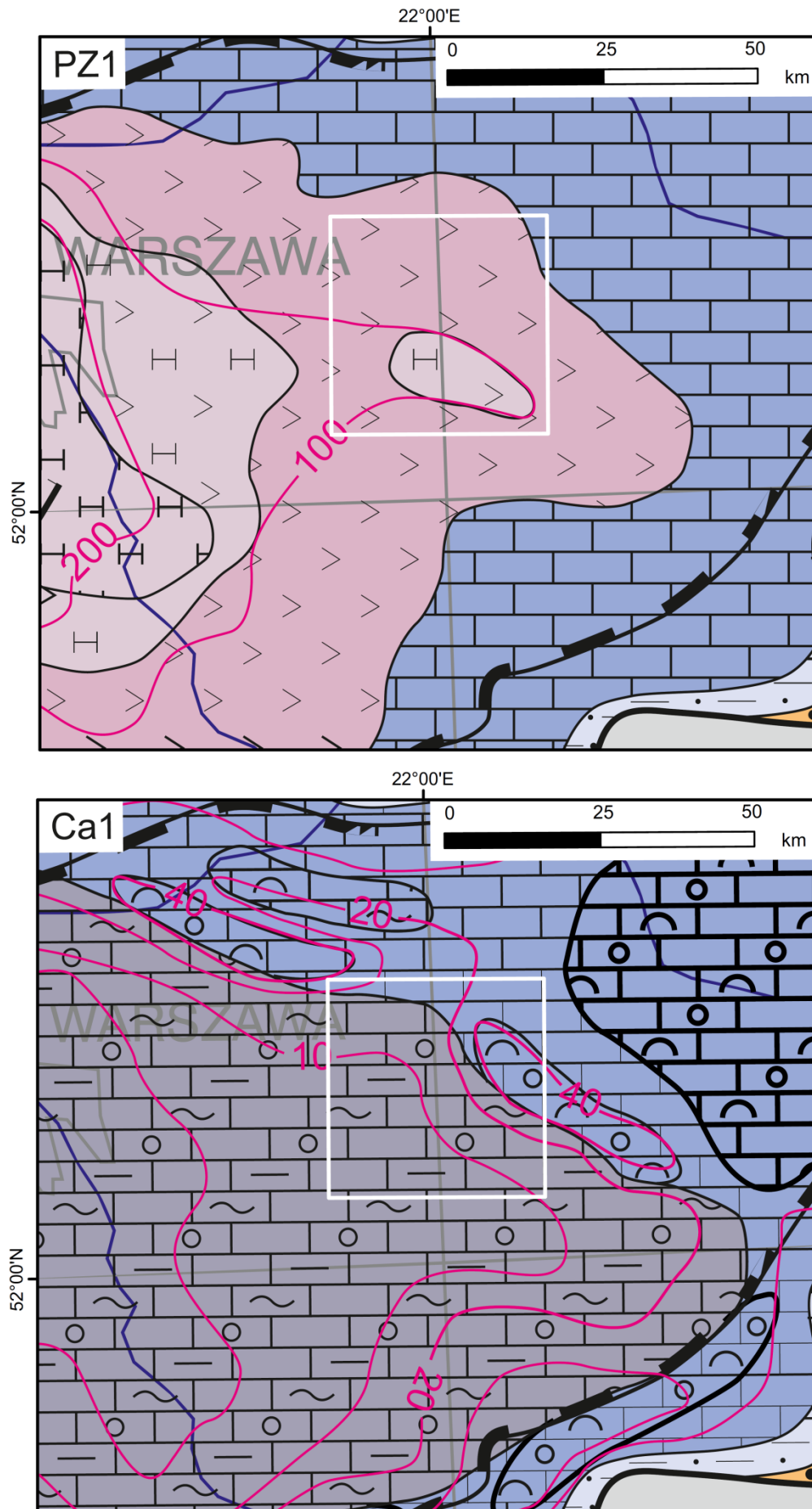


Fig. 2.37. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle map paleogeograficznych cyklotemu PZ1 i wapienia cechsztyńskiego Ca1; objaśnienia na Fig. 2.40 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

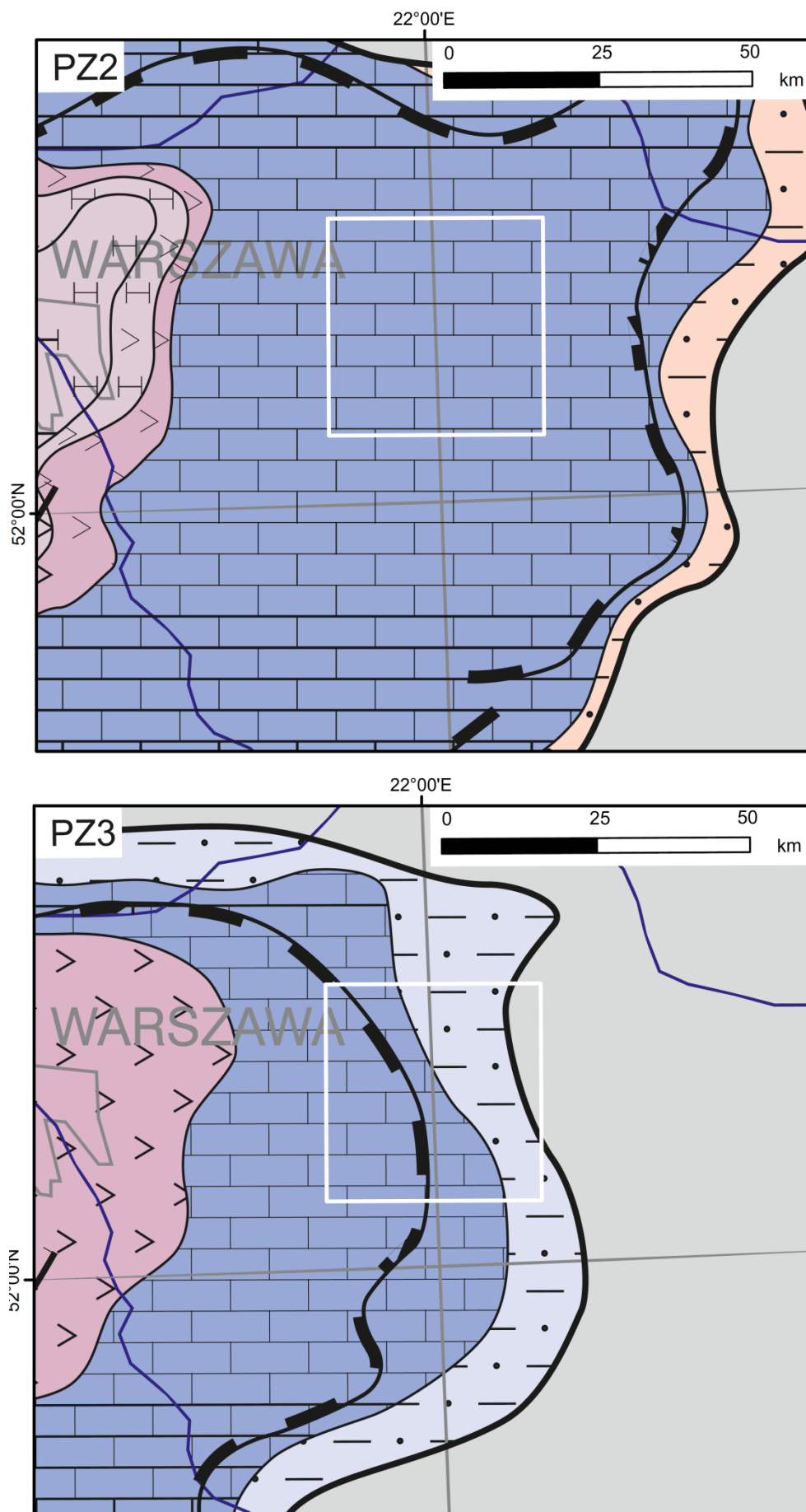


Fig. 2.38. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle map paleogeograficznych cyklotemów PZ2 i PZ3; objaśnienia na Fig. 2.40 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

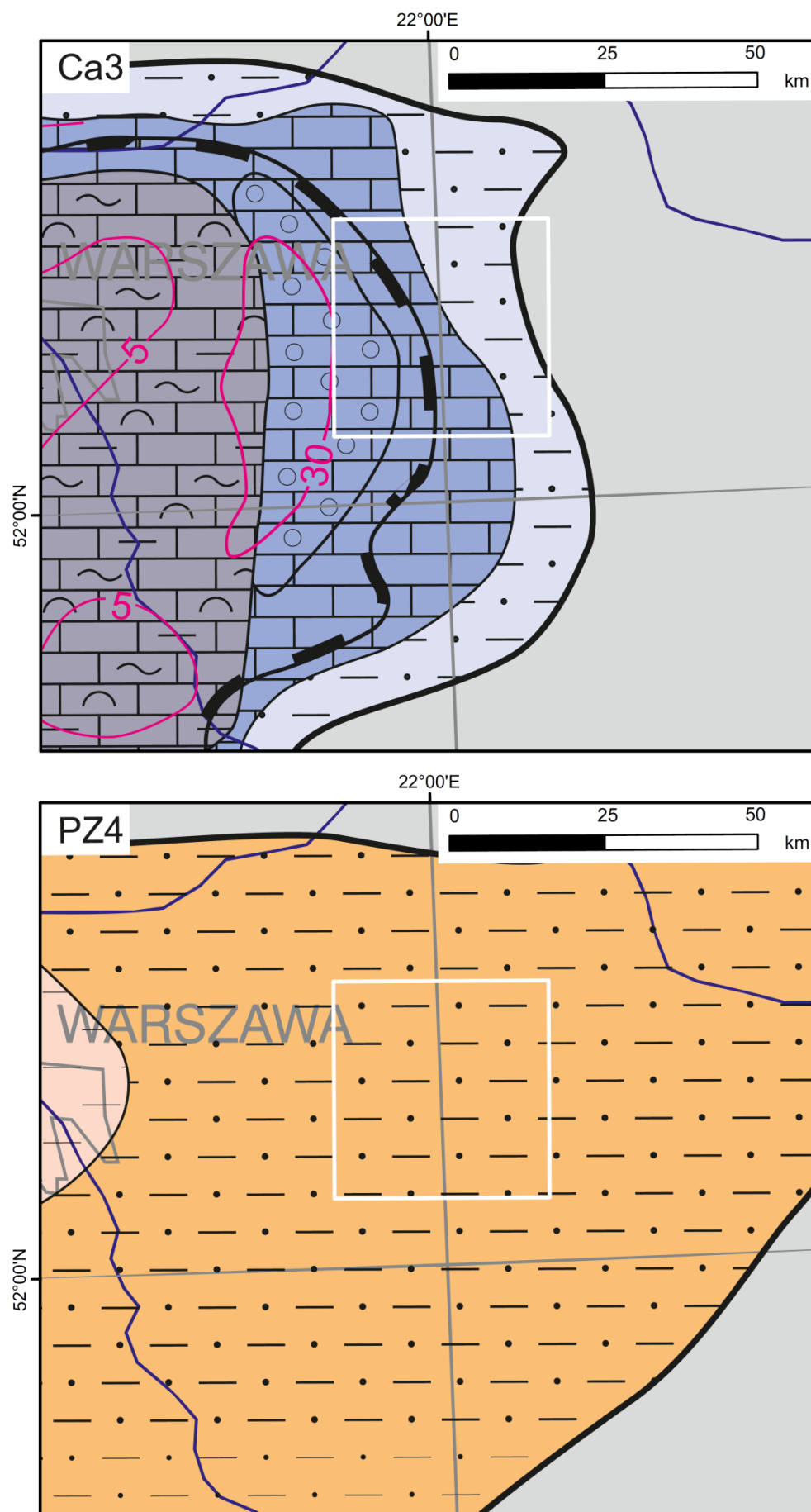


Fig. 2.39. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle map paleogeograficznych dolomitu płytowego Ca3 i cyklotemu PZ4; objaśnienia na Fig. 2.40 (Wagner, 1998; zmodyfikowane).

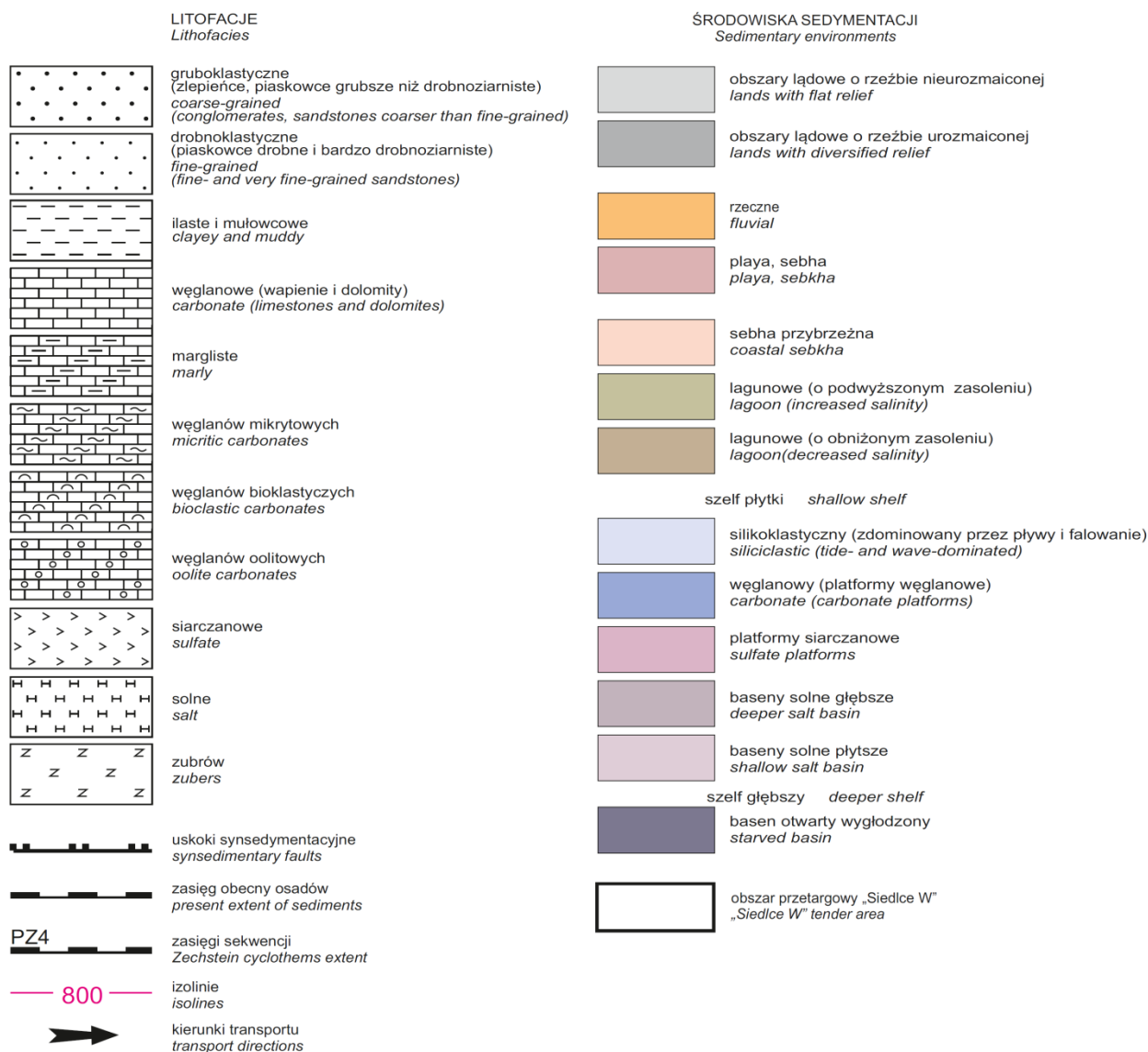


Fig. 2.40. Objaśnienia do map paleogeograficznych cechsztynu: wapienia cechsztyńskiego Ca1, cyklotemów PZ1–PZ4 i dolomitu płytowego Ca3 (Wagner, 1998).

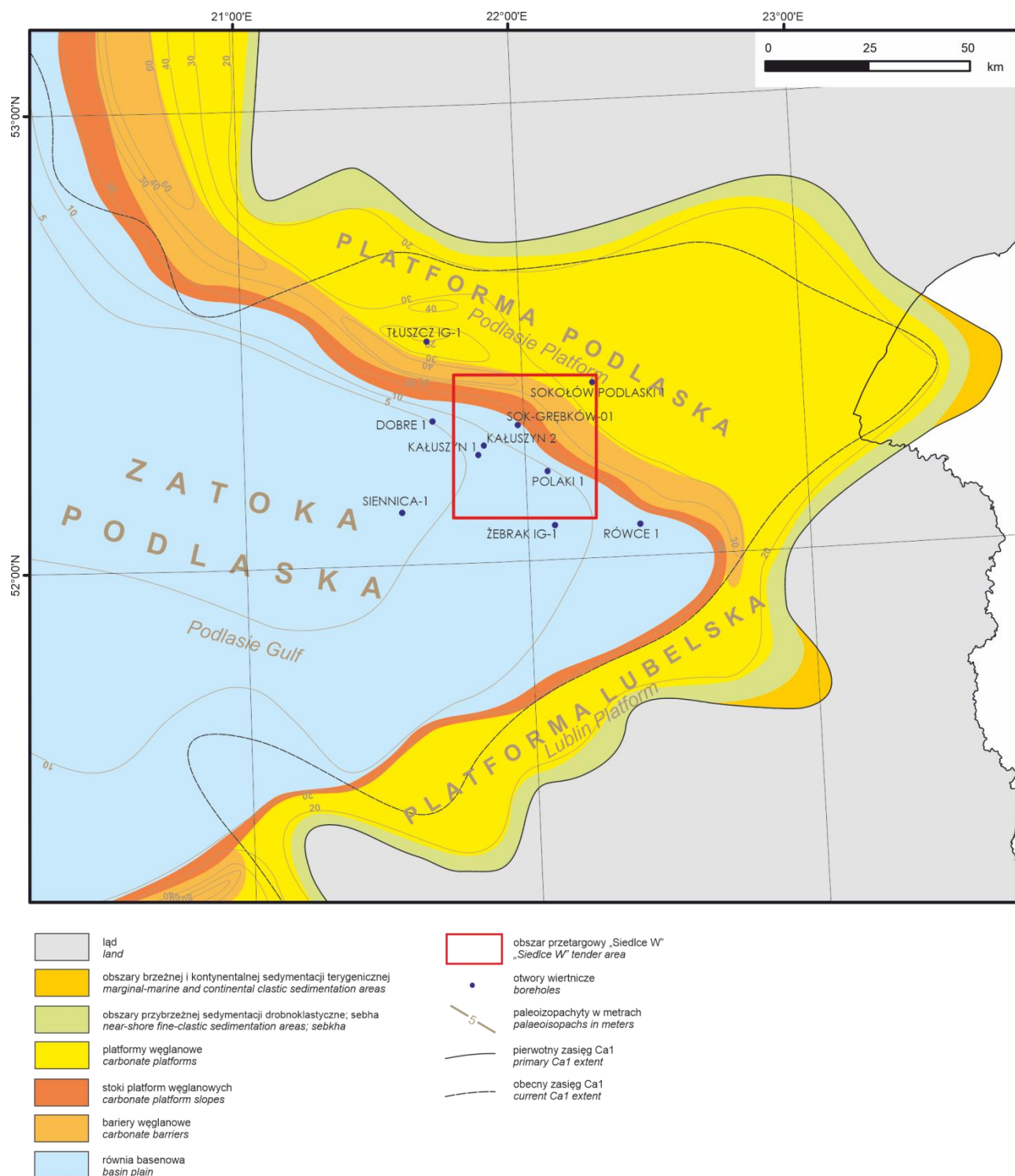


Fig. 2.41. Położenie obszaru „Siedlce W” na tle mapy paleogeograficznej wapienia cechsztyńskiego (Buniak i in., 2013a).

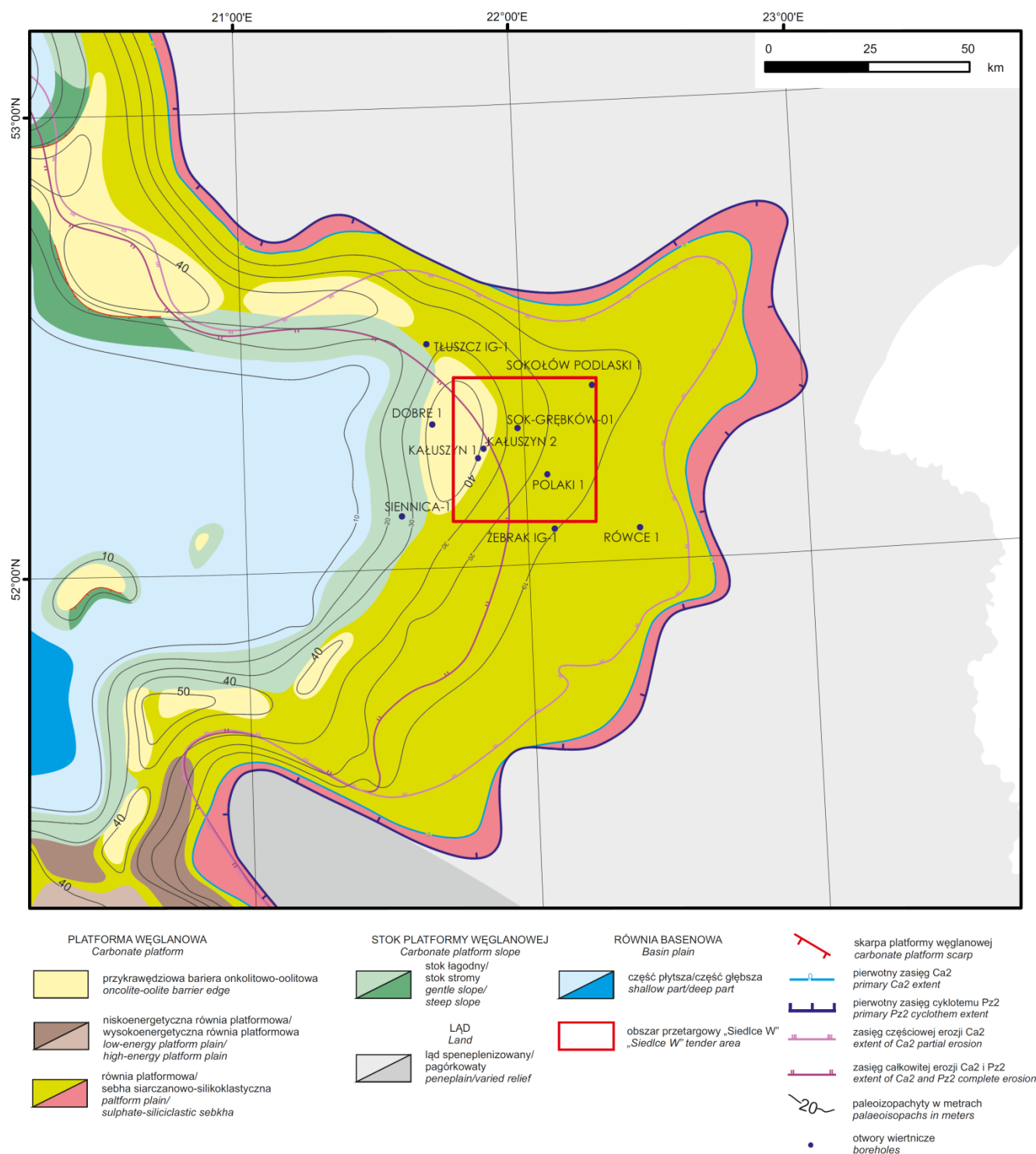


Fig. 2.42. Lokalizacja obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle mapy paleogeograficznej dolomitu głównego (Wa-gner, 2012).

2.3.7. TRIAS

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory triasu rozpoznano w 5 otworach wiertniczych na terenie obszaru przetargowego oraz we wszystkich w jego najbliższej okolicy, na głębokościach:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 914,5–1241,0 m,
- SOK-Grębków-01: 991,0–1336,0 m,
- Sokołów Podlaski 1: 870,0–1160,0 m,
- Dobre 1: 1247,0–1620,0 m,
- Rówce 1: 765,0–888,0 m,
- Tłuszcz IG-1: 1171,1–1584,5 m,
- Żebrak IG-1: 914,2–1198,5 m.

Miażdżość utworów triasu wynosi 284,3–290,0 m w południowej i wschodniej części obszaru do ponad 400 m w rejonie Kałuszyna i 373 m przy zachodniej granicy obszaru.

Litologia i stratygrafia

Trias na obszarze przetargowym jest reprezentowany przez pstry piaskowiec, o miąższości od 158,5 m w otworze Polaki 1 do 192,5 m w otworze Sokołów Podlaski 1 (i maksymalnie 218,3 m w otworze Tłuszcz IG-1), wapien muszlowy, o miąższości od 31,5 m w północno-wschodniej części obszaru do 80 m w otworze Polaki 1, i kajper, o miąższości 88 m w tym samym otworze.

Pstry piaskowiec to utwory iłowcowo-mułowcowe z wkładkami wapieni oolitowych w dolnej części, natomiast gruzłowych w górnej (ret). Wapien muszlowy jest dobrze udokumentowany jedynie w dwóch otworach – Tłuszcz IG-1 i Żebrak IG-1. Przeważają tam utwory marglisto-mułowcowe z wkładkami skał węglanowych. Na wschód od otworu wiertniczego Sokołów Podlaski 1 utwory wapienia muszlowego wyklinowują się. Dolne ogniwa kajpru to osady piaszczyste i mułowcowo-ilaste z przewarstwieniami wapieni o miąższościach od około 6–10 m (Sokołów Podlaski 1, Żebrak IG-1) do około 70–140 m (Dobre 1, Kałuszyn 1), natomiast wyższe to szaro-zielonkawe osady mułowcowo-piaszczyste z pojedynczymi wkładkami piaskowców o miąższościach od 50–100 m. Na częściowo zerodowanych utworach kajpru leżą niezgodnie osady retyku, które są reprezentowane przez kompleks gruzłowatych, pstrych iłowców o pokroju zlepieńców iłowych z wkładkami piaskowców wapnistych i mułowców (Tłuszcz IG-1). W częściach brzeżnych basenu germańsko-polskiego, gdzie miąższości retyku są zredukowane do około 50–60 m (Żebrak IG-1, Sokołów Podlaski 1), spotykane są wkładki pstrych warstwowych, iłowców i mułowców warstw nierzadkich.

2.3.8. JURA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym „Siedlce W” i w jego sąsiedztwie utwory jury rozpoznano we wszystkich otworach wiertniczych:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 654,0–914,5 m,
- SOK-Grębków-01: 716,0–991 m,
- Sokołów Podlaski 1: 631,5–870,0 m,
- Dobre 1: 815,0–1247,0 m,
- Rówce 1: 555,0–765,0 m,
- Tłuszcz IG-1: 775,0–1171,1 m,
- Żebrak IG-1: 625,0–914,2 m.

Miażdżość utworów jury wynosi od 238,5 m w północno-wschodniej części obszaru, poprzez około 300 m w okolicach Kałuszyna aż po 432 m w otworze Dobre 1.

Litologia i stratygrafia

Na obszarze „Siedlce W” i w jego sąsiedztwie jura dolna jest zachowana szczątkowo – została nawiercona jedynie w otworach Dobre 1 i Tłuszcz IG-1, w których osiąga 85,0–97,6 m miąższości. Najniższy lias jest tam reprezentowany przez dwie facje: najniższą – ilasto-mułowcową, następnie ilasto-piaskowcową

z przewagą iłowców i mułowców z fragmentami roślin. Warstwy te nadścielone są utworami liasu środkowego w postaci mułowców, mułowców i łupków piaszczystych o miąższości do kilkunastu metrów. Utwory te przechodzą w zielonkawę iły i iłowce piaszczyste z przewarstwieniami mułowców i piaskowców warstw ciechocińskich dolnego toarku. Jura środkowa występuje we wszystkich analizowanych otworach, ma miąższość od 14 m do 155 m, odznacza się występowaniem głównie cienkich serii ilasto-piaszczystych batonu górnego z udziałem wapieni detry-

tycznych, często zdolomityzowanych z oolitami i limonitem. Profil kończą utwory piaszczystych wapieni keloweju górnego.

Podobnie jura górna, stwierdzona we wszystkich otworach, osiąga miąższości od 120 m do 236,0 m na obszarze przetargowym i nawet 296 m w jego zachodnim sąsiedztwie (otwór Dobre 1). W profilu dominują głównie wapienie detrytyczne, oolitowe, margle i łupki margliste. W tytonie występować mogą przewarstwienia mułowców piaszczysto-marglistych i mułowców z wkładkami dolo-mitycznymi oraz gipsów i anhydrytów.

2.3.9. KREDA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie utwory kredy rozpoznano we wszystkich analizowanych otworach wiertniczych (Fig. 2.5), na głębokościach:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 200,5–654,0 m,
- SOK-Grębków- 01: 223–716 m,
- Sokołów Podlaski 1: 225,0–631,5 m,
- Dobre 1: 267,5–815,0 m,
- Rówce 1: 149,0–555,0 m,
- Tłuszcz IG-1: 208,6–775,0 m,
- Żebrak IG-1: 193,0–625,0 m.

Miąższość utworów kredy wynosi od 406,0 m w otworze Rówce 1 do 566,4 m w otworze Tłuszcz IG-1.

Litologia i stratygrafia

Kreda dolna na obszarze „Siedlce W jest rozwinięta jako osady mułowcowo-piaszczyste z glaukonitem, na których zalegają osady piaszczyste i piaszczysto-margliste. Kredę górną reprezentują wapienie margliste, opoki oraz kreda pizująca.

2.3.10. KENOZOIK

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory kenozoiku rozpoznano we wszystkich otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie, w interwałach:

- Kałuszyn 1,
- Kałuszyn 2,
- Polaki 1: 0–200,5 m,
- SOK-Grębków-01: 0–223 m,
- Sokołów Podlaski 1: 0–225,0 m,
- Dobre 1: 0–267,5 m,
- Rówce 1: 0–149,0 m,

- Tłuszcz IG-1: 0–208,6 m,
- Żebrak IG-1: 0–193,0 m.

Miąższość utworów kenozoiku w analizowanych otworach wynosi maksymalnie 267,5 m. Jest on reprezentowany przez klastyczne osady paleogenu, neogenu i czwartorzędu. Ze względu, że nie biorą one udziału w funkcjonowaniu systemów naftowych, nie zostaną tutaj bliżej scharakteryzowane. Informacje o ich znaczeniu hydrogeologicznym można natomiast znaleźć w rozdziale 2.4.

2.4. HYDROGEOLOGIA

Obszar przetargowy „Siedlce W” jest prawie w całości położony w regionie wodnym Bugu (97,2% powierzchni obszaru przetargowego) i w regionie wodnym Środkowej Wisły (2,8% powierzchni obszaru przetargowego). Obszar „Siedlce W” jest również położony na granicy kilku jednostek bilansowych, których procentowy udział powierzchni w obrębie obszaru przetargowego kształtuje się następująco: Z-15 Bug od granicy do cofki Zbiornika Zegrzyńskiego – 97,1%, Z-08a Wisła (P) od Wilgi do Kanału Żerańskiego – 1,7%, Z-08b Zbiornik Zegrzyński, Narew poniżej Dębe bez Wkry – 1,2%. W podziale na jednolite części wód podziemnych należy do następujących obszarów JCWPd w udziale: 97,2% do JCWPd nr 55, 1,6% do JCWPd nr 66 i 1,2% do JCWPd nr 54 (Fig. 2.43).

Obszar przetargowy jest odwadniany przez rzeki: Liwiec, Kostrzyń oraz ich dopływy: Struga, Witówka, Gawroniec, Świdnica, Kałuska, Osownica Czerwona, Muchawka oraz inne, niewielkie ciek. Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych wód podziemnych (Paczyński i Sadurski, 2007), cały obszar należy do prowincji Wisły, RB – regionu Bugu, SBN – Subregionu Bugu nizinnego (97,1% powierzchni obszaru przetargowego) oraz RŚW – regionu Środkowej Wisły, SŚWN – subregionu Środkowej Wisły nizinnego (2,9% powierzchni obszaru przetargowego).

Charakterystyka głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW) została przedstawiona na Mapach hydrogeologicznych Polski w skali 1 : 50 000 (MhP GUPW) – arkusze: Liw (491; Madejski i Madejska, 1998), Węgrów (492; Szydeł, 2000), Kałuszyn (527; Meszczyński i Szydeł, 1998a), Mokobody (528; Sokołowski, 2000), Latowicz (563; Meszczyński i Kadłubowska, 1998a), Skórzec (564; Madejski i Madejska, 2000a) oraz na arkuszach: Mińsk Mazowiecki (526; Meszczyński i Szydeł, 1998b), Siedlce Północ (529; Madejska i Madejski, 2000b), Sokołów Podlaski (493; Hulboj, 2004), Cegłów (562; Meszczyński i Kadłubowska, 1998b), które obejmują niewielkie fragmenty obszaru przetargowego (Fig. 2.43).

Charakterystyka pierwszego poziomu wodonośnego (PPW) została przedstawiona na Mapach hydrogeologicznych Polski w skali 1 : 50 000 (MhP PPW WH) – arkusze: Liw (491; Balwierz i Piwowarski, 2006); Węgrów (492; Kopec i in., 2018), Kałuszyn (527; Leśniak i Hotłoś, 2018), Mokobody (528; Kos i in., 2018) oraz na obecnie realizowanych arkuszach Latowicz (563), Skórzec (564) i Cegłów (562). Niewielkie fragmenty omawianego obszaru obejmują również arkusze mapy PPW WH: Mińsk Mazowiecki (526; Reczek i Biedroński, 2018), Siedlce Północ (529; Życzkowska i Pawelec, 2018), Sokołów Podlaski (493; Kopec i Wańczyk, 2018).

Wody podziemne słodkie (zwykle) występują w obrębie dwóch pięter wodonośnych: czwartorzędowego oraz, lokalnie, neogeńsko-paleogeńskiego. Piętra te mogą pozostawać ze sobą w bezpośredniej więzi hydraulicznej. Na omawianym obszarze głębsze, mezozoiczne, piętra wodonośne nie są rozpoznane i ujmowane.

Czwartorzędowe poziomy wodonośne

Czwartorzędowe poziomy wodonośne charakteryzują się dużą zmiennością morfologiczną (warstwy międzyglinowe, rynnowe struktury kopalne) i wykształceniem. Tworzą one piętrowy układ o zróżnicowanym rozprzestrzenieniu. Osady wodonośne w poszczególnych strukturach wykazują dobrą łączność hydrauliczną pomiędzy poszczególnymi poziomami. W piętrze czwartorzędowym można wyróżnić trzy poziomy:

- poziom przypowierzchniowy (I poziom wodonośny),
- poziom międzyglinowy (II poziom wodonośny),
- poziom spągowy (III poziom wodonośny).

Przypowierzchniowy poziom wodonośny jest zasilany głównie przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych. Korzystnymi warunkami infiltracji charakteryzują się obszary występowania na powierzchni terenu piaszczystych utworów sandrowych (zachodnia część obszaru). Głębsze czwartorzędowe poziomy wodonośne zasilane są przez dopływ lateralny z terenów sąsiednich i przez przesią-

kanie przez osady słabo przepuszczalne z wyżejległych poziomów wodonośnych.

Poziom przypowierzchniowy występuje przede wszystkim w utworach piaszczysto-żwirowych, głównie z akumulacji rzecznej (doliny rzek Liwiec, Kostrzyń) oraz w piaskach fluwioglacjalnych z okresu zlodowaceń północnopolskich i lokalnie środkowopolskich (na wysoczyznach). Poziom ma charakter nieciągły. Jego strop zalega na rzędnej 110–180 m n.p.m. Głębokość występowania poziomu waha się w granicach 5–50 m p.p.t. Miąższość utworów wodonośnych jest tu zmienna i wynosi od kilku do ponad 20 m (największa w rejonie dolin rzecznych – około 30 m). Wydajności potencjalne studni, w zależności od parametrów hydrogeologicznych warstwy wodonośnej, wahają się w granicach od 10 do ponad 70 m³/h, zaś przewodność wynosi od 60 do ponad 400 m²/24h. Współczynnik filtracji mieści się w przedziale od $7,5 \times 10^{-5}$ do $2,1 \times 10^{-4}$ m/s. Zwierciadło wody ma charakter swobodny (lokalnie napięty). Najczęściej poziom ten jest pozbawiony osadów izolujących, co wpływa na łatwą infiltrację wód opadowych, jednak jest bardziej narażony na zanieczyszczenia z powierzchni terenu. Jest powszechnie eksploatowany na omawianym terenie, a największe ujęcia zlokalizowane są w Siedlcach (Sekuła I), Kałuszynie czy też w Piasecznie.

Wody podziemne poziomu przypowierzchniowego w obrębie dolin rzecznych są w ścisłym związku hydraulicznym z wodami powierzchniowymi. W rejonach głęboko wciętych dolin I poziom może pozostawać w więzi hydraulicznej z II poziomem wodonośnym (np. dolina Śmierdziuchy w Grębkowie).

Poziom międzyglinowy budują osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe zlodowaceń środkowopolskich. Poziom ten zalega na zmiennej głębokości od 10 do 100 m (najczęściej 15–50 m, a na wysoczyznach nawet do 150 m). Zwierciadło wody ma charakter naporowy. Wydajności potencjalne studni zawierają się w przedziale 10–80 m³/h. Przewodność kształtuje się od 12 do 500 m²/24h, ale przeważają wartości niskie – poniżej 100 m²/24h. Najkorzystniejsza przewodność występuje w rejonie Polków – Sagały i Garczy-

na. Miąższość osadów na ogół wynosi od kilku do kilkunastu metrów, a w rejonach obniżenia stropu podścielających glin osiąga wartości ponad 30 m. Na wschodzie obszaru przetargowego stwierdzono występowanie głębokiej rynny erozyjnej o przebiegu NW-SE, wypełnionej miąższem pakietem utworów wodonośnych. Główny użytkowy poziom tworzą tam piaski o miąższości 10–20 m, zalegające na głębokości 40–60 m (lokalnie 50–100 m) pod około 20-m miąższości warstwą gliny zwałowej. Wydajność potencjalna studni wynosi w rejonie rynny 30–50 m³/h, a przewodność zawiera się w zmiennym przedziale, w zależności od miąższości warstwy wodonośnej, od poniżej 100 m²/24h do 500 m²/24h. Poziom ten ma charakter nieciągły i jest drenowany przez większe rzeki: Liwiec, Kostrzyń. Jest on intensywnie eksploatowany m.in. przez wodociągi wiejskie Polków–Sagały, Garczyn Duży, Grębków oraz niektóre studnie w Mrozach, Kałuszynie i Sinołęce.

Utwory porowe czwartorzędowego, młodzimeńskiego poziomu wodonośnego, tworzą zbiornik wód podziemnych GZWP nr 223 Dolina kopalna górnego Liwca

Poziom spągowy (podglinowy) występuje w zagłębieniach powierzchni podczwartorzędowej. Budują go osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe zlodowaceń południowopolskich, interglacjału augustowskiego oraz, lokalnie, zlodowacenia narwi. W niektórych rejonach pozostaje on w więzi hydraulicznej z II poziomem czwartorzędowym bądź poziomem neogeńsko-paleogeńskim, tworząc jeden czwartorzędowo-neogeńsko-paleogeński poziom wodonośny. Jest izolowany od powierzchni terenu warstwą utworów słabo przepuszczalnych (kilka poziomów glin zwałowych) o miąższości rzędu 50–60 m.

Strop poziomu spągowego występuje na głębokości 50–80 m. Najpłycej, tj. na głębokości około 20–40 m, występuje w rejonie gdzie tworzy wspólny poziom z poziomem międzyglinowym (np. rejon Podnieśna, Rozbitego Kamienia).

Miąższość poziomu jest zmienna (z uwagi na ukształtowanie stropu osadów neogenu i paleogenu) i wynosi od 10 do 40 m, osiągając 90 m w rejonie Wyszkowa. Znaczne miąższości (50–100 m), poziom ten osiąga w rejo-

nie połączenia z doliną kopalną przebiegającą od Rozbitego Kamienia przez Siedlce do Radomyśla (na południe poza obszarem przetargowym). Wydajność potencjalna pojedynczych studni jest zróżnicowana i zawiera się w granicach 10–50 m³/h (lokalnie powyżej 70 m³/h). Przewodność waha się, w zależności od zróżnicowanej miąższości warstwy wodonośnej, w granicach od 60 do ponad 400 m²/24h w rejonie Wyszkowa.

Zwierciadło wód podziemnych ma charakter naporowy. Poziom drenowany jest, podobnie jak wyżejległe poziomy międzyglinowe, przez większe rzeki (m.in.: Liwiec). Jest on eksploatowany w m. Sinołęka.

Chemizm wód piętra czwartorzędowego

Chemizm wód podziemnych piętra czwartorzędowego jest zmienny w zależności od głębokości zalegania poziomów wodonośnych i stopnia ich izolacji. Wody czwartorzędowego poziomu przypowierzchniowego, z uwagi na brak izolacji, są podatne na infiltrację zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Efektem tego jest znaczne zróżnicowanie typów chemicznych wód w tym poziomie. Są to przeważnie wody typu HCO₃–Ca, HCO₃–Ca–Na, HCO₃–SO₄–Ca, HCO₃–Ca–Mg–Na, HCO₃–SO₄–Ca–Na. Wartości suchej pozostałości są zmienne i mogą lokalnie przekraczać 700 mg/dm³ (średnia 457 mg/dm³). Są to wody średnio twarde i twarde o odczynie obojętnym, o podwyższonej zawartości chlorków, dochodzącej lokalnie do 174 mg/dm³) i związków azotu (stężenia azotanów wynoszą zazwyczaj 0,0–10,0 mg/dm³, lokalnie >300, a azotynów 0,0–1,14 mg/dm³). Obecność związków żelaza i manganu jest powszechna, a ich stężenia są zmienne. Na ogół wartości żelaza wynoszą do 0,5 mg/dm³ (lokalnie 4,8 mg/dm³), manganu do 0,1 mg/dm³ (lokalnie 1,2 mg/dm³). W niektórych rejonach stwierdzono podwyższone stężenia siarczanów dochodzące do 358 mg/dm³.

Wody czwartorzędowego poziomu międzyglinowego i spągowego charakteryzują się zbliżonym chemizmem. Zazwyczaj są to wody słodkie, głównie typu HCO₃–Ca, HCO₃–Ca–Mg; średnio twarde i twarde o odczynie zbliżonym do obojętnego lub słabo zasadowym. Sucha pozostałość wynosi przeważnie 400–500 mg/dm³. Zawartość podstawowych

składników w obu poziomach jest do siebie zbliżona, jednak w poziomie międzyglinowym można zaobserwować nieco wyższe wartości siarczanów, chlorków i azotanów. Zawartość chlorków na ogół nie przekraczającą wartości 15 mg/dm³, zaś stężenia siarczanów nie przekraczają 25 mg/dm³. Nie stwierdzono podwyższonych stężeń azotanów, które nie przekraczają wartości granicznych dla wód pitnych. Zazwyczaj ich stężenia mieszczą się w zakresie 0,02–1,04 mg/dm³. Wody tych poziomów przeważnie wymagają prostego uzdatniania ze względu na przekroczenia dopuszczalnych dla wód pitnych stężeń żelaza i manganu. Stężenia żelaza wynoszą od 0,2 do 5,4 mg/dm³, zaś manganu od 0,05 do 0,28 mg/dm³.

Neogeńsko-paleogeńskie poziomy wodonośne

Wody podziemne występujące w neogeńsko-paleogeńskim piętrze wodonośnym są związane z utworami piaszczystymi pliocenu, oligocenu i miocenu. Znaczenie użytkowe mają poziomy wodonośne miocenu i oligocenu, lokalnie pozostające w bezpośredniej więzi hydraulicznej. Poziomy rozdzielone są utworami słabo przepuszczalnymi. Ich miąższość jest zróżnicowana z powodu zaburzeń glaci-tektonicznych, działalności egzaracyjnej lodowca jak również erozji rzecznej. Występują one na całym omawianym obszarze, gdzie na większości terenu są bardzo dobrze izolowane od utworów czwartorzędowych grubą pokrywą iłów i mułów plioceńskich oraz glin zwałowych, o miąższości dochodzącej do 50 m. W części wschodniej obszaru przetargowego, gdzie utwory pliocenu zostały wyerodowane, tworzą połączone poziomy z wodami czwartorzędowymi. Na pozostałym obszarze piętro to ma znaczenie lokalne. W obrębie piętra neogeńsko-paleogeńskiego warunki hydrogeologiczne są niezbyt korzystne. Cechą charakterystyczną tego poziomu jest duża głębokość występowania (50–150 m p.p.t.). Miąższość utworów wodonośnych, wynosi 10–50 m, a przewodność najczęściej nie przekracza 100 m²/24h (lokalnie >200 m²/24h), wydajności potencjalne studni mieszczą się w szerokim przedziale od 10 do >70 m³/h. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter napięty i stabilizuje się na rzędnych 140–160 m n.p.m.

Regionalną bazą drenażu są rzeki Bug i Liwiec.

Mioceński poziom wodonośny jest reprezentowany przez piaski drobno- i średnioziarniste, pylaste i ilaste z domieszką pyłu węgla brunatnego, występujące naprzemianległe z warstwami mułów i ilów. Ze względu na zabarwienie wód związkami organicznymi poziom ten ma mniejsze znaczenie użytkowe. Miąższość osadów wodonośnych wynosi od kilku do ponad 30 m, współczynnik filtracji od ok. $6,9 \times 10^{-5}$ do $9,2 \times 10^{-5}$ m/s; przewodność do $100 \text{ m}^2/24\text{h}$, a wydajność potencjalna studni $<30 \text{ m}^3/\text{h}$. Na południu obszaru poziom ujmowany jest przez ujęcie dla m. Siedlce – Sekuły II.

Poziom oligoceński jest zbudowany z piasków glaukonitowych (drobno i średnioziarnistych) z przewarstwieniami ilów i mułków. Miąższość osadów nie przekracza 50 m. Występują tu liczne konkrecje fosforytów i ziarna glaukonitów, co nadaje osadom zielonkawą barwę. Współczynnik filtracji najczęściej wynosi ok. $6,9 \times 10^{-5}$ m/s. Przewodność osiąga lokalnie wartość $100\text{--}150 \text{ m}^2/24\text{h}$. Poziom ten jest eksploatowany w niewielkim stopniu. Na północy omawianego obszaru piaski oligocenu i miocenu są rozdzielone warstwą pyłów o miąższości od kilku do około 30 m, lokalnie pozostając w bezpośredniej więzi hydraulicznej. Warunki hydrogeologiczne są tutaj raczej niekorzystne. Przy średniej miąższości rzędu $10\text{--}20 \text{ m}$, przewodność jest niska, około $50 \text{ m}^2/24 \text{ h}$, a wydajność potencjalna studni wierconych, wynosi ok. $10\text{--}30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Połączony poziom mioceńsko-czwartorzędowy stwierdzono we wschodniej części obszaru. Warunki hydrogeologiczne są tam znacznie korzystniejsze, a wydajność potencjalna studni zawiera się w przedziale $50\text{--}70 \text{ m}^3/\text{h}$, wzrastając ku wschodowi do ponad $70 \text{ m}^3/\text{h}$. Przewodność hydrauliczna również jest korzystna i wynosi $500\text{--}1000 \text{ m}^2/24\text{h}$.

Chemizm wód podziemnych piętra neogeńsko-paleogeńskiego

Skład chemiczny wód mioceńskiego i oligoceńskiego poziomu wodonośnego jest zbliżony do składu wód czwartorzędowych. Są to wody słodkie, typu $\text{HCO}_3\text{--Ca}$, $\text{HCO}_3\text{--Ca--Mg}$, $\text{HCO}_3\text{--Ca--Na}$ lub $\text{HCO}_3\text{--Ca--Na}$ (oligocen). Wody tych poziomów odznaczają się

niewielką mineralizacją niż wody poziomu czwartorzędowego. Ich sucha pozostałość zawiera się w przedziale od 200 do 680 mg/dm^3 . Są to wody średnio twarde i twarde, o odczynie obojętnym (6,8–7,8). Wody te zazwyczaj wymagają prostego uzdatniania ze względu na przekroczenia dopuszczalnych stężeń żelaza i manganu ($\text{Fe } 0,5\text{--}4,6 \text{ mg/dm}^3$, $\text{Mn } 0,10\text{--}0,34 \text{ mg/dm}^3$). Zawartości siarczanów zwykle nie przekraczają 10 mg/dm^3 , chociaż lokalnie mogą występować wyższe wartości rzędu $22\text{--}39 \text{ mg/dm}^3$. Zawartość chlorków jest niewielka i wynosi od 1,8 do $8,8 \text{ mg/dm}^3$. Podobnie nie stwierdzono w piętrze neogeńsko-paleogeńskim podwyższonych zawartości azotanów, zazwyczaj nie przekraczają poziomu $2,41 \text{ mg/dm}^3$, a zawartości azotynów wahają się w granicach $0,01\text{--}0,05 \text{ mg/dm}^3$. Wody poziomu mioceńskiego zazwyczaj charakteryzują się podwyższoną barwą z uwagi na powszechne występowanie w obrębie osadów wodonośnych przeławień węgla brunatnych.

Stopień zagrożenia wód podziemnych

Regionalny przepływ wód podziemnych odbywa się generalnie w kierunku północno-zachodnim, w kierunku głównej bazy drenażu jaką jest dolina Bugu. Istotną rolę w drenażu odgrywa również Liwiec, jednakże jest to przepływ wód o charakterze lokalnym. Pomiedzy piętrami wodonośnymi czwartorzędowym i neogeńsko-paleogeńskim następuje pionowa wymiana wód.

Prawie na całym omawianym obszarze stopień zagrożenia wód podziemnych użytkowych poziomów wodonośnych jest określony jako niski i bardzo niski (Fig. 2.44). Użytkowe poziomy wodonośne posiadają naturalną izolację, którą stanowią utwory słabo przepuszczalne, tj. ciągły kompleks glin zwałowych o miąższości $15\text{--}50 \text{ m}$ – dla poziomów czwartorzędowych oraz kompleks glin zwałowych i ilów plicieńskich o łącznej miąższości lokalnie przekraczającej 100 m – dla poziomów neogeńsko-paleogeńskich. Lokalnie stopień zagrożenia został określony jako wysoki, szczególnie na południowy wschód od Kałuszyna, w okolicach m. Kotunia i Woli Suchożebrskiej oraz na południowy wschód od m. Mrozy. Średni stopień zagrożenia obejmuje obszary o niskiej odporności

na czynniki zewnętrzne, bez ognisk zanieczyszczeń (Sokołowski, 2000). Obszar ten obejmuje centralną oraz południowo-wschodnią część obszaru przetargowego (Fig. 2.44).

Zbiorniki wód podziemnych

W granicach obszaru przetargowego „Siedlce W” występują trzy główne zbiorniki wód podziemnych (Mikołajków i Sadurski, 2017; Fig. 2.43).

- GZWP nr 223 Dolina kopalna Górnego Liwca – zbiornik udokumentowany, wyznaczony do ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych w utworach czwartorzędowych, o szacunkowych zasobach dyspozycyjnych 23 600 m³/d. Obejmuje on wschodnią część obszaru przetargowego;
- GZWP nr 215 – Subniecka Warszawska (nieudokumentowany), zbiornik wstępnie rozpoznany w osadach neogenu i paleogenu;
- GZWP 2151 – Subniecka Warszawska – część centralna, zbiornik nieudokumentowany, wstępnie rozpoznany w osadach neogenu i paleogenu.

Zbiornik nr 223 w całości zajmuje powierzchnię 491,1 km², z czego w granicach obszaru znajduje się 103 km². Został on wydzielony w południowej części zlewni górnego Liwca. Znajduje się w obrębie dobrze izolowanych utworów piaszczystych, występujących w spągu czwartorzędu, połączonych z piaszczystymi utworami doliny kopalnej Liwca. Jest to zbiornik porowy, o średniej głębokości do zw. wody 50 m. Zasilany jest na drodze przesiąkania przez osady słabo przepuszczalne i poprzez dopływ lateralny (Hulboj i in., 2011). W strefach kontaktu utworów czwartorzędowych z neogeńsko-paleogeńskimi zaznacza się drenaż poziomu czwartorzędowego przez poziomy starsze. GZWP nr 223 charakteryzuje się dobrymi parametrami hydrogeologicznymi: przewodność 250–500 m²/24h, w niektórych rejonach dochodząca do 800 m²/24h, wydajność potencjalnego otworu studziennego – powyżej 70 m³/h, lokalnie przekraczająca 100 m³/h, z możliwością lokalizacji ujęcia o wydajności powyżej 10 000 m³/24h oraz wodą nadającą się do zaopatrzenia ludności po jej prostym uzdatnieniu. Poziom zbiornikowy o napiętym

zwierciadle wody jest izolowany od powierzchni ciągłym kompleksem utworów słabo przepuszczalnych o miąższościach od 15 do ponad 50 m.

Warunki geologiczne i hydrodynamiczne na obszarze GZWP nr 223 są korzystne ze względu na naturalną możliwość ochrony zasobów wody przed infiltracją zanieczyszczeń z powierzchni terenu do poziomu zbiornikowego, gdzie pionowy czas przepływu zanieczyszczeń wynosi ponad 25 lat. Ochrona ilości i jakości wód w GZWP nr 223 – międzymorenowym zbiorniku rzeki górny Liwiec – nie wymaga wyznaczania i ustanawiania obszarów ochronnych zbiornika. Wody zbiornika podlegają ochronie zwykłej, zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa.

Zasoby odnawialne GZWP nr 223 wynoszą około 77 000 m³/d (moduł 6,5 m³/h/km²), a zasoby dyspozycyjne 23 600 m³/d (moduł 2 m³/h/km²; Hulboj i in., 2011).

W łączności z GZWP nr 223 pozostają utwory paleogeńsko-neogeńskie (głównie miocenu), które tworzą osobny, nieudokumentowany zbiornik wód podziemnych – GZWP nr 215.

Ujęcia wód podziemnych

Na obszarze przetargowym istnieje kilkadziesiąt ujęć wód podziemnych, które eksploatują wody wszystkich użytkowych poziomów wodonośnych. Główne ujęcia wód podziemnych są zlokalizowane we wschodniej części obszaru. Ich lokalizację warunkuje obecność dużych zespołów miejsko-przemysłowych. Informacje o zasobach eksploatacyjnych oraz o średnim poborze wód podziemnych (>500 m³/d) ujęć zlokalizowanych w granicach obszaru przetargowego podano w Tab. 2.4.

W informacjach o poborze z 2018 r. i w bazie „Pobory” nie została uwzględniona eksploatacja wód z ujęć o nierejestrowanym poborze dla potrzeb własnych użytkowników (w ramach zwykłego korzystania z wód).

Na omawianym obszarze są ustanowione dwie strefy ochrony pośredniej ujęć:

- Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych Sekuła I w Siedlcach, Dz. Urz. Woj. Ma-

zowieckiego, Warszawa dn. 2 maja 2016 r., poz. 4239.

- Rozporządzenie nr 6/2010 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie z dnia 13 października 2010 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej miejskiego ujęcia wody podziemnej w miejscowości Kałuszyn.

W granicach terenów ochrony pośredniej obowiązuje ograniczenia w użytkowaniu terenu oraz lokalizowaniu niektórych inwestycji. Zasięg stref ochronnych oraz pełen zakres tych ograniczeń jest dostępny w ww. rozporządzeniach.

Nr	Użytkownik ujęcia	Nazwa ujęcia/ miejscowość	Nr ujęcia CBDH	Zasoby eksploatacyjne [m ³ /h]	Wiek warstwy wodonośnej	Pobór 2018 [m ³ /24h]
Ujęcia o poborze >500 m ³ /24h						
1	Przedsiębiorstwo Usług Inżynieryjno-Komunalnych Spółka z o.o. w Sokołowie Podlaskim	ujęcie miejskie Kolonia Bartosz	4920021	Q _{max} /h = 422 m ³ /h Q _{max} /d = 10 128 m ³ /d	Q	5 010,12
2	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Bielany Sp. z o.o.	wodociąg wiejski Bielany	4930027	90	Q	828,31
3	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Siedlcach	SUW Sekuła I	5640010	320	Q Pg-Ng	4 223,12
4	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Siedlcach	SUW Sekuła II	5640011	590	Ng (miocen)	6 023,12
5	SOLBET Sp. z o.o. Solec Kujawski Zakład w Podnieśnie	Zakład Solbet w Podnieśnie	5280005	bd	Q	652,33
6	UNIKOST Spółka z o.o.	produkcja podłoża pieczarek	bd	bd	bd	505,50
7	Zakład Gospodarki Komunalnej w Mrozach	SUW Piaseczno	5630028	241 131 (I warstwa wodonośna) 110 (II warstwa wodonośna)	Q	2 273,65
8	Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. z siedzibą w Suchożebach	ujęcie wody Krynica	bd	125	Q	1 077,84
9	Zakład Gospodarki Komunalnej w Kotuniu	ujęcie wody Kotuń	bd	174	Q	728,41

bd – brak danych

Tab. 2.4. Wykaz największych ujęć zbiorowego zaopatrzenia w wodę na obszarze przetargowym „Siedlce W”. Q_{max}/h – wydajność maksymalna na godzinę, Q_{max}/d – wydajność maksymalna na dobę, Q – czwartorzęd, Pg-Ng – paleogen i neogen, Ng – neogen, bd – brak danych.

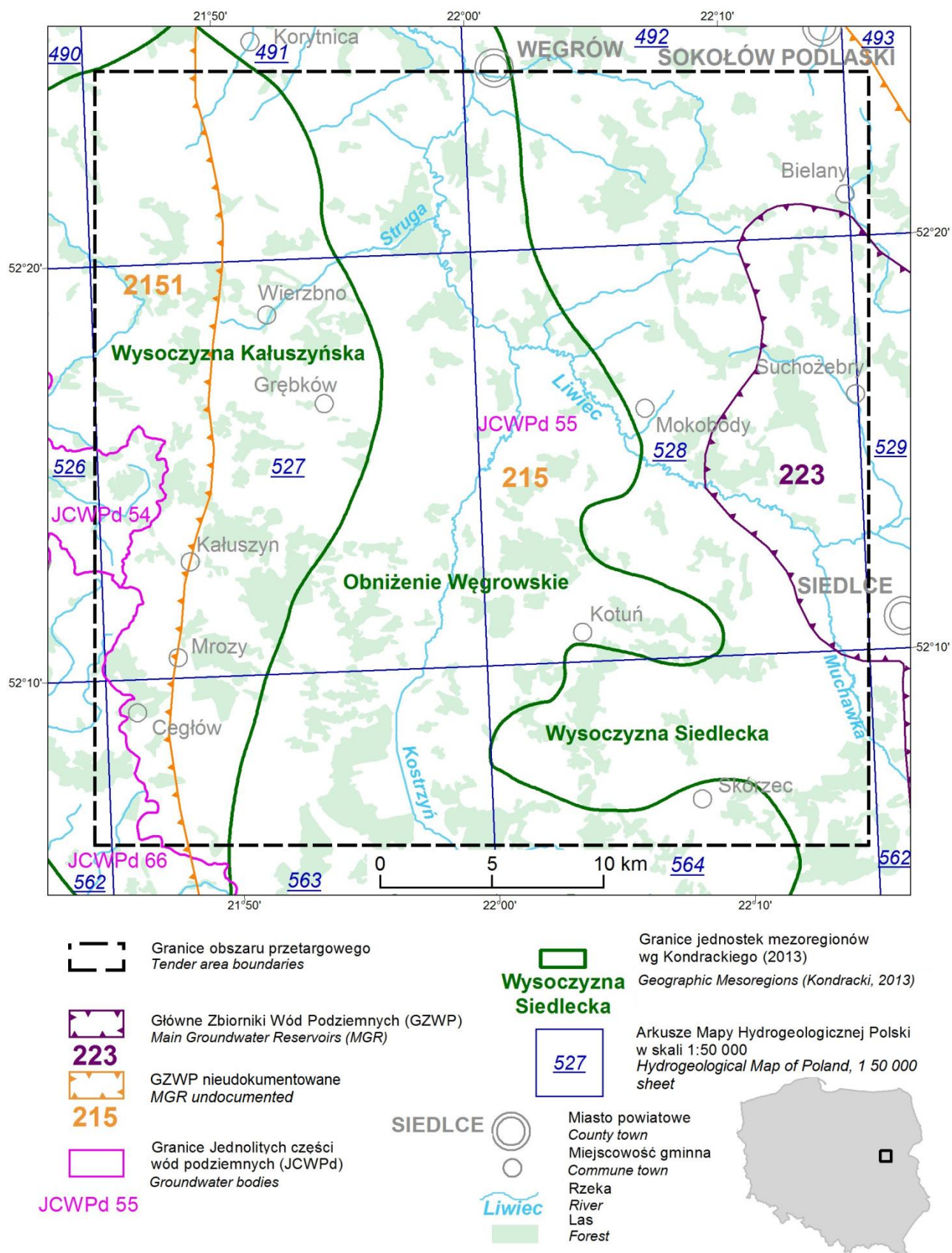


Fig. 2.43. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle jednostek fizycznogeograficznych oraz GZWP.

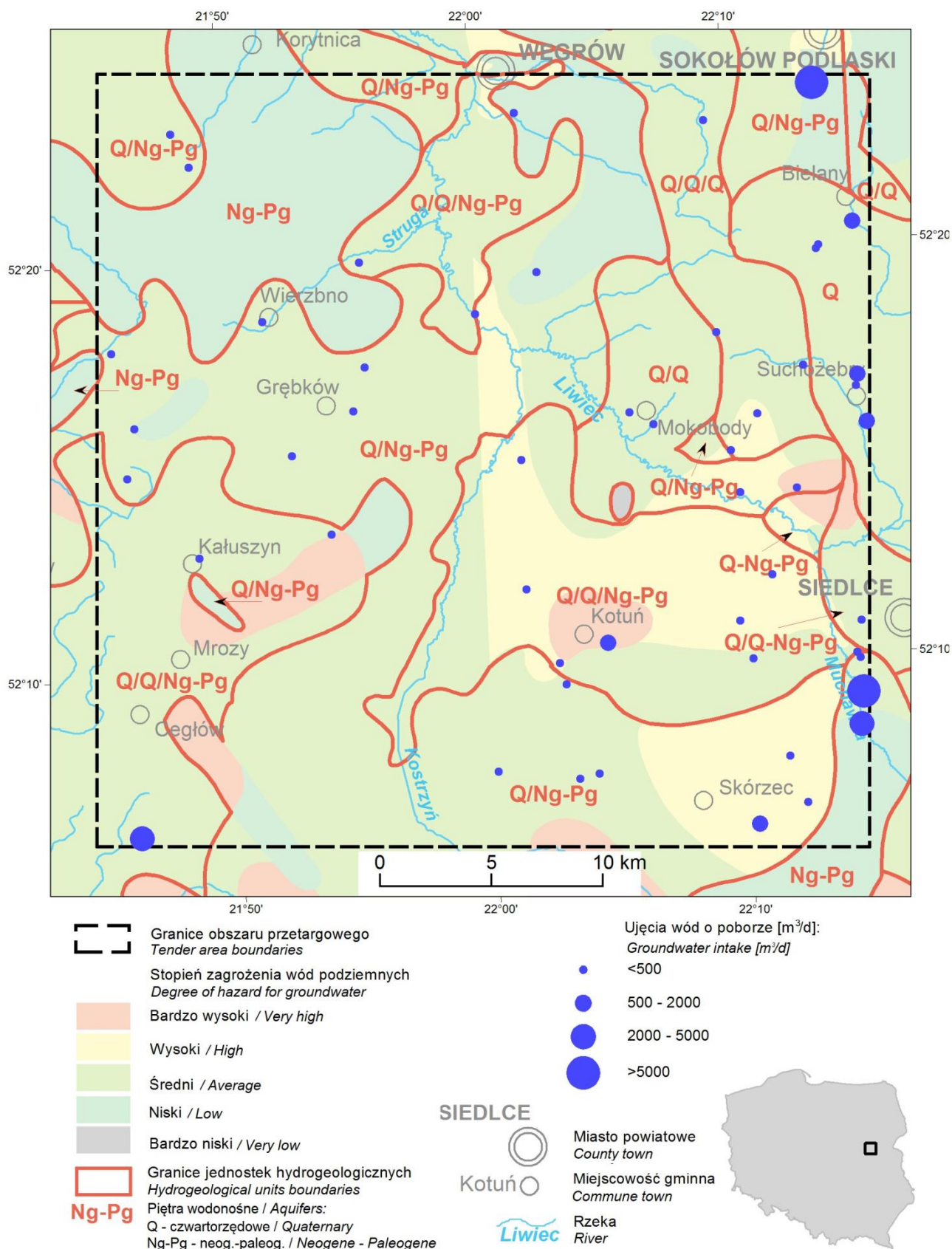


Fig. 2.44. Położenie obszaru przetargowego „Siedlce W” na tle jednostek hydrogeologicznych.

3. SYSTEM NAFTOWY

3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO

System naftowy jest określany, jako zespół procesów geologicznych i naftowych prowadzący do powstania złoża węglowodorów. Do podstawowych elementów systemu naftowego zalicza się: skałę macierzystą, która, ze względu na zawartość kopalnej substancji organicznej, stanowi źródło powstawania węglowodorów, skałę zbiornikową, której odpowiednie właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację węglowodorów, oraz skałę uszczelniającą, która jest skałą nieprzepuszczalną i uniemożliwia ucieczkę medium złożowego. Ponadto, nieodzownym elementem systemu naftowego w złożach konwencjonalnych jest pułapka naftowa, która, ze względu na swoje cechy strukturalne lub stratygraficzno-litologiczne, tworzy miejsce akumulacji węglowodorów. Niezbędnym do zaistnienia systemu naftowego i powstania złoża węglowodorów jest zespół procesów umiejscowionych w przestrzeni i w czasie geologicznym, na które składają się: generowanie, ekspulsja, migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża (Dembicki, 2017; Magoon i Dow, 1994).

Budowa tektoniczna obszaru przetargowego „Siedlce W”, parametry geochemiczne oraz wyniki badań petrofizycznych w poszczególnych piętrach strukturalnych pozwalają wyróżnić dwa odrębne systemy naftowe:

- konwencjonalny system naftowy, obejmujący utwory kambru środkowego;
- niekonwencjonalny system naftowy, reprezentowany przez formację z mułowców z Pelplina (wenlok).

W ujęciu regionalnym, na obszarze basenu bałtyckiego i podlaskiego, jako potencjalne skały macierzyste wobec piaskowców kambryjskich (pełniących rolę skał zbiornikowych) uważa się mułowce i iłowce górnego kambru oraz dolnego ordowiku (Kosakowski i in., 2017; Stolarczyk i in., 2004), a także drobnoklastyczne utwory ordowiku i syluru.

Niemniej jednak, utwory górnego kambru i dolnego ordowiku nie występują bezpośrednio na obszarze „Siedlce W”, a w jego w bliskim otoczeniu ich miąższość jest niewielka. Z tego względu największy potencjał macierzystości mają wzbogacone w materię organiczną utwory ordowiku i syluru (Stolarczyk i in., 2004). Skałami, które mogą stanowić pułapki dla węglowodorów (na skutek obocznych kontaktów z młodszymi seriami osadowymi) są piaskowce kambru środkowego. Warstwy uszczelniające stanowią słabo przepuszczalne skały osadowe ordowiku i syluru (Stolarczyk i in., 2004).

Niekonwencjonalny system naftowy, związany z wenlocką częścią formacji z Pelplina, jest systemem naftowym typu *shale*. Utwory formacji z Pelplina mogą być rozpatrywane nie tylko jako skała macierzysta, lecz również jako skała zbiornikowa i uszczelniająca (Zhao i in., 2016). Z tego względu, w niniejszym opracowaniu wszystkie skały macierzyste zostaną opisane wspólnie w podrozdziale 3.2, skały zbiornikowe i uszczelniające dla kambru zostaną omówione w podrozdziałach 3.3 oraz 3.4. Podrozdział 3.5 będzie poświęcony natomiast charakterystyce niekonwencjonalnego systemu naftowego w formacji z Pelplina (z pominięciem zagadnień macierzystości skał, omówionych wcześniej). Zagadnienia dotyczące generacji, migracji i ekspulsji węglowodorów zostaną poruszone w podrozdziale 3.6.

Interpretację i charakterystykę systemów naftowych na obszarze przetargowym „Siedlce W” przeprowadzono na podstawie danych geologicznych z otworów Polaki 1, SOK-Grębków-01 i Sokołów Podlaski 1. Dodatkowo, wykorzystano dane z wybranych otworów wiertniczych, zlokalizowanych nieopodal granic omawianego obszaru, tj. Dobrze 1, Rówce 1, Żebrak IG-1 i Tłuszcz IG-1. W przypadku otworów Kałuszyn 1 i 2, dane geologiczne są własnością inwestora, z tego powodu nie zostaną zaprezentowane w niniejszym opracowaniu.

3.2. SKAŁY MACIERZYSTE

Skały drobnoklastyczne ordowiku i syluru *Litologia: łupki, mułowce i iłowce*

Wśród najbardziej perspektywicznych skał macierzystych basenu podlaskiego wymienia się formację z Pelplina (wenlok), jak również wzbogacone w materię organiczną fragmenty formacji z Pasłęka (wyższy landower), formacji z Jantaru (niższy landower) oraz formacji z Sasina (karadok; Papiernik i in., 2019; Podhalańska i in., 2018; Porębski i Podhalańska, 2019; Stolarczyk i in., 2004).

Sylur

Mięszość wenloku w otworach zlokalizowanych w obrębie obszaru przetargowego „Siedlce W” waha się w zakresie od 72 m w otworze SOK-Grębków-01 do 87 m w otworze Polaki 1 (większe mięszości wenlok ma w otworach Równe 1 i Dobrze 1 – patrz rozdział 5; Fig. 3.1). Utwory te są wykształcone w postaci szarych i ciemnoszarych mułowców i iłowców, często laminowanych, z oddzielnością łupkową, typową dla formacji z Pelplina. W rdzeniowanych interwałach występują warstwy silnie wzbogacone szczątkami graptolitów (Kiełbasa i Kowalska-Łącka, 1972; Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971). Mediana całkowitej zawartości węgla organicznego (TOC) formacji z Pelplina z obniżenia podlaskiego oraz obszaru lubelskiego waha się od 0,4 do 2,3% wag. (Podhalańska i in., 2018). Na obniżeniu podlaskim, w rejonie obszaru przetargowego, występuje lokalne podwyższenie zawartości substancji organicznej rozproszonej w utworach formacji z Pelplina, a mediana TOC nie spada poniżej 1,25% wag. (Fig. 3.2; Podhalańska i in., 2020). Przedział wartości TOC pomierzonych w utworach wenloku analizowanych otworów przedstawiono w Tab. 3.1. Najwyższa zawartość substancji organicznej została stwierdzona m. in. w rejonie Grębkowa (średnia TOC = 1,86% wag.) oraz Tłuszcz (średnia TOC = 1,31% wag.). Zasobność w substancję organiczną jest stosunkowo jednolita wzdłuż całego profilu wenloku (Gliniak i in., 2013; Podhalańska i in., 2018). Badania pirolityczne pozwoliły stwierdzić obecność ropo- i gazotwórczego kerogenu (typu II/III) w potencjal-

nych skałach macierzystych wenloku w otworze SOK-Grębków-01 (średnia HI = 286 mg HC/gTOC) oraz Tłuszcz IG-1 (średnia HI = 294 mg HC/gSkały; Tab. 3.1).

We wschodniej części obniżenia podlaskiego dojrzałość termiczna skał wenloku sięga wczesnego okna ropnego. Stopień termicznego przeobrażenia materii organicznej wzrasta stopniowo w kierunku południowo-zachodnim do poziomu okna gazowego w rejonie Okuniewa (Fig. 3.1; Kiersnowski i Dyrka, 2013; Papiernik i in., 2019; Podhalańska i in., 2018). Wskazania dojrzałości termicznej materii organicznej, pomierzone w próbkach z otworów zlokalizowanych na obszarze przetargowym, oscylują od wartości typowych dla skał niedojrzałych (Fig. 3.1), do skał termicznie przeobrażonych w warunkach okna ropnego (średnia Tmax około 438–440°C; Tab. 3.1). Omawiane skały cechują się dobrym potencjałem węglowodorowym. Z uwagi na podwyższone zawartości substancji organicznej oraz dojrzałość termiczną na etapie wczesnej katagenezy, utwory formacji z Pelplina w rejonie Siedlec są uważane za najbardziej perspektywiczne skały macierzyste dla ciekłych, oraz w mniejszym stopniu dla gazowych węglowodorów w złożach niekonwencjonalnych typu *shale* (Kiersnowski i Dyrka, 2013; Papiernik i in., 2019; Podhalańska i in., 2018).

Leżące poniżej utwory landoweru to przewarstwione mułowcami, szare i ciemnoszare iłowce, o dobrej oddzielności warstwowej i bogatym nagromadzeniem fauny graptolitów w części warstw. Formacja z Pasłęka obejmuje profil landoweru w otworach zlokalizowanych na obszarze przetargowym, a także w otworze Żebrak IG-1. Formację z Jantaru wyróżniono w spągowej części landoweru m.in. w otworach Polaki 1 i Tłuszcz IG-1.

Zawartość TOC dla formacji z Pasłęka w rejonie obszaru przetargowego waha się od 0,09 do 3,02% wag. w otworze SOK-Grębków-01 i od 0 do 1,59 % wag. w otworze Tłuszcz IG-1 (Tab. 3.2). W otworach SOK-Grębków-01 oraz Tłuszcz IG-1, podwyższoną zawartość TOC (>1%) stwierdzono przede wszystkim w próbkach ze stropowej (około

5–10 m) partii skał landoweru, natomiast w pozostałych próbkach z formacji z Pasłęka zasobność w substancję organiczną rzadko przekracza 0,5% wag. Obecnie, parametry macierzystości wzbogaconych w substancję organiczną warstw przejawiają cechy kerogenu typu II/III i typu III (Tab. 3.2). Dojrzałość termiczna formacji z Pasłęka, podobnie do wyżej zalegających skał wenloku, kształtuje się na poziomie okna ropnego (średnie $T_{max} = 432\text{--}442^{\circ}\text{C}$). W przypadku otworu SOK-Grębków-01 oraz położonego na północny-zachód od obszaru przetargowego otworu Tłuszcz IG-1, cechy potencjalnej skały macierzystej przejawiają stropowe partie omawianej formacji.

Miąszość utworów z formacji z Jantaru na obszarze przetargowym „Siedlce W” oraz w jego otoczeniu jest bardzo mała i nie przekracza 7 m (Fig. 3.3). Formacja z Jantaru w otworze Tłuszcz IG-1 przybiera typową dla jednostki formę czarnych, smolistych łupków graptolitowych. Rozkład zawartości TOC (mediana) w otoczeniu obszaru przetargowego został przedstawiony na Fig. 3.4 (Podhalańska i in., 2018, 2020). W otworze Tłuszcz IG-1, średnia zawartość TOC w skałach formacji z Jantaru wynosi około 9,7 %, a wartości maksymalne to 17,4% (Poprawa i Kiersnowski, 2010). Zawartą w utworach formacji z Jantaru materię organiczną cechują parametry klasyfikujące ją do II i II/III typu keroge-

nu. Formacja z Jantaru we wschodniej części obniżenia podlaskiego znajduje się w oknie ropnym, natomiast w części zachodniej – w warunkach gazu mokrego i suchego (Fig. 3.5). Potencjał generacyjny tych skał jest bardzo dobry, jednak, ze względu na stosunkowo niską dojrzałość termiczną, wygenerowane mogły być przede wszystkim węglowodory ciekłe (Botor i in., 2019b; Podhalańska i in., 2018).

Analizy geochemiczne i petrologiczne materiału organicznego, wykonane na próbkach z licznych otworów nawiercających dolnopaleozoiczną pokrywę osadową kratonu wschodnioeuropejskiego, pozwoliły stwierdzić, że głównym składnikiem zachowanej substancji organicznej skał drobnoklastycznych wczesnego syluru jest materiał sapropelowy (do 80%). Domieszka materiału witynitopodobnego, stwierdzona w części skał, nie przekracza 40%, a forma jego występowania wskazuje na pochodzenie algowe. Stałe bituminy stanowią między 10 a 40% składu materii organicznej. Pomniejszymi składnikami skał są również macerały grupy liptynit (0–20%; w pojedynczym przypadku 50%) oraz inertynitu (0–10%). Niemal cały kompleks skał sylurskich wykazuje jednolicie przewagę węglowodorów alifatycznych nad węglowodorami aromatycznymi w składzie grupowym bituminów oraz stosunkowo niski udział żywic i asfaltenów (Grotek, 1999).

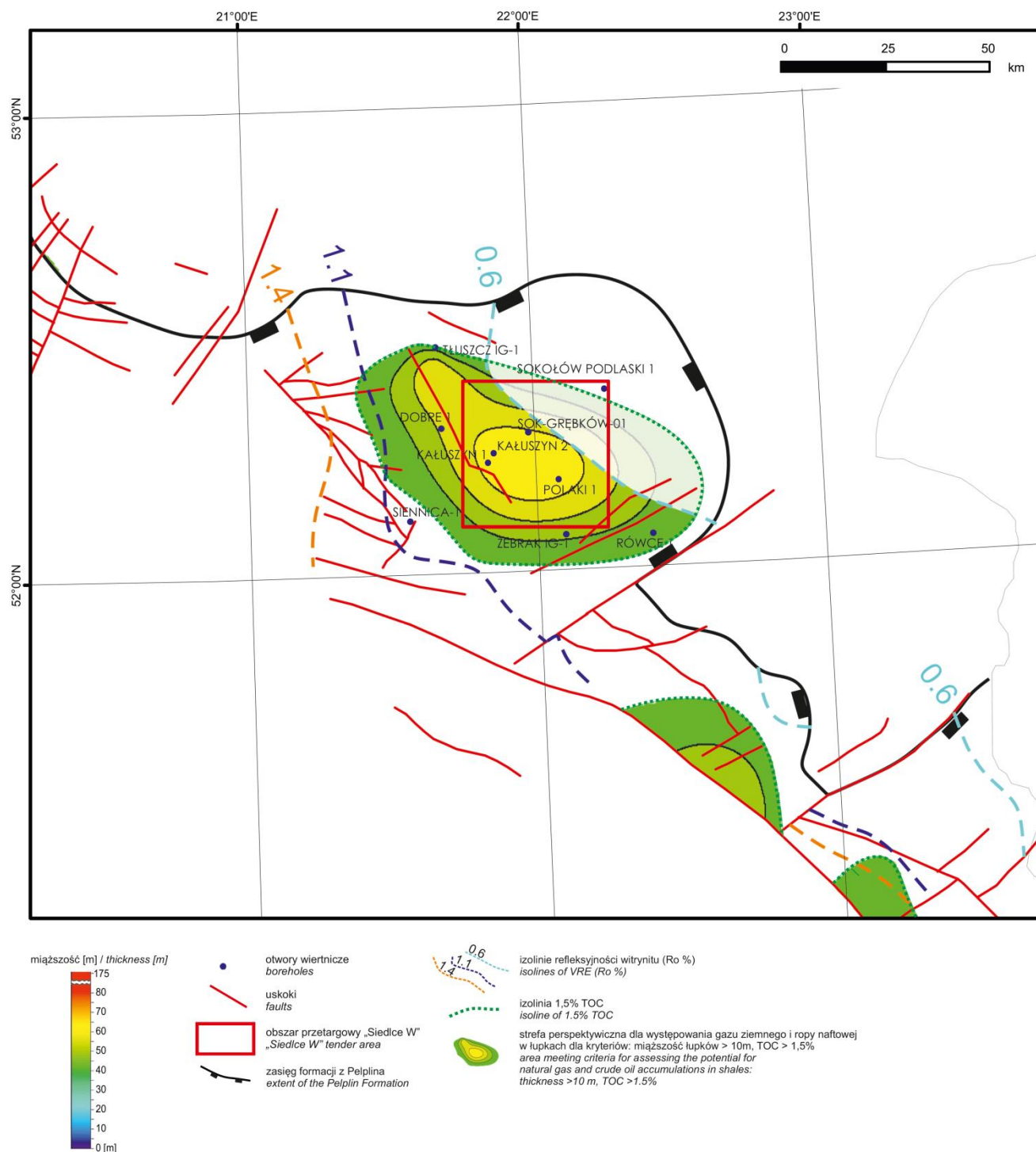


Fig. 3.1. Obszar przetargowy „Siedlce W” na tle strefy występowania mułwców formacji z Pelplina, w której są spełnione kryteria co najmniej 1,5% zawartości TOC oraz minimalnej miąższości łupków równiej 10 m (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

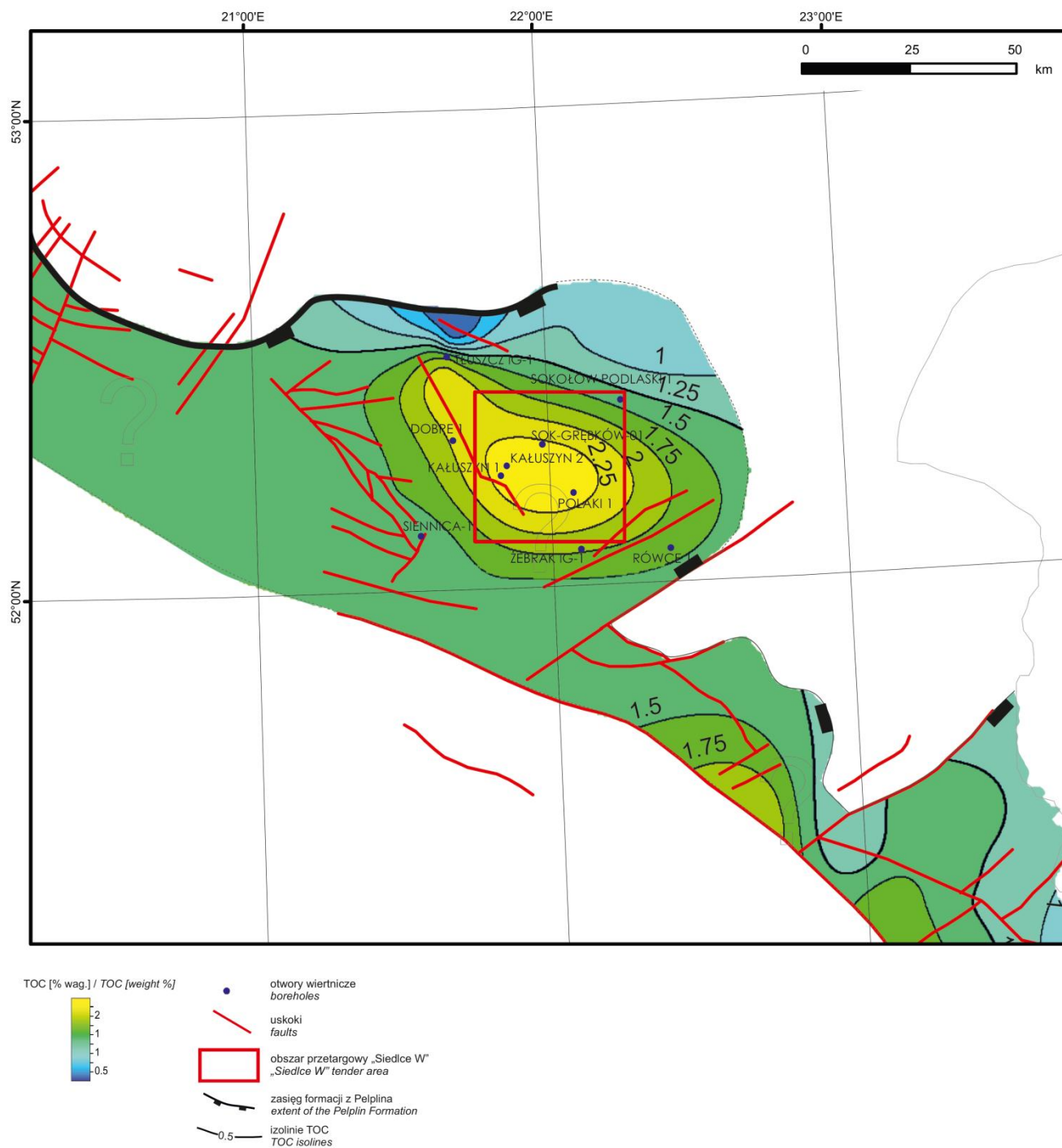


Fig. 3.2. Mapa rozkładu zawartości TOC w utworach formacji z Pelplina i w jej odpowiednikach stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

Parametry skał macierzystych	SOK-Grębków-01* Min.–Max. (średnia)	Tłuszcz IG-1 Min.–Max. (średnia)	Żebrak IG-1** Min.–Max. (średnia)
TOC [% wag.]	0,20–3,13 (~ 1,86)	0,2–3,05 (~ 1,29)	0,16
T _{max} [°C]	438–444 (~ 440)	421–446 (~ 438)	327
S1 [mg HC/gSkały]	0,18–0,84 (~ 0,54)	0,06–0,89 (~ 0,42)	0,04
S2 [mg HC/gSkały]	2,00–10,31 (~ 5,85)	0,18–11,21 (~ 4,05)	0,12
HI [mg HC/gTOC]	179–399 (~ 286)	27–404 (~ 294)	76
PI	0,06–0,12 (~ 0,09)	0,06–0,48 (~ 0,12)	0,26
Typ kerogenu	II/III	II/III	-

Tab. 3.1. Parametry macierzystości utworów formacji z Pelplina (część wenlocka) w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Gliński i in., 2013; Podhalańska i in., 2018). * - analizę pirolityczną przeprowadzono wyłącznie na próbkach, w których TOC >1,0% wag. skały; ** - wykonano pojedynczą analizę dla skał wenlocku w tym otworze.

Parametry skał macierzystych	SOK-Grębków-01* Min.–Max. (średnia)	Tłuszcz IG-1 Min.–Max. (średnia)
TOC [% wag.]	0,09–3,02 (~0,96)	0–1,59 (~0,59)
T _{max} [°C]	442–443 (~442)	385–477 (~432)
S1 [mg HC/gSkały]	0,33–0,79 (~0,49)	0,03–0,37 (~0,14)
S2 [mg HC/gSkały]	3,39–12,41 (~6,74)	0,06–4,13 (~1,3)
HI [mg HC/gTOC]	235–411 (~296)	58–276 (~182)
PI	0,06–0,09 (~0,07)	0,07–0,37 (~0,17)
Typ kerogenu	II/III	III, II/III

Tab. 3.2. Parametry macierzystości utworów formacji z Pasłęka w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Gliński i in., 2013; Podhalańska i in., 2018). * - analizę pirolityczną przeprowadzono wyłącznie na próbkach, w których TOC >1,0% wag. skały.

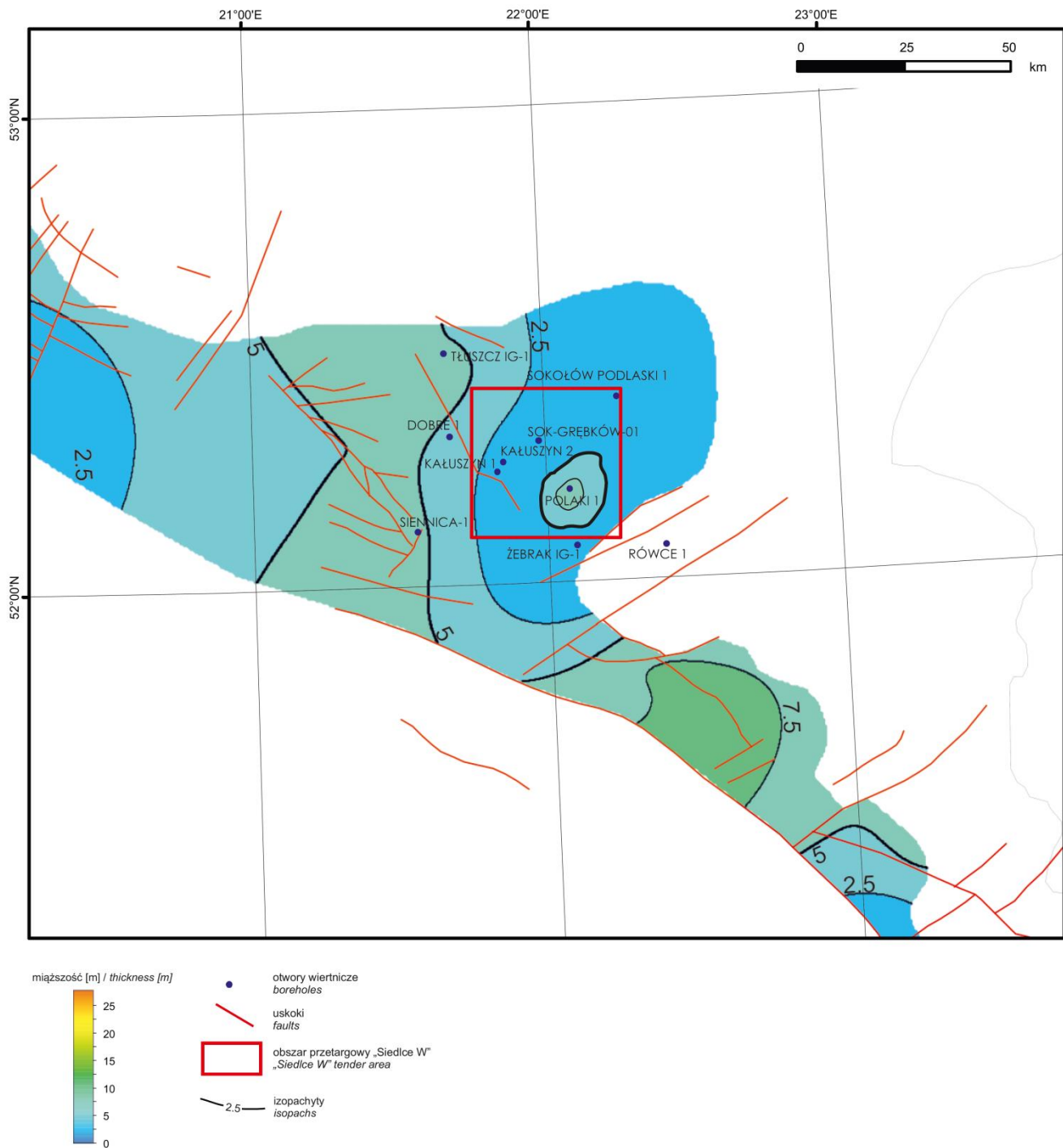


Fig. 3.3. Miąższość formacji z Jantaru oraz jej odpowiedników stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

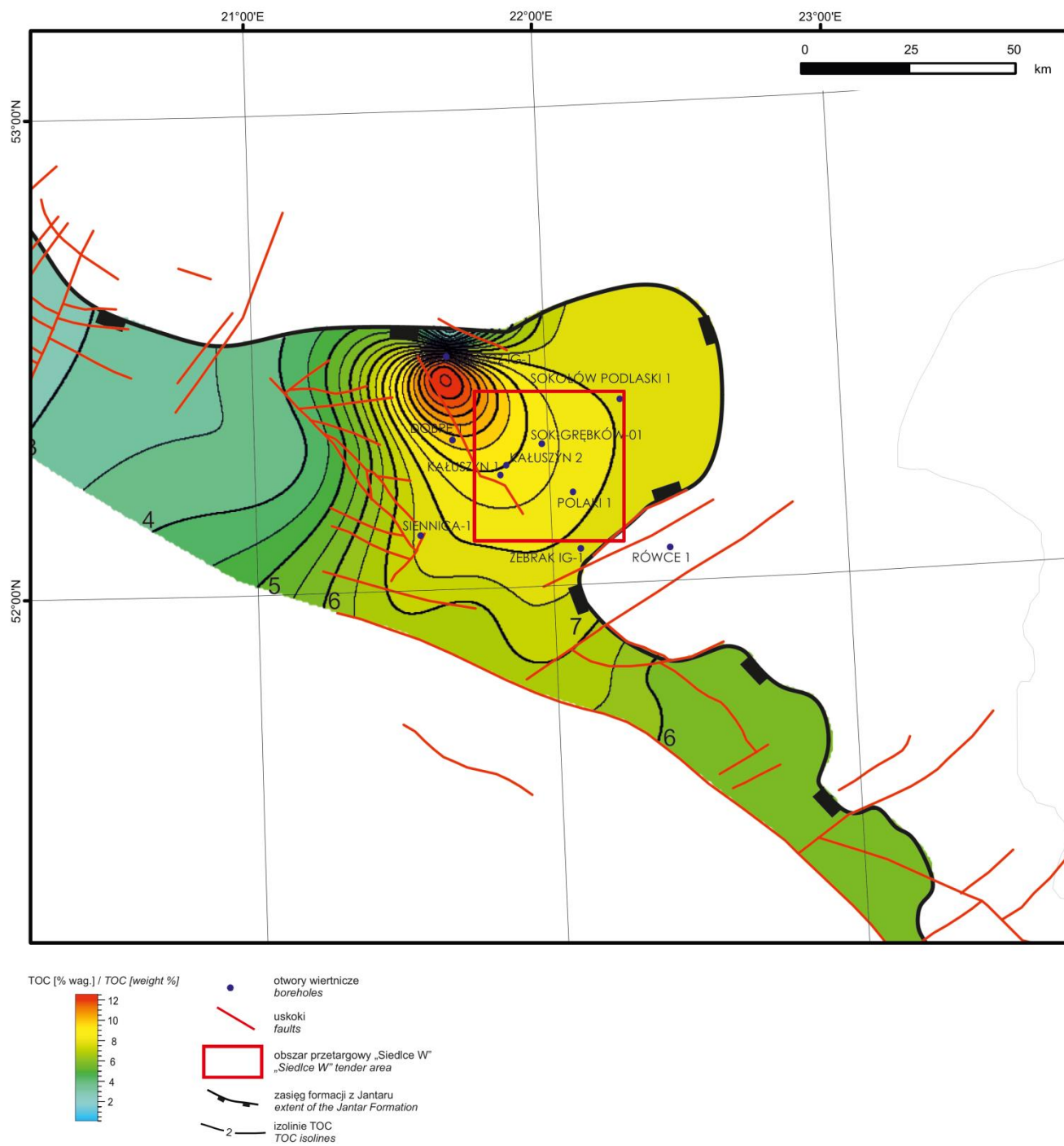


Fig. 3.4. Rozkład zawartości całkowitego węgla organicznego (TOC) w mułowcach formacji z Jantaru i w jej odpowiednikach stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

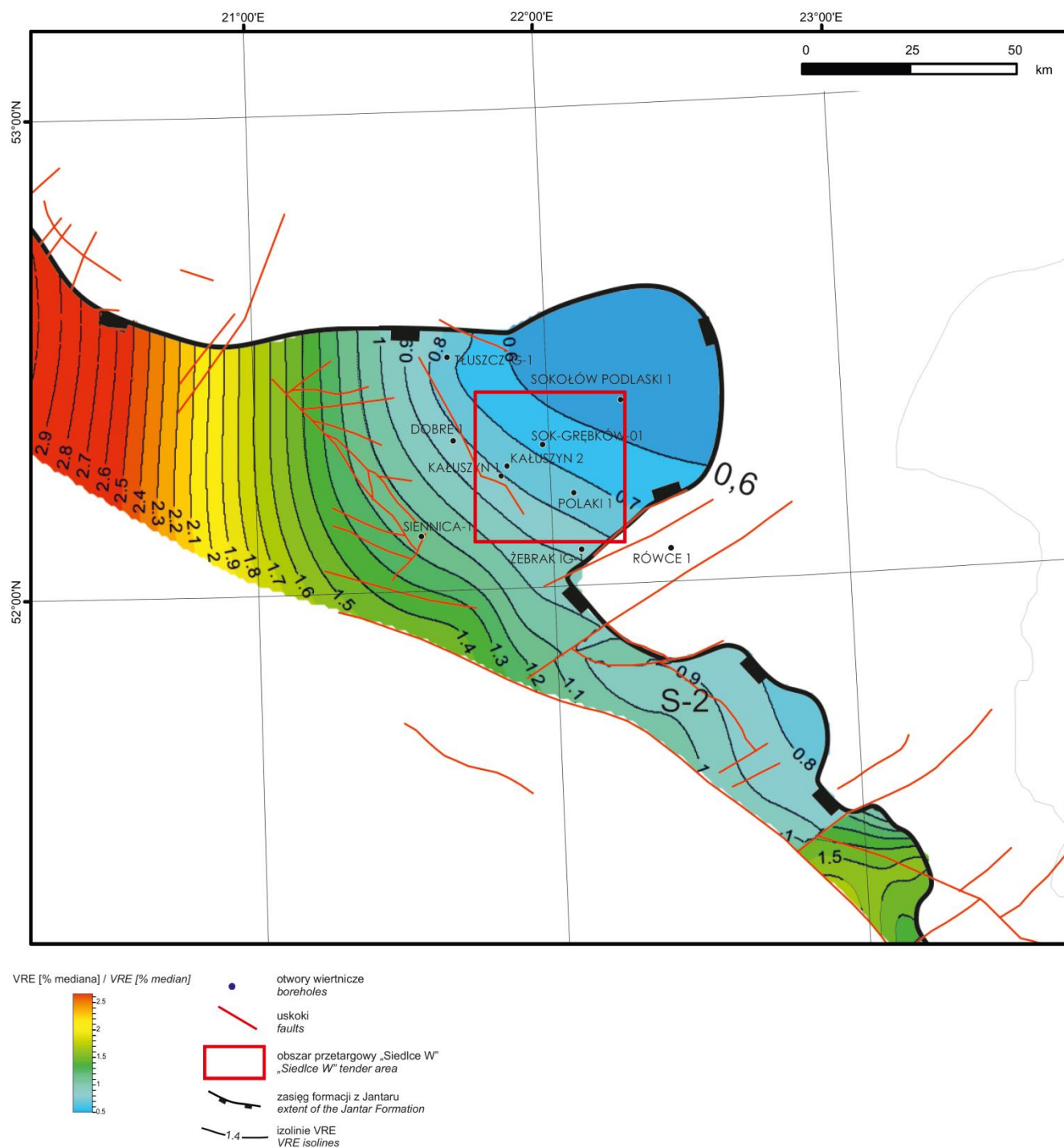


Fig. 3.5. Mapa rozkładu dojrzałości termicznej wyrażona w jednostkach ekwiwalentu refleksyjności witrinitu w formacji z Jantaru i w jej odpowiednikach stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

Ordowik

Całkowita miąższość ordowiku w otworach wiertniczych zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Siedlce W” nie przekracza 30 m, przy czym miąższość formacji z Sasina (karadoku) nie przekracza 5 m (Fig. 3.6; osiągając maksymalnie 15,3 m miąższości w otworze Tłuszcz IG-1 położonym na północ od obszaru przetargowego – patrz rozdział 5). Formację z Sasina tworzą lokalnie zielone, zielonoszare i pstre iłowce, a rzadziej mułowce (Sokołów Podlaski 1) i margle (Polaki 1). W otworze Polaki 1 są ciemniejsze, ze spirytizowaną fauną graptolitów, zaś w otworze SOK-Grębków-01 – zbioturbowane. Zgodnie z danymi przedstawionymi w pracy Podhalańskiej i in. (2018) mediany całkowitej zawartości węgla organicznego na obniżeniu podlaskim, w rejonie siedleckim, wahają się od lekko powyżej 0 do około 1% (Fig. 3.7). Zawartość węgla organicznego, stwierdzona dla utworów karadoku w otworze SOK-Grębków-01, to maksymalnie 0,12% wag., jednak w bliskim sąsiedztwie obszaru prze-

targowego, w okolicach Tłuszcza, notowane są podwyższone wartości median TOC (Podhalańska i in., 2018). W rejonie obszaru „Siedlce W”, utwory ordowiku osiągnęły fazę termokatalitycznego generowania węglowodorów w przedziale okna ropnego (Fig. 3.8; Kiersnowski i Dyrka, 2013; Papiernik i in., 2019; Podhalańska i in., 2018). Parametry pirolizy Rock-Eval, wykonanej na skałach formacji z Sasina z okolicznych otworów, są typowe dla gazotwórczego kerogenu typu III (Podhalańska i in., 2018). Według Grotek (1999), ordowickie skały macierzyste mają zbliżony skład do skał syluru. W składzie grupowym bituminów przeważają składniki alifatyczne. Obserwacje petrologiczne pozwoliły stwierdzić przewagę składników sapropelowych (35–65%). Udział materiału witynitopodobnego nie przekracza 20%, a macerałów grupy liptynitu 15%. Stałe bituminy stanowią maksymalnie 30% substancji organicznej, obserwowanej pod mikroskopem. Rzadko spotyka się macerały grupy inertynitu.

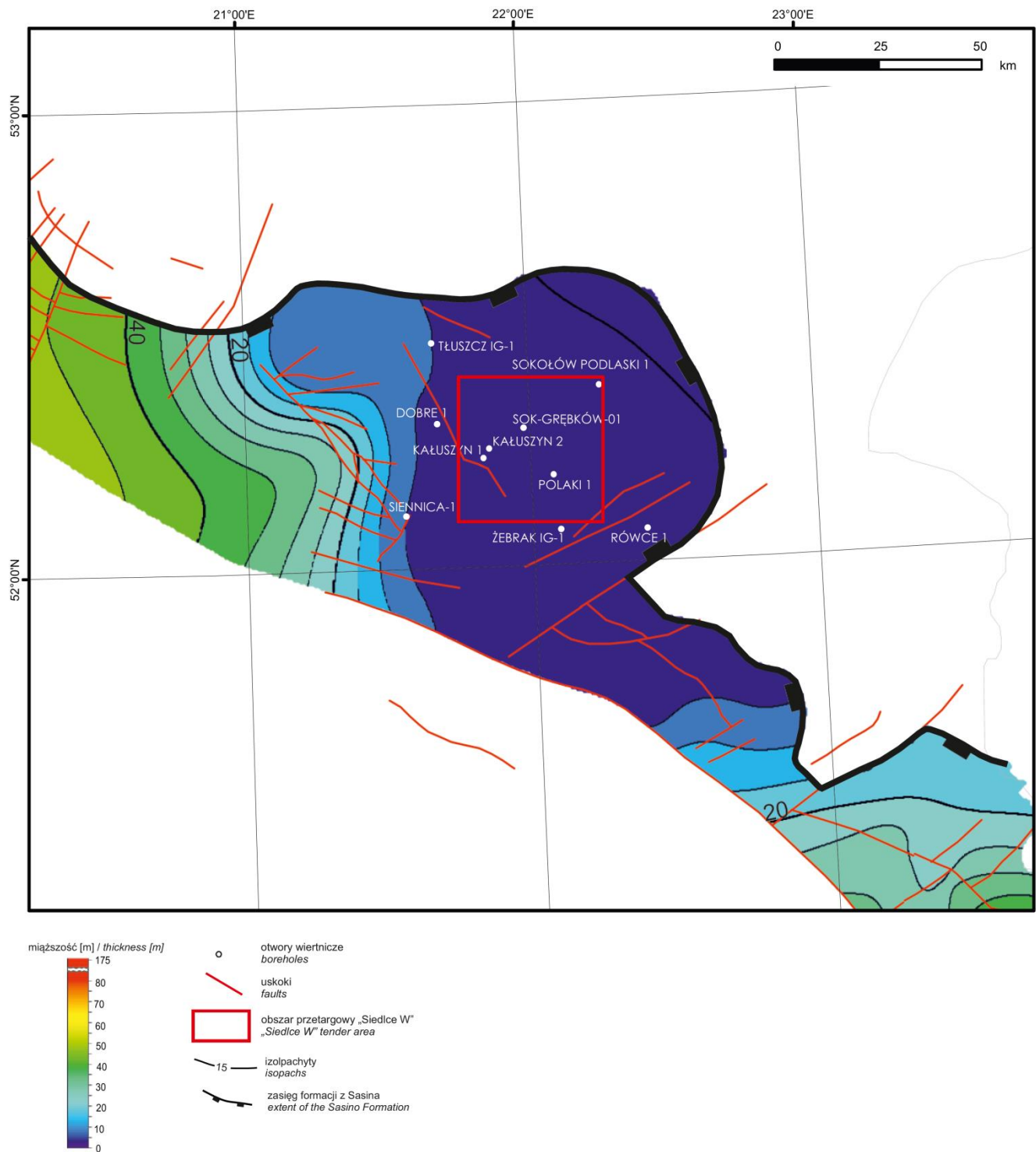


Fig. 3.6. Miąższość formacji z Sasina oraz jej odpowiedników stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

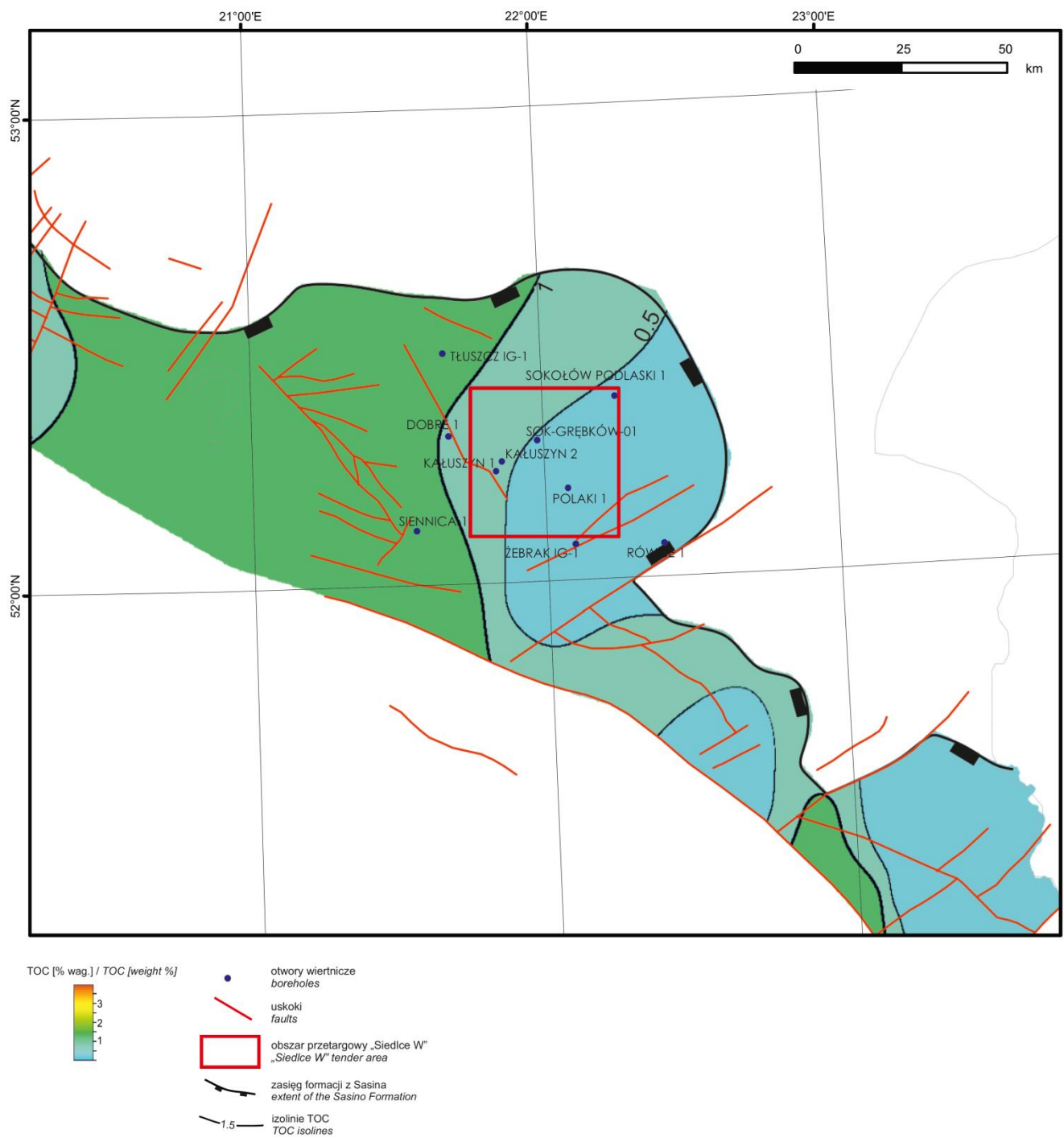


Fig. 3.7. Mapa rozkładu zawartości TOC w formacji z Sasina i w jej odpowiednikach stratygraficznych w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Podhalańska i in., 2020; zmodyfikowane).

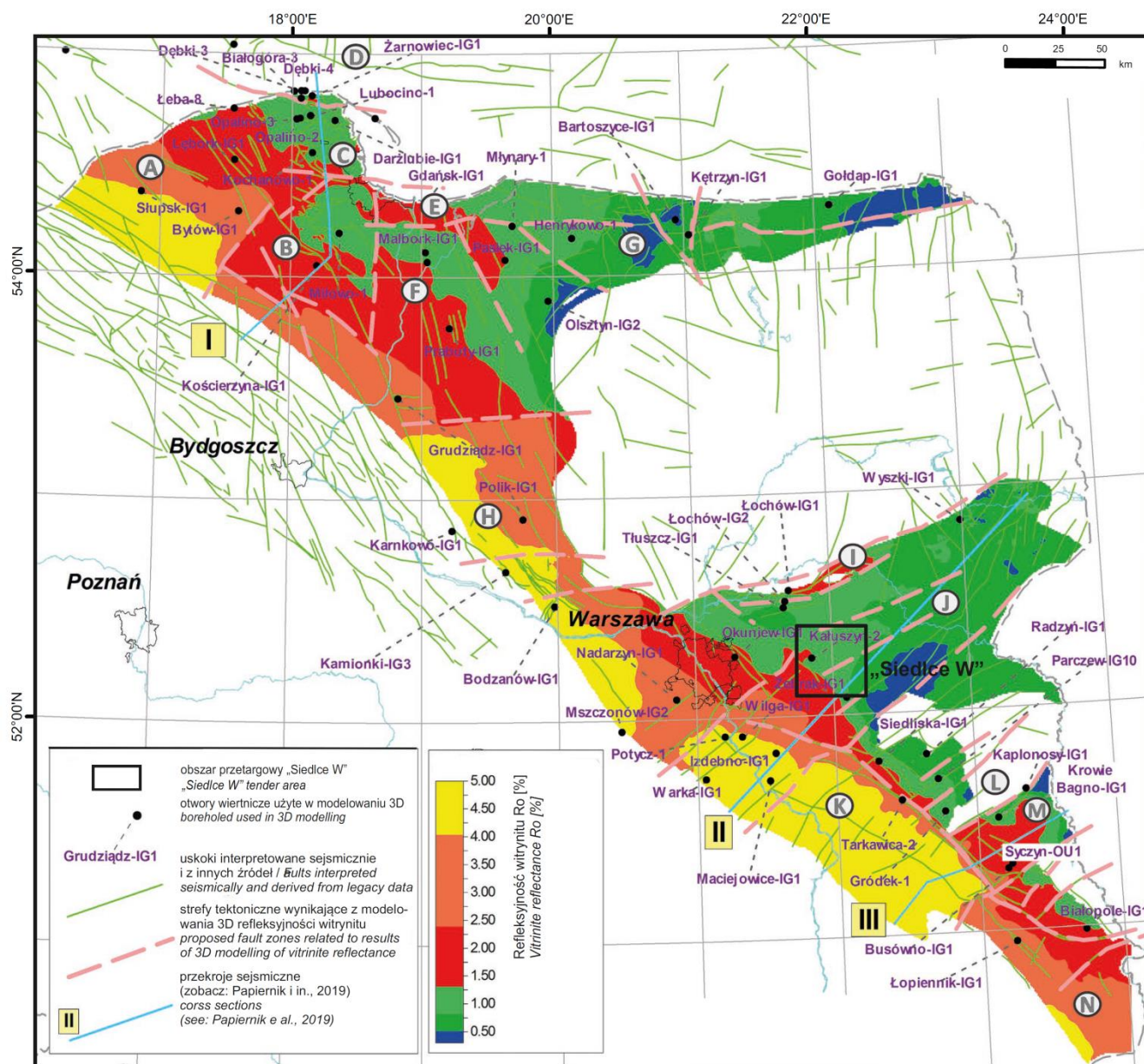


Fig. 3.8. Mapa rozkładu dojrzałości termicznej (wartości ekwiwalentu refleksyjności wityrytu) w formacji z Sasina i w jej odpowiednikach stratygraficznych (strop karadoku) na obszarze zachodniej krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego (Papiernik i in., 2019; zmodyfikowane).

3.3. SYSTEM KONWENCJONALNY – SKAŁY ZBIORNIKOWE

Piaskowce kambru dolnego i środkowego
Litologia: piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste

Miaższość:

kambr środkowy od ~100 m do ~200 m, generalnie wzrastająca ku SW, a malejąca ku NE.

Głębokość stropu:

~1739 m w otworze Sokołów Podlaski 1 (NE część obszaru przetargowego), w profilu występują jedynie utwory kambru dolnego;

~2198,5 m w otworze Polaki 1 (centralna część obszaru przetargowego);

~2159,3 m w otworze SOK-Grębków -01 (centralna część ob. przetargowego).

Stolarczyk i in. (1997) na obszarze obniżenia podlaskiego, skłonu wyniesienia łukowskiego oraz zapadliska włodawskiego wyróżnili dwa potencjalne poziomy zbiornikowe: B3 – obejmujący piaszczysty kompleks kambru dolnego oraz D – obejmujący piaskowce kambru środkowego. Obydwa kompleksy są reprezentowane przez drobno- i średnioziarniste, prawie monomineralne piaskowce o składzie arenitów kwarcowych, na ogół z niewielką ilością spoiwa. Niemniej jednak, to skały osadowe kambru środkowego mają największe znaczenie kolektorskie i to im poświęcony będzie niniejszy podrozdział, chyba że w profilu danego otworu będą tylko skały kambru dolnego.

Obszar przetargowy znajduje się na paleowyniesieniu Siedlec (Stolarczyk i in., 2004), co oznacza, że skały środkowego kambru cechują się tam mniej zaawansowanymi procesami sylikacji niż na obszarach pogrążonych na większej głębokości. Według Sikorskiej (1998), w rejonach, gdzie utwory kambru podlegały największej subsydencji na obszarze polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej, miało miejsce także najsilniejsze zdiagenezowanie piaskowców i ich sylikacja. Procesy diagenezy miały zasadniczy wpływ na ewolucję przestrzeni porowej. Pierwsza faza sylikacji miała ustabilizować szkielet ziarnowy omawianych piaskowców, co pozwoliło na zachowanie porowatości w czasie pogrążania osadów w wyniku sub-

sydencji w sylurze i w dewonie (Sikorska, 1998). Druga, główna faza sylikacji, miała miejsce w okresie sylur – karbon. Nie spowodowało to jednak na obszarach paleowyniesień, także na obszarze paleowyniesienia Siedlec, znaczącej redukcji porowatości.

Piaskowce kambru środkowego charakteryzują się dobrymi właściwościami zbiornikowymi. W przeważającej części obszaru „Siedlce W”, porowatość piaskowców mieści się w przedziale od 5 do 15% (Fig. 3.9; Stolarczyk i in., 2004). Istotnym jest również fakt, że w osadach tych, wraz z ze wzrostem porowatości, rośnie zazwyczaj przepuszczalność (Stolarczyk i in., 2004; Tab. 3.3–3.4). Jeśli chodzi o warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne, to solanki w kambrze polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej są zazwyczaj wodami chlorkowo-wapniowo-sodowymi. Obszarem zasilającym jest głównie wyniesienie mazursko-suwańskie (Bojarski i Sadurski, 2000; Stolarczyk i in., 2004). Ogólna mineralizacja solanek z piaskowców kambryjskich na obszarze „Siedlce W” wynosi około 100–250 g/l i wykazuje regionalną tendencję do wzrostu zasolenia w kierunku południowo zachodnim, ku centrum basenu sedymentacyjnego (Bojarski i Sadurski, 2000; Stolarczyk i in., 2004; Fig. 3.10). W otworach Sokołów Podlaski 1 i SOK-Grębków-01 nie przeprowadzono analiz wody ze skał kambryjskich. W otworze Polaki 1 opróbowano kambryjski interwał 2304,8–2358,0 m. Analiza wykazała, że zbadany płyn był mieszką solanki chlorkowo-wapniowej i filtratu płuczki o lekko zasadowym odczynie ($\text{pH}=7,5$) i następującym składzie: 91,6 g/l Cl^- ; 0,17 g/l HCO_3^- ; 32,7 g/l Ca^{2+} oraz 0,34 g/l Mg^{2+} .

W otworze Sokołów Podlaski 1 nie przeprowadzono prób złożowych w interwale kambru. W otworze SOK-Grębków-01 zanotowano obecność gazu w płuczce wiertniczej, jego największe ilości zmierzono w interwale ludlow – kambr (Tab. 3.5). W otworze Polaki 1 wykonano próbę złożową w utworach kambru środkowego (w interwale 2262,0–2305,0 m), uzyskując przypływ solanki o wydajności 748,8 m³/dobę i oszacowano przepuszczalność na 350 mD. Nie zanotowano jednak ob-

jawów bituminów. Niewielkie ilości bituminów (około 0,01%) wykryto jednak w próbkach z interwału kambru środkowego po ich ekstrakcji chloroformem. Przyływy solanki z gazem zaobserwowano też w interwałach kambru środkowego, a także i dolnego, w otworach Kałuszyn 1 i Kałuszyn 2, zlokalizowanych w centralnej części obszaru „Siedlce W”. Objawy węglowodorów zanotowano również w kambrze w otworach położonych w sąsiedztwie obszaru przetargowego:

przyływy zgazowanej solanki zanotowano w skałach dolnego kambru w otworze Tłuszcz IG-1, ślady ropy naftowej w szczelinach skalnych zaobserwowano w stropie kambru (interwał 2399–2425 m) w otworze Żebrak IG-1, a ekstrakcja chloroformem wykazała zawartość bituminów na poziomie 0,1–0,2 %. Podobne ilości wyekstrahowanych bituminów uzyskano również w otworze Dobre 1.

Otwór	Ilość analiz	Wiek	Głębokość [m]	Porowatość [%] Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność [mD] Min.–Max. (średnia)
Polaki 1	3	kambr środkowy	2198,5–2334,5	2,9–9,1 (6,8)	350 ¹
	7	kambr dolny	2334,5–2760,0	1,6–12,6 (7,1)	-
SOK-Grębków-01	3	kambr środkowy	od 2159,3	7,5–13,7 (10,9)	1–187 (95,9) ²
	-	kambr dolny	-	-	-
Sokołów Podlaski 1	-	kambr środkowy	-	-	-
	20	kambr dolny	1739,0–1771,0	5–14 (10,4)	-
Rówce 1	23	kambr środkowy	1481,0–1608,0	1,8–15,9 (10,9)	0,04–340 (88)
	22	kambr dolny	1608,0–2048,0	1–12,4 (4,9)	0–3,2 (0,3)
Żebrak IG-1	13	kambr środkowy	2399,3–2472,2	2–8 (7)	-
	-	kambr dolny	-	-	-

Tab. 3.4. Wyniki pomiarów porowatości i przepuszczalności w piaskowcach kambru środkowego i dolnego z dokumentacji otworowych. ¹ wynik otrzymany w czasie prób złożowych w interwale 2262,0–2305,0 m; ² przepuszczalność Klinkenberga. Dane z dokumentacji otworowych (Garbacik, 1973; Gliniak i in., 2013; Kielbasa i Kowalska-Łącka, 1972; Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971; Lendzion i Wszeborski, 1963; CBDG, 2021).

Otwór	Ilość analiz	Głębokość [m]	Porowatość helowa [%] Min.–Max. (średnia)	Porowatość całkowita NMR [%] Min.–Max. (średnia)	Porowatość efektywna NMR [%] Min.–Max. (średnia)	Woda nie-redukowalna [%] Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność [mD] Min.–Max. (średnia)
Rówce 1	7	1481,0–1608,0	10,6–14,8 (13)	10,5–14,9 (12,9)	10,5–14,8 (12,9)	0–0,34 (0,09)	34,5–160,8 (90,3)
Tłuszcz IG-1	2	1990,7–2125,3	10,9–18,7 (15,6)	15,6–21,6 (18,6)	-	-	-

Tab. 3.5. Wyniki pomiarów metodą porowatości helowej oraz porozymetrii techniką NMR dla próbek piaskowców kambru środkowego z otworów Rówce 1 i Tłuszcz IG-1 (Podhalańska i in., 2016).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Skład gazu w płuczce wiertniczej							
		Całkowita zawartość gazu [ppm]	C1 [ppm]	C2 [ppm]	C3 [ppm]	iC4 [ppm]	nC4 [ppm]	iC5 [ppm]	nC5 [ppm]
1350,0–1445,0	perm	80	80						
1446,0–1554,0	perm – sylur	2930	790	320	300	120	180		
1555,0–1614,0	ludlow	480	190	70	50				
1615,0–1820,0		2980	700	320	330	80	250		
1821,0–2170,0	ludlow–kambr	29510	8910	3470	3170	340	1370	240	220
2171,0–2243,0		1890	1070	220	160	30	130		

Tab. 3.6. Skład gazu w płuczce wiertniczej w otworze SOK-Grębków-01 (Gliniak i in., 2013).

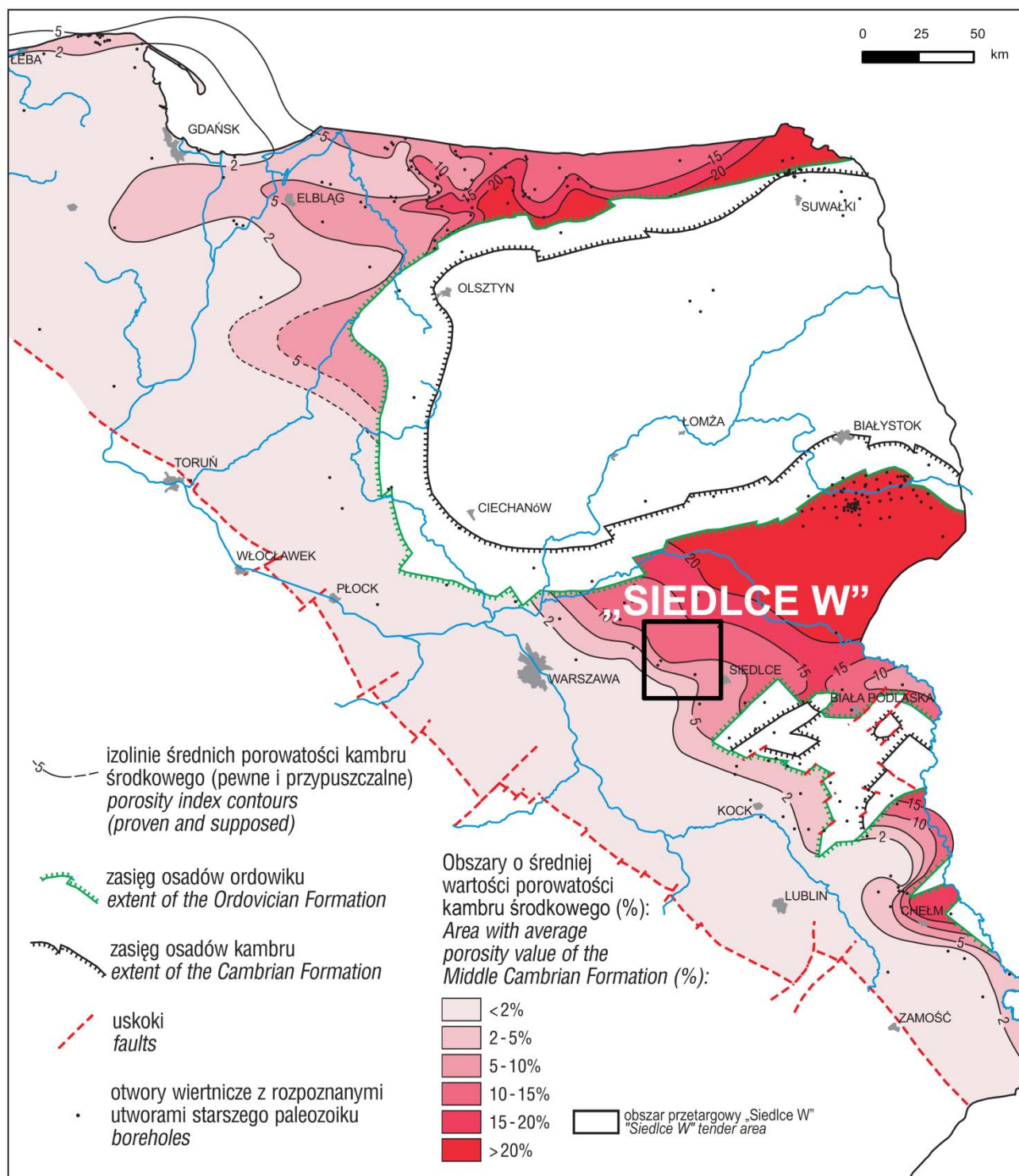


Fig. 3.9. Mapa rozkładu porowatości w kambrze środkowym wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Stolarczyk i in., 2004).

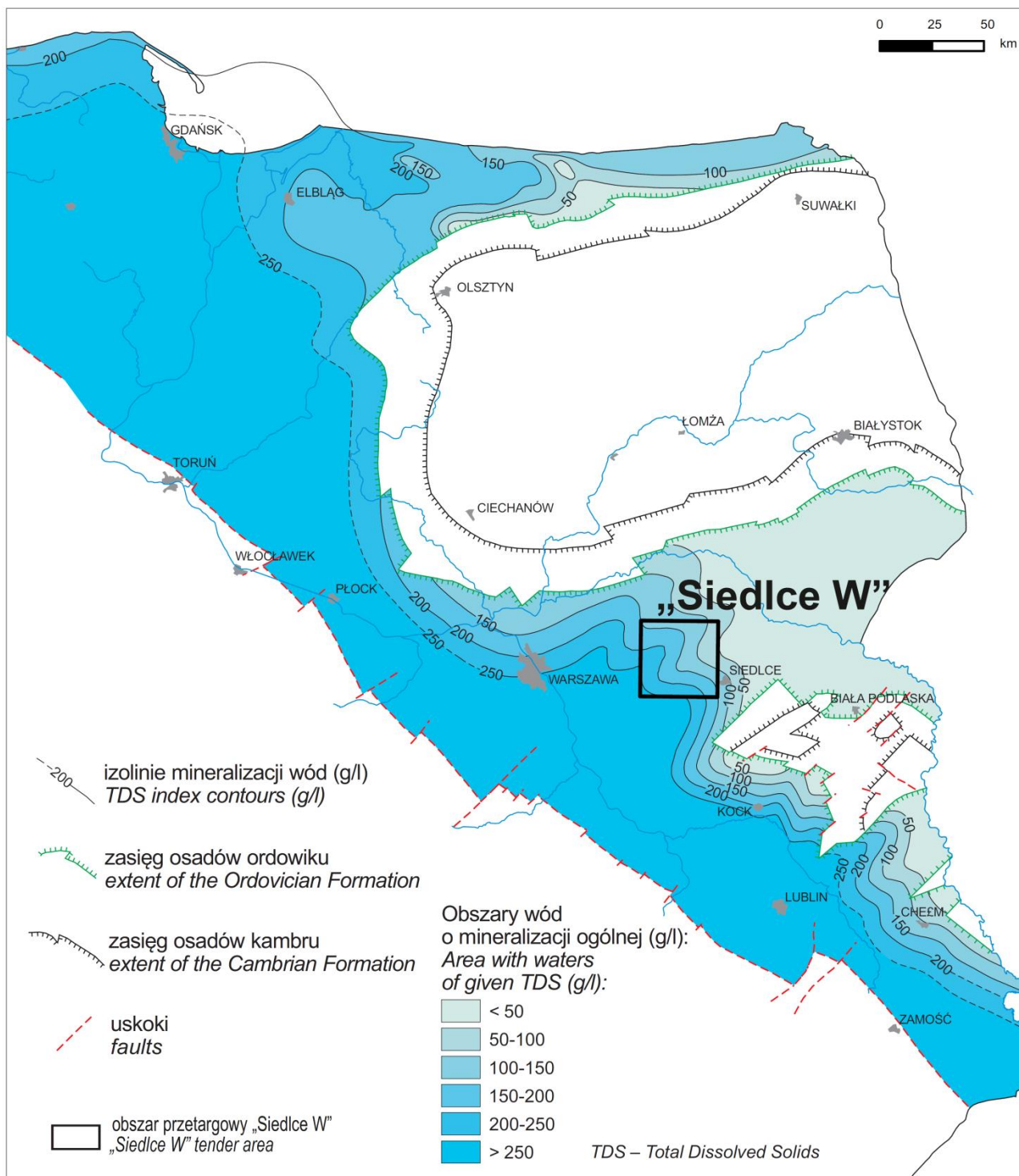


Fig. 3.10. Mapa rozkładu mineralizacji ogólnej wód kambru środkowego wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Stolarczyk i in., 2004).

3.4. SYSTEM KONWENCJONALNY – SKAŁY USZCZELNIAJĄCE

Horyzonty uszczelniające dla piaskowców środkowego kambru na obszarze przetargowym „Siedlce W” i w jego najbliższej okolicy tworzą nadległe, bardzo drobnoziarniste skały osadowe ordowiku i syluru. Najczęściej są to mułowce wapniste, mułowce ilaste, iłowce oraz margle, których sumaryczna miąższość wynosi od ~512 m na północnym wchodzie (w otworze Sokołów Podlaski 1), przez ~859,5 m w centralnej części obszaru „Siedl-

ce W” (w otworze Polaki 1), do ~899,2 m przy zachodniej granicy obszaru przetargowego (w otworze Dobrze 1). Za przytoczone wysokie miąższości warstw uszczelniających odpowiadają głównie skały osadowe syluru. O dobrej izolacji skał kambryjskich w omawianym rejonie świadczą wysokie wartości mineralizacji ogólnej solanek z piaskowców kambryjskich, wynoszące około 100–250 g/l (Fig. 3.10, Stolarczyk i in., 2004).

3.5. SYSTEM NIEKONWENCJONALNY

Mułowce formacji z Pelplina
Litologia: ciemne mułowce ilaste
Wiek: wenlok

Miąższość:

od ~70 m do ~85 m na obszarze „Siedlce W”, zbliżona lub większa (do ~112 m w otworze Rówce 1) w otworach zlokalizowanych w sąsiedztwie obszaru przetargowego.

Głębokość stropu:

~1605 m w otworze Sokołów Podlaski 1 (północno-wschodnia część obszaru przetargowego);
 ~ 2062 m w otworze Polaki 1 (centralna część obszaru przetargowego);
 ~2043 m w otworze SOK-Grębków-01 (centralna część obszaru przetargowego).

Jak już wspomniano we wstępie do niniejszego rozdziału, mułowce formacji z Pelplina tworzą niekonwencjonalny system naftowy, zatem mogą być rozpatrywane nie tylko jako skała macierzysta, leczy również jako skała zbiornikowa i uszczelniająca. W Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym, w latach 2015-2018 został zrealizowany II etap projektu ”Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce” (Podhalańska i in., 2018). Przeprowadzona w nim szczegółowa analiza perspektywiczności skał ordowiku i syluru, zdeponowanych w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim (dane archiwalne, starsze opracowania PIG-PIB i nowe analizy), po-

zwoliła wydzielić cztery strefy perspektywiczne pod względem występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, w których spełnione są kryteria przedstawione w Tab. 3.7 (Podhalańska i in., 2020; Wójcicki i in., 2017). Jedna ze stref perspektywicznych została wyznaczona w obrębie dolnej części (wenlok) formacji mułowców z Pelplina. Obszar przetargowy „Siedlce W” znajduje się w tej strefie (Fig. 3.1).

Porowatość i przepuszczalność mułowców formacji z Pelplina na obszarze przetargowym „Siedlce W” oraz w jego bliskim otoczeniu nie została jeszcze dokładnie zbadana z wykorzystaniem jednolitego zestawu metod laboratoryjnych. Wartości porowatości, dostępne w dokumentacjach wynikowych otworów Sokołów Podlaski 1 oraz Żebrak IG-1, mieszczą się w przedziale od 3 do 7 %, natomiast średnia wynosi odpowiednio 5,2 oraz 4,3%. W otworze SOK-Grębków-01 porowatość mułowców wenloku, (*gas filled porosity*, zmierzona metodą TRA), waha się od 2,1 do 3,1 %, zaś średnia wynosi 2,6 % (Tab. 3.8). Dodatkowo, dla próbek z otworu Tłuszcz IG-1 i Żebrak IG-1, w ramach prac w projekcie „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce” (Podhalańska i in., 2016), porowatość została zmierzona zarówno techniką helową, jak i metodą jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR, Tab. 3.9). Zakres zmienności porowatości helowej w utworach wenloku z w otworze Tłuszcz

IG-1 wynosi od 5,3 do 10,2%, ze średnią 8,5%, podczas gdy porowatość całkowita NMR zmienia się od 9,2 do 16,2%. W przypadku otworu Żebrak IG-1, porowatość helowa wynosi od 0,9 do 12%, ze średnią 8,6%, a porowatość całkowita NMR zmienia się od 10,2 do 16,2%. W pomiarach NMR można wydzielić składową Kp1, odpowiadającą porowatości związanej z minerałami ilastymi (nieredukowalnej) oraz składową Kp2, odpowiadającą wodzie kapilarnej i wolnej. Wartości Kp2 z można traktować jako porowatość efektywną.

Liczba analiz porowatości mułowców z Pelplina nie jest duża, niemniej jednak, biorąc pod uwagę homogeniczność skał tej formacji pod względem składu mineralnego oraz cech strukturalnych i teksturalnych (por. rozdział 2.3 oraz Podhalańska i in., 2018), można przyjąć, że podane wyżej pomiary są reprezentatywne dla całej formacji. Skały formacji z Pelplina wykazują się również dużą jednolitością, jeśli chodzi o ich parametry geomechaniczne. Współczynnik kruchości waha się w przedziale 0,55–0,6. Wartości dynamicznego modułu Younga, zmierzone równolegle do warstw, wahają się w granicach 65 GPa, a współczynnik Poissona wynosi 0,235. Mediana pomiarów tych parametrów w kierunku prostopadłym do warstw wynosiła odpowiednio 41,6 GPa i 0,22 (Podhalańska i in., 2018). Pozwala to stwierdzić, że omawiane skały są podatne na zabiegi szczelinowania hydraulicznego. Ze względu na jednorodność mułowców z formacji z Pelplina, w przypadku zabiegów szczelinowania, nie istnieje obawa o wygaszanie propagacji generowanych szczelin.

Dotychczasowe wiercenia i wykonane w nich próby złożowe, w większości przypadków nie dały na obszarze „Siedlce W” i jego bezpośrednim sąsiedztwie pozytywnych wyników w postaci przyływów ropy i gazu. Jedynie w otworze SOK-Grębków-01 wykonano analizy zawartości gazu w płuczce wiertniczej, które wykazały, że jego największa zawartość występuje w obrębie skał dolnego syluru (wenlok), gdzie średnie objętości gazów C1–C3 (metan, etan, propan) wahają się w granicach 0,2925–0,58% dla C1, 0,1376–0,2% dla C2 oraz 0,1425–0,19% dla C3 (Gliniak i in., 2013). W otworze Żebrak IG-1 ekstrakcja chloroformem wykazała, że skały wenloku zawierają od 0,029 do 0,22% bituminów (Lendzion, 1975).

Warto dodać, że uszczelnienie, w przypadku omawianych skał zbiornikowych, zapewniają nie tylko same utwory wenloku, należące do formacji z Pelplina, lecz również słabo przepuszczalne, położone wyżej, warstwy ludłowu. Osady te są zaliczane do wyższej części formacji z Pelplina oraz formacji z Kociwia, a ich miąższość na omawianym obszarze waha się od około 378 m (w otworze Sokołów Podlaski 1), poprzez około 591 m (w otworze SOK-Grębków-01), a w SW części zapewne przekracza około 650 m (w położonym na zachód od obszaru „Siedlce W” otworze Dobry 1 miąższość ludłowu wynosi 728,2 m).

Kryterium	Ro [%]	TOC [% wag.]	Mięszczość efektywna	Porowatość wypełniona węglowodorami ruchomymi	Kruchość (zawartość kwarcu, skałeni i węglanów)	Średnia gazowość (zawartość gazu całkowitego z desorpcji)	OSI	Ciśnienie złożowe
Wartość optymalna	-	>2%	>15 m	>2%	≥65%	≥1,5 m ³ /t	>100	powyżej ciśnienia hydrostatycznego
Wartość graniczna	≥0,6 <3,5	>1,5%	≥10 m	-	≥40%	≥0,5 m ³ /t	>50	-

Tab. 3.7. Kryteria oceny potencjału występowania nagromadzeń gazu ziemnego i ropy naftowej w formacjach łupkowych (Wójcicki i in., 2017).

Otwór	Ilość analiz	Głębokość [m]	Porowatość [% vol.] Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność [mD] Min.–Max. (średnia)
Sokołów Podlaski 1	6	1605,0–1691,5	3–7 (5,2)	-
Żebrak IG-1	13	2274,5–2343,0	3–6 (4,3)	-
SOK-Grębków-01	14	2043,0–2115,0	2,1–3,1 (2,4)	6,3E-07–1,5E-05 (5,2E-06)

Tab. 3.8. Wyniki pomiarów porowatości i przepuszczalności wenloku z otworów Sokołów Podlaski 1, Żebrak IG-1 oraz SOK-Grębków-01 (Gliniak i in., 2013; Lendzion i Wszoborski, 1963; CBDG, 2021).

Otwór	Ilość analiz	Głębokość [m]	Porowatość helowa [%] Min.–Max. (średnia)	Porowatość całkowita NMR [%] Min.–Max. (średnia)	Porowatość efektywna NMR [%] Min.–Max. (średnia)	Woda nieredukowalna [%] Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność [mD] Min.–Max. (średnia)
Tłuszcz IG-1	12	1803,0–1929,0	5,3–10,2 (8,5)	9,2–16,2 (13,3)	4,3–11,6 (9)	3,9–5 (4,3)	0–1,26 (0,19)

Tab. 3.9. Wyniki pomiarów metodą porowatości helowej oraz porozymetrii techniką NMR dla próbek wenloku z otworu Tłuszcz IG-1 (Podhalańska i in., 2016).

3.6. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW

Wstęp

Drobnoklastyczne utwory ordowiku (karadok, formacja z Sasina) i syluru (landower, formacje z Jantaru i Pasłęka; wenlok, formacja z Pelplina) stanowią skały macierzyste wobec piaskowców środkowego kambru, natomiast skały wenloku są jednocześnie skałami macierzystymi i zbiornikowymi w niekonwencjonalnym systemie naftowym typu *shale* w obrębie formacji z Pelplina. Skały osadowe ordowiku i syluru mają wspólną historię subsydencji i przemian diagenetycznych (Botor i in., 2019a; Poprawa, 2010), a zatem także procesy generacji węglowodorów przebiegały w tych utworach w tym samym czasie i według podobnej dynamiki (Botor i in., 2019b). Wobec powyższego, procesy generacji węglowodorów zostaną opisane łącznie dla obu systemów naftowych. Następnie zostaną opisane procesy migracji i akumulacji węglowodorów w utworach kambru środkowego.

Wiek i mechanizm generacji oraz ekspulsji węglowodorów w skałach macierzystych

Zgodnie z badaniami i wynikami modelowania historii termicznej, należy uznać, że skały osadowe dolnego paleozoiku, zdeponowane na zachodniej krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej, osiągnęły maksymalne temperatury już w paleozoiku, w przedziale czasowym od końca syluru do późnego karbonu/wczesnego permu (Botor i in., 2017, 2019a, b; Podhalańska i in., 2018). Procesy generacji węglowodorów, zachodzące również na przestrzeni od późnego syluru po karbon, zostały zastopowane wskutek waryscyjskiej inwersji. W mezozoiku i kenozoiku kompleksy skalne dolnego paleozoiku ulegały już wychładzaniu (Botor i in., 2017). Stopień transformacji kerogenu (%TR) na obszarze „Siedlce W” w skałach karadoku osiągnął wartości od 40 do 90%, w skałach landoweru wartość TR mieści się w przedziale od 0 do 40%, a w utworach wenloku 40–80% (Botor i in., 2019a; Fig. 3.11).

Ekspulsja węglowodorów następowała jedynie z niewielkim czasowym opóźnieniem (do kilku milionów lat) w stosunku do procesów

generacji węglowodorów (Botor i in., 2017, 2019b). Uogólniając, na obszarze basenu podlaskiego, ekspulsja gazu i ropy nie zachodziła jedynie w jego NE regionach, natomiast rosła w kierunku SW, maksymalne wartości osiągając w rejonie linii Okuniew IG-1 – Bodzanów IG-1 (Fig. 3.12–3.13).

Dane przedstawione w pracy Batora i in. (2019b) pozwalają oszacować, iż w obrębie obszaru przetargowego „Siedlce W” ekspulsja ropy naftowej ze skał karadoku wynosiła 0–50 Mton/km²/Ma, natomiast ekspulsja gazu osiągnęła wartości do 20 Mton/km²/Ma (Fig. 3.12.A–3.13.A). W przypadku skał landoweru, ekspulsja ropy była na bardzo niskim poziomie, natomiast tempo ekspulsji gazu zostało określone na 10 Mton/km²/Ma (Fig. 3.12.B–3.13.B). Z kolei ze skał macierzystych wenloku, ekspulsji ulegało około 0–50 Mton/km²/Ma ropy naftowej oraz do około 10 Mton/km²/Ma gazu ziemnego.

Analizując powyższe dane pod kątem występowania potencjalnych złóż, zwłaszcza w konwencjonalnym systemie naftowym, należy jednak pamiętać, że, choć najwyższe wartości tempa generacji ropy naftowej i gazu ziemnego występowały na zachód od obszaru przetargowego „Siedlce W”, to jednak właściwości kolektorskie piaskowców kambru na zachód od obszaru „Siedlce W” pogarszają się, a głębokość ich zalegania wzrasta. Co więcej, to właśnie z obszarów na zachód od obszaru „Siedlce W” mogło potencjalnie dochodzić do migracji wygenerowanych węglowodorów w kierunkach, gdzie piaskowce kambru zalegają płycej i mają lepsze właściwości kolektorskie, w tym także w kierunku obszaru „Siedlce W”.

Biorąc pod uwagę potencjał występowania niekonwencjonalnych akumulacji typu *shale* w utworach wenloku formacji z Pelplina, warto mieć na względzie, że mułowce z Pelplina, choć wykazują niskie tempa ekspulsji węglowodorów na obszarze „Siedlce W”, to jednak charakteryzują się rzadko spotykaną wśród tego typu skał jednolitością składu mineralnego oraz małą zmiennością cech geomechanicznych, co może mieć pozytywny wpływ na przeprowadzane procesy szczelinowania.

Wiek oraz mechanizm migracji i akumulacji węglowodorów w konwencjonalnym systemie naftowym

Obszar przetargowy „Siedlce W” leży w obrębie paleowyniesienia Siedlec (Fig. 3.14), które odznacza się wzrostem miąższości piaskowców kambru środkowego i redukcją miąższości ordowiku (Stolarczyk i in., 1997, 2004). Znaczne różnice litologiczne i redukcje miąższości niektórych ogniw syluru zaobserwowali w tym rejonie Tomczykowa i Tomczyk (1979), co pozwala przypuszczać, że lokalne formy strukturalne mogły tworzyć się już stosunkowo wcześniej, przed fazą generowania węglowodorów. Mogło to ułatwić oboczne kontakty kambru z nadległymi, młodszymi seriami skał macierzystych, i tym samym, sprzyjać migracji węglowodorów od skał macierzystych do kambryjskich skał zbiornikowych. Niemniej jednak, migracja węglowodorów do skał zbiornikowych kambru na obszarze zachodniej krawędzi kratonu, w tym w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W”, stała się możliwa głównie w wyniku posylurskich zmian przestrzennego układu utworów dolnego paleozoiku (Stolarczyk i in., 2004). Zmiana struktury zachodziła w wyniku kompresyjnych napreżeń, związanych z kaledońskimi i waryscyjskimi ruchami górotwórczymi (Dadlez, 1998; Poprawa, 2019). Naprężenia wzdłuż kierunku SW-NE stwarzały sprzyjające warunki do formowania się pułapek dla węglowodorów wzdłuż dyslokacji równoległych do krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego (Fig. 3.15–3.16). Lateralna migracja mogła zachodzić szczególnie w rejonach o zwiększonej porowatości i przepuszczalności piaskowców kambryjskich (Stolarczyk i in., 2004).

Charakterystyka pułapek w kambrze środkowym

Aktualny stan rozpoznania geologicznego obszaru „Siedlce W” nie pozwala na dokładną charakterystykę potencjalnych pułapek dla węglowodorów. Jednakże, stosując analogię do rejonów, w których odkryto złoża węglowodorów w kambrze, tj. wyniesienia Łeby oraz rejonów położonych w obwodzie kaliningradzkim, uprawnione jest stwierdzenie, że najprawdopodobniej są to pułapki typu litologicznego i strukturalnego (Stolarczyk i in., 2004). W przyszłości, prace poszukiwawcze na obszarze przetargowym powinny być skoncentrowane na uzyskaniu dokładniejszego obrazu przestrzennego skał osadowych dolnego paleozoiku.

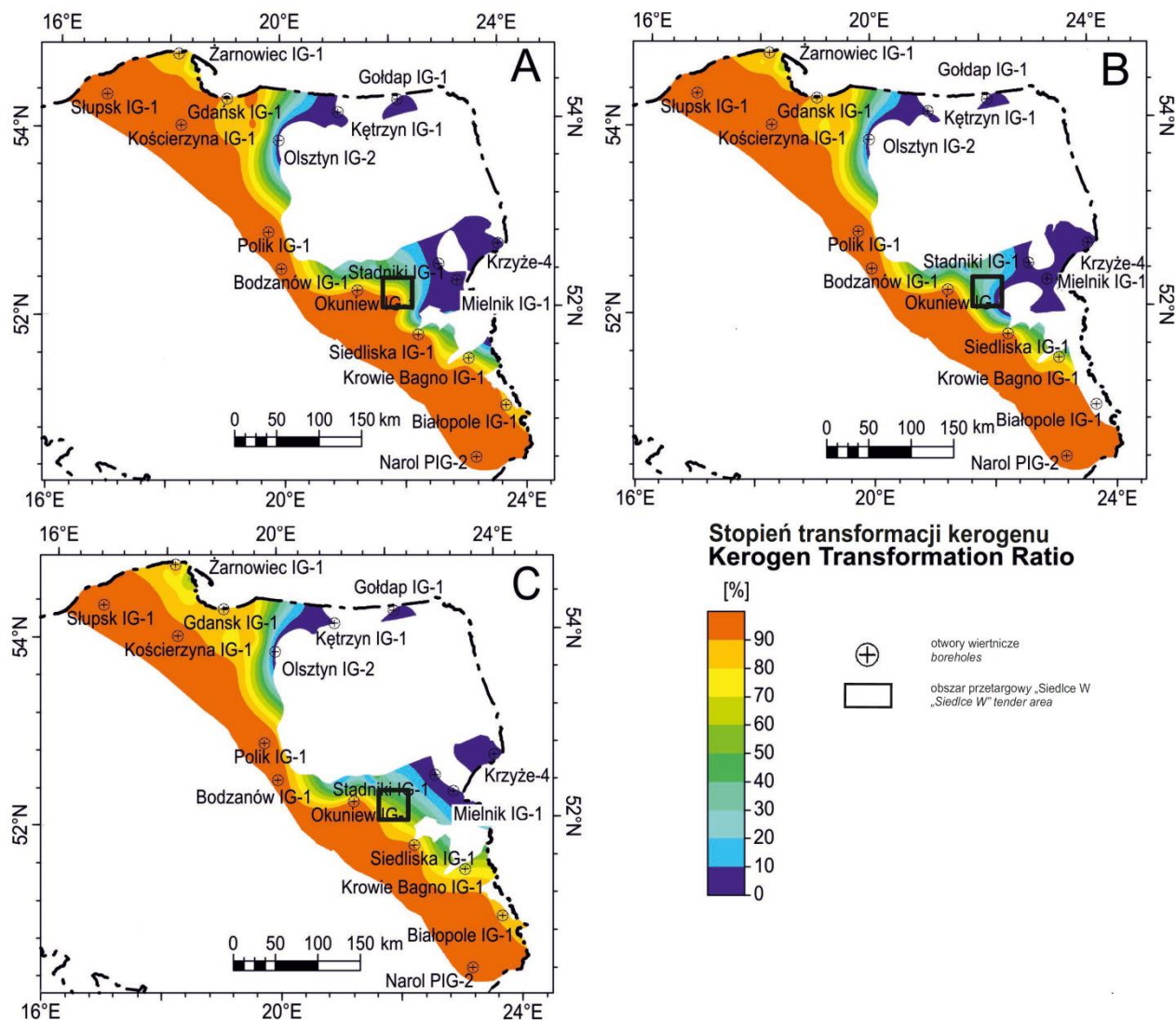


Fig. 3.11. Lokalizacja obszaru „Siedlce W” na tle mapy rozkładu stopnia transformacji kerogenu w skałach (A) karadoku, (B) landoweru i (C) wenloku (Botor i in., 2019b; zmienione na podstawie Botor i in. 2017).

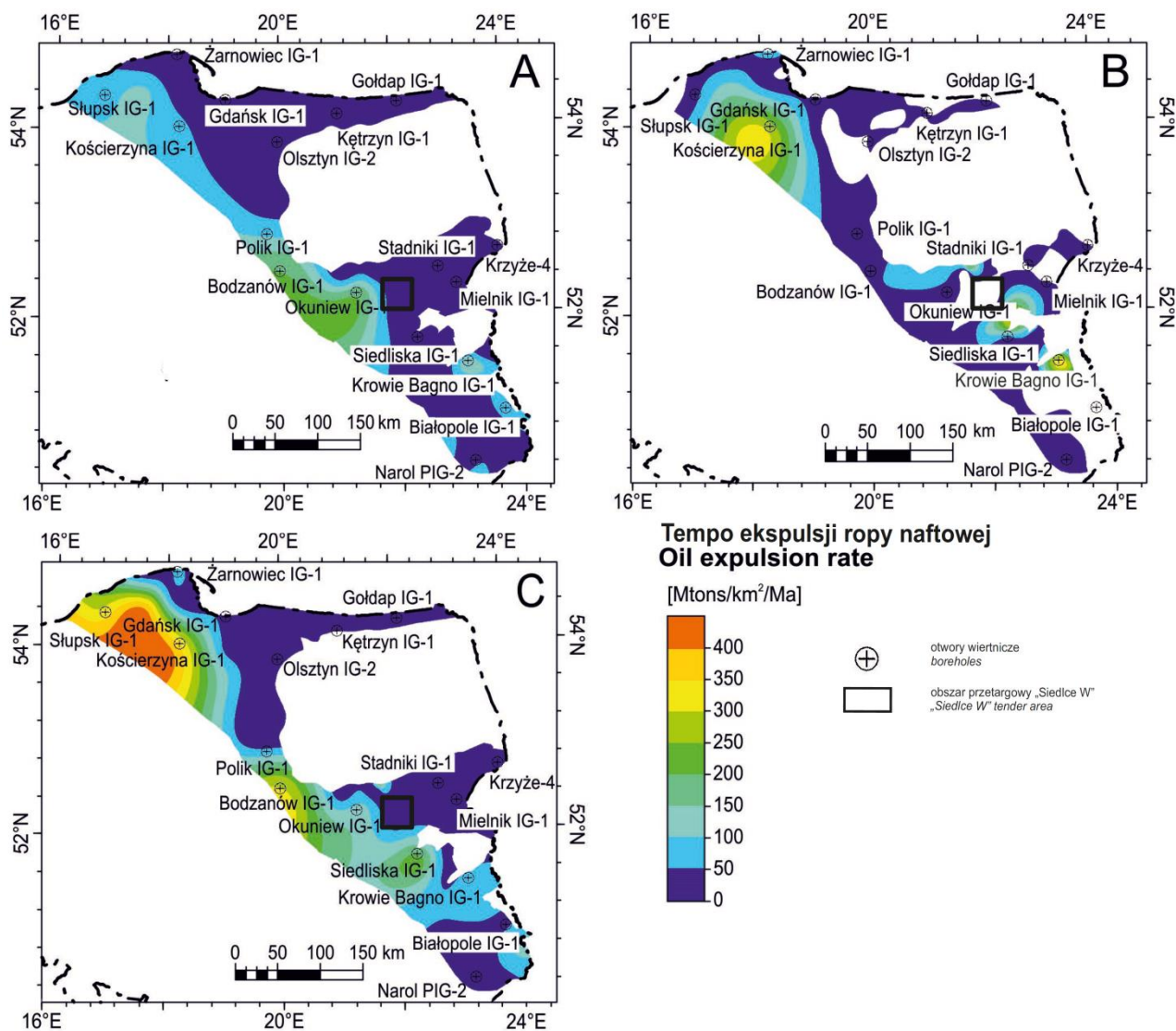


Fig. 3.12. Lokalizacja obszaru „Siedlce W” na tle mapy tempa ekspulsji ropy naftowej w skałach (A) karadoku, (B) landoweru i (C) wenloku (Botor i in., 2019b; zmienione na podstawie Botor i in. 2017).

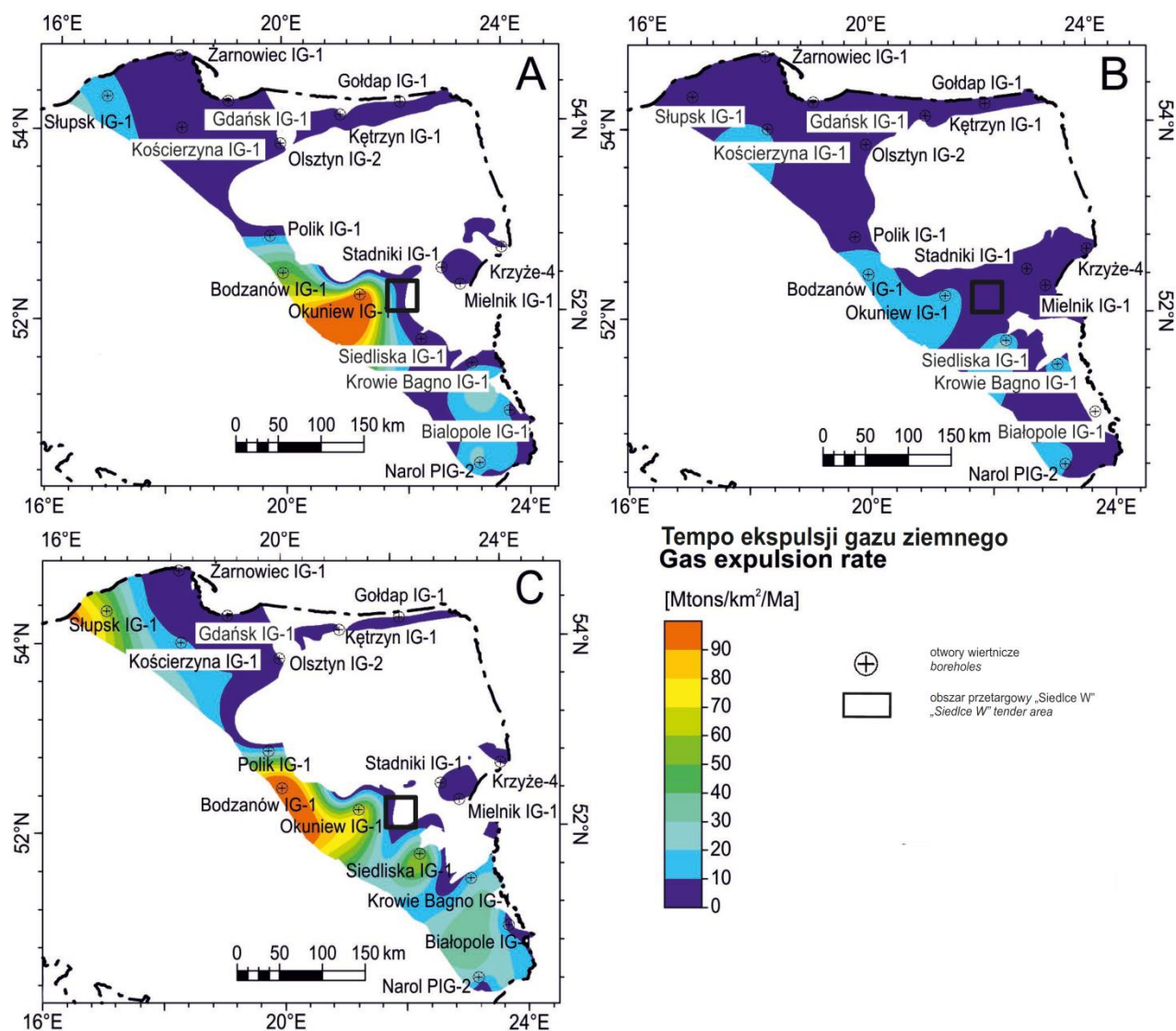


Fig. 3.13. Lokalizacja obszaru „Siedlce W” na tle mapy tempa ekspulsji gazu ziemnego w skałach (A) karadoku, (B) landoweru i (C) wenloku (Botor i in., 2019b; zmienione na podstawie Botor i in. 2017).

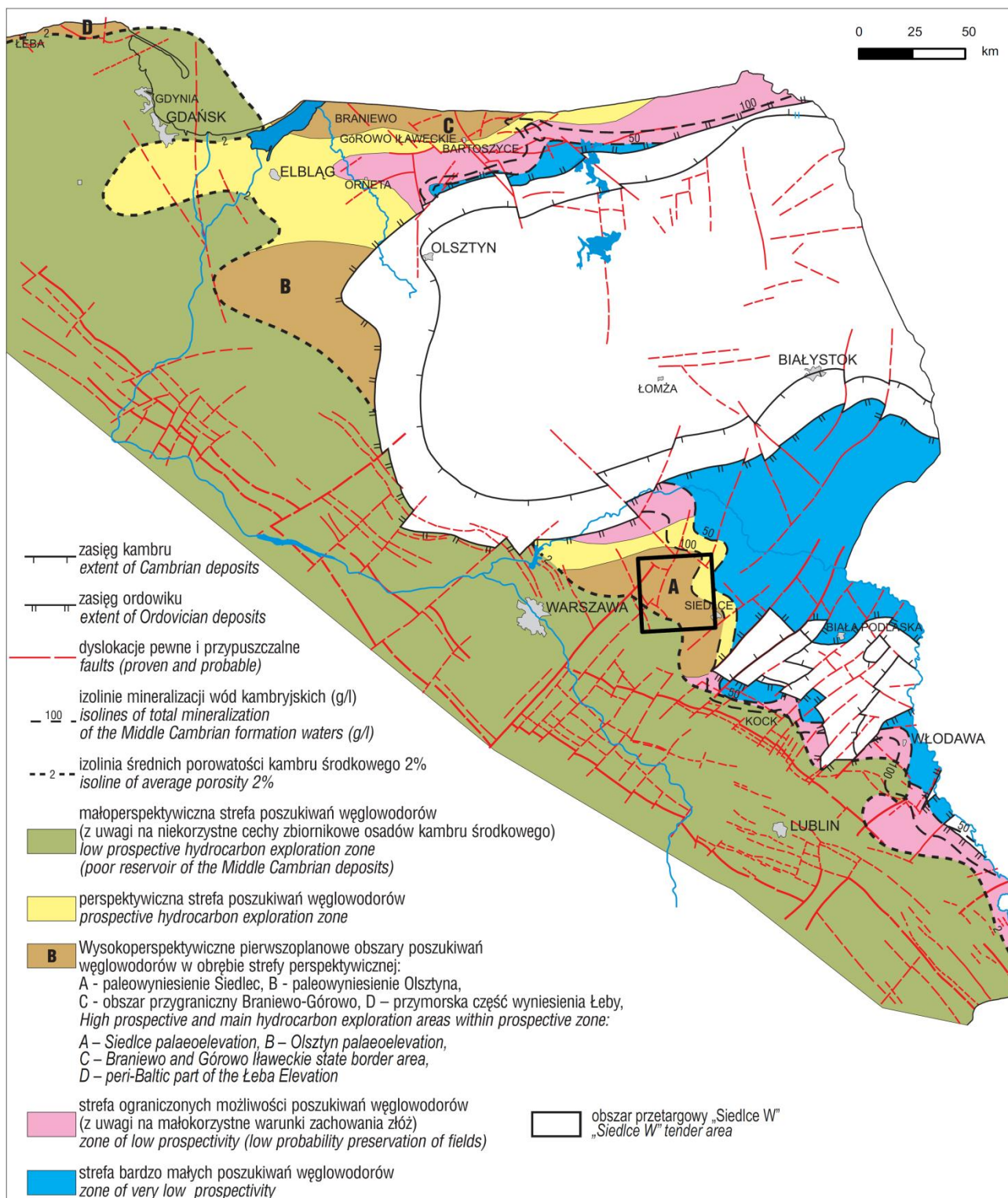
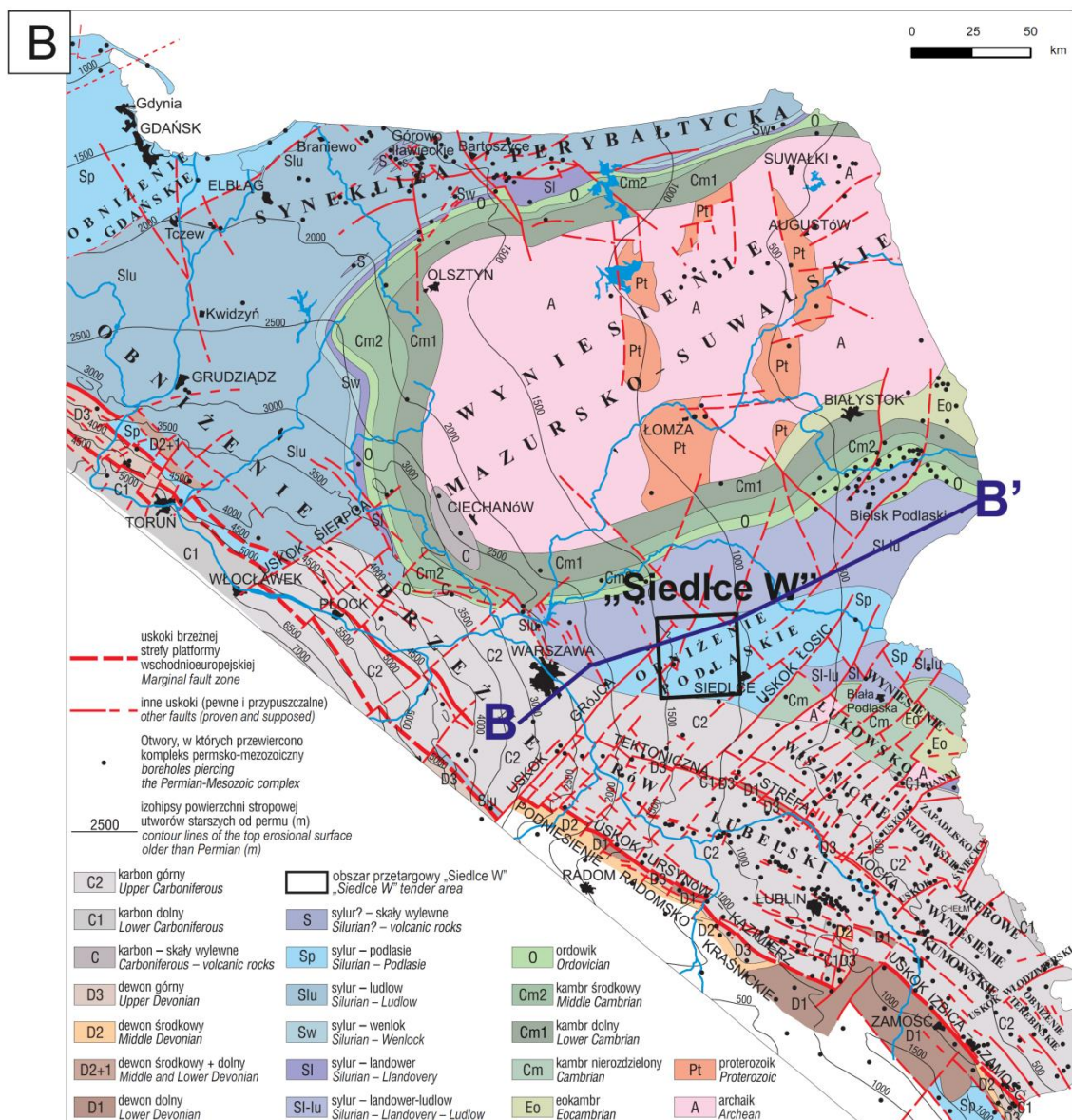
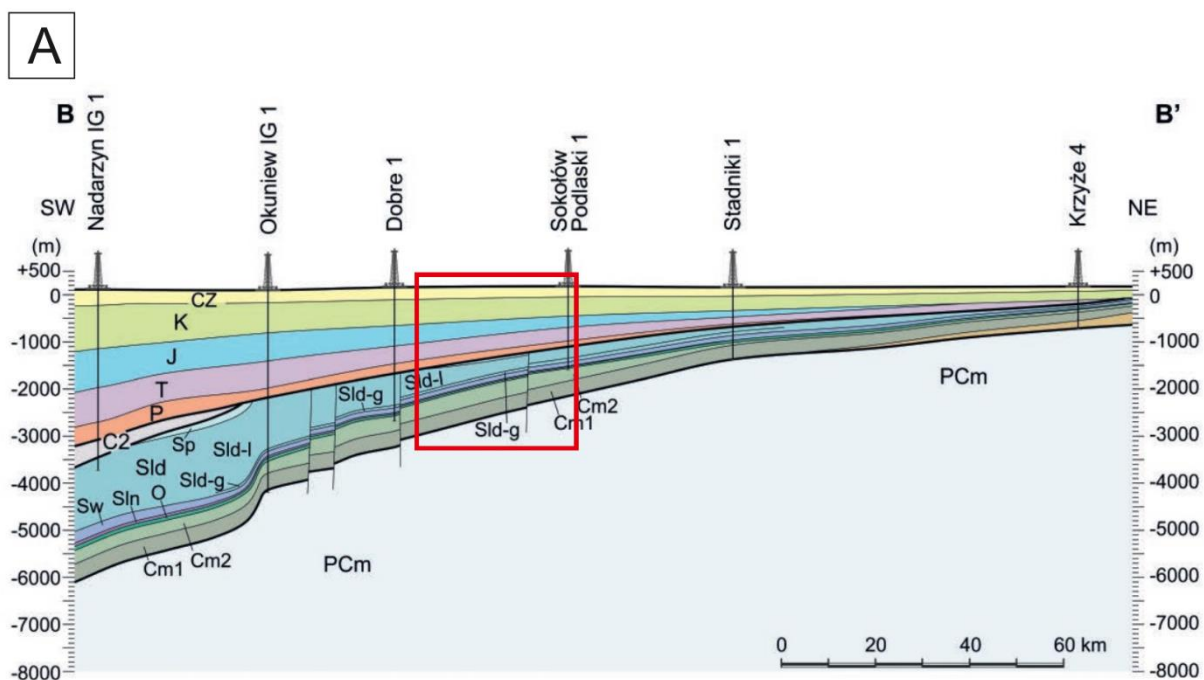
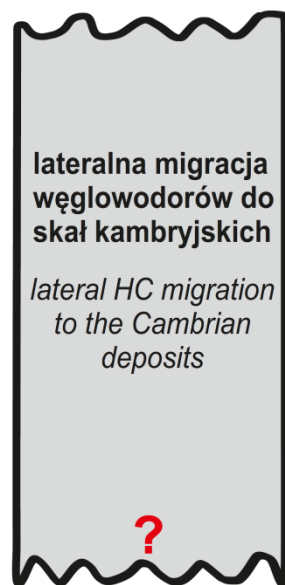


Fig. 3.14. Strefy perspektywiczne i pierwszoplanowe obszary poszukiwań węglowodorów w kambrie środkowym NE Polski wraz z lokalizacją obszaru przetargowego „Siedlce W” (Stolarczyk i in., 2004; zmodyfikowane).

→**Fig. 3.15.** A. Przekrój B–B’ przez obniżenie podlaskie na linii SW–NE (Poprawa, 2019). Zasięg obszaru przetargowego „Siedlce W” został oznaczony czerwoną ramką. Wykorzystane skróty: PCm – prekambryj, Cm1 – kambryj dolny, Cm2 – kambryj środkowy, O – ordowik, Sl – sylur (landower), Sw – sylur (wenlok), Sw-s – sylur (wenlok, sheinwood), Sw-h – sylur (wenlok, homer), Sld – sylur (ludlow), Sld-g – sylur (ludlow, gorst), Sld-l – sylur (ludlow, ludford), Sp – sylur (przydol), C2 – pensylwan, P – perm, T – trias, J – jura, K – kreda, CZ – kenozoik. B. Lokalizacja przekroju B–B’ oraz obszaru przetargowego „Siedlce W” na mapie geologiczno-strukturalnej platformy wschodnioeuropejskiej bez utworów młodszych od karbonu (Stolarczyk i in., 2004).



Stratygrafia Stratigraphy		
KARBON Carboniferous	PENSYLVANIAN Pennsylvanian	GÓRNY Upper
		ŚRODK. Middle
		DOLNY Lower
	MISSISSIPPIAN Mississippian	GÓRNY Upper
		ŚRODK. Middle
		DOLNY Lower
DEWON Devonian	GÓRNY Upper	
	ŚRODKOWY Middle	
	DOLNY Lower	
SYLUR Silurian	PRZYDOL Pridoli	
	LUDLOW Ludlow	
	WENŁOK Wenlock	
	LANDOWER Llandovery	
ORDOWIK Ordovician	GÓRNY Upper	
	ŚRODKOWY Middle	
	DOLNY Lower	
KAMBR Cambrian	FURONG Furongian	
	MIAOLING Miaolingian	
	ODDZIAŁ 2 Series 2	
	TERENEW Terreneuvian	



depozycja skał macierzystych dla systemu konwencjonalnego i niekonwencjonalnego*:

source rocks deposition for conventional and unconventional systems

formacja z Pelplina (wenlok) / Pelplin Fm (Wenlock part)

formacja z Pasłęka (landower) / Pasłęk Fm (Llandovery)

formacja z Jantaru (landower) / Jantar Fm (Llandovery)

formacja z Sasina (karadok) / Sasino Fm (Caradoc)

**depozycja skał
zbiornikowych kambru dolnego i środkowego**
*deposition of the Lower and Middle Cambrian
reservoir rocks*

Fig. 3.16. Systemy naftowe na obszarze przetargowym „Siedlce W”.

4. ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW

Na obszarze przetargowym „Siedlce W” 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 złóż zlokalizowanych w północnej Polsce, tj. Żarnowiec W, Dębki i Białogóra-E. Ich szczegółową charakterystykę można znaleźć

w innych pakietach danych geologicznych, przygotowanych 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/przetarg_i_weglowodorowe/runda_3_2018/pakiety_2/PDG%20WEJHEROWO.pdf

5. OTWORY WIERTNICZE

5.1. INFORMACJE OGÓLNE

Na obszarze przetargowym „Siedlce W” znajduje się 5 otworów wiertniczych o głębokości >500 m MD osiagających interwały perspektywiczne, a następne 4 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 Polaki 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 „Siedlce W”, zostały zebrane i wycenione w osobnym miejscu – „Projekcie cyfrowych danych geologicznych”. Jest on dostępny do wglądu w ramach „DATA ROOMu” w Czytelnicy NAG w trakcie trwania piątej rundy przetargów na koncesje węglowodorowe w Polsce.

Nazwa otworu	Rok wykonania	Właściciel informacji geologicznej	Koncesja (dla otworów wykonanych po 1994 r.)	Głębokość [m]	Stratygrafia na dnie
POLAKI 1	1971	Skarb Państwa		2780,7	proterozoik
SOK-GRĘBKÓW-01	2013	Skarb Państwa	Sokołów Podlaski 33/2001/p	2243,0	kambr
SOKOŁÓW PODLASKI 1	1968	Skarb Państwa		1771,0	kambr
KALUSZYN 1	1992	PGNiG S.A.		3190,0	proterozoik
KALUSZYN 2	1995	PGNiG S.A.	Kałuszyn-Dobre-Wierzbno 76/92/p	2480,0	kambr
Otwory zlokalizowane w sąsiedztwie obszaru przetargowego					
DOBRE 1	1968	Skarb Państwa		2841,9	kambr środkowy
RÓWCIE 1	1973	Skarb Państwa		2067,0	prekambr
TŁUSZCZ IG-1	1963	Skarb Państwa		2953,8	proterozoik
ŻEBRAK IG-1	1953	Skarb Państwa		2472,2	kambr środkowy

Tab. 5.1. Otwory wiertnicze o głębokości >500 m MD osiagające interwały perspektywiczne na obszarze przetargowym „Gorzów Wielkopolski S” 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.

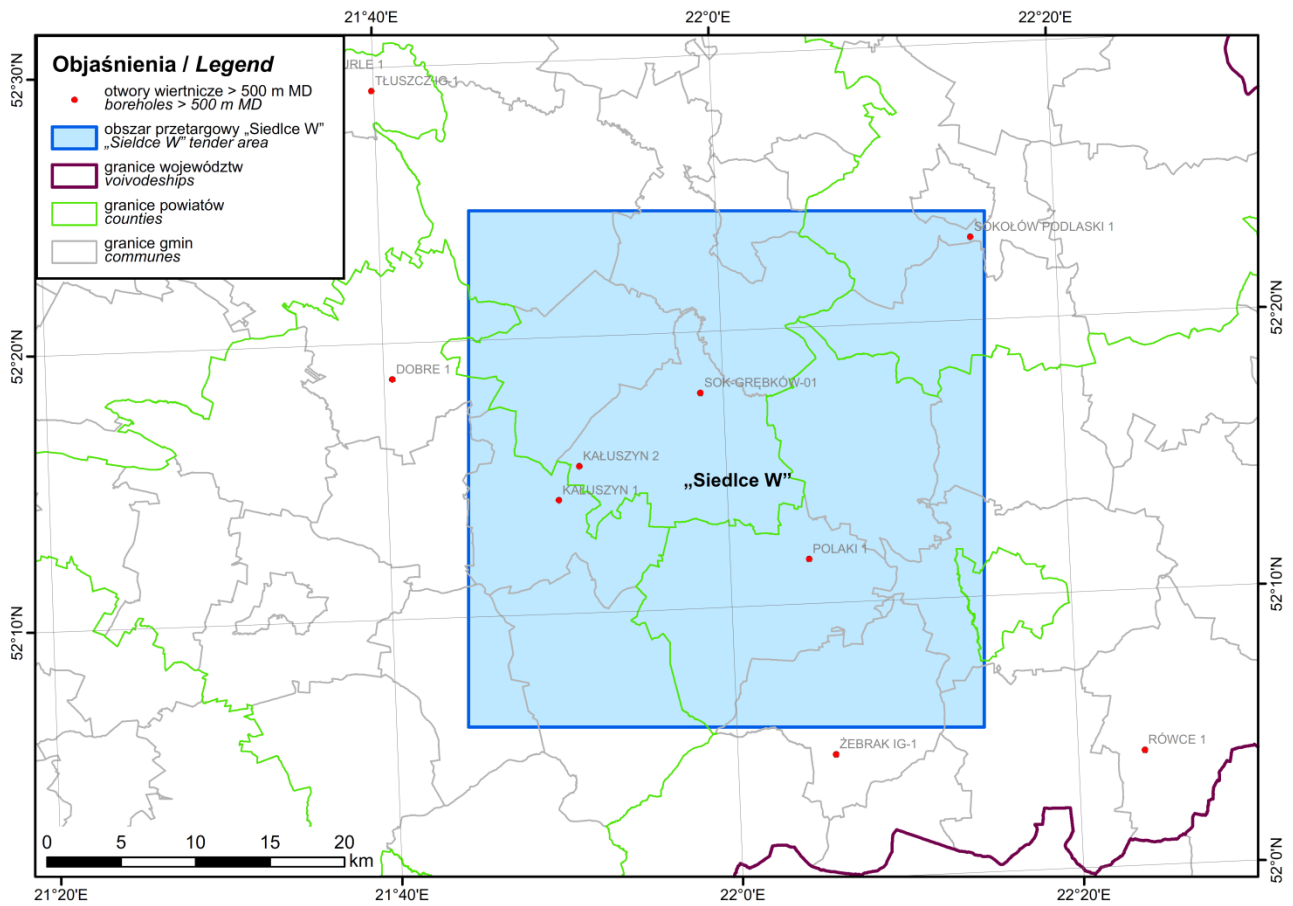


Fig. 5.1. Otwory wiertniczne o głębokości >500 m MD osiągające interwały perspektywiczne na obszarze przetargowym „Siedlce W” i jego sąsiedztwie.

5.2. POLAKI 1

Głębokość: 2780,7 m

Rok zakończenia wiercenia: 1971

Rdzenie: 2214,0–2778,0 m, 28 skrzynek, NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Iwicznej.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	200,5	kenozoik
200,5	337,0	mastrycht
337,0	449,0	kampan
449,0	528,0	santon
528,0	551,0	koniak
551,0	622,0	turon
622,0	640,0	cenoman
640,0	654,0	alb
654,0	890,0	oksford
890,0	914,5	kelowej – baton górny
914,5	1241,0	trias
914,5	1002,5	→kajper
1002,5	1082,5	→wapień muszlowy
1082,5	1241,0	→pstry piaskowiec
1241,0	1335,0	perm
1241,0	1248,0	→dolomit główny Ca2
1248,0	1255,0	→anhydryt górny Alg
1255,0	1276,5	→sól kam. najstarsza NaI
1276,5	1308,5	→anhydryt dolny AId
1308,5	1319,0	→wapień cechsztyński CaI →łupek miedzionośny TI
1319,0	1335,0	→czerwony spągowiec
1335,0	1339,0	karbon
1339,0	2172,0	sylur
1339,0	2062,0	→fm z Kociewia, →fm z Pucka
2062,0	2149,0	→fm z Pelplina
2149,0	2165,0	→fm iłowców z Pasłęka
2165,0	2172,0	→fm z Jantaru
2172,0	2198,5	ordowik
2172,0	2176,0	→fm z Kodeńca
2176,0	2180,0	→fm z Sasina
2180,0	2193,0	→fm z Kiełna
2193,0	2198,5	→fm z Pieszkowa i z Rajska
2198,5	2334,5	kambr środkowy
2334,5	2760,0	kambr dolny
2760,0	2780,7	proterozoik

Wyniki badań skał:

W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Polaki 1 (Kiełbasa i Kowalska-Łącka, 1972) znajdują się: opis próbek okruchowych i rdzeni, wyniki analiz petrograficznych 2 próbek skał z interwałów 1331,0–1337,2 m i 1337,2–1344,2 m oraz 2 próbek z podłoża krystalicznego z interwału 2759,3–2778,0 m. Zamieszczono również oznaczenia porowato-

ści, zasolenia oraz zawartości bituminów 12 próbek z interwału 1331,0–2759,8 m, które zostały podsumowane w Tab. 5.2. W dokumentacji wynikowej znajdują się także rezultaty 2 analiz wód pobranych z interwałów 1319,0–1325,0 m i 2304,8–2358,0 m. W CBDG (2021) znajdują się również wyniki badań gęstości objętościowej 616 próbek skalnych, pobranych z całego profilu geologicznego oraz 60 pomiarów porowatości efektywnej skał mezozoiku (Blus i Szczypa, 1973; Rosowiecka, 2011).

Wyniki geofizyki otworowej:

W dokumentacji wynikowej otworu Polaki 1 (Kiełbasa i Kowalska-Łącka, 1972) znajdują się wyniki pomiarów geofizyki wiertniczej, które podsumowano w Tab. 5.3. W CBDG (2021) brak dla nich plików LAS. Są dostępne natomiast pliki LAS z pomiarów prędkości średnich (zobacz: Kądzioła i Madej, 1971; Tab. 5.4).

Objawy węglowodorów i próby złożowe:

Poza częstą luminescencją, w trakcie wiercenia nie stwierdzono innych objawów bituminów w rdzeniach, próbach okruchowych oraz w płuczce. Również stabilna aparatura gazowa nie stwierdziła podwyższonych wskazań. Wyniki prób złożowych zostały zestawione w Tab. 5.5.

Dokumentacje:

- Blus, R., Szczypa, Z. 1973. Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1972. Inw. 44269, Obo/1438, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Kądzioła, A., Madej, H. 1971. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Polaki 1. ŚPR/464, Arch. PGNiG S.A, Warszawa.
- Kiełbasa, H., Kowalska-Łącka, M. 1972. Dokumentacja wynikowa otworu strukturalno-parametrycznego Polaki 1. Inw. 114081, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Rosowiecka, O. 2011. Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość (średnia)	Zasolenie (średnia)	Bituminy (średnia)
		[%]	[%]	[%]
czerwony spągowiec	2	7,48	0,10	0,009
kambr środkowy	3	6,80	0,02	0,010
kambr dolny	7	7,11	0,33	0,011

Tab. 5.2. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z głębokości 1331,0–2759,8 m w otworze Polaki 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kielbasa i Kowalska-Łącka, 1972).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
252	1185	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1975	2538	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
2390	2771	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
2150	2290	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
10	1183	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
200	1400	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1255	1630	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1486	2229	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2140	2290	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2200	2540	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2440	2771	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2700	2738	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
25	250	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
225	1175	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1175	1400	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1400	1625	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1575	2225	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
2200	2775	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
10	1183	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
200	1400	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1255	1630	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1486	2229	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
2140	2290	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
2200	2540	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
2440	2771	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
2700	2738	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
7	254	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
255	1185	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
910	1400	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1237	1347	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1310	1400	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1400	1630	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1630	2229	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2130	2290	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2175	2540	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2180	2540	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2182	2540	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2183	2540	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2400	2771	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
500	920	POs: profilowania oporności symetryczne	NIE
635	943	POs: profilowania oporności symetryczne	NIE
1237	1350	POs: profilowania oporności symetryczne	NIE
792	1377	POst: profilowanie oporności sterowane	NIE
7	254	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
255	1185	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
910	1400	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1400	1630	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1630	2229	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE

2130	2290	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
2175	2540	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
2400	2771	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
7	240	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
245	1625	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1125	1395	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1629	2200	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1639	2786	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
2182	2540	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
30	1823	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
1700	2776	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE

Tab. 5.3. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Polaki 1 według dokumentacji wynikowej (Kiełbasa i Kowalska-Łącka, 1972) i CBDG (2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
20	2720	profilowanie prędk. śr., czas interpol. podwojony Tx2	TAK
20	2720	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
285	2735	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
285	2735	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2	TAK
285	2735	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3	TAK
285	2735	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	2720	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.4. Profilowanie prędkości średnich w otworze Polaki 1 (Kądzioła i Madej, 1971).

Głębokość	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo przypływu [m ³ /h]	Rodzaj próby
2262,0–2305,0	kambr	pr. rurowy złoża KII-2-146	solanka	31,2	w trakcie wiercenia
2507,0–2563,0	kambr	pr. rurowy złoża KII-2-146	płuczka i filtrat	0,2	w trakcie wiercenia
1319,0–1325,0	czerwony spągowiec	perforacja; pr. rurowy złoża KII-2-146 – paker na gł. 1311,5 m	płuczka, filtrat i woda słona bez bituminów (woda złożowa?)	2,3	po zakończeniu wiercenia

Tab. 5.5. Rezultaty prób złożowych w otworze Polaki 1 według dokumentacji wynikowej (Kiełbasa i Kowalska-Łącka, 1972).

5.3. SOK-GRĘBKÓW-01

Głębokość: 2243,0 m

Rok zakończenia wiercenia: 2013

Rdzenie: 2054,0–2167,0 m, 136 skrzynek, CAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Hołownie.

Stratygrafia (Gliniak i in., 2013):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	223,0	kenozoik
223,0	676,5	kreda górna
676,5	716,0	kreda dolna
716,0	836,0	jura górna
836,0	991,0	jura środkowa
991,0	1336,0	trias
1336,0	1452,0	perm
1336,0	1436,0	→cechsztyn
1436,0	1452,0	→czerwony spągowiec
1452,0	2130,0	sylur
1452,0	2043,0	→fm z Kociewia →fm z Pucka
2043,0	2115,0	→fm z Pelplina
2115,0	2130,0	→fm z Pasłęka →fm z Jantaru?
2130,0	2159,3	ordowik
2130,0	2137,0	→fm z Tyśmienicy →fm z Kodeńca
2137,0	2138,0	→fm z Sasina
2138,0	2159,0	→fm z Pieszkowa
2159,0	2160,0	→fm z Rajska
2160,0	2243,0	kambr

Wyniki badań skał:

W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża na koncesji nr 33/2010/p „Sokołów Podlaski” (Gliniak i in., 2013) znajdują się wyniki analiz z otworu SOK-Grębków-01. Dokumentacja zawiera: (1) wyniki niskospektrometrycznego promieniowania naturalnej promieniotwórczości gamma w przedziale głębokości 2054,41–2167,23 m: 2224 pomiary spektralne obejmujące pomiar gamma, Th, U, K, (2) wyniki wysokoczęstotliwościowej tomografii komputerowej CT Scan materiału z trzech konwencjonalnych rdzeni wiertniczych z przedziału głębokości 2054,40–2167,23 m, (3) fotografie rdzenia pobranego z interwału głębokości 2054,40–2167,23 m w świetle białym i w ultrafiolecie, (4) opis litostratygraficzny rdzenia wiertniczego zintegrowany z wynikami przeprowadzonych badań laboratoryjnych i profilowań w inter-

wale 2054,4–2167,2 m: krzywe karotażowe z przeprowadzonych badań geofizyki wiertniczej i profilowania promieniowania gamma rdzeni wiertniczych, obraz ze skanera FMI, profilowanie oporności, tomografia komputerowa pionowego przekroju rdzenia, zobrazowanie frakcji oraz obecności struktur sedymentacyjnych, profile litologiczne, zobrazowanie wybranych własności petrofizycznych skał, wyniki analizy dyfrakcji rentgenowskiej XRD, szczegółowy opis petrograficzny próbek rdzenia wiertniczego, opis struktur sedymentacyjnych oraz skamieniałości, interpretacja środowisk sedymentacji, (5) wyniki oznaczeń biostratygraficznych graptolitów w 14 poziomach w interwale 2106,35–2167,0 m, (6) wyniki badań dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego XRD 58 próbek z interwału 2054,98–2165,75 m: gęstość ziarnowa, wyznaczenie wagowe kwarcu, skalenia potasowego, plagioklazów, węglanów, dolomitu, syderytu, fluoroapatytu, piryty, markasytu, a także minerałów ilastych dla całej skały, całkowita zawartość węgla organicznego TOC została zintegrowana w celu określenia objętości kerogenu oraz objętości minerałów nieorganicznych, (7) wyniki badań rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej WD-XRF na 58 próbkach pobranych z rdzeni wiertniczych w przedziale głębokości 2054,98–2165,75 m celem określenia składu pierwiastkowego badanych próbek: wyniki zostały zintegrowane z badaniami dyfrakcji rentgenowskiej XRD oraz wynikami badań zawartości całkowitego węgla organicznego TOC celu wydzielenia 3 głównych pakietów chemostratygraficznych oraz ich wzajemnej korelacji, (8) wyniki badań pirolitycznych przeprowadzonych na 58 próbach rdzenia wiertniczego z interwału 2054,98–2165,75 m: próbki o zawartości TOC większej niż 1% poddano następnie pirolizie kerogenu – w sumie przeanalizowano 30 próbek z przedziału 2055,0–2121,0 m (podsumowanie tych analiz zostało zestawione w Tab. 5.6), (9) wyniki analiz desorpcji wykonanych na 4 próbach rdzeni wiertniczych z przedziału głębokości 2080,0–2113,0 m, (10) wyniki analiz składu chemicznego gazu uzyskanego z odgazowania płuczki wiertniczej 26 próbek

z interwału 1560,0–2240,0 m: objętość gazu, skład stałych izotopowych węgla, analizy jakościowe węglowodorów: wskaźnik wilgotności gazu GWR, stosunek węglowodorów lekkich/ciężkich LHR, kwalifikator rodzaju ropy naftowej OCQ i suchość gazu GD, (11) wyniki badań petrofizycznych łupków wg protokołu Gas Research Institute dla 20 próbek z przedziału głębokości 2057,12–2139,50 m: gęstość objętościowa skały, gęstość ziarnowa, porowatość całkowita, porowatość skały przy nasyceniu porów gazem, stopień nasycenia rdzenia wiertniczego, przepuszczalność matrix dla gazu i w warunkach bezgazowych (podsumowanie tych analiz zostało zestawione w Tab. 5.7), (12) wyniki konwencjonalnych badań petrofizycznych przeprowadzonych dla 8 próbek z interwału 2134,64–2165,75 m (podsumowanie tych analiz zostało zestawione w Tab. 5.8).

Wyniki geofizyki otworowej:

W dokumentacji prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża na koncesji nr 33/2010/p „Sokołów Podlaski”

(Gliniak i in., 2013) znajdują się również wyniki badań geofizyki wiertniczej, której zakres przekazany do NAG w formie plików LAS i PDF zestawiono w Tab. 5.9.

Objawy węglowodorów:

Objawy węglowodorów oraz zapis aparatury gazowej w trakcie wiercenia otworu SOK-Grębków-01 zostały zebrane w Tab. 5.10.

Dokumentacje:

- Gliniak, P., Purchla, J., Hoffmann, A., Pachciarek, T., Popczyk, R., Schnabel, W., Starzec, K., Szotek, A., Wójcik, I. 2013. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża kopaliny prowadzonych przez Marathon Oil Polska Sp. z o.o. w ramach koncesji nr 33/2010/p na obszarze "Sokołów Podlaski" (części bloków koncesyjnych nr 196, 197, 216, 217 i 237). Inw. 787/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Ilość pomiarów TOC/badań pirolitycznych	TOC (średnia)	S1 (średnia)	S2 (średnia)	S3 (średnia)	Tmax (średnia)	HI (średnia)	OI (średnia)	PI (średnia)
		[%]	[mgHC/gSkały]		[mgCO ₂ /gSkały]	[°C]	[mgHC/gTOC]	[mgCO ₂ /gTOC]	[mgHC/gSkały]
wenlok	30/27	1,86	0,54	5,85	0,45	440	286	24,11	0,09
landower	14/3	0,61	0,49	6,74	0,33	442	296	17,57	0,07
aszgil	9/0	0,15							
kambr	5/0	0,08							

Tab. 5.6. Podsumowanie wyników badań pirolitycznych próbek rdzeni pobranych z przedziału głębokości 2054,98–2165,75 m w otworze SOK-Grębków-01 (na podstawie Gliniaka i in., 2013).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	Gęstość obj. (średnia)	Przepuszczalność matriks (średnia)	Poro-watość przy nasyceniu porów gazem (średnia)	Nasy-cenie gazem (średnia)	Dry & Dean Stark Extracted Conditions			
						Gęstość obj. (średnia)	Poro-watość (średnia)	Nasy-cenie ropą (średnia)	Nasy-cenie wodą (śred.)
		[g/cm ³]	[mD]	[%]	[%]	[g/cm ³]	[%]	[%]	[%]
wenlok	14	2,56	5,2*10 ⁻⁶	2,45	29,61	2,73	8,30	6,82	63,56
landower	6	2,61	5,9*10 ⁻⁶	2,41	28,03	2,79	8,75	1,25	70,72

Tab. 5.7. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych próbek łupków pobranych z przedziału głębokości 2057,12–2139,50 m w otworze SOK-Grębków-01 (na podstawie Gliniaka i in., 2013).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	Poro-watość (średnia)	Przepuszczalność (średnia)		Nasycenie ropą (średnia)	Nasycenie wodą (średnia)	Gęstość objętościowa (średnia)
			metoda Klinkenberg	metoda Kair			
		[%]	[mD]	[mD]	[% objętości porów]		[g/cm ³]
landower	2	5,01	0,01	0,02	4,15	84,90	2,78
aszgil	3	4,61	0,00	0,01	8,17	69,93	2,79
kambr	3	10,95	95,86	99,96	3,87	21,53	2,65

Tab. 5.8. Podsumowanie wyników konwencjonalnych badań petrofizycznych próbek skalnych innych niż łupki pobra-nych z przedziału głębokości 2134,64–2165,75 m w otworze SOK-Grębków-01 (na podstawie Gliniaka i in., 2013).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
25	2216	GR_WS: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
326	2240	PSr: profilowanie średnicy otworu (CAL_WS)	TAK
329	2234	RHOB_WS: gęstość objętościowa (elektronowa) w stanie nasyconym	TAK
329	2234	DRHO_WS: korekta gęstości objętościowej	TAK
329	2224	DTC_WS: profilowanie akustyczne czasu interwałowego	TAK
329	2231	NPHI_WS: porowatość neuronowa	TAK
329	2234	PEF_WS: profilowanie fotoelektryczne	TAK
329	2235	PS: profilowanie potencjałów naturalnych	TAK
329	2234	RDEEP_WS: profilowanie oporności (głębokie)	TAK
329	2234	RMED_WS: profilowanie oporności (średnie)	TAK
329	2234	RSHAL_WS: profilowanie oporności (płytkie)	TAK
325	2243	DSL: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE/PDF
325	2243	XMAC: profilowanie akustyczne	NIE/PDF
325	2243	WGI: profilowanie średnicy otworu	NIE/PDF
325	2243	TTRM	NIE/PDF
325	2243	CN: profilowanie neutronowe	NIE/PDF
325	2243	ZDL: profilowanie gęstości objętościowej	NIE/PDF
325	2243	HDIL: profilowanie oporności i potencjałów naturalnych	NIE/PDF
1534	2243	FLEX: profilowanie spektroskopowe	NIE/PDF
1534	2243	STAR: profilowanie obrazu oporności	NIE/PDF
1534	2243	CBIL: obrazowanie otworu	NIE/PDF
1534	2243	VSP: pionowe profilowanie sejsmiczne	NIE/PDF

Tab. 5.9. Geofizyka wiertnicza w otworze SOK-Grębków-01 (Gliniak i in., 2013).

Głębokość [m]		Straty-grafia	Objawy węglowodorów							
od	do									
68,0	94,0	kenozoik	straty płuczki 2,4 m ³							
102,0	123,0		straty płuczki 5,7 m ³							
122,0	152,0		straty płuczki 1,5 m ³							
181,0	205,0		straty płuczki 2,4 m ³							
→Zapis aparatury gazowej			Total gas [ppm]	C1 [ppm]	C2 [ppm]	C3 [ppm]	iC4 [ppm]	nC4 [ppm]	iC5 [ppm]	nC5 [ppm]
1350,0	1445,0	perm	80	80						
1446,0	1554,0	perm – sylur	2930	790	320	300	120	180		
1555,0	1614,0	ludlow	480	190	70	50				
1615,0	1820,0		2980	700	320	330	80	250		
1821,0	2170,0	ludlow – kambr	29510	8910	3470	3170	340	1370	240	220
2171,0	2243,0		1890	1070	220	160	30	130		

Tab. 5.10. Objawy węglowodorów i zapis aparatury gazowej w trakcie wiercenia otworu SOK-Grębków-01 (na pod-stawie Gliniaka i in., 2013).

5.4. SOKOŁÓW PODLASKI 1

Głębokość: 1771,0 m

Rok zakończenia wiercenia: 1968

Rdzenie: 1709,3–1771,2 m, 27 skrzynek, NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Iwicznej.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	od	
0,0	225,0	kenozoik
225,0	513,5	mastrycht – koniak
513,5	598,0	turon
598,0	619,0	cenoman
619,0	631,5	alb górny
631,5	856,0	kimeryd-oksford
856,0	870,0	kelowej – baton górny
870,0	1160,0	trias
870,0	936,0	→ <i>kajper</i>
936,0	967,5	→ <i>wapień muszlowy</i>
967,5	1160,0	→ <i>pstry piaskowiec</i>
1160,0	1227,0	perm
1160,0	1171,0	→ <i>dolomit główny Ca2</i>
1171,0	1190,0	→ <i>anhydryt Al</i>
1190,0	1221,0	→ <i>wapień cechsztyński Ca1</i> → <i>łupek miedzionośny T1</i>
1221,0	1227,0	→ <i>czerwony spagowiec dolny</i>
1227,0	1712,5	sylur
1227,0	1605,0	→ <i>fm z Kociewia</i>
1605,0	1691,5	→ <i>fm z Pelplina</i>
1691,5	1712,5	→ <i>fm z Pasłęka</i>
1712,5	1739,0	ordowik
1712,5	1716,5	→ <i>fm ze Stadnik</i>
1716,5	1720,0	→ <i>fm z Włodawki</i>
1720,0	1735,0	→ <i>fm z Widowa</i>
1735,0	1738,2	→ <i>fm z Narwi</i>
1738,2	1739,0	→ <i>fm z Rajska</i>
1739,0	1771,0	kambr

Wyniki badań skal:

W dokumentacji wynikowej otworu Sokołów Podlaski 1 (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971) znajdują się: charakterystyka litostratygraficzna utworów sylurskich z interwału 1249,2–1715,3 m (9 oznaczeń), a także wyniki pomiarów ciężaru objętościowego, porowatości, przepuszczalności, zasolenia i luminescencji 11 próbek z interwału 1164,1,0–1170,1 m, które zostały podsumowane w Tab. 5.11. W dokumentacji wynikowej znajdują się także rezultaty 6 analiz wód, pobranych z interwałów 665,0–675,0 m, 740,0–750,0 m, 856,0–868,0 m, 932,5–994,0 m i 1160,0–1166,0 m. W CBDG (2021) znajdują

się również wyniki badań gęstości objętościowej 492 próbek skalnych pobranych z całego profilu geologicznego oraz 108 pomiarów porowatości (w tym 20 pomiarów porowatości utworów kambru, 28 – syluru, 20 – permu, 39 – mezozoiku; Szostak i Blus, 1971; Rosowiecka, 2011). Dostępne są także wyniki 6 analiz mineralizacji, ciężaru właściwego i składu jonowego wód z poziomów permu, triasu i jury (Lubaś, 2009).

Wyniki geofizyki otworowej:

Dokumentacja wynikowa otworu Sokołów Podlaski 1 (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971) oraz dokumentacja pomiarów prędkości średnich w otworze (Połtowicz i Mach, 1970) zawierają wyniki badań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.12–5.13.

Objawy węglowodorów:

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia otworu Sokołów Podlaski 1 oraz rezultaty prób złożowych zostały podsumowane w Tab. 5.14–5.15.

Dokumentacje:

- Kowalska-Łącka, M., Jagiełło, D. 1971. Dokumentacja wynikowa otworu geologicznego (oporowego) Sokołów Podlaski 1. Inw. 110507, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Lubaś, J. 2009. Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania. Inw. 2386/2013, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Połtowicz, M., Mach, R. 1970. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Sokołów Podlaski 1. SPR/384, Arch. PGNiG S.A, Warszawa.
- Rosowiecka, O. 2011. Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Szostak, I., Blus, R. 1971. Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1971. Inw. 43960, ObO/1269, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość (średnia)	Przepuszczalność (średnia)	Zasolenie (średnia)	Bituminy (średnia)	Ciężar objętościowy (średnia)
		[%]	[mD]	[%]	[%]	[g/cm ³]
dolomit główny Ca2	3	18,77	185,93	0,02	0,02	2,31
anhydryt	3			0,02	0,01	
wapień cechsztyński	5	16,13	11,00	0,03	0,02	2,37

Tab. 5.11. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z głębokości 1164,1,0–1170,1 m w otworze Sokołów Podlaski 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
475	1040	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
890	1765	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
4	1040	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
840	1615	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1100	1330	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1550	1765	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1400	1482	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
25	575	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
550	1025	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1000	1600	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1750	1600	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
4	1040	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
840	1615	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1100	1330	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1550	1765	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
0	600	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
480	1035	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
822	1622,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1140	1350	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1147,5	1765	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1550	1765	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
0	600	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
480	1035	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
822	1622,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1140	1350	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1550	1765	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
0	600	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
450	1040	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
475	1610	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
590	1765	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
745	1040	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
12	1449	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
20	1735	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
575	1300	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE

Tab. 5.12. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Sokołów Podlaski 1 według dokumentacji wynikowej (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971) i CBDG (2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	Do		
20	1420	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2	TAK
20	1420	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
85	1435	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr PW1	TAK
110	1435	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr PW2	TAK
85	1435	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr PW3	TAK

85	1435	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	1420	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.13. Profilowanie prędkości średnich w otworze Sokołów Podlaski 1 (Połtowicz i Mach, 1970; CBDG, 2021).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Objawy
1164,1–1170,1	dolomit główny	4% węglowodorów w płuczce, luminescencja jasno-żółto-seledynowa
1177,4–1180,6	anhydryt	zapach siarkowodoru, luminescencja jasno-żółto-seledynowa
1185,3–1190,7		zapach bituminów, luminescencja jasno-żółto-seledynowa
1190,7–1196,3	wapień cechsztyński	zapach bituminów, luminescencja ciemno-żółta
1196,3–1201,4		luminescencja pomarańczowa
1210,9–1216,1		luminescencja ciemno żółta
1216,1–1221,1		luminescencja barwy żółtej

Tab. 5.14. Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia otworu Sokołów Podlaski 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przyływ	Tempo przyływu [m ³ /h]	Rodzaj próby
665,0–675,0	kimeryd – oksford	perforacja	woda słodka	0,017	w trakcie wiercenia
740,0–750,0	kimeryd – oksford	perforacja	woda słodka	0,68	w trakcie wiercenia
856,0–858,0	kelowej	perforacja	woda słodka	1,02	w trakcie wiercenia
932,5–938,0	trias górny	perforacja	woda słodka	0,68	w trakcie wiercenia
983,0–994,0	trias dolny	perforacja	solanka	0,86	w trakcie wiercenia
1160,0–1166,0	dolomit główny	perforacja	solanka	0,68	w trakcie wiercenia
1257,0–1269,0	ludlow	perforacja	brak przyływu, brak chłonności	-	w trakcie wiercenia
1715,0–1731,0	aszgil	perforacja bezpociskowa	brak przyływu	-	w trakcie wiercenia

Tab. 5.15. Rezultaty prób złożowych przeprowadzonych w otworze Sokołów Podlaski 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kowalska-Łącka i Jagiełło, 1971).

5.5. KAŁUSZYN 1

Głębokość: 3190,0 m

Rok zakończenia wiercenia: 1992

Rdzenie: 1497,0–1615,0 m, 126 skrzynek, PGNiG S.A., Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Geofizyka otworowa, wyniki badań skał, objawy węglowodorów i wyniki prób złożowych: Dane geologiczne z otworu Kałuszyn 1, zgromadzone w dokumentacji wynikowej (Zawierucha i Karelus, 1992) i w opracowaniu średnich prędkości (Czaja, 1992), są własnością inwestora (PGNiG S.A.) i nie mogą zostać zaprezentowane w niniejszym opracowaniu.

Dokumentacje:

- Zawierucha, K., Karelus, U. 1992. Dokumentacja wynikowa otworu Kałuszyn 1. Inw. 133430, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Czaja, E. 1992. Opracowanie pomiarów średnich prędkości w odwiercie Kałuszyn 1. K14 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.

5.6. KAŁUSZYN 2

Głębokość: 2480,0 m

Rok zakończenia wiercenia: 1995

Rdzenie: 1445,0–2452,0 m, 72 skrzynki, PGNiG S.A., Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Geofizyka otworowa, wyniki badań skał, objawy węglowodorów i wyniki prób złożowych: Dane geologiczne z otworu Kałuszyn 2, zgromadzone w dokumentacji wynikowej (Jagiello i Krysińska, 1996) i w opracowaniu średnich prędkości i pionowego profilowania sejsmicznego (Leszczyńska i in., 1995), są własnością inwestora (PGNiG S.A.) i nie mogą zostać zaprezentowane w niniejszym opracowaniu.

Dokumentacje:

- Jagiełło, D., Krysińska, A. 1996. Dokumentacja wynikowa otworu Kałuszyn 2. SW/SB/642, Arch. PGNiG S.A., Warszawa.
- Leszczyńska, D., Balcerowicz, H., Czaja, E. 1995. Opracowanie pomiarów średnich prędkości i pionowego profilowania sejsmicznego w odwiercie Kałuszyn 2. K15 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.

5.7. DOBRE 1

Głębokość: 2841,9 m

Rok zakończenia wiercenia: 1968

Rdzenie: 2737,2–2801,9 m, 8 skrzynek, NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Iwicznej.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	267,5	kenozoik
267,5	815,0	kreda
815,0	1111,0	jura górna
1111,0	1162,0	jura środkowa
1162,0	1247,0	jura dolna
1247,0	1620,0	trias
1247,0	1365,0	→warstwy nidzickie
1365,0	1385,0	→kajper dolny
1385,0	1441,0	→wapień muszlowy
1441,0	1620,0	→pstry piaskowiec
1620,0	1831,5	perm
1620,0	1665,0	→teryg. seria stropowa PZt
1665,0	1685,0	→dolomit płytowy Ca3
1685,0	1728,0	→dolomit główny Ca2
1728,0	1735,0	→anhydryt górny Alg
1735,0	1795,0	→anhydryt dolny Alđ
1795,0	1801,0	→wap. cechstyński Ca1 →łupek miedzionośny T1
1801,0	1831,5	→czerwony spągowiec górny
1831,5	2560,0	ludlow
2560,0	2659,5	wenlok
2659,5	2690,0	landower
2690,0	2731,0	ordowik
2690,0	2705,0	→fm z Tyśmienicy

2705,0	2708,0	→fm z Kodeńca
2708,0	2712,5	→ fm ilowców z Sasina
2712,5	2725,5	→fm wapieni z Kielna
2725,5	2729,2	→fm wapieni z Pieszkowa
2729,2	2731,0	→fm glaukonitytów z Rajska
2731,0	2841,9	kambr środkowy

Wyniki badań skał:

W dokumentacji wynikowej otworu Dobre 1 (Stolarczyk i in., 1970) znajdują się: opis rdzeni i próbek geologicznych, charakterystyka litostratygraficzna utworów paleozoiku z głębokości 1832,0–2740,2 m, analizy paleontologiczne 12 próbek z interwału 1105,9–1837,0 m, a także wyniki analiz petrograficznych 12 próbek z utworów jury, cechsztynu i czerwonego spągowca. Są tam również wyniki analiz fizyczno-chemicznych 39 próbek rdzeni pobranych z głębokości 777,4–1850,9 m, które podsumowano w Tab. 5.16. W dokumentacji wynikowej znajdują się także rezultaty 4 analiz wód, pobranych z interwałów 1192,0–1203,0 m, 1665,0–1680,0 m, 1797,5–1810,0 m i 2662,0–2841,9 m.

Wyniki geofizyki otworowej:

Dokumentacja wynikowa otworu Dobre 1 (Stolarczyk i in., 1970) oraz dokumentacja pomiaru średnich prędkości w otworze (Krach i Madej, 1968) zawierają również wyniki ba-

dań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.17–5.18.

Objawy węglowodorów i próby złożowe:

W trakcie wiercenia otworu Dobre 1 nie zaobserwowano objawów węglowodorów. Wykonano jednak 4 próby złożowe, których rezultaty zostały podsumowane w Tab. 5.19.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Krach, B., Madej, H. 1968. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Dobre 1. ŚPR/243, Arch. PGNiG S.A, Warszawa.

- Rosowiecka, O. 2011. Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Stolarczyk, J., Kowalska-Łacka, M., Pyk, B., Kruczak, E. 1970. Dokumentacja wynikowa otworu geologiczno-strukturalnego Dobre 1. Inw. 108040, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Szostak, I., Blus, R. 1971. Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1971. Inw. 43960, ObO/1269, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość (średnia)	Przepuszczalność (średnia)	Zasolenie (średnia)	Bituminy (średnia)	Ciężar objętościowy (średnia)
		[%]	[mD]	[%]	[%]	[g/cm ³]
kreda	2	15,70	nieprzep.	0,006	0,009	2,30
jura	4	30,28	254,70	0,008	0,028	1,79
trias	2			0,010	0,015	
dolomit główny	7	20,82	36,17	0,148	0,015	2,26
anhydrit dolny	1			0,017	0,011	
czerwony spągowiec	13	13,17	94,79	0,245	0,011	2,34
ludlow	10			0,366	0,018	

Tab. 5.16. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z głębokości 777,4–1850,9 m w otworze Dobre 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Stolarczyk i in., 1970).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
299	952	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
949	1571	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1495	1833	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1845	2760	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
30	2625	PA: profilowanie akustyczne	NIE
17	951	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
18	2761	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
932	1572	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1480	1833	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1629	2443	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2225	2770	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1804,5	1836,5	PGaz: profilowanie gazowe	NIE
25	300	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
275	925	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
925	1550	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1500	1825	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1825	2450	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
2450	2750	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
17	951	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
20	2761	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
932	1572	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1483	1833	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1629	2443	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
2228	2770	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
10	310	PO: profilowania oporności standardowe	NIE

15	310	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
299	952	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
300	1843	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1153	1843	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1473	1833	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1478	1845	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1483	1833	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1488	1843	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1843	2445	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2050	2758	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
15	2760	PO: profilowanie oporności EL18	TAK
10	310	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
299	952	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
300	1570	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1136	1843	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1843	2448	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
2050	2758	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
10	292	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
15	2760	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
290	1845	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
299	952	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
300	1570	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1843	2420	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1843	2750	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
12	2665	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
750	1650	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE

Tab. 5.17. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Dobre 1 według dokumentacji wynikowej (Stolarczyk i in., 1970) i CBDG (2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
20	2640	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2	TAK
20	2640	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
94	2644	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
94	2644	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2	TAK
94	2644	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3	TAK
94	2644	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	2640	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.18. Profilowanie prędkości średnich w otworze Dobre 1 (Krach i Madej, 1968; CBDG, 2021).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m ³ /h]	Rodzaj próby
od	do					
1192,0	1203,0	jura dolna	perforacja	solanka	0,85	w trakcie wiercenia
1665,0	1680,0	dolomit płytowy	perforacja	solanka	0,34	w trakcie wiercenia
1797,5	1810,0	wapień cechsztyński, łupek miedz., czerwony spągowiec	perforacja	solanka	0,51	w trakcie wiercenia
2662,0	2841,9	sylur – kambr	otwarty spód pod rurami	solanka	1,1	w trakcie wiercenia

Tab. 5.19. Rezultaty prób złożowych przeprowadzonych w otworze Dobre 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Stolarczyk i in., 1970).

5.8. RÓWCE 1

Głębokość: 2067,0 m

Rok zakończenia wiercenia: 1973

Rdzenie: 1498,7–1520,0 m, 50 skrzynek, NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Iwicznej.

Stratygrafia (CBDG, 2021):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	149,0	kenozoik
149,0	525,5	kreda górna
525,5	555,0	kreda dolna
555,0	745,0	jura górna
745,0	765,0	jura środkowa
765,0	888,0	trias
888,0	1007,0	perm
888,0	907,5	→terygeniczna ser. stropowa PZt
907,5	910,0	→dolomit główny Ca2
910,0	915,0	→terygeniczna ser. recesywna Tlr
915,0	920,0	→anhydryt górny Alg
920,0	964,0	→anhydryt Al
964,0	980,0	→wapień cechsztyński Ca1 →łupek miedzionośny Tl
980,0	1007,0	→czerwony spągowiec górny
1007,0	1008,0	karbon
1008,0	1315,0	ludlow
1315,0	1427,0	wenlok
1427,0	1454,0	landower
1454,0	1481,0	ordowik
1454,0	1459,5	→fm ze Stadnik
1459,5	1463,0	→fm z Sasina
1463,0	1475,5	→fm z Kielna
1475,5	1480,8	→fm z Pieszkowa →fm z Rajska
1480,8	1481,0	→fm z Krzyży
1481,0	1608,0	kambr środkowy
1608,0	2048,0	kambr dolny
2048,0	2067,0	prekambr

Wyniki badań skał:

W dokumentacji wynikowej otworu Rówce 1 (Garbacik, 1973) znajdują się: opis rdzeni i próbek geologicznych, wyniki analizy petrograficznej próbki z głębokości 2066,8 m, wyniki analiz fizyczno-chemicznych 61 próbek rdzeni pobranych z interwału 466,3–2018,05 m, które podsumowano w Tab. 5.20. W dokumentacji znajdują się też wyniki 2 analizy wody i 2 analiz filtratu płuczki z interwałów 1473,5–1507,0 m, 1548,5–1577,5 m, 1545,5–1577,5 m i 1507,0 m.

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – etap II” (Podhalańska i in., 2018) znajdują się natomiast wyniki analiz skał kambru w otworze Rówce 1. Obejmują one 2 analizy chemiczne węglanów (próbki z głębokości 1532,9 m i 1589,4 m), wyniki analiz petrograficznych (w tym katodoluminescencji) 7 próbek kambru z interwału 1504,1–1589,4 m, wyniki laboratoryjnych pomiarów gęstości, gęstości objętościowej i wyznaczenia porowatości metodą helową oraz wyniki pomiarów rozkładu nasycenia wodą przestrzeni porowej określone metodą jądrowego rezonansu magnetycznego NMR wraz z określeniem przepuszczalności absolutnej skał z wykorzystaniem metody Pulse-Decay, ze szczególnym uwzględnieniem niskich wartości przepuszczalności, dla tych samych próbek. W dokumentacji znajdują się także wyniki pomiarów zawartości pierwiastków promieniotwórczych: uranu, toru, potasu w 2 próbkach skalnych (głębokość 1509,1 m i 1589,4 m), wyniki oznaczenia wskaźnika zdolności jonowymiennej skał CEC metodą kolorymetryczną 3 próbek (głębokości 1504,1 m, 1520,15 m i 1532,9 m) oraz wyniki ilościowej analizy składu mineralnego próbek skalnych metodą dyfrakcji rentgenowskiej XRD 2 próbek z gł. 1504,1 m i 1532,98 m (w obu przypadkach udział kwarcu wyniósł 100%). Najważniejsze z tych analiz zostały podsumowane w Tab. 5.21.

Wodorów w Polsce – etap II” (Podhalańska i in., 2018) znajdują się natomiast wyniki analiz skał kambru w otworze Rówce 1. Obejmują one 2 analizy chemiczne węglanów (próbki z głębokości 1532,9 m i 1589,4 m), wyniki analiz petrograficznych (w tym katodoluminescencji) 7 próbek kambru z interwału 1504,1–1589,4 m, wyniki laboratoryjnych pomiarów gęstości, gęstości objętościowej i wyznaczenia porowatości metodą helową oraz wyniki pomiarów rozkładu nasycenia wodą przestrzeni porowej określone metodą jądrowego rezonansu magnetycznego NMR wraz z określeniem przepuszczalności absolutnej skał z wykorzystaniem metody Pulse-Decay, ze szczególnym uwzględnieniem niskich wartości przepuszczalności, dla tych samych próbek. W dokumentacji znajdują się także wyniki pomiarów zawartości pierwiastków promieniotwórczych: uranu, toru, potasu w 2 próbkach skalnych (głębokość 1509,1 m i 1589,4 m), wyniki oznaczenia wskaźnika zdolności jonowymiennej skał CEC metodą kolorymetryczną 3 próbek (głębokości 1504,1 m, 1520,15 m i 1532,9 m) oraz wyniki ilościowej analizy składu mineralnego próbek skalnych metodą dyfrakcji rentgenowskiej XRD 2 próbek z gł. 1504,1 m i 1532,98 m (w obu przypadkach udział kwarcu wyniósł 100%). Najważniejsze z tych analiz zostały podsumowane w Tab. 5.21.

Wyniki geofizyki otworowej:

Dokumentacja wynikowa otworu Rówce 1 (Garbacik, 1973) oraz dokumentacja pomiaru średnich prędkości w otworze (Kocół i Madej, 1973) zawierają również wyniki badań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.22–5.23.

Objawy węglowodorów i próby złożowe:

W trakcie wiercenia otworu Rówce 1 nie zaobserwowano objawów węglowodorów. Wykonano jednak 4 próby złożowe, których rezultaty zostały podsumowane w Tab. 5.24.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Garbacik, Z. 1973. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Rówce 1. Inw. 117855, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- Kocoń, S., Madej, H. 1973. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Rówce 1. R92 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 (średnia)	Przepuszczalność (średnia)	Zasolenie (średnia)	Bituminy (średnia)	Ciężar objętościowy (średnia)
		[%]	[mD]	[%]	[%]	[g/cm ³]
czerwony spągowiec	2	27,06		0,043	0,008	2,11
ludlow	6	7,07		0,041	0,033	2,45
wenlok	1	1,03	0,00	0,085	0,053	2,59
kambr	45	8,19	58,00	0,092	0,009	2,44

Tab. 5.20. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z głębokości 466,3–2018,05 m w otworze Rówce 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Garbacik, 1973).

Stratygrafia	Gęstość szkieletowa (średnia)	Gęstość obj. (średnia)	Porowatość helowa (średnia)	Porowatość całkowita (średnia)	Porowatość efektywna (średnia)	Nasycenie wodą nieredukowalną (średnia)	Przepuszczalność Pulse-Decay (średnia)
	[g/cm ³]	[g/cm ³]	KpHel [%]	[%]	[%]	[%]	[mD]
kambr środkowy	2,64	2,30	13,00	12,89	12,88	0,09	90,33

Tab. 5.21. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych 6 próbek pobranych z głębokości 1504,1–1589,4 m w otworze Rówce 1 na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2018).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
300	1030	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
980	1505	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1430	1720	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1655	2060	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
980	1505	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1430	1720	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1626	1851	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1790	2060	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1405	2060	PGG: profilowanie gamma-gamma gęstościowe (GGDN)	NIE
275	1050	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1000	1500	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1500	1700	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1700	2050	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
980	1505	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1430	1720	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1626	1851	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1790	2060	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
300	1030	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
980	1506	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1400	1575	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1442	1855,5	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1500	1717,5	POg: prof. oporności sondą gradientową	NIE
1650	2060	POg: prof. oporności sondą gradientową	NIE
300	1030	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
980	1506	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1400	1575	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE

1442	1855,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1500	1717,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1650	2060	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
300	1030	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
980	1506	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1400	1717,5	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1650	2060	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE

Tab. 5.22. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Rówce 1 (Garbacik, 1973; CBDG, 2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
20	2000	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2	TAK
20	2000	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
26	2001	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
76	1776	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2	TAK
26	2001	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	2000	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.23. Profilowanie prędkości średnich w otworze Rówce 1 (Kocoń i Madej, 1973; CBDG, 2021).

Głębokość	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m ³ /h]	Rodzaj próby
1473,0–1507,0	ordowik – kambr środkowy	pr. rurowy złoża	solanka ze śladami bituminów	28	w trakcie wierce- nia
1548,5–1577,5	kambr środkowy	pr. rurowy złoża	solanka ze śladami bituminów	12,5	w trakcie wierce- nia
1706,0–1720,5	kambr dolny	pr. rurowy złoża	próba negatywna		w trakcie wierce- nia

Tab. 5.24. Rezultaty prób złożowych przeprowadzonych w otworze Rówce 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Garbacik, 1973).

5.9. TŁUSZCZ IG-1

Głębokość: 2953,8 m

Rok zakończenia wiercenia: 1963

Rdzenie: 25,0–2946,0 m, 1858 skrzynek,
NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertni-
czych w Iwicznej.

**Stratygrafia (CBDG, 2021; Podhalańska
i in., 2016):**

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	208,6	kenozoik
208,6	725,0	kreda górna
725,0	775,0	kreda dolna
775,0	1049,5	jura górna
1049,5	1171,1	jura środkowa – dolna
1087,0	1097,0	→warstwy borucickie
1097,0	1120,7	→warstwy ciechocińskie
1120,7	1156,5	→warstwy olsztyńskie
1156,5	1171,1	→warstwy liwieckie
1171,1	1584,5	trias
1171,1	1289,0	→warstwy nidzickie

1289,0	1333,5	→kajper dolny
1333,5	1366,2	→wapień muszlowy
1366,2	1584,5	→pstry piaskowiec
1584,5	1667,5	perm
1584,5	1587,5	→teryogeniczna seria stropowa PZt
1587,5	1610,5	→cyklotem PZ2
1610,5	1665,0	→cyklotem PZ1
1665,0	1667,5	→czerwony spągowiec
1667,5	1960,0	sylur
1667,5	1929,0	→fm z Pelplina
1929,0	1954,0	→fm z Pasłęka
1954,0	1960,0	→fm Jantaru
1960,0	1990,7	ordowik
1960,0	1964,7	→fm z Prabut
1964,7	1980,0	→fm z Sasina
1980,0	1985,0	→fm z Kielna
1985,0	1990,7	→fm z Pieszkowa
1990,7	2125,3	kambr środkowy
2125,3	2497,6	kambr dolny
2497,6	2953,8	proterozoik

Wyniki badań skał:

W dokumentacji wynikowej otworu Tłuszcz IG-1 (Areń, 1966) znajduje się opis litologii na podstawie rdzeni wiertniczych. Szczegółowy zakres badań wykonanych w otworze, w tym opis stratygrafii, litologii, wyniki analiz petrograficznych, geochemicznych, sedymentologicznych, geofizycznych, bituminów, jak też wyniki badań poziomów skał zbiornikowych i możliwości wykorzystania wód podziemnych zostały kompleksowo zestawione w 13-tym tomie Profili Głębokich Otworów Wiertniczych IG (Areń, 1974), który stanowi Załącznik 1 niniejszego opracowania. Z tego powodu nie będą one powtarzane w tym miejscu, a Czytelnika odsyłamy do załączonej pracy źródłowej.

Analizy wykonane w otworze Tłuszcz IG-1 zostały uzupełnione później przez Poprawę i Kiersnowskiego (2010) w dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowania poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego – etap I”, w którym zestawiono wyniki badań TOC 46 próbek karadoku – wenloku z interwału 1802,7–1974,2 m. Dane te podsumowano w Tab. 5.25.

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” (Podhalańska i in., 2016) znajdują się natomiast – nowe i zebrane z wcześniejszych opracowań – wyniki analiz pirolitycznych skał prekambry, kambry, ordowiku, syluru, permu, triasu i jury z interwału 782,0–2500,3 m, podsumowane w Tab. 5.26. W wymienionej dokumentacji zrewidowano również stratygrafię ordowiku i syluru otworu Tłuszcz IG-1, którą zaadoptowano w niniejszym opracowaniu. W ramach opracowania Podhalańskiej i in. (2016) INIG-PIB wykonał laboratoryjne pomiary gęstości, gęstości objętościowej i porowatości metodą helową (podsumowane w Tab. 5.27), pomiary rozkładu nasycenia wodą przestrzeni porowej metodą jądrowego rezonansu magnetycznego NMR i ilościową analizę składu mineralnego metodą dyfrakcji rentgenowskiej XRD dla 24 próbek z interwału 1739,0–2062,1 m. Oprócz nich, dla tego

samego interwału dostępne są pomiary zawartości pierwiastków promieniotwórczych: uranu, toru, potasu w 20 próbkach skalnych, jak też wyznaczenie wskaźnika zdolności jonowymiennej skał CEC metodą kolorymetryczną (22 próbki), składu mineralnego frakcji ilastej pomierzonego metodą rentgenowskiej analizy fazowej (3 próbki), wyniki pomiarów składu chemicznego (11 próbek) oraz zawartości TOC wyznaczone metodą CARBOLOG na podstawie profilowań geofizyki otworowej (plik LAS z danymi – Tab. 5.28).

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – etap II” (Podhalańska i in., 2018) dane dla otworu Tłuszcz IG-1 zostały uzupełnione pomiarami refleksyjności wityritu 9 próbek z interwału 1674,0–1961,4 m (podsumowane w Tab. 5.29).

Wyniki geofizyki otworowej:

Dokumentacja wynikowa otworu Tłuszcz IG-1 (Areń, 1966) oraz dokumentacja pomiaru średnich prędkości w otworze (Sawaryn, 1963) zawierają również wyniki badań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.30–5.31.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Areń, B. 1966. Dokumentacja wynikowa otworu Tłuszcz IG-1. Inw. 69444, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Areń, B. 1974. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego. Tłuszcz IG-1, 13.
- Conway, M. 2011. Fluid sensitivity analyses; Fluid sensitivity and shale stability report for Marathon Petroleum Eastern Ltd., P305, P306, P315, Poland; Isostatic & triax stress path [Zakaz udostępniania i wglądu – informacja geologiczna pochodzi z bieżącego dokumentowania przebiegu robót geologicznych]. Inw. 2513/2015, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Drzewiński, C. 1964. Sprawozdanie z pomiarów ciężarów objętościowych skał za 1963 rok. Inw. 17238, 3134/46, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Podhalańska, T., i zespół. 2016. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż wę-

glowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG, I etap, Opracowanie końcowe. Inw. 4878/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- Podhalańska, T., i zespół. 2018. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węgłowodórów w Polsce, stałe zadanie PSG, II etap, Opracowanie końcowe. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- 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.

- Rosowiecka, O. 2011. Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Sawaryn, M. 1963. Sprawozdanie z pomiaru średnich prędkości w otworze Tłuszcz IG-1. T18 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Ilość pomiarów	TOC (średnia)
		[%]
wenlok	26	1,31
landower	4	0,83
aszgil	7	8,39
karadok	9	0,95

Tab. 5.25. Podsumowanie wyników badań materii organicznej przeprowadzonych w otworze Tłuszcz IG-1 w interwale 1802,7–1974,2 m na podstawie dokumentacji Poprawy i Kiersnowskiego (2010).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	S1 (średn.)	S3 (średn.)	Tmax (średn.)	HI (średn.)	OI (średnia)	PI (średnia)	TOC (średnia)
		[mgHC/gSkaly]	[mgCO ₂ /gSkaly]	[°C]	[mgHC/gTOC]	[mgCO ₂ /gTOC]	[mgHC/gSkaly]	[% wag.]
jura	6	0,08	0,11	430	21	21	0,55	0,44
trias	3	0,04	0,17	410	10	38	0,44	0,48
ludlow	15	0,32	0,23	440	239	35	0,16	0,94
wenlok	33	0,42	0,34	438	294	36	0,12	1,29
landower	25	0,55	0,41	419	212	98	0,16	2,18
ordowik	2	0,04	0,28	435	64	127	0,22	0,34
kambr	5	0,02	0,15	394	117	149	0,38	0,05

Tab. 5.26. Podsumowanie wyników badań pirolitycznych przeprowadzonych w otworze Tłuszcz IG-1 w interwale 782,0–2500,3 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2016).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	Gęstość objętościowa (średnia)	Porowatość całkowita (średnia)	Przepuszczalność (średnia)
		[g/cm ³]	[%]	[mD]
ludlow	4	2,45	8,52	0,79
wenlok	12	2,47	8,46	0,19
landower	5	2,53	6,29	0,28
ordowik	2	2,36	4,19	
kambr śr.	2	2,30	13,29	12,65

Tab. 5.27. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych wykonanych w otworze Tłuszcz IG-1 w interwale 1739,0–2062,1 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2016).

Stratygrafia	Zakres zmian		Średnia	Mediana	Odchylenie standardowe
	TOC				
	od	do			
sylur grn.	0,01	1,89	0,66	0,58	0,33
sylur dln.	0,12	12,83	1,90	1,35	2,32
ordowik grn.	0,49	0,68	0,56	0,54	0,06
ordowik śrd.	0,42	1,04	0,68	0,67	0,15
ordowik dln.	0,20	1,11	0,45	0,40	0,36

kambr śrd.	0,01	0,96	0,35	0,29	0,18
kambr śrd.	0,01	1,13	0,62	0,61	0,18

Tab. 5.28. Podsumowanie wyników badań zawartości TOC metodą CARBOLOG w otworze Tłuszcz IG-1 w interwale 1739,0–2062,1 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2016).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	VREqv Średnio
		[%]
ludlow	5	0,69
wenlok	3	0,70
landower	1	0,73

Tab. 5.29. Podsumowanie wyników badań refleksyjności witrynu przeprowadzonych w otworze Tłuszcz IG-1 w interwale 1674,0–1961,4 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2018).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
1330	1805	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1780	2313	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
230	1362	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1330	1805	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1780	2313	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
230	1362	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1330	1805	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
1780	2313	mPO: mikroprofilowania oporności	NIE
234	1355	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
1780	2313	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
0	2704,8	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
195,25	1362,75	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
195,25	2704,75	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
230	1362	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1337,25	1794,75	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
1350	1796	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1568,5	1669,8	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
1575	1675	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1575,2	1678,8	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
1750	2350	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1750,5	2319,5	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
2260,25	2704,5	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
2310	2685	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1350	1800	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
225	1350	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1800	2300	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
2325	2500	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
197	2704,75	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
197,25	1366,75	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
230	1362	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1339,5	1794,75	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
1350	1796	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1575	1675	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1577,2	1678,8	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
1750	2350	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1750,5	2319,5	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
2262,25	2704,5	PNG: profilowanie neutron-gamma	TAK
2310	2685	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE

2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
234	1355	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1350	1794	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1780	2313	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2310	2585	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1344,5	1794,75	PO: profilowanie oporności EL01	TAK
234,25	1355,5	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
1342,5	1794,75	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
1572,2	1680,6	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
1692,5	2314,75	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
2308,25	2684,75	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
234,25	1354,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1572,2	1676,8	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1692,5	2314,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
2307,25	2684,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1345,25	1794,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
236,25	1355,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
1345,25	1794,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
1694,25	2314,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
2323,25	2684,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
1572,2	1679,8	PO: profilowanie oporności EL09	TAK
238,25	1354,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
1345,5	1794,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
1572,2	1679,8	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
1694,25	2314,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
2302,5	2684,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
242,25	1355,75	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
1345,5	1794,75	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
1700,25	2314,75	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
2300,25	2684,75	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
1572,2	1679,8	PO: profilowanie oporności EL27	TAK
1572,2	1678,8	PO: profilowanie oporności EL40	TAK
233,25	1354,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
1344,25	1792,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
1572,2	1679,8	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
1696,25	2314,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
2302,5	2684,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
233,25	2684,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
1345,25	1794,75	PO: profilowanie oporności EN40	TAK
30	1680	POpl: profilowanie oporności płuczki	NIE
31,25	1679,5	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK
1350	1794	POpl: profilowanie oporności płuczki	NIE
1569,2	1680,6	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK
1571,5	1677,6	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK

1697,5	2314,75	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK
1780	2313	POpl: profilowanie oporności płuczki	NIE
234	1355	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
234,25	1352,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1316,25	1790,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1567,4	1677,8	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1692,5	2314,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1780	2313	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
2307,25	2684,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
2310	2585	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
0,25	2684,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
225,5	1799,5	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
234	1355	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
234	1801	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1690,5	2324,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
1780	2313	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
2300,25	2684,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
2310	2585	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
5	1200	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
45	1810	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
100	2160	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
230	1796	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
1350	1795	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
1555	1675	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
1575	1675	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE
2200	2689	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	NIE

Tab. 5.30. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Tłuszcz IG-1 (Areń, 1966; CBDG, 2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
20	2620	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2	TAK
20	2620	profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW	TAK
40	2638	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
15	2638	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2	TAK
65	2638	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3	TAK
15	2638	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK
20	2620	profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP	TAK

Tab. 5.31. Profilowanie prędkości średnich w otworze Tłuszcz IG-1 (Sawaryn, 1963; CBDG, 2021).

5.10. ŻEBRAK IG-1

Głębokość: 2472,2 m

Rok zakończenia wiercenia: 1953

Rdzenie: 240,4–2470,5 m, 777 skrzynek, NAG PIG-PIB, Archiwum Rdzeni Wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2021; Podhalańska i in., 2016):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	193,0	kenozoik
193,0	625,0	kreda górna

625,0	875,0	jura górna
875,0	914,2	jura środkowa
914,2	1198,5	trias
914,2	965,5	→retyk
965,5	976,0	→kajper dolny
976,0	1010,0	→wapień muszlowy
1010,0	1198,5	→pstry piaskowiec
1198,5	1295,0	perm
1198,5	1270,7	→cechsztyń
1270,7	1295,0	→czerwony spągowiec
1295,0	1360,9	westfal dolny – namur
1360,9	1755,3	przydol
1360,9	1755,7	→fm z Pucka
1755,7	2255,0	ludlow

2255,0	2342,0	wenlok
2343,0	2359,2	landower
2359,2	2399,3	ordowik
2359,2	2375,0	→ <i>fm z Tyśmienicy</i> → <i>fm z Kodeńca</i>
2375,0	2384,3	→ <i>fm z Sasina</i>
2384,3	2391,6	→ <i>fm z Kielna</i>
2391,6	2399,3	→ <i>fm z Pieszkowa</i> → <i>fm z Rajska</i>
2399,3	2472,2	kambr środkowy
2399,3	2472,2	→ <i>fm kostrzyńska</i>

Wyniki badań skał:

Szczegółowy zakres prac wykonanych w otworze Żebrak IG-1, w tym opis stratygrafii, litologii, jak też wyniki analiz petrograficznych, geochemicznych, geofizycznych, hydrochemicznych i bituminów, zostały kompleksowo zestawione w 28. tomie Profili Głębokich Otworów Wiertniczych IG (Lendzion, 1956), który stanowi Załącznik 2 niniejszego opracowania. Z tego powodu nie będą one powtarzane w tym miejscu, a Czytelnika, podobnie jak w przypadku otworu Tłuszcz IG-1, odsyłamy do załączonej pracy źródłowej.

Analizy wykonane w otworze Żebrak IG-1 zostały uzupełnione później przez Poprawę i Kiersnowskiego (2010) w dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowania poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego – etap I”, w którym zestawiono wyniki badań TOC 2 próbek – landoweru i karadoku – z głębokości 2355,0 m i 2377,5 m (w obu przypadkach TOC nie przekracza 0,3%).

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” (Podhalańska i in., 2016) znajdują się natomiast wyniki analiz pirolitycznych skał ordowiku i syluru z interwału 2178,7–2378,0 m, podsumowane w Tab. 5.32. W wymienionej dokumentacji zrewidowano również stratygrafię ordowiku i syluru otworu Żebrak IG-1, którą zaadoptowano w niniejszym opracowaniu. W ramach opracowania Podhalańskiej i in. (2016) INIG-PIB wykonał laboratoryjne pomiary gęstości, gęstości objętościowej i porowatości metodą helową (podsumowane w Tab. 5.33), pomiary rozkładu nasycenia wodą przestrzeni porowej metodą jądrowego rezonansu magne-

tycznego NMR i ilościową analizę składu mineralnego metodą dyfrakcji rentgenowskiej XRD dla 20 próbek interwału 2177,3–2376,0 m. Dostępne są też wyniki badań wskaźnika zdolności jonowymiennej skał CEC metodą kolorymetryczną dla 16 próbek z interwału 2187,3–2376,0 m. Oprócz nich, dla 1 próbki z głębokości 2354,8 m wykonano pomiary zawartości pierwiastków promieniotwórczych: uranu, toru i potasu, jak też składu mineralnego frakcji ilastej pomierzonego metodą rentgenowskiej analizy fazowej oraz pomiary składu chemicznego.

W dokumentacji zadania PSG pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – etap II” (Podhalańska i in., 2018) dane dla otworu Żebrak IG-1 zostały uzupełnione wynikami pomiarów refleksyjności wityrytu 20 próbek z interwału 1365,9–2377,5 m. Zostały one podsumowane w Tab. 5.34

Wyniki geofizyki otworowej:

Dokumentacja wynikowa otworu Żebrak IG-1 (Lendzion, 1956; Lendzion i Wszeborski, 1963) oraz dokumentacja pomiaru średnich prędkości w otworze (Krach i Sarachanowa, 1958) zawierają również wyniki badań geofizyki wiertniczej. Ich zakres został podsumowany w Tab. 5.35–5.36.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Krach, B., Sacharanowa, A. 1958. Sprawozdanie z pomiaru średnich prędkości w otworze Żebrak IG-1. Ż9 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Lendzion, K. 1956. Dokumentacja geologiczna otworu: Żebrak IG-1. Inw. 9264,4034/39, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Lendzion, K. 1975. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego. Żebrak IG-1, 28.
- Lendzion, K., Wszeborski, A. 1963. Dokumentacja wynikowa otworu Żebrak IG-1. Inw. 51766, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- Podhalańska, T., i zespół. 2016. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie PSG,

I etap, Opracowanie końcowe. Inw. 4878/2016, 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.
- Poprawa, P., Kiersnowski, H. 2010. Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowa-

nia poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego – etap I. Inw. 2439/2011 Arch. CAG PIG, Warszawa.

- Sapuła, I. 1966. Zestawienie wyników badań termicznych wykonanych w SE części Niżu Polskiego (otwory: Tomaszów Lub. IG-1, Tyszowce IG-1, Dorohucza IG-1, Magnuszew IG-1, Żyrzyn IG-1, Żebrak IG-1, Radzyń IG-1, Mielnik IG-1). Inw. 27928, 3936/101, Arch. CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Ilość pomiarów	S1 (średn.)	S2 (średn.)	S3 (średn.)	Tmax (śr.)	HI (średn.)	OI (średn.)	PI (średn.)	TOC (śr.)
		[mgHC/ gSkały]	[mgHC/ gSkały]	[mgCO ₂ / gSkały]	[°C]	[mgHC/ gTOC]	[mgCO ₂ / gTOC]	[mgHC/ gSkały]	[% wag]
ludlow	25	0,26	1,22	0,39	442	194	66	0,18	0,63
wenlok	1	0,04	0,12	0,22	327	76	137	0,26	0,16
landower	3	0,06	0,12	0,15	454	134	179	0,32	0,10
aszgil	12	0,05	0,15	0,26	445	109	207	0,26	0,19
karadok	4	0,08	0,26	0,38	441	120	187	0,25	0,22

Tab. 5.32. Podsumowanie wyników badań pirolitycznych przeprowadzonych w otworze Żebrak IG-1 w interwale 2178,7–2378,0 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2016).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	Gęstość objętościowa (średnia)	Porowatość całkowita (średnia)
		[g/cm ³]	[%]
ludlow	10	2,55	8,61
landower	2	0,01	0,03
ordowik	8	2,69	1,22

Tab. 5.33. Podsumowanie wyników badań petrofizycznych wykonanych w otworze Żebrak IG-1 w interwale 2177,3–2376,0 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2016).

Stratygrafia	Ilość pomiarów	VREqv (średnia)
		[%]
przydol	4	0,59
ludlow	10	0,72
wenlok	2	0,80
landower	2	0,87
ordowik	2	0,88

Tab. 5.34. Podsumowanie wyników badań refleksyjności wityritu przeprowadzonych w otworze Żebrak IG-1 w interwale 1365,9–2377,5 m na podstawie dokumentacji Podhalańskiej i in. (2018).

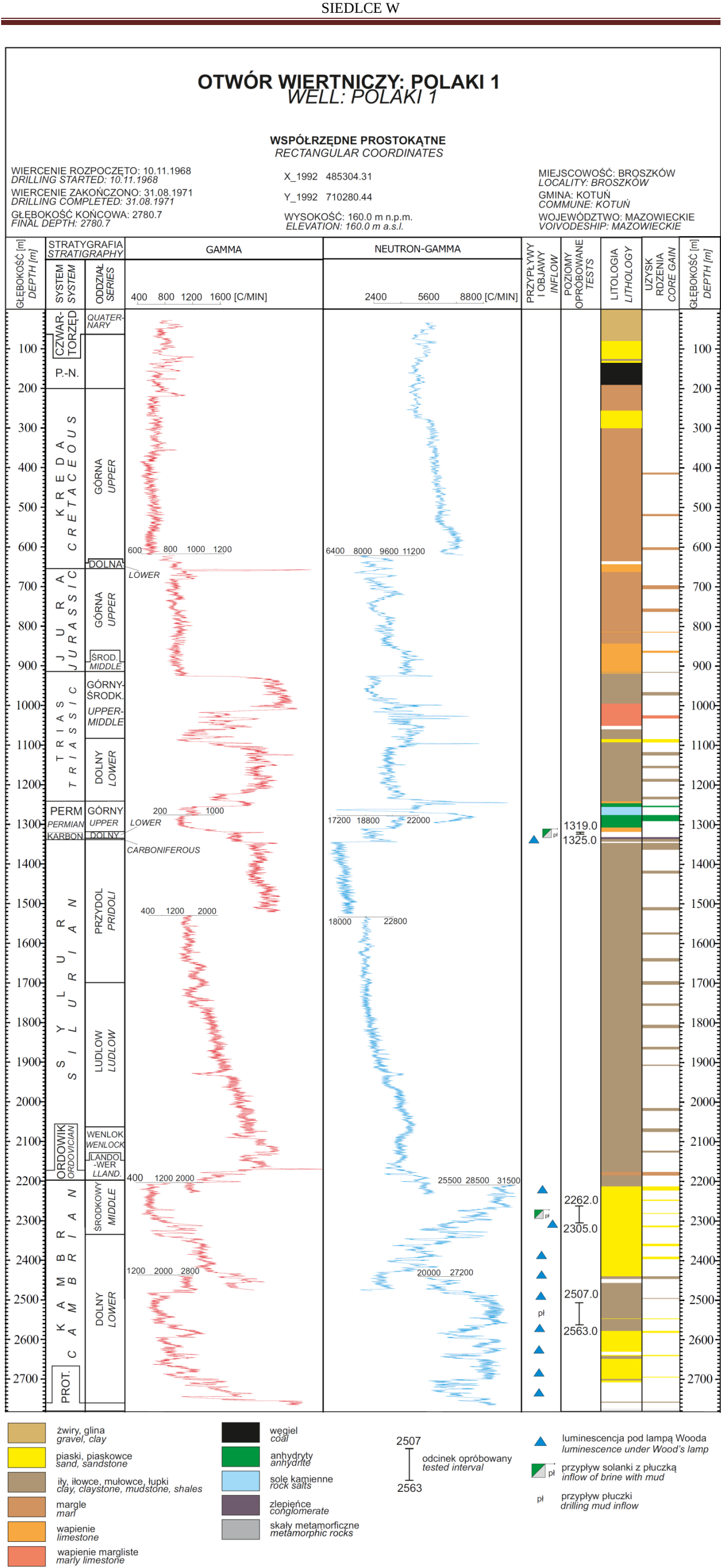
Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
2123	2416	mPSr: mikroprofilowanie średnicy otworu	NIE
5	1153	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1105	1580	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
1585	2170	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2238	2423	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
2263,25	2444	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	TAK
2265	2442	PG: profilowanie naturalnego promieniowania gamma	NIE
300	1150	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
1150	1575	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE

1575	2175	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
2150	2425	PK: profilowanie krzywizny odwiertu	NIE
0	2170	PNG: profilowanie neutron-gamma	NIE
40	299	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
300	1154	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1040	1656	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
1585	2170	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
2123	2416	PO: profilowania oporności standardowe	NIE
36,25	300,75	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
1586,25	2174,5	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
2115,25	2413,75	PO: profilowanie oporności EL02	TAK
35,25	301,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
302,5	1153,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1039,25	1564,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
1587,25	2174,5	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
2115,25	2414,75	PO: profilowanie oporności EL03	TAK
37,5	299,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
303,25	1153,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
1041,25	1564,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
1589,25	2445,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
2115,25	2414,75	PO: profilowanie oporności EL07	TAK
37,5	2446	PO: profilowanie oporności EL09	TAK
1589,25	2174,5	PO: profilowanie oporności EL09	TAK
304,5	1153,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
1040,25	1564,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
1590,25	2174,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
2115,25	2414,75	PO: profilowanie oporności EL14	TAK
309,25	1153,5	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
1040,25	1564,5	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
1595,25	2174,5	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
2115,25	2414,75	PO: profilowanie oporności EL26	TAK
300,25	1136,75	PO: profilowanie oporności EN10	TAK
20,25	301,75	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK
40	299	POpl: profilowanie oporności płuczki	NIE
300,75	1149,5	POpl: profilowanie oporności płuczki	TAK
38,25	299,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
300	1154	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
302,25	1134,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1040,25	1564,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1585	2170	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
1586,75	2175,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
1587,25	2445,5	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
2115,25	2413,75	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	TAK
2123	2416	PS: profilowanie potencjałów naturalnych (SP)	NIE
0,25	2447,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
33,5	302,25	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
300,25	1130,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
1040	1656	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
1040,25	1564,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
1580,25	2177,25	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
1580,5	2177,25	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
1587,25	2447,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
2115,25	2414,75	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	TAK
2123	2416	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
2414	2444	PSr: profilowanie średnicy otworu (CALI)	NIE
14,25	2435,75	PT: profilowanie temperatury (TEMP)	TAK

Tab. 5.35. Geofizyka wiertnicza wykonana w otworze Żebrak IG-1 (Lendzion, 1956; Lendzion i Wszeborski, 1963; CBDG, 2021).

Głębokość [m]		Nazwa profilowania	Plik LAS w CBDG
od	do		
48	2398	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1	TAK
98	2373	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2	TAK
173	2348	profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3	TAK
48	2398	profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO	TAK

Tab. 5.36. Profilowanie prędkości średnich w otworze Żebrak IG-1 (Krach i Sacharanowa, 1958; CBDG, 2021).



6. SEJSMIKA

Obszar „Siedlce W” jest pokryty stosunkowo równomiernie rozłożoną siatką profili sejsmicznych tylko w zachodniej i północno-zachodniej części (Fig. 6.1–6.2). Większość danych została pomierzona na początku lat 90-tych i należy do Inwestora (Tab. 6.1; CBDG, 2021). Pozostałe pojedyncze profile są zlokalizowane m.in. w północno-wschodniej części obszaru. Wykonano je w 2011 roku na zlecenie firmy Marathon Oil Company Poland. W granicach obszaru przetargowego znalazły się również 2 profile zrealizowane w 2012 roku w ramach projektu Poland Span. Dane mają zasięg regionalny, a fragmenty profili przechodzą w południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części obszaru.

Dodatkowo w obrębie obszaru przetargowego znalazł się fragment profilu CEL21 wykonanego w ramach projektu głębokich sondowań sejsmicznych CELEBRATION 2000. Specyfika badań, rozdzielczość oraz zasięg powodują, że nie są one wykorzystywane w poszukiwaniach węglowodorów.

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

Nazwa	Rok wyk.	Temat	Rejon	Koncesje (dla badań wykonanych po 2001 r.)	Właściciel	Długość [km]
T0020676	1976	Tłuszcz – Kock – Włodawa	Tłuszcz – Kock – Włodawa		Skarb Państwa	20,46
T0190591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin	Liw		PGNiG S.A.	7,62
T0200591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	9,29
T0210591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	8,85
T0220591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	12,43
T0230591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	10,95
T0240591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	12,31
T0250591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	9,94
T0260591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	7,3
T0270591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	11,18
T0280591	1991	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	11,56
T0410592	1992	Tłuszcz – Dęblin – Lublin	Tłuszcz		PGNiG S.A.	3,6
T0440592	1992	Tłuszcz – Dęblin – Lublin			PGNiG S.A.	2,42
T0500493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno		PGNiG S.A.	6,4
T0510493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	11,33
T0520493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	14,54
T0530493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	19,48
T0540493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	20,08
T0550493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	19,65
T0560493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	18,11
T0570493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	10,95
T0580493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	13,75
T0590493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	15,82
T0600493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	13,19
T0610493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	21,22
T0620493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	19,22
T0640493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	4,72
T0650493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	9,05
T0660493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	15,08
T0670493	1993	Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno			PGNiG S.A.	16,01

T0680493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	17,71
T0690493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	20,11
T0700493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	15,07
T0710493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	14,99
T0720493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	14,53
T0730493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	19,04
T0740493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	17,83
T0750493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	13,96
T0760493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	12,03
T0770493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	11,84
T0780493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	5,97
T0790493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	13,67
T2560493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	18,35
T2620493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	12,51
TA620493	1993	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	7,04
T0960494	1994	Kałużyn – Dobre – Wierzbno			PGNiG S.A.	14,02
MOC-SS-3001	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	19,86
MOC-SS-3002	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	12,5
MOC-SS-3002	2011	Siedlce 2D	Siedlce		Skarb Państwa	1,21
MOC-SS-3003	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	8,66
MOC-SS-3004	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	13,25
MOC-SS-3008	2011	Siedlce 2D	Siedlce		Skarb Państwa	17,66
MOC-SS-3009	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	17,38
MOC-SS-3009	2011	Siedlce 2D	Siedlce		Skarb Państwa	0,82
MOC-SS-3013	2011	Sokołów Podlaski			Skarb Państwa	7,00
MOC-SS-3015	2011	Siedlce 2D	Siedlce		Skarb Państwa	13,67
PL1-1100	2012	PolandSPAN			Skarb Państwa	27,51
PL1-5200	2012	PolandSPAN			Skarb Państwa	7,91
					Suma:	
					Skarb Państwa	167,89
					Inwestor	584,72

Tab. 6.1. Lista linii sejsmicznych 2D wykonanych w obrębie obszaru przetargowego „Siedlce W”.

134

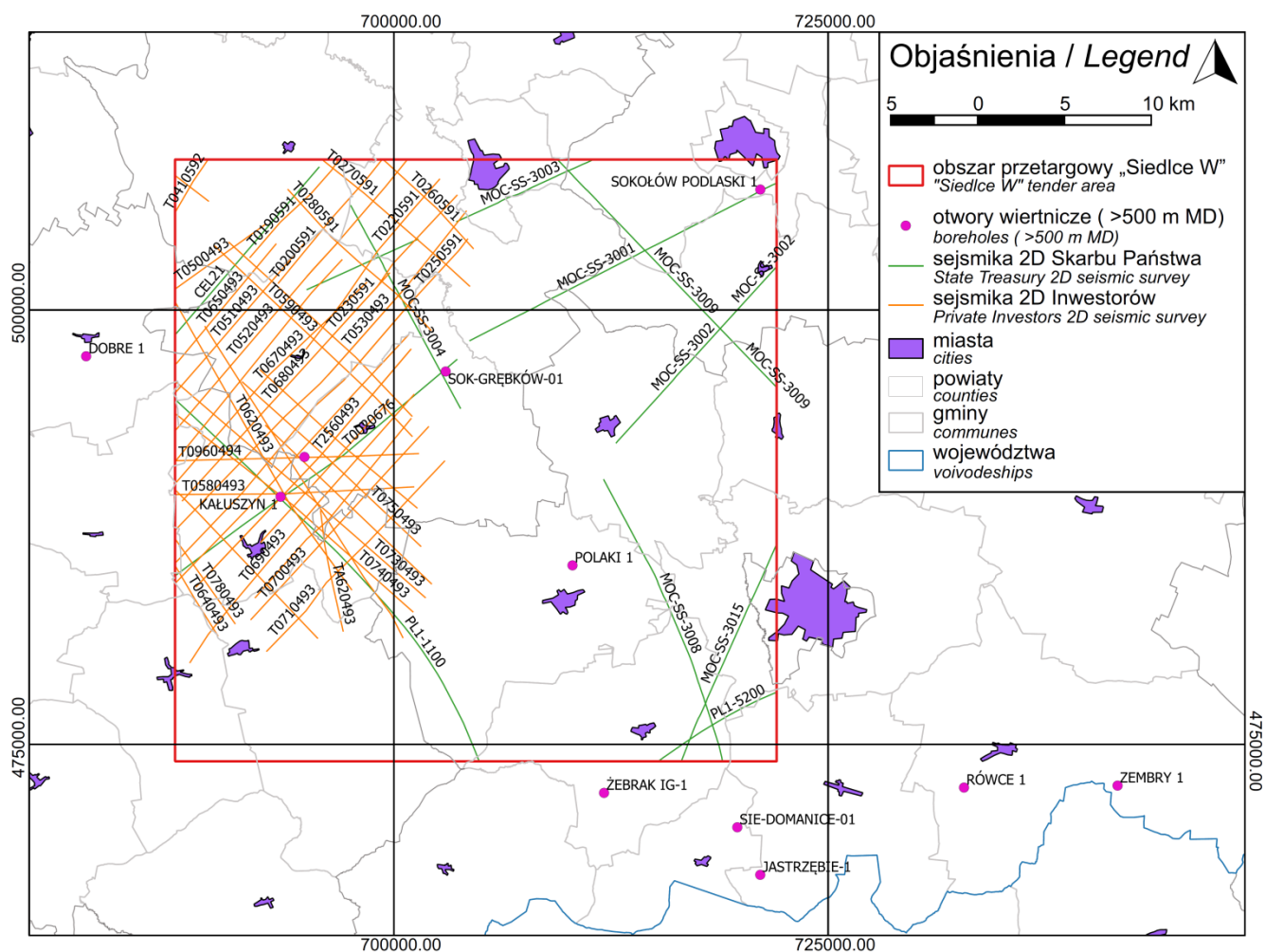


Fig. 6.2. Lokalizacja badań sejsmicznych przycięta do granic obszaru przetargowego „Siedlce W”.

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

Północna część obszaru przetargowego „Siedlce W” została pokryta półszczegółowym zdjęciem grawimetrycznym w ramach realizacji tematu „Obrzeżenie masywu Mazursko-Suwalskiego” (Lisowski, 1985; Fig. 7.1), które zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem $2,5 \text{ pkt/km}^2$. Pozostała część obszaru została objęta zdjęciem „Obniżenie Podlaskie” (Moryto i in., 1973) o nieco mniejszym zagęszczeniu punktów pomiarowych (2 pkt/km^2). Od południa obszar przetargowy „Siedlce W” graniczy ze zdjęciami „Kock – Łęczna” (Kruk, 1962) o zagęszczeniu 3 pkt/km^2 i „Lubelszczyzna” (Wasiak, 1968) o zagęszczeniu $1,5 \text{ pkt/km}^2$, a od wschodu ze zdjęciem „Siemiatycze – Łuków – Włodawa” (Bandura, Cieśla, 1985) o zagęszczeniu $2,5 \text{ pkt/km}^2$. Na opisywanym obszarze nie udokumentowano żadnych zdjęć o charakterze szczegółowym (czy to rozproszonych czy profilowych).

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 .

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 „Siedlce W” znajduje się w północnej części Niżu Podlasko-Lubelskiego – tzw. depresji białostockiej, związanej z granitoidowym masywem mazowieckim.

Dokumentacje grawimetryczne

1. Bandura, T., Cieśla, E. 1985. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Północno-wschodnia i wschodnia Polska, rejon: Siemiatycze – Łuków – Włodawa, 1984-1985 r. Inw. 2261, Arch. CAG PIG, Warszawa.
2. Kruk, B. 1962. Opracowanie półszczegółowych badań grawimetrycznych w rejonie Kock – Łęczna, 1961. Inw. 15838, Arch. CAG PIG, Warszawa.
3. Lisowski, K. 1985. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Obrzeżenie Masywu Mazursko-Suwalskiego, 1984. Kat. 45/109, Arch. CAG PIG, Warszawa.
4. Margul, B. 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium Warszawskie, 1969. Inw. 1583, Arch. CAG PIG, Warszawa.
5. Moryto, B., Pasik, J., Duda, W. 1973. Dokumentacja tymczasowa półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Obniżenie Podlaskie, 1972. Inw. 1736, Arch. CAG PIG, Warszawa.
6. Wasiak, J. 1968. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Lubelszczyzna, 1967. Inw. 1416, Arch. CAG PIG, Warszawa.

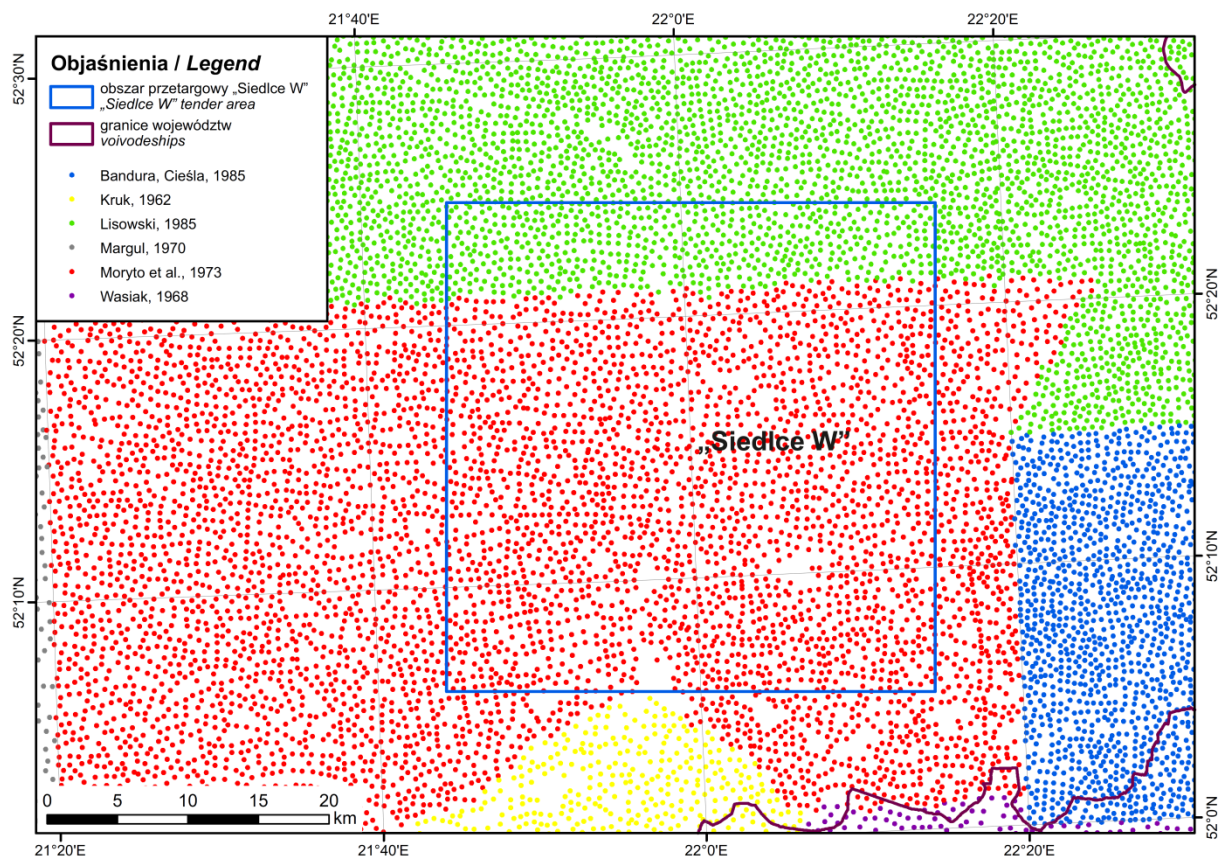


Fig. 7.1. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych i szczegółowych (profile grawimetryczne) na obszarze przetargowym „Siedlce W” (na podstawie danych CBDG, 2021).

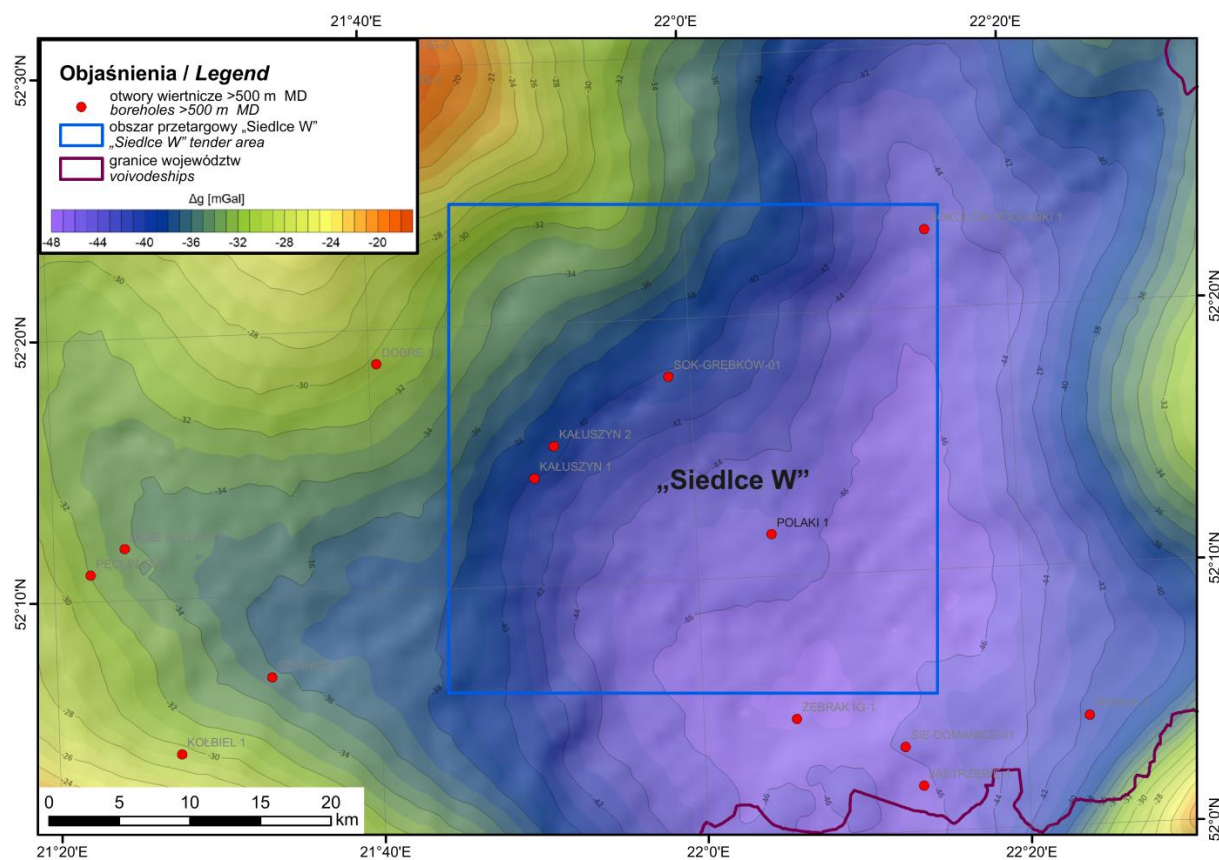


Fig. 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Królikowski i Petecki, 1995).

7.2. BADANIA MAGNETYCZNE

Pierwsze badania pola magnetycznego w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” wykonano pod koniec lat 50-tych ubiegłego wieku. Wykonano wówczas zdjęcie regionalne składowej pionowej ΔZ (Kozera, 1955; Orecki, 1955; Fig. 7.3), o średnim zagęszczeniu $0,33 \text{ pkt/km}^2$. Prace te posłużyły opracowaniu map anomalii ΔZ w skali $1 : 300\,000$ w cięciu arkuszy $1 : 100\,000$ (Dąbrowski i in., 1956), stając się bazą dla opracowań interpretacyjnych.

Obecnie obszar przetargowy „Siedlce W” jest pokryty rozproszonym zdjęciem magnetycznym o charakterze półszczegółowym „Brzeźna strefa platformy prekambryjskiej” (Kosobudzka, 2002). Zdjęcie to zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem 2 pkt/km^2 . Obecność zelektryfikowanych linii kolejowych (południowo wschodnia ćwiartka obszaru przetargowego „Siedlce W”) spowodowała konieczność zastosowania tzw. różnicowej metody pomiarów (Kosobudzka, 1998), co przejawia się charakterystycznym, pasmowym układem punktów pomiarowych. Wykonanie pomiarów w południowo zachodniej ćwiartce obszaru było zupełnie niemożliwe, ze względu na poziom szumu elektromagnetycznego pochodzącego z aglomeracji warszawskiej.

Od wschodu opisywane zdjęcie sąsiaduje ze zdjęciem „Siemiatycze – Łuków – Włodawa” (Bandura i Cieśla, 1985), o średniej zagęszczeniu pomiarów 3 pkt/km^2 . Na północny zachód od obszaru przetargowego „Siedlce W” wykonane zostało szczegółowe zdjęcie profilowe (uzupełnione zdjęciem rozproszonym) obejmującym tzw. Anomalię Tłuszcza (Orecki, 1956). Dwa, prostopadłe do siebie profile zostały wykonane z 100-metrowym krokiem pomiarowym.

Mapa anomalii całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego ΔT przedstawiona na Fig. 7.4 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 „Siedlce W” należy przypisać do domeny Mazowieckiej (*Md* – *Mazowsze domain*), któ-

ra związana jest głównie z granitoidami i paragnejsami podłoża krystalicznego (Williams i in., 2009; Krzemińska i Krzemiński, 2017). Silne dodatnie anomalie obecne na wschód i południe od obszaru przetargowego „Siedlce W” przynależą już do tzw. Strefy Podlasia (*Pz* – *Podlasie zone*), charakteryzującej się obecnością pasmowych anomalii o kierunku NE-SW, które zostały uznane za południowy fragment fennoskandyjskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego, graniczącej od NW z Sarmacją (Bogdanova i in., 2005; Krzemińska i Krzemiński, 2017).

Dokumentacje magnetyczne

1. Bandura, T., Cieśla, E. 1985. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Północno-wschodnia i wschodnia Polska, rejon: Siemiatycze – Łuków – Włodawa, 1984-1985 r. Inw. 2261, Arch. CAG PIG, Warszawa.
2. 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.
3. Kosobudzka, I. 2002. Półszczegółowa mapa magnetyczna T w brzeźnej strefie platformy prekambryjskiej, 1998-2002 rok. Inw. 1311/2002, 8117/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
4. 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.
5. Orecki, A. 1955. Sprawozdanie z regionalnych badań magnetycznych na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii w 1954r. Inw. 40599, Arch. CAG PIG, Warszawa.
6. Orecki, A. 1956. Sprawozdanie z półszczegółowego zdjęcia magnetycznego w rejonie Tłuszcza wykonanego przez III Grupę magnetyczną Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w roku 1955. Inw. 40616, Arch. CAG PIG, Warszawa.

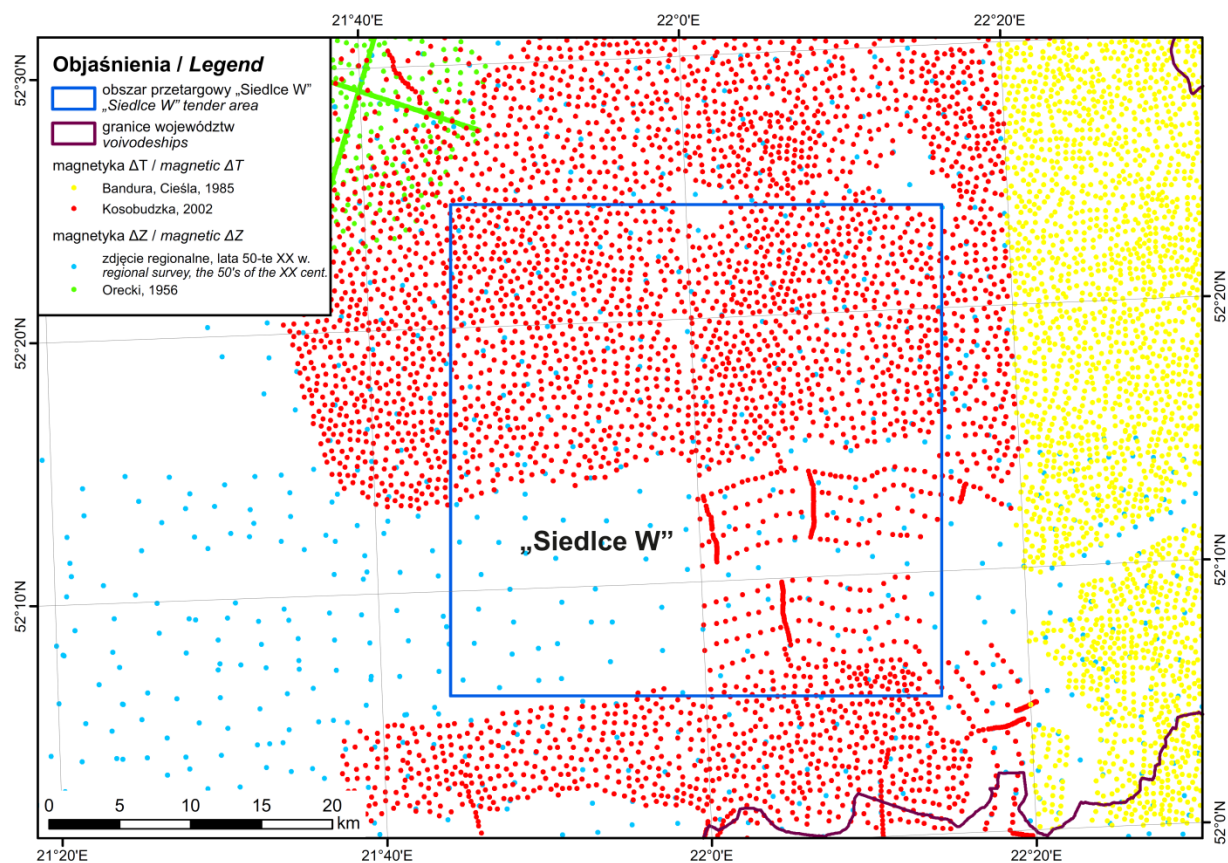


Fig. 7.3. Lokalizacja stanowisk pomiarowych modułu całkowitego wektora pola geomagnetycznego Z na obszarze przetargowym „Siedlce W” (na podstawie danych CBDG, 2021).

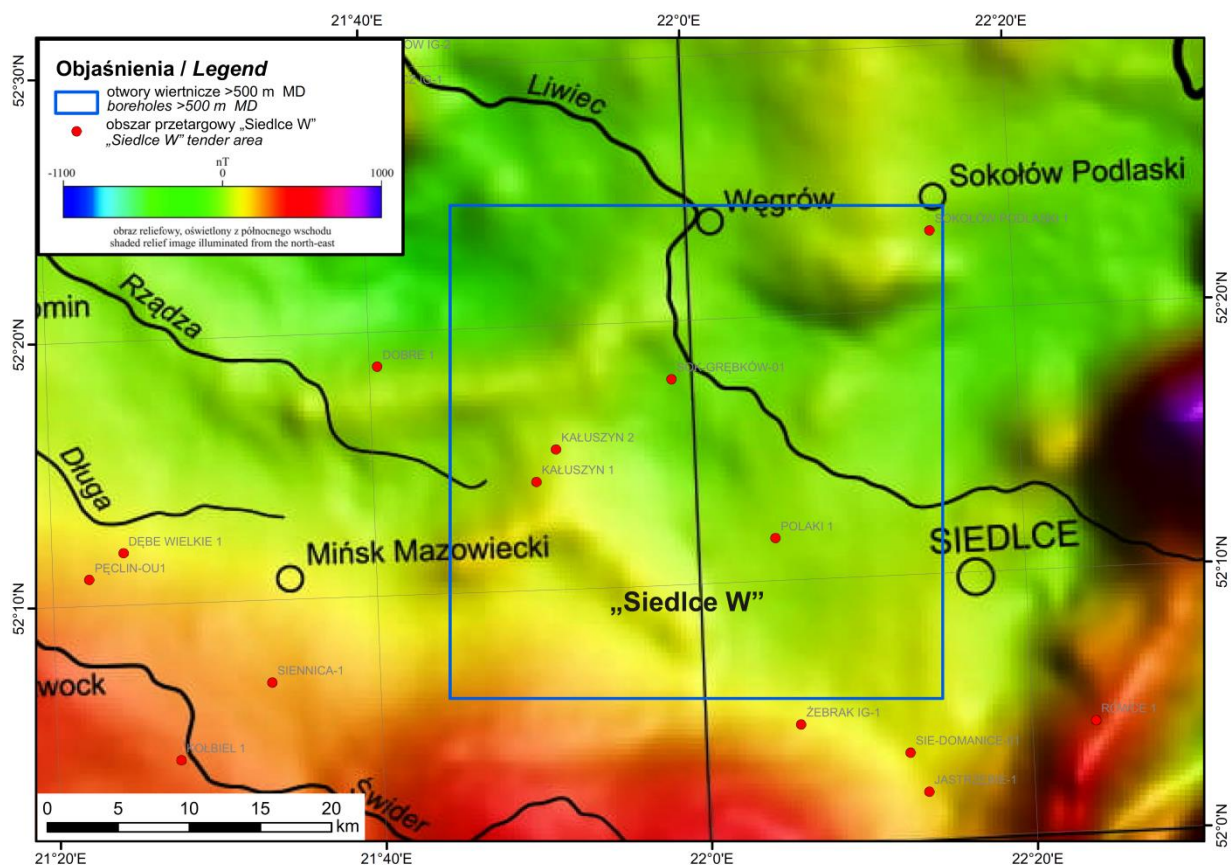


Fig. 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego T w rejonie obszaru przetargowego „Siedlce W” (Petecki, Rosowiecka, 2017).

7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE

W obrębie oraz w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru przetargowego „Siedlce W” nie wykonano żadnych prac magnetotellurycznych.

8. PODSUMOWANIE

Perspektywy naftowe poszczególnych horyzontów stratygraficznych oraz związane z nimi koncepcje poszukiwawcze na obszarze przetargowym „Siedlce W” 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 magnetoteluryki (rozdziały 3–7). Poniżej zestawiono najważniejsze informacje o obszarze przetargowym „Siedlce W” w formie karty informacyjnej, a także zaproponowano minimalny program fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej przyszłej koncesji, której zakres umożliwi odkrycie złoża.

smiki i grawimetrii, magnetyki i magnetoteluryki (rozdziały 3–7). Poniżej zestawiono najważniejsze informacje o obszarze przetargowym „Siedlce W” w formie karty informacyjnej, a także zaproponowano minimalny program fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej przyszłej koncesji, której zakres umożliwi odkrycie złoża.

Karta informacyjna obszaru przetargowego „Siedlce W”

Dane ogólne	Nazwa obszaru:	„SIEDLCE W”
	Lokalizacja:	<u>Na lądzie</u> Arkusze mapy topograficznej w skali 1 : 50 000: Liw 491, Węgrów 492, Sokołów Podlaski 493, Mińsk Mazowiecki 526, Kałuszyn 527, Mokobody 528, Siedlce Północ 529, Ceglów 562, Latowicz 563, Skórzec 564 i Siedlce Południe 565 Fragmenty bloków koncesyjnych nr: 216, 217, 236 i 237 Położenie administracyjne: województwo mazowieckie, powiat węgrowski, gminy: Korytnica (4,80%), Wierzbno (8,35%), Liw (9,03%), Węgrów (1,41%), Grębków (10,89%); powiat sokołowski, gminy: Sokołów Podlaski (3,45%), m. Sokołów Podlaski (0,29%), Bielany (5,52%); powiat miński, gminy: Dobre (0,96%), Jakubów (0,34%), Kałuszyn (7,82%), Ceglów (2,33%), Mrozy (8,14%); powiat Siedlce, gmina m. Siedlce (0,55%); powiat siedlecki, gminy: Kotuń (12,52%), Mokobody (9,94%), Siedlce (3,84%), Skórzec (6,74%), Suchożebry (2,32%), Wiśniew (0,76%), Wodynie (<0,01%)
	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]		1200,00
Rodzaj złoża		konwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej niekonwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej (<i>shale gas/shale oil</i>)
Piętra strukturalne		kenozoiczne laramijskie kaledońskie prekambryjskie
Systemy naftowe		I. dolnopaleozoiczny system naftowy, związany z piaskowcami kambru środkowego i dolnego (konwencjonalny system naftowy) II. dolnopaleozoiczny niekonwencjonalny system naftowy typu <i>shale gas/shale oil</i> (w skałach łupkowych syluru)
Skały zbiornikowe		I. piaskowce kambru środkowego i dolnego II. skały drobnoklastyczne syluru (wenloku)
Skały macierzyste		I. drobnoklastyczne utwory ordowiku (karadok, formacja z Sasina) i syluru (landower, formacje z Jantaru i Pasłęka, wenlok, formacja z Pelplina) II. drobnoklastyczne utwory syluru (wenlok, formacja z Pelplina)
Skały uszczelniające		I, II. skały drobnoklastyczne ordowiku i syluru I, II. skały drobnoklastyczne syluru
Typ pulapki		I. strukturalne, litologiczne, stratygraficzne lub kombinowane II. ciągłe
Złoża rozpoznane w pobliżu		brak
Zrealizowane zdjęcia sejsmiczne, rejon, (właściciel)		1976 Tłuszcz – Kock – Włodawa 2D, 1 profil (Skarb Państwa) 1991 Tłuszcz – Dęblin – Lublin 2D, 10 profili (PGNiG S.A.) 1992 Tłuszcz – Dęblin – Lublin 2D, 2 profile (PGNiG S.A.) 1993 Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno 2D, 32 profile (PGNiG S.A.) 1994 Kałuszyn – Dobrze – Wierzbno 2D, 1 profil (PGNiG S.A.)

	2011 Sokołów Podlaski 2D, 6 profili (Skarb Państwa) 2011 Siedlce 2D, 4 profile (Skarb Państwa) 2012 Poland SPAN, 2 profile (Skarb Państwa)
Otwory reperowe (głębokość)	Polaki 1 (2780,7 m), SOK-Grębków-01 (2243,0 m), Sokołów Podlaski 1 (1171,0 m), Kałuszyn 1 (3190,0 m), Kałuszyn 2 (2480,0 m), Dobre 1 (2841,9 m), Rówce (2067,0 m), Tłuszcz IG-1 (2953,8 m), Żebrak IG-1 (2472,2 m)

Proponowany minimalny program prac fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej

- interpretacja i analiza archiwalnych danych geologicznych
- wykonanie badań sejsmicznych 2D (150 km PW) albo 3D (50 km²)
- wykonanie jednego odwiertu wiertniczego sięgającego utworów kambru o maksymalnej głębokości 3500 m TVD wraz z obligatoryjnym rdzeniowaniem interwałów perspektywicznych

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- **Areń, B. 1966.** Dokumentacja wynikowa otworu Tłuszcz IG-1. Inw. 69444, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Areń, B. 1974.** Tłuszcz IG-1. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, 13.
- **Areń, B., Lendzion, K. 1978.** Charakterystyka stratygraficzno-litologiczna wendy i kambru dolnego. [W:] Areń B. [red.], Wybrane problemy stratygrafii i litologii wendy oraz dolnego kambru na platformie prekambryjskiej w Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego*, 90, 7–43.
- **Balwierz J., Piwowarski, T. 2006.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” ark. Liw (491). Inw. 3988/2007, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Bandura, T., Cieśla, E. 1985.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Północno-wschodnia i wschodnia Polska, rejon: Siemiatycze – Łuków – Włodawa, 1984-1985 r. Inw. 2261, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Blus, R., Szczypa, Z. 1973.** Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1972. Inw. 44269, Obo/1438, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Bogdanova, S., V., Gorbatshev, R., Garetzky, R., G. 2005.** The East European Craton. [W:] Selley, R.C., Cocks, L.R., Plimer, I.R. [red.], *Encyclopedia of Geology*. Elsevier, Amsterdam: 34–49.
- **Bojarski, L., Sadurski, A. 2000.** Wody podziemne głębokich systemów krążenia na Niżu Polskim. *Przegląd Geologiczny*, 48, 587–595.
- **Botor, D., Golonka, J., Zająć, J., Papiernik, B., Guzy, P. 2017.** Generowanie i ekspulsja węglowodorów w utworach dolnopaleozoicznych w obszarze SW skłonu wschodnioeuropejskiej platformy prekambryjskiej w NE Polsce: Implikacje dla poszukiwa złóż niekonwencjonalnych. [W:] Golonka J., Bębenek S. [red.], *Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów*, 423–451. Wydawnictwo Arka.
- **Botor, D., Golonka, J., Anczkiewicz, A., Dunkl, I., Papiernik, B., Zająć, 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, 381–403.
- **Botor, D., Golonka, J., Zająć, 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.
- **Buniak, A., Mikołajewski, Z., Wagner, R. 2013a.** Mapa paleogeograficzna wapienia cechsztyńskiego (Ca1), 1 : 500 000. PGNiG, Departament Poszukiwania Złóż, Ośrodek Północ w Pile; Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Buniak, A., Kwolek, K., Nowicka, A., Dyjaczynski, K., Papiernik, B., Peryt, T., Protas, A., Wagner, R. 2013b.** 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>
- **Conway, M. 2011.** Fluid sensitivity analyses; Fluid sensitivity and shale stability report for Marathon Petroleum Eastern Ltd., P305, P306, P315, Poland; Isostatic & triax stress path [Zakaz udostępniania i wglądu – informacja geologiczna pochodzi z bieżącego dokumentowania przebiegu robót geologicznych]. Inw. 2513/2015, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Czaja, E. 1992.** Opracowanie pomiarów średnich prędkości w odwiercie Kałuszyn 1. K14 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.

- **Dadlez, R. 1998.** Epikontynentalne baseny sedymentacyjne w Polsce, od dewonu po kredę – zależności rozwoju od budowy skorupy krystalicznej. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **165**, 17–30.
- **Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J. 2000.** Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, 1 : 1 000 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **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.
- **Dembicki, H. 2017.** Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production. Elsevier.
- **Dobkowska A., Janica R., Kapuściński J. 2004.** Dokumentacja hydrogeologiczna określającą zasoby dyspozycyjne wód podziemnych czwartorzędowego piętra wodonośnego na obszarze zlewni Bugu od granicy państwa do Zbiornika Zegrzyńskiego, Warszawa. Inw. 311/2004, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Drzewiński, C. 1964.** Sprawozdanie z pomiarów ciężarów objętościowych skał za 1963 rok. Inw. 17238, 3134/46, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Feldman-Olszewska, A., Roszkowska-Remin, J. 2016.** Litofacje formacji perspektywicznych dla gazu i ropy w łupkach w utworach ordowiku i syluru na obszarach bałtyckim i podlasko-lubelskim. *Przegląd Geologiczny*, **64**, 968–975.
- **Garbacik, Z. 1973.** Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Rówce 1. Inw. 117855, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Gliniak, P., Hoffmann, A., Pachciarek, T., Popczyk, R., Schnabel, W., Starzec, K., Szotek, A., Wójcik, I. 2013.** Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem złoża kopalin prowadzonych przez Marathon Oil Polska Sp. z o.o. w ramach koncesji nr 33/2010/p na obszarze „Sokołów Podlaski” (część bloków koncesyjnych nr 196, 197, 216, 217 i 237). Inw. 787/2014, 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.
- **Hulboj, A. 2004.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Sokołów Podlaski (493). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Hulboj, A., Kapuściński, J., Barszczewska, M., Nowak, K. 2011.** Dodatek do dokumentacji określającej warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia stref ochronnych zbiornika wód podziemnych w utworach czwartorzędowych – GZWP nr 223 – doliny kopalnej górnego Liwca. Inw. 63/2012 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Jagielska, L. 1966.** Mikroflora w utworach eokambriu i dolnego kambriu wschodniej Polski. *Kwartalnik Geologiczny*, **10**, 251–261.
- **Jagiello, D., Krysińska, A. 1996.** Dokumentacja wynikowa otworu Kałuszyn 2. Inw. 1500/2021, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kądzioła, A., Madej, H. 1971.** Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Polaki 1. SPR/464, Arch. PGNiG S.A, Warszawa.
- **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:] Gołonka J., Bębenek S.[red.], Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, 150–190. Wydawnictwo Arka.
- **Kielbasa, H., Kowalska-Łącka, M. 1972.** Dokumentacja wynikowa otworu strukturalno-parametrycznego Polaki 1. Inw. 114081, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kiersnowski, H., Dyrka, I. 2013.** Ordovician-Silurian shale gas resources potential in Poland: Evaluation of Gas Resources Assessment Reports published to date and expected improvements for 2014 forthcoming Assessment, **61**, 636–656.

- **Kiersnowski, H., Waśkiewicz, K., Buniak, A. 2020.** Mapa litofacji stropu osadów czerwonego spągowca górnego. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Kocoń, S., Madej, H. 1973.** Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Rówce 1. R92 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kondracki, J. 2013.** Geografia regionalna Polski. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- **Kopeć, K., Wańczyk, S. 2018.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”, ark. Sokołów Podlaski (493). Inw. 6585/2018 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kopeć, K., Ptak, U., Wańczyk, S. 2019.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” ark. Węgrów (492). Inw. 6586/2018 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kos, J., Maniecka, A., Jarosz, M. 2018.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” ark. Mokobody (528). Inw. 6617/2018 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Kosakowski, P., Kotarba, M. J., Piestrzyński, A., Shogenova, A., Więclaw, D. 2017.** Petroleum source rock evaluation of the Alum and Dictyonema Shales (Upper Cambrian–Lower Ordovician) in the Baltic Basin and Podlasie Depression (eastern Poland). *International Journal of Earth Sciences*, **106**, 743–761.
- **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.
- **Kotański, Z. 1997.** Atlas Geologiczny Polski: mapy geologiczne ścięcia poziomego, 1 : 750 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Kowalska-Lącka, M., Jagiello, D. 1971.** Dokumentacja wynikowa otworu wiertniczego (oporowego) Sokołów Podlaski 1. Inw. 110507, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **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.
- **Krach, B., Madej, H. 1968.** Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Dobre 1. ŚPR/243, Arch. PGNiG S.A, Warszawa.
- **Krach, B., Sacharanowa, A. 1958.** Sprawozdanie z pomiaru średnich prędkości w otworze Żebrak IG-1. Ż9 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Królikowski, C., Petecki, Z. 1995.** Atlas grawimetryczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
- **Kruk, B. 1962.** Opracowanie półszczegółowych badań grawimetrycznych w rejonie Kock – Łęczna, 1961. Inw. 15838, Arch. CAG PIG, 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., Kufrasa, M., Stachowska, A., Stypa, A. 2018.** Neoproterozoiczna, paleozoiczna i mezozoiczna ewolucja tektoniczna basenu podlasko-lubelskiego: nowe wyniki interpretacji danych sejsmicznych. Materiały konferencyjne LXXXVI Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego (streszczenie referatu), 16–21.
- **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.

- **Kufrasa, M., Slonka, Ł., Krzywiec, P., Dzwinel, K., Zacharski J. 2018.** Fracture pattern of the Lower Paleozoic sedimentary cover in the Lublin Basin of southeastern Poland derived from seismic attribute analysis and structural restoration. *Interpretation*, 6, SH73–SH89.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1964.** Bentonity sylurskie na Niżu Polskim. *Kwartalnik Geologiczny*, 8.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1967.** Petrografia ordowiku i syluru na Niżu Polskim. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 197, 115–328.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1971a.** Nowe dane o petrografii ordowiku i syluru na Niżu Polskim. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 245, 253–341.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1971b.** Bentonity Polskie ordowiku i syluru. Sprawozdanie z Posiedzeń Komitetu Oddziału PAN w Krakowie, 14.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1974.** Ordowik. Skały platformy prekambryjskiej w Polsce, cz. 2. Pokrywa osadowa. *Prace Instytutu Geologicznego*, 74, 48–60.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1979.** Ordovician and Silurian bentonites of the Polish Lowland. Eight Conference on clay Mineralogy and Petrology, Teplice, 251–255.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1981.** Notes of Polish bentonites of Ordovician and Silurian age. 7th AIPEA International Clay Conference, Bologna-Pavia. Abstracts, 178–179.
- **Langier-Kuźniarowa, A. 1990.** Analiza występowania skał piroklastycznych jako poziomów korelacyjnych w utworach paleozoicznych Niżu Polskiego. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Lendzion, K. 1956.** Dokumentacja geologiczna otworu: Żebrak IG-1. Inw. 9264,4034/39, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Lendzion, K. 1975.** Żebrak IG 1. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, 28.
- **Lendzion, K. 1983.** Rozwój kambryjskich osadów platformowych Polski. *Prace Instytutu Geologicznego*, 105, 1–55.
- **Lendzion, K., Wszeborski, A. 1963.** Dokumentacja wynikowa otworu Żebrak IG-1. Inw. 51766, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Leszczyńska, D., Balcerowicz, H., Czaja, E. 1995.** Opracowanie pomiarów średnich prędkości i pionowego profilowania sejsmicznego w odwiercie Kałuszyn 2. K15 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Leśniak, J., Hotłoś, Ł. 2018.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” ark. Kałuszyn (527). Inw. 6606/2018 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Lisowski, K. 1985.** Dokumentacja półszczełowych badań grawimetrycznych. Temat: Obrzeżenie Masywu Mazursko-Suwalskiego, 1984. Kat. 45/109, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Łabęcki, J. 1992.** Katodoluminescencja i fluorescencja w poszukiwaniu złóż węglowodorów. *Nafta-Gaz*, 5–6, 134–153.
- **Madejski, C., Madejska, M. 1998.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Liw (0491). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Madejski, C., Madejska, E. 2000a.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Skórzec (564). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Madejska, E., Madejski, C. 2000b.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Siedlce Północ (529). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Magoon, L. B., Dow, W.G. 1994.** The Petroleum System: Chapter 1: Part I. Introduction. *AAPG Special Volumes*, 77, 3–24.
- **Margul, B. 1970.** Dokumentacja półszczełowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium Warszawskie, 1969. Inw. 1583, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Meszczyński, J., Kadłubowska, W. 1998a.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Latowicz (563). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Meszczyński, J., Kadłubowska, W. 1998b.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Cegłów (562). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Meszczyński, J., Szydeł, Z. 1998a.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali

- 1 : 50 000, ark. Kałuszyn (527). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Meszczynski, J., Szydel, Z. 1998b.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Mińsk Mazowiecki (526). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
 - **MIDAS, 2021.** System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych Polski. <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/midas>
 - **Mikołajków, J., Sadurski, A. (red.), 2017.** Informator PSH Główny Zbiorniki Wód Podziemnych w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
 - **Moczydlowska, M. 1991.** Acritarch biostratigraphy of the Lower Cambrian and the Precambrian-Cambrian boundary in south-eastern Poland. *Fossils and Strata*, **29**, 1–127.
 - **Modliński, Z. 1973.** Stratygrafia i rozwój ordowiku w północno-wschodniej Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego*, **72**.
 - **Modliński, Z. 1982.** Rozwój litofacyjny i paleotektoniczny ordowiku na obszarze platformy prekambryjskiej w Polsce. *Prace Instytutu Geologicznego*, **102**.
 - **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*, **41**, 273–288.
 - **Modliński, Z., Szymański, B. 1997.** The Ordovician lithostratigraphy of the Peribaltic Depression (NE Poland). *Geological Quarterly*, **41**, 273–288.
 - **Modliński, Z., Szymański, B. 2008.** Litostratygrafia ordowiku w obniżeniu podlaskim I w podłożu niecki płocko-warszawskiej (wschodnia Polska). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **430**, 79–112.
 - **Modliński, Z., Szymański, B., Teller, L. 2006.** Litostratygrafia syluru polskiej części obniżenia perybałtyckiego – część lądowa i morska (N Polska). *Przegląd Geologiczny*, **54**, 787–796.
 - **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.
 - **Moryto, B., Pasik, J., Duda, W. 1973.** Dokumentacja tymczasowa półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Obniżenie Podlaskie, 1972. Inw. 1736, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Nawrocki, J., Becker, A. (red.), 2017.** Atlas Geologiczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
 - **Orecki, A. 1955.** Sprawozdanie z regionalnych badań magnetycznych na północnym Mazowszu, Mazurach i Warmii w 1954r. Inw. 40599, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Orecki, A. 1956.** Sprawozdanie z półszczegółowego zdjęcia magnetycznego w rejonie Łuszcza wykonanego przez III Grupę magnetyczną Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w roku 1955. Inw. 40616, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Paczeńska, J. 2008.** Kambr. [W:] Paczeńska, J. 2008 [red.], Łopiennik IG 1. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **123**, 102–128.
 - **Paczyński, B., Sadurski, A. (red.), 2007.** Hydrogeologia regionalna Polski, tom I – wody słodkie, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
 - **Papiernik, B., Botor, D., Golonk, 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.
 - **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.
 - **Petijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R. 1972.** Sand and sandstone. Springer Verlag, Berlin.
 - **Podhalańska, T. 2017.** Biostratygrafia ordowiku i syluru zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego. [W:] Golonka J., Bębenek S. 2-17 [red.], Opracowanie

- map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia niekonwencjonalnych złóż węglowodorów, 116–143. Wydawnictwo Arka.
- **Podhalańska, T. 2019.** Graptolite biostratigraphy and dating of the Ordovician–Silurian shale succession of the SW slope of the East European Craton. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 429–452.
 - **Podhalańska, T., Modliński, Z., Szymański, B. 2010.** Nowelizacja stratygrafii syluru brzeżnej części kratonu wschodnioeuropejskiego (obszar Lubelszczyzny i Podlasia). Inw. 139/2020, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Podhalańska, T., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Dyrka, I., Feldman-Olszewska, A., Gluszyński, A., Grotek, I., Janas, M., Jarmolowicz-Szulc, K., Jachowicz, M., Karcz, P., Klimuszek, E., Kozłowska, A., Krzyżak, E., Kuberska, M., Nowak, G., Pachytel, R., Paczeńska, J., Roman, M., Sikorska-Jaworowska, M., Skowroński, L., Sobieć, K., Trela, W., Trzepierczyńska, A., Waksmundzka, M. I., Wołkowicz, K., Wójcicki, A. 2016.** Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie psg, etap I, Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Inw. 4878/2016, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Podhalańska, T., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Dyrka, I., Feldman-Olszewska, A., Gluszyński, A., Grotek, I., Janas, M., Jarmolowicz-Szulc, K., Jachowicz, M., Karcz, P., Klimuszek, E., Kozłowska, A., Krzyżak, E., Kuberska, M., Nowak, G., Pachytel, R., Paczeńska, J., Roman, M., Sikorska-Jaworowska, M., Skowroński, L., Sobieć, K., Trela, W., Trzepierczyńska, A., Waksmundzka, M. I., Wołkowicz, K., Wójcicki, A. 2018.** Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie psg, etap II, Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Inw. 9051/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Podhalańska, T., Feldman-Olszewska, A., Roszkowska-Remin, J., Janas, M., Pachytel, R., Gluszyński, 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 Quarterly*, **64**, 342–376.
 - **Poprawa, P. 2006.** Neoproterozoiczny rozpad superkontynentu Rodinii/Pannotii – zapis w rozwoju basenów osadowych na zachodnim skłonie Baltiki. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **186**, 165–188.
 - **Poprawa, P. 2010.** Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim 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. 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.
 - **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, 144–149. Wydawnictwo Arka.
 - **Porębski, S., Podhalańska, T. 2019.** Ordovician–Silurian lithostratigraphy of the East European Craton in Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**: 95–104.
 - **Reczek, D., Biedroński, G. 2018.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 „pierwszy poziom

- wodonośny – występowanie i hydrodynamika”, ark. Mińsk Mazowiecki (526). Inw. 6607/2018, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Rosowiecka, O. 2011.** Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju. Inw. 3603/2014, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Sapula, I. 1966.** Zestawienie wyników badań termicznych wykonanych w SE części Niżu Polskiego (otwory: Tomaszów Lub. IG-1, Tyszowce IG-1, Dorohucz IG-1, Magnuszew IG-1, Żyrzyn IG-1, Żebrak IG-1, Radzyń IG-1, Mielnik IG-1). Inw. 27928, 3936/101, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Sawaryn, M. 1963.** Sprawozdanie z pomiaru średnich prędkości w otworze Tłuszcz IG-1. T18 VS, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Sikorska, M. 1998.** Rola diagenety w kształtowaniu przestrzeni porowej piaskowców kambru z polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **164**.
 - **Sikorska-Jaworowska, M., Kuberska, M., Kozłowska, A. 2016.** Petrografia i mineralogia łupków niższego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego oraz piaskowców karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. *Przegląd Geologiczny*, **64**, 963–967.
 - **Sokołowski, A. 2000.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Mokobody (528). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
 - **Solon, J., Borzyszkowski, J., Bidlasik, M., Richling, A., Badora, K., Balon, J., Brzezińska-Wójcik, T., Chabudziński, Ł., Dobrowolski, R., Grzegorzczak, 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., Terpilowski, S., Ziaja, W. 2018.** Physico-geographical mesoregions of Poland - verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, **91**.
 - **Stadnik, R., Bębenek, S., Waśkowska, A. 2019.** Facies Architecture of the Cambrian Deposits of the Baltica Shelf in the Lublin Basin, SE Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**, 105–120.
 - **Stolarczyk, F., Stolarczyk, J., Wysocka, H., Buchelt, M. 1997.** Strefy perspektywiczne dla występowania węglowodorów w kambrze lubelsko-podlaskiej części starej platformy. *Przegląd Geologiczny*, **45**, 171–175.
 - **Stolarczyk, F., Stolarczyk, J., Wysocka, H. 2004.** Perspektywiczne obszary poszukiwań węglowodorów w kambrze polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. *Przegląd Geologiczny*, **52**, 403–412.
 - **Stolarczyk, J., Kowalska-Łącka, M., Pyk, B., Kruczak, E. 1970.** Dokumentacja wyników otworu geologiczno-strukturalnego Dobrze 1. Inw. 108040, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Szostak, I., Blus, R. 1971.** Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1971. Inw. 43960, ObO/1269, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Szydeł, Z. 2000.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Węgrów (0492). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
 - **Tomczyk, H. 1975.** Sylur. [W:] Lendzion, K. 1975 [red.], Żebrak IG-1. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, **28**.
 - **Tomczykowa, E., Tomczyk, H. 1979.** Middle Silurian in the Podlasie Depression (Eastern Poland). *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, **318**, 59–103.
 - **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.
 - **Wasiak, J. 1968.** Dokumentacja półszczytowych badań grawimetrycznych. Temat: Lubelszczyzna, 1967. Inw. 1416, Arch. CAG PIG, Warszawa.
 - **Williams, I.S., Krzemińska, E., Wisniewska, J. 2009.** An extension of the Svecofennian orogenic province into NE Poland: evidence from geochemistry and detrital zircon from Paleoproterozoic paragneisses. *Precambrian Research*, **172**, 234–254.

- **Wójcicki, A., Dyrka, I., Kiersnowski, H., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Gluszyński, A., Janas, M., Karcz, P., Kozłowska, A., Kuberska, M., Paczeńska, J., Podhalańska, T., Skowroński, L., Waksmundzka, M. I. 2017.** Prognostyczne zasoby gazu ziemnego i ropy naftowej w skałach łupkowych dolnego paleozoiku w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim i w strefie Biłgoraj-Narol w Polsce. W: Szacowanie zasobów złóż węglowodórów – zadanie ciągłe psg, I etap. Opracowanie końcowe, Inw. 9046/2019, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Zawierucha, K., Karelus, U. 1992.** Dokumentacja wynikowa otworu Kałuszyn 1. Inw. 133430, Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Zhao, J., Cao, Q., Bai, Y., Li, J., Er, C., Wu, W. 2016.** Petroleum system: From conventional to unconventional. International Conference and Exhibition, Barcelona, Spain, 3-6 April 2016, 213–213.
- **Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Ślaczka, A., Żaba, J., Żytko, K. 2011.** Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.
- **Życzkowska, M., Pawelec, K. 2018.** Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”, ark. Siedlce Północ (529). Inw. 6615/2018, Arch. CAG PIG, Warszawa.