

Spis treści

Spis treści.....	1
1.1.14 ZEBRANIE SZCZEGÓŁOWYCH INFORMACJI GEOLOGICZNYCH, GEOFIZYCZNYCH, HYDROGEOLOGICZNYCH, ZŁOŻOWYCH, GEOMECHANICZNYCH.....	4
Obiekt solankowy w rejonie Bełchatowa	4
Analizy danych z otworów wiertniczych (PIG-PIB, INiG, GIG, AGH)	5
Mapy sejsmiczne formacji mezozoiku oraz wyniki innych badań geofizycznych (PIG-PIB, PBG).....	12
Oddziaływania CO ₂ -skała-płyny złożowe (IGSMiE PAN)	15
Obiekt solankowy w rejonie GZW	18
Charakterystyka hydrodynamiczna rejonu Cieszyn-Skoczów-Czechowice (GIG).....	24
Parametry złożowe serii węglanowej w południowej części GZW (rejon Bielska) (AGH)	29
Własności zbiornikowe i filtracyjne dla rozpatrywanego obiektu (INiG)	34
Analiza danych grawimetrycznych (PBG)	36
Trzeci obiekt solankowy	40
Informacje geologiczne o parametrach złożowych trzeciego obiektu solankowego (AGH)	48
Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych- rejon Choszczna (PBG)	57
Badania Grawimetryczne	58
Opracowania kompleksowe	60
Badania magnetyczne	60
Badania geoelektryczne	60
Oddziaływanie CO ₂ -skała-płyny złożowe-struktura Choszczno i Suliszewo (IGSMiE PAN)	66
Wyniki badań mineralogicznych.....	68
Modelowanie geochemiczne na podstawie danych z próbek otworowych Pławno 1 i Radęcin 1 przy użyciu programu PHREEQC	73
Podsumowanie.....	93
Zebranie informacji dotyczących własności zbiornikowych i filtracyjnych dla trzeciego obiektu w poziomach solankowych (rejon Grodziska Wielkopolskiego) (INiG).....	114

Geologiczno – złożowa charakterystyka złóż gazu ziemnego ze szczególnym uwzględnieniem porowatości i przepuszczalności	121
Zebranie danych	224
Podsumowanie	235
Parametry hydrogeologiczne oraz próba oceny rozprzestrzenienia się CO ₂ w mediach złożowych-Rejon Choszczna (GIG).....	236
Budowa geologiczna rejonu Choszczna oraz zarys tektoniki	236
Warunki hydrogeologiczne	245
Reżim hydrodynamiczny i warunki składowania dwutlenku węgla.....	271
Podsumowanie.....	273
Struktury naftowe.....	275
Informacje geologiczne o parametrach złożowych dla charakterystyki struktury naftowej na przykładzie złoża Wilków (AGH)	278
Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych w rejonie struktury Wilków (PBG)	283
Badania grawimetryczne	283
Badania magnetyczne	284
Badania geoelektryczne	285
Oddziaływanie CO ₂ -skała-płyny złożowe dla struktury Wilków (IGSMiE PAN)	288
Wyniki badań mineralogicznych.....	290
Modelowanie geochemiczne na podstawie danych z próbek otworowych: Wilków 12 i Wilków 13 przy użyciu programu PHREEQC	314
Podsumowanie.....	328
Zebranie informacji dotyczących własności zbiornikowych i filtracyjnych dla obiektu Nosówka (INiG)329	
Analiza danych geofizyki wiertniczej pod kątem oceny możliwości występowania nasyceń węglowodorami w utworach miocenu autochtonicznego w odwiercie Nosówka-7.....	353
Podsumowanie.....	354
Obiekt w pokładach węgla	355
Charakterystyka parametrów hydrodynamicznych obiektów w pokładach węgla w rejonie GZW (GIG)359	

Analiza parametrów hydrogeologicznych poziomów wodonośnych w rejonie wytypowanych zbiorników	359
Zawodnienie i parametry hydrogeologiczne węgla kamiennych	368
Analiza reżimu hydrodynamicznego w rejonie potencjalnych zbiorników CO ₂ w pokładach węgla	369
Podsumowanie	375
Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych w rejonie MPW (PBG)	384
Badania grawimetryczne	384
Badania magnetyczne	385
Badania geoelektryczne	385

1.1.14 ZEBRANIE SZCZEGÓŁOWYCH INFORMACJI GEOLOGICZNYCH, GEOFIZYCZNYCH, HYDROGEOLOGICZNYCH, ZŁOŻOWYCH, GEOMECHANICZNYCH

Obiekt solankowy w rejonie Bełchatowa

Prace wykonał zespół obejmujący wszystkich partnerów konsorcjum (**PIG-PIB, AGH, GIG, IGSMiE PAN, INiG i PBG**).

W ramach tego zadania opracowano, na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, wstępną charakterystykę obszaru potencjalnego składowiska i jego otoczenia. Opracowano przy tym bazę informacji dotyczących struktury Budziszewice-Zaosie i przeanalizowano następujące problemy:

- występowanie zagrożeń sejsmicznością (brak naturalnych trzęsień Ziemi o magnitudzie ponad 4 stopnia w skali Richtera w tym rejonie Niżu Polskiego w ciągu ostatnich 800 lat -wg <http://www.staff.amu.edu.pl/~sgp/gw/tzpl/gwtzpl.html>; na obszarze kopalni węgla brunatnego Bełchatów - 60 km na SE, w roku 1980 wystąpiło trzęsienie o magnitudzie 4.6 Richtera spowodowane działalnością górniczą);
- możliwości wycieków dwutlenku węgla ze składowiska (przeanalizowano to generalnie w raporcie z I Segmentu - Wójcicki, 2009 – brak, w świetle aktualnie dostępnych danych, walnych stref uskokowych przecinających nadkład kolektorów dolnej jury wyklucza wycieki na większą skalę, natomiast problemem może być lokalnie szczelność starych, zlikwidowanych otworów nawiercających dolną jurę oraz jakość i wytrzymałość nadkładu uszczelniającego);
- możliwości oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi oraz środowisko (ewentualne awarie na miejscu zatłaczania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi na powierzchni, a niedostateczna jakość i wytrzymałość nadkładu uszczelniającego może spowodować przedostanie się dwutlenku węgla do płytszych kolektorów, zawierających wody wystodzone i słodkie, a więc potencjalnie użytkowe);
- występowanie konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i węglowodorów; w rejonie potencjalnego składowiska nie prowadzi się podziemnej eksploatacji złóż surowców mineralnych; występuje tu górnourajski nieudokumentowany GZWP Koluszki-Tomaszów o głębokości ujęć dochodzącej do 200 metrów - ale ujęcia te znajdują się poza kulminacją struktury; na SE od obrysu struktury znajduje się obszar zurbanizowany Tomaszowa Mazowieckiego, na NW miasto Koluszki, a w obrysie parę mniejszych skupisk miejskich i wiejskich; obszary chronione NATURA 2000 znajdują się poza obrysem struktury, w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego - patrz Fig. 1.1.14_1 i 1.1.14_5), dostępność przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla (będzie to w pierwszej kolejności instalacja demonstracyjna PGE Bełchatów, ale w sąsiedztwie potencjalnego składowiska mamy jeszcze aglomerację łódzką);
- możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do potencjalnego składowiska (brak jest poważniejszych przeszkód na drodze z elektrowni Bełchatów do rejonu Budziszewice-Zaosie, natomiast ostateczne wytyczenie trasy wymagać będzie uzgodnień pomiędzy inwestorem a właścicielami gruntów).

Analizy danych z otworów wiertniczych (PIG-PIB, INiG, GIG, AGH)

(Adam Wójcicki, Teresa Adamczak-Biały, Magdalena Sikorska-Jaworowska)

(Grzegorz Leśniak, Małgorzata Włodarczyk, Barbara Darlak, Lidia Dudek)

(Robert Warzecha)

(Jan Macuda, Stanisław Nagy, Bartosz Papiernik, Czesław Rybicki, Rafał Smulski, Ludwik Zawisza)

W rejonie badań znajduje się 5 otworów o głębokości ponad 3000 metrów, przewiercających cały mezozoik (Budziszewice IG-1, Buków-1, Buków-2, Zaosie-1, Zaosie-3) oraz jeden sięgający do środkowego triasu (Zaosie-2). Otwory te zostały odwiercone w latach 1978-1989. Otwory te są stosunkowo dobrze opróbowane i dostępne są dla nich bogate informacje geologiczne (patrz **Tabela 1.1.14_1**), zarówno archiwalne jak i nowe, opracowane w ramach niniejszego tematu. Ponadto na sąsiedniej strukturze Jeżów mamy doskonale opróbowany otwór Jeżów IG-1 (**Fig. 1.1.14_1**).

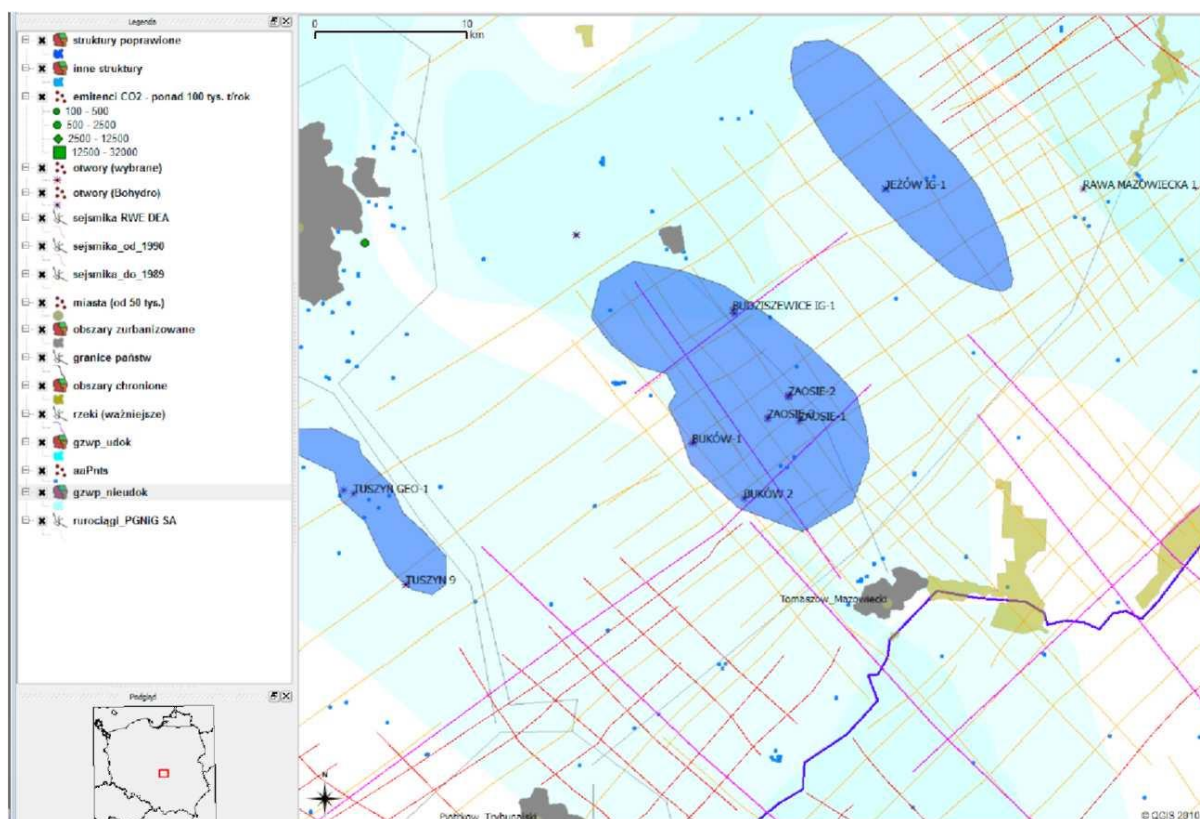


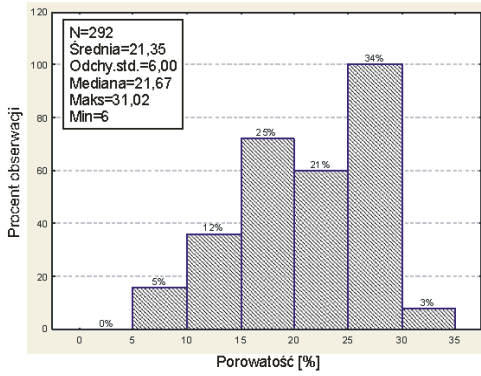
Fig.1.1.14_1Struktura Budziszewice-Zaosie.

Tabela 1.1.14_1 Baza informacji o otworach.

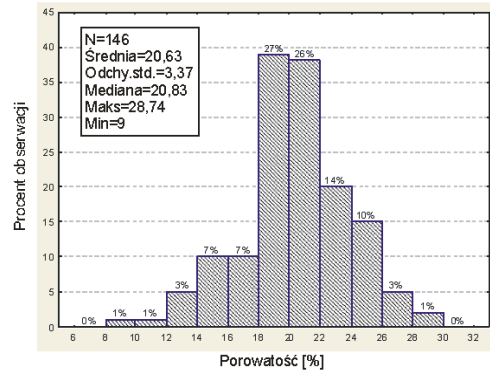
Otwór	Budziszewice IG-1	Buków-1	Buków-2	Zaosie-1	Zaosie-2	Zaosie-3
Rdzenie			analizowano	analizowano	analizowano	
Geofizyka wiertnicza	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne	archiwalne	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne
Analizy petrofizyczne		archiwalne	nowe	archiwalne, nowe	archiwalne, nowe	archiwalne
Analizy petrograficzne			nowe	nowe	nowe	
Analizy hydrogeologiczne	archiwalne	archiwalne	archiwalne			archiwalne

Otwory Buków-1,2 i Zaosie-1,2,3 odwierteło PGNiG. Dla otworu Buków-1 zinwentaryzowane archiwalne analizy petrofizyczne PGNiG (**INiG**) nie obejmują podstawowego systemu sekwestracyjnego dolne jury, a jedynie utwory triasu (w tym drugorzędny system triasu dolnego) i permu. Natomiast w przypadku otworu Buków-2 mamy wyniki archiwalnych pomiarów porowatości próbek rdzeni kolektorów dolnej jury - dla piaskowców górnego pliensbachu porowatość efektywna wynosi średnio 14%. Piaskowce dolnego triasu mają porowatości efektywne wynoszące średnio 8% a przepuszczalności na ogół bardzo niskie, w jednym przypadku rzędu 2030 mD. Dla otworu Zaosie-2 porowatości efektywne piaskowców górnego pliensbachu wynoszą średnio 23% a porowatości ponad 300 mD. Dla piaskowców synemuru i hettangu porowatości efektywne wynoszą 18% a przepuszczalności 200-300 mD. W otworze Zaosie-3 piaskowce synemuru i hettangu mają porowatości efektywne średnio 17% a przepuszczalności rzędu 300 mD. Natomiast piaskowce dolnego triasu mają porowatości efektywne wynoszące średnio 4%. Nowe pomiary parametrów petrofizycznych zostały wykonane przez **INiG** w ramach zadania **1.3.2** (patrz raport I Segmentu - Wójcicki, 2009) na próbkach skał środkowej i dolnej jury oraz górnego triasu z otworów Buków-2, Zaosie-1 i Zaosie-2. W otworze Buków-2 otrzymano dla piaskowców synemuru i hettangu średnią wartość porowatości całkowitej 14% a w otworze Zaosie-2 - 20%. Piaskowce górnego pliensbachu mają według nowych analiz średnią wartość porowatości całkowitej 25%.

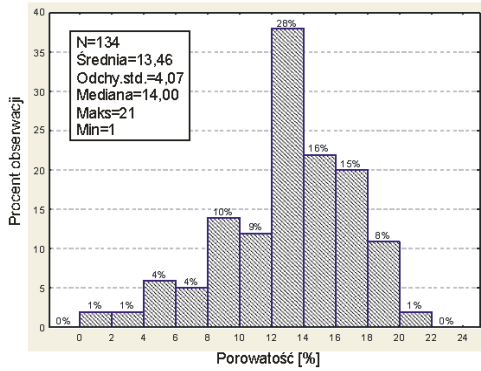
Histogram porowatości formacji drzewickiej (JPL3)
w otworze Budziszewice IG-1



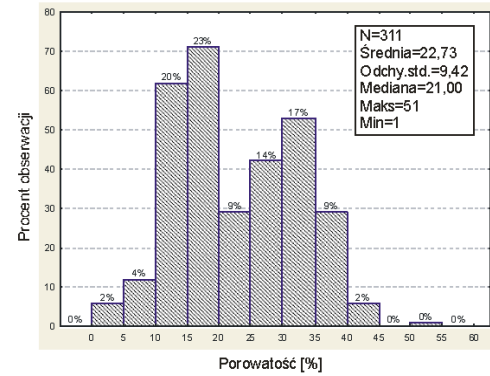
Histogram porowatości formacji drzewickiej (JPL3)
w otworze Zaosie 2



Histogram porowatości formacji drzewickiej (JPL3)
w otworze Buków 1

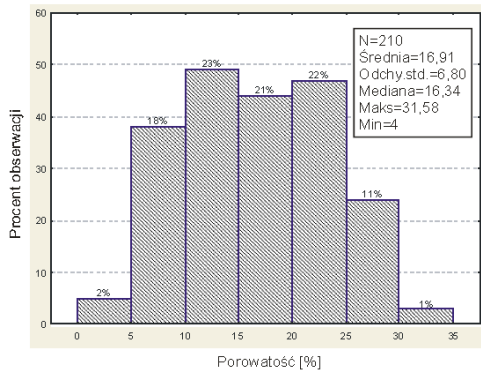


Histogram porowatości formacji drzewickiej (JPL3)
w otworze Jeżów IG-1

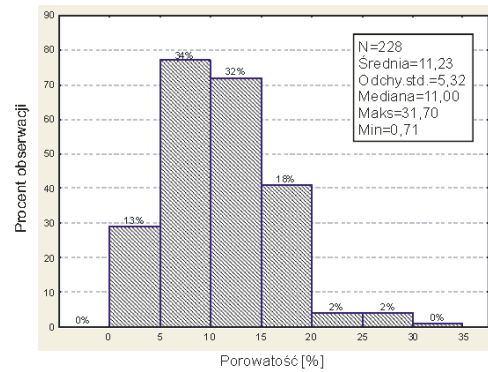


a)

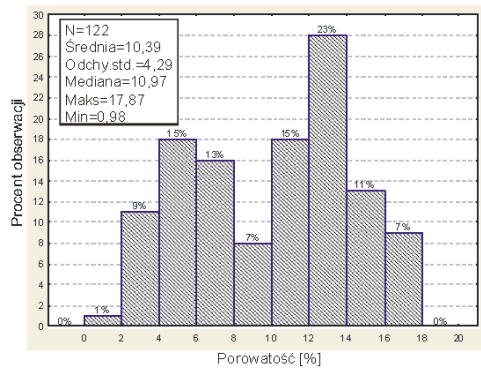
Histogram porowatości formacji ostrowieckiej (JS)
w otworze Budziszewice IG-1



Histogram porowatości formacji ostrowieckiej (JS)
w otworze Zaosie 2



Histogram porowatości formacji ostrowieckiej (JS)
w otworze Buków 1



b)

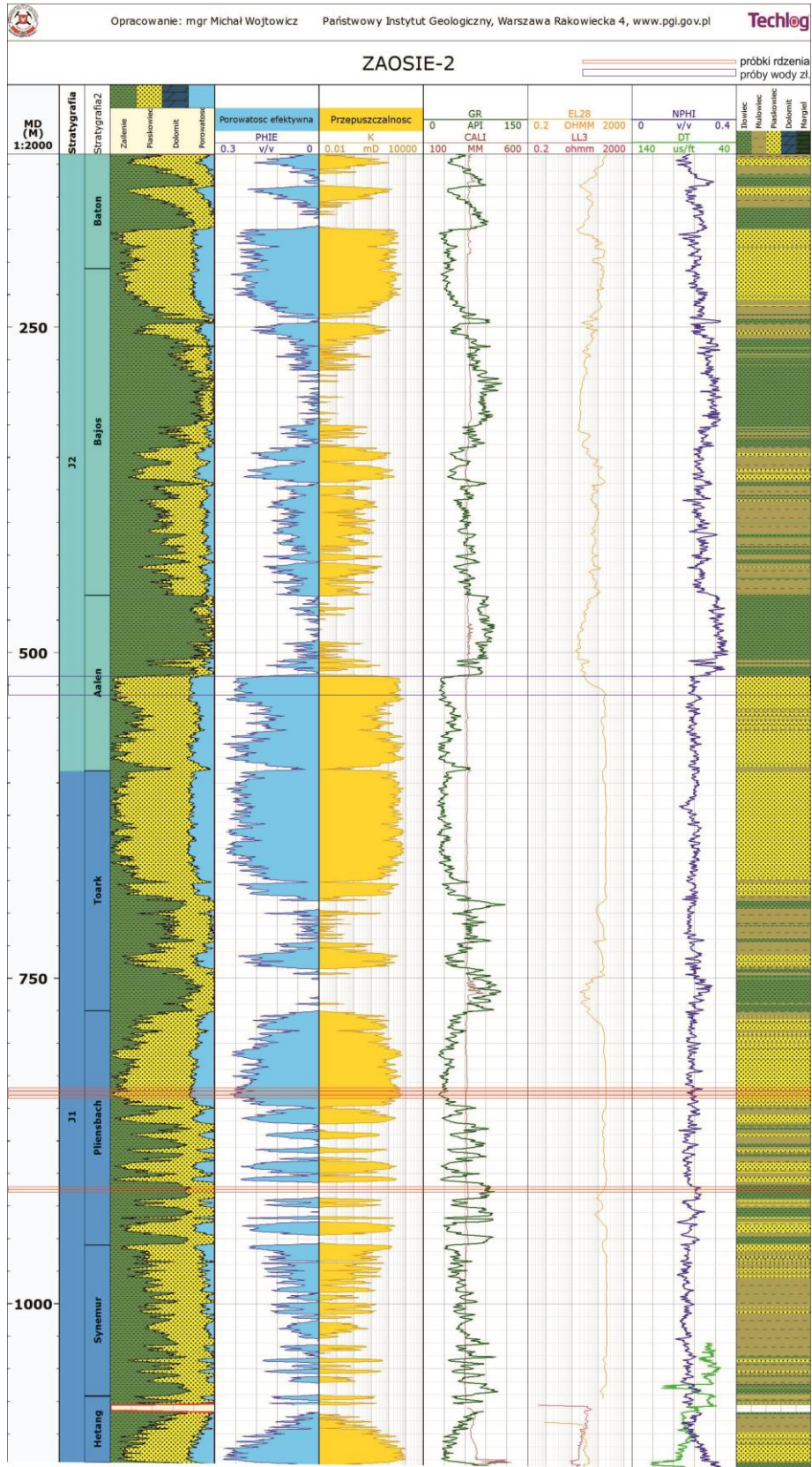


Fig.1.1.14_2 Wyniki analiz porowatości całkowitej na podstawie krzywych geofizyki wiertniczej; a) histogramy dla poszczególnych formacji (GIG), b) przykład interpretacji krzywych geofizyki wiertniczej (PIG-PIB).

Z kolei **GIG** wykonał analizy parametrów zbiornikowych (**Fig.1.1.14_2**) pod kątem rozprzestrzeniania się CO₂ w mediach złożowych, w oparciu o wyniki interpretacji krzywych geofizyki wiertniczej wykonane przez PIG-PIB (skalibrowane w oparciu o wyniki nowych i archiwalnych analiz laboratoryjnych parametrów petrofizycznych).

Otrzymane wartości porowatości całkowitej wynoszą 18% dla górnego pliensbachu i 13% dla synemuru i hettangu.

Prace **AGH** objęły wyznaczenie zależności funkcyjnych własności zbiornikowych jury. Dla szerszego obszaru, obejmującego rejon Budziszewice-Zaosie z szerokim marginesem. Otrzymana zależność pomiędzy porowatością całkowitą (x) a wartością porowatości "z porozymetru" (odpowiada ona w przybliżeniu porowatości efektywnej - y) jest prawie liniowa: $y = 0.003 \cdot x^2 + 0.9403 \cdot x - 0.1645$ (**Fig. 1.1.14_3**).

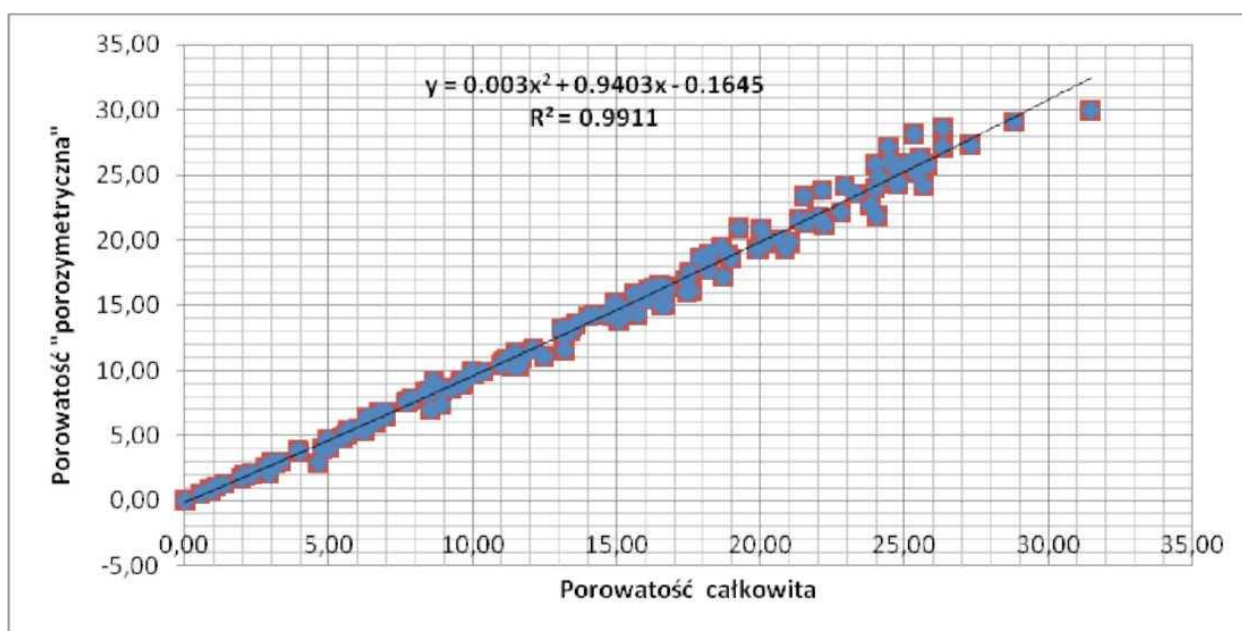


Fig.1.1.14_3 Wykres zależności pomiędzy porowatością "porozymetryczną" i całkowitą.

Przeprowadzono szereg analiz dopasowania porowatości efektywnej i przepuszczalności poziomej. Dla kolektorów, gdzie występują piaskowce i mułowce nie udało się uzyskać dobrego dopasowania (patrz **Fig.1.1.14_4**). Sytuację polepszył nieco podział populacji próbek na te o niskiej i wysokiej porowatości (krzywe dolna i górna na figurze, a pośrednia to sumaryczna).

Trzecie zagadnienie analizowane przez **AGH** dotyczyło zależności przepuszczalności absolutnej k od porowatości efektywnej ϕ i jeszcze innego parametru - nasycenia resztkowego skały wodą S_{wi} , która jest funkcją ciśnienia kapilarnego i zwilżalności skał (Zawisza, 1993). Nasycenie resztkowe skały wodą zależy przede wszystkim od wielkości porowatości, od konfiguracji porów, od stopnia cementacji (zwięzłości), od rodzaju skały, a więc od zwilżalności oraz, w przypadku skał piaszczysto-ilastych, od wielkości zailenia. Dla większości skał zbiornikowych S_{wi} wynosi od 10% do ponad 30%. Przy zastosowaniu specjalnego programu symulacyjnego, w oparciu o dane laboratoryjne oraz dane pochodzące z testów hydrodynamicznych

otrzymano następujący model pozwalający na prognozę współczynnika przepuszczalności absolutnej dla utworów jury dolnej: $k = 195 \cdot 10^3 \phi^{3.15} (1 - S_{wi})^2$.

Spośród parametrów geomechanicznych górotworu najistotniejsze jest wyznaczenie tzw. ciśnienia progowego, czyli maksymalnego dopuszczalnego (dodatkowego) ciśnienia wywołanego przez zatłoczenie dwutlenku węgla do kolektora, które nie powoduje jeszcze przesączenia się CO₂ przez przestrzenie kapilarne nadkładu (tzw. capillary entry pressure). Wg danych literaturowych istnieje prosta zależność liniowa tego parametru (P_{kp}) od ilorazu przepuszczalności (k) i porowatości (ϕ); $P_{kp} = a(k/\phi)$, gdzie a to współczynnik proporcjonalności wyznaczany z dostępnych wyników analiz laboratoryjnych ciśnienia progowego, przepuszczalności i porowatości efektywnej (np. z analiz wykonanych w ramach rozdziału 1.1.7) dla prób skał o najbardziej zbliżonej litostratygrafii.

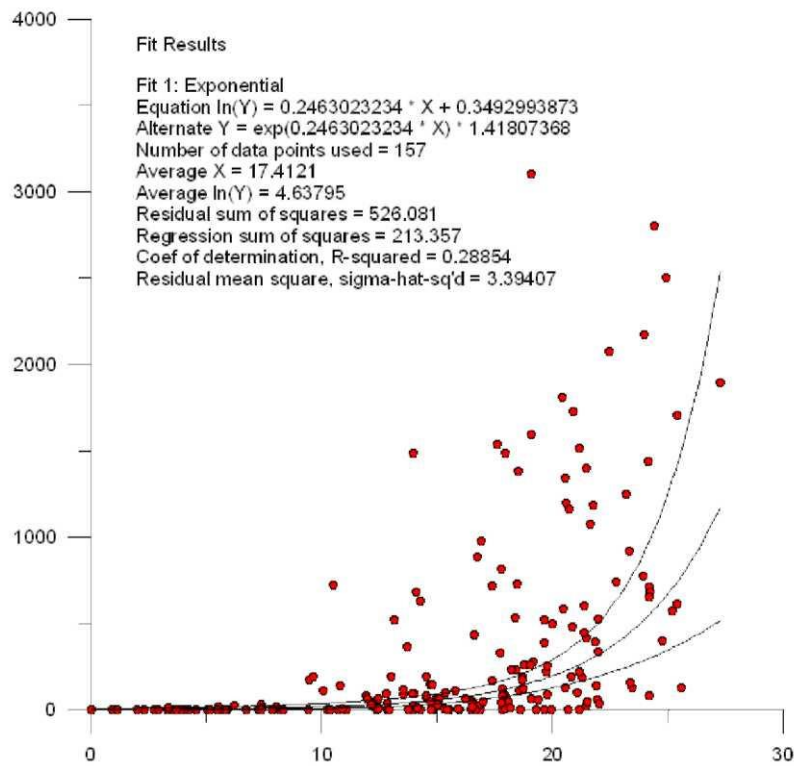


Fig.1.1.14_4 Korelacja pomiędzy obliczoną porowatością efektywną (X) i przepuszczalnością poziomą (Y) dla utworów jury dolnej i środkowej (piaskowce i mułowce, dopasowanie wykładnicze).

Mapy sejsmiczne formacji mezozoiku oraz wyniki innych badań geofizycznych (PIG-PIB, PBG)

(Tadeusz Grudzień, Zdzisław Petecki, Adam Wójcicki)

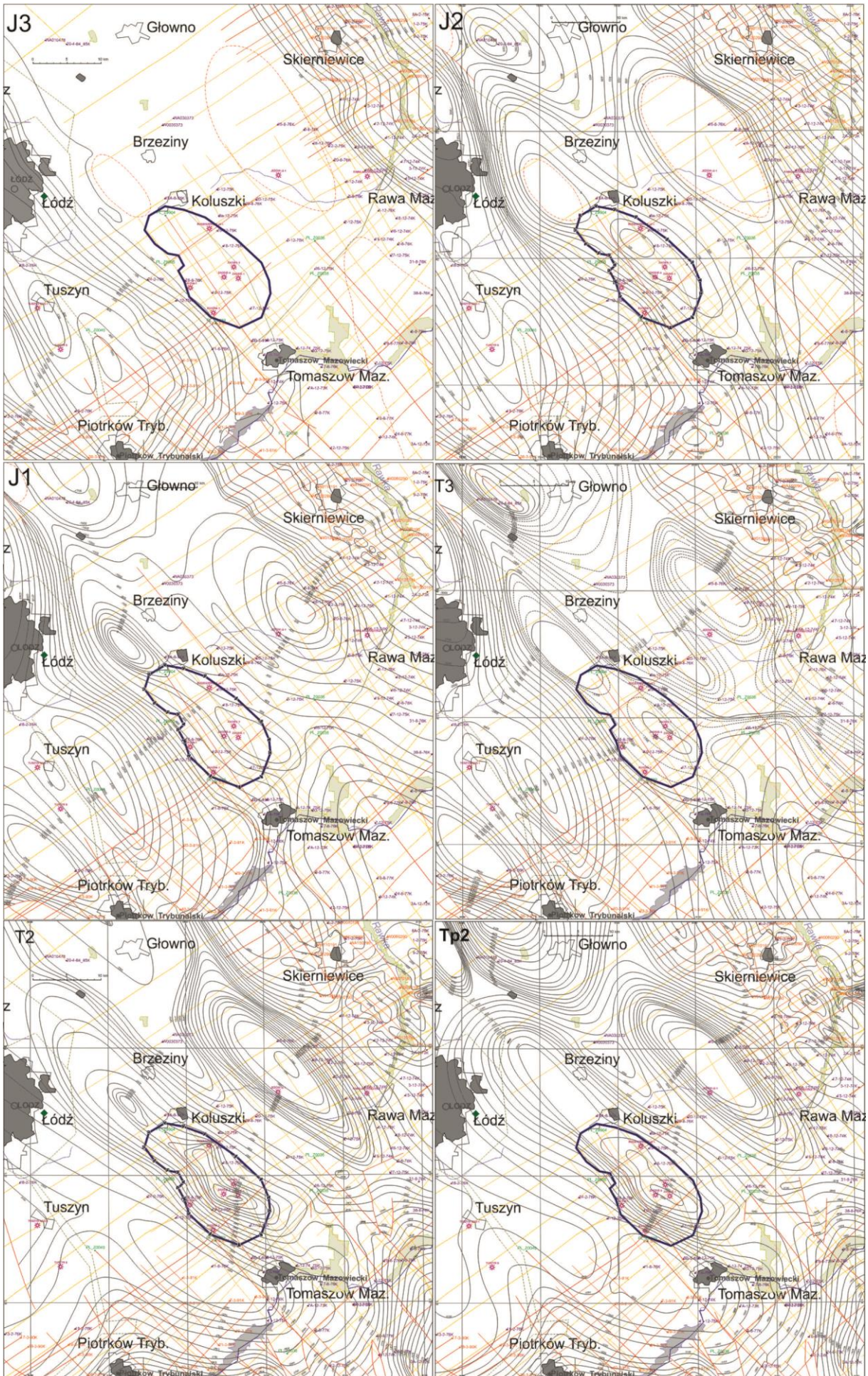
(Tomasz Bąk, Zdzisław Żuk)

W ramach niniejszego zadania scharakteryzowano również geometrię formacji mezozoiku, tzn. opracowano na podstawie materiałów archiwalnych mapy strukturalne granic sejsmicznych. Komplet map (przedstawiony na **Fig.1.1.14_5**) składa się z 7 głębokościowych map strukturalnych powstałych na podstawie map sejsmicznych. Prace związane ze skonstruowaniem tych map dotyczyły weryfikacji map sejsmicznych wykonanych wcześniej w ramach Projektu badawczego KBN (Dziewińska & Petecki, 2004) oraz opracowania nowych map poszerzających obszar w kierunku zachodnim i północnym. Obszar badań (**Fig. 1.1.14_5**) zawarty jest między południkami 19°27' - 21°30' oraz równoleżnikami 51°00'-52°00'. Podstawowy materiał wynikowy wykorzystany do konstrukcji map stanowiły głównie dokumentacje sejsmiczne. Źródłem informacji o głębokościach zalegania poszczególnych pięter geologicznych były dane z otworów wiertniczych znajdujących się w obrębie map ew. w ich najbliższym sąsiedztwie. Najwcześniejsze badania sejsmiczne dotyczą lat 70 i 80-tych. Nowsze, o większej wadze zrealizowane w ramach tematu dotyczącego N-W obrzeżenia Gór Świętokrzyskich pochodzą już z lat 90-tych. Do najnowszych (r. 1997) należy reinterpretacja materiałów sejsmicznych z rejonu Piotrków Trybunalski-Rawa Mazowiecka wykonana dla potrzeb firmy Amoco oraz prace sejsmiczne na koncesji RWE Dea, których wyniki nie były jednakże dostępne w chwili opracowywania niniejszych map. W części NE sporządzenie map umożliwiło opracowanie z rejonu Skierniewice-Nowy Kawęczyn w ramach tematu Justynów-Żychlin-Skierniewice-Jeżów (1990/91) obejmujące oprócz wykonania nowych profili również reinterpretację profili z lat ubiegłych. Mimo b. zróżnicowanej jakości podstawowych materiałów sejsmicznych dokonana analiza pozwoliła na przyporządkowanie poszczególnych granic sejsmicznych odpowiednim utworom geologicznym.

W kompleksie mezozoicznym zostały skonstruowane następujące mapy:

1. Strop jury górnej (malm - **J3**)
2. Strop jury środkowej (dogger - **J2**)
3. Strop jury dolnej (lias - **J1**)
4. Strop triasu górnego (retyk - **Tr**)
5. Strop triasu środkowego (wapień muszlowy - **Tm**)
6. Strop środkowego pstrego piaskowca (**Tp2**)
7. Strop cechsztynu (**Z3**); przystropowa część anhydrytu głównego cyklotemu Leine, w przybliżeniu spąg mezozoiku.

Z powodu bardzo skomplikowanej tektoniki rejonu, informacje sejsmiczne o zmianach miąższości poszczególnych kompleksów geologicznych należy uznać za szczególnie znaczące w procesie konstrukcji map strukturalnych. W szczególności obserwowana jest duża zmienność miąższości poszczególnych pięter triasu, która w największym stopniu dotyczy pstrego piaskowca.



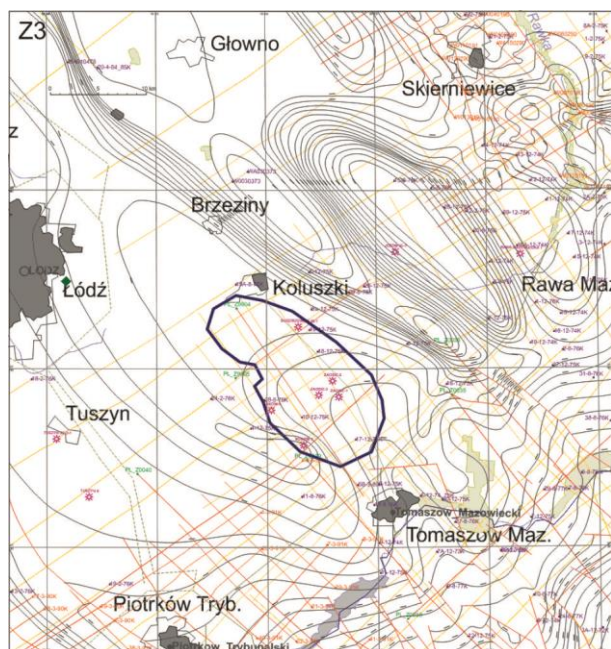


Fig.1.1.14_5Mapy strukturalne formacji geologicznych mezozoiku (poziomem odniesienia dla izolinii jest poziom morza)

Jeśli chodzi o wyniki innych badań geofizycznych to dane grawimetryczne i magnetyczne dostępne są na całym obszarze obejmującym strukturę Budziszewice-Zaosie wraz z otoczeniem (analiza **PBG**). Obszar ten zajmuje powierzchnię 43 200 km². Wyniki pomiarów grawimetrycznych obrazują rozkład gęstości ośrodka geologicznego. Pomiarów grawimetrycznych na obszarze badań zostały wykonane w latach 60, 70 i 80 ubiegłego wieku (a nawet przed drugą wojną światową, ale te ostatnie mają obecnie jedynie wartość historyczną). Są to przeważnie pomiary półszczegółowe a lokalnie szczegółowe. Średnia gęstość pomiarów wynosi ok. 3 pkt/km². Pomiarów magnetycznych ΔT wykonane zostały w latach 90 ub. wieku i na początku wieku bieżącego ze średnią gęstością 2.5 pkt/km². Ich wyniki obrazują rozkład własności magnetycznych ośrodka geologicznego, co w rejonie struktury Budziszewice-Zaosie może mieć jedynie zastosowanie do śledzenia głębokiego podłoża, a nie formacji mezozoicznych.

Informacje o własnościach elektrycznych skał zgromadzone są w zbiorach danych geofizyki wiertniczej (tzn. chodzi o wyniki interpretacji krzywych geofizyki wiertniczej). Na oporność skały (podstawowa własność elektryczna) ma wpływ, obok litologii, zasolenie wód złożowych występujących w przestrzeniach porowych skały. Do przetwarzania danych opornościowych wykorzystuje się na ogół profilowanie oporności sterowane (laterolog). W przypadku niekompletnych tych danych można także wykorzystać profilowanie oporności sondą gradientową spągową M0.5A0.1B. W rejonie rozpatrywanej struktury Budziszewice odnośne dane profilowań elektrycznych geofizyki wiertniczej zawarte są we wszystkich sześciu otworach: Budziszewice IG-1, Buków-1, Buków-2, Zaosie-1, Zaosie-2, i Zaosie-3.

Oddziaływania CO₂-skała-płyny złożowe (IGSMiE PAN)

(Radosław Tarkowski, Magdalena Wdowin)

IGSMiE PAN wykonał analizy dotyczące oddziaływania CO₂-skała-płyny złożowe. Niezbędne przy tym było wykonanie badań mineralogiczno-petrograficznych pod kątem badań modelowania oddziaływania CO₂ na skały zbiornikowe i skały nadkładu, dla 8 próbek z otworów Buków-2 (gł. 1435,60 – próbka piaskowcowa nr 6892; gł. 1436,00 – próbka mułowcowa nr 6893) i Zaosie-2 (gł. 836,50 – próbka piaskowcowa nr 6870; gł. 838,10 – próbka piaskowcowa nr 6871; gł. 840,90 – próbka piaskowcowa nr 6872; gł. 912,40 – próbka iłowcowa nr 6873; gł. 914,60 – próbka iłowcowa nr 6874; gł. 1235,20 – próbka mułowowcowa nr 6877). Próbki pochodziły z kolektorów i nadkładu uszczelniającego w obrębie dolnej jury.

Zostały przeprowadzone następujące badania: mikroskopowe badania w świetle przechodzącym, elektronowe badania mikroskopowe SEM z analizą EDS, analizy rentgenowskie próbek skalnych oraz wydzielonych z nich frakcji ilastych, analizy morfologii ziarn wybranych do badań próbek skalnych, analizy planimetryczne oraz analizy średnicy ziarn.

Obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym przeprowadzono przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego JENALAB firmy Karl Zeiss Jena. Do obserwacji wykorzystano też skaningowy mikroskop elektronowy z emisją polową Hitachi S-4700 wyposażony w system do analizy w mikroobszarze EDS typu Vantage Noran, jak również w detektor elektronów wstecznie rozproszonych (YAG BSE). Do obserwacji w SEM-EDS wykorzystano uniwersalne polerowane płytki cienkie (o standardowej grubości 0,02 mm). Płytki te przed obserwacjami napyłono węglem. Próbki skał do analizy rentgenowskiej pokruszono, uśredniono a następnie niewielką ilość każdej z próbek utarło w moździerzu. Z tak przygotowanego materiału sporządzono preparaty do rentgenowskiej analizy dyfrakcyjnej, z zastosowaniem dyfraktometru DRON-3.0. Stosowano promieniowanie Cu K α ($\lambda=1,54062$ Å) oraz filtr niklowy. Analizy dla frakcji ilastych zarejestrowano w warunkach powietrznie suchych (Na), po nasyceniu parami glikolu etylenowego (glikol) (12h w temp 60°C) jak również po wygrzaniu (min. 1h) w temperaturze 550°C. Frakcję ilastą wydzielono metodą sedymentacyjną.

Zasadnicze znaczenie dla procesów oddziaływania CO₂-skała-płyny złożowe ma reakcja pomiędzy CO₂a wodami podziemnymi, prowadząca do powstawania kwasu węglowego. Jest to uzasadnione faktem, iż głównie fazy znajdujące się w roztworze, nie zaś cząsteczkowa (nadkrytyczna/ciekła) forma CO₂, mogą oddziaływać z matrycą skalną poziomów wodonośnych. Kolejne zjawisko - dysocjacja kwasu węglowego powoduje obniżenie pH roztworu, którego maksymalna wartość osiągnięta jest przy temperaturze około 50°C (Rosenbauer et al, 2005), zatem przy odpowiednio niższych temperaturach podwyższona dostępność jonów H⁺ umożliwia intensywniejszą hydrolizę minerałów matrycy skalnej. Dysocjacja kwasu węglowego zapoczątkowuje kolejne reakcje (w których uczestniczą matryca skalna oraz płyny złożowe) prowadzące do wiązania CO₂ w fazach mineralnych, bądź znajdujących się w roztworze.

Na podstawie tych założeń dokonano modelowania kinetycznego reakcji zachodzących w środowisku geologicznym formacji reprezentowanych przez próbki, pobrane z otworów Zaosie 2 i Buków 2, podczas zatłaczania CO₂ oraz w okresie po zakończeniu tego procesu. Posłużono się metodyką sprawdzoną w realizacji innych prac o zbliżonym charakterze (np. Labus, 2008 a,b,c; Labus 2009). Dopuszczalnym uproszczeniem, dla przyjętych temperatur oraz wartości ciśnienia, okazało się nieuwzględnianie w

reakcjach fazy nadkrytycznej CO₂ (która i tak praktycznie nie reaguje z matrycą skalną). Rozpatrywano jedynie fazę gazową oraz CO₂(aq) - rozpuszczoną w wodzie. W modelowaniu reakcji kinetycznych uwzględniona została szybkość reakcji oparta na odpowiednich wartościach stałych reakcji. Procedura ta umożliwia obliczenie czasu, w jakim system (skała-gaz-woda) rozpoczyna blokowanie wprowadzonego do niego CO₂ w formie faz mineralnych oraz oszacowanie momentu, w jakim osiąga on stan ustalony lub równowagę dynamiczną.

Przedstawione obliczenia nie biorą pod uwagę, mogącego wynikać z gradientów ciśnienia lub gęstości, przepływu mediów w obrębie poziomu wodonośnego. Uzyskane rezultaty pozwalają na prześledzenie wpływu kolejnych parametrów m.in. Aktywności ciśnieniowej, składu matrycy skalnej, tempa reakcji, na wiązanie CO₂ oraz jego efekty (krystalizacja oraz rozpuszczanie faz mineralnych i transformacje przestrzeni porowej) w górotworze. Wykorzystane oprogramowanie wymaga, aby wartości ciśnienia CO₂ zostały wprowadzone jako aktywność ciśnieniowa – f_{CO_2} (*fugacity*). Zakładaną wartość ciśnienia CO₂ dla odpowiednich głębokości przyjęto na poziomie odpowiadającym stanowi hydrostatycznemu, a wartość aktywności ciśnieniowej obliczono na podstawie równania stanu wg Duan et al. 1992.

Modelowanie geochemiczne miało na celu określić oddziaływanie CO₂ na badane skały. W badaniach tych uwzględniono dwa etapy. Pierwszy odpowiadający reakcjom krótkotrwałym (100 dni), drugi odpowiadający długotrwałym reakcjom kinetycznym CO₂ z matrycą skalną odbywające się po zatłaczaniu dwutlenku węgla.

W rozpatrywanych układach gaz-woda-skała, w objętym modelowaniem przedziale czasu równym 20 000 lat, fazami mineralnymi umożliwiającymi przechwytywanie CO₂ są dawsonit, syderyt, kalcyt lub dolomit (dla początkowych 100 dni od rozpoczęcia zatłaczania występują na niewielką skalę reakcje rozkładu kaolinitu, anortytu i goethytu zależnie od litologii próbki – tzn. czy mamy przewagę piaskowców czy mułowców i iłowców). Mineralna pojemność sekwestracyjna obliczona na podstawie rezultatów modelowania wynosi dla piaskowców od 0,0 do 11,1 kg/m³ formacji. Dla analizowanych skał drobnoklastycznych mineralna pojemność sekwestracyjna wynosi od 0,9 do 15,4 kg/m³ formacji (**Tab.1.1.14_2**). Zmiany porowatości skał obserwowane dzięki badaniom modelowym są niewielkie w przypadku piaskowców. Znacznie wyraźniej zaznacza się względny spadek porowatości w skałach drobnoklastycznych - dla dwóch próbek iłowców (Zaosie-2) sięgający odpowiednio 40 i 30%. Zjawisko to może mieć korzystne znaczenie z punktu widzenia własności uszczelniających wymienionych skał. Otrzymane wyniki dowodzą, iż w obrębie analizowanych formacji występują poziomy o wysokiej pojemności sekwestracyjnej -perspektywiczne z punktu widzenia składowania dwutlenku węgla. Pełna ocena przydatności analizowanej przestrzeni geologicznej do składowania CO₂ wymaga jednak określenia zmienności jej cech petrofizycznych i petrologicznych.

Tab.1.1.14_2 Sekwestracyjna pojemność mineralna i w roztworze dla formacji reprezentowanych przez analizowane próbki skał¹.

		Zaosie 2						Buków 2	
		6870	6871	6872	6873	6874	6877	6892	6893
		piaskowiec	piaskowiec	piaskowiec	iłowiec	iłowiec	mułowiec	piaskowiec	mułowiec
		1	2	3	4	5	6	7	8
Porowatość	n _p początkowa - 0 ka	27,17	27,15	26,05	6,05	6,09	1,68	21,47	6,46
	n _r końcowa - 20 ka	28,6	28,4	25,7	3,8	5,3	1,64	22,49	6,7
Krystalizujące minerały mol/UVR	Dawsonit	-	0,250	0,106	-	-	-	0,104	-
	Dolomit	-	-	-	-	0,120	0,010	0,014	-
	Syderyt	-	-	-	-	3,630	0,020	-	1,227
	Kalcyt	-	-	3,065	0,711	-	-	0,070	-
Pojemność sekwestracyjna - mineralna *	mol/UVR	-	0,250	3,171	0,711	3,750	0,210	0,188	1,227
	kg/m ^s	-	0,801	10,320	2,938	15,499	0,924	0,651	5,051
Pojemność sekwestracyjna w roztworze CO ₂ *	mol/l	0,050	0,068	0,071	5.3E-06	0,020	0,007	0,086	4.58E-04
	kg CO ₂ /m ^l	0,632	0,845	0,799	8.86E-06	0,048	0,005	0,855	0,001
SUMA [kg CO ₂ /m ³]		0,632	1,646	11,119	2,938	15,547	0,929	1,506	5,052
*) – objaśnienia w tekście									

¹ Ilość próbek jest ograniczona z uwagi na pracochłonność (okres trwania eksperymentu), zaś próbki wybrano w ramach zadania 1.2.1 (rozdział 1.1.5) takie, jakie były dostępne z interesujących nas formacji zbiornikowych i uszczelniających dolnej jury w obrębie samej struktury (takie jak np., w 15-66, 67 w obrębie struktury).

Obiekt solankowy w rejonie GZW

Prace zostały wykonane przez następujących partnerów konsorcjum: **PIG-PIB** (zasadniczo Oddział Górnośląski), **GIG**, **AGH**, **PBG** i **INiG**. Dla obiektu Cieszyn-Skoczów-Czechowice podstawowym kolektorem są piaskowce i zlepieńce dolnomiocenijskich warstw dębowieckich, uszczelnione nadkładem iłowcowo-mułowcowym formacji skawińskiej (i fliszu na S) o miąższości setek metrów.

W ramach tego zadania opracowano, na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, wstępną charakterystykę obszaru potencjalnego składowiska wraz z otoczeniem (z tego GIG charakterystykę hydrodynamiczną, AGH parametry złożowe dla drugorzędnego kolektora - serii węglanowej).

W oparciu o dane zgromadzone w trakcie realizacji I segmentu dla GZW (Wójcicki & Jureczka (red.), 2009) opracowano bazę informacji dotyczących obiektu Cieszyn-Skoczów-Czechowice i przeanalizowano następujące problemy:

- występowanie zagrożeń sejsmicznością (brak naturalnych trzęsień Ziemi o magnitudzie ponad 4 stopnia w skali Richtera w tym rejonie w ciągu ostatnich 800 lat, tego rodzaju zagrożenia można wiązać raczej z działalnością górnictwem w sąsiedztwie obszaru potencjalnego składowiska, co zostało przeanalizowane w ramach I segmentu, gdzie uznano, że nie ma z tego tytułu istotnego zagrożenia dla rozpatrywanego rejonu);
- możliwości wycieków dwutlenku węgla ze składowiska (przeanalizowano to generalnie w raporcie z I Segmentu brak walnych stref uskokowych przecinających nadkład kolektorów warstw dębowieckich (dolny miocen), wyklucza wycieki na większą skalę, natomiast problemem może być lokalnie szczelność starych, zlikwidowanych otworów nawiercających miocen i podłoże;
- możliwości oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi oraz środowisko (ewentualne awarie na miejscu zatłaczania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi na powierzchni, natomiast miąższość i jakość nadkładu uszczelniającego praktycznie wyklucza przedostanie się dwutlenku węgla do płytszych kolektorów, zawierających wody wysłodzone i słodkie, a więc potencjalnie użytkowe);
- występowanie konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i węglowodorów; w rejonie potencjalnego składowiska nie prowadzi się podziemnej eksploatacji złóż surowców mineralnych, choć w jego dalszym sąsiedztwie znajdują się obszary czynnych kopalń i złoża węglowodorów; na rozpatrywanym obszarze znajduje się szereg mniejszych skupisk miejskich i wiejskich (**Fig.1.1.14_6**), na jego północnym i południowo-wschodnim skraju występują planowane i zatwierdzone obszary NATURA 2000 a na południowym – obszar chronionego krajobrazu;
- nie ma problemów z dostępnością przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla (będzie to w pierwszej kolejności instalacja demonstracyjna PKE&ZAK Kędzierzyn, ale w sąsiedztwie potencjalnego składowiska mamy jeszcze szereg mniejszych i większych przemysłowych źródeł emisji (**Fig.1 1.14_7**).
- możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do potencjalnego składowiska (brak jest poważniejszych przeszkód na drodze z Kędzierzyna do centralnej części rozpatrywanego rejonu –

szczegółowe wytyczenie trasy może być rozpatrywane przez inwestora w uzgodnieniu z właścicielami gruntów).

Tab.1.1.14_3 Baza informacji o wybranych otworach z rejonu Cieszyn-Skoczów-Czechowice (Janusz Jureczka & zespół OG PIG-PIB).

Otwór	Bielowicko IG-1	Chybie IG-1	Czechowice IG-1	Cieszyn IG-1	Dębowiec IG-1	Drogomyśl IG-1	Jaworze IG-1	Rudzica IG-1	Zamarski IG-1
Rdzenie	dostępny	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.	zlikwid.
Geofizyka wiertnicza	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne	archiwalne	archiwalne	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne	archiwalne	archiwalne, reinterpretacja	archiwalne, reinterpretacja ²
Analizy petrofizyczne	archiwalne	archiwalne	archiwalne	-	archiwalne	archiwalne	-	archiwalne	archiwalne
Analizy petrograficzne	archiwalne	archiwalne	archiwalne	-	archiwalne	archiwalne	-	archiwalne	archiwalne
Analizy hydrogeologiczne	archiwalne (laborator)	archiwalne	archiwalne	archiwalne	archiwalne (laborator)	archiwalne (laborator)	archiwalne (bezpośred)	archiwalne (laborator)	archiwalne

Obszar badań pokryty jest stosunkowo gęsto otworami przewiercającymi miocen i jego podłoże (**Fig 1.1.14_6-8**). Niestety duża część rdzeni z otworów wiertniczych nie zachowała się do chwili obecnej i stąd np. spośród otworów PIG tylko w jednym przypadku dostępny jest rdzeń dla rozpatrywanych odcinków (**Tab.1.1.14_3**).

Praktycznie we wszystkich głębokich otworach dostępne są wyniki profilowań geofizyki wiertniczej, ale tylko dla niewielu prowadzona była interpretacja pod kątem określenia litologii i parametrów petrofizycznych. Wynika to po części z faktu że rozpoznanie obszaru badań było w większym stopniu ukierunkowane na potrzeby dokumentowania zasobów węgla kamiennego w górnym karbonie (gdzie najistotniejsze były rdzenie a nie geofizyka wiertnicza; z uwagi na ogromną zmienność parametrów fizycznych w obrębie formacji węglonośnych geofizyka wiertnicza jest mniej przydatna w tym przypadku niż np. dla określenia własności nadkładu miocenińskiego).

Analizy petrofizyczne i petrograficzne próbkach rdzeni dostępne są w większości otworów. Wynika z nich, że porowatości i przepuszczalności formacji piaszczystych i zlepionych warstw dębowieckich

² Reinterpretacja parametrów zbiornikowych na podstawie krzywych geofizyki wiertniczej i analiz laboratoryjnych (dane dostępne w archiwum OG PIG)

charakteryzuje znaczna zmienność. Porowatości efektywne wynoszą średnio niewiele ponad 10% (minimum dla geologicznego składowania) a przepuszczalność średnio około 40 mD. W przypadku podłoża miocenu (górnny karbon) w obrębie krakowskiej serii piaskowcowej obserwujemy nieco lepsze własności zbiornikowe niż dla warstw dębowieckich a dla górnośląskiej serii piaskowcowej – gorsze.

Analizy hydrogeologiczne obejmują zarówno badania bezpośrednie próbnikami w otworach jak i analizy laboratoryjne (czasami tylko albo bezpośrednie albo laboratoryjne – w takim przypadku jest to zaznaczone w **Tab.1.1.14_3**).

Na potrzeby dalszych zadań II segmentu (w szczególności **1.1.15**) opracowano dla rozpatrywanego obszaru mapy stropu i spągu warstw dębowieckich a także mapy formacji w obrębie podłoża paleozoicznego i starszego (w sumie dla 9 formacji geologicznych od górnego karbonu po prekambry). Mapy te (**Fig.1.1.14_8**) zostały omówione i wykorzystane w ramach zadania **1.1.15**.

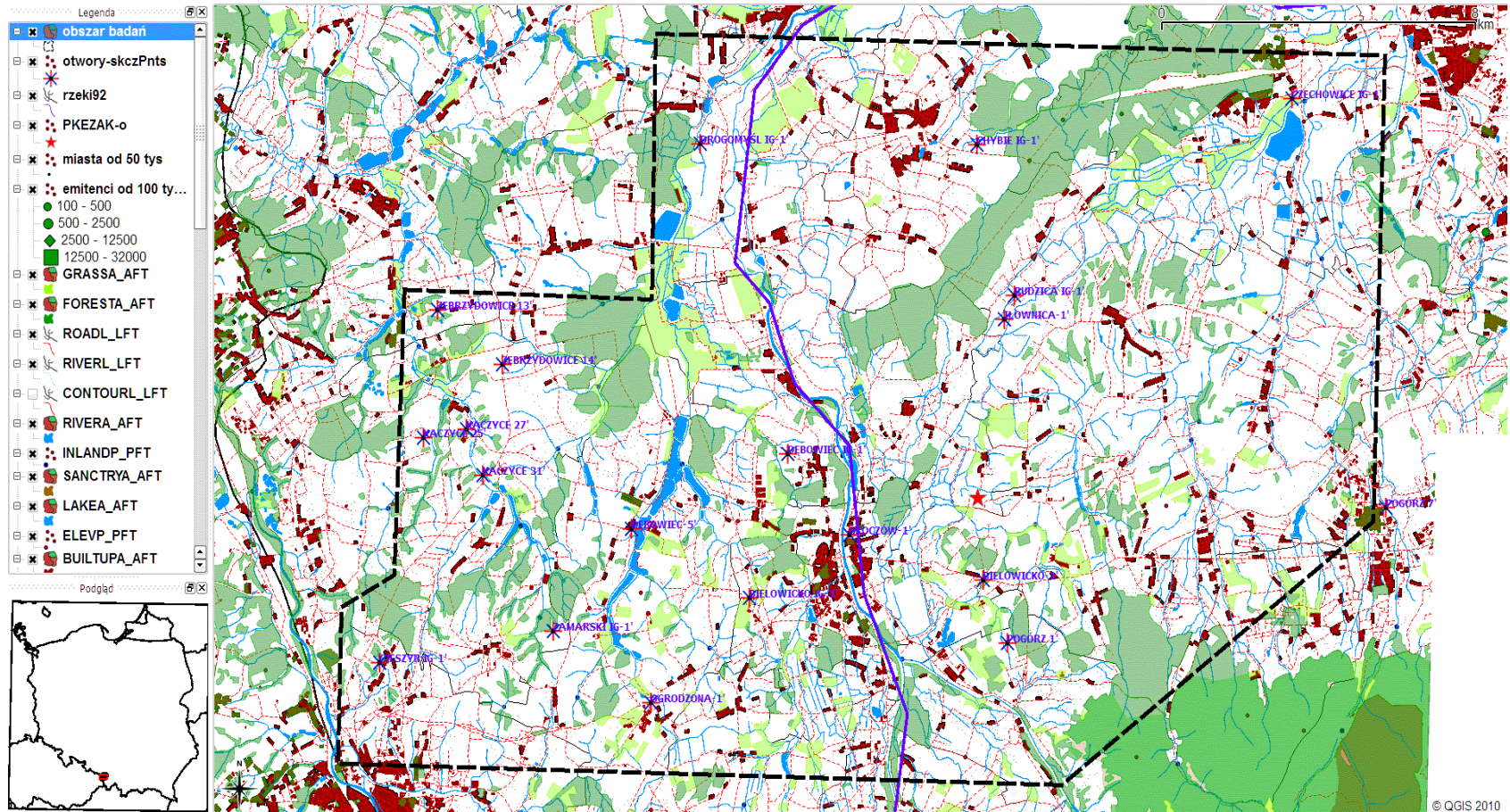


Fig.1.1.14_6 Mapa topograficzna obszaru badań (dane cyfrowe VMAP Level2, zestawiał - **Adam Wójcicki**); gwiazdką zaznaczono jeden z możliwych punktów zatlaczania, ciemnoczerwone obszary to zabudowa miejska i wiejska (linie kropkowane - drogi), zielone to obszary leśne, żółtozielone – łąki a kolorem niebieskim zaznaczono zbiorniki i ciekii wodne.

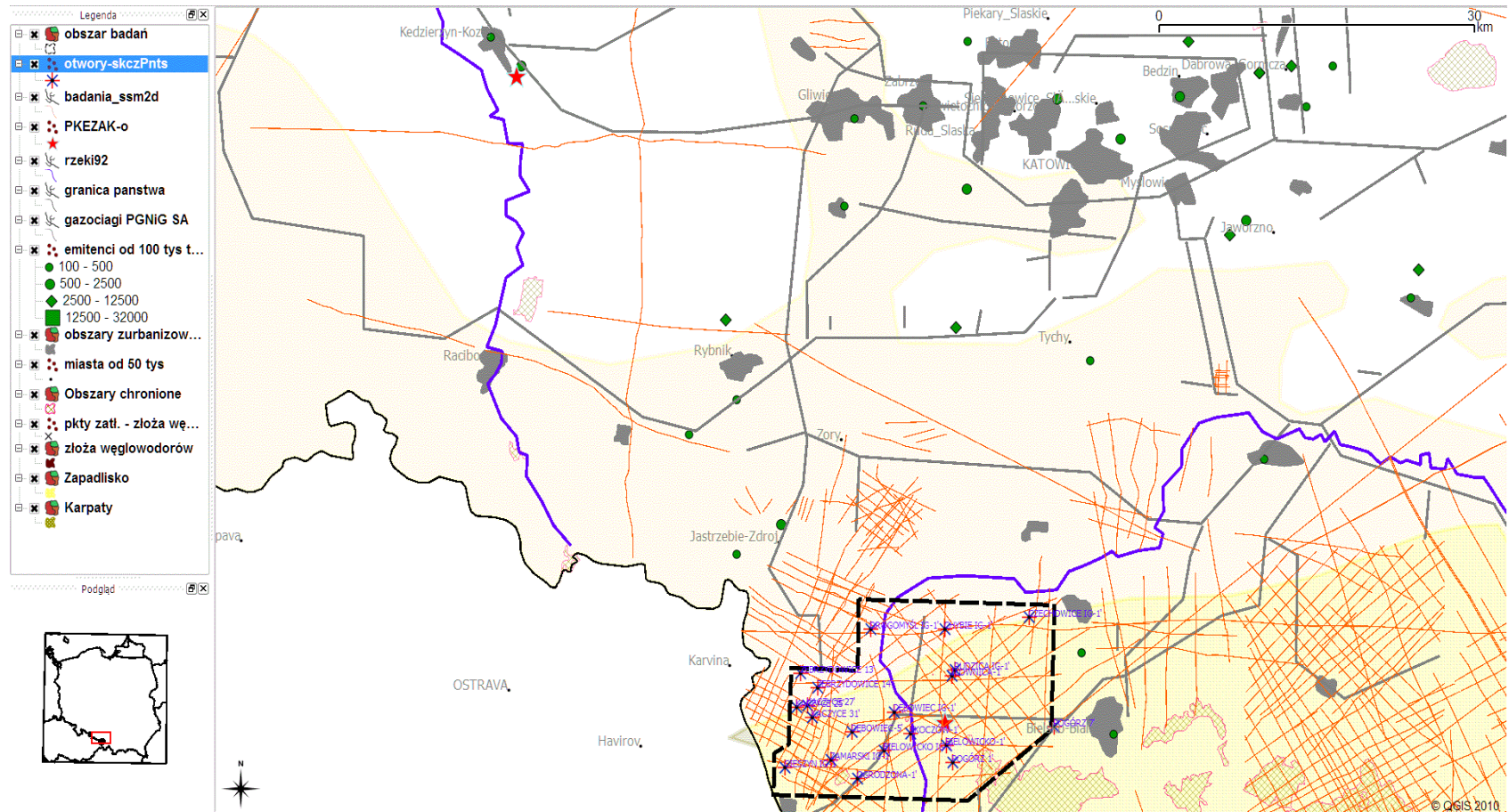


Fig.1.1.14_7 Obszar badań na tle GZW (zestawił – **Adam Wójcicki**); gwiazdkami zaznaczono możliwy punkt zatłaczania i planowaną instalację demonstracyjną w Kędzierzynie; zaznaczono też lokalizację badań sejsmicznych (czerwone linie), otworów, zatwierdzonych obszarów chronionych (zielona kratka).

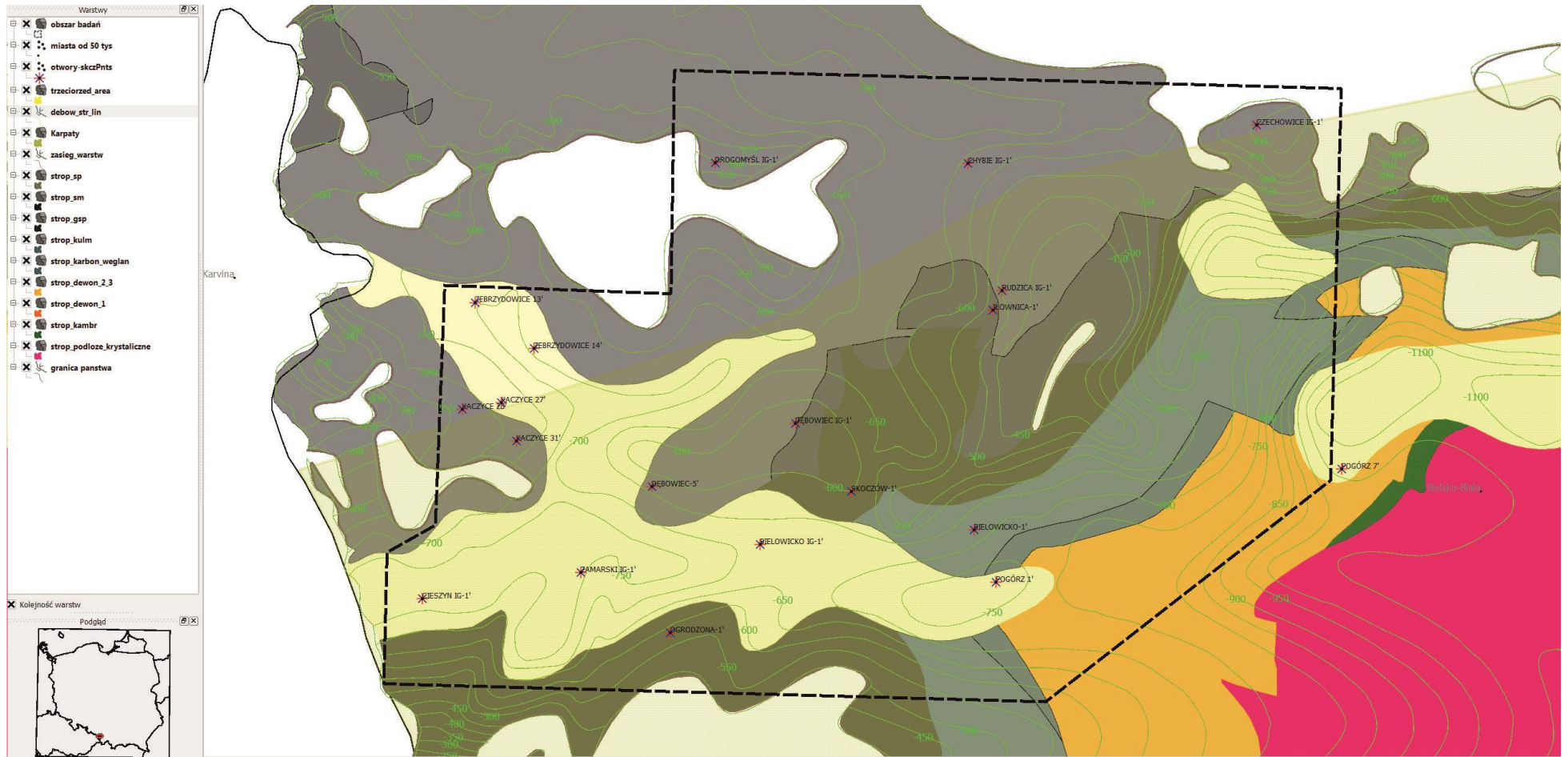


Fig.1.1.14_8 Zestawienie danych geologicznych dla obszaru badań (Janusz Jureczka & Michał Rolka); mapa stropu warstw dębowieckich w formie izolinii (w odniesieniu do poziomu morza, powierzchnia terenu występuje na obszarze badań na wysokości rzędu 250-300 m n.p.m.), dla podłoża zaznaczono odpowiednimi kolorami zasięgi poszczególnych formacji geologicznych.

Charakterystyka hydrodynamiczna rejonu Cieszyn-Skoczów-Czechowice (GIG)

(Jarosław Chećko, Przemysław Bukowski, Iwona Augustyniak)

W ramach niniejszego zadania dokonano zebrania informacji geologicznych, hydrogeologicznych oraz złożowych do realizacji poszczególnych zadań związanych z Górnośląskim Zagłębiem Węglowym (wytypowanym obszarem w jego obrębie). W ramach zbierania informacji geologicznych, uzupełniono je o niezbędne informacje dotyczące szczelności uskoków z obszarów kopalń czynnych jak również innych niezbędnych danych hydrogeologicznych i geomechanicznych. Dokonano w szczególności charakterystyki hydrodynamicznej dla obszaru wytypowanego do dalszych badań – rejonu (obiektu) Cieszyn-Skoczów-Czechowice.

Sytuacja hydrodynamiczna na obszarze badań

Analizowany obszar badań rozciąga się od okolic Dębowca na wschodzie po Jaworze, Międzyrzecze na zachodzie i od okolic Strumienia i Czechowic Dziedzic na północy po Cieszyn na południu (**Fig.1.1.14_9**).

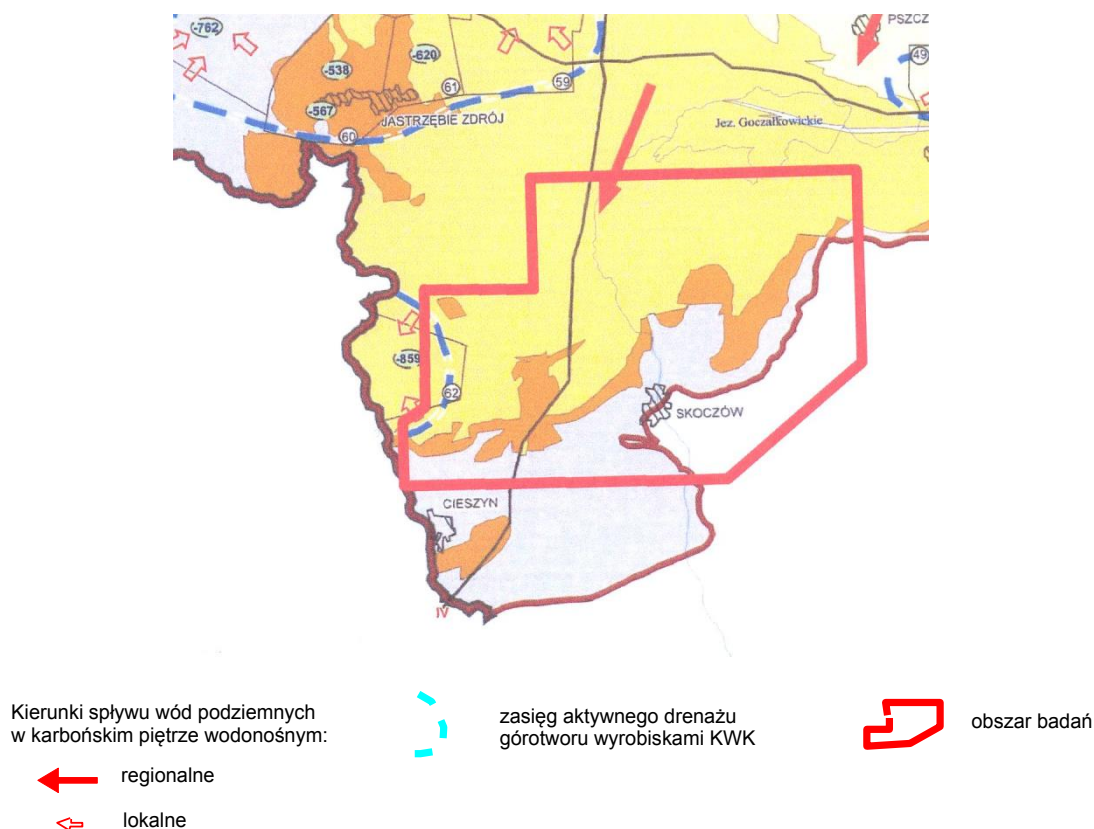


Fig.1.1.14_9 Mapa dynamiki karbońskiego piętra wodonośnego GZW wg Chmury, Wagner (vide: Rózkowski red. 2004).

Wody poziomu warstw dębowieckich są solankami typu Cl-Na, których mineralizacja mieści się w granicach od około 5 g/dm³ do około 65 g/dm³. Są to wody o twardości od średniej po bardzo twardą, zmieniającą się w zakresie wartości od 12 do 317⁰ n. Cechą charakterystyczną solanek jest znikoma zawartość SO₄²⁻ od kilku do (sporadycznie) kilkuset mg/dm³.

Poziom wodonośny w utworach dębowieckich jest poziomem wodno-gazowym. W wodzie rozpuszczony jest gaz, głównie metan. Badania wykazują, że w 1 m³ wody jest rozpuszczone 1,9 m³ gazu o ciśnieniu 0,1 MPa (Solik-Heliasz 1986).

Ciśnienie wody poziomu wodonośnego w utworach dębowieckich zmienia się w zakresie od 3 do 7 MPa. Statyczne zwierciadło wody warstw dębowieckich występuje na głębokości od 329 do 103 m poniżej poziomu terenu, czyli na rzędnych -60 do +228 m (**Tab.1.1.14_4**).

Tab.1.1.14_4 Otwory badawcze wykorzystane do analizy dynamiki wód podziemnych (dane archiwalne).

Nr otworu	Rok*	X	Y	Z	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]
BD-16	1980	830451,13	217978,36	248,56	+111,56
BD-47	1983	829157,73	213613,23	247,67	+107,67
BD-49	1982	829736,45	215953,55	232,64	+21,64
BD-8	1978	831586,23	219125,34	260,24	+157,24
ChIG-1	1984	828811,43	228250,01	259,85	+114,65
CzelG-1	1982	830167,39	236335,65	249,80	+133,80
DrIG-57	1967	826275,83	220914,63	260,95	+124,15
JaelG-1	1979	819166,63	236350,43	355,00	+228,50
Ka-19	1977	822228,65	212669,44	261,95	+25,95
Ka-20	1977	821157,40	213169,05	277,10	-22,90
Ka-21	1988	820215,02	213750,59	268,42	-60,58
Ka-25	1987	821527,80	214375,25	274,18	-45,82
Ka-26	1978	822623,29	213897,18	267,90	+22,90
Mie-H1	bd	813379,78	226174,34	323,00	+173,00
Og-1	1948	815930,64	221513,75	329,64	+214,64
Sko-1	1948	819321,25	225194,70	286,70	+36,70

ZamIG-1	1981	817053,81	218164,52	349,09	+31,09
ZelG-53	bd	826002,61	213048,70	259,70	+41,70

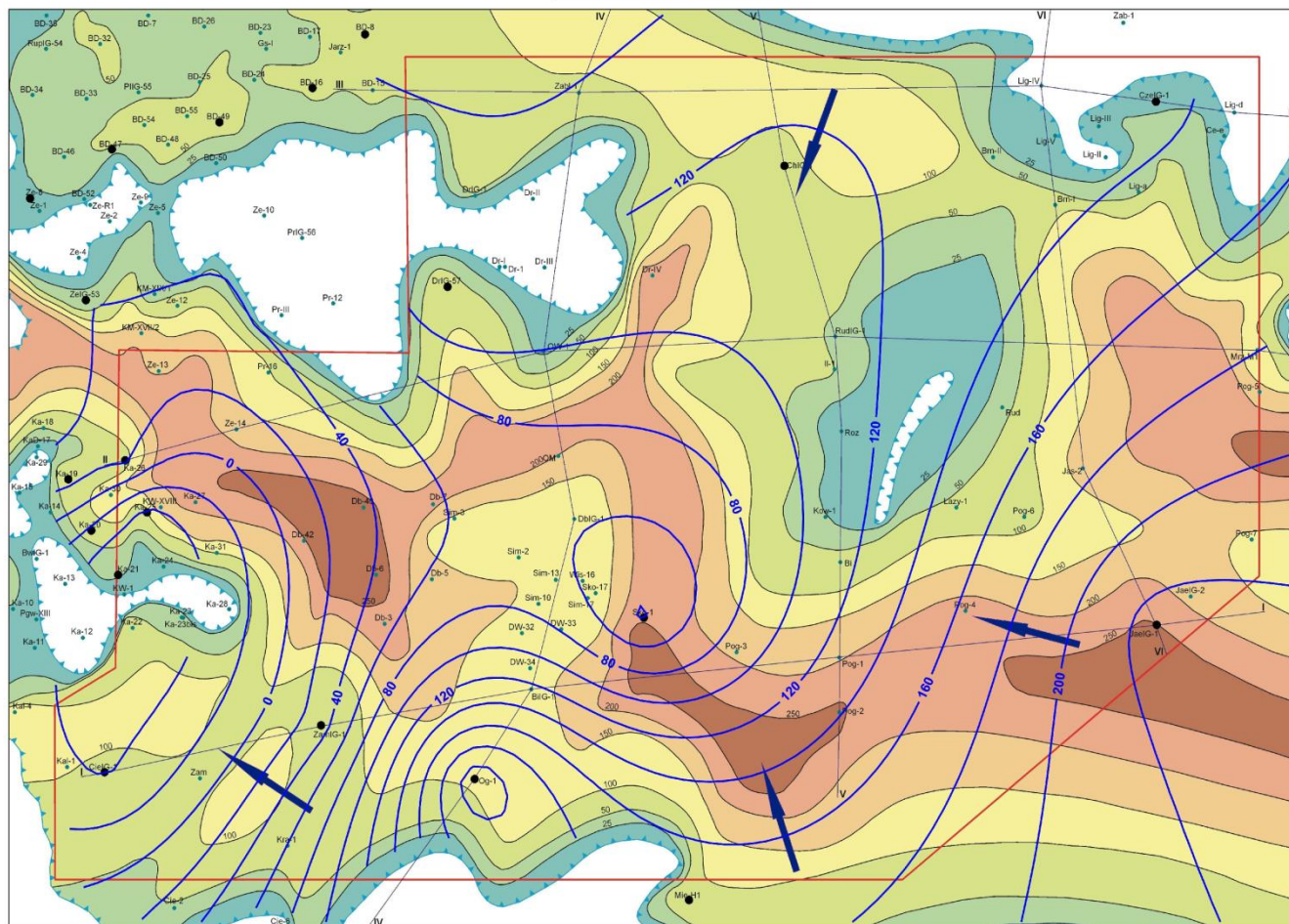
****tłustym drukiem** zaznaczono otwory z okresu budowy kopalni „Morcinek lub po rozpoczęciu przez nią eksploatacji górniczej*

Mięszość warstw dębowieckich zmienia się od 0 do 250 m (**Fig.1.1.14_5**). Utwory warstw dębowieckich wypełniają głównie deniwelacje stropu karbonu. Najbardziej mięszone są osady zdeponowane w największych obniżeniach stropu karbonu, a ich brak stwierdza się najczęściej w rejonie wypiętrzeń i kopuł. W granicach obszaru badań największe mięszości warstw dębowieckich do 250 m występują w pasie centralnym o kierunku przebiegu z zachodu na wschód.

Spąg warstw dębowieckich występuje na rzędnych -450 ÷ -1000 m. Warstwy te zalegają dyskordantnie na utworach karbonu a konfiguracja ich powierzchni spągowej jest ściśle związana z erozyjnym reliefem stropu utworów karbońskich.

Wartości współczynnika filtracji warstw dębowieckich w obszarze badań określony metodami polowymi wahają się od $5,4 \cdot 10^{-8}$ do $1,9 \cdot 10^{-4}$ m³/s.

MAPA ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH WARSTW DĘBOWIECKICH
 NA TLE MAPY MIĄŻSZOŚCI UTWORÓW DĘBOWIECKICH (wg PIG)



 kierunki splywu wód
  — 40 — rzędna zwierciadła wody
  • otwór wiertniczy (punkt pomiarowy)

Fig.1.1.14_10 Mapa zwierciadła wód podziemnych warstw dębowieckich na tle mapy miąższości utworów dębowieckich.

Z badań laboratoryjnych wykonanych przez GIG dla próbek pobranych z otworów w rejonie Kaczyce, Zebrzydowice i Bzie Dębina zlokalizowanym na zachód i północny-zachód od obszaru badań, wynika, iż utwory warstw dębowieckich charakteryzują się zmiennymi, na ogół dobrymi parametrami pojemności oraz niskimi parametrami wytrzymałościowymi. Wartości współczynników filtracji wynosiły od $1,0 \cdot 10^{-12}$ do $3,9 \cdot 10^{-5}$ m³/s, porowatość efektywna $2,07 \div 30,11\%$, współczynnik pojemności sprężystej $6,95 \cdot 10^{-5} \div 4,269 \cdot 10^{-4}$ MPa, wytrzymałość na ciskanie w $2,9 \div 71,7$ MPa, a na rozciąganie $0,1 \div 2,8$ MPa (Solik-Heliasz 1986).

Stan rozpoznania hydrogeologicznego jest słaby. Wynika to zapewne ze słabego zagęszczenia siatki otworów badawczych na przeważającej części obszaru. W zachodniej i północno-zachodniej części obszaru jest nieco lepszy, co wiąże się z rozpoznaniem prowadzonym w rejonach górnictwa węglowego w związku z dokumentowaniem złóż węgla. Dotyczy to głównie terenu górniczego obecnie zlikwidowanej kopalni „Morcinek” oraz południowych kopalń rejonu rybnicko-jastrzębskiego. Informacje o położeniu zwierciadła wody warstw dębowieckich (**Tab.1.1.14_3**) w analizowanym obszarze pochodzą z różnych okresów od 1948 po 1988 rok .

Zatem dane o położeniu zwierciadła wody w obrębie poziomych warstw dębowieckich należy traktować orientacyjnie, zwłaszcza w kontekście budowy kopalni „Morcinek” podjętej pod koniec lat 70. XX wieku. Różnoczasowe informacje o położeniu zwierciadła wody, przy słabym rozpoznaniu badanego obszaru, mają bezpośrednie przełożenie na interpretację w kształtowaniu powierzchni piezometrycznej zwierciadła wody warstw dębowieckich i ocenę kierunków spływu wód. Generalny kierunek spływu wód w obszarze badań jest zachodni (**Fig.1.1.14_10**). W rejonie badań wartości spadków hydraulicznych wód podziemnych warstw dębowieckich wahają się od 0,0008 do 0,01. Spadki najmniejsze występują w północnej, wschodniej oraz centralnej części obszaru, natomiast największe na południu. W zdecydowanej przewadze ogólny kierunek wzrostu wartości spadków hydraulicznych odpowiada kierunkowi spływu wód podziemnych warstw dębowieckich (z północnego wschodu na południowy zachód oraz ze wschodu na zachód).

W wyniku prowadzonego do 1999 r. w kopalni „Morcinek” (rejon Kaczyce) odwadniania poziomu wodonośnego warstw dębowieckich oraz karbońskiego poziomu warstw rudzkich utworzył się lokalnie lej depresji wywołany robotami górniczymi prowadzonymi przez tą kopalnię (Sikorowska-Maykowska 2001, Rózkowski red. 2004, **Fig.1.1.14_9**). Najniższy poziom wyrobisk w kopalni „Morcinek” położony był na rzędnej -859 m. Spąg warstw dębowieckich na obszarze kopani występuje na rzędnej około -500 m. Obecnie, po likwidacji kopalni i rozpoczęciu procesu zatapiania jej wyrobisk górniczych następuje powolne ograniczanie zasięgu leja depresji i odbudowa zwierciadła wody w wyrobiskach górniczych i otaczającym je górotworze. Nie jest znana aktualna rzędna zwierciadła wody w obrębie byłej kopalni „Morcinek”. Uważa się jednak, że zwierciadło wody w zatapianych wyrobiskach może znajdować się jeszcze poniżej spągu warstw dębowieckich.

Parametry złożowe serii węglanowej w południowej części GZW (rejon Bielska) (AGH)

(Stanisław Nagy, Ludwik Zawisza, Jan Macuda, Rafał Smulski, Czesław Rybicki)

Dla rejonu południowej części GZW wybrano do badań potencjalne obszary warstw wodonośnych umiejscowione m.in. w warstwach dębowieckich i serii węglanowej w rejonie Bielska-Białej.

Poziom wodonośny serii i serii węglanowej (dolny karbon oraz górny i środkowy dewon) w rozpatrywanej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (rejon Bielska-Białej) związany jest z kompleksem złożonym z wapieni i dolomitów z cienkimi wkładkami margli lub piaskowców. Wodonośność serii węglanowej uzależniona jest głównie od stopnia spękań i skrasowienia górotworu. Seria dębowiecka i seria węglanowa stanowią najbardziej zasobny oraz najbardziej perspektywiczny pod kątem możliwości zatłaczania CO₂ poziom wodonośny GZW poniżej głębokości 700 m ppt.

W rejonie południowego obrzeżenia górnośląskiego zagłębia węglowego (rejon Bielska) rozpoznane zostały następujące piętra wodonośne:

- czwartorzędowe,
- kredowo-paleogeńskie,
- trzeciorzędowe - neogeńskie, w którym wyróżniono poziomy wodonośne formacji skawińskiej oraz ogniwa dębowieckiego,
- paleozoiku, w obrębie którego wyróżniono poziom wodonośny serii węglanowej dolnego karbonu, górnego i środkowego dewonu oraz poziom wodonośny dewonu dolnego i kambru.

Występowanie izolujących utworów trzeciorzędowych związanych z formacją skawińską, uniemożliwia zasilanie niżej zalegających poziomów wodonośnych przez wody atmosferyczne, a także izoluje je zarówno od wód powierzchniowych jak również od wód słodkich występujących w czwartorzędzie. W związku z tym poziomy wodonośne ogniwa dębowieckiego, serii węglanowej karbonu, dewonu środkowego i górnego oraz osadów klastycznych dewonu dolnego i kambru są praktycznie nieodnawialne i występują w nich wody reliktowe. Podobny obszar przeznaczony został na cele sekwestracyjne w USA w Arizonie (zob. Beyer J.H., 2008).

Poziom wodonośny serii węglanowej dolnego karbonu oraz górnego i środkowego dewonu związany jest z masywnym kompleksem złożonym z wapieni i dolomitów z cienkimi wkładkami margli lub piaskowców. Miąższość serii jest zmienna, od zera w rejonie położonym na południe od otworu Kęty 3 do 800-1000 m w kierunku zachodnim (otwór Krasna 1 - 858 m), północnym (otwór Goczałkowice IG-1 - 820 m) i północno-wschodnim.

W otworze Kęty MT-3 serię węglanową nawiercono w interwale 1002-1452 m (miąższość 450 m). Seria węglanowa przykryta jest na ogół klastycznymi utworami karbonu i tylko w południowej części obszaru występuje bezpośrednio pod nadkładem trzeciorzędu. W strefie wychodni serii węglanowej na powierzchnię podmiocenną możliwy jest rozwój zjawisk krasowych, biorąc pod uwagę czasokres (od

permu do miocenu), w jakim seria węglanowa pozostawała odsłonięta oraz zróżnicowany charakter morfologii powierzchni podmiocenijskiej. Zjawiska krasowe odnotowano w wielu otworach i to zarówno leżących bezpośrednio w strefie wychodni (Kęty 3 i 8) jak również w otworach zlokalizowanych w pewnym oddaleniu od wychodni (MT-3 Kozy, Bestwina IG-1 i inne).

Seria węglanowa reprezentowana przez wapienie i dolomity, tworzy zbiornik hydrogeologiczny, w którym prowadzenie wody jest uzależnione głównie od stopnia spękań i skrasowienia węglanowego górotworu. Silne zaangażowanie tektoniczne rejonu badań oraz procesy krasowe umożliwiły powstanie systemu szczelin i pustek krasowych decydujących o charakterze szczelinowo-krasowym warstw wodonośnych. Na skutek procesów diagenety, kompaktacji, rekryształizacji i cementacji nastąpiło częściowe zaciśnięcie szczelin i pustek oraz zmniejszenie przepuszczalności górotworu, nie mniej jednak seria węglanowa stanowi najbardziej zasobny poziom wodonośny w rozpatrywanym rejonie badań oraz najbardziej perspektywiczny pod kątem możliwości zastosowania głębokiego zatłaczania.

Własności mikrohydrauliczne skał węglanowych są słabo rozpoznane na rozpatrywanym obszarze.

Porowatość skał serii węglanowej

Porowatość określona na drodze badań laboratoryjnych dotyczących obszaru badań, wykazuje wartości w granicach 0,1-11,7%, przeciętnie ok. 0,9-1,5%. Około 85% badanych prób charakteryzowało się porowatością poniżej 2% (Kotas A., Rózkowski A., Karwasiecka M., 1973). W otworze Goczałkowice IG-1 średnia wartość porowatości serii wynosi 1,05%. Niewielką porowatość (średnio 1,1%) wykazywały również utwory węglanowe w otworze Ustroń IG-3, a poniżej 1% w otworze Krasna 1. Badania porowatości wykonane w otworze MT-3 Kozy na próbach pobranych w interwale 1008-1447 m wykazały porowatości odpowiednio: 0,11-11,71% (średnio 3,47%). Należy zaznaczyć, że oznaczenia porowatości ustalone na drodze laboratoryjnej dotyczyły wyłącznie porowatości międzyziarnowej, a nie określały porowatości szczelinowej i krasowej. Porowatość górotworu węglanowego określona karotażem geofizycznym w otworach: Andrychów 2, 3, 4; Bielsko 5; Goczałkowice IG-1; Kęty 7, 9; Kryspinów 1; Mogilany 1; Piotrowice 1; Spytkowice 200; Tomice 1; Wysoka 1, 2; Zagacie 1 waha się od 1,5 do 11%, średnio 3,9%. Przedział ufności średniej porowatości, określony na poziomie ufności 0,95 dla wyników badań karotażowych mieści się w granicach 3,3-4,5%. Uwzględniając klasyfikację Z. Pazdro (1983) badane skały należy zaliczyć do słabo porowatych.

Współczynnik odsączalności grawitacyjnej skał węglanowych

WOG serii węglanowej określony został dla zbioru zaledwie kilku prób pochodzących z otworu Bestwina IG-1. Uzyskano średnią wartość 1,0%. Uwzględniając klasyfikację Z. Pazdro (1983) opisywane skały należy zaliczyć do praktycznie nieodsączalnych.

Współczynnik przepuszczalności

Przepuszczalność skał określona została dla zbioru zaledwie 8 próbek pobranych z otworu Bestwina IG-1 oraz 8 próbek z otworu MT-3. Określa on wyłącznie przepuszczalność przestrzeni porowej górotworu. W otworze Bestwina IG-1 współczynnik przepuszczalności jest zmienny w granicach 0,1-2,49 mD (średnio ok. 1,21 mD). W przeliczeniu na współczynnik filtracji badane skały charakteryzują się średnią przepuszczalnością hydrauliczną rzędu $1,16 \times 10^{-8}$ m/s. W otworze MT-3 uzyskano niskie współczynniki przepuszczalności w granicach 0,002-0,410 mD (średnio 0,080 mD) na próbach pobranych z interwałów 1008-1447 m. Górotwór węglanowy może charakteryzować się podwyższoną przepuszczalnością w przypadku jego skawernowania na skutek procesów krasowych. Wyraźne skawernowanie skał węglanowych oprócz otworu MT-3 obserwowano w otworach Bestwina IG-1; Kęty 3, 8; Jaworze IG-2 i innych, nie przeprowadzono jednak w nich badań hydrogeologicznych w interwałach skrasowiałych.

Obszerniejszych danych o przepuszczalności i wodoności skał serii węglanowej w tym również na podstawie wyników badań polowych dostarczyły odwiercone w kilku ostatnich latach otwory: Krasna 1; Ustroń C-1 oraz Kozy MT-3.

Wodoność, ciśnienia, chłonność

Wodoność serii węglanowej określono w oparciu o wyniki opróbowań próbnikiem złoża, szczerpywania łyżką wiertniczą oraz na podstawie próbnych pompowań. W otworze Krasna 1 w strefie występowania utworów węglanowych dewonu tj. na odcinku 1943-2801 m zapięto w trakcie wiercenia 10-krotnie próbnik złoża w różnych interwałach głębokości. Tylko w 4 przypadkach stwierdzono przyptywy solanki w ilości 2,7-13,2 m³/h (Niemczyk B., Wróbel R., 1994). Przepuszczalność w 2 badanych poziomach była wysoka (35,0 mD oraz 109mD), pomimo, że badania laboratoryjne próbek rdzeni wykazywały na ogół niską porowatość rzędu 1%.

W otworze Kozy MT-3 zapięte próbniki w utworach serii węglanowej na głębokościach 1001-1060 i 1001-1140 m potwierdziły wysoką przepuszczalność i bardzo dobre własności zbiornikowe serii węglanowej oraz ciśnienie złożowe równe 8,58 MPa.

Próbnik zapięty w otworze Goczałkowice IG-1 na głębokości 2035-2060 m wykazał ciśnienie złożowe 16,15 MPa oraz dopływ 0,4 m³/h przy depresji $s=250$ m (po kwasowaniu).

Węglanowa seria dewońska została przebadana we wszystkich otworach za wodami leczniczymi w Ustroniu. W otworze U-3 wydajność wynosiła $Q=6,0$ m³/h przy depresji $s=3,0$ m, a w otworze U-3A wyniosła $Q=6,77$ m³/h przy $s=3,9$ m. Niższe wydajności uzyskano w otworze U-2, tj. $Q=0,035$ m³/h przy $s=507$ m (przed kwasowaniem) oraz $Q=0,0515$ m³/h przy $s=189$ m (po kwasowaniu).

Współczynniki filtracji obliczone na podstawie próbnych pompowań wynoszą od $0,98 \times 10^{-9}$ – $2,47 \times 10^{-9}$ m/s w otworze U-2 do $1,36 \times 10^{-6}$ – $1,97 \times 10^{-6}$ m/s w otworze U-3. W otworze C-1 współczynnik filtracji wynosił średnio $5,1 \times 10^{-9}$ m/s (przed kwasowaniem) a po zabiegu kwasowania $1,2 \times 10^{-6}$ m/s, a więc wzrósł 235 razy. W otworze C-1 zwierciadło wody ustabilizowało się na głębokości 124,25 m p.p.t.

Obszerne informacje dotyczące wodoności i ciśnień poziomu wodonośnego serii węglanowej uzyskano w trakcie badań przeprowadzonych w otworze Kozy MT-3. Zwierciadło wody ustabilizowało się na

głębokości 142,0 m p.p.t. (ciśnienie złożowe wyniosło 8,6 MPa). Przeprowadzone próbne pompowanie wykazało wydajności dopływu od $Q=5,1 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s=9,3 \text{ m}$ do $Q= 41,4 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s=93,5 \text{ m}$ po zabiegu kwasowania. Współczynnik filtracji określono na $k=4 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ co odpowiada przepuszczalności warstwy kolektorowej ok. 40 mD.

Badania chłonności (Jawor, 1993; Wagner 1997) poziomu wodonośnego serii węglanowej zostały przeprowadzone w otworach Ustroń C-1, Krasna 1 i Kozy MT-3, poprzez zatłaczanie solanki. Po zabiegu kwasowania w otworze Ustroń C-1 chłonność zdecydowanie wzrosła i tak, przy porównywanym ciśnieniu 2 MPa wyniosła $120 \text{ m}^3/\text{h}$, czyli wzrosła praktycznie o dwa rzędy wielkości. Podobną chłonność osiągnięto po zabiegu kwasowania w otworze Kozy MT-3.

Badania w otworach Krasna 1 i Kozy MT-3 oraz w szczególności testy "Production Log" wykazały, że skały serii węglanowej są niejednolite pod względem kolektorowym. W różnych interwałach głębokościowych występują strefy o podwyższonej chłonności związane ściśle ze strefami o silnie rozwiniętej wtórnej porowatości (szczelinowatości i skrasowieniu).

Na **Fig.1.1.14_11** pokazano jako przykład przebieg wielostopniowego testu hydrodynamicznego przeprowadzonego na otworze Kozy MT-3. Przedstawiono przebieg zmian ciśnienia (pressure) (bar) przeliczonego do poziomu hydrostatycznego odpowiadającego 968m ppt oraz wydajności (flow rate) m^3/h w funkcji czasu trwania testu.

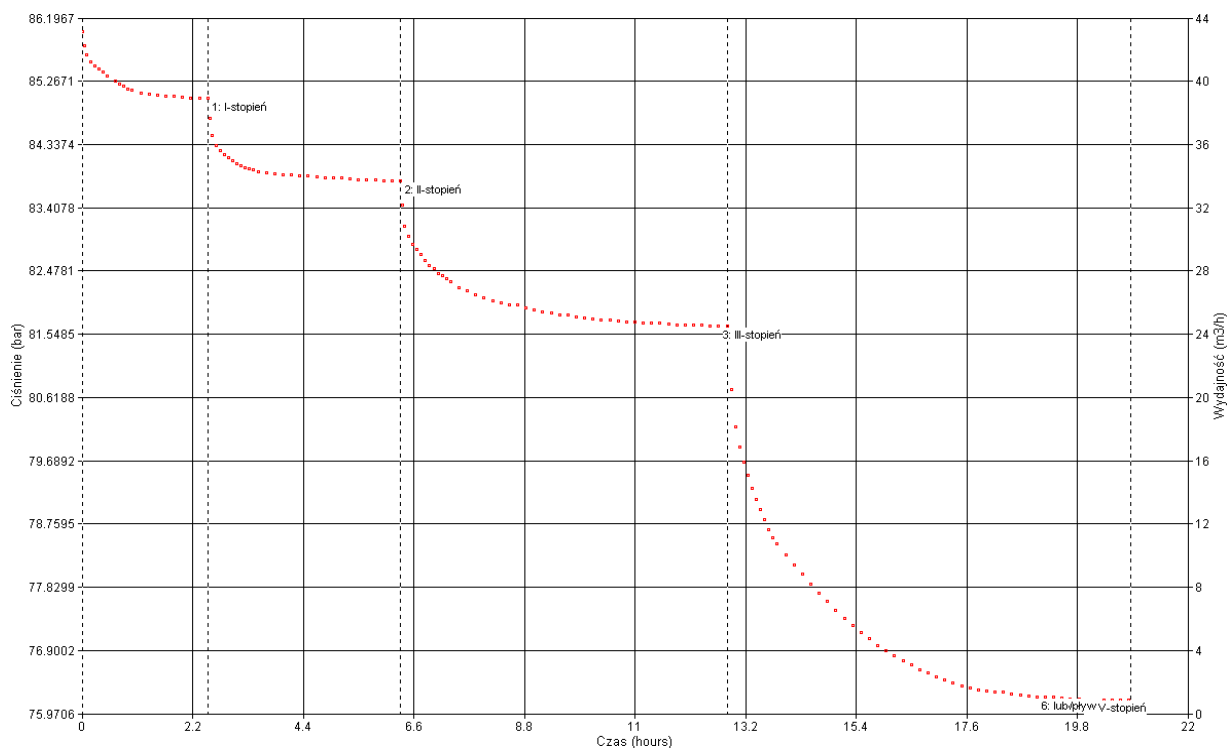


Fig.1.1.14_11 Przebieg testu produkcyjnego w otworze Kozy MT3.

Chemizm wód

Charakterystykę chemizmu wód serii węglanowej oparto o wyniki analiz chemicznych wód uzyskanych z szeregu otworów wiertniczych zlokalizowanych w rejonie badań, jak również w oparciu o wyniki analiz chemicznych wód pobranych z otworu MT-3.

W otworach sąsiadujących z otworem MT-3 mineralizacja ogólna wód serii węglanowej wynosi od 107 g/dm³ (otwór Kęty 7) do 132 g/dm³ (otwór Kęty 1). W wodach rejonu Ustronia mineralizacja ogólna zawiera się w granicach 70-140 g/dm³, a w otworze Krasna 1 od 137 g/dm³ do 157 g/dm³. Temperatura wód na wypływie była zmienna w granicach 40-100°C. W składzie gazowym wód dominował metan (CH₄).

Podobne wyniki uzyskano w otworze MT-3. Badana woda serii węglanowej charakteryzowała się mineralizacją ogólną rzędu 116,1-125,4 g/dm³ i temperaturą na wypływie ok. 38°C. Wartości wskaźników hydrochemicznych $r_{Na/Cl}=0,464$ oraz $r_{Cl/SO_4}=623,9$ informują o występowaniu wód w strefie redukcji, w warunkach pełnej izolacji i stagnacji wód w zbiorniku. Wskaźniki te wskazują na brak kontaktu hydraulicznego wód serii węglanowej ze współczesnymi wodami infiltracyjnymi. Według Michalika (1978), wody serii węglanowej są wodami kopalnymi, infiltracyjnymi, pochodzącymi z późniejszych transgresji wkraczających na garb cieszyńsko-kętski i wypełniającymi wcześniej powstałe szczeliny i próżnie krasowe. Pod względem chemicznym opisywane wody są solankami chlorkowo-sodowo-wapniowymi.

Trudny do określenia jest kierunek migracji tych wód. Wydaje się, że powolny ruch wód serii węglanowej odbywa się w kierunku północnym strefami uprzywilejowanymi, do których należą strefy dyslokacyjne i strefy silnie skrasowiałe.

Podsumowanie i wnioski

Brak jest wystarczających danych do określenia wszystkich istotnych parametrów złożowych dla rozpatrywanych otworów w rejonie Bielska (seria węglanowa). Braki w zakresie uzyskania rdzenia (tylko 8 prób) mogą wskazywać na duże skawernowanie (?) tych utworów.

Zmiana własności hydrogeologicznych (wskutek testów/zabiegów kwasowania w otworach) może spowodować zarówno zmniejszenie się chłonności w porównaniu do prognozy, może też okazać się, że przedstawiona prognoza zbyt pesymistycznie oceniła zdolności chłonne kompleksów wodonośnych serii węglanowej. Przypomnieć należy jeszcze raz, że w rozpatrywanych otworach nie wykonano żadnego badania hydrodynamicznego w trakcie wiercenia i po zakończeniu wiercenia, zaś badania na próbkach rdzenia w przypadku skał węglanowych nie pozwalają wyciągnąć, żadnych innych konstruktywnych wniosków.

Stąd wykorzystanie kolektorów serii węglanowej jako rezerwowego poziomu dla składowania dwutlenku węgla w południowej części GZW wydaje się w tej chwili problematyczne (z uwagi na niedostateczne informacje z otworów i niską przewidywalność zdolności chłonnych kompleksów wodonośnych serii węglanowej), przynajmniej dla rejonu Bielska.

Własności zbiornikowe i filtracyjne dla rozpatrywanego obiektu (INiG)

(Grzegorz Leśniak)

W ramach realizowanego zadania projektu zebrano bazę danych petrofizycznych z wybranych odwiertów znajdujących się na wyznaczonym obiekcie Cieszyn-Skoczów-Czechowice w rejonie Kowale-Roztropice.

Zebrano dane zawierające wykonane analizy porowatości i przepuszczalności³ na rdzeniach wiertniczych wykonane przez laboratoria PGNiG (Tab.1.1.14_5-7).

Tab.1.1.14_5 – Wyniki analiz porowatości i przepuszczalności dla odwiertu Kowale - 2.

L.p.	Interwał [m]	Skrzynka	cm	Opis próbki	Ciężar objętość. g/dm ³	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	745-754	I	50-60	zlepieniec			
2	745-754	I	90-100	zlepieniec			
3	745-754	III	40-50	zlepieniec			
4	745-754	IV	70-80	zlepieniec			
5	745-754	VI	0-10	zlepieniec			5,19
6	745-754	VIII	30-40	zlepieniec			6,12
7	745-754	IX	20-30	zlepieniec			5,25
8	811-820	I	0-10	piaskowiec	2,48	7,38	1,90
9	811-820	I	20	piaskowiec	2,50	7,59	2,42
10	811-820	I	60-70	piaskowiec			
11	811-820	II	0-10	piaskowiec	2,46	8,42	0,45
12	811-820	II	20	piaskowiec	2,49	7,42	1,10
13	811-820	II	40	piaskowiec			0,67
14	811-820	II	50-60	piaskowiec	2,51	7,96	0,77
15	811-820	III	20	piaskowiec			
16	811-820	III	80-90	piaskowiec	2,40	10,06	1,20
17	811-820	III	30-40	piaskowiec			
18	811-820	IV	30-40	piaskowiec			
19	811-820	IV	60-70	piaskowiec	2,48	7,12	0,61
20	811-820	IV	90-100	piaskowiec			
21	811-820	V	0-10	piaskowiec	2,49	8,00	0,67
22	811-820	V	30-40	piaskowiec	2,58	5,74	0,77
23	811-820	V	85-90	piaskowiec	2,50	6,70	1,20
24	811-820	V	90-100	piaskowiec	2,50	6,71	0,61
25	811-820	VI	30-40	piaskowiec			
26	811-820	VI	90-100	piaskowiec	2,60	5,91	1,09
27	811-820	VII	30-40	piaskowiec	2,57	5,16	0,45
28	811-820	VII	85-90	piaskowiec	2,50	7,78	0,67
29	811-820	VIII	30-40	piaskowiec	2,64	2,87	0,38
30	811-820	VIII	80-90	piaskowiec	2,48	7,58	0,42
31	811-820	IX	0-10	piaskowiec	2,48	7,85	0,53
32	811-820	IX	30-40	piaskowiec	2,48	7,64	0,63
33	995-1000	I	0-10	mułowiec	2,64	1,65	n.p.
34	995-1000	I	40	iłowiec	2,66	0,55	n.p.
35	995-1000	I	70-80	iłowiec	2,79	1,13	n.p.
36	995-1000	II	20	iłowiec	2,76	0,82	n.p.
37	995-1000	II	60-70	iłowiec	2,73	1,85	n.p.
38	995-1000	IV	0-10	iłowiec	2,62	1,34	n.p.
39	995-1000	IV	70	piaskowiec	2,57	4,25	n.p.
40	995-1000	IV	50-60	mułowiec	2,60	3,50	n.p.
41	995-1000	V	0-10	piaskowiec	2,64	3,64	n.p.
42	995-1000	V	20 X	mułowiec	2,64	1,62	n.p.

³ Próbki są raczej reprezentatywne (otwory z GZW są generalnie dobrze opróbowane), z tym, że na własności zbiornikowe węglanów może tu bardziej wpływać szczeliniowość.

Tab.1.1.14_6 - Wyniki analiz porowatości i przepuszczalności dla odwiertu Roztropice – 2

L.p.	Interwał [m]	Skrzynka	Opis próbki	Ciężar objętośc. g/dm ³	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	396-400		iłowce+p-ce	2,40	5,33	
2	531-537		mułowce	2,32	10,83	
3	656-662		mułowce			
4	716-722		p-ce+mułowce	2,46	6,42	brak próbki
5	820-826		p-ce+iłowce			
6	820-826	I	p-ce,ił-ce,węgiel	2,49	3,13	brak próbki
7	856-862	I	p-ce	2,46	6,47	brak próbki
8	892-898		p-ce	2,47	6,67	brak próbki

Tab.1.1.14_7 - Wyniki analiz porowatości i przepuszczalności dla odwiertu Roztropice – 3

L.p.	Interwał [m]	Skrzynka	cm	Opis próbki	Ciężar objętośc. g/dm ³	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	803-809	I		piaskowiec	2,45	10,66	rozłupliwe
2	803-809	II		piaskowiec	2,59	7,30	
3	803-809	III		piaskowiec	2,43	9,40	
4	803-809	IV		piaskowiec	2,33	11,90	
5	1222-1227	II	0-10	iłowce			
6	1222-1227	II	50	iłowce			
7	1222-1227	III	10-20	iłowce			
8	1222-1227	III	20-30	iłowce			
9	1222-1227	III	30-40	iłowce			
10	1222-1227	III	70-80	iłowce			
11	1222-1227	IV	0-10	iłowce			
12	1222-1227	IV	20-30	iłowce			
13	1222-1227	V	0-10	iłowce			
14	1371-1380	III		wapień	2,75	1,20	
15	1371-1380	IV		wapień			
16	1371-1380	V		wapień			
17	1371-1380	IX		wapień			
18	1400-1409	I		wapień	2,80	0,00	0,00
19	1400-1409	III		wapień			
20	1400-1409	V		wapień			
21	1400-1409	VI		wapień			
22	1400-1409	VIII		wapienie dolomit.			
23	1400-1409	IX		wapień	2,90	0,00	0,00
24	2068-2069	I	30-40	gnejs?			
25	2068-2069	I	30-40	kwarcyt			
26	1434-1443	II	85-100	wapień	2,78	0,99	0,00
27	1434-1443	VIII	0-20	wapień	2,80	0,00	0,00
28	1500-1509	III	80-100	brekcja il.węglan.	2,70	0,00	0,00
29	1500-1509	IX	10-20	wapień	2,82	0,00	rozłupliwe
30	1569-1578	VI	30-40	wapień	2,71	0,00	0,00
31	1636-1645	V	30-50	wapień	2,70	0,00	0,00
32	1700-1709	IV	30-50	brekcja węglanowa	2,71	0,00	0,00
33	1700-1709	VIII	40-50	wapień	2,71	0,70	0,00
34	1775-1780	III	30-50	dolomit			rozłupliwe
35	1845-1851	IV	0-10	wapień	2,88	0,00	0,00
36	1911-1917	VI	20-30	dolomit	2,83	0,00	0,00
37	1980-1989	VIII		iłowce			
38	1980-1989	IX		iłowce			
39	2010-2011	I	0-20	zlepianiec kwarcyt.	2,56	3,39	0,12

Analiza danych grawimetrycznych (PBG)

(Zdzisław Żuk)

Dane grawimetryczne z rejonu południowej części GZW scharakteryzowano już w zadaniu 1.1.4 w ramach raportu dla I segmentu w rejonie GZW (Wójcicki A. & Jureczka J. (red.), 2009). Poniżej scharakteryzowano wyniki analiz dla danych grawimetrycznych wzdłuż sześciu profili w rejonie Cieszyn-Skoczów-Czechowice (patrz **Fig. 1.1.14_12**). Pionowe przekroje grawimetryczne sporządzono dla sześciu profili przebiegających wzdłuż lub w pobliżu profili sejsmicznych.

Pionowe przekroje grawimetryczne wykonane zostały na bazie filtrów częstotliwościowych typu BTWR. Danymi wejściowymi były wartości pola anomalii Bouguera (**Fig. 1.1.14_12**) interpolowane w siatce o boku 250 m, które poddano następującym operacjom:

- Transformacja mapy anomalii Bouguera w mapy anomalii rezydualnych filtrem BTWR dla stałych interwałów głębokościowych 250 m w przedziale 0-5 km (scharakteryzowanej bliżej w zadaniu 1.1.4 w raporcie z I segmentu dla GZW – Wójcicki A. & Jureczka J. (red.), 2009).
- Wycięcie wartości anomalii dla każdego z założonych interwałów głębokościowych wzdłuż poszczególnych profili.
- Utworzenie dla każdego profilu zbiorów, które poddano procesowi standaryzacji i interpolacji do postaci siatki regularnej.
- Wykreślenie pionowych przekrojów grawimetrycznych na podstawie otrzymanych wartości siatki regularnej.

Otrzymane przekroje (**Fig.1.1.14_13-14**) przedstawiają zmiany efektów grawimetrycznych od różnych kompleksów fizycznych wraz ze zwiększeniem się ich głębokości. Uściślają one obraz map transformowanych w zakresie pionowych zmian anomalii grawimetrycznych oraz wyznaczają zasięgi poziome i pionowe poszczególnych anomalii. Przedstawienie poniżej każdego przekroju wycinka mapy grawimetrycznej anomalii resztkowych wiąże anomalie mapy z odpowiednim interwałem przekroju grawimetrycznego. Można uważać, iż przedstawienie na omawianych załącznikach anomalii w postaci map transformowanych i pionowych przekrojów jest przestrzenną formą obrazu grawimetrycznego. Intensywność anomalii zaś odpowiada charakterystycznym wysoko i nisko gęstościowym kompleksom litologicznym w obrębie utworów miocenu i podłoża. Należy jednak tutaj również podkreślić, iż dobór skali głębokościowej w przekrojach grawimetrycznych może być obarczony błędem wynikającym z przyjętych założeń i uproszczeń interpretacyjnych.

Do wykonania pionowych przekrojów grawimetrycznych użyto własnych programów TRANGRID , PRZEKRÓJ i WYKRES a także aplikacji CoreIDRAW i SURFER.

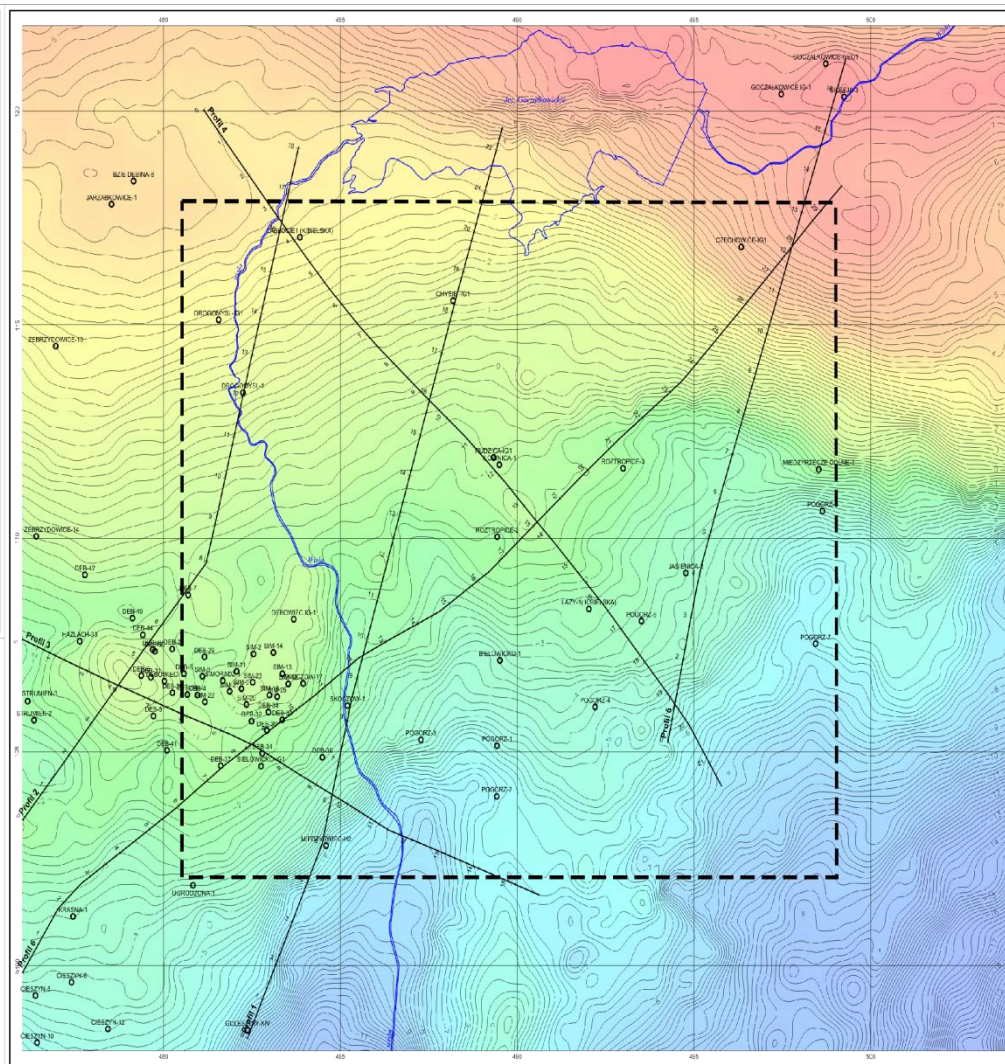
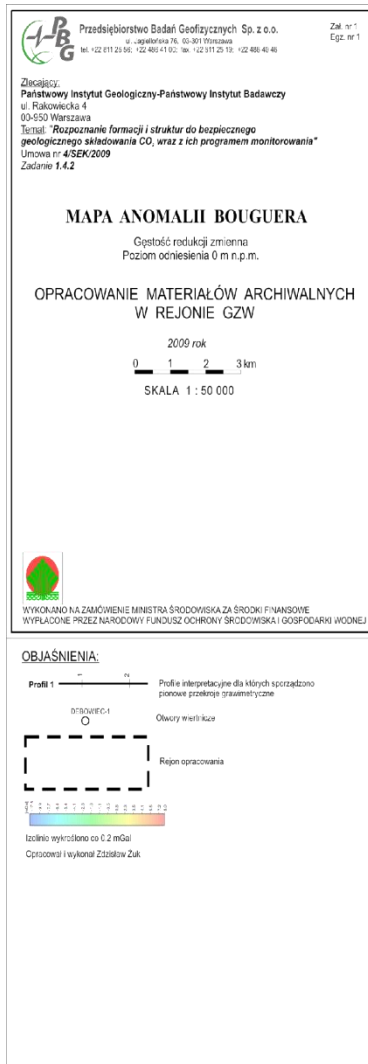


Fig.1.1.14_12 Mapa anomalii Bouguera w rejonie Cieszyn-Skoczów-Czechowice

IBG Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o.
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa
tel. +22 811 25 56, +22 486 41 00, fax. +22 811 25 19, +22 486 40 48

Załącznik:
Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-950 Warszawa
Temat: "Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania"
Umowa nr 4/SEK/2009
Zadanie 1.4.2

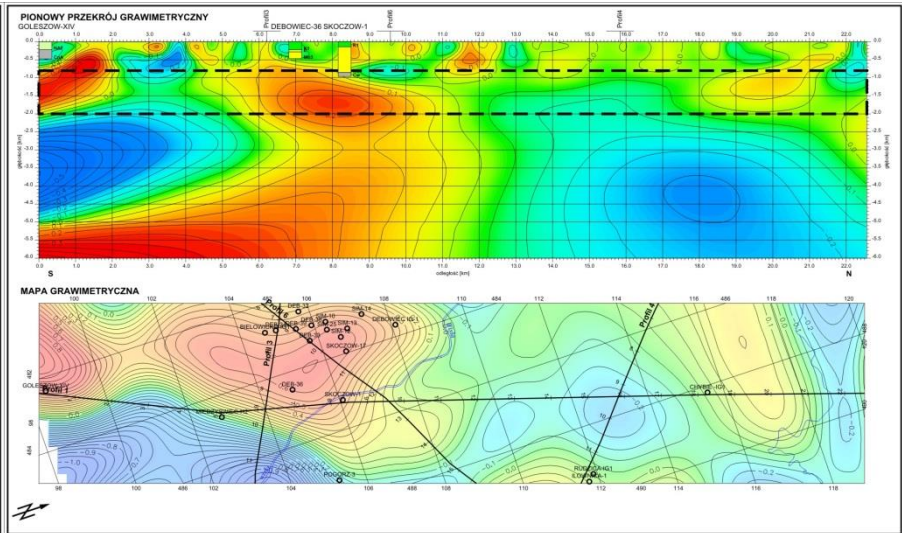
PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY
Profil 1
Gęstość redukcji zmienna
Poziom odniesienia 0 m n.p.m.
**OPRACOWANIE MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH
W REJONIE GZW**
2009 rok
Skala pozioma 1 : 50 000
Skala pionowa 1 : 50 000

OBJAŚNIENIA (MAPA GRAWIMETRYCZNA):
Profil 1 — Profile interpretacyjne dla których sporządzono pionowe przekroje grawimetryczne
DEBOWIEC-1 — Otwoły wiertnicze
Izolinie wykreślono co 0,05 mGal

OBJAŚNIENIA (PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY):
Przypuszczalny przedział głębokości przedstawiony na mapie grawimetrycznej

Opracował i wykonał Zdzisław Żuk

WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA ŚRODOWISKA ZA ŚRODKI FINANSOWE
WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ



IBG Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o.
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa
tel. +22 811 25 56, +22 486 41 00, fax. +22 811 25 19, +22 486 40 48

Załącznik:
Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-950 Warszawa
Temat: "Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania"
Umowa nr 4/SEK/2009
Zadanie 1.4.2

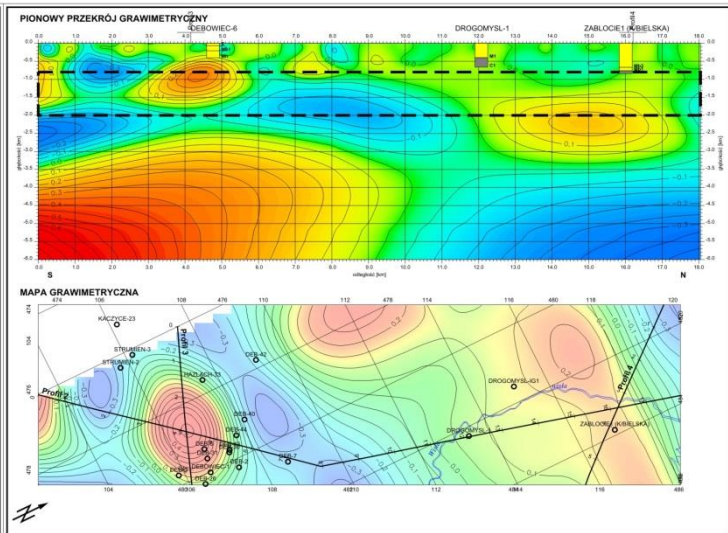
PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY
Profil 2
Gęstość redukcji zmienna
Poziom odniesienia 0 m n.p.m.
**OPRACOWANIE MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH
W REJONIE GZW**
2009 rok
Skala pozioma 1 : 50 000
Skala pionowa 1 : 50 000

OBJAŚNIENIA (MAPA GRAWIMETRYCZNA):
Profil 1 — Profile interpretacyjne dla których sporządzono pionowe przekroje grawimetryczne
DEBOWIEC-1 — Otwoły wiertnicze
Izolinie wykreślono co 0,05 mGal

OBJAŚNIENIA (PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY):
Przypuszczalny przedział głębokości przedstawiony na mapie grawimetrycznej

Opracował i wykonał Zdzisław Żuk

WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA ŚRODOWISKA ZA ŚRODKI FINANSOWE
WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ



IBG Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o.
ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa
tel. +22 811 25 56, +22 486 41 00, fax. +22 811 25 19, +22 486 40 48

Załącznik:
Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-950 Warszawa
Temat: "Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania"
Umowa nr 4/SEK/2009
Zadanie 1.4.2

PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY
Profil 3
Gęstość redukcji zmienna
Poziom odniesienia 0 m n.p.m.
**OPRACOWANIE MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH
W REJONIE GZW**
2009 rok
Skala pozioma 1 : 50 000
Skala pionowa 1 : 50 000

OBJAŚNIENIA (MAPA GRAWIMETRYCZNA):
Profil 1 — Profile interpretacyjne dla których sporządzono pionowe przekroje grawimetryczne
DEBOWIEC-1 — Otwoły wiertnicze
Izolinie wykreślono co 0,05 mGal

OBJAŚNIENIA (PIONOWY PRZEKRÓJ GRAWIMETRYCZNY):
Przypuszczalny przedział głębokości przedstawiony na mapie grawimetrycznej

Opracował i wykonał Zdzisław Żuk

WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA ŚRODOWISKA ZA ŚRODKI FINANSOWE
WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

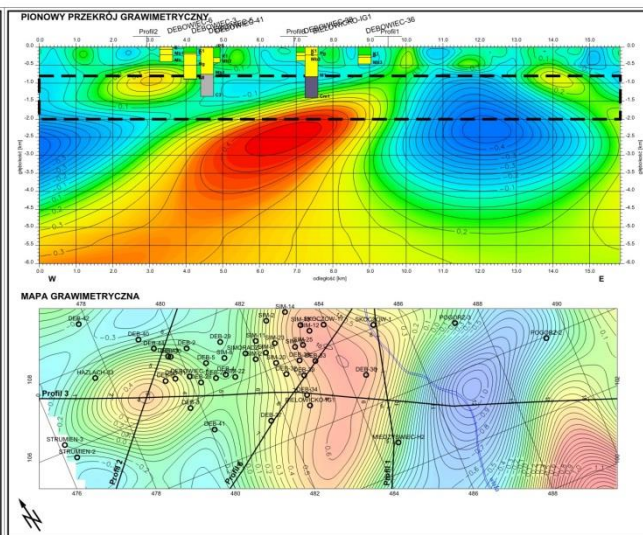


Fig.1.1.14_13 Pionowe przekroje grawimetryczne wzdłuż profili 1, 2 i 3.

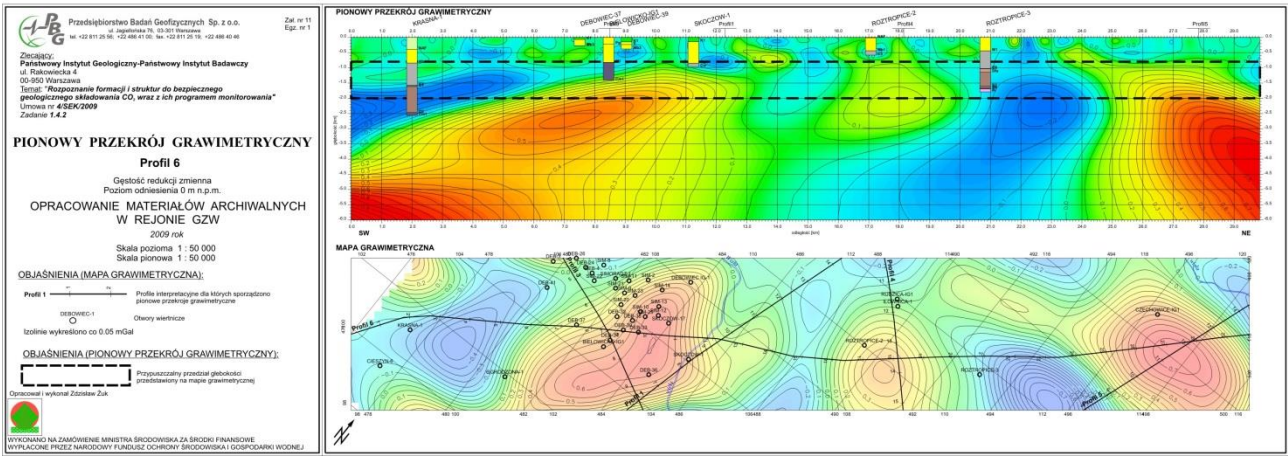
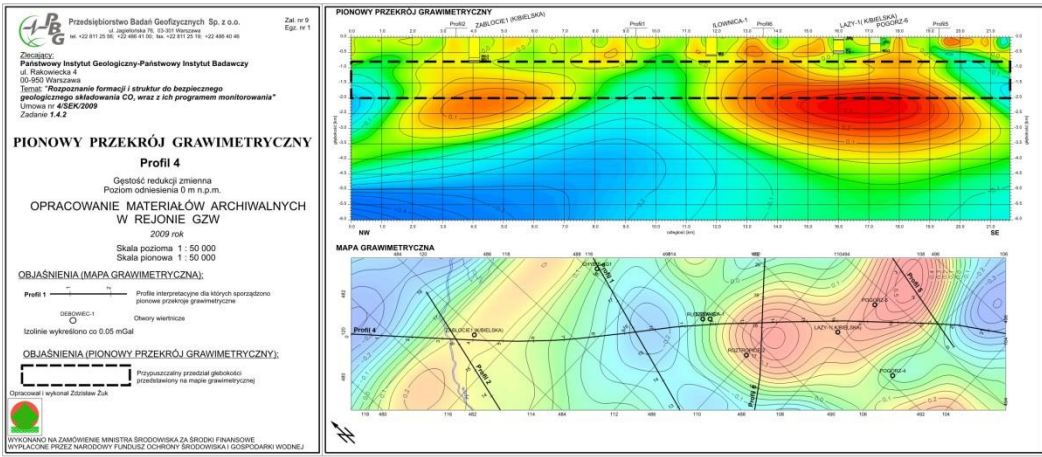
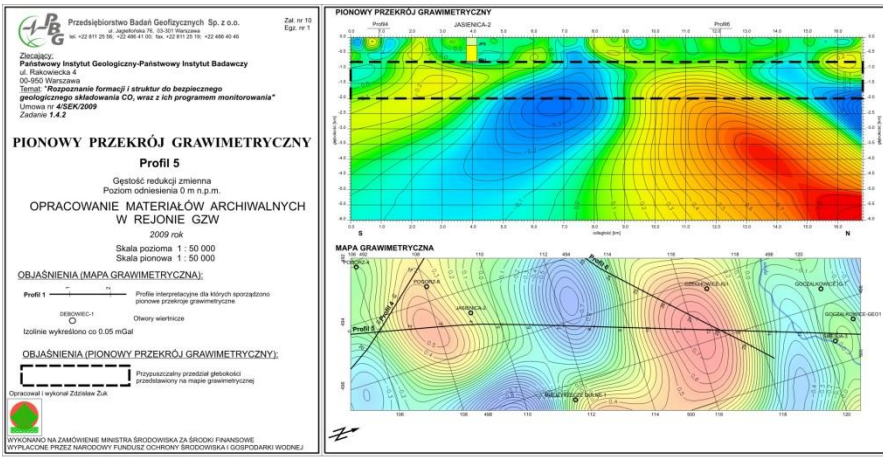


Fig.1.1.14_14 Pionowe przekroje grawimetryczne wzdłuż profili 4, 5 i 6.

Trzeci obiekt solankowy

Prace zostały wykonane przez wszystkich partnerów konsorcjum (**PIG-PIB, GIG, AGH, PBG i INiG**).

Uzgodniono, że jako trzeci obiekt w poziomach solankowych zostaną opracowane dwa obiekty/struktury:

- Choszczno-Suliszewo w rejonie NW Polski, ewentualnie na potrzeby aglomeracji szczecińskiej
- Grodzisk-Ujazd-Bukowiec (Niecka Poznańska - megastruktura solankowa, w stropie której występują też złoża gazu) w rejonie Wielkopolski, ewentualnie na potrzeby aglomeracji poznańskiej.

Dla struktury Choszczno-Suliszewo podstawowym kolektorem są piaskowce dolnej jury natomiast megastruktura Niecki Poznańskiej obejmuje kolektor czerwonego spągowca.

W ramach tego zadania opracowano, na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, wstępną charakterystykę obszarów potencjalnych składowisk wraz z otoczeniem.

W szczególności AGH zebrał informacje o parametrach złożowych obiektu Choszczno-Suliszewo, PBG przeanalizował materiały archiwalne w zakresie wyników grawimetrii, magnetyki i geoelektryki w rejonie Choszczno-Suliszewo, IGSMiE PAN scharakteryzował oddziaływania CO₂-skała-płyny złożowe dla kompleksu składowania struktury Choszczno-Suliszewo, INiG – informacje odnośnie własności zbiornikowych i filtracyjnych kolektora czerwonego spągowca dla megastruktury Niecki Poznańskiej a GIG – parametry hydrogeologiczne i rozprzestrzeniania się CO₂ w kolektorze dolnojurajskim struktury Choszczno-Suliszewo.

Natomiast PIG-PIB, w oparciu o dane zgromadzone w trakcie realizacji I segmentu dla rejonów VII (NW Polska, obejmującego strukturę Choszczno-Suliszewo) oraz VI (Wielkopolska, obejmującego megastrukturę Niecki Poznańskiej) opracował bazę informacji dotyczących wspomnianych struktur i przeanalizował następujące problemy:

- występowanie zagrożeń sejsmicznością (brak naturalnych trzęsień Ziemi o magnitudzie ponad 4 stopnia w skali Richtera w tym rejonie w ciągu ostatnich 800 lat - nie ma z tego tytułu istotnego zagrożenia dla rozpatrywanych rejonów);
- możliwości wycieków dwutlenku węgla ze składowiska (brak walnych stref uskokowych przecinających nadkład kolektorów dolnojurajskich w rejonie Choszczno-Suliszewo wg analiz w rozdziale 1.1.4, doskonała szczelność nadkładu cechsztyńskiego dla rejonu Niecki Poznańskiej, natomiast problemem może być lokalnie szczelność starych, zlikwidowanych otworów nawiercających kompleks składowania);
- możliwości oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi oraz środowisko (ewentualne awarie na miejscu zatłaczania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi na powierzchni, natomiast miąższość i jakość nadkładu uszczelniającego praktycznie wyklucza przedostanie się dwutlenku węgla do płytszych kolektorów, zawierających wody wysłodzone i słodkie, a więc potencjalnie użytkowe);
- występowanie konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i

węglowodorów(**Rys. 1**); w rejonie potencjalnego składowiska Choszczno-Suliszewo nie prowadzi się podziemnej eksploatacji złóż surowców mineralnych, w tym węglowodorów, natomiast w rejonie Niecki Poznańskiej występuje szereg złóż węglowodorów, ale obejmują one niewielki procent powierzchni megastruktury i zatłaczanie CO₂ ma docelowo ponieść efektywność ich eksploatacji; obszary NATURA2000 otaczają element Suliszewo struktury Choszczno-Suliszewo.

- nie ma problemów z dostępnością przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla (odpowiednio aglomeracja szczecińska wraz z dużą elektrownią Dolna Odra na południe od Szczecina oraz aglomeracja poznańska).

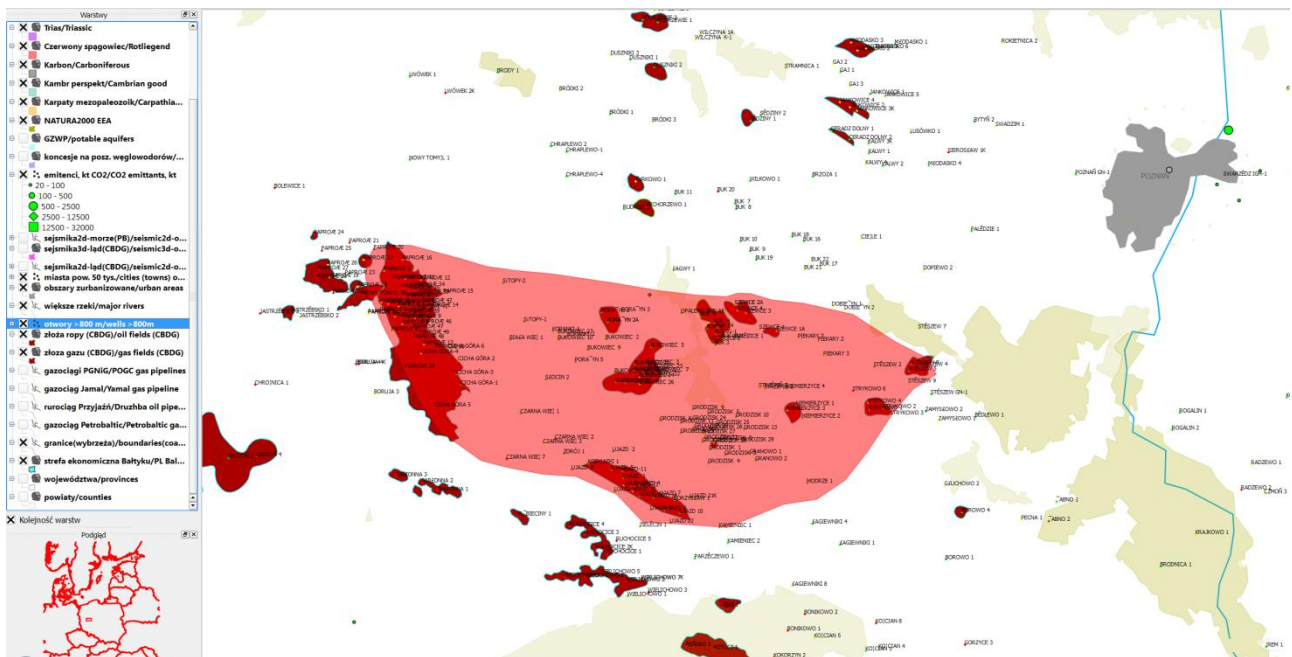
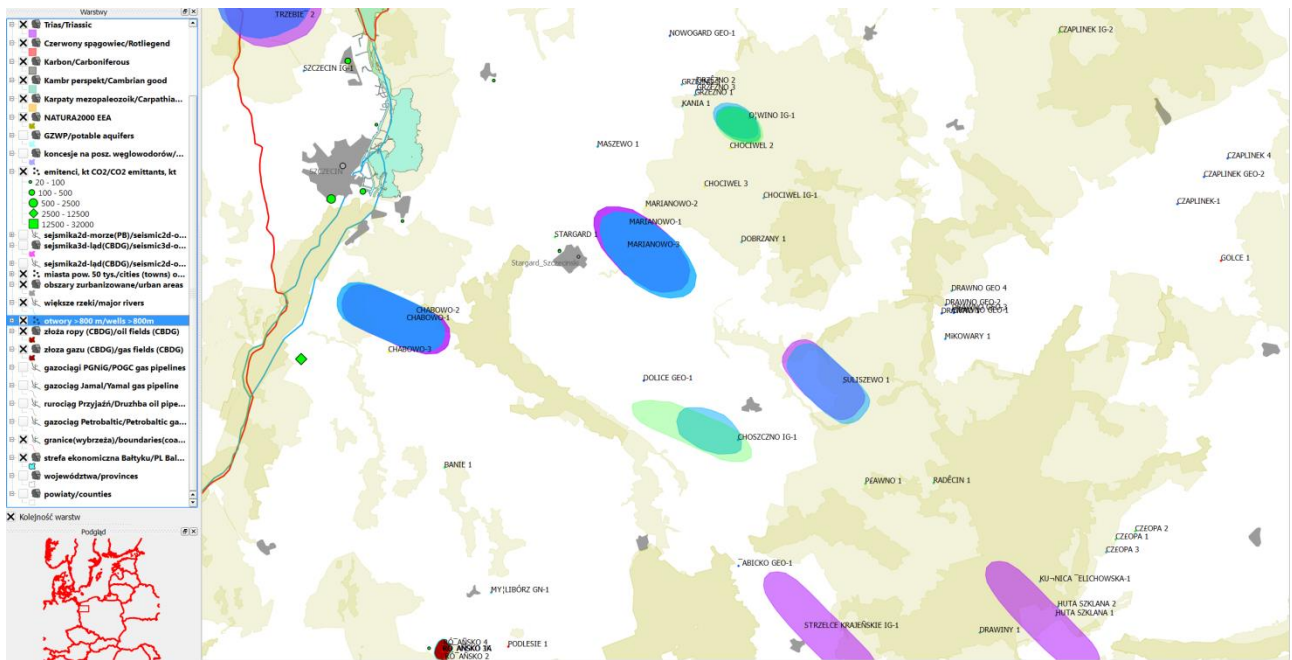
- możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do potencjalnego składowiska (w przypadku struktury Choszczno-Suliszewo konieczność przekroczenia niewielkiego obszaru NATURY2000 jeśli byłby potrzebny dostęp do elementu Suliszewo, dla Niecki Poznańskiej nie ma istotnych problemów z dostępem do składowiska od emitenta – szczegółowe wytyczenie trasy może być rozpatrywane przez inwestora w uzgodnieniu z właścicielami gruntów).

W przypadku rejonu Choszczno-Suliszewo przygotowano na potrzeby dalszych zadań II segmentu (w szczególności **1.1.15**) gridy map strukturalnych formacji mezozoiku (od stropu dolnej kredy do spągu dolnej jury – **Rys. 2**).

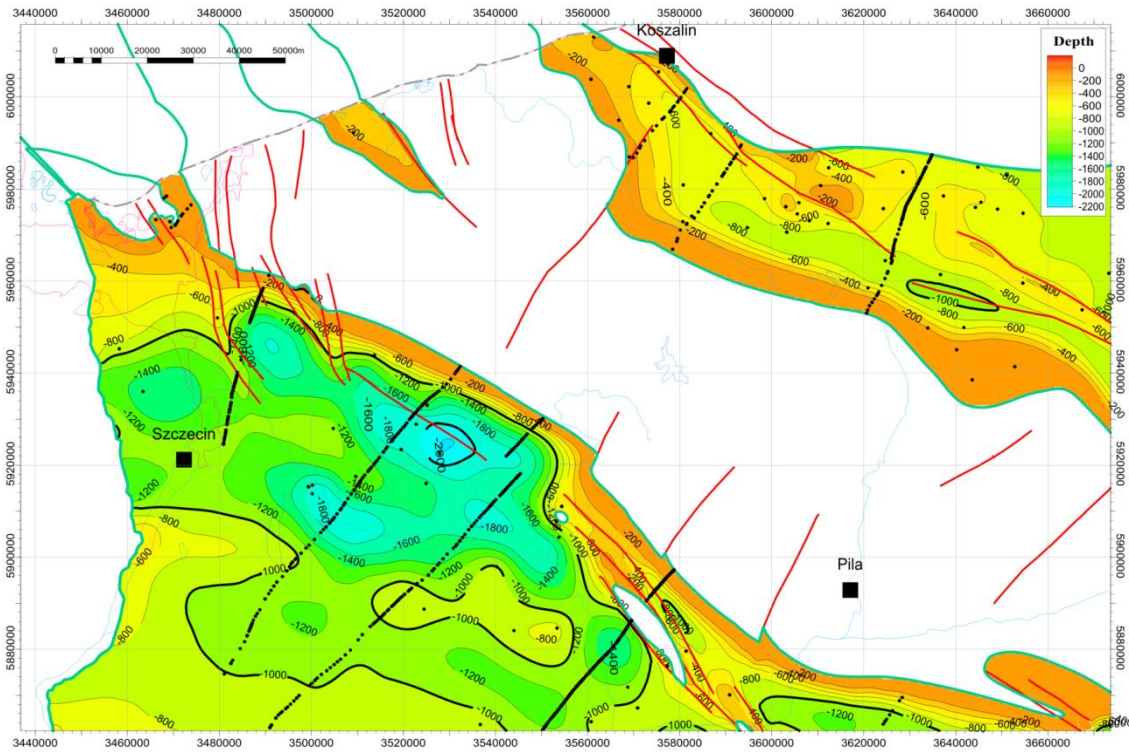
W ścisłym rejonie struktury Choszczno-Suliszewo mamy stosunkowo niewiele otworów o głębokości ponad 800 m (**Rys. 1**). Stąd zebrano na potrzeby analiz struktury Choszczno-Suliszewo, i jej otoczenia, informacje jedynie z 12 otworów: Choszczno IG-1, Chociwel 2, Mąkowary 1, Radęcin 1, Suliszewo 1, Banie 1, Drawno GEO-1, Huta Szklana 1, Maszewo 1, Myślubórz GN-1, Stargard 1, Strzelce Krajeńskie IG-1. Dla kilku otworów dostępne były informacje parametryczne w zakresie własności zbiornikowych i hydrogeologicznych (w tym Choszczno IG-1, Chociwel 2, Pławno 1, Radęcin 1) a dla pięciu otworów (Choszczno IG-1, Chociwel 2, Mąkowary 1, Radęcin 1, Suliszewo 1) krzywe geofizyki wiertniczej o jakości umożliwiającej interpretację zailenia i własności zbiornikowych z karotażu.

Natomiast dla rejonu Niecki Poznańskiej istotne było wykorzystanie na potrzeby dalszych zadań II segmentu (w szczególności **1.1.15**) map stropu kolektora czerwonego spągowca, stropu cechsztynu (**Rys. 3**) i map strukturalnych nadkładu mezozoicznego (na **Rys. 3** przedstawiono mapę spągu jury).

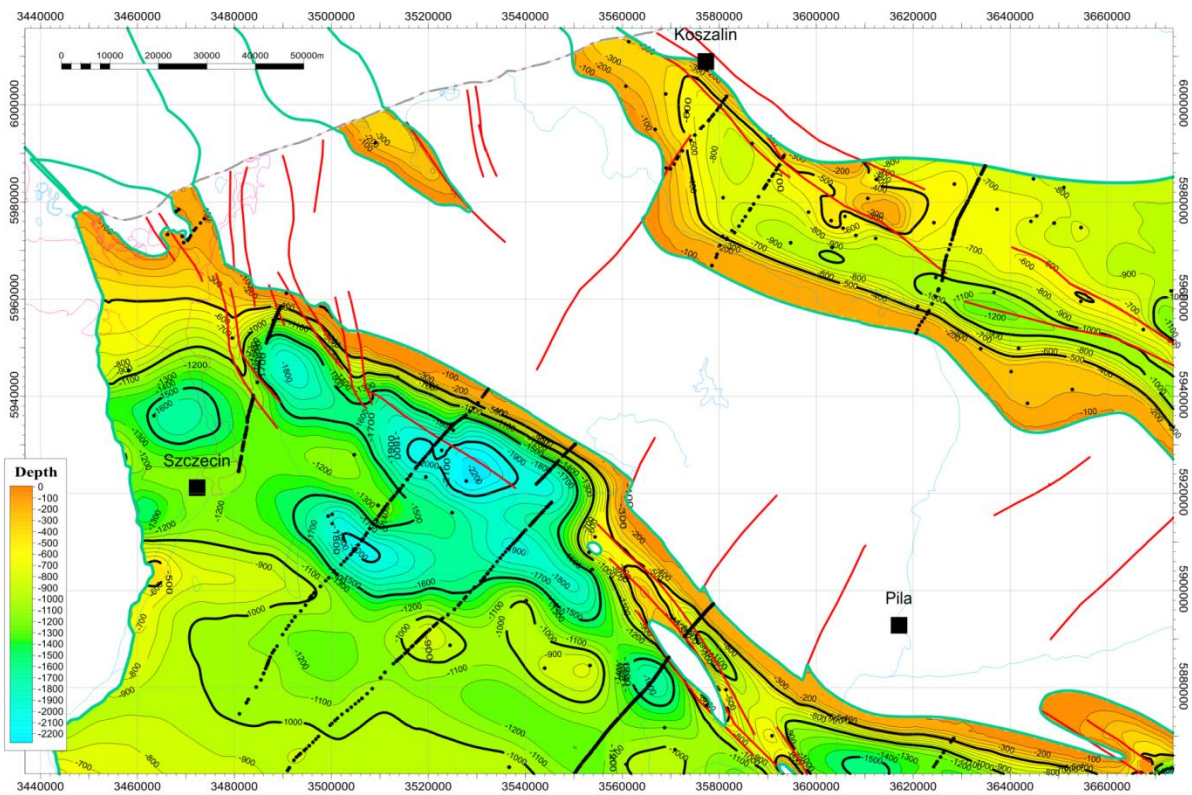
W rejonie Niecki Poznańskiej dostępne były informacje z 58 otworów, z czego dla 12 otworów wykorzystano dane karotażowe na potrzeby interpretacji zailenia i własności zbiornikowych.



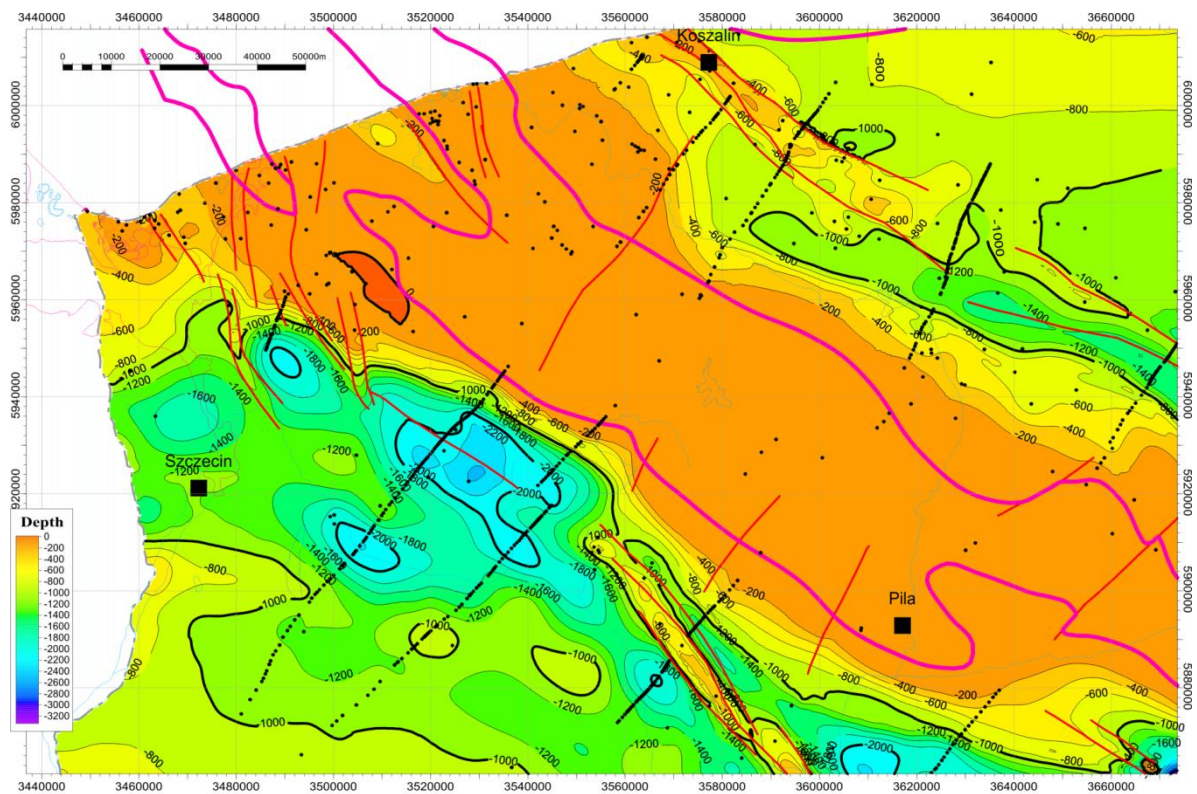
Rys. 1 Lokalizacja rozpatrywanych struktur (góra – Choszczno-Suliszewo, dół – Grodzisk-Ujazd-Bukowiec) wraz z obszarami NATURA 2000 i złożami węglowodorów



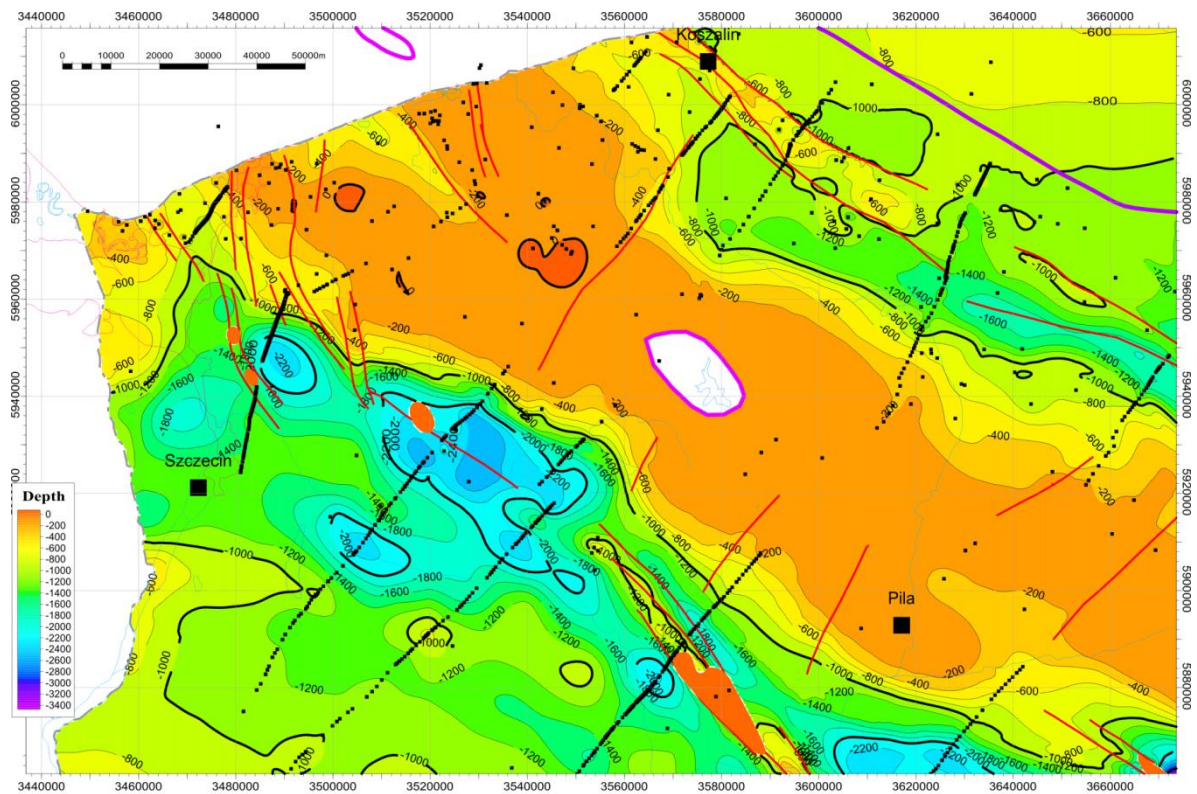
Mapa strukturalna stropu kredy dolnej



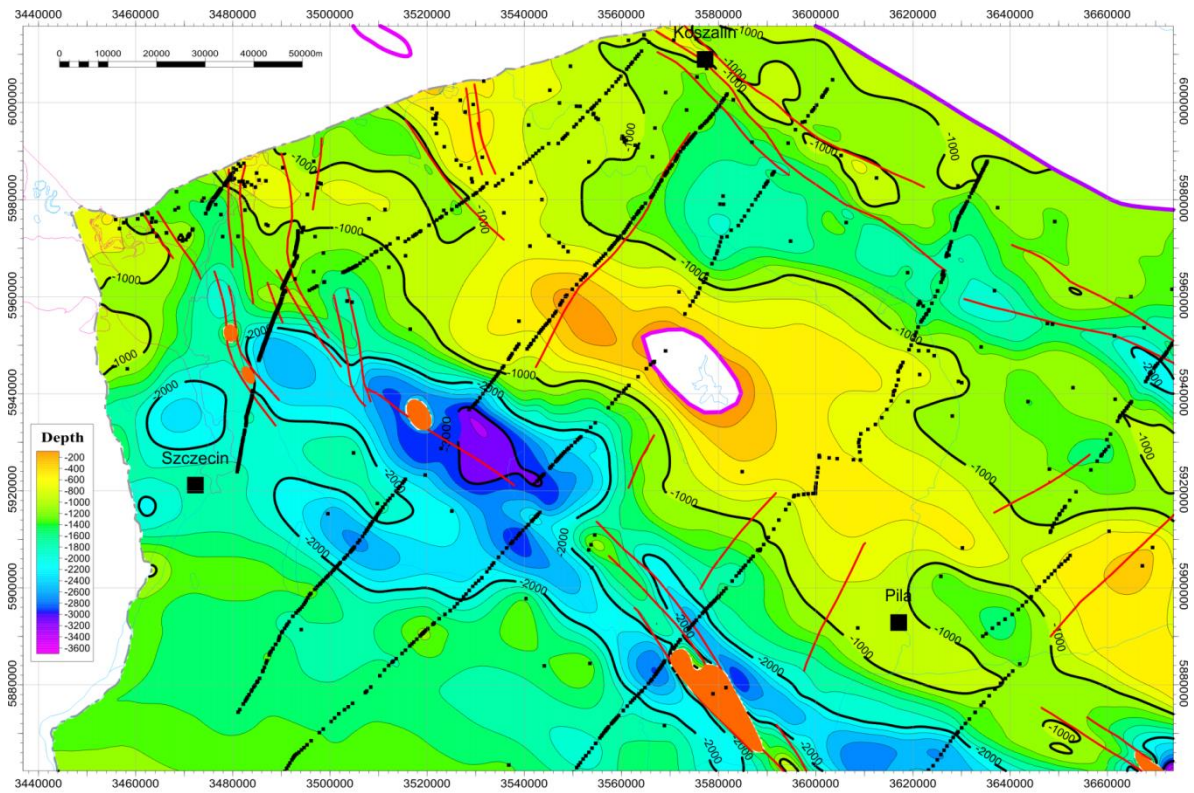
Mapa strukturalna spagu kredy dolnej



Mapa strukturalna stropu jury srodkowej

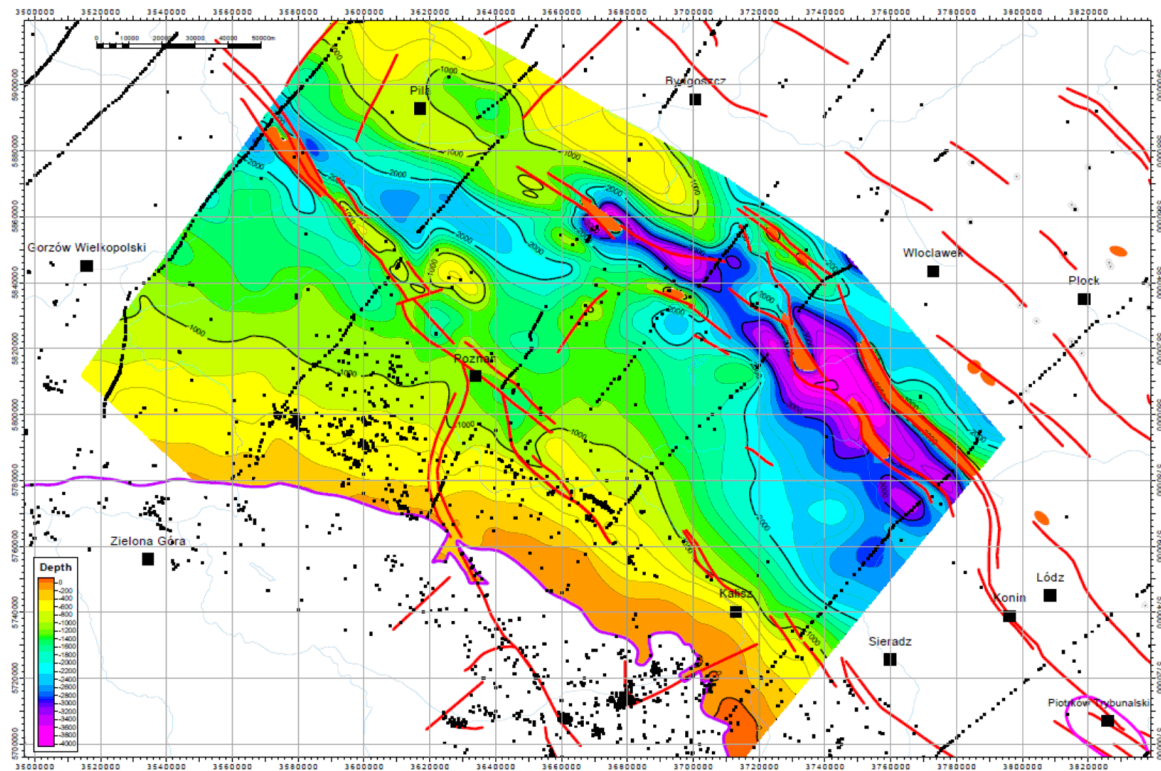


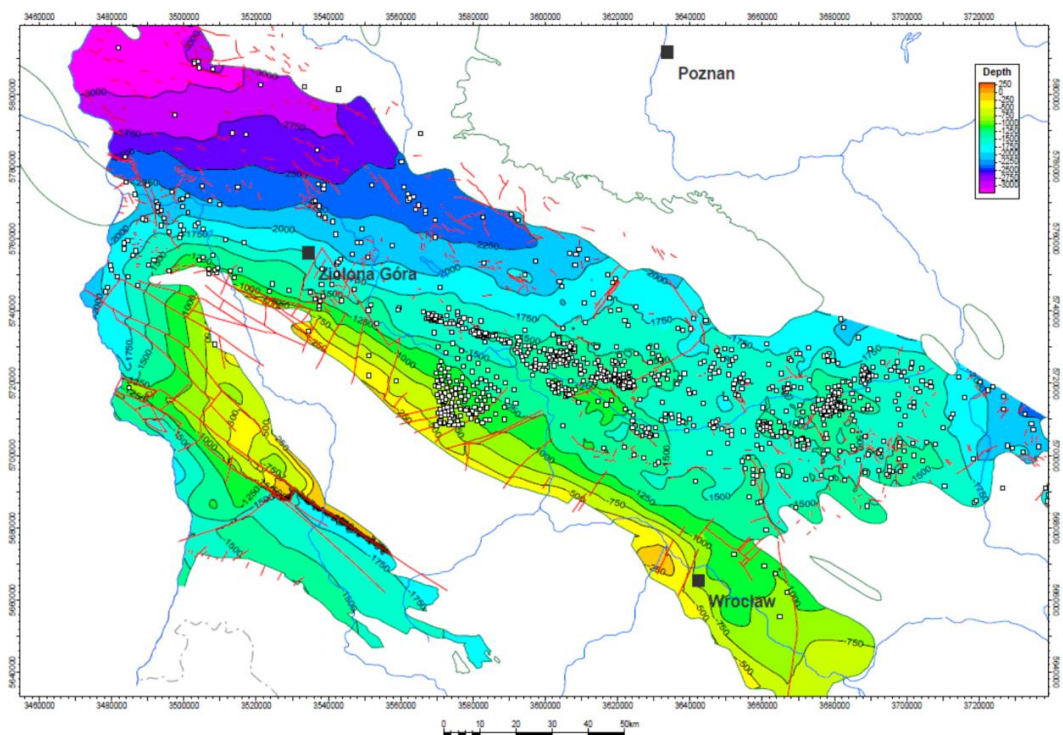
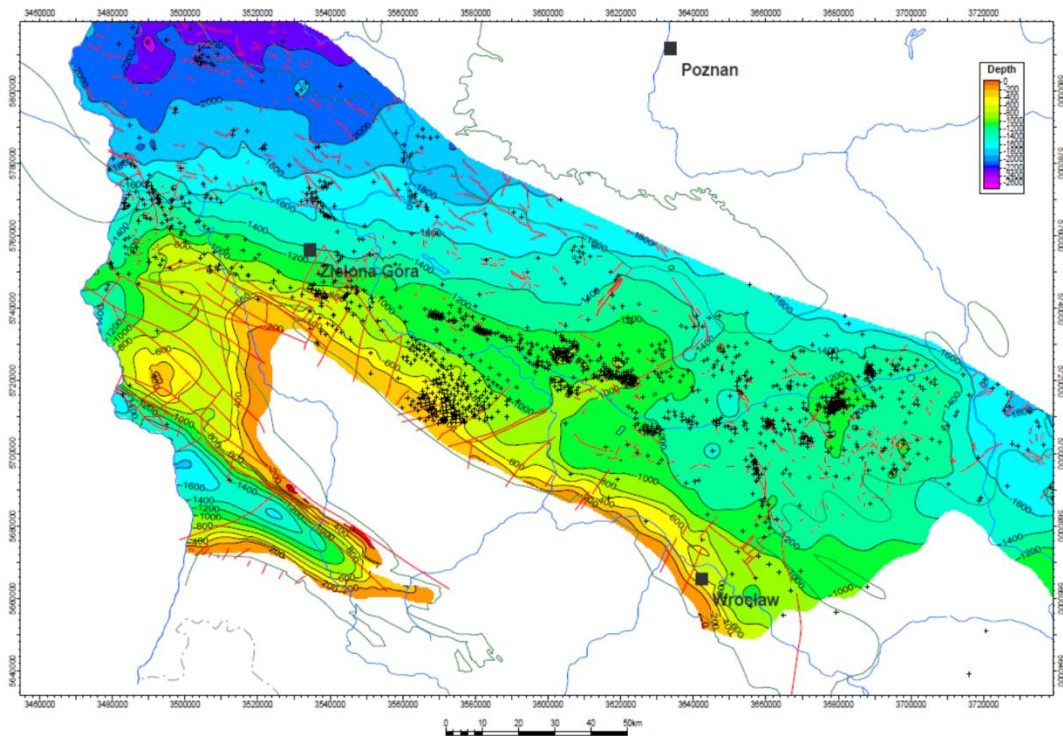
Mapa strukturalna stropu jury dolnej



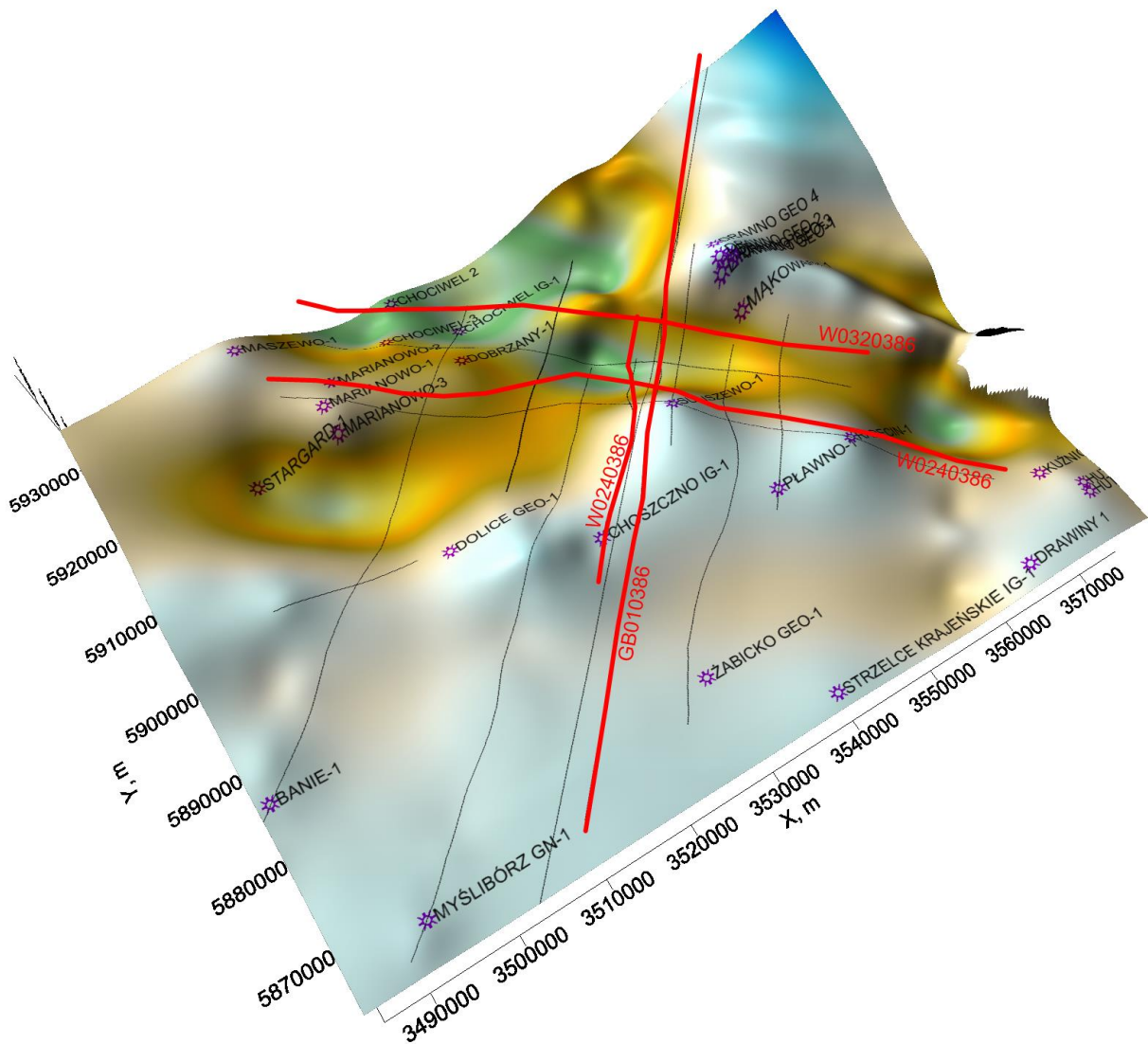
Mapa strukturalna spagu jury dolnej

Rys. 2 Mapy strukturalne formacji mezozoiku (Papiernik i in.), obejmujące rejon Choszczno-Suliszewo, wykorzystane w dalszych analizach II segmentu





Rys. 3 Mapy strukturalne formacji permomezozoiku (Papiernik i in.), obejmujące rejon Niecki Poznańskiej, wykorzystane w dalszych analizach II segmentu. Mapy są uaktualnione i uszczegółowione oraz dotyczą niekoniecznie tych samych wydziałów, co np. Atlasy geotermalne (Górecki 2006a i b) i są dowiązane do setek otworów w przypadku każdego z rejonów; patrz też punkt 2.1.1 na CD w segmencie regionalnym).



Rys. 4 Pokrycie rejonu Choszczno-Suliszewo profilami sejsmicznymi na tle przestrzennego obrazu mapy strukturalnej spągu jury (G. Wróbel – zadanie 1.1.3, rejon VII)

Ponadto przeprowadzono analizę 8 profili sejsmicznych przechodzących przez strukturę Choszczno-Suliszewo (**Rys. 4**), w tym archiwalnych interpretacji sejsmiki wykonanych wcześniej dla tego rejonu w ramach innych przedsięwzięć.

Informacje geologiczne o parametrach złożowych trzeciego obiektu solankowego (AGH)

(Stanisław Nagy, Bartosz Papiernik, Czesław Rybicki, Rafał Smulski, Łukasz Klimkowski)

Przedmiotem opracowania pt. „Zebranie szczegółowych informacji geologicznych, o parametrach złożowych dla obiektów w poziomach solankowych” związany był z kwerendą bibliograficzną oraz analizą stanu dokumentacji technicznych zawierających dane geologiczne, geofizyczne i hydrodynamiczne. Analizę oparto o przeszukiwanie literatury oraz o dostarczone przez koordynatora dane.

Ogólna charakterystyka wód dolnej jury wybranej formacji geologicznej

System krążenia wód podziemnych obejmuje kilka warstw wodonośnych piaskowców, od bardzo drobnoziarnistych do średnioziarnistych, czasami gruboziarnistych. Są to naporowe warstwy wodonośne, przedzielone półprzepuszczalnymi i/lub praktycznie nieprzepuszczalnymi iłotłupkami, mułowcami i mułowcami piaszczystymi. Przepuszczalne piaskowce stanowią od 40 - 80% całkowitej miąższości dolnej jury.

Większość dostępnych informacji o parametrach hydrogeologicznych skał dolnej jury zawarta jest w bazie danych przygotowanej w związku z wydaniem atlasów geotermalnych (Górecki et al. 2006).

Charakterystyka danych wejściowych

Rejon Choszczno – Suliszewo rozpoznany jest wiertniczo 28 otworami (**Tab. 1.1.14_8**). Dane z otworów posłużyły do konstrukcji osnowy strukturalnej, jak również do stworzenia modeli parametrycznych.

Tab. 1.1.14_8 - Zestawienie otworów w rejonie Choszczno-Suliszewo.

Lp.	Nazwa otworu	Lp.	Nazwa otworu
	BANIE-1	15	HUTA SZKLANA 2
2	CHOCIWEL 2	16	KUŹNICA ŻELICHOWSKA-1
3	CHOCIWEL IG-1	17	MARIANOWO-1
4	CHOCIWEL-3	18	MARIANOWO-2
5	CHOSZCZNO IG-1	19	MARIANOWO-3
6	DOBRZANY-1	20	MASZEWO-1
7	DOLICE GEO-1	21	MĄKOWARY 1

8	DRAWINY 1	22	MYŚLIBÓRZ GN-1
9	DRAWNO 1	23	PŁAWNO-1
10	DRAWNO GEO 4	24	RADĘCIN-1
11	DRAWNO GEO-1	25	STARGARD-1
12	DRAWNO GEO-2	26	STRZELCE KRAJEŃSKIE IG-1
13	DRAWNO GEO-3	27	SULISZEWO-1
14	HUTA SZKLANA 1	28	ŻABICKO GEO-1

Podstawowe dane wejściowe wykorzystane do stworzenia modeli obejmowały:

1. Dane wejściowe wykorzystane do opracowania modelu strukturalnego

- Regularne siatki interpolacyjne
- Wydzielenia stratygraficzne

2. Dane wejściowe wykorzystane do opracowania modelu parametrycznego

- Interpretacje litologiczne
- Krzywe geofizyki otworowej

3. Dane wejściowe wykorzystane do opracowania modelu strukturalnego

- **Regularne siatki interpolacyjne.** Import danych wejściowych obejmował również wczytanie do projektu głównych horyzontów jurajskich (spąg J1, strop J1, strop J2), oraz kredowych (spąg K1, strop K1) (Górecki et al.2006, Pletsch et al. 2010). Przygotowane siatki 2D zostały dowiązane do stratygrafii w otworach w celu poprawy jakości odwzorowania powierzchni strukturalnych. Główne wydzielenia stratygraficzne zostały dodatkowo uszczegółowione o piętra strukturalne w miejscach o znanej stratygrafii.

- **Wydzielenia stratygraficzne** zostały określone w 18 otworach (**Tab. 1.1.14_9**). Dane wejściowe zaczerpnięte zostały z Centralnego Archiwum Geologicznego (CAG), Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) oraz Bazy Danych Geotermalnych Katedry Surowców Energetycznych. Zaimportowane wydzielenia zostały ujednolicone i tak przygotowana stratygrafia została przekształcona w syntetyczne krzywe otworowe.

- Stratygrafię w 5 otworach, w których dostępna była również krzywa zailenia przedstawia **Fig.1.1.14_15**.

Tab. 1.1.14_9 - Zestawienie otworów z wydzieleniami stratygraficznymi

Lp.	Nazwa otworu	Lp.	Nazwa otworu
1	BANIE-1	10	MĄKOWARY- 1
2	CHOCIWEL-2	11	MASZEWO-1
3	CHOSZCZNO IG-1	12	MASZEWO-3
4	DRAWNO-1	13	MASZEWO-4
5	DRAWNO GEO-1	14	MYŚLIBÓRZ GN-1
6	DRAWNO GEO-2	15	RADĘCIN-1
7	DRAWNO GEO-3	16	STARGARD-1
8	DRAWNO GEO-4	17	STRZELCE KRAJEŃSKIE IG-1
9	HUTA SZKLANA-1	18	SULISZEWO-1

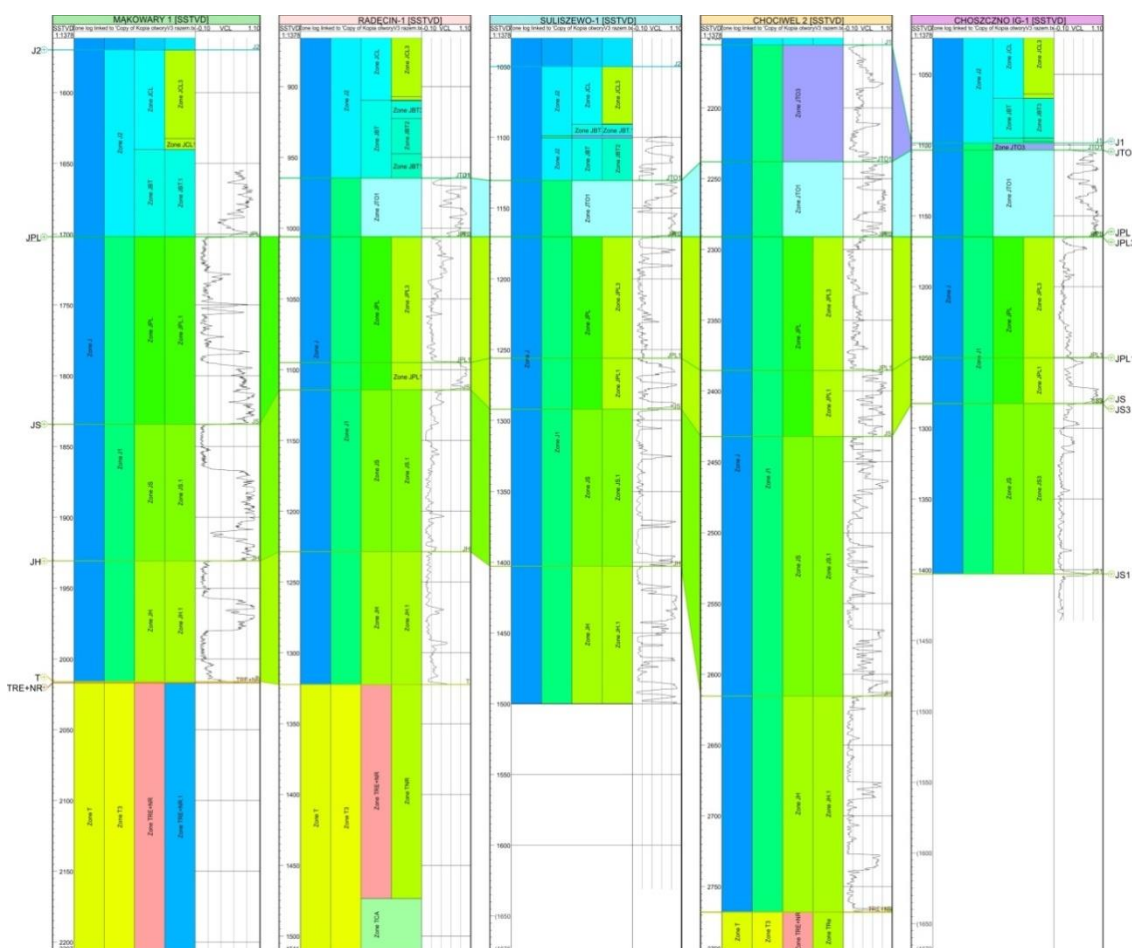


Fig.1.1.14_15 Przykład podziału stratygraficznego w otworach wiertniczych, w których dostępne były krzywe zailenia (zob. także opr. 1.1.15)

Dane wejściowe wykorzystane do opracowania modelu parametrycznego

- **Krzywe geofizyki otworowej** (Kperm, PHIE, VCL) znajdują się jedynie w 5 otworach (**Tab. 1.1.14_10**). Ponadto w danych geofizyki otworowej znalazły się krzywe GR - 4 otwory, NPHI - 3 otwory, Rt - 4 otwory, CALX – 1 otwór, CALI – 3 otwory, LL 3 – 1 otwór, SP – 1 otwór. Krzywe geofizyczne obejmują głównie dolną jurę.

Tab. 1.1.14_10 Zestawienie otworów z dostępnymi krzywymi: Kperm, PHIE i VCL

Lp.	Nazwa otworu
1	SULISZEWO-1
2	RADĘCIN-1
3	CHOSZCZNO IG-1
4	MAKOWARY- 1
5	CHOCIWEL-2

Interpretacje litologiczne

Interpretacje litologiczne zostały wykonane przez M. Wojtowicza (Wójcicki et al., 2010) w podobnym interwale głębokościowym. W procesie interpretacji autor wydzielił zasadniczo 3 litologie, na które składają się piaskowce, mułowce oraz iłowce. Podobnie jak w przypadku krzywych geofizyki otworowej interpretacja obejmowała jurę dolną. Średni udział poszczególnych litologii dla tego wydzielenia to 25.9 – skały ilaste, 10.7 – mułowce, 63.4 – piaskowce.

Model zailenia

Finalny model zailenia dla całego rejonu Choszczno – Suliszewo wykazuje następujące średnie wartości zailenia w potencjalnych poziomach zbiornikowych: hetang – 23%, synemur – 23% oraz pliensbach – 33%, co niewątpliwie wynika z rozkładu litologicznego w poszczególnych poziomach (dominacja piaskowców).

W strukturze Radęcin – Suliszewo zailenie w potencjalnych poziomach zbiornikowych dolnej jury nie przekracza 20%, za wyjątkiem pojedynczych wkładek o większym zaileniu (hetang, synemur) oraz stropowych i spągowych partiach (kilkanaście metrów) utworów pliensbachu gdzie średnio zailenie waha się w przedziale 40 – 80 % (obecność iłowców i mułowców w profilu).

Wydzielenie poziomów przepuszczalnych

W skali makroregionalnej, dla całego basenu dolnojurańskiego, poszczególne warstwy wodonośne mogą być traktowane jako jeden połączony system hydrauliczny. W skali lokalnej dla rozpatrywanego obszaru da się wydzielić 4 niezależne piaskowcowe warstwy wodonośne (A, B, C, D), przedzielone mułowcami i iłowcami.

Uśrednione wyniki parametrów hydrodynamicznych zbiornikowych

Współczynnik filtracji

Oznaczony laboratoryjnie współczynnik filtracji (k_{10}) dla drugiej podstawowej subpopulacji charakteryzuje się rozkładem logarytmiczno-normalnym. Zmienia się od $1,3 \cdot 10^{-7}$ do $4 \cdot 10^{-5}$ m/s (od 0,017 do 5,22 D) przy wartości $k_{10} = 1,8 \cdot 10^{-6}$ m/s (0,187 D).

Współczynniki filtracji uzyskane podczas testowania głębokich otworów w tym regionie (30 otworów) zmieniają się od $2 \cdot 10^{-7}$ do $8 \cdot 10^{-5}$ m/s (do 0,021 do 8,3 D). Średnia wartość kształtuje się około $5 \cdot 10^{-6}$ m/s (0,52 D).

Biorąc pod uwagę także rezultaty badań w otworach hydrogeologicznych (zlokalizowanych w pobliżu wychodni) Górecki et al (1995) podaje jako średnią wartość współczynnika filtracji $k_{10} = 3 \cdot 10^{-5}$ m/s (3,12 D).

Charakterystyka hydrochemiczna wód z otworu Stargard Szczeciński GT-1

Skład wody z otworu Stargard GT-1 przedstawiony jest w tablicy poniżej. Woda jest silnie zasolona o mineralizacji ok. 120 g/cm³, o odczynie pH 6.6. Zawartość baru (Ba) w wodzie sięga 9,1 mg/dm³, a strontu (Sr) 11,4 mg/dm³. Dotychczasowe doświadczenia z eksploatacji innych dubletów geotermalnych oraz znajomość genezy, zasad krążenia i przepływu wód pozwalają generalnie przewidywać stabilność składu chemicznego i typu wody. Analiza składu gazu pobranego z otworu Stargard GT-2 wskazuje na dużą zawartość gazów trwałych w wodzie: azot 51,4%, wodór 18,7% i dwutlenku węgla 28,5 % - (pozostałe ilości gazu stanowią śladowe ilości węglowodorowe). Próby gazu pobrano z instalacji geotermalnej w miejscu instalacji układu filtrowego przy ciśnieniu atmosferycznym. Pobór gazu wykonano przy wykładniku gazowym 50 dm³/m³.

Tab. 1.1.14_11 Wyniki analiz chemicznych wody z odwiertu Stargard GT-1⁴ z utworów dolnej jury (warstwa D)

Lokalizacja.....: Stargard Szczeciński
Miejsce poboru.....: Stargard GT 1 (2428-2670 m)
Data pobrania: 2002

⁴ Otwór wybrany z uwagi na dostępność danych.

	Rodzaj wskaźnika	Wynik	Jednostki
1	Ołów	0,004	mg/dm ³
2	Cynk	0,026	mg/dm ³
3	Miedź	≤0,005	mg/dm ³
4	Kadm	<0,001	mg/dm ³
5	Chrom	0,008	mg/dm ³
6	Kobalt	≤0,005	mg/dm ³
7	Nikiel	<0,005	mg/dm ³
	< poniżej granicy wykrywalności		
	≤ ilości śladowe		
	Bilans jonowy		
	Kationy		
1	Wapń	110,4486	mval/dm ³
2	Magnez	42,2179	mval/dm ³
3	Żelazo	1,4499	mval/dm ³
4	Mangan	0,0655	mval/dm ³
5	Amoniak	0,9972	mval/dm ³
6	Sód	1761,7500	mval/dm ³
7	Potas	8,7552	mval/dm ³
	Suma	1925,6843	mval/dm³

	Rodzaj wskaźnika	Wynik	Jednostki
	Aniony	Wynik	Jednostki
1	Wodorowęglany	3,4014	mval/dm ³
2	Chlorki	1917,6000	mval/dm ³
3	Siarczany	33,8416	mval/dm ³
4	Fluorki	0,0631	mval/dm ³
5	Azotyny	0,0009	mval/dm ³
6	Azotany	0,5080	mval/dm ³
7	Fosforany	0,0009	mval/dm ³
	Suma	1955,4159	mval/dm³

	Rodzaj wskaźnika	Wynik	Jednostki
	Analiza wody pobranej z odwiertu		
1	Mętność(osad)	25	mgSiO ₃
2	Barwa	550	mgPb/dm ³
3	Zapach	z2R	-
4	Odczyn-pH	6,6	pH
5	Twardość ogólna	153,6	mval/dm ³
6	Twardość ogólna	7679,8	mg CaCO ₃ /dm ³
7	Twardość niewęgl./węgl.	150,2/3,4	mval/dm ³
8	Twardość wapniowa	110,7	mval/dm ³
9	Twardość magnezowa	42,9	mval/dm ³
10	Zasadowość ogólna	3,4	mval/dm ³
11	Zasadowość alkaliczna	0,0	mval/dm ³
12	Zasadowość z fenoloftal.	0,0	mval/dm ³
13	Kwasowość ogólna/miner.	3,8/0,0	mval/dm ³
14	Żelazo	27,00	mg Fe/dm ³
15	Mangan	1,80	mg Mn/dm ³
16	Wapń	2213,4	mg Ca/dm ³
17	Chlorki	68000,0	mg Cl/dm ³
18	Magnez	513,6	mg Mg/dm ³
19	Fluorki	1,2	mg F/dm ³
20	Amoniak	18,0	mg NH ₄ /dm ³
21	Azotyny	0,046	mg NO ₂ /dm ³
22	Azotany	30,98	mg NO ₃ /dm ³
23	Siarkowodór	0,0	mg S/dm ³
24	Siarczany	1627,9	mg SO ₄ /dm ³
25	Fosforany	0,03	mg PO ₄ /dm ³

	Rodzaj wskaźnika	Wynik	Jednostki
26	Dwutlenek węgla wolny	72,6	mg CO ₂ /dm ³
27	Tlen rozpuszczony	1,89	mg O ₂ /dm ³
28	Utlenialność	74,0	mg O ₂ /dm ³
29	Sucha pozostałość	120515	mg/dm ³
30	Pozostałość po prażeniu	119385	mg/dm ³
31	Strata przy prażeniu	1130	mg/dm ³
32	Przewodność elektryczna	166,4	mS/dm ³
33	Dwutlenek węgla agres.	-	mgCO ₂ /dm ³
34	Sod	40500	mgNa/dm ³
35	Potas	342,0	mgK/dm ³
36	Wodorowęglany	207,4	mg/dm ³
37	Krzemionka	46,0	mgSiO ₂ /dm ³
38	Glin	0,10	mgAl/dm ³
39	Gęstość	1,078	g/cm ³

Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych- rejon Choszczna (PBG)

(Krzysztof Lisowski)

Niniejsze sprawozdanie zawiera informacje o badaniach geofizycznych zrealizowanych metodami: grawimetryczną, magnetyczną i geoelektryczną (Fig. 1.1.14_16) oraz geoelektryczną (Fig. 1.1.14_17), w strefie antykliny Choszczna i w jej otoczeniu. Na figurach naniesiono też lokalizację głębokich otworów wraz z wyróżnieniem wykonanych w nich prac interpretacyjnych. Wykorzystano dane lokalizacyjne zawarte w Centralnej Bazie Danych Geologicznych, w systemie WGS 84.

Krótką charakterystyka struktury

Antyklina Choszczna została wytypowana jako obiekt perspektywiczny do składowania CO₂ w poziomach solankowych. Leży w obrębie niecki szczecińskiej, jest rozpoznana wierceniem: **Choszczno IG-1** (głębokość końcowa - 1500,5 m).

- Poziomem przewidywanym do składowania CO₂ są piaskowce dolnej jury - warstwy komorowskie (toars dolny). Zalegają one na głębokości 1235,0 m ppt.
- Punkt zatłaczania – otwór Choszczno IG-1.
- Wolumetryczna pojemność składowania CO₂ – 124,7Mt, pojemność z rozpuszczania – 41,7Mt, sumaryczna pojemność składowania – 166,4Mt.

Obszary chronione

Wzdłuż rzek: Płoni, Iny, w obrębie lasów na S od Barlinka oraz w dorzeczu Drawy – obejmującym niemal całą wschodnią część badanego terenu, rozciągają się obszary chronione „Natura 2000” OSO i SOO”.

Badania Grawimetryczne

Pomiary regionalne i półszczegółowe

Pomiary regionalne i półszczegółowe zrealizowało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych, obecnie (Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o.) na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w latach 1957 – 1980, w ramach następujących opracowań:

- „Regionalne badania grawimetryczne na obszarze Niecki Szczecińskiej i Wału Kujawsko-Pomorskiego 1956r”. Reczek J. 1957 (Reczek, 1957). Jest to zdjęcie o zagęszczeniu ok. 0.2 pkt/km². Średni błąd pojedynczego pomiaru wyniósł +/- 0.22 mGal. Celem prac było uzupełnienie i detalizacja zdjęć grawimetrycznych wykonanych w latach 1941-1944 przez niemiecką firmę „Seismos”. Wyniki prac wykorzystano do projektowania dalszych badań geofizycznych.
- „Półszczegółowe badania grawimetryczne w rejonie Nowogard – Człopa” Mikołajczak A. 1960 (Mikołajczak, 1960). Średnie zagęszczenie pomiarów – nierównomierne ze względu na liczne w tym rejonie jeziora i tereny bagienne - 2 pkt/km². Dokładność wyznaczenia anomalii siły ciężkości wynosi +/-0.055 mGal. Autor analizuje przyczyny inwersji grawitacyjnej, stwierdzonej dzięki zastosowaniu metod grawimetrycznej i sejsmicznej. Przejawia się ona obecnością ujemnych anomalii rezydualnych siły ciężkości w strefie występowania antyklin cechsztyńskich. W jądrach tych antyklin występują lekkie utwory salinarnie o miąższościach przekraczających 1000m.
- „Sprawozdanie z półszczegółowych pomiarów grawimetrycznych w synklinorium szczecińskim 1962 r”. Wł. Duda, N. Bochnia (Duda & Bochnia, 1962). Zagęszczenie zdjęcia od ok.1,5 dla całości zdjęcia do ok. 4 pkt/km² w wytypowanych w trakcie realizacji strefach dogęszczeń. Średni błąd pomiaru +/-0.06 mGal. „Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych: Synklinorium szczecińskie i mogileńskie” Duda Wł., Bochnia N. (Duda & Bochnia, 1962). 1967; średnie zagęszczenie 1.7 pkt/km². Średni błąd pojedynczego pomiaru wyniósł +/- 0.22 mGal. Autorzy kontynuują śledzenie zjawiska inwersji grawitacyjnej na badanym obszarze, wydzielając szereg anomalii rezydualnych siły ciężkości, korelujących się z przebiegiem znanych struktur geologicznych. Szczególnie wyraźnie w obrazie grawimetrycznym tej części opracowania wyróżnia się antyklina Choszczna. Ponadto stwierdzono, że dominujący wpływ na rozkład pola grawitacyjnego obszaru badań mają utwory podmezozoiczne.
- Centralna i południowo-zachodnia część obszaru leży w obrębie półszczegółowego zdjęcia grawimetrycznego wykonanego w latach 1970-1972 w ramach opracowania pt. „Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych; temat: Niecka szczecińska i zewnętrzna strefa monokliny przedsudeckiej” autorstwa T.Kleszcza, J.Pasika i B. Kruka (Kleszcz et al., 1970; Kleszcz, 1971; Kleszcz, 1972). W latach 1970-1971 wykonano pomiary na całym obszarze badań, a w roku 1972 zagęszczono pomiary w części obszaru wytypowanej przez zleceniodawcę po analizie wyników z lat poprzednich. Celem badań było uzyskanie informacji odnośnie rozmiarów i kierunków rozciągłości lokalnych form strukturalnych oraz rozpoznanie lokalnych struktur cechsztyńskich występujących na tym obszarze. Ogółem w ramach tematu wykonano pomiary na 18873 stanowiskach, co daje średnie zagęszczenie ok. 2.3 pkt/km². Średni błąd pojedynczego pomiaru wyniósł +/-0.026 mGal.

Autorzy dokonali analizy wpływu występujących na badanym obszarze kompleksów strukturalnych na kształtowanie obrazu grawimetrycznego. Ich zdaniem decydujący wpływ na sumaryczny efekt grawitacyjny ma kompleks dolnopaleozoiczny, mniejszy jest natomiast wpływ utworów cechsztyńskich. W części obszaru, w obrębie której leży struktura Choszczna – przy zachowaniu dominującego wpływu podłoża paleozoicznego na obraz regionalny, rośnie znacząco udział struktur jurajsko – dolnokredowych w kształtowaniu pola rezydualnego. Struktury te leżą na niewielkich głębokościach i mają dodatni kontrast gęstości względem górnej kredy i kenozoiku. Generowane przez nie ciągi anomalii dodatnich mają dominujący przebieg WNW-ESE z tendencją do odchylenia ku N-S i W-E. Okalające je strefy wysokich gradientów poziomych siły ciężkości o tym samym przebiegu w rejonie otworów Suliszewo-1, Dolice-Geo-1 i Dobrzany IG-1 zostały zinterpretowane jako dyslokacje. Niewielkie pod względem amplitud (0.2 – 0.5 mGal) i rozmiarów anomalie resztkowe przypuszczalnie należy wiązać ze zróżnicowaniem gęstości w obrębie utworów kenozoiku.

Dokumentacje półszczegółowych badań grawimetrycznych zostały scalone, przeliczone, i poddane reedycji w postaci arkuszy map w skali 1:200 000 w podziale międzynarodowym w ramach opracowania: „Mapa Grawimetryczna Polski w skali 1:200 000” (Soćko & Szczypa, 1976-1979).

Pomiary szczegółowe

W nawiązaniu do wyników zdjęcia półszczegółowego wykonano w latach 1977-1980, na zlecenie PIG-PIB, szczegółowe, profilowe zdjęcie grawimetryczne: Dokumentacja szczegółowych profilowych badań grawimetrycznych, temat: Goleniów – Stargard Szczeciński – Choszczno – Krzyż. Reczek J. Smrek A. 1977-1980: (Reczek & Smrek, 1977-1980) Profile o przebiegu NE-SW oddalone były od siebie o ok. 6 km, a w wybranych rejonach o ok. 2 km. Punkty na profilach usytuowano co 50 i 100 m. Dokładność pomiarów siły ciężkości tego zdjęcia wynosi +/- 0.029 mGal, a dokładność wyznaczenia anomalii siły ciężkości wynosi +/- 0.047 mGal.

Zadaniem prac było śledzenie niskoamplitudowych, ujemnych anomalii grawimetrycznych wywołanych obecnością trzeciorzędowych węgla brunatnych, zalegających na tym terenie na głębokości do 250m.

Duże zagęszczenie punktów pomiarowych pozwoliło wykryć szereg anomalii o amplitudach od 0.2 do 0.4 mGal otoczonych charakterystycznymi dla płytko leżących źródeł wąskimi strefami silnie podwyższonych gradientów poziomych siły ciężkości ($W_{xz} > 20$ E). Obraz tych anomalii różni się zdecydowanie od licznych w tym rejonie ujemnych anomalii wywołanych obecnością słupów, wałów i poduszek solnych w utworach cechsztynu z głębokości 1000 i więcej metrów.

W latach 1980-1991 PPG, (PBG Sp. z o.o.) wykonało szereg dokumentacji kompleksowych z zastosowaniem metod: grawimetrycznej, sejsmicznej i geoelektrycznej celem opracowania metodyki poszukiwań złóż węgla brunatnych w obrębie ujemnych anomalii grawimetrycznych. W rejonie na NE od struktury Choszczna przebadano obiekt Giżyno (Wasiak & Łaszczyńska), na którym wykonano 300 pomiarów grawimetrycznych na 4 profilach z krokiem 40-50m i z dokładnością +/-0.013 mGal. Po wstępnym rozpoznaniu obiekt ten uznano za nieperspektywny.

Opracowania kompleksowe

Badany obszar przecinają fragmenty dwóch regionalnych profili, wzdłuż których w latach 1974-1976 (Kleszcz, 1974-1975) PPG, (PBG Sp. z o.o.) wykonało badania sejsmiczne, grawimetryczne, magnetyczne (Z i H), geoelektryczne i geotermiczne (**Tab. 1.1.14_12** poz. 32) celem określenia budowy geologicznej kompleksów mezozoicznego i paleozoicznego oraz głębokości zalegania podłoża czynnego magnetycznie. Równie istotnym zadaniem było wyjaśnienie czy zróżnicowanie magnetyczne podłoża podpermskiego znajduje odzwierciedlenie w obrazie grawimetrycznym.

Średni błąd pojedynczego pomiaru dla grawimetrii wynosi +/- 0.44mGal, dla magnetometrii +/-6 nT (Z) i +/- 5.7 nT (H). Krok pomiarowy 200m.

Badania magnetyczne

Analizowany obszar jest w całości pokryty półszczegółowym zdjęciem magnetycznym autorstwa PPG, (PBG Sp. z o.o.) wykonanym na zlecenie PIG-PIB.

Pierwsze, regionalne zdjęcie magnetyczne składowej pionowej wykonane zostało w latach 1934-1939. Zagęszczenie wynosiło 0.8 pkt/km², a dokładność (szacunkowa) +/-15nT. Po wojnie zdjęcie to zostało włączone w obręb przeglądowej mapy magnetycznej Polski w skali 1:300 000 (Karaczun, 1963).

W latach 1981-1985 (Kosbudzka, 1981-1989) i 1995-1997 (Kosbudzka & Paprocki, 1995-1997) zrealizowano półszczegółowe zdjęcie całkowitego wektora pola magnetycznego o zagęszczeniu 3-4.5 pkt/km² z dokładnością +/-1.71 – 2.40 nT. Pomiarzy wykonano metodą klasyczną, a w strefach przebiegu elektrycznej trakcji kolejowej metodą różnicową, eliminującą zakłócenia. Dane te w formie cyfrowej, stanowią bazę do dalszego przetwarzania dla potrzeb kompleksowej interpretacji geofizyczno - geologicznej ukierunkowanej na rozpoznanie morfologii i tektoniki podłoża magnetycznie czynnego.

Badania geoelektryczne

Prace geoelektryczne na analizowanym obszarze prowadzone były w latach 1965 - 2005. Ogółem wykonano 43 dokumentacje (**Tab. 1.1.14_12, Fig. 1.1.14_17**) w celach kartograficznych oraz dla potrzeb hydrogeologii.

Opracowania kartograficzne wykonano w ramach tematu: „Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000. (**Tab. 1.1.14_12** poz. 33-43). Zadaniem ich była szczegółowa analiza rozkładu oporności w utworach czwartorzędu wzdłuż linii przekrojów geologicznych oraz śledzenie morfologii stropu trzeciorzęd. Ponadto w oparciu o uzyskane wyniki należało wyznaczyć optymalną lokalizację wierceń badawczych.

W ramach realizacji dwóch opracowań kartograficznych (**Tab. 1.1.14_12** poz. 42,43) dokonano reinterpretacji półszczegółowego zdjęcia grawimetrycznego wykonanego na tym obszarze. Jej celem była identyfikacja anomalii związanych z utworami kenozoicznymi, ewentualnymi strukturami kopalnymi

czwartorzędu i morfologią stropu utworów trzeciorzędu. Autorzy podkreślają jednak, że najmniejszy możliwy promień uśredniający dobrany adekwatnie do zagęszczenia stanowisk pomiarowych rejestruje anomalie, których źródła leżą nie tylko w kenozoiku, ale również w górnych partiach podłoża mezozoicznego – przede wszystkim w kredzie.

Celem prac wykonanych na potrzeby hydrogeologii (**Tab. 1.1.14_12** poz. 1-32) było rozpoznanie budowy geologicznej utworów czwartorzędu poprzez analizę rozkładu oporności, a następnie wydzielenie stref występowania utworów piaszczystych o dużych miąższościach - perspektywicznych hydrogeologicznych. Należało też zaproponować lokalizację otworów rozpoznawczych lub wytypować strefę najkorzystniejszą dla ich lokalizacji.

Tab. 1.1.14_12 Spis dokumentacji prac geoelektrycznych prowadzonych na analizowanym obszarze w latach 1965-2005.

L.P.	Tytuł dokumentu	cel badań	Archiwum
1	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: PGR Żabów, 1965 r.	W	PBG, WARSZAWA
2	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: PGR Papst, 1965 r.	W	PBG, WARSZAWA
3	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Giżyn, 1966 r.	W	PBG, WARSZAWA
4	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Dzwonowo, 1966 r.	W	PBG, WARSZAWA
5	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Chlebówko, 1966 r.	W	PBG, WARSZAWA
6	Sprawozdanie z prac geofizycznych-elektrooporowych wykonanych w rejonie Bazy 327 (Cybowo) 1966 r.	W	PROXIMA S.A. PG, POZNAŃ
7	Wyniki badań elektrooporowych - Nowielin 1968 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
8	Sprawozdanie z geofizycznych badań geoelektrycznych w Myśliborzu 1969 r.	W	PROXIMA S.A. PG, POZNAŃ
9	Wyniki badań elektrooporowych - Lutkowo 1970 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
10	Wyniki badań elektrooporowych - Jesionowo 1970 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
11	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Dobrzany, pow. Stargard Szczeciński, 1971 r.	W	PBG, WARSZAWA
12	Wyniki badań elektrooporowych - Wierzbo 1972 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
13	Wyniki badań elektrooporowych - Bobrowniki 1975 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
14	Wyniki badań elektrooporowych - Nieborowo 1976 r.	W	PBG, WARSZAWA
15	Wyniki badań elektrooporowych - Obromino 1976 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
16	Dokumentacja badań geofizycznych-elektrooporowych wykonanych w rejonie Niegosławia 1976r.	W	PROXIMA S.A. PG, POZNAŃ
17	Wyniki badań elektrooporowych - Biała 1978 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA

18	Wyniki badań elektrooporowych - Golinka 1978 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
19	Wyniki badań elektrooporowych - Ulikowo-Domanowo 1978 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
20	Wyniki badań elektrooporowych - Sokolniki 1978 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
21	Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Wielistawice, woj. gorzowskie, 1980 r.	W	BIPROMEL - BSIPGWR, WARSZAWA
22	Wyniki badań elektrooporowych - Barnim 1980 r.	W	PBG, WARSZAWA
23	Wyniki badań elektrooporowych - Kozielice 1980 r.	W	BIPROMEL - WARSZAWA,

Objaśnienia: W – badania dla potrzeb hydrogeologii, K - prace kartograficzne, K brak lokalizacji PSE*

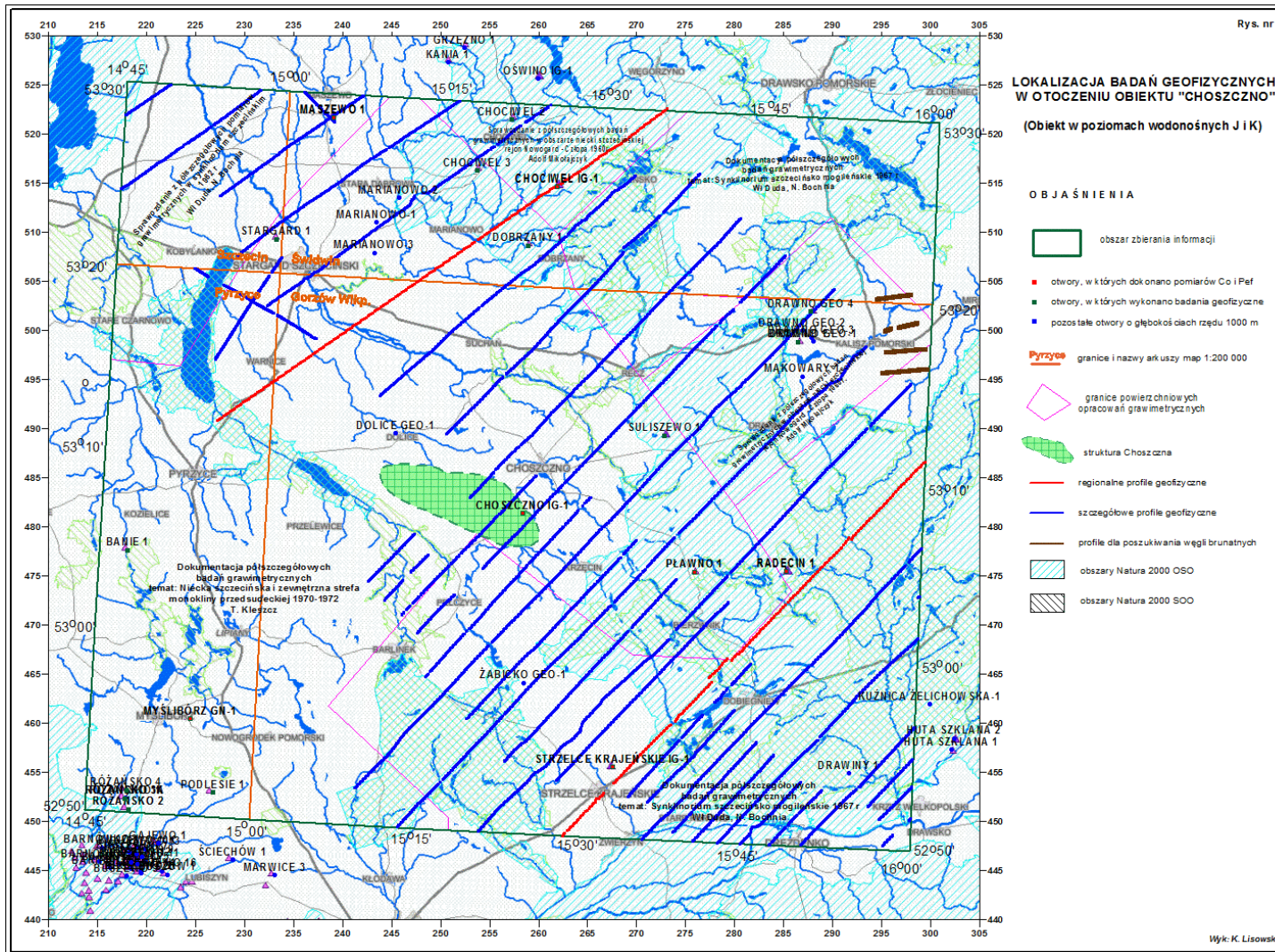


Fig.1.1.14_16 Lokalizacja badań geofizycznych.

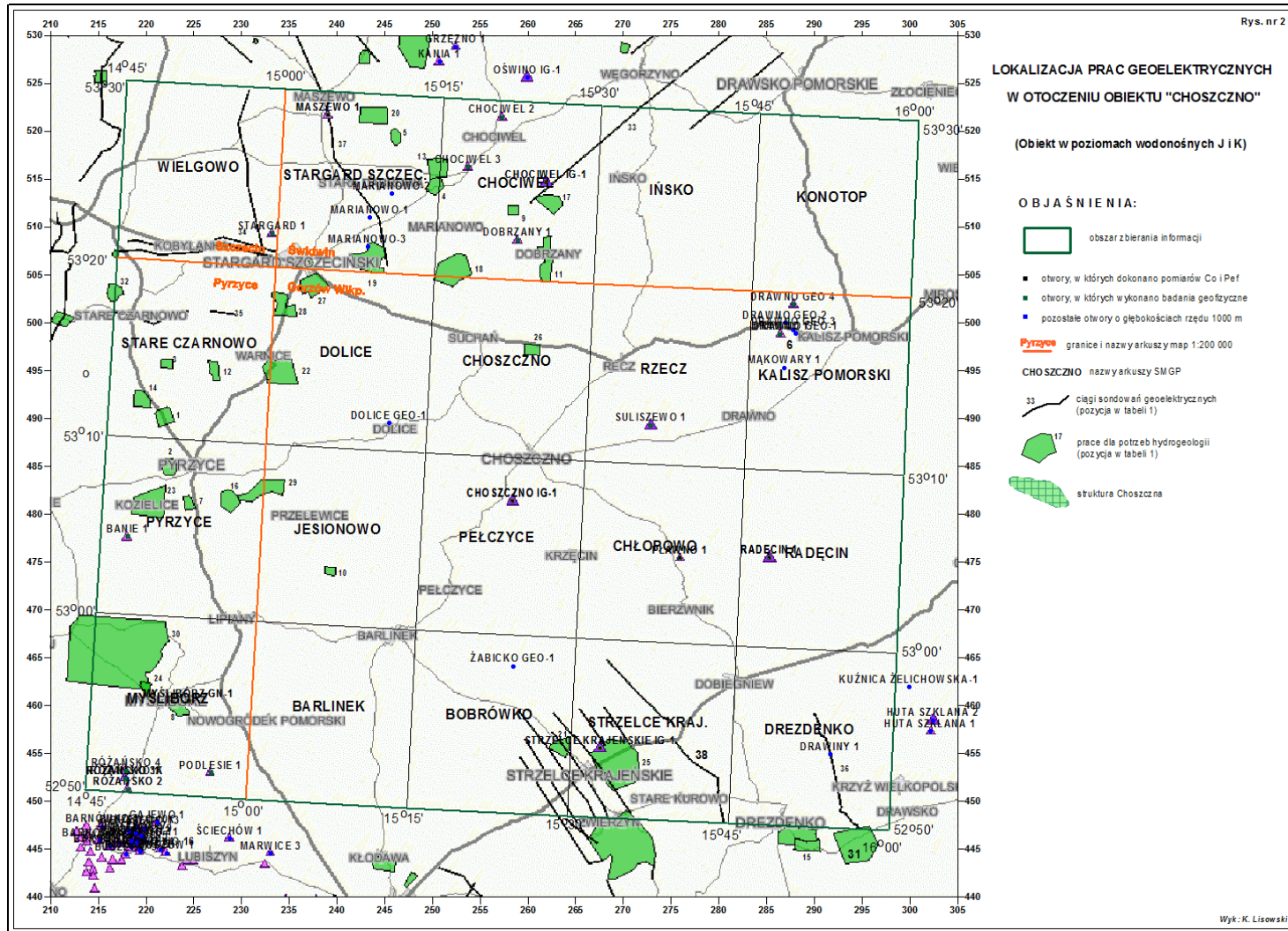


Fig.1.1.14_17 Lokalizacja prac geoelektrycznych.

Oddziaływanie CO₂-skała-płyną złożowe-struktura Choszczno i Suliszewo (IGSMiE PAN)

(Radosław Tarkowski, Magdalena Wdowin, Katarzyna Batkiewicz)

W ramach realizacji zadania **1.1.14. Zebranie szczegółowych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych (Etap IV)**, w pierwszym półroczu 2011 roku IGSMiE PAN dokonał zebrania informacji dotyczących oddziaływania CO₂-skała-płyną złożowe dla trzeciej struktury wodonośnej.

Zakres prac obejmował przygotowanie 1 opracowania tekstowego z załącznikami graficznymi, zawierającego informacje dotyczące oddziaływania CO₂-skała-płyną złożowe dla struktury Choszczno i Suliszewo.

W ramach tego zadania dokonano poboru próbek skał, przeprowadzono badania składu mineralnego (analizę planimetryczną, obserwacje w świetle przechodzącym oraz badania XRD i SEM). Na podstawie uzyskanych wyników oraz danych z Archiwum PIG-PIB dotyczących składu fizyko-chemicznego solanek występujących na tym obszarze, przeprowadzone zostało modelowanie geochemiczne oddziaływania CO₂ na analizowane skały. W związku z brakiem rdzeni wiertniczych z otworów Choszczno i Suliszewo (rdzenie uległy likwidacji) w badaniach wykorzystano próbki skał z rdzeni wiertniczych otworu Pławno 1 i Radęcin 1, zlokalizowanych na tym samym ciągu strukturalnym lub w bezpośrednim sąsiedztwie. Próbki skalne do badań pobrano w Centralnym Magazynie Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku

Opracowanie przedstawia wyniki prac IGSMiE PAN przeprowadzonych w pierwszym półroczu 2011 r. w ramach zadania: *Zebranie szczegółowych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych (Etap IV)*. Dotyczy ono badań oddziaływania CO₂-skała-płyną złożowe dla wybranych próbek skalnych w obrębie trzeciej struktury wodonośnej (Choszczna i Suliszewa). W związku z brakiem rdzeni wiertniczych z otworów Choszczno i Suliszewo (rdzenie uległy likwidacji) w badaniach wykorzystano próbki skał z rdzeni wiertniczych z otworu Pławno 1 i Radęcin 1, zlokalizowanych na tym samym ciągu strukturalnym lub w bezpośrednim sąsiedztwie struktur Choszczna i Suliszewa. Osiem próbek do badań (skały zbiornikowe oraz skały nadkładu) pobrano w Centralnym Magazynie Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Celem badań było przeprowadzenie szczegółowej charakterystyki mineralogiczno-petrograficznej wytypowanych próbek skalnych (piaskowce i mułowce) oraz przeprowadzenie modelowania geochemicznego oddziaływania CO₂ na skały w obecności solanki. Próbki skalne poddano badaniom mineralogicznym: analiza mineralogiczna metodą SEM-EDS, analiza rentgenowska XRD oraz obserwacje w świetle przechodzącym wraz z analizą planimetryczną. Wyniki z analiz mineralogicznych próbek skalnych (piaskowców i mułowców) oraz dane uzyskane z Archiwum PIG-PIB odnośnie składu fizykochemicznego solanek występujących na tym obszarze, wykorzystane zostały jako dane wsadowe do modelowania geochemicznego wykonanego przy wykorzystaniu programu PHREEQC. Modelowanie to miało na celu określenie oddziaływania CO₂ na analizowane skały w obecności solanki.

Materiał badawczy

Analizowaną strukturę stanowiła struktura Choszczna i Suliszewa. Pierwotnie do analiz planowano wytypować próbki skalne z otworu Suliszewo 1 znajdującego się w obrębie struktury Suliszewa. Jednak z uwagi na brak materiału badawczego z tego otworu (rdzeń uległ likwidacji) do badań wytypowane zostały próbki skalne pochodzące z otworów Pławno 1 i Radęcin 1, zlokalizowanych w pobliżu otworu Suliszewo 1. Materiał badawczy został zakupiony i pobrany z Centralnego Magazynu Rdzeni Wiertniczych w Chmielniku.

Wybrane do badań próbki skalne (**Tab. 1.1.14_13**) stanowiły materiał badawczy pochodzący z otworów wiertniczych Pławno 1 (gł. 1185 – 1188 m – próbki mułowców; gł. 1240 - 1255 m – próbki piaskowców) oraz Radęcin 1 (gł. 1044 – 1053 m próbki mułowców, gł. – 1143 - 1145 m – próbki piaskowców).

Tab. 1.1.14_13 Wykaz badanych próbek skalnych z otworów Pławno 1 i Radęcin 1

Lp.	Odziert	Głębokość [m]	Rodzaj próbki	Oznaczenie próbki
1	Pławno 1	1185,8 – 1186,8	mułowiec	P1-1185
2	Pławno 1	1187,0 – 1188,0	mułowiec	P1-1187
3	Pławno 1	1240,2 – 1241,2	piaskowiec	P1-1240
4	Pławno 1	1254,3 – 1255,3	piaskowiec	P1-1254
5	Radęcin 1	1044,1 – 1045,1	mułowiec	R1-1044
6	Radęcin 1	1052,4 – 1053,4	mułowiec	R1-1052
7	Radęcin 1	1143,4 – 1144,4	piaskowiec	R1-1143
8	Radęcin 1	1144,4 – 1145,4	piaskowiec	R1-1144

Metodologia badań

Skład mineralny badanych próbek analizowano przy pomocy dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) metodą proszkową stosując dyfraktometr rentgenowski PANalytical X'Pert PRO MDP z goniometrem PW 3050 i lampą ceramiczną Cu LFF oraz z monochromatorem giętym dla lampy z anodą Cu. Analizy wykonywano w zakresie kątowym 75-70°2θ. Do obróbki danych dyfrakcyjnych użyto oprogramowania Philips X'Pert Highscore oraz programu ClayLab ver. 1.0. Identyfikację faz mineralnych oparto na bazie danych PDF-2 release 2010 sformalizowanej przez ICDD.

Formę i morfologię głównych składników mineralnych oraz badania składu chemicznego w mikroobszarze wykonano przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego (SEM) - FEG Quanta 200 wyposażonego w system analizy składu chemicznego oparty na dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego - EDS firmy EDAX. W celu przygotowania próbek do badań SEM, próbki naklejano na holder węglowy przy

pomocy kleju węglowego, następnie preparaty napyłane były warstwą stopu Au/Pt o grubości ok. 50nm w napyłarce.

Obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym wykonano za pomocą mikroskopu optycznego do światła przechodzącego i odbitego model Olympus BX60. Obserwacje przeprowadzono w powiększeniach 5x, 10x, 20x. Natomiast analizę planimetryczną przeprowadzono przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego JENAPOL firmy Carl Zeiss Jena, używając w tym celu obiektywów z powiększeniami: 3.2x, 10x, 20x, 50x. Analizę planimetryczną piaskowców przeprowadzono stosując powiększenie 10x, natomiast w przypadku mułowców powiększenie 20x.

Modelowanie geochemiczne przeprowadzono przy użyciu programu geochemicznego PHREEQC stosując bazę danych termodynamicznych llnl.dat. Celem tej analizy było określenie oddziaływania CO₂ na skały zbiornikowe i nadkładu.

Wyniki badań mineralogicznych

Próbki skalne z otworu Pławno 1

Próbka P1-1185

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty mułowiec o zbitej uporządkowanej teksturze i silnie zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym (**Fig.1.1.14_18**). W skale widoczne jest warstwowanie. W obserwacjach w świetle przechodzącym w skale w przeważającej mierze obserwuje się matrix skalny (prawie 90%) ponadto widoczne są ziarna kwarcu (około 4%), minerały rudne (~6%) oraz pojedyncze ziarna biotyту (0,36%). W skale nie zaobserwowano porów – co sugeruje bardzo niską przepuszczalność skały. Analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab. 1.1.14_14**.

Analiza rentgenowska (**Fig.1.1.14_19**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest kwarc oraz minerały ilaste. Wśród minerałów ilastych zidentyfikowane zostały illit, smektyt i kaolinit.

W obserwacjach SEM-EDS zaobserwowano głównie skupienia minerałów ilastych, co potwierdza analiza EDS z całego obszaru (**Fig.1.1.14_20**). W licznych nagromadzeniach minerałów ilastych zaobserwowano ponadto kuliste formy czystego krzemu i oraz związku Si z Al (**Fig. 1.1.14_21**). Ziarna minerałów ilastych występują w formie łuseczkowej.

Próbka P1-1187

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty mułowiec (**Fig.1.1.14_22**) o zbitej uporządkowanej teksturze i silnie zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym. W skale obserwuje się warstwowanie. Laminy zbudowane są na przemian z warstw, w których przeważają większe, ostrokrawędziste ziarna kwarcu oraz laminy z dużą zawartością matrixa. W obserwacjach w świetle przechodzącym zaobserwowano udział matrixa skalnego (do 60%), składającego się z masy ilastej. Ponadto widoczne są ziarna kwarcu (33,44%), biotyту (3,34%), minerałów nieprzezroczystych (8,03%), niewielkie ilości substancji organicznej, litoklastów i skaleni. Pory w skale praktycznie nie występują. Analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza rentgenowska (**Fig.1.1.14_23**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest kwarc i minerały ilaste (illit, smektyt i kaolinit). Zaobserwowano również bardzo niewielką ilość goethytu.

Obserwacje SEM-EDS pozwoliły stwierdzić, że skałę budują głównie minerały ilaste. W analizie EDS z całego obszaru (**Fig.1.1.14_24**) w widmie EDS zaobserwowano obecność chloru co sugeruje na obecność halitu. Mineral ten zaobserwowano też w innych badanych próbkach skał nadkładu. Dodatkowo wykonując analizy EDS w punktach stwierdzono obecność skaleni (**Fig.1.1.14_25**) oraz kaolinitu (**Fig.1.1.14_26**). Minerały ilaste występują tu w formach drobnofuseczkowych.

Próbka P1-1240

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty piaskowiec kwarcowy (**Fig.1.1.14_27**) o zbitej bezładnej teksturze i zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym. Spoiwo występujące w skale ma charakter kontaktowo-porowy (miejscami bazalny) typu matrix. Dominującym składnikiem w skale jest kwarc (prawie 70%), ponadto występują niewielki udział litoklastów, skaleni oraz matrixa skalnego. Przeważające w skale ziarna kwarcu są subowalne, niekiedy ostrokrawędziste. Zaobserwowano też znaczny udział porów (ponad 17%). Analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza rentgenowska (**Fig.1.1.14_28**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest kwarc. Dodatkowo zaobserwowano bardzo małe refleksy pochodzące od skaleni i goethytu.

W obserwacjach SEM (**Fig.1.1.14_29** i **1.1.14_30**) widoczne są liczne ziarna kwarcu o subowalnych kształtach. Na ziarnach często widać otoczki z minerałów ilastych. Analizy EDS wykazały, że fazy ilaste stanowi kaolinit.

Próbka P1-1254

Skałę reprezentuje równoziarnisty piaskowiec kwarcowy (**Fig.1.1.14_31**) o zbitej bezładnej teksturze i zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym. Spoiwo ma charakter kontaktowo porowy. Jest to w przewodzie spoiwo typu matrix. W skale dominującym składnikiem jest kwarc (ponad 70%) o subowalnych, sporadycznie ostrokrawędzistych ziarnach. Dodatkowo w skale występują skalenie, litoklasty, opal, minerały nieprzeźroczyste (m.in. Fe-rutyl) oraz matrix (zbudowany w głównej mierze z substancji ilastej). Skała charakteryzuje się dużą porowatością (prawie 18%). Szczegółowa analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza rentgenowska (**Fig.1.1.14_32**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest kwarc. Dodatkowo widoczne są niewielkie refleksy pochodzące od skaleni i goethytu. W przedziale kątowym 7-13 widoczne jest niewielkie podniesienie tła na dyfraktogramie co wskazuje na obecność substancji ilastych lub amorficznych.

W obserwacjach SEM (**Fig. 1.1.14_33,1.1.14_34**) zaobserwowano subowalne ziarna kwarcu, poprzerastane minerałami ilastymi. Analiza SEM-EDS wykazała, że substancje ilastą stanowi w przewodzie kaolinit występujący w postaci robakowatych agregatów lub fuseczkowych skupień.

Próbki skalne z otworu Radęcin 1

Próbka R1-1044

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty mułowiec (**Fig. 1.1.14_35**) o zbitej uporządkowanej teksturze. W skale widoczne jest warstwowanie. Dominującym materiałem jest matrix skalny (około 70%), w którym przeważają minerały ilaste. Ponadto zaobserwowano substancję organiczną (ponad 13%) kwarc (prawie 11%) oraz w mniejszej ilości biotyt, opal oraz litoklasty. W skale nie zaobserwowano porów. Szczegółowa analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_36**) wykazała, że dominującym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc, któremu towarzyszą minerały ilaste takie jak smektyt, illit czy kaolinit oraz niewielkie ilości goethytu. Na dyfraktogramie zaobserwowano ponadto niewielki pik pochodzący od halitu.

W analizach SEM-EDS (**Fig. 1.1.14_37 – Fig.1.1.14_39**) widoczne jest, że w składzie mineralnym dominują minerały ilaste. Zaobserwowano też obecność halitu, co potwierdziły analizy SEM-EDS w punkcie. Halit występuje w postaci charakterystycznych izomorficznych ziaren. Obecność halitu w próbkach skalnych prawdopodobnie związana jest z tym, że próbki pochodzą z rejonów występowania wysadów solnych. Analizy EDS z obszaru wykazały, że głównym minerałem ilastym w skale jest kaolinit występujący w postaci robakowatych agregatów.

Próbka R1-1052

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty, drobnoziarnisty mułowiec (**Fig. 1.1.14_40**) o zbitej bezładnej teksturze. W składzie mineralnym dominuje matrix skalny (około 66%) bogaty w minerały ilaste. W skale wyraźnie zaznaczają się większe, ostrokrawędziste ziarna kwarcu (ponad 21%) oraz mniejsze ilości substancji organicznej, biotytu, minerałów nieprzezroczystych, opalu oraz litoklastów. Skała praktycznie nie jest porowata. Analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_41**) dała krzywą dyfrakcyjną wskazującą na duże ilości minerałów ilastych. Refleksy na krzywej pochodzą od illitu, smektytu oraz kaolinitu. Najwyraźniej zaznaczyły się refleksy pochodzące od kwarcu. Zaobserwowano również niewielkie ilości goethytu. Dodatkowo zaobserwowano bardzo niewielki pik pochodzący od halitu.

W analizie SEM-EDS (**Fig. 1.1.14_42 – Fig.1.1.14_45**) zaobserwowano liczne minerały ilaste występujące w postaci łuseczkowej. Ponadto analizy w punkcie wykazały obecności ziaren kwarcu (w postaci euhedralnych tj. własnokształtnych ziaren), muskowitu (w postaci charakterystycznych blaszek) oraz nagromadzenia halitu w postaci charakterystycznych izometrycznych ziaren.

Próbka R1-1143

Skałę reprezentuje nierównoziarnisty piaskowiec kwarcowy o zbitej bezładnej teksturze (**Fig. 1.1.14_46**) Spoiwo ma charakter kontaktowo-porowy typu matrix. W składzie mineralnym zawiera on głównie subowalne ziarna kwarcu (prawie 67%) oraz niewielkie ilości skaleni, biotytu, minerałów nieprzezroczystych (m.in. rutil), opalu, litoklastów jak również matrixa skalnego. Skała charakteryzuje się dużą porowatością (prawie 19%). Szczegółowa analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_47**) dała krzywą dyfrakcyjną, na której widoczny jest dominujący w próbce kwarc oraz niewielkie ilości goethytu.

Analizy SEM-EDS (**Fig. 1.1.14_48 – Fig.1.1.14_50**) wykazały występowanie kwarcu w postaci euhedralnych ziaren. Ponadto w skale obserwuje się liczne nagromadzenia minerałów ilastych występujących w postaci łuseczkowej, pochodzących prawdopodobnie z matrixa skalnego. Dominującym minerałem ilastym jest

kaolinit, co potwierdziła analiza SEM-EDS w punkcie. Zaobserwowano również łuseczkowe ziarna muskowitu.

Próbka R1-1144

Skałę reprezentuje równoziarnisty piaskowiec kwarcowy (**Fig. 1.1.14_51**) o zbitej bezładnej teksturze. Spoiwo występujące w skale jest typu matrix o charakterze kontaktowo-porowym (miejscami bazalnym). W składzie mineralnym w obserwacjach w świetle przechodzącym zaobserwowano głównie subowalne ziarna kwarcu (prawie 70%) oraz w podrzędnych ilościach skalenie, opal, biotyt, minerały nieprzeźroczyste (m.in. piryt, rutyl), litoklasty. Ponadto w skalenie można zaobserwować pojedyncze ziarna turmalinu. Udział matrixa sięga prawie 6%. Skała charakteryzuje się dużą porowatością (ponad 18%). Szczegółowa analiza planimetryczna przedstawiona została w **Tab.1.1.14_14**.

Analiza XRD (**Fig.1.1.14_52**) dała krzywą dyfrakcyjną charakterystyczną dla kwarcu. Dodatkowo zaobserwować można jedynie niewielki refleks pochodzący od goethytu.

W obserwacjach SEM-EDS (**Fig.1.1.14_53**, **Fig.1.1.14_54**) widoczne są liczne euhedralne ziarna kwarcu oraz robakowate agregaty kaolinitu. Kaolinit występuje również w postaci płytkowej.

Tab. 1.1.14_14 Analiza planimetryczna próbek skalnych z otworów Pławno 1 i Radęcin 1

	R1 - 1052		R1 - 1143		R1 - 1044		P1 - 1240		P1 - 1254		P1 - 1187		P1 - 1185		R1 - 1144	
1 – liczba zliczeń	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2–udział																
Kwarc	64	21,43	200	66,77	33	10,89	206	68,73	211	70,43	100	33,44	12	3,93	206	68,75
Matrix	200	66,76	22	7,33	206	68,65	22	7,22	20	6,64	162	53,85	269	89,64	17	5,56
Biotyt	7	2,20	2	0,65	4	1,32	0	0,00	0	0,00	10	3,34	1	0,36	1	0,35
Minerały nieprzeźroczyste	4	1,37	3	0,97	12	3,96	0	0,00	1	0,33	24	8,03	18	6,07	1	0,35
Opal	2	0,55	3	0,97	1	0,33	4	1,37	3	1,00	0	0,00	0	0,00	3	1,04
Substancja organiczna	18	6,04	0	0,00	40	13,20	0	0,00	0	0,00	2	0,67	0	0,00	0	0,00
Litoklasty	5	1,65	7	2,26	5	1,65	11	3,78	6	1,99	1	0,33	0	0,00	9	3,13
Pory	0	0,00	56	18,67	0	0,00	53	17,53	54	17,94	0	0,00	0	0,00	54	18,06
Skalenie	0	0,00	7	2,26	0	0,00	4	1,37	5	1,66	1	0,33	0	0,00	8	2,78
Suma	300	100,00	300	100,00	300	100,00	300	100,00	300	100,00	300	100,00	300	100,00	300	100,00

Modelowanie geochemiczne na podstawie danych z próbek otworowych Pławno 1 i Radęcin 1 przy użyciu programu PHREEQC

W analizach oddziaływania CO₂ na skały zbiornikowe w obecności solanki dokonano trzech zasadniczych obliczeń reakcji przy użyciu programu PHREEQC (Parkhurst i Appelo, 1999):

1. Obliczono współczynniki nasycenia SI dla solanek wyjściowych z otworów Pławno 1 i Radęcin 1. Współczynnik nasycenia SI obliczony został pod kątem powszechnie występujących w przyrodzie minerałów skałotwórczych i soli nieorganicznych w celu określenia tendencji do wytrącania się określonych faz mineralnych z analizowanych solanek.
2. Przeprowadzono symulację przemian i reakcji zachodzących w wyniku oddziaływania samego CO₂ na wytypowane do analiz solanki.
3. Przeprowadzono symulację przemian i reakcji zachodzących w wyniku oddziaływania na analizowane solanki CO₂ w obecności wybranych do modelowania skał.

Z uwagi na przybliżony skład mineralogiczny piaskowców i mułowców, do modelowania wykorzystano uogólniony skład mineralogiczny próbek mułowcowych i piaskowcowych.

Do modelowania wykorzystane zostały dostępne w Archiwum PIG-PIB dane dotyczące parametrów fizykochemicznych solanki określone dla otworów Pławno 1 z interwału głębokościowego 1320,0 – 1325,0 m (**Tab. 1.1.14_15**) oraz Radęcina 1 z interwału głębokościowego 1081,5 – 1085,5 m (**Tab. 1.1.14_16**).

W przypadku, gdy modelowanie dotyczy wód solankowych w modelowaniu reakcji wykorzystuje się bazę danych Pitzer (Motyliński, 2007). Jednak, gdy mamy do czynienia z wodami solankowymi o stosunkowo niskiej mineralizacji i zasoleniu można stosować bazę danych llnl.dat, która jest bardziej rozbudowana i dokładniejsza (Maneck, 2009).

Z uwagi na niskie zasolenie przyjętych do analiz solanek w modelowaniu geochemicznym za pomocą programu PHREEQC wykorzystano bazę danych llnl.dat.

Tab. 1.1.14_15 Parametry fizykochemiczne solanki z otworu Pławno 1.

jony	ilość
Cl ⁻ [g/L]	57,600
Br ⁻ [g/L]	0,1998
HCO ₃ ⁻ [g/L]	0,2135
NH ₄ [g/L]	1,3334
SO ₄ ²⁻ [g/L]	0,0080
(Al + Fe) [g/L]	0,0595
Ca ²⁺ [g/L]	2,6082

Mg ²⁺ [g/L]	0,2363
(Na + K) [g/L]	34,617

Tab. 1.1.14_16 Parametry fizykochemiczne solanki z otworu Radęcin 1.

jony	ilość
Cl ⁻ [g/L]	55,4325
Br ⁻ [g/L]	0,2397
HCO ₃ ⁻ [g/L]	0,1952
NH ₄ [g/L]	0,9794
SO ₄ ²⁻ [g/L]	0,0250
(Al + Fe) [g/L]	0,1063
Ca ²⁺ [g/L]	1,7053
Mg ²⁺ [g/L]	0,5318
(Na + K) [g/L]	33,4370

Współczynniki nasycenia SI dla solanek wyjściowych

Indeks nasycenia SI definiowany jest jako logarytm ilorazu z iloczynu jonowego IAP podzielonego przez stałą rozpuszczalności K_{sp} :

$$SI = \log(IAP/K_{sp})$$

W przypadku gdy współczynniki SI = 0 roztwór znajduje się w stanie nasycenia. Z uwagi na ograniczenia wynikające z nieznaności dokładnych danych termodynamicznych dla poszczególnych minerałów przyjmuje się często, że współczynnik SI w stanie nasycenia wynosi SI = 0 ± 1, natomiast SI > 1 wskazuje na stan przesylenia, a SI < -1 stan niedosycenia. Stan przesylenia oznacza, że stężenia jonów występujących w analizowanym roztworze są na tyle wysokie, że przekroczony został iloczyn rozpuszczalności i może mieć miejsce wytrącenie się w roztworze danej substancji. Natomiast stan niedosycenia względem określonej fazy mineralnej lub związku chemicznego w roztworze oznacza, że jeśli dana substancja znajdzie się na kontakcie z roztworem może ona ulec rozpuszczeniu. Jednak czy proces wytrącania lub rozpuszczania będzie miał miejsce w rzeczywistości, obarczone to jest w głównej mierze ograniczeniami kinetycznymi. Znaczący to, że prędkość krystalizacji bądź rozpuszczania może być w praktyce na tyle mała, że układ pozostanie w stanie metatrwałym (Manecki, 2009).

Współczynniki nasycenia dla solanki z otworu Pławno 1

W pierwszej części modelowania (**Tab. 1.1.14_17**) zdefiniowano skład roztworu wyjściowego tj. gęstość oraz stężenia poszczególnych jonów w g/l. W przypadku temperatury gradient geotermalny dla struktury Choszczno i Suliszewo waha się w zakresie 2,5-4,0°C/100 m, dlatego też wartości temperatury wynosić będą od 20 °C do 50°C. Takie różnice w temperaturach nie wpływają na wynik modelowania, dlatego też do obliczeń przyjęto temperaturę wyjściową sugerowaną przez program tj. 25°C. Temperatura ta jest właściwa również z uwagi na to, że analizy chemiczne dla wód solankowych robione były w temperaturze powietrza (20-25°C).

Tab. 1.1.14_17 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Pławno 1 wykorzystanej do modelowania geochemicznego

```
TITLE SI solanki początkowej Pławno 1
      #Specjacja solanki wyjściowej Pławno 1

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      density 1.0671
      units g/L

Cl          57.600
Br          0.1998
C(4) 0.2135 as HCO3
S(6) 0.0080 as SO4
Am(+4)     1.3334
Fe          0.0595
Na         34.617
Ca         2.6082
Mg         0.2363

SELECTED_OUTPUT
      -file specjacja i model solanki początkowej Pławno1.sel
      -tot Cl Br C(4) S(6) Fe Na Ca Mg
      -SI Calcite Aragonite Dolomite Huntite Magnesite Gypsum Anhydrite

END
```

Z uwagi na to, że stężenie Fe było określane jako suma stężenia Al^{3+} oraz Fe^{2+} i Fe^{3+} wartości żelaza jak również liczone współczynniki nasycenia minerałami zawierającymi w swej budowie kationy Fe mogą być zawyżone. Podobna sytuacja jest w przypadku kationów sodu gdzie zawartość sodu stanowi sumę kationów K^+ i Na^+ .

Tak przygotowane dane do modelowania pozwoliły określić, wobec jakich faz mineralnych roztwór jest nasycony, a wobec jakich jest niedosycony.

Z analizy wyników przedstawionych w **Tab.1.1.14_18**, wynika, że pH analizowanej solanki wynosi 7. Wartość siły jonowej wynosi poniżej 0,5 mol/dm³ co wskazuje, że baza danych llnl.dat została dobrze dopasowana do tego typu modelowania. Również procentowy błąd w bilansie kationów i anionów nie przekracza 5%, co wskazuje, że modelowanie przeprowadzone zostało prawidłowo.

Tab. 1.1.14_18 Fragment wyniku modelowania hydrogeochemicznego współczynników nasycenia SI solanki wsadowej z otworu Pławno 1

```

-----
Beginning of initial solution calculations.
-----

-----Solution composition-----

Elements          Molality          Moles
Am(4)              5.656e-03        5.656e-03
Br                 2.577e-03        2.577e-03
C(4)               3.607e-03        3.607e-03
Ca                 6.708e-02        6.708e-02
Cl                 1.675e+00        1.675e+00
Fe                 1.098e-03        1.098e-03
Mg                 1.002e-02        1.002e-02
Na                 1.552e+00        1.552e+00
S(6)               8.585e-05        8.585e-05

-----Description of solution-----

pH = 7.000
pe = 4.000
Activity of water = 0.946
Ionic strength = 1.654e+00
Mass of water (kg) = 1.000e+00
Total alkalinity (eq/kg) = 7.340e-03
Total CO2 (mol/kg) = 3.607e-03
Temperature (deg C) = 25.000
Electrical balance (eq) = 4.615e-02
Percent error, 100*(Cat-|An|)/(Cat+|An|) = 1.49
Iterations = 11
Total H = 1.110511e+02
Total O = 5.553697e+01

-----Saturation indices-----

Phase              SI log IAP    log KT
AmO2                31.97    22.55    -9.42    AmO2
Anhydrite           -2.91    -7.26    -4.35    CaSO4
Antarcticite       -6.21    -2.12     4.09    CaCl2:6H2O
Aragonite           -2.67    -0.70     1.97    CaCO3
Artinite            -9.86     9.77    19.63    Mg2CO3(OH)2:3H2O
Bassanite           -3.56    -7.27    -3.71    CaSO4:0.5H2O
Bischofite          -7.27    -2.88     4.39    MgCl2:6H2O
Bloedite            -11.06   -13.53    -2.48    Na2Mg(SO4)2:4H2O
Br2(g)              -34.64   -40.64    -6.00    Br2
Br2(l)              -34.07   -40.64    -6.57    Br2
Brucite             -4.98    11.30    16.28    Mg(OH)2
Burkeite            -19.21    -9.72     9.49    Na6CO3(SO4)2
C                   -34.89    29.25    64.15    C
C(g)                -152.51   29.25   181.77    C
Ca                  -106.73   33.11   139.83    Ca
Ca(g)               -131.97   33.11   165.07    Ca
Ca2Cl2(OH)2:H2O    -16.23    10.06    26.29    Ca2Cl2(OH)2:H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O -34.44    33.89    68.33    Ca4Cl2(OH)6:13H2O
Calcite             -2.53    -0.70     1.82    CaCO3
CaSO4:0.5H2O(beta) -3.73    -7.27    -3.54    CaSO4:0.5H2O
Chloromagnesite    -24.55    -2.73    21.82    MgCl2
Cl2(g)              -38.08   -35.08     2.99    Cl2
CO2(g)              -4.96   -12.79    -7.83    CO2
Dolomite            -4.64    -2.17     2.47    CaMg(CO3)2
Dolomite-dis       -6.18    -2.17     4.01    CaMg(CO3)2
Dolomite-ord       -4.63    -2.17     2.46    CaMg(CO3)2
Epsomite           -6.22    -8.18    -1.96    MgSO4:7H2O
Fe                  -27.82    31.20    59.02    Fe
Fe(OH)2             -3.74    10.15    13.89    Fe(OH)2
Fe(OH)3              2.47     8.11     5.64    Fe(OH)3
Fe2(SO4)3           -44.77   -41.73     3.05    Fe2(SO4)3
FeO                  -3.34    10.18    13.52    FeO
Ferrite-Ca          6.88    28.38    21.50    CaFe2O4

```

Ferrite-Dicalcium	-16.34	40.46	56.80	Ca2Fe2O5
Ferrite-Mg	6.60	27.62	21.02	MgFe2O4
FeSO4	-11.77	-9.16	2.61	FeSO4
Gaylussite	-10.86	0.30	11.16	CaNa2(CO3)2·5H2O
Glauberite	-7.21	-12.68	-5.47	Na2Ca(SO4)2
Goethite	7.61	8.14	0.53	FeOOH
Gypsum	-2.77	-7.31	-4.53	CaSO4·2H2O
H2(g)	-22.00	-25.10	-3.10	H2
H2O(g)	-1.61	-0.02	1.59	H2O
Halite	-1.63	-0.07	1.56	NaCl
HBr(g)	-18.70	-9.82	8.88	HBr
HCl(g)	-13.34	-7.04	6.30	HCl
Hematite	16.22	16.30	0.08	Fe2O3
Hexahydrate	-6.43	-8.16	-1.73	MgSO4·6H2O
Huntite	-15.31	-5.09	10.22	CaMg3(CO3)4
Hydromagnesite	-25.38	5.36	30.74	Mg5(CO3)4(OH)2·4H2O
Hydrophilite	-13.72	-1.98	11.75	CaCl2
Ice	-0.16	-0.02	0.14	H2O
Jarosite-Na	-1.90	-7.35	-5.45	NaFe3(SO4)2(OH)6
Kieserite	-7.77	-8.04	-0.27	MgSO4·H2O
Lansfordite	-6.42	-1.58	4.84	MgCO3·5H2O
Lawrencite	-12.94	-3.88	9.05	FeCl2
Lime	-20.49	12.08	32.57	CaO
Magnesite	-3.73	-1.46	2.27	MgCO3
Magnetite	16.06	26.47	10.42	Fe3O4
Melanterite	-6.93	-9.33	-2.40	FeSO4·7H2O
Mg	-90.17	32.35	122.52	Mg
Mg(g)	-109.90	32.35	142.25	Mg
Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-10.40	-5.20	5.20	Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O
Mg1.5SO4(OH)	-11.57	-2.36	9.21	Mg1.5SO4(OH)
MgBr2	-36.78	-8.29	28.49	MgBr2
MgBr2:6H2O	-13.59	-8.44	5.15	MgBr2·6H2O
MgCl2:2H2O	-15.51	-2.78	12.73	MgCl2·2H2O
MgCl2:4H2O	-10.13	-2.83	7.30	MgCl2·4H2O
MgCl2:H2O	-18.83	-2.76	16.07	MgCl2·H2O
MgOHCl	-11.61	4.28	15.89	MgOHCl
MgSO4	-12.84	-8.01	4.83	MgSO4
Mirabilite	-4.51	-5.66	-1.15	Na2SO4·10H2O
Molysite	-26.41	-12.94	13.47	FeCl3
Monohydrocalcite	-3.41	-0.73	2.68	CaCO3·H2O
Na	-49.90	17.47	67.37	Na
Na(g)	-63.39	17.47	80.86	Na
Na2CO3	-10.03	1.13	11.16	Na2CO3
Na2CO3:7H2O	-8.98	0.96	9.94	Na2CO3·7H2O
Na2O	-53.50	13.92	67.42	Na2O
Na3H(SO4)2	-16.93	-17.82	-0.89	Na3H(SO4)2
Na4Ca(SO4)3:2H2O	-12.26	-18.15	-5.89	Na4Ca(SO4)3·2H2O
NaBr	-5.80	-2.85	2.95	NaBr
NaBr:2H2O	-5.00	-2.90	2.10	NaBr·2H2O
NaFeO2	-4.78	15.11	19.88	NaFeO2
Nahcolite	-5.70	-5.84	-0.14	NaHCO3
Natron	-8.70	0.89	9.59	Na2CO3·10H2O
Nesquehonite	-6.82	-1.53	5.29	MgCO3·3H2O
O2(g)	-39.15	-42.04	-2.89	O2
Oxychloride-Mg	-10.34	15.49	25.83	Mg2Cl(OH)3·4H2O
Pentahydrate	-6.75	-8.13	-1.39	MgSO4·5H2O
Periclase	-10.00	11.33	21.33	MgO
Pirssonite	-10.95	0.38	11.32	Na2Ca(CO3)2·2H2O
Portlandite	-10.49	12.06	22.55	Ca(OH)2
Siderite	-2.39	-2.61	-0.22	FeCO3
Starkeyite	-7.11	-8.11	-1.00	MgSO4·4H2O
Tachyhydrite	-24.87	-7.73	17.14	Mg2CaCl6·12H2O
Thenardite	-5.07	-5.42	-0.36	Na2SO4
Thermonatrite	-9.83	1.11	10.94	Na2CO3·H2O
Wustite	-2.98	9.42	12.40	Fe.947O

End of simulation.

Z analizy widoczne jest, że roztwór jest przesycony związkami, żelaza i będzie miało miejsce wytrącanie się wodorotlenków Fe, ferrierytu, goethytu, magnetytu i hematytu. Jednak tak jak wcześniej wspomniano zawartość Fe w solance została zawyżona, w związku z

czym roztwór solanki może być nasycony tymi związkami a nie przesycony. Solanka również jest przesycona związkami amonowymi oraz jest bliska nasyceniu halitem.

Współczynniki nasycenia dla solanki z otworu Radęcin 1

Dla solanki pobranej z otworu Radęcin 1 przeprowadzono analogiczne modelowanie solanki wyjściowej. Gdzie w danych wyjściowych wprowadzono dane dla solanki z otworu Radęcin 1. W solance tej podobnie jak w solance z otworu Pławno 1 zawartość Fe stanowiła sumę glinu i żelaza, natomiast zawartość Na stanowiła sumę sodu i potasu, w związku z czym w analizach modelowania wyniki stopnia nasycenia fazami mineralnymi zawierającymi w swej strukturze te kationy mogą być zawyżone. W tym przypadku również przyjęto temperaturę 25°C.

Tab. 1.1.14_19 Fragment wyniku modelowania hydrogeochemicznego współczynników nasycenia SI solanki wsadowej z otworu Radęcin 1

```

-----
Beginning of initial solution calculations.
-----
Initial solution 1.  solanka wyjściowa
-----Solution composition-----

Elements          Molality          Moles
Am(4)              4.154e-03         4.154e-03
Br                 3.092e-03         3.092e-03
C(4)               3.298e-03         3.298e-03
Ca                 4.385e-02         4.385e-02
Cl                 1.611e+00         1.611e+00
Fe                 1.962e-03         1.962e-03
Mg                 2.255e-02         2.255e-02
Na                 1.499e+00         1.499e+00
S(6)               2.683e-04         2.683e-04
-----Description of solution-----

pH = 7.000
pe = 4.000
Activity of water = 0.948
Ionic strength = 1.573e+00
Mass of water (kg) = 1.000e+00
Total alkalinity (eq/kg) = 6.827e-03
Total CO2 (mol/kg) = 3.298e-03
Temperature (deg C) = 25.000
Electrical balance (eq) = 3.010e-02
Percent error, 100*(Cat-|An|)/(Cat+|An|) = 1.01
Iterations = 10
Total H = 1.110515e+02
Total O = 5.553716e+01
-----Saturation indices-----

Phase              SI log IAP  log KT
AmO2                31.84      22.42    -9.42  AmO2
Anhydrite           -2.59      -6.94    -4.35  CaSO4
Antarcticite        -6.42      -2.33     4.09  CaCl2:6H2O
Aragonite           -2.82      -0.85     1.97  CaCO3
Artinite            -9.11      10.52    19.63  Mg2CO3(OH)2:3H2O
Bassanite           -3.24      -6.95    -3.71  CaSO4:0.5H2O
Bischofite          -6.94      -2.55     4.39  MgCl2:6H2O

```

Bloedite	-9.73	-12.20	-2.48	Na2Mg(SO4)2:4H2O
Br2(g)	-34.48	-40.48	-6.00	Br2
Br2(l)	-33.91	-40.48	-6.57	Br2
Brucite	-4.62	11.66	16.28	Mg(OH)2
Burkeite	-18.26	-8.77	9.49	Na6CO3(SO4)2
C	-34.86	29.29	64.15	C
C(g)	-152.48	29.29	181.77	C
Ca	-106.91	32.92	139.83	Ca
Ca(g)	-132.15	32.92	165.07	Ca
Ca2Cl2(OH)2:H2O	-16.62	9.67	26.29	Ca2Cl2(OH)2:H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-35.17	33.15	68.33	Ca4Cl2(OH)6:13H2O
Calcite	-2.68	-0.85	1.82	CaCO3
CaSO4:0.5H2O(beta)	-3.41	-6.95	-3.54	CaSO4:0.5H2O
Chloromagnesite	-24.22	-2.41	21.82	MgCl2
Cl2(g)	-38.11	-35.11	2.99	Cl2
CO2(g)	-4.93	-12.76	-7.83	CO2
Dolomite	-4.40	-1.92	2.47	CaMg(CO3)2
Dolomite-dis	-5.94	-1.92	4.01	CaMg(CO3)2
Dolomite-ord	-4.39	-1.92	2.46	CaMg(CO3)2
Epsomite	-5.36	-7.32	-1.96	MgSO4:7H2O
Fe	-27.56	31.45	59.02	Fe
Fe(OH)2	-3.48	10.41	13.89	Fe(OH)2
Fe(OH)3	2.73	8.37	5.64	Fe(OH)3
Fe2(SO4)3	-42.76	-39.72	3.05	Fe2(SO4)3
FeO	-3.09	10.43	13.52	FeO
Ferrite-Ca	7.22	28.71	21.50	CaFe2O4
Ferrite-Dicalcium	-16.18	40.62	56.80	Ca2Fe2O5
Ferrite-Mg	7.47	28.49	21.02	MgFe2O4
FeSO4	-11.01	-8.41	2.61	FeSO4
Gaylussite	-11.00	0.17	11.16	CaNa2(CO3)2:5H2O
Glauberite	-6.42	-11.89	-5.47	Na2Ca(SO4)2
Goethite	7.86	8.39	0.53	FeOOH
Gypsum	-2.45	-6.98	-4.53	CaSO4:2H2O
H2(g)	-22.00	-25.10	-3.10	H2
H2O(g)	-1.61	-0.02	1.59	H2O
Halite	-1.66	-0.10	1.56	NaCl
HBr(g)	-18.62	-9.74	8.88	HBr
HCl(g)	-13.36	-7.06	6.30	HCl
Hematite	16.73	16.81	0.08	Fe2O3
Hexahydrite	-5.57	-7.30	-1.73	MgSO4:6H2O
Huntite	-14.29	-4.07	10.22	CaMg3(CO3)4
Hydromagnesite	-23.46	7.28	30.74	Mg5(CO3)4(OH)2:4H2O
Hydrophilite	-13.93	-2.19	11.75	CaCl2
Ice	-0.16	-0.02	0.14	H2O
Jarosite-Na	-0.15	-5.59	-5.45	NaFe3(SO4)2(OH)6
Kieserite	-6.91	-7.18	-0.27	MgSO4:H2O
Lansfordite	-6.03	-1.19	4.84	MgCO3:5H2O
Lawrencite	-12.71	-3.66	9.05	FeCl2
Lime	-20.67	11.90	32.57	CaO
Magnesite	-3.35	-1.07	2.27	MgCO3
Magnetite	16.83	27.24	10.42	Fe3O4
Melanterite	-6.17	-8.57	-2.40	FeSO4:7H2O
Mg	-89.82	32.70	122.52	Mg
Mg(g)	-109.54	32.70	142.25	Mg
Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-9.45	-9.45	-4.26	5.20 Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O
Mg1.5SO4(OH)	-10.54	-1.33	9.21	Mg1.5SO4(OH)
MgBr2	-36.27	-7.78	28.49	MgBr2
MgBr2:6H2O	-13.07	-7.92	5.15	MgBr2:6H2O
MgCl2:2H2O	-15.19	-2.46	12.73	MgCl2:2H2O
MgCl2:4H2O	-9.80	-2.50	7.30	MgCl2:4H2O
MgCl2:H2O	-18.50	-2.43	16.07	MgCl2:H2O
MgOHC1	-11.27	4.63	15.89	MgOHC1
MgSO4	-11.99	-7.16	4.83	MgSO4
Mirabilite	-4.03	-5.18	-1.15	Na2SO4:10H2O
Molysite	-26.20	-12.73	13.47	FeCl3
Monohydrocalcite	-3.55	-0.87	2.68	CaCO3:H2O
Na	-49.92	17.45	67.37	Na
Na(g)	-63.40	17.45	80.86	Na
Na2CO3	-10.03	1.13	11.16	Na2CO3
Na2CO3:7H2O	-8.97	0.97	9.94	Na2CO3:7H2O
Na2O	-53.53	13.89	67.42	Na2O
Na3H(SO4)2	-15.97	-16.86	-0.89	Na3H(SO4)2
Na4Ca(SO4)3:2H2O	-11.00	-16.89	-5.89	Na4Ca(SO4)3:2H2O
NaBr	-5.74	-2.79	2.95	NaBr
NaBr:2H2O	-4.93	-2.83	2.10	NaBr:2H2O
NaFeO2	-4.54	15.35	19.88	NaFeO2
Nahcolite	-5.68	-5.82	-0.14	NaHCO3

Natron	-8.69	0.90	9.59	Na2CO3:10H2O
Nesquehonite	-6.43	-1.14	5.29	MgCO3:3H2O
O2 (g)	-39.15	-42.04	-2.89	O2
Oxychloride-Mg	-9.64	16.19	25.83	Mg2Cl(OH)3:4H2O
Pentahydrate	-5.89	-7.27	-1.39	MgSO4:5H2O
Periclase	-9.64	11.68	21.33	MgO
Pirssonite	-11.09	0.24	11.32	Na2Ca(CO3)2:2H2O
Portlandite	-10.67	11.88	22.55	Ca(OH)2
Siderite	-2.10	-2.32	-0.22	FeCO3
Starkeyite	-6.25	-7.25	-1.00	MgSO4:4H2O
Tachyhydrate	-24.43	-7.28	17.14	Mg2CaCl6:12H2O
Thenardite	-4.60	-4.95	-0.36	Na2SO4
Thermonatrite	-9.83	1.11	10.94	Na2CO3:H2O
Wustite	-2.74	9.67	12.40	Fe.947O

End of simulation.

Analiza wyników (**Tab. 1.1.14_19**) wykazała, że w przypadku solanki z otworu Radęcin 1 pH również będzie obojętne i wynosi 7. Procentowy błąd analizy z bilansu jonowego jest bardzo mały i wynosi 1.01. Wartość siły jonowej również jest niska, co potwierdza właściwy dobór bazy danych Inl.dat.

W tej solance również wartość Fe, jaka była przyjęta do analizy, jest zawyżona dlatego w tym przypadku również wystąpiły zawyżone wartości przesylenia roztworu minerałami takimi jak bernalit, ferieryt, goethyt, magnety i hematy. Analiza wykazała również nasycenie roztworu jarosytem. Solanka bliska jest nasyceniu halitem.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solanki

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solankę z otworu Pławno 1

Kolejnym etapem modelowania była analiza oddziaływania samego dwutlenku węgla na solankę. Dane wsadowe dla solanki z otworu Pławno 1 przedstawia **Tab.1.1.14_20**.

Tab. 1.1.14_20 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Pławno 1 wykorzystanej do modelowania geochemicznego po przereagowaniu z dwutlenkiem węgla.

```

TITLE SI solanki początkowej Pławno 1
      #Specjacja solanki z CO2

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      density 1.0671
      units g/L

Cl                57.600
Br                0.1998
C(4)  0.2135 as HCO3
S(6)   0.0080 as SO4
Am(+4)                1.3334
Fe                0.0595
Na                34.617
Ca                2.6082
Mg                0.2363

EQUILIBRIUM_PHASES 1

```


CO2(g) 2.2033 10000 #159,7 atm i 10 tys moli CO2 do dyspozycji w reakcji

END

Aby określić wpływ CO₂ na stopień nasycenia solanki różnymi fazami mineralnymi wyniki modelowania zestawiono w porównaniu z modelowaniem faz mineralnych w solance wyjściowej. Wyniki te przedstawia **Tab.1.1.14_21**.

Tab. 1.1.14_21 Porównanie charakterystyki roztworów i współczynników nasycenia dla solanki wsadowej z otworu Pławno 1 i po przereagowaniu jej z dwutlenkiem węgla.

-----Phase assemblage----- -----		
Moles in assemblage		
Phase	SI log IAP	log KT
Final	Delta	Initial
CO2(g)	2.20	-5.63
9.996e+03	-3.838e+00	-7.83
		1.000e+04
-----Solution composition----- -----		
Elements	Molality	Moles
Am	5.656e-03	5.656e-03
Br	2.577e-03	2.577e-03
C	3.842e+00	3.842e+00
Ca	6.708e-02	6.708e-02
Cl	1.675e+00	1.675e+00
Fe	1.098e-03	1.098e-03
Mg	1.002e-02	1.002e-02
Na	1.552e+00	1.552e+00
S	8.586e-05	8.585e-05
-----Description of solution----- -----		
pH = 2.859 Charge balance		

-----Solution composition-----

Beginning of initial solution calculations.

-----Solution composition-----

Elements Molality Moles

Am(4) 5.656e-03 5.656e-03

Br 2.577e-03 2.577e-03

C(4) 3.607e-03 3.607e-03

Ca 6.708e-02 6.708e-02

Cl 1.675e+00 1.675e+00

Fe 1.098e-03 1.098e-03

Mg 1.002e-02 1.002e-02

Na 1.552e+00 1.552e+00

S(6) 8.585e-05 8.585e-05

-----Description of solution-----

pH = 7.000	pe = 17.975	Adjusted to redox equilibrium		
pe = 4.000	Activity of water = 0.881			
Activity of water = 0.946	Ionic strength = 1.618e+00			
Ionic strength = 1.654e+00	Mass of water (kg) = 9.999e-01			
Mass of water (kg) = 1.000e+00	Total alkalinity (eq/kg) = 7.605e-04			
Total alkalinity (eq/kg) = 7.340e-03	Total CO2 (mol/kg) = 3.842e+00			
Total CO2 (mol/kg) = 3.607e-03	Temperature (deg C) = 25.000			
Temperature (deg C) = 25.000	Electrical balance (eq) = 4.615e-02			
Electrical balance (eq) = 4.615e-02	Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) = 1.50			
Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) = 1.49	Iterations = 20			
Iterations = 11	Total H = 1.110511e+02			
Total H = 1.110511e+02	Total O = 6.321343e+01			
Total O = 5.553697e+01	-----Saturation indices-----			

-----Saturation indices-----				

Phase	SI	log IAP	log KT	
AmO2	31.97	22.55	-9.42	AmO2
Anhydrite	-2.91	-7.26	-4.35	CaSO4
Antarcticite	-6.21	-2.12	4.09	CaCl2:6H2O
Aragonite	-2.67	-0.70	1.97	CaCO3
Artinite Mg2CO3(OH)2:3H2O	-9.86	9.77	19.63	
Bassanite	-3.56	-7.27	-3.71	CaSO4:0.5H2O
Bischofite	-7.27	-2.88	4.39	MgCl2:6H2O
Bloedite Na2Mg(SO4)2:4H2O	-11.06	-13.53	-2.48	
Br2(g)	-34.64	-40.64	-6.00	Br2
Br2(l)	-34.07	-40.64	-6.57	Br2
Brucite	-4.98	11.30	16.28	Mg(OH)2
Burkeite	-19.21	-9.72	9.49	Na6CO3(SO4)2
C	-34.89	29.25	64.15	C
C(g)	-152.51	29.25	181.77	C
Ca	-106.73	33.11	139.83	Ca
Ca(g)	-131.97	33.11	165.07	Ca
Am	-163.19	6.19	169.39	Am
Am(g)	-205.59	6.19	211.78	Am
Am(OH)3	-11.19	4.03	15.22	Am(OH)3
Am(OH)3(am)	-12.99	4.03	17.02	Am(OH)3
Am2(CO3)3	-6.28	-8.65	-2.37	Am2(CO3)3
Am2C3	-500.11	3.82	503.94	Am2C3
Am2O3	-43.57	8.23	51.80	Am2O3
AmBr3	-34.62	-12.84	21.77	AmBr3
AmCl3	-18.85	-4.51	14.34	AmCl3
AmH2	-181.26	-52.85	128.41	AmH2
AmO2	-9.87	-19.29	-9.42	AmO2
AmOBr	-15.30	-1.54	13.76	AmOBr
AmOCl	-10.07	1.24	11.31	AmOCl
AmOHCO3	-4.69	-1.54	3.15	AmOHCO3
Anhydrite	-2.92	-7.27	-4.35	CaSO4
Antarcticite	-6.40	-2.31	4.09	CaCl2:6H2O
Aragonite	-3.83	-1.86	1.97	CaCO3
Artinite	-19.45	0.17	19.63	Mg2CO3(OH)2:3H2O
Bassanite	-3.59	-7.30	-3.71	CaSO4:0.5H2O

Ca2Cl2(OH)2:H2O	-16.23	10.06	26.29		Bischofite	-7.46	-3.07	4.39	MgCl2:6H2O
Ca2Cl2(OH)2:H2O					Bloedite	-11.21	-13.68	-2.48	Na2Mg(SO4)2:4H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-34.44	33.89	68.33		Br2(g)	-6.69	-12.69	-6.00	Br2
Ca4Cl2(OH)6:13H2O					Br2(l)	-6.12	-12.69	-6.57	Br2
Calcite	-2.53	-0.70	1.82	CaCO3	Brucite	-13.33	2.96	16.28	Mg(OH)2
CaSO4:0.5H2O(beta)	-3.73	-7.27	-3.54		Burkeite	-20.38	-10.90	9.49	Na6CO3(SO4)2
CaSO4:0.5H2O					C	-67.00	-2.85	64.15	C
Chloromagnesite	-24.55	-2.73	21.82	MgCl2	C(g)	-184.62	-2.85	181.77	C
Cl2(g)	-38.08	-35.08	2.99	Cl2	Ca	-134.68	5.15	139.83	Ca
CO2(g)	-4.96	-12.79	-7.83	CO2	Ca(g)	-159.92	5.15	165.07	Ca
Dolomite	-4.64	-2.17	2.47	CaMg(CO3)2	Ca2Cl2(OH)2:H2O	-24.61	1.68	26.29	Ca2Cl2(OH)2:H2O
Dolomite-dis	-6.18	-2.17	4.01	CaMg(CO3)2	Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-59.88	8.45	68.33	
Dolomite-ord	-4.63	-2.17	2.46	CaMg(CO3)2	Ca4Cl2(OH)6:13H2O				
Epsomite	-6.22	-8.18	-1.96	MgSO4:7H2O	Calcite	-3.68	-1.86	1.82	CaCO3
Fe	-27.82	31.20	59.02	Fe	CaSO4:0.5H2O(beta)	-3.76	-7.30	-3.54	CaSO4:0.5H2O
Fe(OH)2	-3.74	10.15	13.89	Fe(OH)2	CH4(g)	-141.44	-144.28	-2.84	CH4
Fe(OH)3	2.47	8.11	5.64	Fe(OH)3	Chloromagnesite	-24.55	-2.74	21.82	MgCl2
Fe2(SO4)3	-44.77	-41.73	3.05	Fe2(SO4)3	Cl2(g)	-10.13	-7.13	2.99	Cl2
FeO	-3.34	10.18	13.52	FeO	CO(g)	-42.92	-45.91	-3.00	CO
Ferrite-Ca	6.88	28.38	21.50	CaFe2O4	CO2(g)	2.20	-5.63	-7.83	CO2
Ferrite-Dicalcium	-16.34	40.46	56.80	Ca2Fe2O5	Dolomite	-6.95	-4.47	2.47	CaMg(CO3)2
Ferrite-Mg	6.60	27.62	21.02	MgFe2O4	Dolomite-dis	-8.48	-4.47	4.01	CaMg(CO3)2
FeSO4	-11.77	-9.16	2.61	FeSO4	Dolomite-ord	-6.94	-4.47	2.46	CaMg(CO3)2
Gaylussite	-10.86	0.30	11.16		Epsomite	-6.45	-8.41	-1.96	MgSO4:7H2O
CaNa2(CO3)2:5H2O					Fe	-62.22	-3.21	59.02	Fe
Glauberite	-7.21	-12.68	-5.47	Na2Ca(SO4)2	Fe(OH)2	-18.54	-4.65	13.89	Fe(OH)2
Goethite	7.61	8.14	0.53	FeOOH	Fe(OH)3	-2.53	3.11	5.64	Fe(OH)3
Gypsum	-2.77	-7.31	-4.53	CaSO4:2H2O	Fe2(SO4)3	-29.77	-26.72	3.05	Fe2(SO4)3
H2(g)	-22.00	-25.10	-3.10	H2	FeO	-18.11	-4.59	13.52	FeO
H2O(g)	-1.61	-0.02	1.59	H2O	Ferrite-Ca	-11.34	10.16	21.50	CaFe2O4
Halite	-1.63	-0.07	1.56	NaCl	Ferrite-Dicalcium	-42.87	13.93	56.80	Ca2Fe2O5
HBr(g)	-18.70	-9.82	8.88	HBr	Ferrite-Mg	-11.62	9.40	21.02	MgFe2O4
HCl(g)	-13.34	-7.04	6.30	HCl	FeSO4	-18.24	-15.63	2.61	FeSO4
Hematite	16.22	16.30	0.08	Fe2O3	Gaylussite	-13.32	-2.16	11.16	CaNa2(CO3)2:5H2O
Hexahydrate	-6.43	-8.16	-1.73	MgSO4:6H2O	Glauberite	-7.24	-12.71	-5.47	Na2Ca(SO4)2
Huntite	-15.31	-5.09	10.22	CaMg3(CO3)4	Goethite	2.64	3.17	0.53	FeOOH
Hydromagnesite	-25.38	5.36	30.74		Gypsum	-2.85	-7.38	-4.53	CaSO4:2H2O
Mg5(CO3)4(OH)2:4H2O									
Hydrophilite	-13.72	-1.98	11.75	CaCl2					

Ice	-0.16	-0.02	0.14	H2O	H2 (g)	-41.67	-44.77	-3.10	H2
Jarosite-Na NaFe3(SO4)2(OH)6	-1.90	-7.35	-5.45		H2O(g)	-1.64	-0.05	1.59	H2O
Kieserite	-7.77	-8.04	-0.27	MgSO4:H2O	H2S(g)	-135.84	-143.83	-7.99	H2S
Lansfordite	-6.42	-1.58	4.84	MgCO3:5H2O	Halite	-1.64	-0.07	1.56	NaCl
Lawrencite	-12.94	-3.88	9.05	FeCl2	HBr (g)	-14.56	-5.68	8.88	HBr
Lime	-20.49	12.08	32.57	CaO	HCl (g)	-9.20	-2.90	6.30	HCl
Magnesite	-3.73	-1.46	2.27	MgCO3	Hematite	6.32	6.39	0.08	Fe2O3
Magnetite	16.06	26.47	10.42	Fe3O4	Hexahydrate	-6.63	-8.36	-1.73	MgSO4:6H2O
Melanterite	-6.93	-9.33	-2.40	FeSO4:7H2O	Huntite	-19.92	-9.70	10.22	CaMg3(CO3)4
Mg	-90.17	32.35	122.52	Mg	Hydromagnesite Mg5(CO3)4(OH)2:4H2O	-38.47	-7.73	30.74	
Mg (g)	-109.90	32.35	142.25	Mg	Hydrophilite	-13.73	-1.98	11.75	CaCl2
Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-10.40	-5.20	5.20		Ice	-0.19	-0.05	0.14	H2O
Mg1.5SO4(OH)	-11.57	-2.36	9.21	Mg1.5SO4(OH)	Jarosite-Na	-4.40	-9.85	-5.45	NaFe3(SO4)2(OH)6
MgBr2	-36.78	-8.29	28.49	MgBr2	Kieserite	-7.82	-8.08	-0.27	MgSO4:H2O
MgBr2:6H2O	-13.59	-8.44	5.15	MgBr2:6H2O	Lansfordite	-7.73	-2.89	4.84	MgCO3:5H2O
MgCl2:2H2O	-15.51	-2.78	12.73	MgCl2:2H2O	Lawrencite	-19.39	-10.34	9.05	FeCl2
MgCl2:4H2O	-10.13	-2.83	7.30	MgCl2:4H2O	Lime	-28.80	3.77	32.57	CaO
MgCl2:H2O	-18.83	-2.76	16.07	MgCl2:H2O	Magnesite	-4.89	-2.62	2.27	MgCO3
MgOHCl	-11.61	4.28	15.89	MgOHCl	Magnetite	-8.62	1.80	10.42	Fe3O4
MgSO4	-12.84	-8.01	4.83	MgSO4	Melanterite	-13.62	-16.01	-2.40	FeSO4:7H2O
Mirabilite	-4.51	-5.66	-1.15	Na2SO4:10H2O	Mg	-118.12	4.40	122.52	Mg
Molysite	-26.41	-12.94	13.47	FeCl3	Mg (g)	-137.85	4.40	142.25	Mg
Monohydrocalcite	-3.41	-0.73	2.68	CaCO3:H2O	Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-12.51	-7.32	5.20	
Na	-49.90	17.47	67.37	Na	Mg1.5SO4(OH)	-15.76	-6.55	9.21	Mg1.5SO4(OH)
Na (g)	-63.39	17.47	80.86	Na	MgBr2	-36.79	-8.30	28.49	MgBr2
Na2CO3	-10.03	1.13	11.16	Na2CO3	MgBr2:6H2O	-13.78	-8.63	5.15	MgBr2:6H2O
Na2CO3:7H2O	-8.98	0.96	9.94	Na2CO3:7H2O	MgCl2:2H2O	-15.58	-2.85	12.73	MgCl2:2H2O
Na2O	-53.50	13.92	67.42	Na2O	MgCl2:4H2O	-10.26	-2.96	7.30	MgCl2:4H2O
Na3H(SO4)2	-16.93	-17.82	-0.89	Na3H(SO4)2	MgCl2:H2O	-18.87	-2.79	16.07	MgCl2:H2O
Na4Ca(SO4)3:2H2O Na4Ca(SO4)3:2H2O	-12.26	-18.15	-5.89		MgOHCl	-15.78	0.11	15.89	MgOHCl
NaBr	-5.80	-2.85	2.95	NaBr	MgSO4	-12.86	-8.03	4.83	MgSO4
NaBr:2H2O	-5.00	-2.90	2.10	NaBr:2H2O	Mirabilite	-4.83	-5.99	-1.15	Na2SO4:10H2O
NaFeO2	-4.78	15.11	19.88	NaFeO2	Molysite	-18.90	-5.43	13.47	FeCl3
Nahcolite	-5.70	-5.84	-0.14	NaHCO3	Monohydrocalcite	-4.59	-1.91	2.68	CaCO3:H2O
Natron	-8.70	0.89	9.59	Na2CO3:10H2O	Na	-63.88	3.49	67.37	Na

Nesquehonite	-6.82	-1.53	5.29	MgCO3:3H2O	Na (g)	-77.37	3.49	80.86	Na
O2 (g)	-39.15	-42.04	-2.89	O2	Na2CO3	-11.19	-0.02	11.16	Na2CO3
Oxychloride-Mg Mg2Cl(OH)3:4H2O	-10.34	15.49	25.83		Na2CO3:7H2O	-10.35	-0.41	9.94	Na2CO3:7H2O
Pentahydrate	-6.75	-8.13	-1.39	MgSO4:5H2O	Na2O	-61.82	5.60	67.42	Na2O
Periclase	-10.00	11.33	21.33	MgO	Na3H(SO4)2	-12.81	-13.70	-0.89	Na3H(SO4)2
Pirssonite	-10.95	0.38	11.32		Na4Ca(SO4)3:2H2O	-12.36	-18.25	-5.89	Na4Ca(SO4)3:2H2O
Portlandite	-10.49	12.06	22.55	Ca(OH)2	NaBr	-5.80	-2.85	2.95	NaBr
Siderite	-2.39	-2.61	-0.22	FeCO3	NaBr:2H2O	-5.06	-2.96	2.10	NaBr:2H2O
Starkeyite	-7.11	-8.11	-1.00	MgSO4:4H2O	NaFeO2	-13.89	6.00	19.88	NaFeO2
Tachyhydrate Mg2CaCl6:12H2O	-24.87	-7.73	17.14		Nahcolite	-2.71	-2.85	-0.14	NaHCO3
Thenardite	-5.07	-5.42	-0.36	Na2SO4	Natron	-10.16	-0.57	9.59	Na2CO3:10H2O
Thermonatrite	-9.83	1.11	10.94	Na2CO3:H2O	Nesquehonite	-8.07	-2.78	5.29	MgCO3:3H2O
Wustite	-2.98	9.42	12.40	Fe.9470	O2 (g)	0.12	-2.77	-2.89	O2
-----					Oxychloride-Mg	-22.99	2.84	25.83	Mg2Cl(OH)3:4H2O
End of simulation.					Pentahydrate	-6.91	-8.30	-1.39	MgSO4:5H2O
-----					Periclase	-18.31	3.01	21.33	MgO
					Pirssonite	-13.31	-1.99	11.32	Na2Ca(CO3)2:2H2O
					Portlandite	-18.83	3.71	22.55	Ca(OH)2
					Pyrite	-234.26	-258.96	-24.70	FeS2
					Pyrrhotite	-144.63	-148.37	-3.74	FeS
					S	-100.05	-145.16	-45.11	S
					S2 (g)	-214.00	-221.19	-7.19	S2
					Siderite	-10.00	-10.22	-0.22	FeCO3
					SO2 (g)	-47.33	-47.16	0.18	SO2
					Starkeyite	-7.25	-8.25	-1.00	MgSO4:4H2O
					Tachyhydrate	-25.26	-8.12	17.14	Mg2CaCl6:12H2O
					Thenardite	-5.08	-5.44	-0.36	Na2SO4
					Thermonatrite	-11.02	-0.08	10.94	Na2CO3:H2O
					Troilite	-144.53	-148.37	-3.84	FeS
					Wustite	-15.93	-3.52	12.40	Fe.9470

					End of simulation.				

Pierwszą istotną zmianą, jaka nastąpi po wprowadzeniu do solanki dwutlenku węgla jest jej istotny spadek pH do wartości 2.9. Solanka wtedy zmieni swój odczyn z zasadowego na kwaśny, co wpłynie na zaburzenie równowagi kinetycznej. Roztwór stanie się wyraźnie niedosycony związkami amonowymi. Wyraźnie spadnie też stopień przesylenia związkami żelaza. Wartość SI dla magnetytu spadnie z 16.06 do -8.62. Spadnie też stopień przesylenia goethytem i hematytem.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solankę z otworu Radęcin 1

W analogiczny sposób przeprowadzono analizę wpływu CO₂ na solankę z otworu Radęcin 1, gdzie wyniki modelowania w porównaniu do wyników solanki wyjściowej zestawiono w **Tab.1.1.14_22**.

Tab. 1.1.14_22 Porównanie charakterystyki roztworów i współczynników nasycenia dla solanki wsadowej z otworu Radęcin 1 i po przereagowaniu jej z dwutlenkiem węgla

-----Solution composition-----			-----Phase assemblage-----			
Elements	Molality	Moles	Phase	SI	log IAP	log KT
Beginning of initial solution calculations.			Initial	Final	Delta	
Initial solution 1. solanka wyjściowa			CO2 (g)	2.20	-5.63	-7.83
-----Solution composition-----			1.000e+04	9.996e+03	-3.900e+00	
-----Solution composition-----			-----Solution composition-----			
			Elements	Molality	Moles	
Am(4)	4.154e-03	4.154e-03	Am	4.154e-03	4.154e-03	
Br	3.092e-03	3.092e-03	Br	3.092e-03	3.092e-03	
C(4)	3.298e-03	3.298e-03	C	3.904e+00	3.903e+00	
Ca	4.385e-02	4.385e-02	Ca	4.385e-02	4.385e-02	
Cl	1.611e+00	1.611e+00	Cl	1.611e+00	1.611e+00	
Fe	1.962e-03	1.962e-03	Fe	1.962e-03	1.962e-03	
Mg	2.255e-02	2.255e-02	Mg	2.255e-02	2.255e-02	
Na	1.499e+00	1.499e+00	Na	1.499e+00	1.499e+00	
			S	2.683e-04	2.683e-04	

S(6)				2.683e-04	2.683e-04	-----Description of solution-----					
-----Description of solution-----						pH = 2.970 Charge balance					
pH = 7.000						pe = 17.793 Adjusted to redox equilibrium					
pe = 4.000						Activity of water = 0.882					
Activity of water = 0.948						Ionic strength = 1.545e+00					
Ionic strength = 1.573e+00						Mass of water (kg) = 9.999e-01					
Mass of water (kg) = 1.000e+00						Total alkalinity (eq/kg) = 1.027e-03					
Total alkalinity (eq/kg) = 6.827e-03						Total CO2 (mol/kg) = 3.904e+00					
Total CO2 (mol/kg) = 3.298e-03						Temperature (deg C) = 25.000					
Temperature (deg C) = 25.000						Electrical balance (eq) = 3.010e-02					
Electrical balance (eq) = 3.010e-02						Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) = 1.02					
Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) = 1.01						Iterations = 20					
Iterations = 10						Total H = 1.110515e+02					
Total H = 1.110515e+02						Total O = 6.333745e+01					
Total O = 5.553716e+01						-----Saturation indices-----					
-----Saturation indices-----						Phase SI log IAP log KT					
Phase	SI	log IAP	log KT	Phase	SI	log IAP	log KT	Phase	SI	log IAP	log KT
AmO2	31.84	22.42	-9.42	AmO2	-162.77	6.62	169.39	Am	-162.77	6.62	169.39
Anhydrite	-2.59	-6.94	-4.35	CaSO4	-205.16	6.62	211.78	Am(g)	-205.16	6.62	211.78
Antarcticite	-6.42	-2.33	4.09	CaCl2:6H2O	-10.97	4.25	15.22	Am(OH)3	-10.97	4.25	15.22
Aragonite	-2.82	-0.85	1.97	CaCO3	-12.77	4.25	17.02	Am(OH)3(am)	-12.77	4.25	17.02
Artinite	-9.11	10.52	19.63		-5.84	-8.21	-2.37	Am2(CO3)3	-5.84	-8.21	-2.37
Mg2CO3(OH)2:3H2O					-498.41	5.53	503.94	Am2C3	-498.41	5.53	503.94
Bassanite	-3.24	-6.95	-3.71	CaSO4:0.5H2O	-43.14	8.66	51.80	Am2O3	-43.14	8.66	51.80
Bischofite	-6.94	-2.55	4.39	MgCl2:6H2O	-34.50	-12.73	21.77	AmBr3	-34.50	-12.73	21.77
Bloedite	-9.73	-12.20	-2.48		-19.02	-4.67	14.34	AmCl3	-19.02	-4.67	14.34
Na2Mg(SO4)2:4H2O					-180.69	-52.28	128.41	AmH2	-180.69	-52.28	128.41
Br2(g)	-34.48	-40.48	-6.00	Br2	-9.73	-19.14	-9.42	AmO2	-9.73	-19.14	-9.42
Br2(l)	-33.91	-40.48	-6.57	Br2	-15.12	-1.35	13.76	AmOBr	-15.12	-1.35	13.76
Brucite	-4.62	11.66	16.28	Mg(OH)2	-9.98	1.33	11.31	AmOC1	-9.98	1.33	11.31
					-4.47	-1.32	3.15	AmOHC03	-4.47	-1.32	3.15

Burkeite	-18.26	-8.77	9.49	Na6CO3(SO4)2	Anhydrite	-2.60	-6.95	-4.35	CaSO4
C	-34.86	29.29	64.15	C	Antarcticite	-6.61	-2.52	4.09	CaCl2:6H2O
C(g)	-152.48	29.29	181.77	C	Aragonite	-3.79	-1.82	1.97	CaCO3
Ca	-106.91	32.92	139.83	Ca	Artinite	-18.29	1.33	19.63	Mg2CO3(OH)2:3H2O
Ca(g)	-132.15	32.92	165.07	Ca	Bassanite	-3.27	-6.97	-3.71	CaSO4:0.5H2O
Ca2Cl2(OH)2:H2O	-16.62	9.67	26.29		Bischofite	-7.13	-2.74	4.39	MgCl2:6H2O
Ca2Cl2(OH)2:H2O					Bloedite	-9.87	-12.35	-2.48	Na2Mg(SO4)2:4H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-35.17	33.15	68.33		Br2(g)	-6.89	-12.90	-6.00	Br2
Ca4Cl2(OH)6:13H2O					Br2(l)	-6.33	-12.90	-6.57	Br2
Calcite	-2.68	-0.85	1.82	CaCO3	Brucite	-12.75	3.53	16.28	Mg(OH)2
CaSO4:0.5H2O(beta)	-3.41	-6.95	-3.54		Burkeite	-19.24	-9.75	9.49	Na6CO3(SO4)2
CaSO4:0.5H2O					C	-66.72	-2.57	64.15	C
Chloromagnesite	-24.22	-2.41	21.82	MgCl2	C(g)	-184.34	-2.57	181.77	C
Cl2(g)	-38.11	-35.11	2.99	Cl2	Ca	-134.50	5.34	139.83	Ca
CO2(g)	-4.93	-12.76	-7.83	CO2	Ca(g)	-159.74	5.34	165.07	Ca
Dolomite	-4.40	-1.92	2.47	CaMg(CO3)2	Ca2Cl2(OH)2:H2O	-24.78	1.51	26.29	Ca2Cl2(OH)2:H2O
Dolomite-dis	-5.94	-1.92	4.01	CaMg(CO3)2	Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-59.96	8.36	68.33	Ca4Cl2(OH)6:13H2O
Dolomite-ord	-4.39	-1.92	2.46	CaMg(CO3)2	Ca4Cl2(OH)6:13H2O				
Epsomite	-5.36	-7.32	-1.96	MgSO4:7H2O	Calcite	-3.64	-1.82	1.82	CaCO3
Fe	-27.56	31.45	59.02	Fe	CaSO4:0.5H2O(beta)	-3.44	-6.97	-3.54	CaSO4:0.5H2O
Fe(OH)2	-3.48	10.41	13.89	Fe(OH)2	CaSO4:0.5H2O				
Fe(OH)3	2.73	8.37	5.64	Fe(OH)3	CH4(g)	-140.88	-143.72	-2.84	CH4
Fe2(SO4)3	-42.76	-39.72	3.05	Fe2(SO4)3	Chloromagnesite	-24.23	-2.41	21.82	MgCl2
FeO	-3.09	10.43	13.52	FeO	Cl2(g)	-10.52	-7.53	2.99	Cl2
Ferrite-Ca	7.22	28.71	21.50	CaFe2O4	CO(g)	-42.78	-45.77	-3.00	CO
Ferrite-Dicalcium	-16.18	40.62	56.80	Ca2Fe2O5	CO2(g)	2.20	-5.63	-7.83	CO2
Ferrite-Mg	7.47	28.49	21.02	MgFe2O4	Dolomite	-6.33	-3.85	2.47	CaMg(CO3)2
FeSO4	-11.01	-8.41	2.61	FeSO4	Dolomite-dis	-7.87	-3.85	4.01	CaMg(CO3)2
Gaylussite	-11.00	0.17	11.16		Dolomite-ord	-6.32	-3.85	2.46	CaMg(CO3)2
CaNa2(CO3)2:5H2O					Epsomite	-5.59	-7.55	-1.96	MgSO4:7H2O
Glauberite	-6.42	-11.89	-5.47	Na2Ca(SO4)2	Fe	-61.44	-2.43	59.02	Fe
Goethite	7.86	8.39	0.53	FeOOH	Fe(OH)2	-17.90	-4.01	13.89	Fe(OH)2
Gypsum	-2.45	-6.98	-4.53	CaSO4:2H2O	Fe(OH)3	-1.96	3.68	5.64	Fe(OH)3
H2(g)	-22.00	-25.10	-3.10	H2	Fe2(SO4)3	-27.79	-24.74	3.05	Fe2(SO4)3
H2O(g)	-1.61	-0.02	1.59	H2O	FeO	-17.48	-3.95	13.52	FeO
Halite	-1.66	-0.10	1.56	NaCl	Ferrite-Ca	-10.16	11.34	21.50	CaFe2O4
HBr(g)	-18.62	-9.74	8.88	HBr					
HCl(g)	-13.36	-7.06	6.30	HCl					

Hematite	16.73	16.81	0.08	Fe2O3	Ferrite-Dicalcium	-41.65	15.15	56.80	Ca2Fe2O5
Hexahydrate	-5.57	-7.30	-1.73	MgSO4:6H2O	Ferrite-Mg	-9.90	11.12	21.02	MgFe2O4
Huntite	-14.29	-4.07	10.22	CaMg3(CO3)4	FeSO4	-17.32	-14.71	2.61	FeSO4
Hydromagnesite	-23.46	7.28	30.74		Gaylussite	-13.08	-1.92	11.16	
Mg5(CO3)4(OH)2:4H2O					CaNa2(CO3)2:5H2O				
Hydrophilite	-13.93	-2.19	11.75	CaCl2	Glauberite	-6.44	-11.91	-5.47	Na2Ca(SO4)2
Ice	-0.16	-0.02	0.14	H2O	Goethite	3.21	3.74	0.53	FeOOH
Jarosite-Na	-0.15	-5.59	-5.45		Gypsum	-2.52	-7.06	-4.53	CaSO4:2H2O
NaFe3(SO4)2(OH)6					H2(g)	-41.52	-44.63	-3.10	H2
Kieserite	-6.91	-7.18	-0.27	MgSO4:H2O	H2O(g)	-1.64	-0.05	1.59	H2O
Lansfordite	-6.03	-1.19	4.84	MgCO3:5H2O	H2S(g)	-134.99	-142.99	-7.99	H2S
Lawrencite	-12.71	-3.66	9.05	FeCl2	Halite	-1.67	-0.10	1.56	NaCl
Lime	-20.67	11.90	32.57	CaO	HBr(g)	-14.59	-5.71	8.88	HBr
Magnesite	-3.35	-1.07	2.27	MgCO3	HCl(g)	-9.33	-3.03	6.30	HCl
Magnetite	16.83	27.24	10.42	Fe3O4	Hematite	7.45	7.53	0.08	Fe2O3
Melanterite	-6.17	-8.57	-2.40	FeSO4:7H2O	Hexahydrate	-5.77	-7.50	-1.73	MgSO4:6H2O
Mg	-89.82	32.70	122.52	Mg	Huntite	-18.15	-7.93	10.22	CaMg3(CO3)4
Mg(g)	-109.54	32.70	142.25	Mg	Hydromagnesite	-35.57	-4.84	30.74	
Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-9.45	-4.26	5.20		Mg5(CO3)4(OH)2:4H2O				
Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O					Hydrophilite	-13.94	-2.19	11.75	CaCl2
Mg1.5SO4(OH)	-10.54	-1.33	9.21	Mg1.5SO4(OH)	Ice	-0.19	-0.05	0.14	H2O
MgBr2	-36.27	-7.78	28.49	MgBr2	Jarosite-Na	-2.04	-7.49	-5.45	
MgBr2:6H2O	-13.07	-7.92	5.15	MgBr2:6H2O	NaFe3(SO4)2(OH)6				
MgCl2:2H2O	-15.19	-2.46	12.73	MgCl2:2H2O	Kieserite	-6.96	-7.22	-0.27	MgSO4:H2O
MgCl2:4H2O	-9.80	-2.50	7.30	MgCl2:4H2O	Lansfordite	-7.15	-2.31	4.84	MgCO3:5H2O
MgCl2:H2O	-18.50	-2.43	16.07	MgCl2:H2O	Lawrencite	-19.01	-9.95	9.05	FeCl2
MgOHCl	-11.27	4.63	15.89	MgOHCl	Lime	-28.76	3.81	32.57	CaO
MgSO4	-11.99	-7.16	4.83	MgSO4	Magnesite	-4.31	-2.04	2.27	MgCO3
Mirabilite	-4.03	-5.18	-1.15	Na2SO4:10H2O	Magnetite	-6.84	3.58	10.42	Fe3O4
Molysite	-26.20	-12.73	13.47	FeCl3	Melanterite	-12.69	-15.09	-2.40	FeSO4:7H2O
Monohydrocalcite	-3.55	-0.87	2.68	CaCO3:H2O	Mg	-117.41	5.11	122.52	Mg
Na	-49.92	17.45	67.37	Na	Mg(g)	-137.13	5.11	142.25	Mg
Na(g)	-63.40	17.45	80.86	Na	Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O	-11.51	-6.31	5.20	
Na2CO3	-10.03	1.13	11.16	Na2CO3	Mg1.25SO4(OH)0.5:0.5H2O				
Na2CO3:7H2O	-8.97	0.97	9.94	Na2CO3:7H2O	Mg1.5SO4(OH)	-14.61	-5.40	9.21	Mg1.5SO4(OH)
Na2O	-53.53	13.89	67.42	Na2O	MgBr2	-36.27	-7.78	28.49	MgBr2
Na3H(SO4)2	-15.97	-16.86	-0.89	Na3H(SO4)2	MgBr2:6H2O	-13.26	-8.11	5.15	MgBr2:6H2O
Na4Ca(SO4)3:2H2O	-11.00	-16.89	-5.89		MgCl2:2H2O	-15.26	-2.52	12.73	MgCl2:2H2O

Na4Ca(SO4)3:2H2O				MgCl2:4H2O	-9.93	-2.63	7.30	MgCl2:4H2O
NaBr	-5.74	-2.79	2.95	NaBr				
NaBr:2H2O	-4.93	-2.83	2.10	NaBr:2H2O				
NaFeO2	-4.54	15.35	19.88	NaFeO2				
Nahcolite	-5.68	-5.82	-0.14	NaHCO3				
Natron	-8.69	0.90	9.59	Na2CO3:10H2O				
Nesquehonite	-6.43	-1.14	5.29	MgCO3:3H2O				
O2(g)	-39.15	-42.04	-2.89	O2				
Oxychloride-Mg Mg2Cl(OH)3:4H2O	-9.64	16.19	25.83					
Pentahydrate	-5.89	-7.27	-1.39	MgSO4:5H2O				
Periclase	-9.64	11.68	21.33	MgO				
Pirssonite Na2Ca(CO3)2:2H2O	-11.09	0.24	11.32					
Portlandite	-10.67	11.88	22.55	Ca(OH)2				
Siderite	-2.10	-2.32	-0.22	FeCO3				
Starkeyite	-6.25	-7.25	-1.00	MgSO4:4H2O				
Tachyhydrate Mg2CaCl6:12H2O	-24.43	-7.28	17.14					
Thenardite	-4.60	-4.95	-0.36	Na2SO4				
Thermonatrite	-9.83	1.11	10.94	Na2CO3:H2O				
Wustite	-2.74	9.67	12.40	Fe.9470				

End of simulation.								

				MgCl2:4H2O	-18.54	-2.47	16.07	MgCl2:H2O
				MgOHCl	-15.33	0.56	15.89	MgOHCl
				MgSO4	-12.00	-7.17	4.83	MgSO4
				Mirabilite	-4.35	-5.51	-1.15	Na2SO4:10H2O
				Molysite	-18.71	-5.24	13.47	FeCl3
				Monohydrocalcite	-4.55	-1.87	2.68	CaCO3:H2O
				Na	-63.71	3.66	67.37	Na
				Na(g)	-77.20	3.66	80.86	Na
				Na2CO3	-10.99	0.17	11.16	Na2CO3
				Na2CO3:7H2O	-10.15	-0.21	9.94	Na2CO3:7H2O
				Na2O	-61.62	5.79	67.42	Na2O
				Na3H(SO4)2	-11.96	-12.85	-0.89	Na3H(SO4)2
				Na4Ca(SO4)3:2H2O	-11.09	-16.98	-5.89	
				Na4Ca(SO4)3:2H2O				
				NaBr	-5.74	-2.79	2.95	NaBr
				NaBr:2H2O	-4.99	-2.90	2.10	NaBr:2H2O
				NaFeO2	-13.22	6.66	19.88	NaFeO2
				Nahcolite	-2.61	-2.76	-0.14	NaHCO3
				Natron	-9.96	-0.38	9.59	Na2CO3:10H2O
				Nesquehonite	-7.49	-2.20	5.29	MgCO3:3H2O
				O2(g)	-0.16	-3.05	-2.89	O2
				Oxychloride-Mg Mg2Cl(OH)3:4H2O	-21.96	3.87	25.83	
				Pentahydrate	-6.05	-7.44	-1.39	MgSO4:5H2O
				Periclase	-17.74	3.59	21.33	MgO
				Pirssonite Na2Ca(CO3)2:2H2O	-13.08	-1.76	11.32	
				Portlandite	-18.79	3.75	22.55	Ca(OH)2
				Pyrite	-232.07	-256.77	-24.70	FeS2
				Pyrrhotite	-143.15	-146.88	-3.74	FeS
				S	-99.35	-144.46	-45.11	S
				S2(g)	-212.59	-219.78	-7.19	S2
				Siderite	-9.36	-9.58	-0.22	FeCO3
				SO2(g)	-46.91	-46.73	0.18	SO2
				Starkeyite	-6.39	-7.39	-1.00	MgSO4:4H2O
				Tachyhydrate Mg2CaCl6:12H2O	-24.82	-7.68	17.14	

Thenardite	-4.60	-4.96	-0.36	Na2SO4
Thermonatrite	-10.82	0.11	10.94	Na2CO3:H2O
Troilite	-143.04	-146.88	-3.84	FeS
Wustite	-15.33	-2.93	12.40	Fe.9470

End of simulation.				

Podobnie jak w przypadku solanki z otworu Pławno 1, w wyniku działania CO₂ istotnie zmieni się pH z zasadowego na kwasowy pH ≈ 3.0, w związku z czym będą miały miejsce podobne zjawiska tj. wyraźne niedosycenie roztworu związkami amonowymi oraz istotny spadek nasycenia/przesycenia minerałami zawierającymi w swojej budowie kationy żelaza. Podobnie jak w przypadku wcześniej opisywanym, roztwór z przesyconego magnetytem stanie się niedosycony względem tej fazy mineralnej. Obserwuje się to zjawisko również dla Fe(OH)₃ i jarosytu. Współczynnik przesylenia roztworu względem goethytu spadnie z SI=7.86 na SI=3.21.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały w obecności solanki

Z uwagi na zbliżony skład mineralny wszystkich analizowanych skał mułowcowych (różnią się one jedynie udziałem procentowym poszczególnych składników mineralnych, co nie było rozpatrywane w modelowaniu) oraz skał piaskowcowych, do modelowania przyjęto ogólny model geochemiczny odrębny dla skał nadkładu i dla skał zbiornikowych. Przygotowano odrębne modele dla otworu z Pławno 1 i Radęcin 1.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały mułowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Pławno 1.

Modelowanie oddziaływania na siebie solanki, skały, oraz dwutlenku węgla wykazało wzrost pH z 2.9 (w przypadku modelowania samej solanki z CO₂) na wartość pH niemalże taką samą jak dla solanki wyjściowej wynoszącą 6.9, co sugeruje na wzrost jonów odpowiedzialnych za wzrost pH roztworu. Taki wynik związany jest z obecnością dużej ilości minerałów ilastych, które uwalniają do środowiska kationy m.in. Al, Mg, Na łączące się z wodą tworząc wodorotlenki odpowiedzialne za środowisko zasadowe.

W wyniku oddziaływania na siebie 3 czynników w roztworze solankowym pojawia się wiele nowych faz mineralnych. Solanka zaczyna być nasycona pod względem grupy minerałów ilastych m.in. takich jak annit, beidelit, stilbit, kaolinit, illit oraz minerałów zawierających w swej strukturze jony Al i Fe boehmit, diaspor, gibbsyt jak też kwarcu oraz jego odmian polimorficznych. Roztwór natomiast będzie przesycony również pod względem minerałów Fe – goethyt, magnetyt, hematyt oraz pod względem minerałów węglanowych - kalcyt, aragonit, dawsonit, magnezyt, dolomit, co związane jest z łączeniem się kationów uwolnionych ze struktur minerałów ilastych z rozpuszczonym w solance CO₂.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały mułowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Radęcin 1

W wyniku reakcji CO₂ na skały w obecności solanki pH w porównaniu do modelowania oddziaływania samej solanki z CO₂ wzrośnie z kwasowego pH ≈ 3.0 (w wyniku reakcji CO₂ z solanką) do obojętnego (prawie wyjściowego pH solanki) pH ≈ 6.9. W związku z czym roztwór solankowy ponownie przesycony będzie związkami amonowymi jak również szeregiem minerałów węglanowych takich jak: kalcyt, monohydrokacyt, aragonit, magnezyt, hydromagnezyt, dolomit, syderyt, dawsonit. Współczynnik SI będzie przekraczał wartość 1 w przypadku minerałów Fe (goethyt i in.). Roztwór będzie przesycony lub nasycony różnymi fazami ilastymi (SI > 1 dla annitu, stilbitu; -1 < SI < 1 dla beidelitu, flogopitu, klinochloru, kaolinitu. Nasylenie roztworu będzie miało miejsce dla faz ferrosilitu, gibbsytu, diasporu, boehmitu oraz dla polimorficznych odmian kwarcu.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały piaskowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Pławno 1

Podobnie jak dla przypadku oddziaływania CO₂ na skały mułowcowe modelowanie oddziaływania pomiędzy solanką, dwutlenkiem węgla a skałą piaskowcową wykazało bardzo duży wzrost pH z wartości 2,9 (dla reakcji solanki z samym CO₂) na 7.2. Uwarunkowane to może być uwalnianiem się grup OH⁻ z minerałów zawierających w swej budowie jony wodorotlenowe, bądź też uwalnianiem się z minerałów ilastych kationów, które w wyniku oddziaływania z wodą tworzą wodorotlenki odpowiedzialne za zasadowe środowisko.

Z analizy widoczne jest, że roztwór solankowy przesycony jest diasporem (AlOOH), który w dużej mierze może być odpowiedzialny za uwalnianie grup OH⁻ i podnoszenie pH roztworu. Wzrost udziału faz węglanowych spowodowany jest korozją minerałów m.in. skaleni w środowisku kwasowym oraz uwalnianiem do środowiska jonów sodu, magnezu i żelaza itp., które w obecności CO₂ formują fazy węglanowe (kalcyt, monohydrokacyt, dolomit, magnezyt, hydromagnezyt, dawsonit, huntyt). W roztworze wysoki współczynnik SI > 1 będą miały również następujące fazy mineralny: andradyt, antygoryt, lizadyt, chryzotyl, klinochlor, seladonit, notronit, flogopit, saponit oraz goethyt, hematyt, magnetyt i Fe(OH₃). Roztwór natomiast jest nasycony kwarcem i jego odmianami polimorficznymi. Ponadto nasylenie będzie miało miejsce w przypadku illitu, kaolinitu (spowodowane korozją skaleni) beidelitu, montmorillonitu, smektytu, stilbitu oraz jarosytu.

Ze współczynników nasycenia wynika, że solanka po tego typu reakcjach będzie przesycona grupą minerałów łuszczykowych (talk, muskowit), co jest kontrowersyjnym wynikiem przy takich warunkach termodynamicznych.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały piaskowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Radęcin 1

W przypadku modelowania oddziaływania pomiędzy solanką, dwutlenkiem węgla a skałą piaskowcową obserwuje się bardzo duży wzrost pH z 3.0 na 7.2, który uwarunkowany jest być może uwalnianiem się grup OH⁻.

Wyniki modelowania pokazują, że solanka przesycona będzie podobnie jak we wcześniejszym przypadku serią minerałów węglanowych (kalcyt, monohydrokacyt, dolomit, magnezyt, hydromagnezyt, dawsonit, huntyt) oraz serią minerałów żelazowych diaspor, magnetyt, hematyt, goethyt. Ze współczynników

nasycenia wynika, że solanka po tego typu reakcjach (podobnie jak w przypadku modelowania dla piaskowców z otworu Pławno 1) będzie przesycona liczną grupą faz krzemianowych. Są to zarówno minerały ilaste, jak i pirokseny czy oliwiny (andradyt, antygoryt, seladonit, klinochlor, epidot, jarosyt, saponit, notronit, flogopit). Jest to oczywiście nie do końca wiarygodny wynik z uwagi na mały udział w skale minerałów ilastych i skaleni mogących ulegać korozji i rozpuszczaniu.

Podsumowanie

Celem modelowania geochemicznego oddziaływania solanka-skała-CO₂ było określenie w jakim stopniu dwutlenek węgla będzie wywoływał zmiany w środowisku zbiornikowym i nadkładu. Ponieważ CO₂ jest gazem kwaśnym i stosunkowo łatwo rozpuszcza się w solance powoduje tym samym obniżenie jej pH, co jest przyczyną zaburzenia równowagi kinetycznej. Układ taki będzie dążył do uzyskania równowagi termodynamicznej poprzez różnego rodzaju reakcje m.in. reakcje (korozje) stałych faz mineralnych występujących w szkielecie ziarnowym, spoiwie skał zbiornikowych i nadkładu, wytrącanie się nowych faz mineralnych pojawiających się w solance w wyniku rozpuszczania się w niej dwutlenku węgla. Zmiany tego typu powinny być rozpatrzone w przypadku planowania procesów zatłaczania, ponieważ wpływają one na zmiany parametrów zbiornikowych takich jak porowatość, przepuszczalność (Puttling... 2001; Xu i in., 2004; Gaus i in., 2005; Manecki, 2009).

Modelowanie przedstawione w niniejszym opracowaniu wykazało, że dwutlenek węgla istotnie wpływa na pH roztworu i odczyn jest silnie uwarunkowany również obecnością faz mineralnych. W przypadku gdyby solanka reagowała jedynie z samym CO₂ spowodowałoby to silny spadek pH z zasadowego na kwaśny o odczynie wahającym się w granicach pH=3. Jednak z uwagi na obecność w środowisku, gdzie odbywałaby się sekwestracja CO₂, kontaktujących się z gazem i solanką skał nadkładu i zbiornikowych, pH pozostaje na poziomie około 7 (podobnie jak w przypadku pH samej solanki wyjściowej). Uwarunkowane jest to obecnością różnych jonów, powstałych w wyniku rozpuszczania faz mineralnych, odpowiedzialnych za zasadowość roztworu (czyli zdolność do zobojętniania kwasów mineralnych w określonych warunkach) tj. węglany, wodorowęglany rzadziej wodorotlenki, krzemiany, borany i fosforany.

Dwutlenek węgla wpłynie na korozję niektórych minerałów obecnych w skałach (m.in. K-skaleni), co spowoduje uwolnienie się jonów do solanki a tym samym nasycenie roztworu innymi fazami mineralnymi. Modelowanie wskazało, że w wyniku oddziaływania CO₂ na solankę i sąsiadujące skały głównie będą wytrącane minerały węglanowe takie jak dawsonit, syderyt, kalcyt, magnezyt, dolomit (Bjørlykke i in., 1992; Gaus i in., 2005). Również modelowanie wykazało pojawienie się w roztworze minerałów ilastych takich jak illit, kaolinit, smektyt, montmorillonit, krzemianów grupowych, minerałów bogatych w Fe. Kontrowersyjnie jest pojawienie się fazy minerałów łuszczykowych takich jak muskowit i talk (co jest wątpliwe przy takich warunkach termodynamicznych). Minerały łuszczykowe, jakie mogą powstać po reakcjach CO₂-solanka-skała to chloryt i serycyt, które powstają w wyniku transformacji biotyту i plagioklazów (Marques i in. 1998).

Analizy tego typu powinny być rozpatrywane z dużą ostrożnością, ponieważ modelowanie nie uwzględniło ilościowo obecności wszystkich reaktywnych minerałów w matrycy skalnej, dlatego też stopień nasycenia poszczególnymi fazami mineralnymi może być znacznie zawyżony. Tym bardziej, że procentowy udział faz mineralnych, które stosunkowo łatwo ulegają korozji czy też rozpuszczaniu (minerały ilaste, K-skalnie) był

stosunkowo niewielki. Również w modelowaniu przyjęto niską temperaturę 25°C. Niemniej jednak dopiero w temperaturach powyżej 100°C reakcje mogłyby zachodzić bardziej intensywnie (por. Marquws i in. 1998). Do modelowania wykorzystane zostały jedynie okrojone dane dotyczące wód solankowych dla otworu Pławno 1 i Radęcin 1 (gęstość oraz udział poszczególnych jonów w solance, w dodatku jony glinu i żelaza oraz sodu i potasu były sumowane).

Z modelowania można jedynie wnioskować, że z solanek wytrącają się pewne fazy mineralne, które mogą wpłynąć na porowatość i przepuszczalność skał nadkładu i skał zbiornikowych.

W celu potwierdzenia tych wniosków oraz uzyskania bardziej precyzyjnych i miarodajnych wyników, do modelowania należałoby zastosować dane z bardziej szczegółowej analizy fizykochemicznej solanek. Ponadto istotnym punktem w tego typu modelowaniach jest przeprowadzenie w warunkach laboratoryjnych eksperymentów oddziaływania CO₂-solanka-skała (por. Rimmele i in. 2009, Tarkowski [red.] 2009, Gaus 2010), które dostarczyłyby informacji odnośnie składu solanki po eksperymencie oraz rzeczywistych zmian w mineralogii matrycy skalnej. Dodatkowo analizy należałoby uzupełnić o szereg badań petrofizycznych (gęstość, porowatość, przepuszczalność skał przed i po eksperymencie)⁵.

Ważnym elementem byłby również określenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego Eh dla analizowanego środowiska, ponieważ potencjał ten w zależności od pH istotnie wpływa na mobilność jak też stopnie utlenienia poszczególnych kationów (np. Fe, Mn, S itd.). To z kolei będzie wpływać na rodzaj formowanych się faz mineralnych.

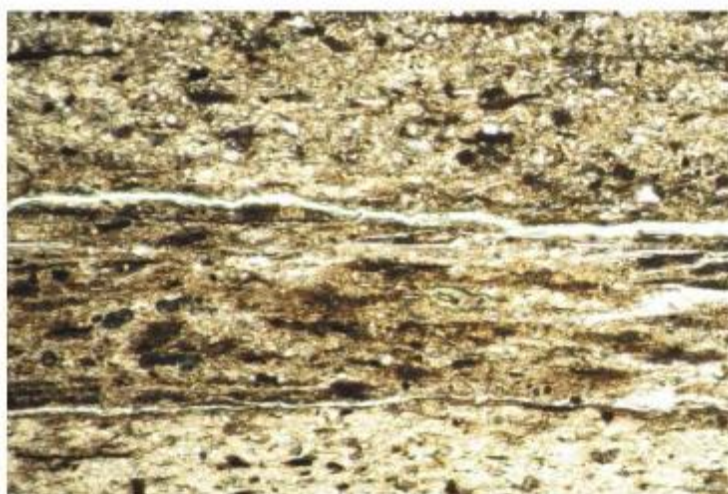


Fig. 1.1.14_18 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej P1-1185 powiększenie 5x, 1N

⁵ Zostały wykonane analizy składu mineralnego i własności petrofizycznych próbek skał z otworów w tym rejonie, chodzi o dalsze symulacje laboratoryjne.

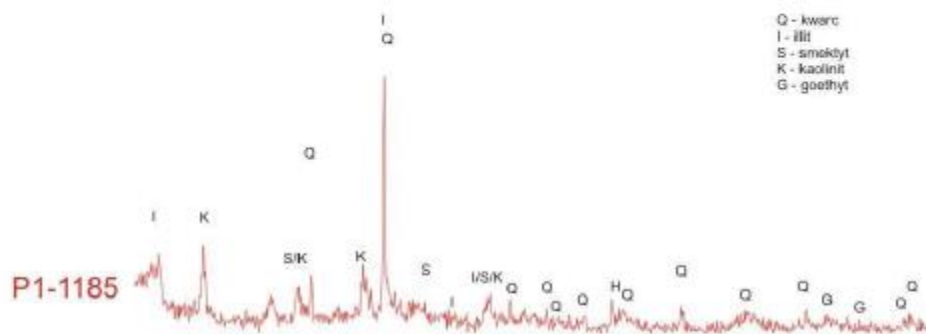


Fig. 1.1.14_19 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej P1-1185

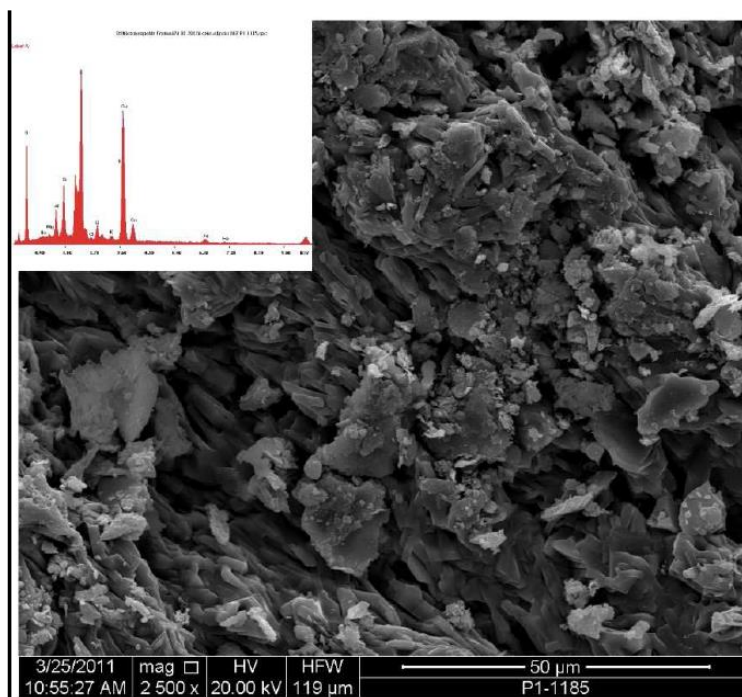


Fig. 1.1.14_20 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1185 z analizą dla całego obszaru (widoczne nagromadzenia minerałów ilastych)

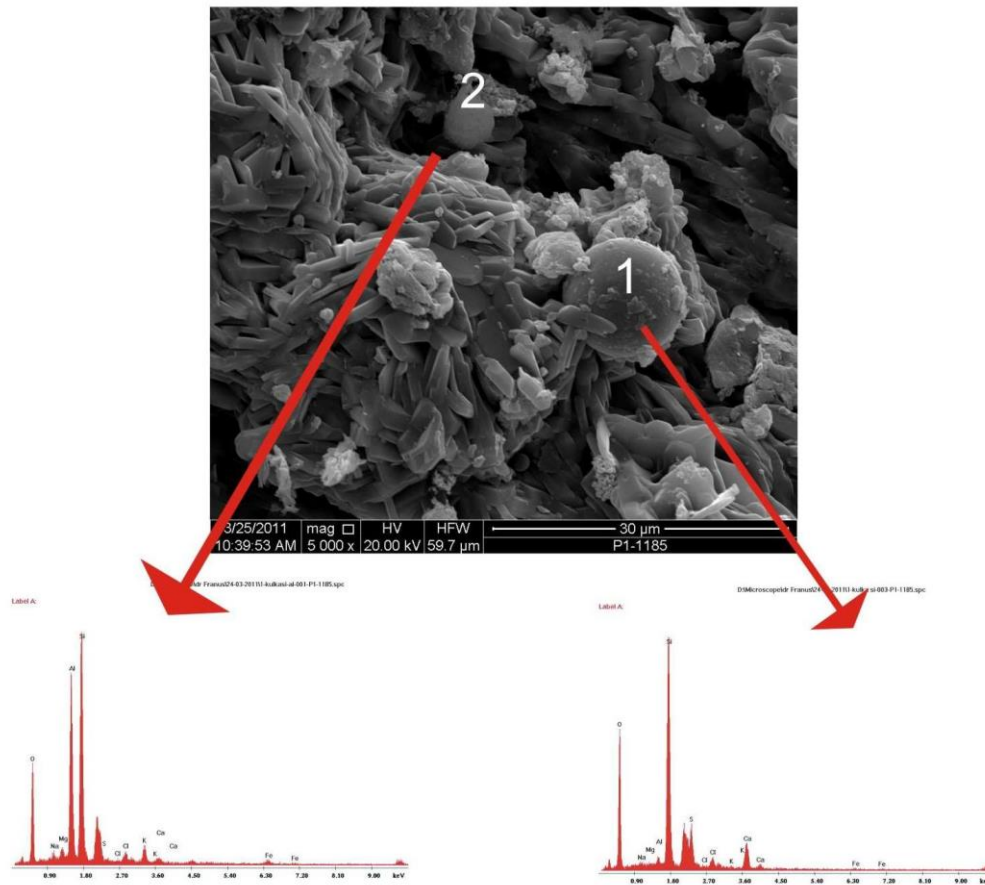


Fig. 1.1.14_21 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1185 z analizami EDS: 1-sferyczna postać związku Si z Al.; 2-sferyczna postać czystego Al. (widoczne nagromadzenia minerałów ilastych)



Fig. 1.1.14_22 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej P1-1187 powiększenie 5x, XN

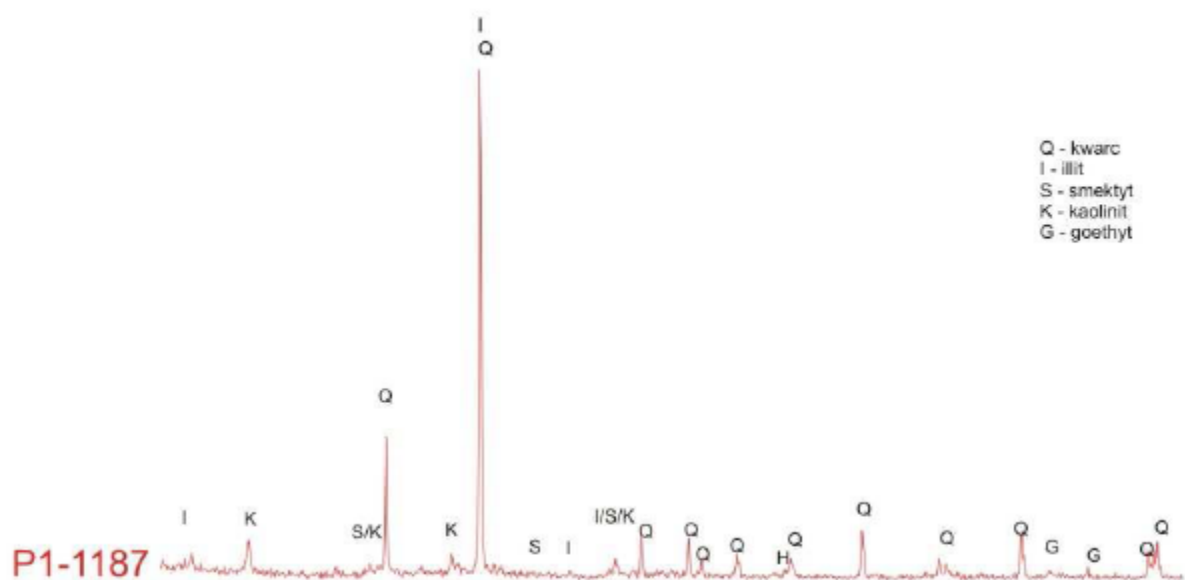


Fig. 1.1.14_23 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej P1-1187

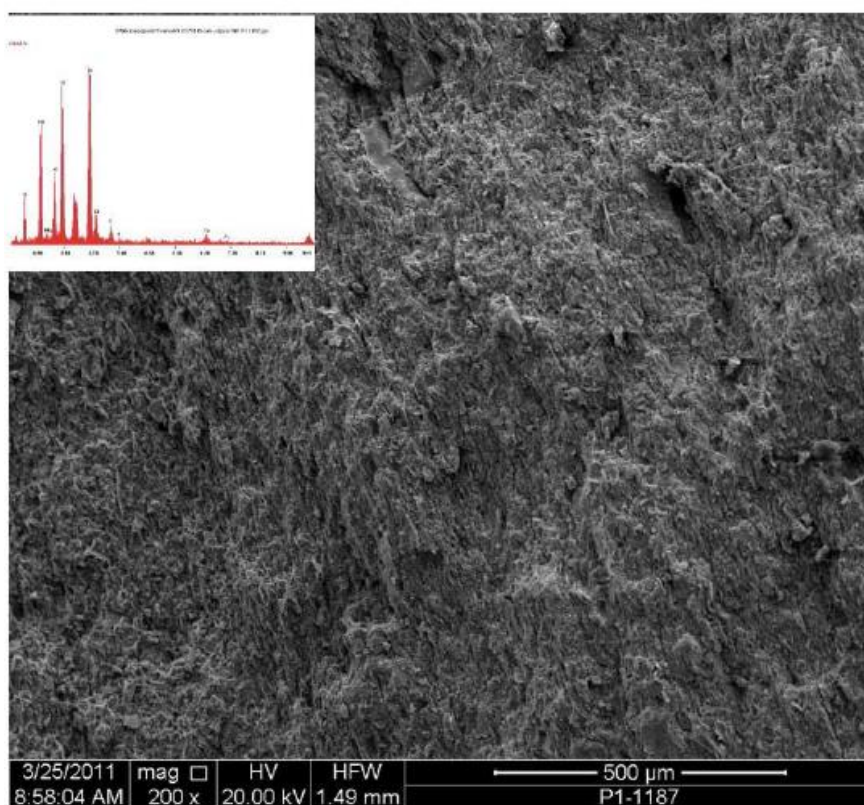


Fig. 1.1.14_24 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1187 z analizą EDS wykonaną dla całego obszaru

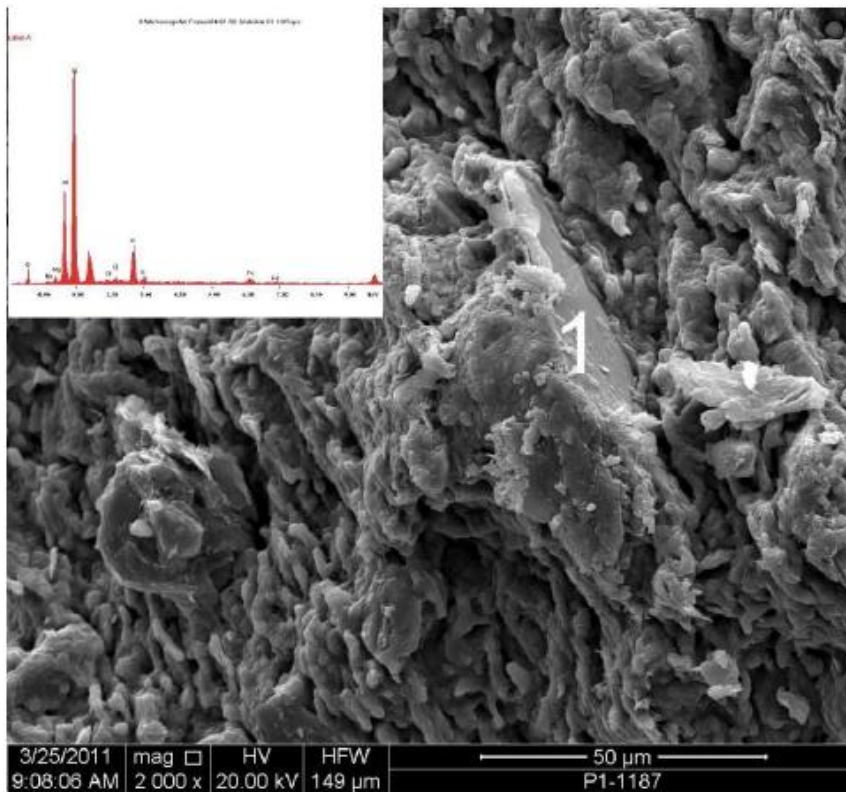


Fig. 1.1.14_25 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1187 z analizą EDS dla punktu 1 (K-skaleń), (widoczne liczne skupienia minerałów ilastych)

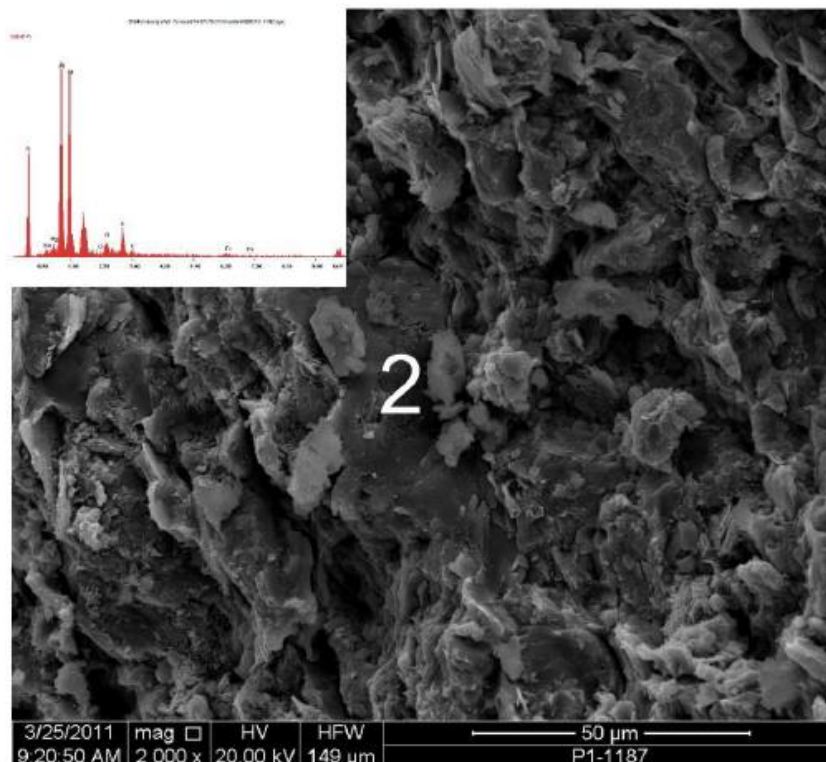


Fig. 1.1.14_26 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1187 z analizą EDS dla punktu 2 (kaolinit), (nagromadzenia minerałów ilastych w formie łusczkowej)

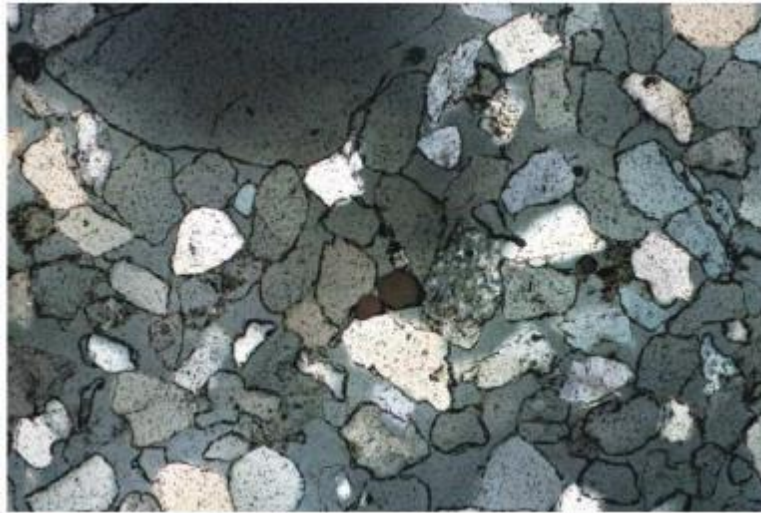


Fig. 1.1.14_27 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej P1-1240 powiększenie 5x, XN

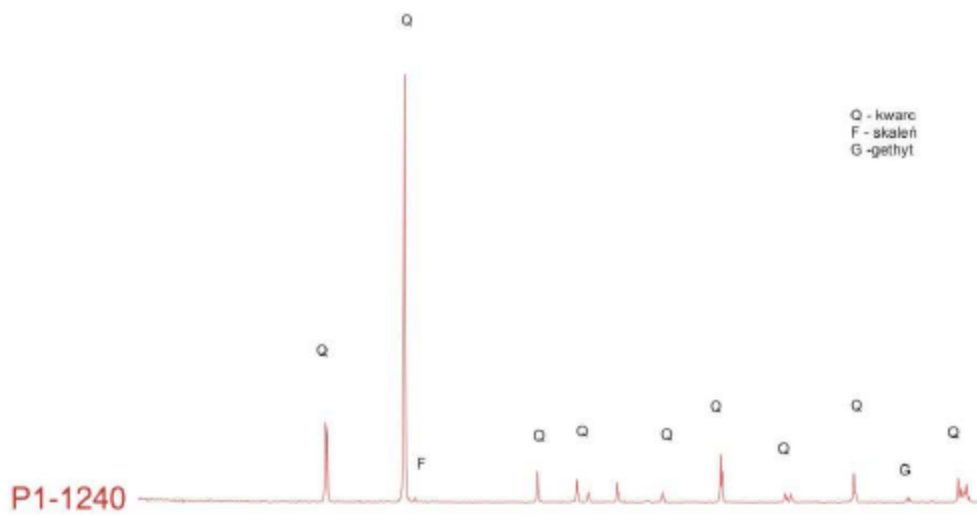


Fig. 1.1.14_28 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej P1-1240

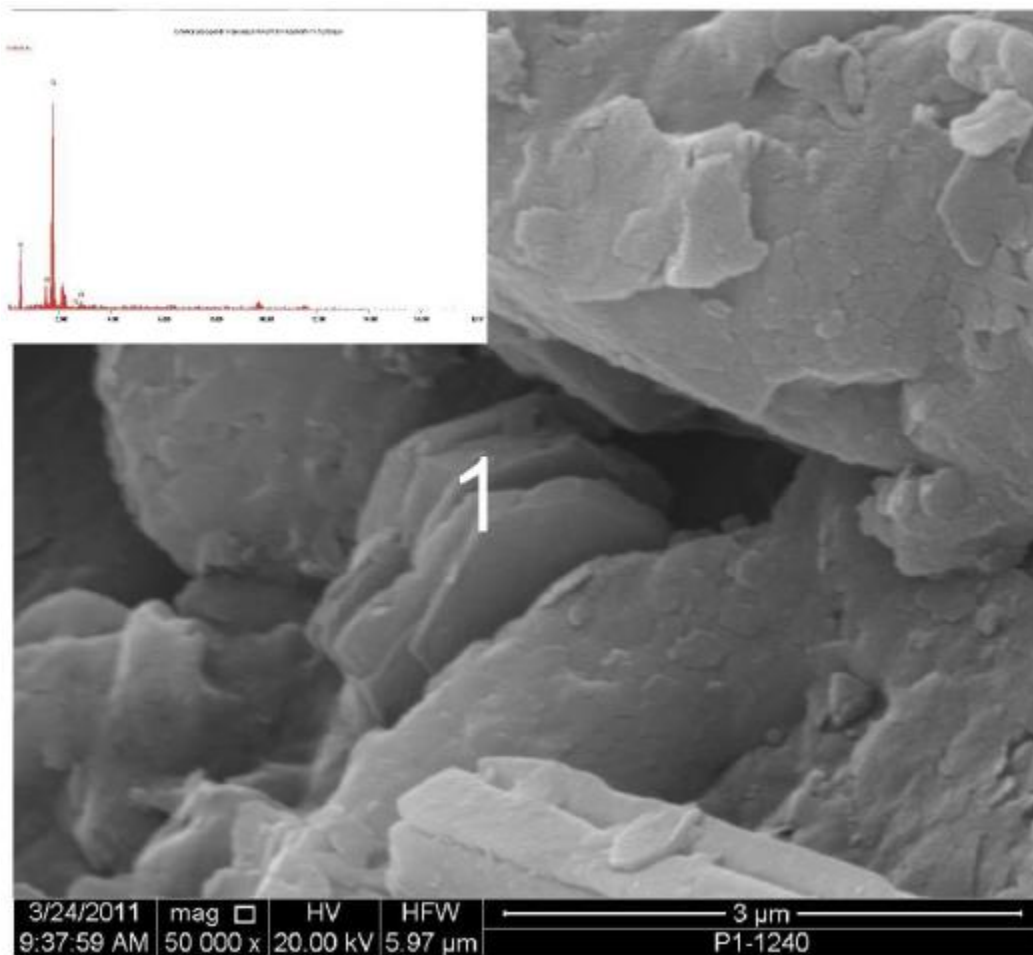


Fig. 1.1.14_29 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1240 z analizą EDS dla punktu 1 (kaolinit w postaci płytkowej)

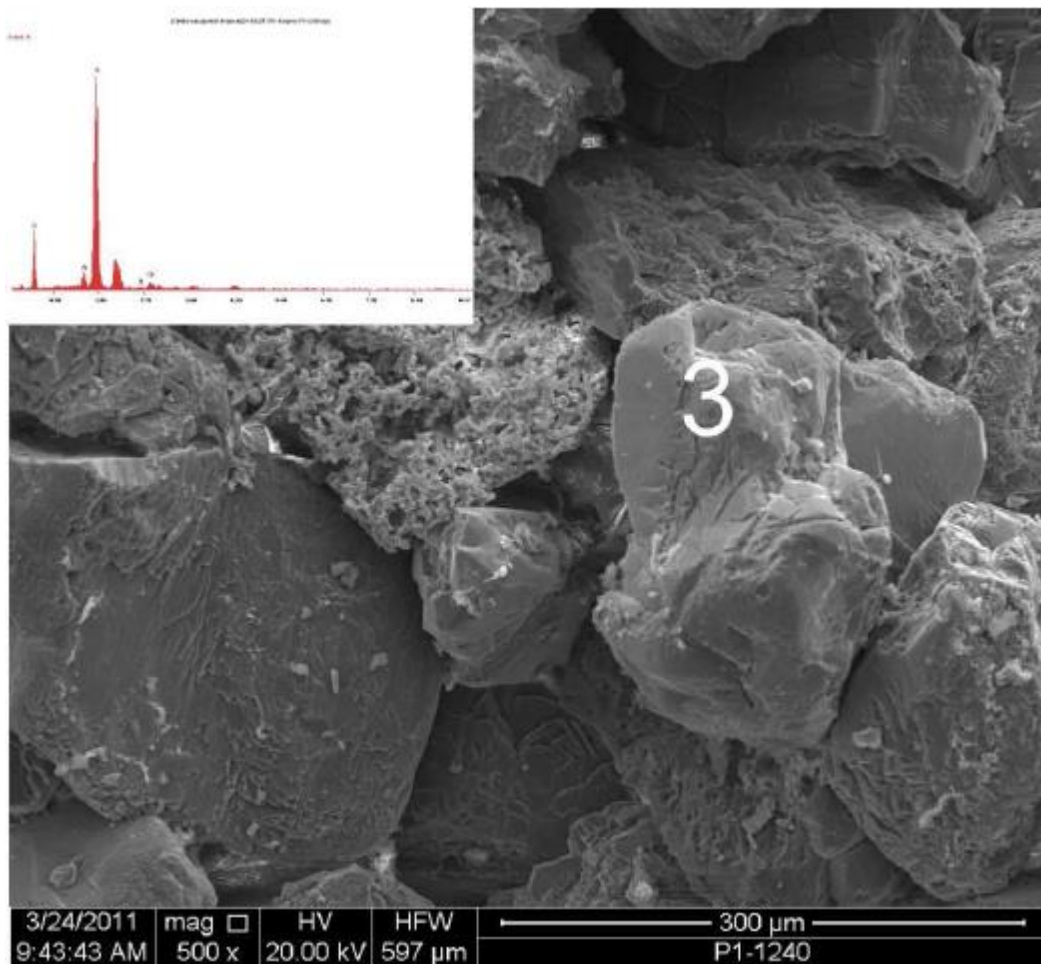


Fig. 1.1.14_30 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1240 z analizą EDS dla punktu 2 (euhedralne ziarno kwarcu)



Fig. 1.1.14_31 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej P1-1254 powiększenie 5x, XN

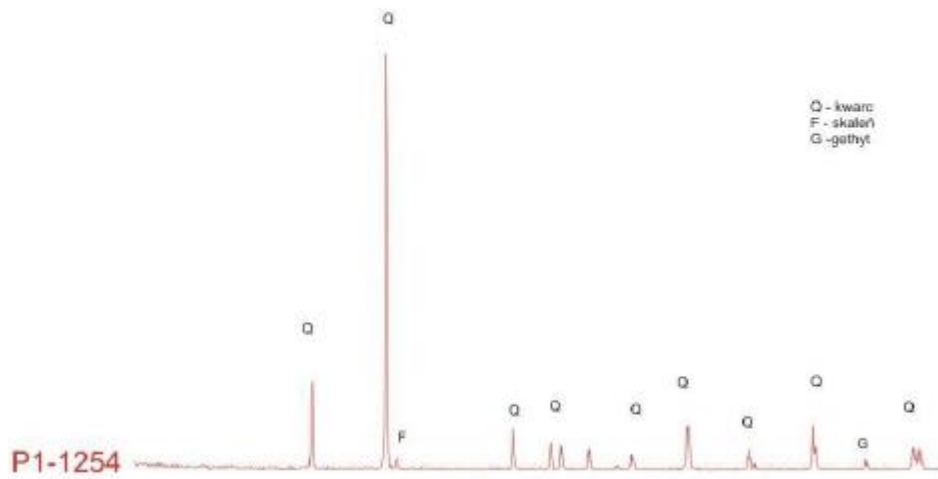


Fig. 1.1.14_32 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej P1-1254

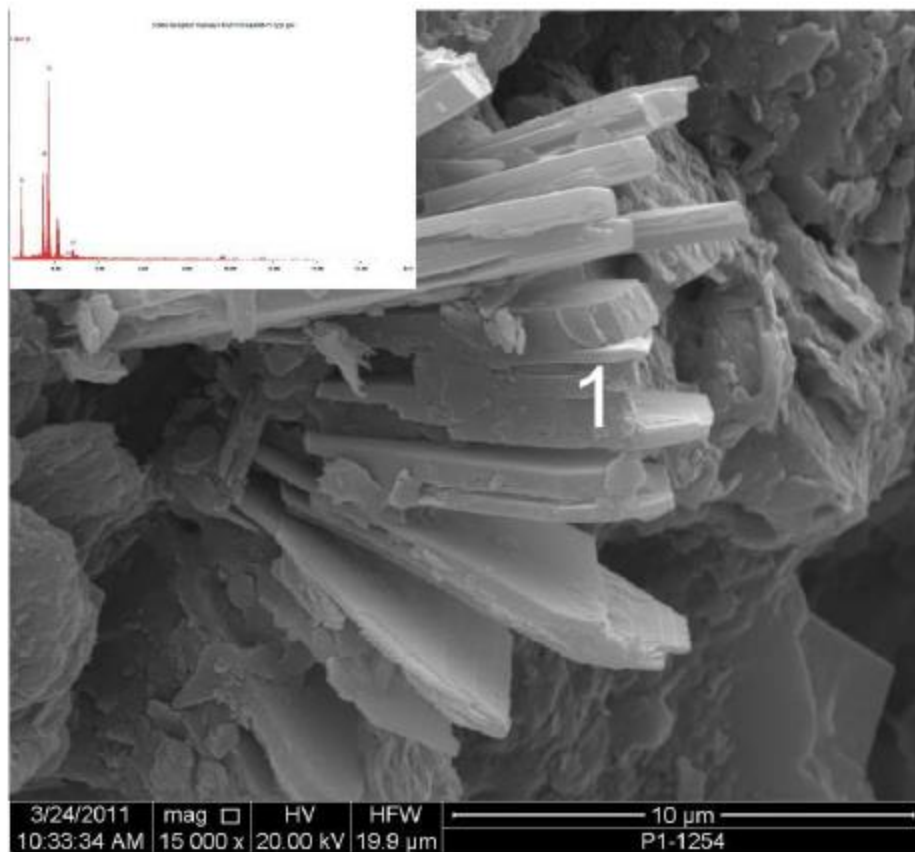


Fig. 1.1.14_33 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1254 z analizą EDS dla punktu 1 (płytkowe formy kaolinitu)

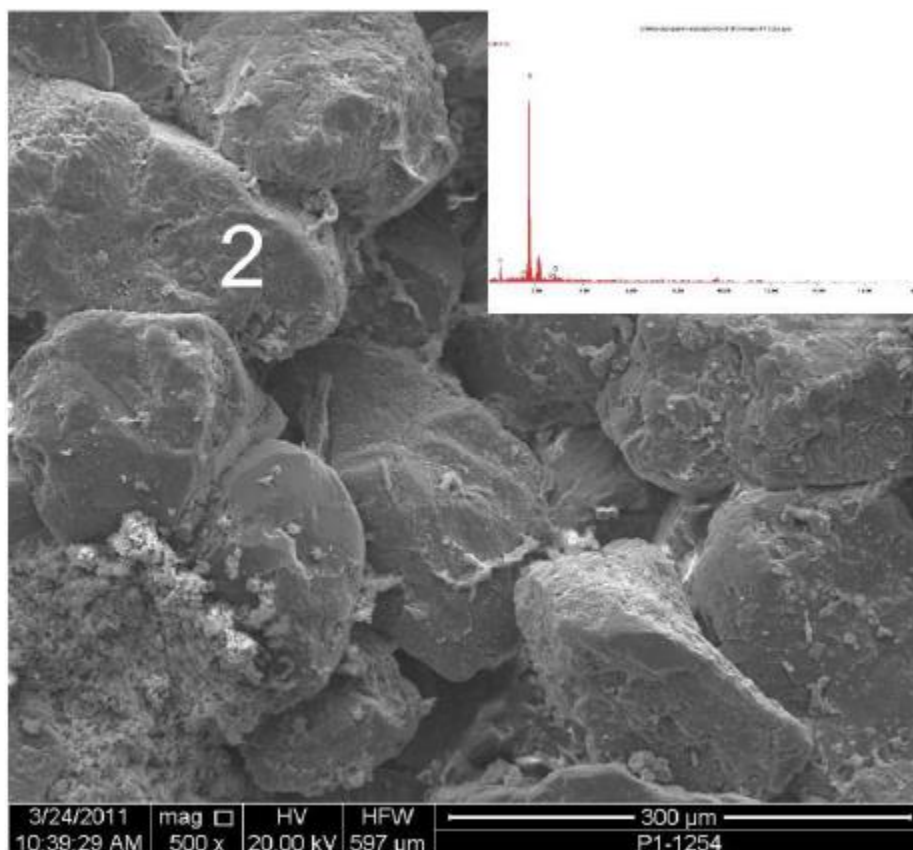


Fig. 1.1.14_34 Mikrofotografia SEM próbki skalnej P1-1254 z analizą EDS dla punktu 2 (euhedralne ziarno kwarcu)

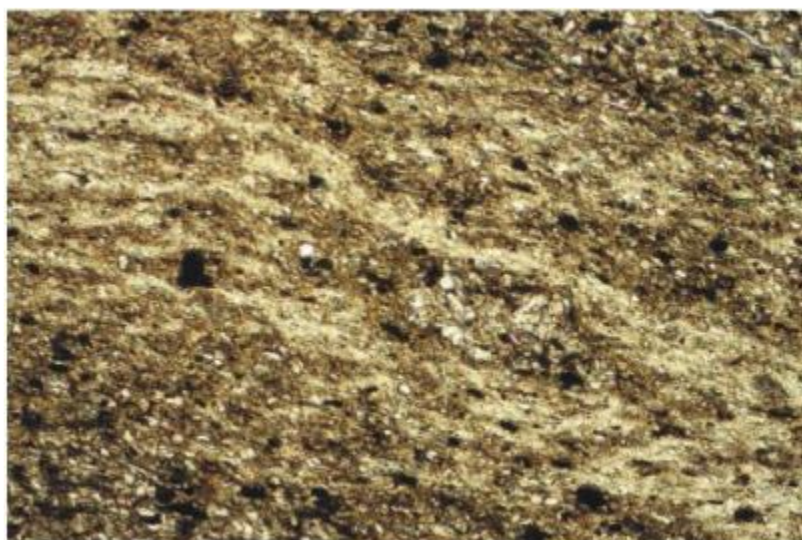


Fig. 1.1.14_35 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej R1-1044 powiększenie 5x, XN

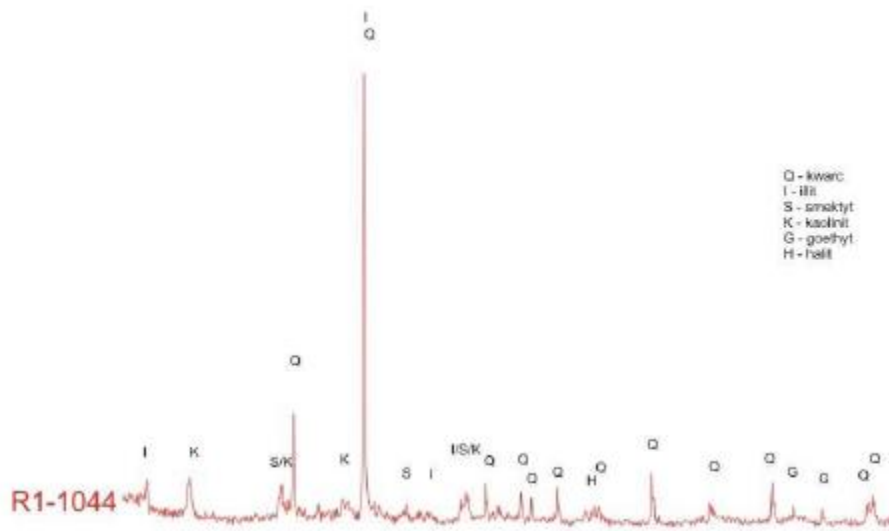


Fig. 1.1.14_36 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej R1-1044

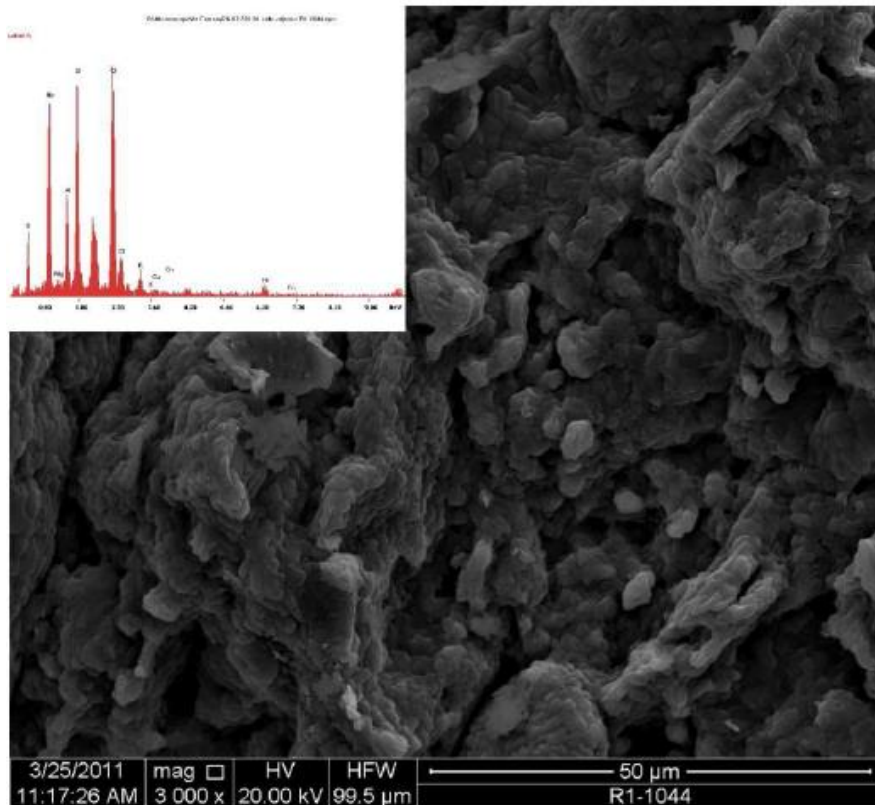


Fig. 1.1.14_37 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1044 z analizą EDS dla całego obszaru (minerały ilaste, halit)

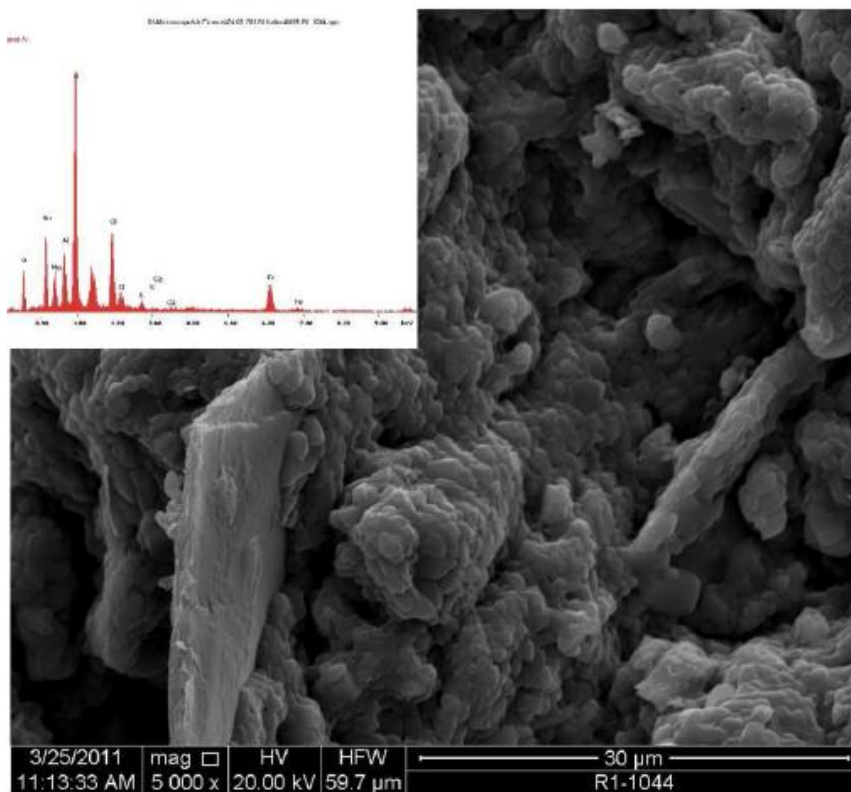


Fig. 1.1.14_38 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1044 z analiza EDS dla całego obszaru (robakowate agregaty kaolinitu)

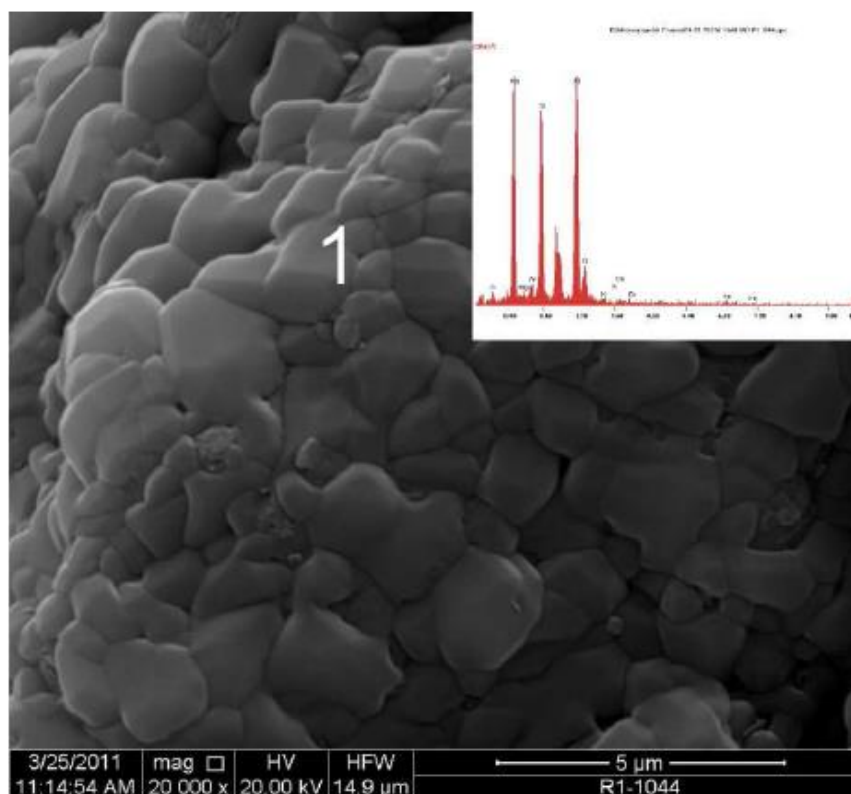


Fig. 1.1.14_39 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1044 z analizą EDS dla punktu 1 (halit)

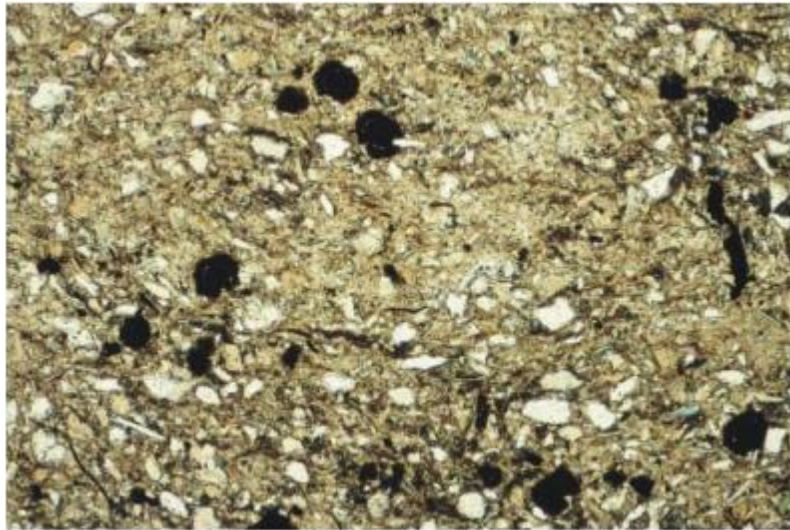


Fig. 1.1.14_40 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej R1-1052 powiększenie 5x, 1N

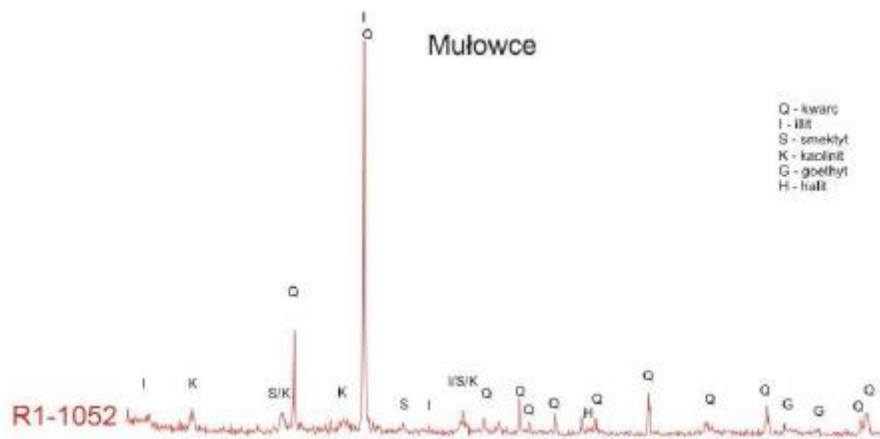


Fig. 1.1.14_41 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej R1-1052

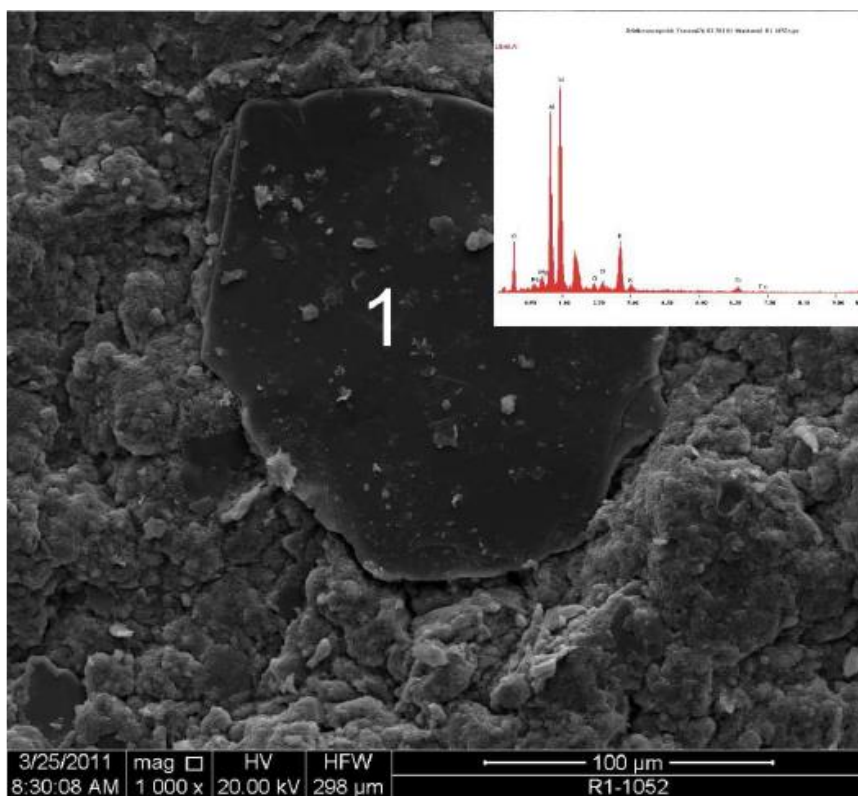


Fig. 1.1.14_42 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1052 z analizą EDS dla punktu 1 (blaszka muskowitu)

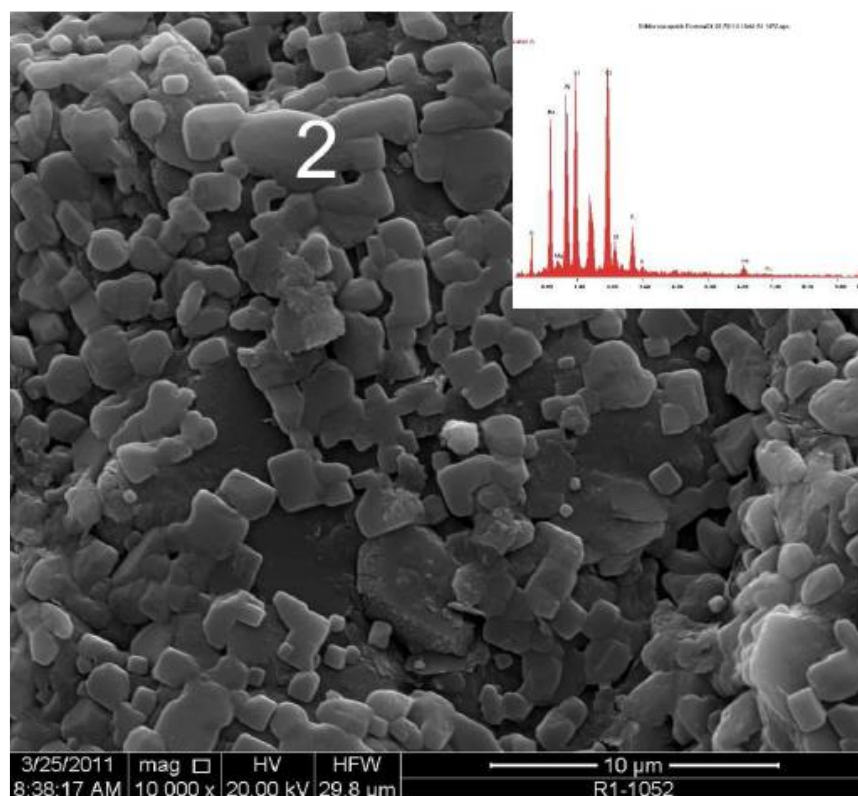


Fig. 1.1.14_43 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1052 z analizą EDS dla punktu 2 (kryształ halitu)

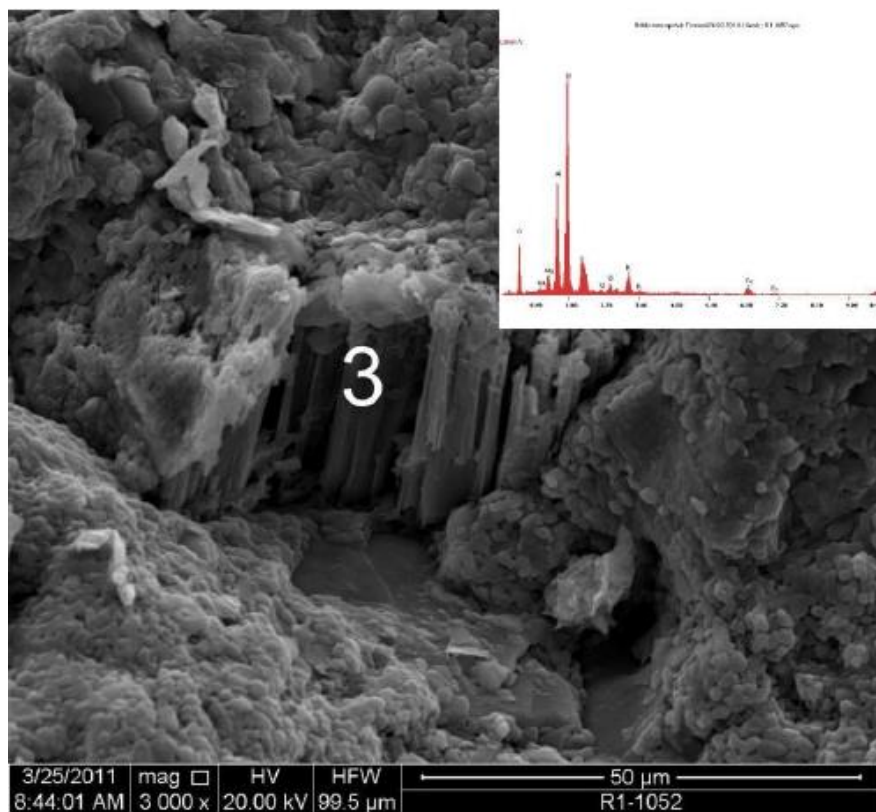


Fig. 1.1.14_44 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1052 z analizą EDS dla punktu 3 (igielkowe nagromadzenia minerałów ilastych)

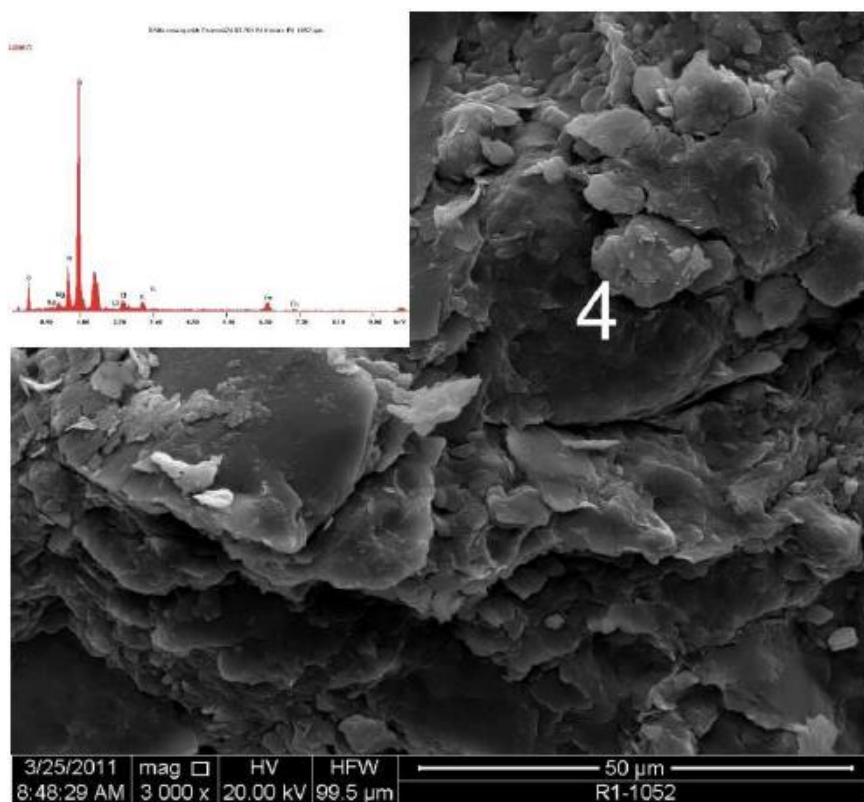


Fig. 1.1.14_45 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1052 z analizą EDS dla punktu 4 (subowalne ziarno kwarcu)

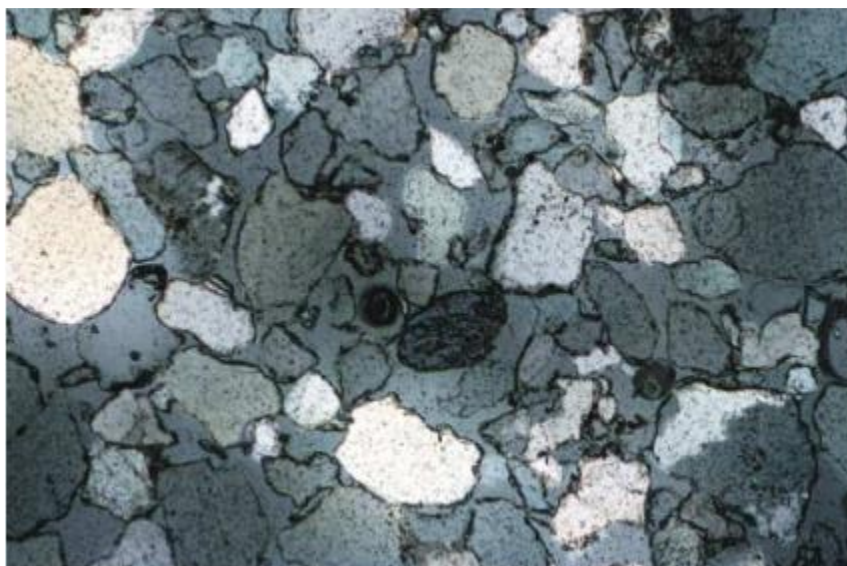


Fig. 1.1.14_46 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej R1-1143 powiększenie 5x, XN

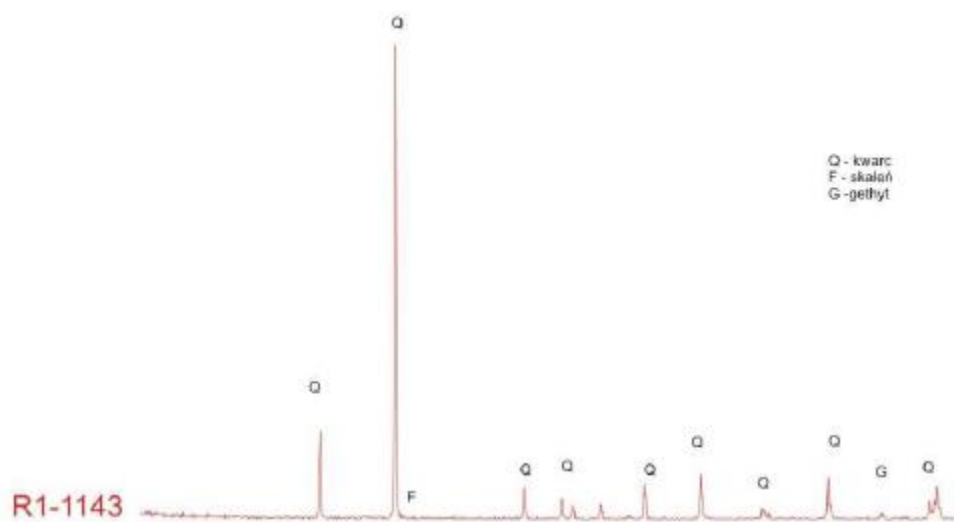


Fig. 1.1.14_47 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej R1-1143

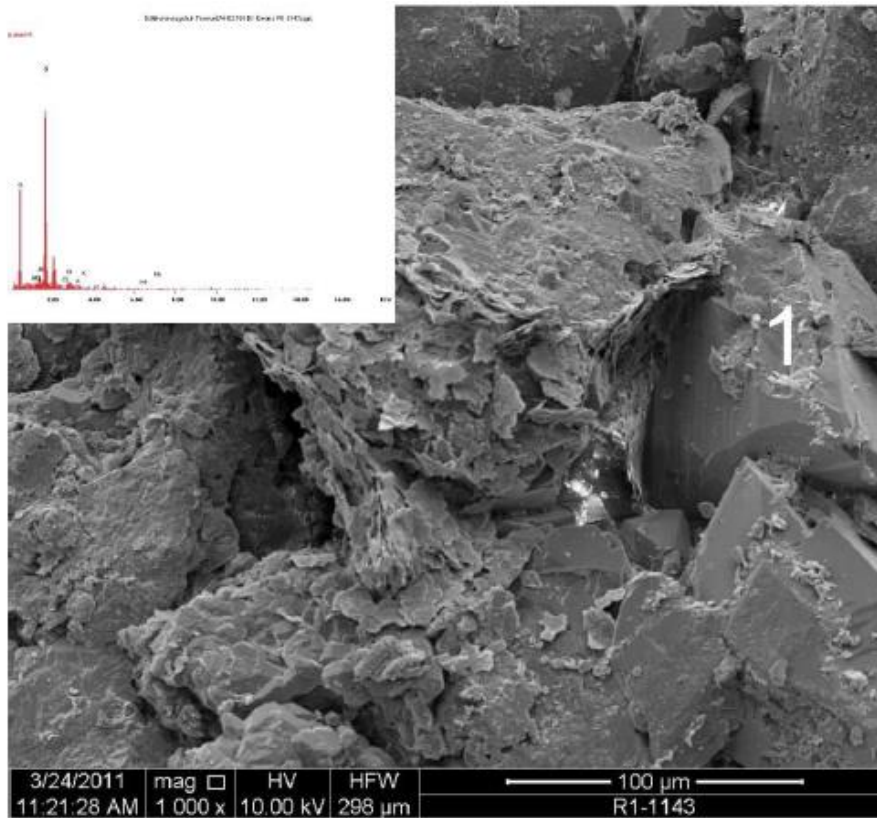


Fig. 1.1.14_48 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1143 z analizą EDS dla punktu 1 (euhedralne ziarno kwarcu)

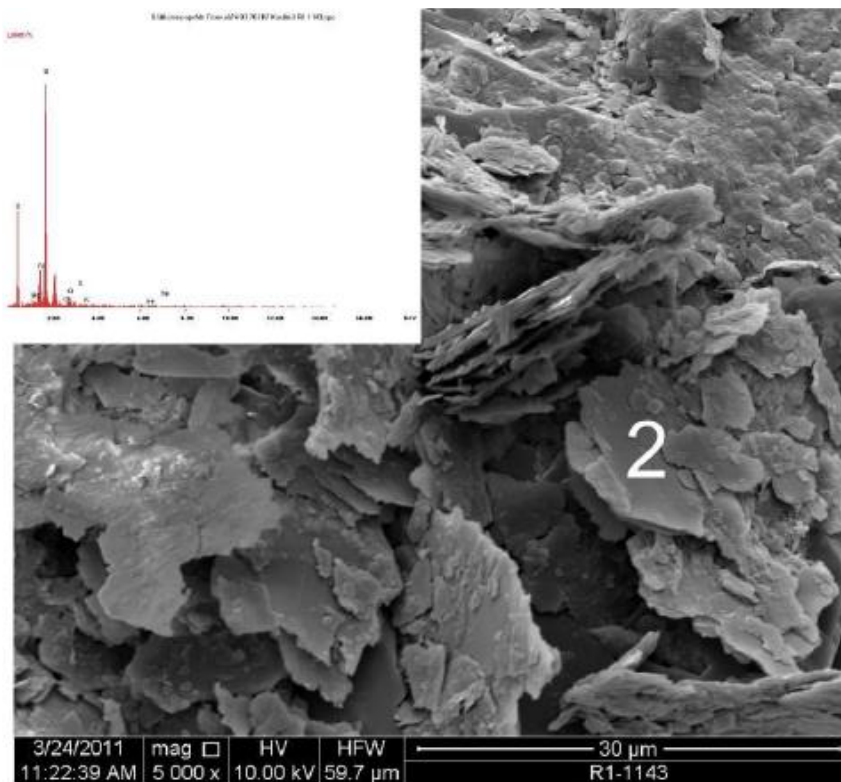


Fig. 1.1.14_49 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1143 z analizą EDS dla punktu 2 (łuseczkowa postać kaolinitu)

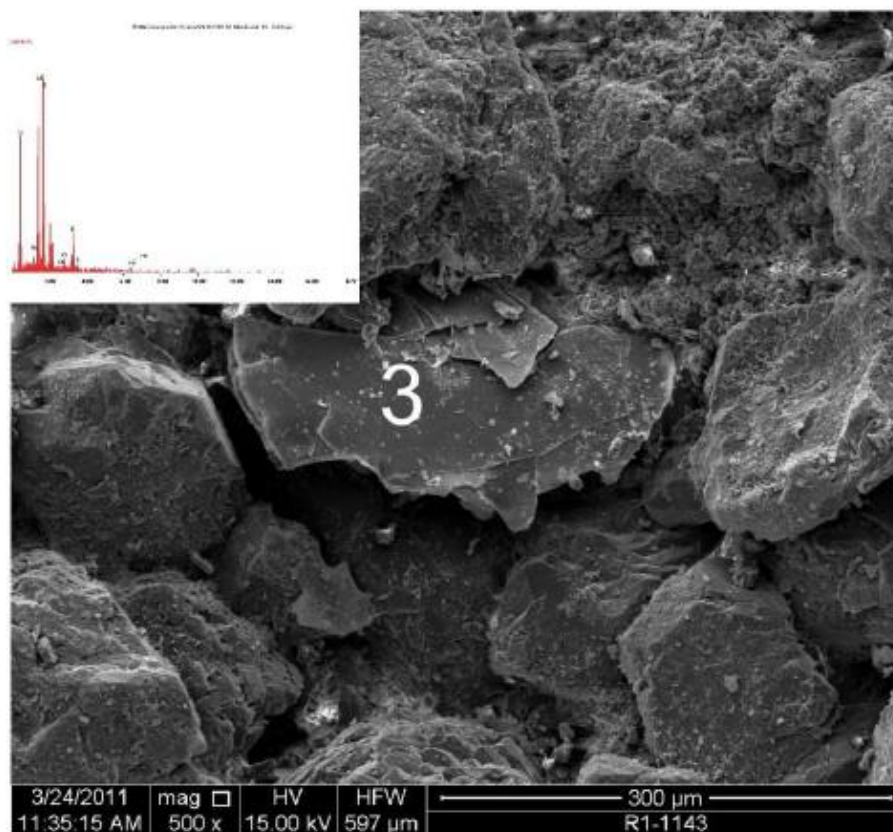


Fig. 1.1.14_50 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1143 z analiza EDS dla punktu 3 (blaszka muskowitu)

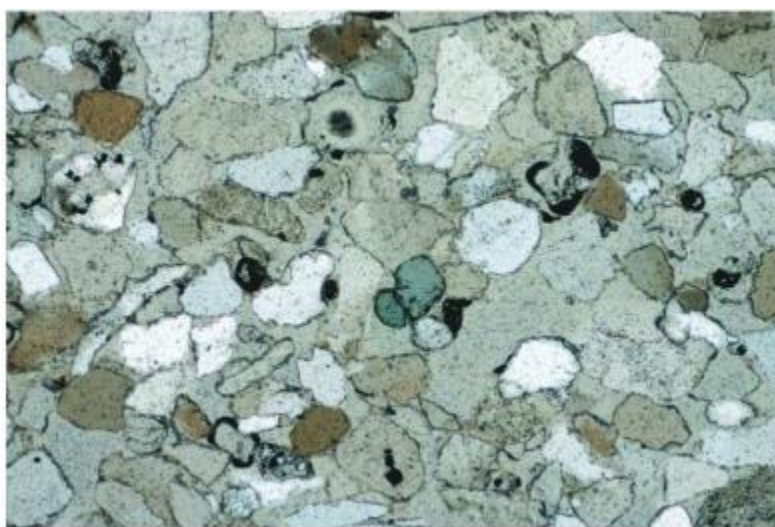


Fig. 1.1.14_51 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym próbki skalnej R1-1144 powiększenie 5x, XN

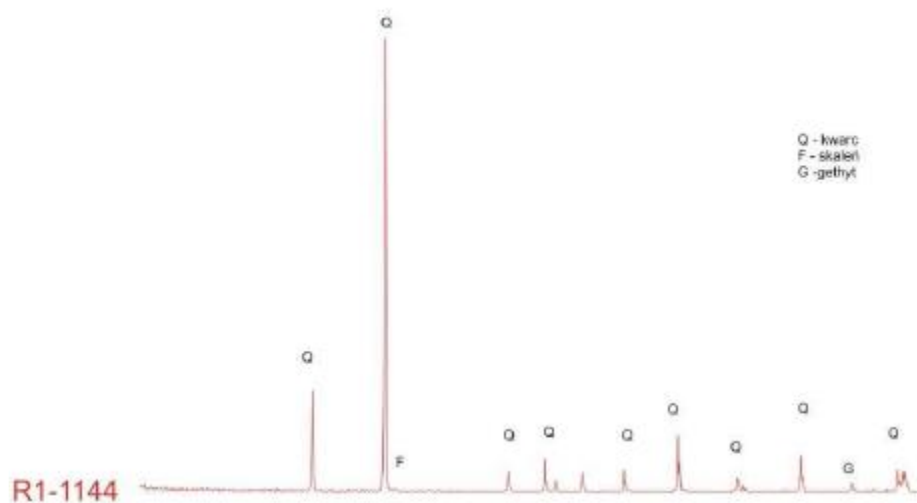


Fig. 1.1.14_52 Krzywa dyfrakcyjna XRD próbki skalnej R1-1144

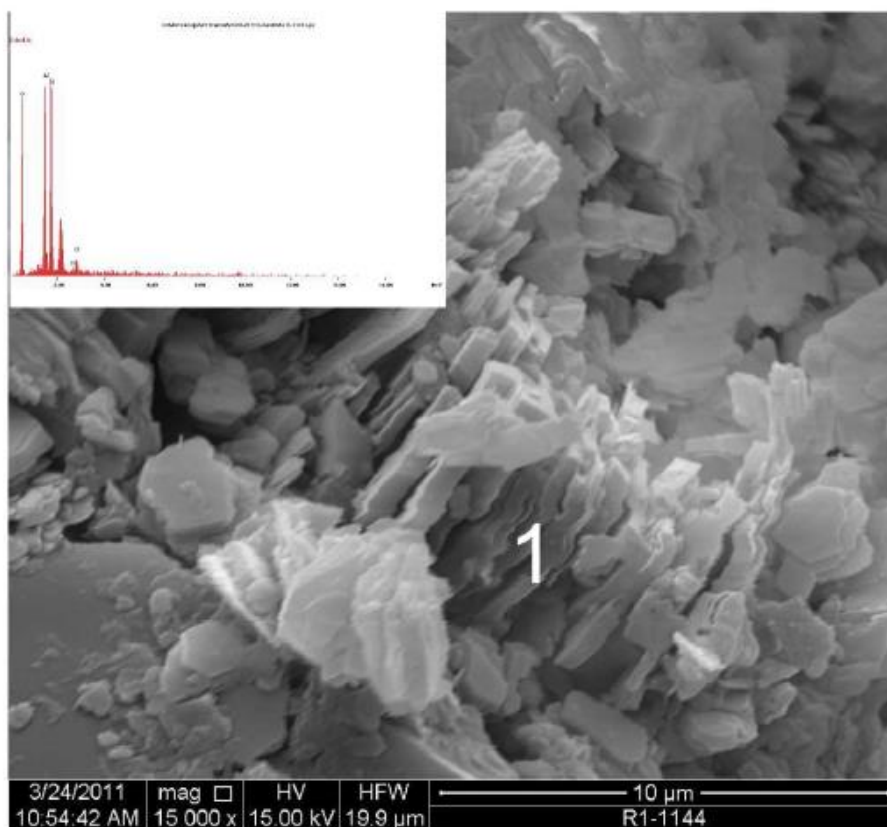


Fig. 1.1.14_53 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1144 z analiza EDS dla punktu 1 (płytkowe nagromadzenia kaolinitu)

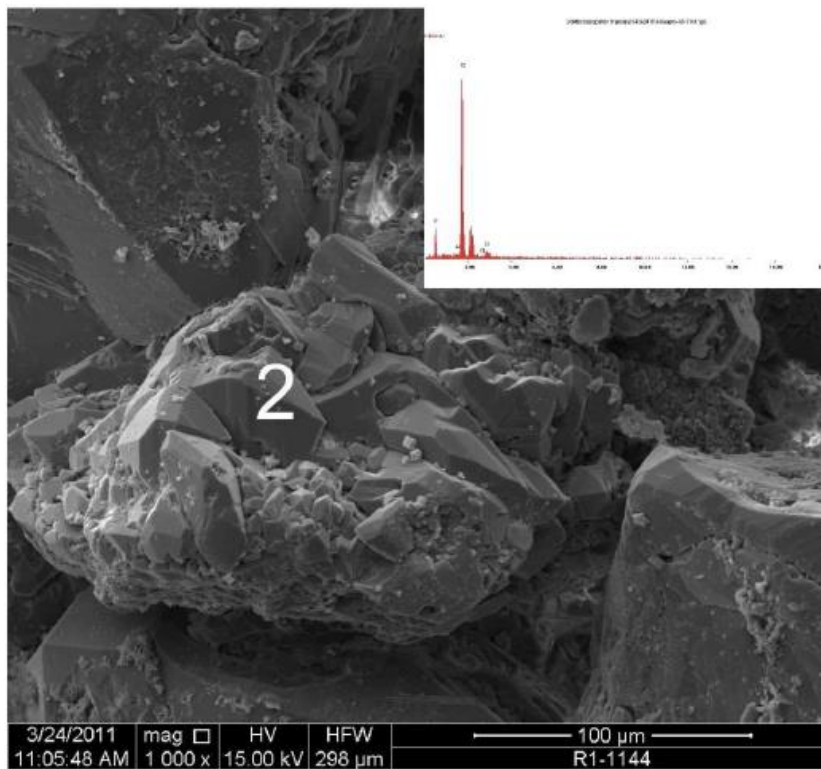


Fig. 1.1.14_54 Mikrofotografia SEM próbki skalnej R1-1144 z analiza EDS dla punktu 2(euhedralne ziarno kwarcu)

Zebranie informacji dotyczących własności zbiornikowych i filtracyjnych dla trzeciego obiektu w poziomach solankowych (rejon Grodziska Wielkopolskiego) (INiG)

(Jan Lubaś, Sławomir Szuflita, Jerzy Kuśmierczyk)

W czasie sedymentacji utworów cechsztynu i mezozoiku teren niecki poznańskiej pokryty został osadami o dużej miąższości. Z uwagi na mocno urzeźbiony rejon górzysto-pagórkowaty, gdzie względne różnice wysokości dochodziły do kilkuset metrów sedymentacja osadów permskich, a w szczególności czerwonego spągowca rozpoczynała się w największych obniżeniach. Wał wolsztyński, wokół którego w różnego typu strukturach nastąpiło nagromadzenie się gazu, tworzy pewnego rodzaju zaporę dla węglowodorów migrujących z głębi basenu ku strefom brzeżnym. Tak powstał megazbiornik czerwonego spągowca, który jest jedną z podstawowych skał zbiornikowych gazu w Polsce, rośnie jego znaczenie jako ewentualnej skały zbiornikowej dla składowania CO₂. Dla potrzeb składowania CO₂, określono południowo zachodni fragment niecki poznańskiej, który ograniczony jest od zachodu i południa wałem wolsztyńskim. W kierunku północno wschodnim nasycone wodą, utwory czerwonego spągowca zanurzają się do głębokości 5 tys. m co również stanowi swego rodzaju zamknięcie, gdyż zatłaczane gazy mają tendencję do przemieszczania się ku górze. Całość przykryta jest szczelnie ewaporatami cechsztyńskimi. Wydzielony fragment stanowi więc doskonałą megastrukturę dla potrzeb sekwestracji CO₂.

Zasięg i granice omawianego fragmentu niecki poznańskiej

Dla omawianego obszaru zostały sprecyzowane granice **Fig. 1.1.14_55**:

- od północy po złoża Szewce W, Szewce E, Piekary oraz Stęszew,
- od wschodu po złoża Strykowo i Stęszew,
- od południa złoża Ujazd, którego południowa granica jest początkiem wyniesienia wału wolsztyńskiego
- od zachodu granica wyniesienia wolsztyńskiego gdzie znajduje się jest złoża Cicha Góra-Paproć.

Powierzchnia terenu wynosi ok. 200 km². W granicach, jakie zostały podane powyżej można wyodrębnić następujące struktury (złoża):

- Bukowiec,
- Ujazd,
- Grodzisk,
- Paproć – Cicha Góra,
- Sątopy,

- Kopanki,
- Porążyn,
- Szewce W i E,
- Piekary,
- Strzępiń,
- Niemierzyce,
- Strykowo,
- Stęszew.

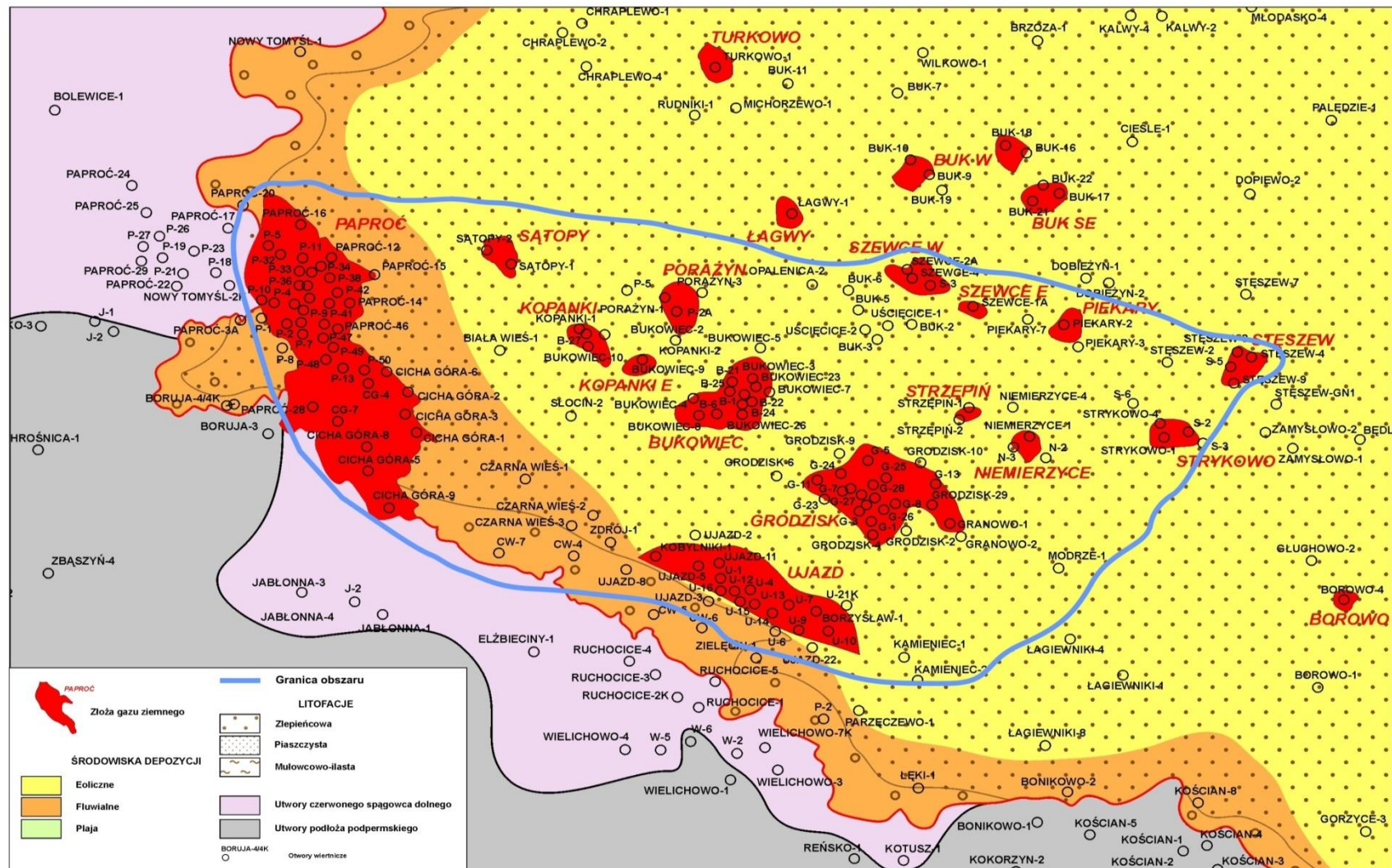


Fig. 1.1.14_55 Fragment mapy niecki poznańskiej z zaznaczonymi granicami omawianego obszaru

Zwięzła charakterystyka budowy geologicznej niecki poznańskiej

Monoklina przedsudecka jest ogromną strukturą zbudowaną z kilku kompleksów strukturalnych. Na podstawie rozpoznania w tym rejonie warunków akumulacji węglowodorów na szczególną uwagę zasługują kompleksy: waryscyjski oraz laramijski (permsko-mezozoiczny). Kompleks waryscyjski stanowi podłoże utworów karbońskich, utwory te ulegały silnym procesom erozyjno-denudacyjnym, w wyniku których ukształtowała się powierzchnia morfologiczna. Sedymentacja osadów permskich a w szczególności czerwonego spągowca rozpoczęła się w największych obniżeniach i rozszerzała się stopniowo na coraz to wyżej położone obszary. Osady te zostały przykryte serią utworów anhydrytowo-solnych cechsztynu, a następnie triasu, jury oraz kredy. Najmłodszą pokrywą stanowią utwory trzecio i czwartorzędowe.

Należy przypuszczać, że zasadnicza wtórna migracja węglowodorów nastąpiła z początkiem trzeciorzędu, kiedy basen permski po okresie największego pograżenia zaczął się wypiętrzać w wyniku ruchów laramijskich. Węglowodory przemieszczały się z głębszych części basenu ku strefom płytszym, jak też we wszystkich kierunkach ku jego brzegom. Wtedy też wystąpiło wypełnienie pułapek strukturalnych gazem ziemnym. Wskutek młodszych ruchów orogenezy alpejskiej następowało dalsze przemieszczenie się węglowodorów, a przejawy wulkanizmu mogły sprzyjać migracji gazów nieorganicznych przede wszystkim azotu (Warnecki, 2008).

Zasadniczą rolę w formowaniu się złóż odegrały cechy zbiornikowe kolektora oraz pułapki skalne. W zależności od litologii skał i ich form strukturalnych utworzyły się określone typy złóż. Północna część monokliny przedsudeckiej począwszy od wału wolsztyńskiego tworzy w podłożu cechsztynu ogromny pochylony ku północy płaskowyż (Piesik, 2003). Na tle tej jednostajnie obniżającej się powierzchni utworów saksonu o pustynnym reliefie, zarysowuje się niewielka kulminacja pochodzenia w większości eolicznego, względnie bloki odzwierciedlające budowę tektoniczną podłoża. Brak większego morfologicznego zróżnicowania powierzchni podcechsztyńskiej na północnej części monokliny nie pozwolił przy jej określonej ilości gazu na swobodne jego wydzielenie się i powstanie większych złóż. Tylko najwyższe wyniesienia morfologiczne są nasycone gazem. Mamy tutaj ogromny zbiornik wypełniony prawie w całości wodą z rozpuszczonym w niej gazem.

Własności zbiornikowe utworów czerwonego spągowca

Utwory czerwonego spągowca występujące na północno wschodnim skłonie wyniesienia wolsztyńskiego reprezentowane przez utwory autunu i saksonu. Osady autunu posiadają dużą zmienność wykształcenia litologicznego. Utwory te nie są skałami zbiornikowymi, występują lokalnie stanowiąc najniższą część profilu utworów czerwonego spągowca i wypełniają one jedynie nierówności w powierzchni erozyjnej karbonu.

Utwory saksonu wykształcone są jako piaskowce oraz osady piaskowcowo-zlepieńcowate z podrzędnymi mułowcami i iłowcami. W strefach akumulacji gazu skałami zbiornikowymi są piaskowce drobnoziarniste, średnioziarniste przechodzące w piaskowce zlepieńcowate. Spoiwa osadów saksonu są ilasto-żelaziste, węglanowe oraz krzemionkowe. Duża zmienność spoiwa powoduje duże zmiany własności zbiornikowych skał. Ocena własności zbiornikowych skał niecki poznańskiej dokonana została na podstawie badań laboratoryjnych i badań geofizycznych a ich wyniki zestawiono w **Tab.1.1.14_23**, w której umieszczono średnie wartości porowatości dla złóż zlokalizowanych na północno wschodnim skłonie Wyniesienia Wolsztyńskiego (Piesik, 2003).

Tab. 1.1.14_23 Zestawienie wartości średniej porowatości i przepuszczalności dla złóż występujących na skłonie wyniesienia wolsztyńskiego.

Lp.	Złoże	Porowatość średnia [%]	Przepuszczalność średnia [mD]
1	Borowo	13,86	58,8
2	Buk W	17,37	80,2
3	Buk E	6,08	33,8
4	Buk SE	12,11	43,53
5	Bukowiec	11,38	47,35
6	Ceradz-Kalwy	11,55	34,12
7	Chraplewo N	14,76	155,8
8	Chraplewo S	10,0	126,6
9	Cicha Góra-Paproć	8,9	11,19
10	Czmoń	21,4	-
11	Duszniki W	11,52	7,85
12	Duszniki E	10,09	42,03
13	Grodzisk	12,6	46,4
14	Granowo	10,55	60,3
15	Jankowice	13,6	115,04
16	Kaleje	16,97	90,2
17	Kłęka	22	525,0
18	Kopanki E	11,18	118,1
19	Kopanki W	15,07	386,4
20	Łagwy	8,74	17,73
21	Młodawsko	11,6	147,2
22	Niemierzyce	10,7	12,3
23	Piekary	16,0	18,8
24	Podrzewie	10,99	7,9
25	Porążyn	12,51	78,4
26	Sątopy	11,2	114,2
27	Sędziny	14,5	15,64
28	Stęszew	16,6	80,2
29	Strykowo	16,0	10,2
30	Strzępiń	11,1	-
31	Szewce W	9,65	44,78
32	Szewce E	11,6	64,89
33	Turkowo	5,56	0,58
34	Ujazd	8,8	21,95

W rejonie złoża Cicha Góra-Paproć występują utwory o słabych własnościach zbiornikowych. W skałach występuje spoiwo ilasto – kwarcowo –węglanowe. Znaczna część profilu jest zlepieńcowata. Porowatość waha się 1,5 do 3,5 % a przepuszczalność poniżej 0,1 mD. Poziomy piaskowce posiadają porowatość od 5,1 do 12,1 %, przepuszczalność 0,2-76,4 mD. W stropowych partiach złóż Sątopy, Chraplewo i Duszniki zanikają zlepieńce, a pojawiają się piaskowce o jednorodnej granulacji, wykazujące lepsze własności zbiornikowe. Porowatość wzrasta do 15,2%, przepuszczalność 0,2 – 298 mD. Dalej w kierunku północnym w rejonie złoża Podrzewie stopniowo pogarszają się własności zbiornikowe. Wśród piaskowców rozwijają się ponownie wkładki zlepieńców. Średnia porowatość wynosi 11%, a przepuszczalność zaledwie 4,3 mD (Warnecki, 2008).

W kierunku północno-wschodnim, w rejonie Grodzisk, uwidacznia się dość znaczny rozwój miąższości saksonu. Część piaskowców o miąższości 25m posiada średnią porowatość 11,4 % Niżej, piaskowce o miąższości ok. 175 m posiadają porowatość ok. 13,8 %. Przepuszczalność całego kompleksu piaskowców jest dość zróżnicowana, a średnia wartość serii złożowej wynosi 42,4 mD. Dalej zalega seria zlepieńcowata. Dolna część niecki grodziskiej wypełniona jest utworami autunu w postaci serii piaskowcowo mułowej (Warnecki, 2008).

Geologiczno – złożowa charakterystyka złóż gazu ziemnego ze szczególnym uwzględnieniem porowatości i przepuszczalności

Złoże Bukowiec

Złoże gazu ziemnego Bukowiec położone jest na terenie gminy Opalenica w województwie Wielkopolskim ograniczone współrzędnymi geograficznymi:

Długość geograficzna wschodnia $16^{\circ}21'44''$ do $16^{\circ}25'15''$

Szerokość geograficzna północna $52^{\circ}15'27''$ do $52^{\circ}17'35''$

Złoże to związane jest z nieregularną strukturą typu brachyantyklinarnego w utworach czerwonego spągowca najprawdopodobniej pochodzenia paleomorfologicznego. Skałę zbiornikową stanowi stropowa warstwa piaskowców saksonu. Jest to płaska forma strukturalna o zróżnicowanej morfologii powierzchni stropowej czerwonego spągowca. Amplituda struktury wynosi ok. 40 m i jest jedną z wyższych na północ od wału wolsztyńskiego.

Górną granicę złoża stanowią utwory cyklotermu werra reprezentowane kolejno przez łupki miedzionośne o miąższości 2,5 m, anhydryt dolny, sól najstarsza i anhydryt górny. Dolną granicę złoża stanowi poziom wody podścielającej na głębokości 2725 m.

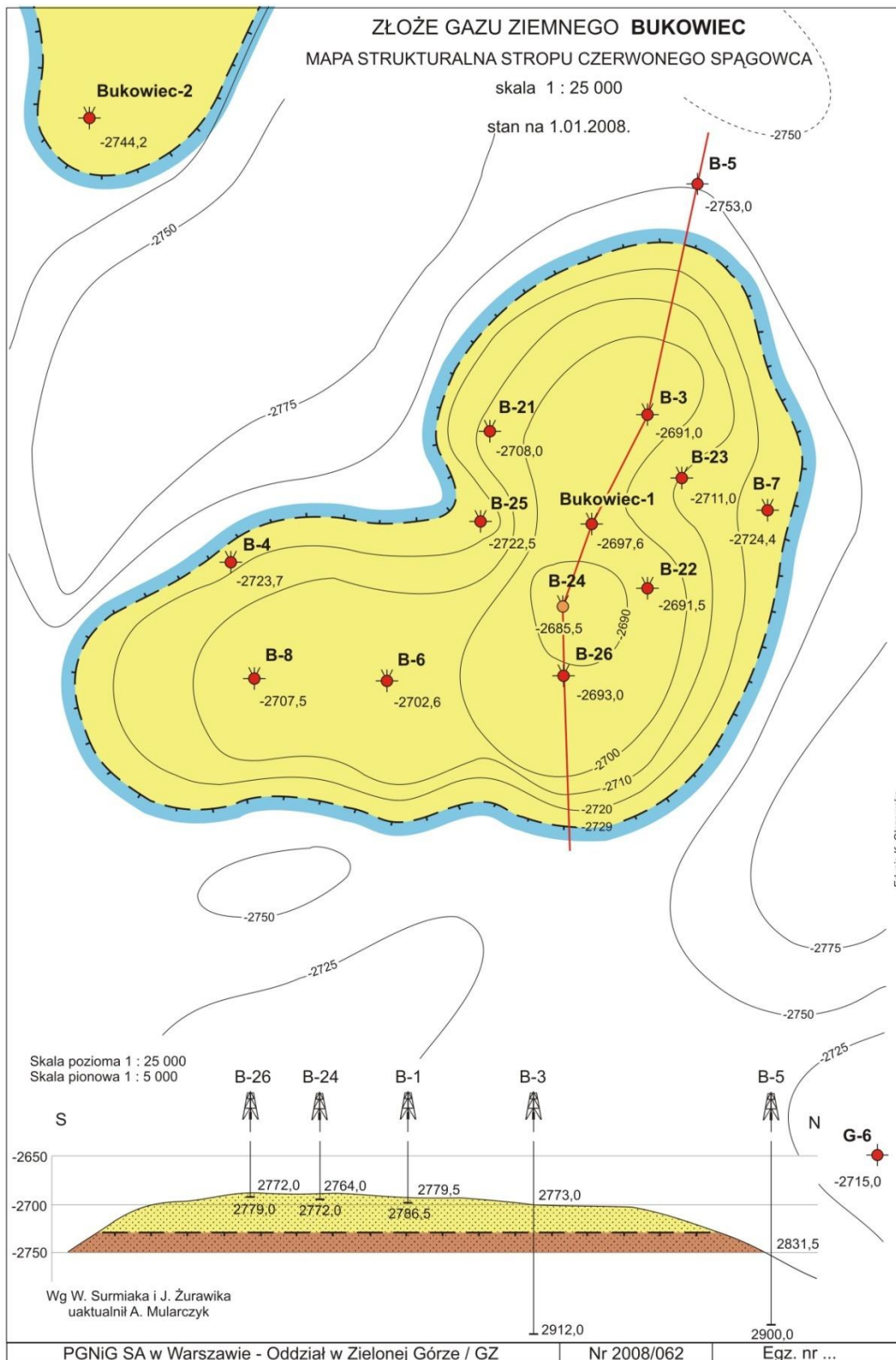


Fig. 1.1.14_56 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Bukowiec

Charakterystyka skały zbiornikowej

Serię zbiornikową złoża Bukowiec stanowią piaskowce stropowej partii utworów saksonu, których miąższość w rejonie złoża waha się od 250 do 300 m. Maksymalna miąższość strefy gazonośnej przewiercona w otworze B-3 wynosi 37,3 m. Na podstawie analizy wyników badań laboratoryjnych własności fizykochemicznych próbek z uzyskanego materiału skalnego oraz na badań geofizyki wiertniczej można stwierdzić, że piaskowce saksonu w strefie gazonośnej posiadają dość jednorodny charakter w profilu pionowym. Natomiast w rozkładzie przestrzennym następuje pogorszenie się porowatości i przepuszczalności w części zachodniej złoża (odwiert B-4). Najgorsze właściwości zbiornikowe posiada przystropowa warstwa piaskowców, której największa miąższość w otworze B-4 wynosi 1,5 m, dla pozostałych waha się w granicach 0,5 m do 0,7 m. Można generalnie przyjąć, że miąższość tej warstwy nie przekracza 1 m. Oznaczona laboratoryjnie porowatość dla piaskowców tej serii w poszczególnych otworach zawiera się w przedziale od 0,21% do 3,76%, natomiast przepuszczalność od 0,0273 mD do 11,7852 mD. W otworze B-5 znajdującego się poza granicami złoża nie występuje wyżej opisana seria. Od stropu piaskowca czerwonego spągowca zaczynają się dobre przechodząc w bardzo dobre właściwości kolektorskie w dolnej serii piaskowca. Średnia porowatość na każdym z otworów przekracza 10 % a przepuszczalność waha się od 20 do 101 mD. Średnia ważona porowatość całego złoża w górnej części piaskowca wynosi 2,39% natomiast dolnej 13,06%. Właściwości kolektorskie piaskowców są silnie związane z rodzajem i składem chemicznym spoiwa. Generalnie w strefie gazonośnej występują piaskowce drobnoziarniste szare i jasno szare z niewielką domieszką grubszych frakcji. W materiale klastycznym przeważają ziarna kwarcu do wartości ok. 60% oraz skalenie przeważnie silnie przeobrażone. Ziarna skał pochodzenia wulkanicznego oraz kwarcytów występują w znikomej ilości. W górnej serii przeważa spoiwo chemiczne do 24 % masy skały reprezentowane przez krystaliczne spoiwo węglanowe z domieszką anhydrytu o charakterze porowym i kontaktowo porowym. W dolnej części piaskowca zasadniczą rolę odgrywa spoiwo ilaste i ilasto-żelaziste z niewielką domieszką węglanów w postaci mikrytu. Udział spoiwa w masie skał waha się w granicach 5% i posiada głównie charakter spoiwa kontaktowego tworzącego otoczki wokół ziaren.

Porowatość i przepuszczalność złoża:

Porowatość serii gazonośnej oznaczono w oparciu o badania laboratoryjne próbek pobieranych średnio co 0,5 m z uzyskanego materiały rdzeniowego oraz na podstawie wykonywanych badań geofizyki wiertniczej. Z powodu słabej zwięzłości piaskowców uzyski rdzeni w partiach rdzeniowych poniżej zwięzłej stropowej partii horyzontu o miąższości 0,5 – 1,5 m są bardzo niskie.

Tab. 1.1.14_24 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 1

BUKOWIEC-1		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2812,35	11,68	245,86
2812,75	6,81	245,86
2813,45	17,54	500,00
2813,85	15,88	500,00

2814,15	18,15	327,81
2814,45	18,60	409,76
2814,85	14,52	500,00
2815,15	16,00	500,00
2815,45	17,56	500,00
2815,85	15,68	500,00
2816,15	13,27	21,31
średnia	15,06	386,42

Tab. 1.1.14_25 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 2

BUKOWIEC-2		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2613,75	2,03	0,01
2614,35	4,88	0,12
2615,55	20,50	24,99
2616,15	12,89	14,28
2616,75	20,16	16,66
2617,35	9,89	6,66
2617,95	13,46	16,66
2618,55	16,83	33,32
2619,15	16,98	24,99
2630,05	11,81	12,22
2630,65	17,30	7,85
2631,25	18,12	6,92
2631,85	16,50	4,00
2632,45	14,33	1,35
2633,05	15,41	3,52
2633,65	15,50	4,00

2634,25	15,71	4,40
2634,85	15,34	3,38
2648,05	25,30	1,10
2648,65	6,69	0,52
2649,25	12,45	3,63
2649,85	13,07	4,00
2650,45	14,17	4,00
2651,05	19,53	8,00
2651,65	17,30	7,30
2652,25	15,03	4,69
2652,85	12,59	3,53
2653,45	11,30	16,08
2654,05	12,50	4,02
2654,65	11,59	8,03
2655,25	6,58	8,03
2655,85	8,97	1,72
2656,45	4,01	0,18
2657,05	3,40	0,24
2657,65	2,88	0,30
2658,25	2,24	0,11
2658,85	2,39	2,40
2659,45	1,79	0,07
2660,05	9,61	0,06
2660,65	1,48	0,22
2661,25	3,12	0,10
2661,85	2,16	0,13
2662,45	4,23	0,11
2663,05	3,35	0,10
2663,65	3,12	0,12

2664,25	1,80	3,65
2664,85	4,70	1,08
2832,65	0,88	0,12
2833,15	1,08	0,05
2833,65	3,31	0,56
2834,55	28,22	3,22
2835,15	16,89	1,93
2837,15	13,08	73,81
2837,55	14,94	120,78
2838,15	15,26	88,58
2838,55	14,07	55,36
2839,55	14,37	120,78
2840,15	15,00	110,72
2841,15	16,78	73,81
2841,55	16,39	161,05
2842,15	15,16	161,05
2842,55	17,71	161,05
2850,05	10,61	44,03
2851,05	21,21	73,39
2851,55	14,30	110,08
2852,05	14,50	73,42
2852,55	12,97	80,06
2853,05	12,47	50,04
2853,55	13,93	55,04
2854,05	15,35	48,03
2855,05	10,93	24,02
2910,55	8,25	31,45
2911,05	13,39	120,09
2911,55	13,33	120,09

2912,05	11,94	25,02
2966,05	13,50	55,03
2967,05	14,13	60,04
2968,05	13,47	55,04
2969,05	13,69	80,06
2970,05	14,41	86,73
3013,55	11,09	44,08
3069,55	8,17	29,39
3070,05	13,11	2,49
3070,55	8,68	2,16
3071,55	9,02	2,67
3072,05	7,95	2,89
3072,55	7,90	3,44
średnia	11,57	30,81

Tab. 1.1.14_26 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 3

BUKOWIEC-3		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2772,35	1,85	0,13
2773,35	0,21	0,03
2773,95	10,69	44,91
2774,35	9,20	58,33
2774,95	8,94	74,86
2775,35	9,12	56,14
2775,95	9,39	40,83
2776,35	11,29	40,83
2776,95	14,38	98,00
2777,35	11,66	12,52

2783,95	13,02	89,83
2784,35	12,14	37,43
2784,95	13,00	37,43
2785,35	13,00	22,83
2785,95	12,56	12,36
2786,35	14,46	128,33
2786,95	8,17	31,41
2787,35	3,80	10,44
2787,95	13,16	31,31
2788,35	14,02	26,09
średnia	11,22	47,44

Tab. 1.1.14_27 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 4

BUKOWIEC-5		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2833,55	14,75	210,37
2833,75	9,13	27,21
2834,85	13,50	123,66
2835,25	13,85	98,93
2835,65	10,47	123,66
2839,75	10,71	113,36
2840,85	10,30	34,20
2845,95	15,39	55,25
2894,55	14,89	197,86
średnia	12,55	109,39

Tab. 1.1.14_28 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 6

BUKOWIEC-6		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2785,85	1,86	0,08
2786,15	2,47	0,29
2786,35	5,05	0,58
2796,55	16,73	124,40
2796,85	14,23	91,23
2797,25	13,74	65,16
2797,55	14,70	152,05
2797,85	12,45	99,52
2798,15	14,87	99,52
2798,45	13,83	76,02
średnia	10,99	70,89

Tab. 1.1.14_29 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 7.

BUKOWIEC-7		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2804,25	1,09	0,90
2804,65	4,26	22,67
2804,95	13,61	98,93
2805,25	13,45	71,45
2805,45	15,12	98,93
2805,65	10,80	12,37
średnia	9,72	50,87

Tab. 1.1.14_30 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 9.

BUKOWIEC-9		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2805,05	3,27	0,52
2805,55	5,79	0,81
2806,05	11,15	14,65
2806,55	12,50	16,79
2807,05	12,79	26,34
2807,55	14,28	180,30
2808,05	16,55	196,69
2808,55	9,60	90,15
2809,05	17,92	327,81
2809,55	15,13	327,81
2810,05	14,88	40,98
2810,55	10,08	180,30
2811,05	12,22	163,91
2811,55	18,10	327,81
2812,55	14,96	277,38
2813,05	13,08	245,86
2813,55	16,96	492,72
2815,05	14,71	450,74
2815,55	15,54	375,62
2816,05	17,29	491,72
2816,55	14,24	491,72
2817,05	17,19	450,74
2819,05	13,83	122,93
2820,05	11,70	81,95
2820,55	13,67	112,68

2822,55	15,43	136,74
2823,05	16,24	225,37
2823,55	11,90	163,91
2824,55	17,71	163,91
2825,05	16,81	393,37
2825,55	15,30	122,93
2826,05	8,42	87,94
2862,05	11,41	91,60
2863,05	10,32	307,78
2863,55	9,35	450,74
średnia	13,44	218,09

Tab. 1.1.14_31 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Bukowiec 27

BUKOWIEC-27		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2612,25	13,33	0,91
2612,85	19,71	1,05
2613,45	9,83	0,25
2614,05	8,27	0,34
2614,65	6,15	3,27
2615,85	6,81	0,27
2629,65	0,82	1,09
2630,25	5,88	0,54
2630,85	3,69	0,26
2632,65	6,21	0,33
2633,85	8,25	1,49
2634,45	10,53	2,34
2635,05	13,20	3,42

2635,65	6,31	0,55
2802,45	0,60	1,05
2802,85	8,54	22,94
2803,25	5,92	7,38
2803,65	6,23	33,64
2804,05	6,04	3,91
2804,45	10,07	79,51
2804,85	9,49	73,39
2805,25	5,20	3,44
2805,65	8,31	25,80
2806,05	7,06	2,34
2806,45	8,00	6,56
średnia	7,78	11,04

Złoże Ujazd

Złoże gazu ziemnego Ujazd położone jest na terenie gminy Grodzisk Wielkopolski i Kamieniec w województwie Wielkopolskim ograniczone współrzędnymi geograficznymi:

Długość geograficzna wschodnia 16°20'00`` do 16°28'00``

Szerokość geograficzna północna 52°10'00`` do 52°15'00``

Złoże Ujazd w osadach czerwonego spągowca uznać należy jako masywowe zakulminowane w pułapce strukturalno-litologicznej. Powierzchnia stropowa osadów czerwonego spągowca obiegająca północny skłon bloku wolsztyńskiego w obrębie monokliny przedsudeckiej. Udokumentowana wierceniami wysokość złoża wynosi ok 33,5 m (Ujazd 1).

Złoże Ujazd nie posiada zamknięcia strukturalnego od strony południowo zachodniej. Zamknięcie związane jest z zanikiem utworów czerwonego spągowca na skłonie wału wolsztyńskiego, w konsekwencji zaniku cech kolektorskich. Rolę serii uszczelniającej pełnią występujące ponad czerwonym spągowcem osady cechsztynu reprezentowane przez wapień podstawowy i wyżej leżące anhydryty i sole werry. Dolną granicę złoża stanowi woda podścielająca na głębokości 2628 m wyznaczoną w odwiercie Ujazd 7.

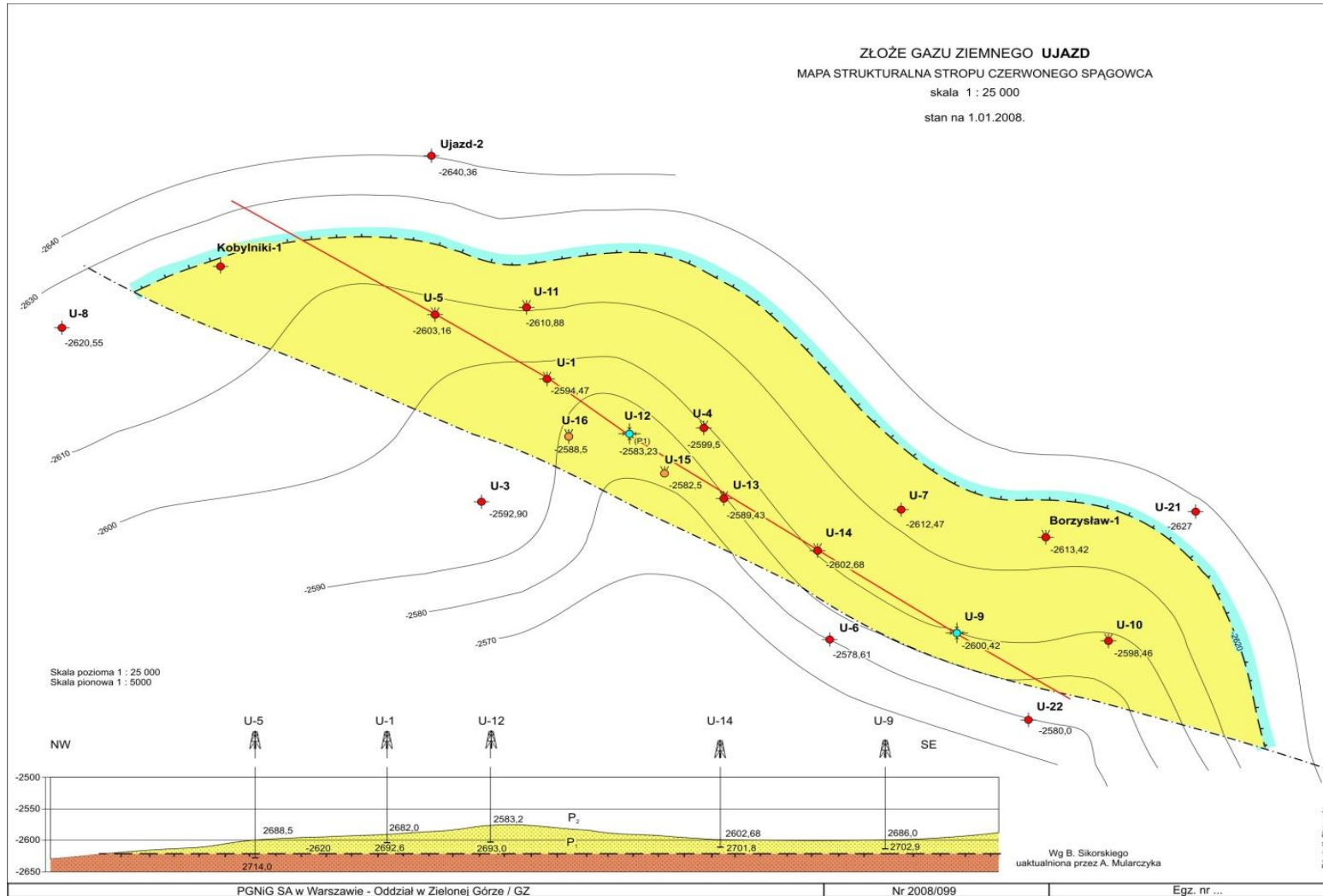


Fig. 1.1.14_57 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Ujazd

Porowatość i przepuszczalność

Skałę zbiornikową stanowią piaskowce oraz zlepienie czerwonego spągowca we wszystkich otworach produkcyjnych z wyjątkiem otworu Ujazd 9, gdzie produktywny są jedynie piaskowce poznanej części profilu. W sąsiedztwie wyżej wspomnianego otworu Ujazd 9 następuje zmniejszenie efektywnej miąższości złoża.

Porowatość złoża Ujazd została określona dwoma niezależnymi metodami. Jedną z nich to badania laboratoryjne materiału rdzeniowego. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że skały budujące złożę w prawie wszystkich otworach wykazują podobne właściwości zbiornikowe niezależnie od wykształcenia litologicznego. Jedynie w obrębie odwiertu wcześniej wspomnianego Ujazd 9, gdzie następuje zanik właściwości zbiornikowych stwierdzono podział profilu na górną piaskowcową o dobrych własnościach i niższą – zlepienie nie posiadających cech kolektora. Drugą metodą porowatość skał została wyznaczona w oparciu o wyniki badań geofizycznych. Dla scharakteryzowania porowatości przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych ze wszystkich odwiertów w obrębie złoża Ujazd w formie **Tab.1.1.14_32** – **Tab. 1.1.14_41**.

Tab. 1.1.14_32 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 3

UJAZD-3		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2683,35	0,57	0
2684,95	0,56	0,02
2687,85	1,41	0,01
2688,25	1,78	0,007
2688,65	3,39	0,11
2689,05	5,27	0,3
2689,35	4,17	0,15
2690,65	6,88	0,96
2691,05	7,15	0,71
2691,45	5,57	0,38
2691,85	5,93	0,38
2692,15	3,96	0,19
2692,55	4,43	0,15

2692,95	3,84	0,21
2693,35	5,02	0,71
2693,65	1,38	0,31
2694,05	3,02	0,57
2694,45	3,4	0,11
2694,85	3,7	0,36
2695,05	5,62	0,15
2695,45	4,61	0,07
2695,85	6,18	0,5
2696,25	6,12	0,38
2696,65	6,22	0,36
2697,05	4,69	0,31
2697,45	3,46	0,47
2697,85	7,3	14,37
2698,25	4,44	0,57
2700,05	5,29	0,17
2700,45	5,24	0,06
2700,85	5,76	0,07
2701,25	4,95	0,4
2701,65	4,73	0,05
2702,05	5,95	0,09
2702,45	6,6	0,16
2702,85	3,89	0,03
2703,25	3,38	0,02
2703,75	4,51	0,33
2704,15	6,22	0,06
2704,95	3,53	0,04
2705,35	3,98	0,04
2705,55	5,31	0,04

2705,75	4,74	0,17
2706,15	5,89	0,13
2706,55	3,8	0,02
2706,95	4,17	0,03
2707,25	4,17	0,05
2708,05	5,07	0,03
2708,45	4,16	0,04
2708,85	3,72	0,07
2709,25	3,73	0,33
2709,65	2,21	0,05
2710,05	4,01	0,19
2710,45	3,16	0,28
2710,85	3,93	0,33
2711,25	4,55	0,07
2712,05	5,92	0,24
2712,45	3,71	0,06
2712,85	3,48	0,09
2713,25	4,99	0,05
2713,65	4,92	0,22
2714,05	4,65	0,21
2714,45	5,92	0,13
2714,85	4,49	0,16
2715,25	4,76	0,07
2715,65	4,67	0,11
2717,65	5,24	0,06
2718,05	4,67	0,02
2718,45	4,26	0,01
2718,85	3,66	0,04
2719,25	6,42	13,04

2719,65	4,81	0,18
2719,85	5,01	0,04
2720,25	6,35	0,05
2720,65	5,08	0,2
2721,05	5,07	0,22
2721,45	5,34	0,09
2721,85	3,96	0,19
2722,25	6,2	0,24
2722,65	4,99	0,27
2723,05	4,57	0,81
2723,65	4,01	0,05
2738,15	4,89	0,56
2738,55	4,84	0,44
2738,95	4,91	0,09
2739,35	4,79	0,1
2739,75	5,54	0,07
2740,15	7,29	0,09
2740,55	3,72	0,01
2759,05	5,56	0,05
2759,45	6,4	0,14
2760,25	6,45	3,18
2760,65	7,12	0,29
2760,85	7,95	0,17
2761,05	5,99	0,29
2761,45	6,77	1,04
2761,85	5,91	0,42
2762,25	5,94	0,17
2762,65	6,29	0,08
2763,05	6,83	0,21

2763,45	7,26	2,5
2763,85	8,9	2,27
2764,25	6,48	0,31
2764,65	8,25	2,89
2765,25	6,51	0,58
2765,45	5,12	0,5
2765,85	6,64	0,5
2766,05	5,1	0,16
2776,45	4,24	0,06
2777,25	5,4	0,11
2778,45	9,06	0,6
2778,85	6,33	0,1
2813,25	4,77	0,05
2813,65	5,83	0,08
2814,05	5,93	0,05
2814,85	6,25	0,09
2816,25	5,71	0,02
2845,05	4,85	0,02
2845,85	6,52	0,03
2846,25	8,03	0,07
2846,65	7,14	0,04
2847,05	4,63	0,02
2847,45	4,93	0,03
2847,85	9,02	0,07
2848,25	4,85	0,02
2848,65	7,1	0,05
2871,05	7,97	0,03
2871,45	5,26	0,02
2871,85	5,88	0,02

2899,55	5,27	0,17
2899,95	5,3	0,21
2900,35	4,95	0,005
2900,75	7,57	0,04
2932,55	7,1	0,05
2969,75	3,53	0,04
3004,75	4,96	0,081
średnia	5,17	0,4615

Tab. 1.1.14_33 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 6

UJAZD-6		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2666,05	9,6	0,7
2666,15	5,48	0,42
2666,25	5,8	0,77
2666,45	4,52	1,24
2666,55	8,65	1,24
2666,85	7,5	0,49
2666,95	4,41	0,6
2667,55	6,18	0,25
2668,05	5,9	0,72
2668,55	4,89	0,74
2669,05	4,89	0,65
2669,25	7,49	0,43
2669,55	4,6	0,3
2669,85	5,56	0,3
2670,05	4,17	0,45
2670,55	4,28	1,26

2671,05	5,55	0,79
2671,55	5,08	0,42
2672,05	4,02	0,68
2672,55	4,36	0,18
2673,05	4,68	0,33
2673,55	4,95	0,5
2674,05	4,31	0,14
2674,55	3,31	0,14
2676,05	7,49	0,41
2676,55	7,61	0,68
2677,05	6,43	0,46
2677,55	5,3	0,18
2679,05	6,11	0,39
2679,55	5,9	0,18
2680,05	5,59	0,16
2680,55	6,04	0,14
2681,05	7,08	0,1
2681,55	11,93	0,6
2682,05	10,73	0,48
2682,55	6,53	0,18
2683,05	5,76	0,21
2683,55	11,9	3,31
2684,05	9,04	0,22
2684,55	10,43	0,57
2685,05	9,04	0,26
2685,55	9,24	0,32
2686,05	12,33	0,62
2686,55	10,63	0,73
2687,05	9,86	0,36

2687,55	8,43	0,21
2688,05	7,12	0,38
2688,15	8,78	0,34
2688,25	11,37	0,55
2688,55	9,8	0,33
2688,65	11,76	2,25
2688,85	5,69	0,45
2690,55	4,52	0,11
2691,05	8,49	0,21
2691,55	4,68	0,28
2692,05	4,26	0,27
2692,45	3,89	0,37
2692,75	3,7	0,7
2693,55	3,53	0,83
2696,55	3,37	0,06
2697,05	4,14	0,07
2697,55	3,04	0,06
2698,05	5,67	0,31
2698,55	6,96	0,47
2699,05	5,86	0,54
2699,55	7,92	0,29
2700,05	3,61	0,1
2700,55	4,26	0,1
2701,05	3,94	0,7
2701,55	2,67	0,16
2702,05	3,72	0,16
2702,55	3,63	0,16
2703,05	4,2	0,25
2703,55	3,5	0,95

2704,05	4,44	0,15
2704,45	5,54	0,13
2705,25	5,1	0,14
2705,55	6,42	0,54
2706,25	5,31	0,14
2706,55	6,57	0,13
2707,25	5,48	0,28
2707,55	1,44	0,11
2709,55	6,47	0,14
2710,25	2,64	28,96
2710,55	1,3	0,11
2710,65	3,1	0,22
2794,05	6,96	0,25
2794,55	6,96	0,44
2795,55	2,73	0,14
2796,05	9,92	0,25
2853,05	9,66	0,42
2853,55	3,93	0,1
2854,05	9,67	0,83
2854,55	9,46	0,5
2855,05	8,61	0,43
2855,55	10,59	0,79
średnia	6,25	0,7413

Tab. 1.1.14_34 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 7

UJAZD-7		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2698,05	3,49	0,05

2698,6	7,31	0,13
2698,95	9,15	1,45
2699,25	15,44	6,96
2699,65	15,56	13,06
2704,45	18,04	17,24
2704,85	20,42	20,52
2708,05	14,08	2,87
2708,45	11,8	4,79
2708,85	11,14	7,84
2709,25	18,37	9,58
2709,65	20,3	22,1
2710,05	20,69	47,89
2710,85	18,09	31,35
2711,25	16,41	28,75
2712,05	15,69	39,18
2712,45	8,74	5,75
2712,85	6,01	0,72
2713,25	2,92	0,36
2714,05	5,25	0,72
2715,65	4,58	0,45
2716,45	10,41	2,07
2716,85	8,9	1,38
2720,75	8,03	1,34
2731,05	2,68	0,03
2731,45	2,94	0,11
2737,65	7,31	0,78
2748,05	3,6	0,08
2748,45	4,01	0,36
średnia	10,74	9,2383

Tab. 1.1.14_35 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 8

UJAZD-8		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2704,35	5,03	0,05
2704,85	5,21	0,06
2705,35	5,13	0,06
2705,85	7,04	0,24
2706,35	5,93	0,07
2706,85	6,08	0,07
2707,35	7,63	0,23
2708,35	7,15	0,20
2708,55	6,74	0,11
2709,05	5,42	0,03
2709,55	6,40	0,09
2710,55	7,01	0,08
2712,05	7,86	0,10
2713,05	8,77	0,17
2713,55	9,67	0,52
2714,55	10,48	1,82
2715,05	10,67	0,81
2715,55	8,94	0,56
2716,55	8,34	0,30
2717,55	6,82	0,09
2718,05	8,06	0,15
2718,55	7,25	0,06
2719,05	9,07	0,11
2720,55	7,76	0,15

2721,05	7,18	0,11
2721,75	7,11	0,33
2722,25	7,32	0,09
2723,25	5,84	0,06
2723,75	10,12	0,22
2724,25	15,62	1,04
2724,75	8,56	0,40
2725,25	8,57	0,08
2726,05	9,86	0,29
2726,55	9,04	0,13
2727,05	7,44	0,06
2727,55	10,24	0,52
2728,05	9,60	0,20
2728,55	9,41	0,33
2729,05	8,09	0,11
2729,55	10,53	0,56
2730,55	12,46	7,89
2731,55	10,53	0,93
2732,55	8,10	0,05
2733,55	11,38	1,37
2734,55	10,30	2,08
2736,55	6,75	0,04
2737,55	7,43	0,03
2739,55	8,94	0,22
2747,55	8,45	0,15
2749,05	7,40	0,05
2752,05	14,43	13,14
2756,05	11,97	1,00
2767,55	19,24	127,49

2771,55	17,32	75,39
2783,55	12,67	4,62
2786,05	13,88	11,37
2789,05	14,15	10,43
2804,55	14,30	15,07
2808,55	14,16	7,09
2816,55	13,60	16,68
średnia	9,34	5,10

Tab. 1.1.14_36 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 10

UJAZD-10		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2675,55	12,29	32,65
2676,05	17,34	72,63
2677,55	14,56	72,63
2678,05	16,38	88,77
2679,55	16,79	115,17
średnia	15,47	76,37

Tab. 1.1.14_37 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 11

UJAZD-11		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2689,45	2,79	0,01
2689,95	2,50	0,03
2690,45	7,25	0,42
2690,95	5,60	0,10
2690,95	2,02	0,05
2691,45	3,83	0,03
2697,05	4,35	0,04
średnia	4,05	0,10

Tab. 1.1.14_38 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 14

UJAZD-14		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2687,85	2,49	0,03
2690,55	13,16	0,01
2691,55	4,22	0,12
średnia	6,62	0,05

Tab. 1.1.14_39 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 15

UJAZD-15		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2661,15	13,51	1,67
2661,55	11,76	4,02

2662,15	14,40	2,87
2662,55	11,86	4,02
2665,15	14,66	86,78
2665,55	20,53	95,46
2666,15	14,97	95,46
2666,25	12,11	121,49
2667,15	14,97	78,10
2667,55	21,07	9,80
2668,05	18,58	8,98
2668,55	13,68	8,17
2669,55	14,99	17,97
2670,05	15,68	34,75
2670,45	10,02	95,46
średnia	14,85	44,33

Tab. 1.1.14_40 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 16

UJAZD-16		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2680,25	4,88	0,33
2680,55	5,78	0,40
2681,05	2,86	0,16
2681,55	4,36	0,13
2682,05	5,18	0,80
2682,55	5,33	2,33
2684,05	5,09	2,79
2685,05	11,99	8,91
2685,55	6,88	3,99
2686,05	10,41	3,99

2686,55	6,09	3,05
2688,05	6,17	0,87
2688,45	7,04	7,25
średnia	6,31	2,69

Tab. 1.1.14_41 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Ujazd 21K

UJAZD-21K		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2742,35	1,38	0,00
2743,85	11,73	7,64
2744,35	14,29	78,34
2745,85	3,87	0,19
2747,35	11,50	9,75
2748,35	13,42	195,95
2748,85	16,84	195,95
2751,35	11,81	5,62
2751,85	15,81	10,21
2755,85	16,48	113,46
2756,35	7,15	1,38
2757,85	3,75	0,00
2777,35	11,82	37,47
2779,85	14,84	100,31
2780,35	17,62	82,43
2781,85	11,03	2,95
2783,85	11,40	2,46
2784,85	6,20	2,39
2785,35	16,53	175,54
średnia	11,45	53,79

Złoże Grodzisk

Złoże gazu ziemnego Grodzisk Wielkopolski położone jest na terenie gminy Grodzisk, Kamieniec, Granowo w województwie Wielkopolskim ograniczone współrzędnymi geograficznymi:

Długość geograficzna wschodnia od 16°25' do 16°35'

Szerokość geograficzna północna od 52°12' do 52°16'

Pułapka złoża Grodzisk znajduje się w stropowej partii utworów czerwonego spągowca. Nadkład złoża stanowią skały utworów dolnego Permu, ekranowane przez nieprzepuszczalne osady Cechsztynu: łupki miedzionośne, wapień podstawowy i anhydryty Wery. Dolną granicę złoża gazu stanowi poziom wód podścielających, zalegających na głębokości 2709,5 m. Zewnętrzne granice złoża wyznacza linia interlokacyjna poziomu wód złożowych ze stropem osadów czerwonego spągowca.

Pułapka gazonośna stanowi strukturę dwóch dobrze wyróżnionych elementów (elementu Grodzisk W położonego w części zachodniej i elementu Granowo E położonego w części wschodniej złoża). Dzięki badaniom przeprowadzonym na złożu określono miąższość kolektora, która maksymalnie wyniosła 26,6 m, natomiast średnią miąższość ustalono na poziomie 11,7 m.

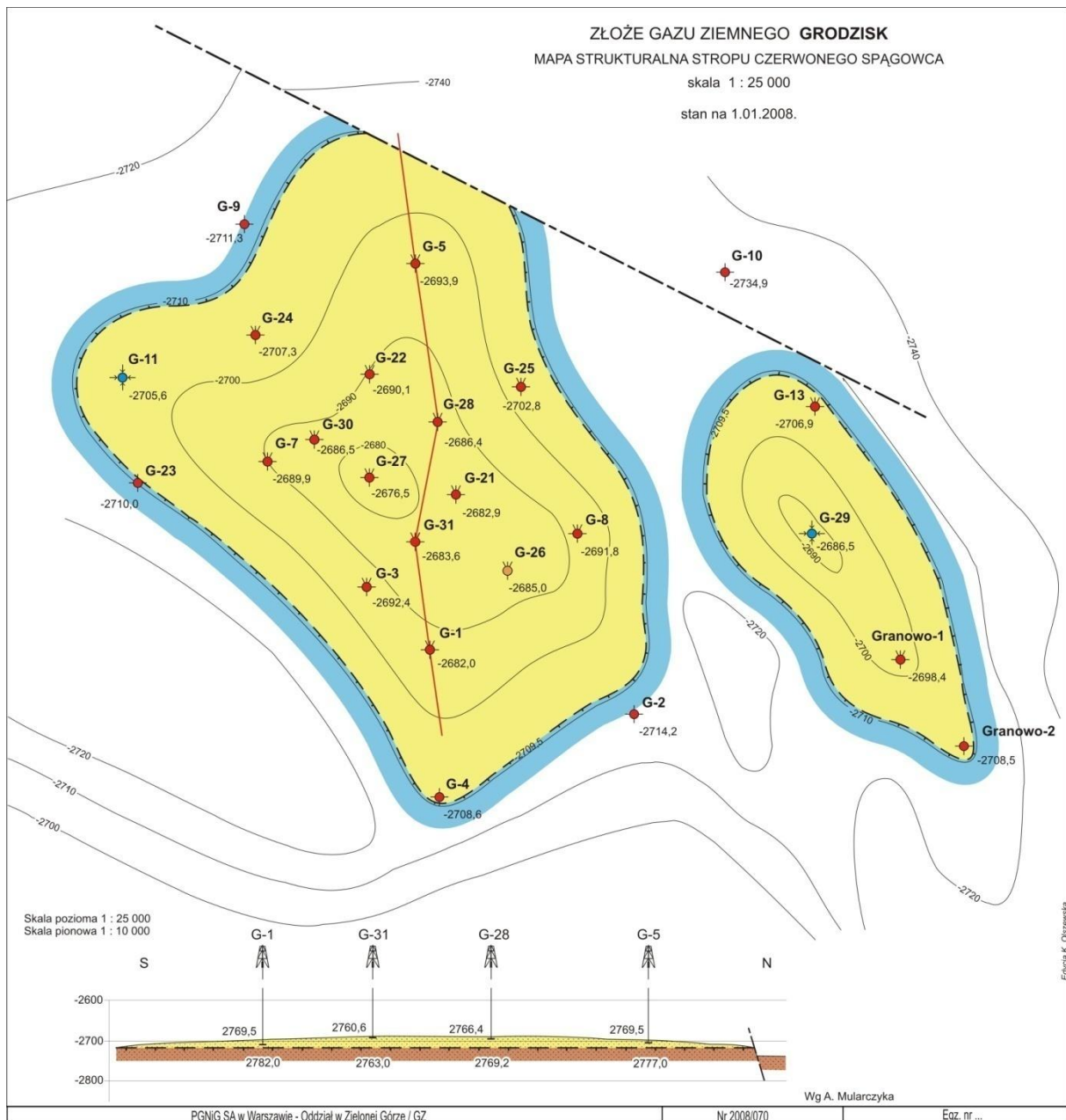


Fig. 1.1.14_58 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Grodzisk

Porowatość i przepuszczalność

Tak jak w przypadku poprzednich złóż pojawił się tutaj również problem z określeniem porowatości oraz przepuszczalności złożowej. Wyniki, które zostały uzyskane w czasie badania rdzeni nie obejmują prób, jakie w toku przygotowania do analizy lub w czasie badania uległy zniszczeniu w skutek małej zwięzłości. Dane, które uzyskano różniły się między sobą w dość znacznym stopniu, dlatego zostały uśrednione i wynoszą: porowatość, jaką przyjęto do obliczeń 11,5 %, natomiast przepuszczalność 46,4 mD (Piesik, 2003), (Warnecki, 2008). Wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych przedstawiono w **Tab.1.1.14_42** - **Tab. 1.1.14_51**. Są to średnie wartości uzyskane z badań na rdzeniach z poszczególnych odwiertów. Pod uwagę brano tylko badania próbek skalnych znajdujących się poniżej stropu kolektora P1.

Tab. 1.1.14_42 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 2

GRODZISK-2		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2788,05	1,22	0,05
2788,85	13,60	0,15
2789,05	5,08	1,38
2789,85	5,86	0,15
2790,65	6,07	1,22
2791,45	10,74	30,00
2791,65	11,96	1,45
2792,45	11,01	196,35
2793,65	15,35	148,23
2794,45	17,13	148,23
2794,65	18,40	243,70
2795,45	18,24	119,99
2795,65	17,92	27,13
2797,45	19,11	6,93
2797,65	14,42	3,30
2798,45	14,87	11,77
2799,95	12,56	8,84
2800,35	14,49	41,47
2800,85	17,68	89,28
2801,35	10,57	2,22
2801,65	9,12	1,15
2801,85	9,55	0,82
2802,35	10,29	1,43
2802,65	13,33	20,07

2802,85	11,78	7,20
2803,35	11,37	21,32
2803,65	4,18	0,04
2803,85	9,00	0,65
2804,35	7,98	0,48
2804,85	10,73	2,58
2805,85	13,26	6,45
2806,35	9,87	5,68
2806,85	14,04	12,91
2807,35	9,26	1,66
2807,65	14,33	82,94
2807,85	6,17	0,21
2808,35	13,85	18,73
2808,65	12,88	18,73
2808,85	3,96	17,00
2809,35	1,71	0,07
2809,65	8,23	0,27
2809,85	6,02	0,26
2810,35	14,30	27,20
2810,85	15,68	56,21
2811,35	17,90	82,94
2812,85	15,33	124,41
2813,45	7,34	1,40
2813,65	9,60	5,20
3048,55	4,80	0,14
3049,05	7,41	0,17
3049,55	5,81	0,06
3050,05	5,58	0,04
3050,55	4,81	0,17

3051,05	4,26	0,05
3115,05	5,07	0,01
3115,45	5,14	0,02
3146,05	5,07	0,05
3287,55	1,08	0,01
Średnia	10,28	27,60

Tab. 1.1.14_43 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 5

GRODZISK-5		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2769,65	2,83	0,01
Średnia	2,83	0,01

Tab. 1.1.14_44 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 6

GRODZISK-6		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2795,65	5,13	0,04
2795,95	19,22	256,12
2796,35	18,52	625,85
2796,75	19,11	999,00
2796,85	21,18	967,23
2799,35	19,41	158,34
2799,75	20,18	792,04
2799,85	18,52	272,81
2800,25	19,21	470,20
2800,75	20,35	473,94
2800,85	20,59	42,02

2801,75	17,13	323,26
2801,85	16,78	125,17
2803,25	14,42	223,83
2803,75	15,93	25,61
2805,85	14,06	149,48
2806,25	16,99	38,40
2806,75	17,99	367,72
2806,85	19,06	664,98
2807,25	19,36	101,66
2807,85	10,51	56,02
2808,35	6,92	4,78
2808,85	2,83	0,03
2809,25	2,27	0,02
2809,75	2,28	0,03
2809,85	2,39	0,05
2811,25	10,34	7,19
2811,75	8,89	4,18
2811,85	7,80	3,80
2812,25	3,84	0,40
Średnia	13,71	238,47

Tab. 1.1.14_45 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 7

GRODZISK-7		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2767,70	15,17	19,38
2768,05	11,60	8,22
2768,35	10,51	7,37
2768,65	18,89	314,83

2769,05	17,29	57,23
2769,35	19,96	251,86
2769,65	16,75	157,25
2770,05	19,81	487,48
2770,35	17,41	209,05
2771,05	19,47	335,82
2771,35	19,18	95,63
2771,65	15,20	131,15
2772,05	16,62	61,47
2772,35	17,43	406,23
2772,65	18,61	100,00
2773,35	17,15	487,48
2774,35	12,66	31,15
2774,65	13,18	11,30
2775,35	9,57	1,30
2775,65	7,35	9,10
2776,05	7,95	13,56
Średnia	15,32	152,23

Tab. 1.1.14_46 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 9

GRODZISK-9		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2802,45	3,81	0,06
2803,45	7,48	0,24
2813,45	4,32	0,02
3016,55	10,12	2,35
3017,55	7,20	0,33
3018,55	7,75	0,48

Średnia	6,78	0,58
----------------	-------------	-------------

Tab. 1.1.14_47 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 10

GRODZISK-10		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2819,05	14,15	496,28
819,60	17,18	852,81
2819,95	14,33	158,29
820,30	11,59	22,83
820,70	9,48	12,04
2820,95	11,75	25,74
Średnia	13,08	261,33

Tab. 1.1.14_48 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 11

GRODZISK-11		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2780,55	0,50	0,05
Średnia	0,50	0,05

Tab. 1.1.14_49 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Grodzisk 13

GRODZISK-13		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2783,05	13,01	295,85
2784,55	15,10	168,14
2785,55	15,71	421,01
Średnia	14,61	295,00

Złoże Cicha Góra – Paproć

Złoże Paproć początkowo zostało rozpoznane jako dwa oddzielne złoża: Cicha Góra oraz Paproć, jednakże w wyniku dalszego rozpoznania ustalono, że jest to jedno złożo któremu nadano nazwę „Paproć”. Położone w zachodniej części niecki poznańskiej

Złoże to zostało odkryte w 1979 roku odwiertem Cicha Góra 1, w którym z stropowej części utworów czerwonego spągowca uzyskano znaczny przyptyw gazu. W kolejnych latach kontynuowano prace rozpoznawcze, co pozwoliło na dokładniejsze rozpoznanie budowy przestrzennej oraz warunków panujących w złożu. W świetle uzyskanych danych stwierdzono, że złożo Paproć występuje w pułapce typu litologicznego. Skały zbiornikowe, którymi są utwory czerwonego spągowca tworzą kształt monokliny wznoszącej się w kierunku południowo-zachodnim ulegając litologicznemu wyklinowaniu.

Złoże Paproć jest złożem typu warstwowego, które jest ekranowane od góry utworami cechsztynu, natomiast dolną granicę wyznacza spąg najniższej warstwy piaskowców nasyconych gazem. Zaś w strefie skrzydłowej poziom wód podścielających występujących w głębokości – 2630 m. Serię skał kolektorowych stanowią warstwy piaskowcowo-zlepieńcowe saksonu i stropowej partii autunu. W obrębie złoża wydzielono kilka poziomów piaskowcowych w których zmienia się miąższość w znacznym przedziale. Średnia miąższość dla złoża wynosi 16,44 m (Dudek i in., 1990).

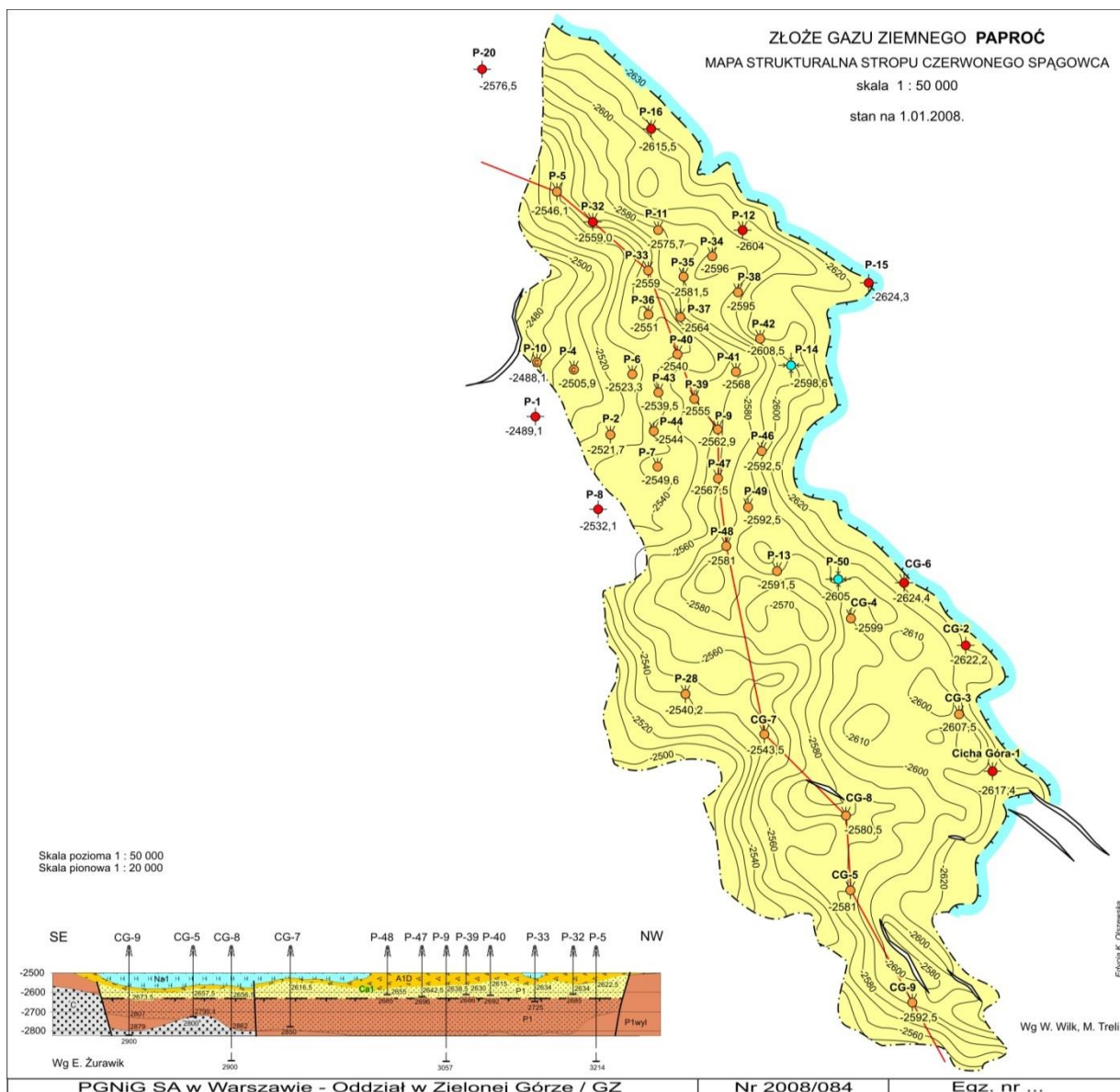


Fig. 1.1.14_59 Mapa strukturalna stopu czerwonego spągowca złoża Paproć

Porowatość i przepuszczalność

Duże zmiany litologiczne złoża mają swoje odbicie we własnościach zbiornikowych. Porowatość badana była laboratoryjnie, a także wyznaczona w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej. Uśrednione wartości dla warstw piaskowcowych zawierają się w przedziale 4,6-12,6% w zdecydowanej większości 6-9%. Średnia porowatość złoża według badań laboratoryjnych wynosi 8,71% , a według badań geofizycznych 8,44%.

Porowatość poziomów piaskowcowych czerwonego spągowca w opisywanym złożu mieści się w przedziale 4,6 – 12,6 %. Natomiast przepuszczalność od 0,1 do 56,3 mD w zależności od profili poziomów piaskowcowych dla poszczególnych odwiertów (Dudek i in., 1990).

Przepuszczalność określona na podstawie pomiarów geofizyki dla wydzielonych w profilach poszczególnych odwiertów poziomów piaskowcowych mieści się w granicach 0,1-56,3 mD, natomiast wyniki badań

laboratoryjnych w granicach 0,3-127,5 mD. Średnia przepuszczalność złoża wg. badań laboratoryjnych wynosi 38,1 mD, według pomiarów geofizycznych 20,4 mD (Dudek i in., 1990).

Tab. 1.1.14_50 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 5

PAPROĆ-5		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2621,25	0,76	0,10
2621,55	0,19	0,10
2622,25	0,18	0,10
2622,35	0,55	0,10
1622,78	0,63	0,23
2622,85	0,00	0,16
623,30	4,67	0,21
2623,75	3,89	0,10
2624,35	4,86	0,51
2624,75	3,89	0,10
2625,25	7,51	3,78
2626,65	3,97	0,34
2626,95	5,72	0,56
2627,55	7,28	0,32
2628,25	2,22	0,39
2628,65	0,19	0,10
2629,05	0,56	0,23
2629,55	2,37	0,18
2630,25	1,94	0,10
630,70	0,89	0,18
631,20	2,67	0,10
2631,75	2,07	0,18

632,20	1,48	0,17
632,70	2,25	0,50
633,10	3,75	0,13
2633,65	3,59	0,37
634,20	2,95	0,22
2634,75	0,43	0,10
635,10	3,71	0,37
635,70	1,22	0,10
636,10	0,67	0,11
2636,75	3,26	0,13
2637,25	0,37	0,10
637,60	6,77	1,18
2638,85	4,00	0,28
2639,75	0,58	0,10
640,30	0,20	0,16
2640,65	2,92	0,10
2641,25	1,70	0,10
2641,75	1,98	0,10
2642,25	0,59	0,10
2642,75	1,71	0,10
2643,75	3,27	0,14
2644,15	2,72	0,10
2644,75	2,99	0,18
2645,05	0,40	0,10
2645,75	4,26	0,35
2646,25	3,72	0,22
2646,85	2,02	0,10
2647,45	3,08	0,10
2647,75	4,65	0,10

2649,05	0,44	0,10
650,10	0,93	0,10
2650,65	2,26	0,10
2651,45	3,46	0,10
2651,75	5,20	0,10
2652,25	8,99	1,17
2652,65	2,55	1,17
2653,05	1,89	1,17
2657,05	3,24	0,10
2676,95	0,91	0,36
2677,65	4,26	0,10
2678,15	3,72	0,10
2678,65	3,54	0,10
2679,15	1,97	0,10
2679,75	3,45	0,10
2680,75	5,22	0,10
2681,05	3,96	0,10
2684,15	3,76	0,10
2684,85	4,47	0,10
2685,25	2,96	0,10
693,90	2,06	0,10
694,50	3,53	0,10
2694,85	2,09	0,10
2695,55	3,42	0,10
2695,85	2,86	0,10
2696,35	2,84	0,10
2696,75	3,36	0,10
2697,95	5,76	0,10
2748,05	2,89	0,10

2748,55	2,80	0,10
2748,95	3,18	0,10
2749,55	4,50	0,10
2750,35	3,85	0,10
2750,95	3,27	0,10
2751,25	2,30	0,10
2777,05	2,24	0,10
2777,45	4,75	1,15
2777,95	5,38	0,72
2778,55	5,10	4,09
2779,45	2,14	0,10
2780,25	1,93	0,10
2780,55	2,96	0,10
2780,85	0,00	0,10
2823,05	0,67	0,10
2823,65	0,16	0,10
2824,95	0,88	0,10
2825,45	0,20	0,10
2826,45	1,50	0,10
2884,15	0,19	0,10
2923,35	0,47	0,10
2925,95	0,76	0,10
2928,95	0,21	0,10
2964,05	0,26	0,10
2966,05	0,28	0,10
2994,05	0,26	0,10
2996,35	2,46	0,10
3039,05	2,02	0,10
3041,05	4,16	0,10

3086,05	2,89	0,10
3088,75	2,57	0,10
średnia	2,60	0,26

Tab. 1.1.14_51 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 9

PAPROĆ-9		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2640,75	3,59	2,46
2641,25	2,35	6,03
2641,75	3,84	0,89
2642,25	1,60	0,20
2642,75	0,17	1,37
2643,25	4,77	1,71
2643,75	5,46	2,05
2644,25	6,15	1,88
2644,75	4,03	2,62
2645,25	3,15	1,54
2645,75	6,86	2,74
2646,25	2,98	2,00
2646,75	5,25	3,01
2647,25	3,83	2,28
2647,75	4,56	2,11
2648,25	7,66	23,97
2648,75	3,29	1,57
2649,25	9,95	112,40
2649,75	6,95	11,74
2650,25	3,05	0,68
2650,75	4,15	1,88

2651,25	3,60	0,33
2651,75	3,94	0,68
2652,75	4,06	0,31
2653,25	5,41	1,37
2653,75	6,09	3,91
2654,25	5,51	0,44
2654,75	4,94	1,88
2655,25	11,52	122,62
2655,75	6,44	3,42
2656,25	6,57	1,47
2656,75	3,64	3,77
2657,25	12,13	37,67
2657,75	11,02	20,54
2658,25	3,37	0,51
2658,75	5,50	1,31
2659,75	13,07	102,18
2660,25	16,79	325,95
2660,75	16,93	249,89
2662,75	18,84	260,76
2663,25	14,46	325,95
2663,75	14,96	501,96
2664,25	15,72	179,27
2664,75	12,48	130,38
2665,25	12,02	358,54
2665,75	11,96	160,94
2666,75	14,06	374,84
2667,75	7,83	18,33
2668,25	6,16	1,25
2668,75	4,75	0,52

2669,25	4,94	3,64
2669,75	2,46	5,88
2670,25	5,52	0,90
2670,75	4,75	0,65
2671,25	11,57	64,22
2671,75	5,27	0,52
2672,25	6,03	1,37
2672,75	5,93	1,52
2673,25	8,67	4,73
2673,75	9,59	25,97
2674,25	9,65	7,26
2674,75	9,02	12,98
2675,25	2,97	0,31
2675,75	3,40	1,37
2676,25	7,13	4,97
2676,75	9,29	12,30
2677,25	7,70	3,90
2677,75	9,93	64,22
2678,25	9,12	10,25
2678,75	8,77	6,83
2679,25	12,38	110,09
2679,75	11,38	5,73
2680,25	12,48	54,67
2680,75	15,69	312,12
2681,25	7,42	15,03
2681,75	14,01	62,87
2682,25	9,84	60,14
2682,75	3,92	1,95
2683,25	1,89	0,40

2683,75	3,11	0,78
2684,25	3,05	0,40
2684,75	2,36	0,37
2685,25	1,87	0,60
2685,75	3,88	0,41
2686,25	2,83	0,48
2686,75	7,11	14,94
2687,25	4,45	4,66
2687,75	3,42	1,30
2688,25	2,50	1,15
2688,75	2,74	0,53
2689,25	3,65	0,39
2689,75	3,80	2,99
2690,25	5,06	1,49
2690,75	3,68	0,24
2691,25	7,30	14,94
2691,75	6,70	1,70
2692,25	5,29	6,79
2692,75	5,82	4,66
2693,25	2,90	0,52
2693,75	3,38	0,35
2694,25	1,34	0,38
2694,75	2,87	0,22
2695,25	9,17	60,59
2695,75	5,40	65,87
2696,25	1,98	0,15
2696,75	1,03	0,14
2697,25	3,83	0,20
2697,75	4,68	0,56

2699,25	5,08	1,47
2699,75	3,93	1,17
2700,25	5,55	1,19
2700,75	4,80	0,67
2701,25	5,46	1,10
2701,75	4,03	0,19
2702,25	2,03	0,47
2702,75	4,28	0,45
2703,25	4,40	0,32
2703,75	4,07	1,71
2704,25	4,31	0,41
2704,75	4,54	0,80
2705,25	4,86	2,95
2705,75	4,35	0,38
2706,25	3,88	1,00
2706,75	3,34	1,03
2707,25	4,23	0,74
2707,75	4,19	0,84
2708,75	3,55	0,53
2709,25	3,20	0,41
2709,75	2,52	0,31
2710,25	2,10	0,20
2710,75	4,50	0,18
2711,25	3,01	0,22
2711,75	6,22	0,44
średnia	6,13	33,38

Tab. 1.1.14_52 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 11

PAPROĆ-11		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2651,55	3,53	2,70
2651,95	7,36	3,38
2652,05	5,64	2,70
2652,55	12,04	2,36
2653,55	10,24	48,76
2654,05	10,19	110,68
2654,55	8,72	10,06
2655,05	9,93	15,85
2655,55	8,44	22,64
2656,05	10,59	5,40
2656,55	9,18	75,46
2657,05	7,91	25,15
2657,55	7,16	5,94
2658,05	9,26	1,24
2658,55	11,28	15,54
2659,05	8,75	15,53
2660,05	7,32	6,21
2660,55	10,94	29,03
2661,05	7,59	5,56
2661,55	5,16	0,73
2662,05	4,53	0,62
2663,05	8,62	5,42
2664,55	8,37	30,29
2665,05	4,60	0,74
2665,55	6,19	3,59

2666,05	5,58	4,06
2666,55	3,76	0,41
2667,05	2,71	0,21
2667,55	6,56	1,58
2668,05	5,68	1,81
2668,55	4,37	1,69
2669,05	9,11	5,15
2674,55	7,26	1,98
2675,05	7,05	1,84
2675,55	5,99	0,87
2676,05	5,38	0,97
2676,55	6,86	4,06
2677,05	5,19	1,73
2677,55	5,63	8,47
2678,05	7,65	2,71
2678,55	7,64	7,79
2679,05	7,92	1,56
2679,55	5,29	2,44
2680,05	5,60	3,22
2680,55	1,77	0,11
2681,55	2,16	0,96
2682,05	3,14	1,29
2682,55	5,42	2,26
2692,55	4,44	1,57
2693,05	4,83	2,39
2693,55	5,20	6,34
2694,05	4,66	21,69
2694,55	6,39	30,18
2695,05	4,42	6,64

2695,55	4,60	5,78
2696,05	3,88	5,76
2696,55	4,26	2,64
2697,05	3,93	3,02
2697,55	6,52	9,92
2698,05	2,75	3,52
2698,55	7,00	3,66
2709,55	4,65	4,53
2710,05	6,08	5,43
2710,55	3,05	1,13
2711,05	2,49	0,61
2711,55	4,56	1,38
2712,05	3,89	1,51
2712,55	3,52	1,05
2713,05	2,99	1,84
2713,55	4,12	1,51
2714,05	4,74	1,00
2714,55	5,43	3,16
2715,05	4,28	0,10
2715,55	3,37	0,60
2716,05	6,11	0,28
2716,55	3,63	0,45
2717,05	3,98	0,41
2717,55	4,39	0,85
2718,05	3,84	1,29
2718,55	3,06	0,44
2719,05	8,18	27,17
2719,55	3,15	0,20
2720,05	6,01	2,12

2720,55	7,89	4,82
2721,05	5,58	1,94
2721,55	3,95	2,83
2722,05	3,50	1,35
2722,55	4,78	2,36
2723,05	2,99	1,47
2723,55	5,21	6,62
2724,05	2,73	0,91
2724,55	3,64	6,48
2725,05	4,37	1,18
2803,55	4,98	0,12
2804,55	7,02	1,14
2805,55	7,16	0,10
2806,55	6,04	1,35
2843,55	7,32	0,58
2844,55	3,49	0,10
2845,55	8,07	0,40
2846,55	6,18	0,29
2908,05	4,68	0,22
2909,05	3,81	0,19
2910,05	3,55	0,25
2957,05	3,75	0,10
2958,05	4,37	0,10
2959,05	6,60	0,10
2960,05	5,29	0,10
2991,05	1,90	0,10
3001,55	1,51	0,10
średnia	5,34	5,45

Tab. 1.1.14_53 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 13

PAPROĆ-13		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
1666,13	1,42	0,10
2666,65	5,66	1,22
2667,05	6,57	0,72
2667,55	6,31	0,13
2668,05	7,31	0,17
2668,55	5,36	0,11
2669,05	5,09	0,21
2669,55	5,66	0,08
2670,05	7,87	1,42
2672,05	11,18	27,26
2672,55	11,42	46,82
2673,05	6,44	0,31
2673,55	5,08	0,31
2674,05	5,31	0,36
2674,55	3,81	0,48
2675,05	10,57	2,59
średnia	6,57	5,14

Tab. 1.1.14_54 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 15

PAPROĆ-15		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2708,15	12,47	14,33
2708,55	5,82	0,33
2709,05	1,76	0,11

2709,55	12,83	27,54
2710,05	4,62	0,13
2710,55	4,76	1,23
2711,05	7,05	1,12
2711,55	2,40	0,10
2712,05	12,25	22,99
2712,55	12,73	23,95
2712,95	12,40	23,95
2713,55	3,32	0,14
2714,05	1,29	0,10
2714,55	3,47	0,10
2717,55	9,39	7,40
2718,05	7,35	29,93
2720,55	14,68	287,45
2721,05	12,54	28,74
2722,55	9,58	22,35
2723,05	12,08	18,36
2723,55	11,38	29,93
2724,55	10,93	19,16
2724,75	12,45	27,54
2751,05	17,48	173,98
2751,55	18,42	249,63
2752,05	14,71	118,01
2752,55	16,58	273,43
2753,55	15,56	113,47
2754,45	15,16	204,24
średnia	10,19	59,30

Tab. 1.1.14_55 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Paproć 20

PAPROĆ-20		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2651,05	0,65	0,10
2665,05	6,78	5,51
2665,55	2,55	0,10
2666,05	7,93	4,11
2666,55	6,94	0,43
2667,05	2,25	0,19
2667,55	5,33	0,64
2668,05	2,62	0,30
2668,55	4,78	0,63
2670,05	2,64	1,15
2670,55	3,80	1,80
2671,05	3,06	1,00
2671,55	2,85	1,57
2672,05	3,30	1,88
2672,55	4,36	2,41
2674,05	4,32	1,80
2674,55	5,43	1,68
2678,05	3,81	0,25
2678,55	4,14	0,65
2682,05	6,07	2,39
2682,55	3,28	2,46
2683,05	6,91	1,80
2683,55	4,61	2,85
2684,05	3,90	2,63
2684,55	4,11	4,20

2685,05	6,14	3,60
2685,55	7,31	5,48
2686,05	8,70	0,55
2686,55	2,03	0,40
2687,05	6,40	0,41
2687,55	6,25	0,58
2688,05	4,72	0,55
2688,55	7,29	0,18
2689,05	9,94	0,21
2689,55	5,97	0,17
2690,05	7,40	0,38
2690,55	8,14	0,18
2691,05	6,56	0,15
2691,55	6,97	0,16
2692,05	5,05	0,10
2692,55	7,23	0,10
2693,05	5,29	0,10
2693,55	4,64	0,16
2694,55	8,21	0,28
2695,05	7,57	1,32
2695,55	6,42	1,64
2696,05	6,24	1,27
2696,55	5,57	0,35
2697,05	3,22	0,31
2697,55	3,56	0,55
2712,05	3,63	1,04
2734,05	5,02	0,10
2734,55	9,75	0,26
2735,05	7,16	0,17

2735,55	8,21	0,18
2736,05	9,10	0,11
2736,55	8,93	1,09
2737,55	10,28	0,18
2769,05	3,12	0,10
2769,55	6,42	0,58
2770,05	1,71	0,10
2771,05	6,31	0,90
2771,55	4,38	0,10
2772,05	5,05	0,44
2812,05	5,56	0,56
2813,05	5,44	0,27
2814,05	4,77	0,31
2815,05	4,83	0,30
2862,05	5,13	0,17
2901,05	4,97	0,10
2902,05	4,89	0,10
średnia	5,46	0,97

Tab. 1.1.14_56 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Cicha Góra 2

PAPROĆ-20		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2651,05	0,65	0,10
2665,05	6,78	5,51
2665,55	2,55	0,10
2666,05	7,93	4,11
2666,55	6,94	0,43
2667,05	2,25	0,19

2667,55	5,33	0,64
2668,05	2,62	0,30
2668,55	4,78	0,63
2670,05	2,64	1,15
2670,55	3,80	1,80
2671,05	3,06	1,00
2671,55	2,85	1,57
2672,05	3,30	1,88
2672,55	4,36	2,41
2674,05	4,32	1,80
2674,55	5,43	1,68
2678,05	3,81	0,25
2678,55	4,14	0,65
2682,05	6,07	2,39
2682,55	3,28	2,46
2683,05	6,91	1,80
2683,55	4,61	2,85
2684,05	3,90	2,63
2684,55	4,11	4,20
2685,05	6,14	3,60
2685,55	7,31	5,48
2686,05	8,70	0,55
2686,55	2,03	0,40
2687,05	6,40	0,41
2687,55	6,25	0,58
2688,05	4,72	0,55
2688,55	7,29	0,18
2689,05	9,94	0,21
2689,55	5,97	0,17

2690,05	7,40	0,38
2690,55	8,14	0,18
2691,05	6,56	0,15
2691,55	6,97	0,16
2692,05	5,05	0,10
2692,55	7,23	0,10
2693,05	5,29	0,10
2693,55	4,64	0,16
2694,55	8,21	0,28
2695,05	7,57	1,32
2695,55	6,42	1,64
2696,05	6,24	1,27
2696,55	5,57	0,35
2697,05	3,22	0,31
2697,55	3,56	0,55
2712,05	3,63	1,04
2734,05	5,02	0,10
2734,55	9,75	0,26
2735,05	7,16	0,17
2735,55	8,21	0,18
2736,05	9,10	0,11
2736,55	8,93	1,09
2737,55	10,28	0,18
2769,05	3,12	0,10
2769,55	6,42	0,58
2770,05	1,71	0,10
2771,05	6,31	0,90
2771,55	4,38	0,10
2772,05	5,05	0,44

2812,05	5,56	0,56
2813,05	5,44	0,27
2814,05	4,77	0,31
2815,05	4,83	0,30
2862,05	5,13	0,17
2901,05	4,97	0,10
2902,05	4,89	0,10
średnia	5,46	0,97

Tab. 1.1.14_57 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Cicha Góra 5

CICHA GÓRA-5		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2659,25	7,72	0,06
2660,75	18,63	305,72
2661,25	14,53	51,55
2661,75	9,85	3,57
2662,25	14,91	71,80
2662,75	10,25	0,08
2663,25	9,78	0,31
2663,75	10,40	0,31
2664,25	10,41	0,27
2664,75	10,97	0,48
2665,25	9,97	0,26
2665,75	8,89	0,08
2666,80	9,09	7,31
2673,75	8,18	0,03
2674,25	10,62	0,70
2674,75	15,27	36,19

2675,30	9,66	0,02
2675,75	10,43	0,04
2676,30	10,73	0,48
2676,75	11,21	0,04
2677,25	11,47	0,42
2677,75	13,19	1,18
2678,35	20,22	271,18
2678,75	11,43	4,96
2679,25	14,19	15,27
2679,75	11,96	12,58
2680,25	7,84	0,11
2681,25	16,03	65,47
2681,75	9,39	0,33
2682,25	10,21	0,28
2682,75	8,43	0,03
2683,75	16,83	169,20
2684,25	17,18	354,56
2684,75	10,75	0,66
2685,35	13,81	12,94
2685,75	11,30	1,36
2686,25	14,25	43,84
2686,75	14,48	19,40
2687,25	12,70	9,54
2687,75	13,43	52,67
2688,25	12,10	35,29
2688,75	10,59	1,95
2689,25	11,55	4,04
2690,25	9,21	0,07
2691,25	11,01	1,87

2691,75	11,64	2,62
2692,25	7,70	0,02
2692,75	12,16	6,77
2693,25	7,42	0,02
2694,25	8,61	0,26
2696,75	10,21	2,97
2746,05	7,75	0,03
2746,55	9,44	0,08
2794,05	8,47	0,03
2798,05	6,69	0,03
średnia	11,37	28,57

Tab. 1.1.14_58 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Cicha Góra 8

CICHA GÓRA-8		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2660,05	15,70	223,20
2660,55	9,10	0,19
2661,05	9,40	0,02
2661,60	9,60	1,50
2662,05	10,10	1,10
2662,55	10,20	0,64
2663,15	14,10	126,00
2663,55	12,90	52,90
2664,05	11,50	5,00
2664,55	17,40	349,90
2665,10	16,10	455,00
2665,60	15,80	432,80
2666,05	18,00	317,60

2666,50	18,70	377,50
2667,10	18,20	393,80
2667,45	18,00	287,10
2668,05	13,80	209,90
2668,50	17,70	634,60
2669,05	19,10	368,90
2669,50	20,60	953,10
2670,05	12,20	9,30
2670,55	17,10	412,40
2671,05	23,10	3142,30
2672,20	11,40	34,00
2672,55	13,00	9,10
2673,05	12,90	27,50
2673,60	10,60	48,50
2674,05	15,50	318,10
2674,55	14,40	41,10
2675,05	12,60	6,80
2675,55	12,20	1,60
2676,05	11,20	4,90
2677,10	11,50	4,00
2677,60	8,30	0,04
2678,05	8,30	0,04
2678,55	11,60	3,40
2679,05	9,60	0,10
2680,15	9,90	0,09
2680,55	13,50	99,10
2681,05	10,20	2,00
2681,55	8,20	0,07
2682,05	8,70	0,10

2682,55	10,10	1,10
2683,05	10,70	1,80
2683,55	11,90	3,10
2684,05	16,90	156,70
2684,55	11,40	1,90
2685,05	10,80	1,20
2685,55	15,50	400,00
2686,20	14,20	83,10
2686,55	11,90	8,70
2687,20	12,20	14,10
2687,55	10,40	1,80
2688,05	12,40	5,70
2689,05	8,90	0,13
2689,60	8,90	0,03
2690,05	7,70	0,02
2690,60	9,80	0,13
2691,05	7,80	1,80
2691,60	9,50	0,11
2692,55	9,20	0,84
2693,05	9,40	0,22
2693,55	7,70	0,02
2694,15	7,70	0,41
2695,55	8,50	0,09
2696,50	6,80	0,10
2697,15	8,30	0,07
2697,55	8,60	0,05
2698,05	8,60	0,09
2699,05	7,40	0,04
2699,55	9,30	3,30

2700,05	10,50	3,00
2700,55	16,70	437,50
2701,05	17,90	246,50
2701,50	17,40	470,10
2702,05	17,30	194,10
2702,60	16,70	71,60
2703,05	18,30	173,50
2703,55	16,40	38,40
2704,05	15,00	23,30
2704,55	10,10	6,20
2705,10	8,00	0,75
2705,55	7,60	0,70
2706,05	17,10	67,50
2706,50	11,30	2,60
2710,10	12,50	66,70
2710,10	15,80	98,30
2710,55	14,10	116,00
2711,15	13,20	36,50
2711,55	10,80	3,70
2812,05	8,60	0,02
2813,60	9,70	0,02
2814,55	10,50	0,05
2815,05	9,50	0,02
średnia	12,34	128,71

Tab. 1.1.14_59 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Cicha Góra 9

CICHA GÓRA-9		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2674,55	4,98	0,02
2675,05	9,88	3,15
2675,55	8,88	0,02
2676,10	6,29	0,10
2676,45	4,64	0,04
2677,05	13,69	31,71
2677,55	12,53	30,92
2678,05	10,77	7,95
2681,10	6,36	0,02
2681,50	11,77	15,00
2682,05	13,28	37,18
2682,60	10,06	1,38
2683,05	11,26	5,03
2683,50	14,78	54,24
2684,05	12,20	29,81
2684,50	10,91	2,46
2685,05	11,91	5,89
2685,50	11,30	4,03
2686,05	10,40	2,16
2686,50	12,84	9,91
2687,05	10,62	1,36
2687,50	9,05	0,51
2688,05	7,69	0,26
2688,50	8,31	0,32
2689,05	9,36	3,06

2689,55	6,82	0,04
2690,05	8,54	0,24
2690,50	9,42	0,47
2691,55	6,97	0,02
2692,05	6,61	0,03
2693,05	7,57	0,04
2693,50	9,07	1,55
2694,05	11,22	59,29
2694,45	7,18	0,04
2697,60	7,93	0,14
2700,05	7,93	0,03
2701,05	8,79	0,06
2710,60	8,33	0,20
2711,05	7,21	0,08
2712,65	7,21	0,03
2713,05	7,65	0,04
2716,05	9,87	0,16
2757,05	8,74	0,19
2758,55	7,74	0,03
średnia	9,29	7,03

Złoże Sątopy

Złoże gazu ziemnego Sątopy jest złożem typu masywowego, zostało odkryte w 1978 roku otworem Sątopy, 1 z którego uzyskano przyptyw gazu. Znajduje się ono w utworach saksonu reprezentowanych przez piaskowce (drobnoziarniste, jasno szare, niewarstwowane) twarde, zbite o spoiwie węglanowym. Natomiast nieco głębiej znajdują się piaskowce szare i ciemno-szare o spoiwie ilasto-węglanowym, mniej zwarte, porowate, niewarstwowane lub warstwowane skośnie.

Mięszość serii gazonośnej jest niewielka i wynosi zaledwie około 4 m przy całkowitej wysokości złoża 10 – 13 m. Granice złoża określa w strefie gazonośnej woda podścielająca występująca na głębokości – 2762 m, a jej zasięg w planie wyznacza w profilu poprzecznym kontur gaz – woda, w podłużnym zaś zmiany litologiczne (Dudek i in., 1990).

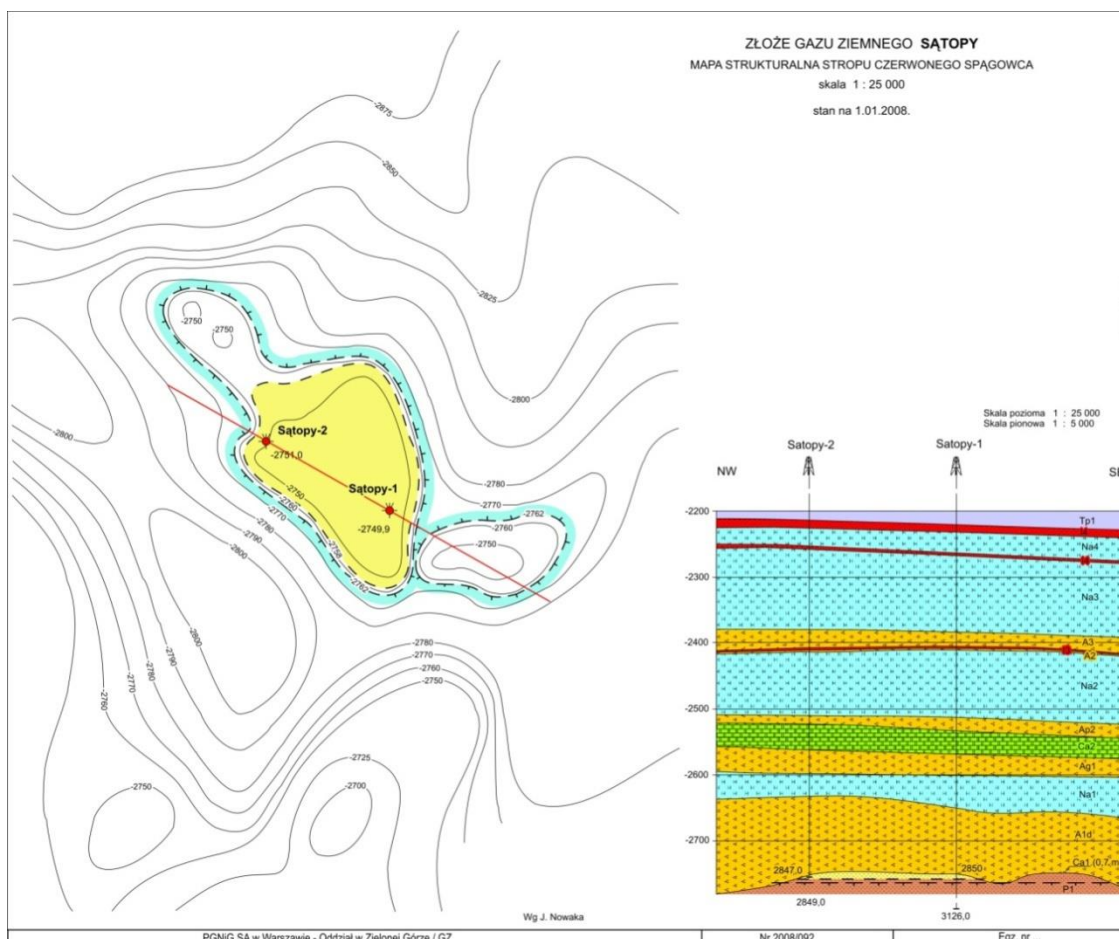


Fig. 1.1.14_60 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Satory

Porowatość i przepuszczalność

Porowatość piaskowców stanowiących skałę zbiornikową dla całego złoża określono na poziomie 11,20 %, natomiast przepuszczalność opisywanego kolektora wynosi około 114,20 mD (Piesik, 2004). W **Tab.1.1.14_60 – Tab. 1.1.14_61** zebrano wyniki z badań laboratoryjnych przeprowadzonych na rdzeniach wiertniczych. Jak można zauważyć odwiert Satory 1 posiada znacznie lepsze właściwości od odwiertu Satory 2. W żadnym z odwiertów nie nawiercono stropu karbonu.

Tab. 1.1.14_60 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Satory 1

SĄTOPY-1		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2850,35	1,08	0,08

1850,78	1,29	0,17
1851,28	1,03	0,16
1851,78	2,69	0,16
1852,28	3,16	0,61
1852,78	2,23	0,33
1853,28	3,08	0,37
1853,78	2,97	0,55
1854,28	1,80	0,31
2855,05	9,83	29,03
2856,05	8,55	58,06
2856,75	8,43	58,06
2857,05	6,60	40,64
2857,75	5,70	89,41
2858,05	10,01	81,28
2858,75	10,92	270,93
2861,05	14,04	298,02
2861,75	9,96	195,07
2869,55	14,46	89,41
2870,25	14,52	121,92
2870,55	14,21	97,54
2871,25	14,60	203,20
2871,55	14,68	89,41
2872,25	15,36	162,73
2872,55	14,07	48,77
2873,25	11,92	149,01
2873,55	13,11	99,34
2874,25	13,11	325,12
2874,55	15,66	298,02
2875,25	13,58	108,37

2875,55	13,40	65,02
2876,25	14,24	139,34
2876,55	15,31	298,02
2877,25	14,46	127,72
2877,55	14,64	162,56
2878,25	12,61	48,77
2878,55	15,02	195,07
2879,25	14,03	298,02
2879,55	14,18	176,11
2880,25	13,40	58,06
2880,55	13,85	89,41
2881,25	14,42	81,28
2881,55	14,38	223,52
2882,25	14,52	139,34
2882,55	14,35	325,12
2883,25	15,90	195,07
2883,55	16,75	178,81
2884,25	17,35	178,81
2884,55	16,41	178,81
2885,25	13,94	162,56
2885,55	15,59	178,81
2886,25	15,78	178,81
2886,55	15,89	135,61
2887,25	15,46	270,93
2951,05	16,47	89,41
2951,75	17,08	178,81
2952,05	17,20	298,02
2952,75	16,59	270,93
2953,05	16,92	223,52

2953,75	16,60	223,52
2954,05	17,16	575,64
2954,75	17,12	298,03
2955,05	13,86	116,24
2955,75	17,78	298,02
2956,05	18,54	298,02
2956,75	15,47	137,29
2957,05	13,79	89,41
2958,05	18,33	298,02
2958,75	17,25	431,73
średnia	12,73	156,93

Tab. 1.1.14_61 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Sątopy 2

OTWOR: SAŁOPY-2		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2846,85	0,18	0,05
2847,25	0,43	0,33
2848,25	11,24	5,06
2848,75	7,91	8,10
2848,95	4,90	5,89
średnia	4,93	3,89

Złoże Kopanki

Struktura Kopanki w stropie utworów czerwonego spągowca jest jednym z wyniesionych elementów położonych wzdłuż ciągu struktur o kierunku NW-SE, na którym występują również takie struktury jak: Sątopy, Bukowiec i Grodzisk.

Struktury te oddzielone są strefą obniżień w stropie utworów czerwonego spągowca od następnego ciągu podniesień strukturalnych położonego na SE: Biała Wieś – Słocin – Ujazd. Wyraźne obniżenia zaznaczają się także w kierunku poprzecznym do wspomnianego powyżej. Obniżenia te oddzielają od siebie poszczególne elementy strukturalne takie jak Sątopy, Kopanki, Porążyn, Bukowiec i Grodzisk.

Z tymi poprzecznymi kierunkami (NE – SW) związany jest w rejonie dokumentowanego złoza plan strukturalny dolomitu głównego. Według aktualnego rozpoznania sejsmicznego oś struktury w stropie dolomitu głównego biegnie wzdłuż linii projektowanych otworów Kopanki 6 – Kopanki 7 z kulminacją w rejonie otworu Kopanki 2.

Struktura Kopanki składa się z dwóch kulminacji: zachodniej i wschodniej. Kulminacja zachodnia zamknięta jest izobata stropu czerwonego spągowca – 2725 m, i jest oddzielona od kulminacji wschodniej niewielkim przegłębieniem poniżej tej głębokości.

Najważniejszym dowodem na istnienie omawianego przegłębienia są różne warunki akumulacji gazu ziemnego w obrębie obydwu kulminacji, a przede wszystkim różnice w położeniu poziomym wody podścielającej i w składzie chemicznym gazu ziemnego.

Kulminacja wschodnia ma znacznie mniejsze rozmiary niż kulminacja zachodnia. Jest ona zamknięta izobata – 27115 m, pokrywającą się z głębokością zalegania poziomu wody podścielającej. Szczytowa partia tej kulminacji znajduje się nieco na południe od odwierconego otworu Bukowiec 9.

Złoże gazu ziemnego „Kopanki” zakumulowane jest w stropowej partii piaskowców czerwonego spągowca, a ściśle rzecz biorąc w tzw. białym spągowcu zaliczanym częściowo już do cechsztynu. Są to piaskowce o barwie jasno-szarej i szarej w samym stropie /1m/ twarde, mocno zwięzłe o beładnej teksturze, niżej piaskowce są słabo zwięzłe, drobnoziarniste, uławiczone pod kątem 5° – 20° . Pod względem litologicznym oraz własności zbiornikowych jest to utwór jednorodny.

Jedynie stropowy 1 m posiada gorsze własności kolektorskie. Miąższość tej serii stwierdzono w otworze Bukowiec 2 wynosi około 40 m, a w otworze Bukowiec 9 60 m. Piaskowce szare ku spągowi przechodzą w piaskowce brunatne i ceglaste, drobnoziarniste o spoiwie żelazisto – ilastym.

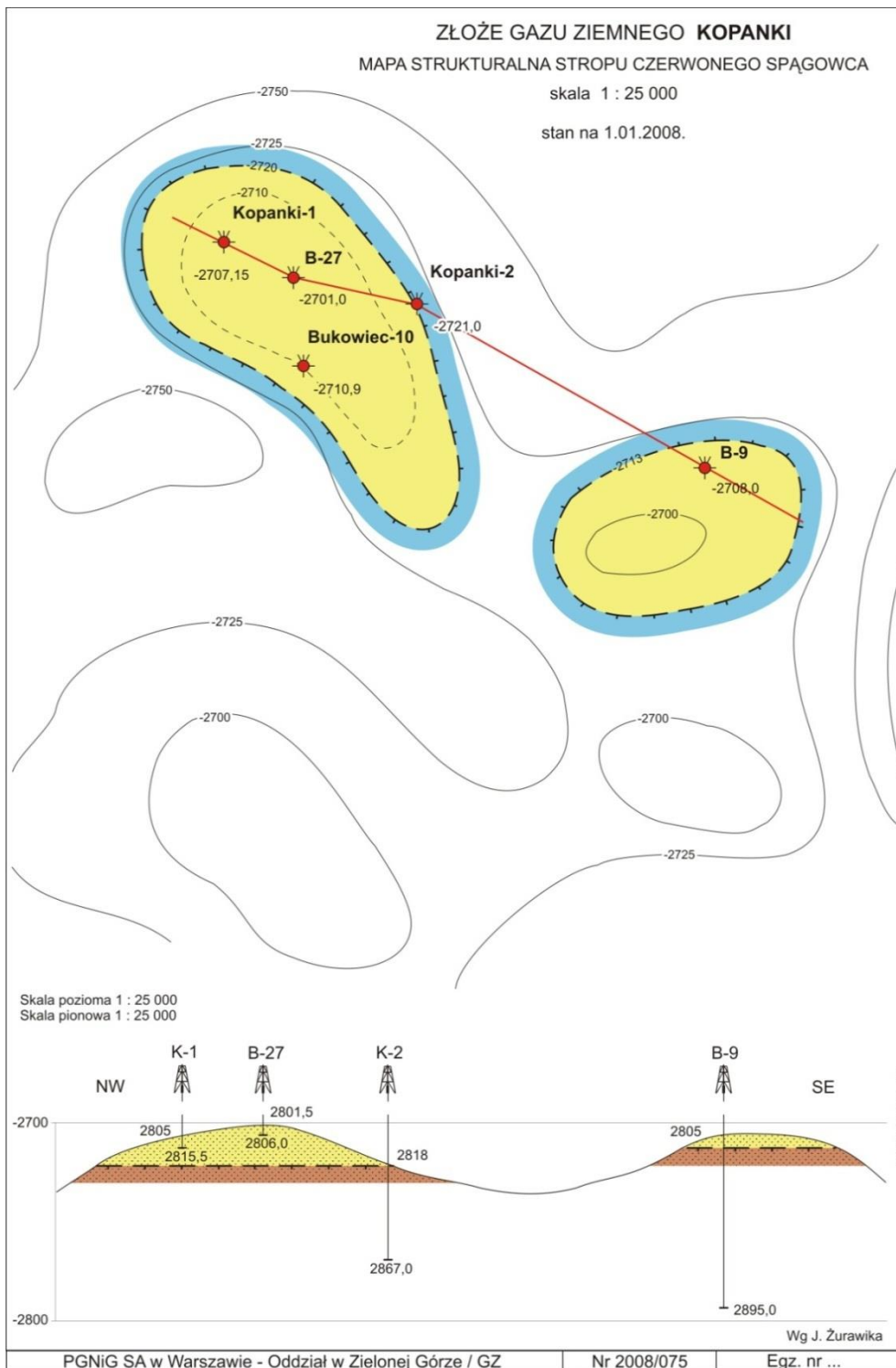


Fig. 1.1.14_61 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Kopanki

Porowatość przepuszczalność

Własności zbiornikowe dla kulminacji W określono na podstawie analiz laboratoryjnych rdzeni z otworu Bukowiec 10, a dla kulminacji E z otworu Bukowiec 9. Średnia porowatość według oznaczeń laboratoryjnych dla piaskowców z otworu Bukowiec 10 wynosi 14,22 %, przepuszczalność 386,41 mD. Porowatość oznaczona dla tego samego interwału metodami geofizyki wiertniczej wynosi 14 %.

W otworze Bukowiec 9 średnia porowatość dla interwału złożowego oznaczona laboratoryjnie wynosi 12,44 %, przepuszczalność 135,34 mD. Na podstawie badań geofizyki wiertniczej porowatość z interwału złożowego w dużym przybliżeniu określono na około 20.

Tab. 1.1.14_62 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Kopanki1

KOPANKI-1		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2809,55	9,16	26,03
średnia	9,16	26,03

Tab. 1.1.14_63 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Kopanki 2

KOPANKI-2		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2600,15	2,97	0,37
2600,55	4,27	0,22
2602,25	2,92	0,08
2602,85	4,81	0,11
2603,15	3,17	0,12
2603,65	3,16	0,26
2604,15	4,38	0,36
2604,65	3,15	0,10
2605,15	8,00	1,13
2605,55	8,24	1,32
2606,15	8,62	0,36

2606,75	2,02	0,99
2607,15	6,11	0,28
2607,75	15,84	21,40
2608,15	6,13	1,47
2608,75	14,78	17,10
2609,15	1,82	0,07
2609,65	2,77	0,28
2610,15	6,95	0,87
2610,55	7,56	0,87
2611,15	7,93	1,13
2611,75	10,18	3,22
2612,15	7,16	0,79
2612,65	7,91	1,27
2613,15	8,42	1,24
2613,85	7,39	1,44
2614,15	5,85	0,24
2614,45	5,68	0,18
2615,15	9,04	1,08
2615,85	9,46	1,80
2616,35	8,34	1,13
2616,75	7,22	0,39
2617,15	6,49	0,17
2617,65	6,21	0,31
2618,15	6,97	0,36
2618,55	7,97	0,40
2619,15	8,10	0,39
2619,65	3,28	0,14
2620,15	9,44	0,10
2620,65	1,96	0,08

2621,15	4,46	0,20
2621,65	2,76	0,18
2622,15	4,61	0,17
2622,55	4,73	0,09
2623,35	5,40	0,33
2623,85	5,75	0,31
2624,15	3,83	0,10
2624,65	7,34	0,57
2625,15	3,31	0,13
2625,55	2,25	0,11
2626,15	4,41	0,14
2626,55	4,21	0,13
2627,15	5,78	0,28
2627,55	5,66	0,31
2628,15	7,63	0,72
2628,65	4,40	0,27
2629,15	4,07	0,12
2629,55	5,22	0,36
2630,15	8,92	1,14
2630,45	9,67	0,40
2631,15	8,04	1,45
2631,45	7,00	0,57
2632,75	4,68	0,40
2633,15	13,84	3,41
2633,55	11,48	1,61
2634,15	14,49	2,02
2634,75	9,71	1,53
2635,15	7,37	0,40
2635,65	4,64	0,33

2636,15	3,64	0,12
2636,55	3,68	0,17
2638,15	5,95	0,18
2638,65	8,09	4,04
2639,15	6,30	0,15
2639,75	3,23	0,07
2817,25	0,84	0,05
2819,15	9,55	1,00
2819,55	13,39	41,14
2820,15	13,66	68,56
2820,65	12,66	34,28
2821,15	13,14	51,42
2862,15	12,14	12,11
2862,55	8,01	1,61
2863,15	10,88	9,69
2863,55	14,50	42,85
2864,15	13,49	61,71
2865,15	5,84	41,14
2865,65	11,65	29,38
średnia	7,03	5,47

Złoże Porążyn

Złoże Porążyn zostało odkryte w 1977 roku otworem Porążyn 1, w którym strefę gazonośną na podstawie pomiarów geofizycznych wydzielono w głębokości 2828 – 2836 m. Drugim otworem, który uzyskał przyptyw gazu był Porążyn 2A, eksploatację tego złoża rozpoczęto w styczniu 1984 roku. Złoże Porążyn posiada formę brachyantykliny w którym kolektorem jest czerwony spągowiec. Wysokość całkowita złoża wynosi około 23 m, natomiast miąższość efektywna jest w granicach 6 – 8 m. Górną granicę złoża stanowi powierzchnia stropu czerwonego spągowca o powierzchni tylko ok. 3,6 km²(Dudek i in., 1990). W lewym dolnym rogu mapki można zauważyć także zarys stropu sąsiedniego złoża, jakim są Kopanki. Leży ono nieopodal przedstawionej formacji i dzieli się na dwie główne kumulacje: wschodnią i zachodnią.

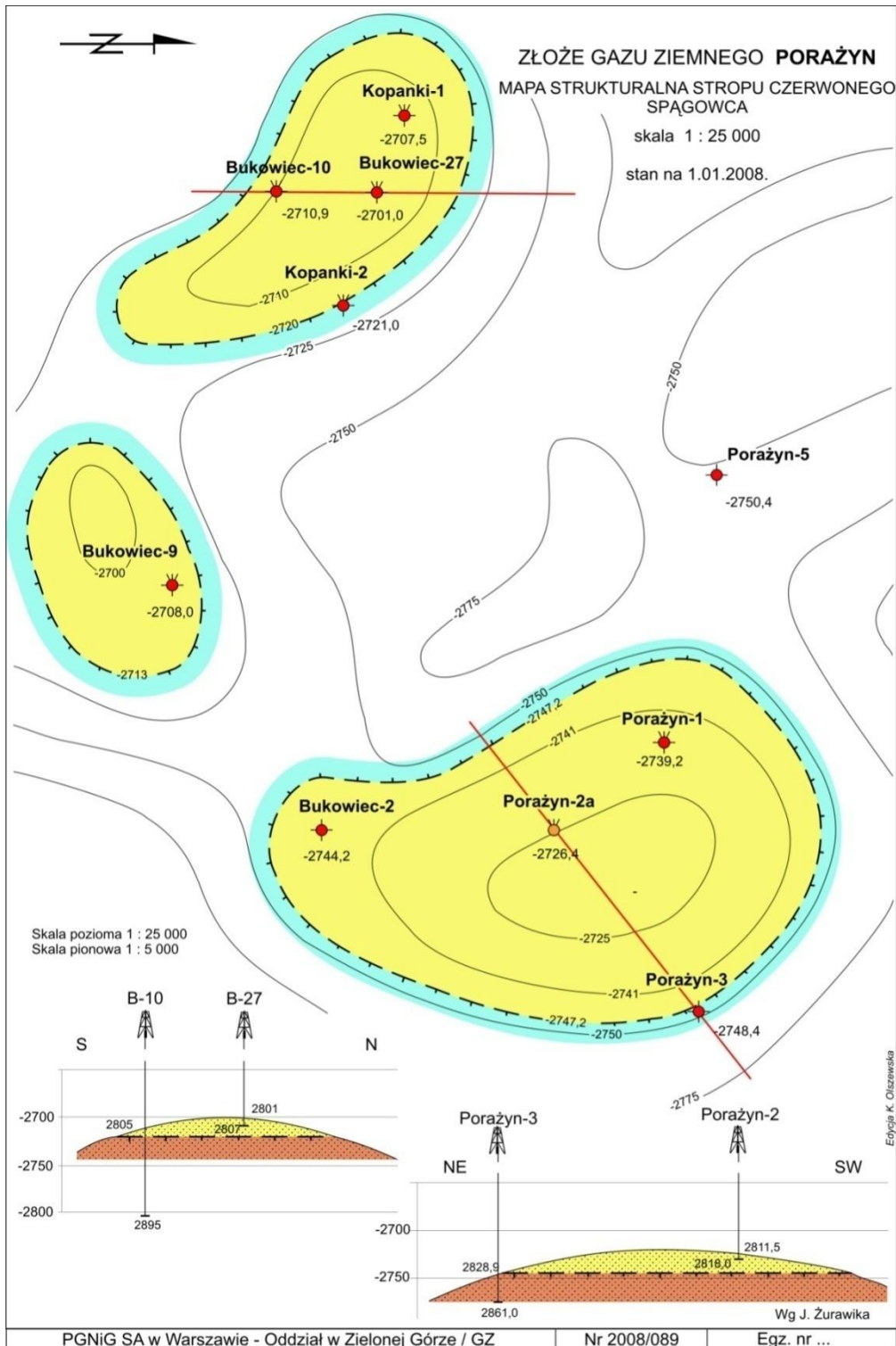


Fig. 1.1.14_62 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Porażyn

Porowatość przepuszczalność

Skałami zbiornikowymi Porażynu są piaskowce jasno szare i szare, drobno i średnioziarniste, kwarcowe z niewielką ilością skaleni. Posiadają one teksturę bezładną, do przekątnie warstwowanej. Spoiwo piaskowców jest anhydrytowo – węglanowe, obfite w partii stropowej (co powoduje obniżenie porowatości i przepuszczalności), natomiast głębiej zalegające piaskowce posiadają znacznie mniejszą ilość tego spoiwa co powoduje znaczną poprawę parametrów złożowych (Dudek i in., 1990).

Średnia porowatość dla całego złoża Porażyn wynosi około 12,51 %, natomiast przepuszczalność 78,4 mD. Poniżej w **Tab.1.1.14_64 - 1.1.14_66** przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych próbek rdzeni dla złoża Porażyn.

Tab. 1.1.14_64 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Porażyn 2A

PORAŻYN-2A		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2811,55	10,52	9,52
2811,85	16,66	54,96
2812,15	10,77	20,25
2812,45	13,03	29,59
2812,65	10,12	6,41
2812,85	15,41	83,94
2813,05	7,50	7,54
2813,45	13,46	10,29
2813,65	12,82	48,09
2813,85	14,23	160,30
2814,05	12,14	15,08
2814,35	14,92	19,24
2814,65	14,23	19,24
2814,85	13,94	24,05
2815,15	16,72	146,89
2815,45	14,23	160,30
2815,65	16,49	174,87

2815,85	17,52	218,83
2816,05	17,16	320,62
2816,35	15,09	22,62
2816,65	11,93	27,41
2816,85	12,50	96,18
2817,05	15,82	192,36
2817,35	15,34	48,09
2817,65	15,19	120,23
średnia	13,91	81,48

Tab. 1.1.14_65 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Porążyn 3

PORAŻYŃ-3		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2828,75	0,53	0,12
2829,15	1,49	0,20
2829,65	4,05	0,75
2830,15	3,47	3,48
2830,65	3,51	2,06
2831,15	8,37	16,79
2831,65	8,33	5,88
2832,15	6,32	6,30
2832,65	4,98	1,12
2833,15	5,27	3,12
2833,65	11,46	32,98
2836,15	10,77	39,32
2836,65	9,04	21,45
2837,15	12,23	9,23
2837,55	11,21	9,23

średnia	6,74	10,13
----------------	-------------	--------------

Tab. 1.1.14_66 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Porażyn

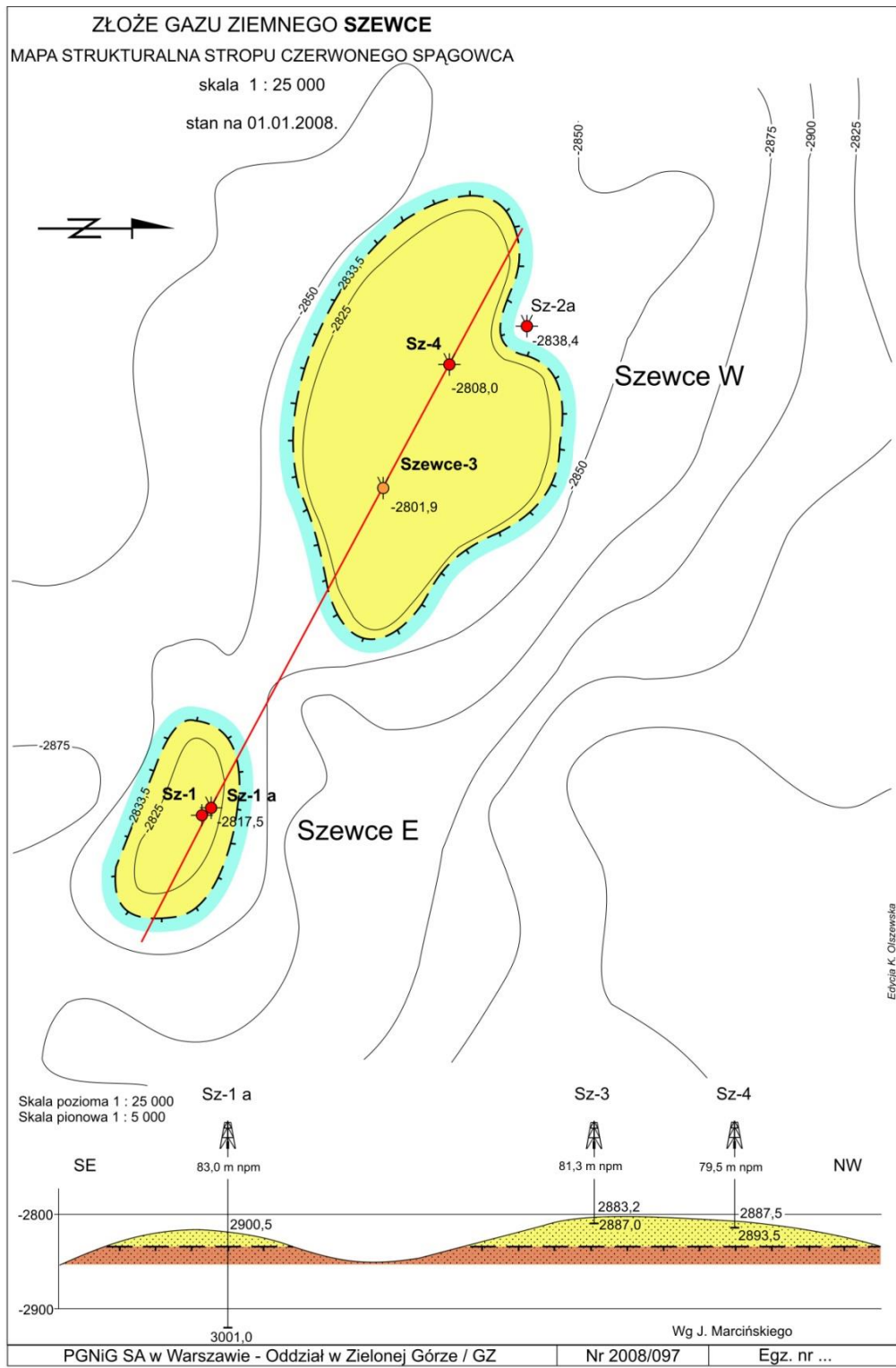
PORAŻYN-5		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2848,55	10,44	19,38
2856,95	8,52	14,52
2887,05	3,98	11,27
2887,45	7,58	11,27
2888,45	7,95	9,83
2888,85	8,36	6,44
2889,05	8,77	6,44
2889,55	9,86	10,27
2890,55	11,16	26,63
2890,45	8,51	9,01
2892,05	6,86	4,60
2892,55	5,82	1,82
2894,55	14,74	24,59
średnia	8,66	12,00

Złoże Szewce W, Szewce E

Złoże Szewce E i Szewce W zlokalizowane są w północnej części omawianego obszaru, zakumulowane są w utworach stropowych czerwonego spągowca w centralnej części niecki poznańskiej. Serię ekranującą stanowią ewaporaty cechsztynu. Złoże mają charakter masywowy i są od dołu ograniczone poziomem wody podścielającej.

Struktura Szewce W jest jedną z dwóch kulminacji w obrębie wydłużonego nosa strukturalnego. Ma kształt nieregularnego owalu, którego dłuższa oś ma długość 2,5 km natomiast krótsza 1450 m. Zamknięta jest izohipsą -2833,5m wyznaczającą poziom wody podścielającej.

Struktura Szewce E jest drugą, mniejszą kulminacją, która ma kształt dość regularnego owalu. Dłuższa oś o długości 1100m. natomiast krótsza niemal południkowa około 600m. Kulminacja ta podobnie jak Szewce E zamknięta jest izohipsą -2833,5m. wyznaczającą również poziom wód podścielających.



Erycja K. Olszewska

Fig. 1.1.14_63 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Szevence.

Porowatość przepuszczalność

Serią zbiornikową dla gazu ziemnego złóż Łągwy-Szewce W i E są piaskowce drobno i średnioziarniste przystropowej części czerwonego spągowca. Seria złożowa według badań w otworze Łągwy 1 wykazuje dużą zmienność własności kolektorskich.

Tab. 1.1.14_67 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Szewce 1A

OTWOR: SZEWCY-1A		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2900,55	1,32	0,31
2900,80	8,00	7,49
2901,00	10,31	9,81
2901,30	7,92	25,70
2901,55	12,29	19,62
2901,80	10,02	70,20
2902,00	10,29	73,13
2902,30	10,44	42,90
2902,70	13,27	87,75
2902,85	12,29	39,24
2903,00	14,33	58,50
2903,40	13,71	64,35
2903,65	14,96	64,35
2904,00	13,07	85,31
2904,30	14,15	134,06
2904,40	15,53	175,50
2909,10	12,72	9,81
2928,55	17,79	87,75
2928,80	18,48	160,88
2929,10	16,25	35,10
2929,40	18,27	146,25

średnia	12,64	66,57
----------------	--------------	--------------

Tab. 1.1.14_68 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Szewce 4

OTWOR: SZEWCY-4		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2887,85	3,66	63,01
2889,55	11,41	14,10
2890,25	10,91	8,22
2890,85	10,25	19,74
2891,45	9,26	3,29
2891,95	8,87	6,17
2892,55	9,06	6,30
2893,35	6,88	2,21
średnia	10,61	33,59

Złoże Piekary

To niewielkie złoże zostało odkryte w latach 80-tych, a eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Jednak od samego początku wraz z gazem wydobywano duże ilości wody. Znajduje się ono na północ od złoży Niemierzyce i w kierunku zachodnim od złoży Stęszew. Umiejscowione jest na nim tylko kilka odwiertów, z czego żaden z nich nie nawiercił stropu karbonu. Powierzchnia tego złoży wynosi zaledwie 1,16 km² i występuje w obrębie kopuły zbudowanej z utworów saksonu na głębokości około 2940 m. Jest to złoże o charakterze masywowym w którym kolektorem gazonośnym są piaskowce szare, drobnoziarniste, przechodzące ku spągowi w średnioziarniste o spoiwie ilastym, słabo zwięzłe (Dudek i in., 1990).

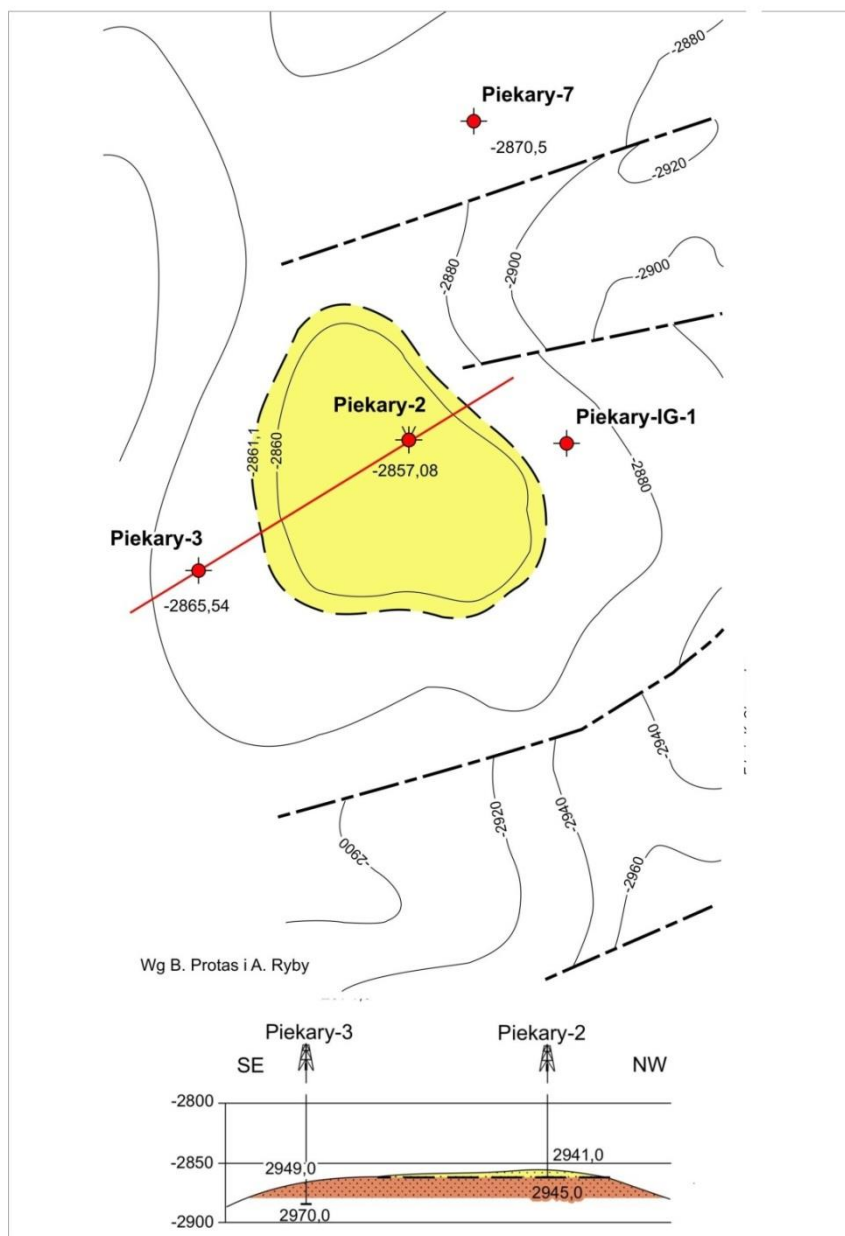


Fig. 1.1.14_64 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Piekary

Porowatość przepuszczalność

Piaskowce budujące skałę zbiornikową złoża Piekary charakteryzują się dobrą porowatością, na poziomie 16 %, a także przepuszczalnością, około 18,20 mD (Warnecki, 2008), pomimo, że wysokość złoża to zaledwie 4 m. Jednakże średnie wartości zarówno porowatości jak i przepuszczalności różnią się w znacznym stopniu pomiędzy poszczególnymi otworami. A dokładnie średnią wartością z badań laboratoryjnych rdzeni pobranych z interwału kolektora P1. Różnica ta wynika z struktury otrzymanych rdzeni, gdyż w niektórych przypadkach uległy one zniszczeniu w czasie badań i to spowodowało zaniżenie określanych wartości. Złoże ograniczone jest w części stropowej warstwą ekranującą anhydrytu oraz wapieni cechsztyńskich, natomiast granica gaz – woda wyznaczona została w głębokości – 2861,1 m (Dudek i in., 1990).

Tab. 1.1.14_69 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Piekary 3

PIEKARY-3		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2770,55	1,49	0,02
2783,85	5,02	0,03
2784,45	0,70	0,23
2962,15	15,48	18,37
2962,25	16,26	131,66
2962,35	17,46	32,24
2962,45	18,26	63,19
średnia	10,67	35,10

Tab. 1.1.14_70 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Piekary 7

PIEKARY-7		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2953,55	18,32	0,00
2954,05	17,71	67,92
2956,05	18,83	147,34
2956,55	16,49	345,55
2957,05	15,71	160,73
2958,05	19,43	93,06
2959,05	19,20	221,01
2959,55	18,64	265,21
2961,55	18,92	70,72
2962,05	18,15	208,01
2962,55	19,77	294,67
2963,55	19,09	294,67

2964,55	17,45	37,56
2965,05	19,84	160,73
2965,55	16,12	136,16
2966,05	9,82	136,16
2966,55	15,20	86,39
2967,05	16,01	56,31
2967,55	17,04	104,00
2968,05	18,31	221,01
2968,55	18,73	176,81
2969,05	17,00	272,01
2969,55	17,80	93,06
2970,05	15,08	17,50
2970,55	15,96	186,11
2971,55	15,55	29,64
2972,05	16,62	31,28
2974,05	20,44	34,23
2974,55	19,28	206,70
2975,05	17,84	265,49
2975,55	15,31	35,41
2976,05	18,03	250,99
2976,55	19,40	234,25
2977,05	18,19	219,61
2977,55	18,55	234,25
2978,05	16,51	104,48
2979,05	18,59	383,32
2979,55	19,11	172,22
2980,05	16,51	104,48
2980,55	20,57	439,23
2981,55	18,33	81,59

1982,06	18,21	540,59
2983,05	19,91	382,59
3483,55	20,51	455,42
2984,05	20,46	485,78
2984,55	19,31	234,15
2985,05	18,96	150,36
2985,55	19,45	118,47
2986,55	18,73	135,75
2987,05	20,31	382,59
średnia	17,98	195,21

Złoże Niemierzyce

Złoże to leży w północnej części niecki poznańskiej, niedaleko złoża Grodzisk i na wschód od złoża Strzępiń. Podobnie jak kilka wcześniej opisywanych złóż posiada niewielką powierzchnię 1,04 km², a jego eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Złoże gazu Niemierzyce rozpoznano pod względem geologicznym czterema odwiertami, z tym, że tylko odwiert Niemierzyce 1 uzyskał przyptyw gazu. Odwiert Niemierzyce 3 nawiercił na granicy konturu woda-gaz uzyskując w trakcie prób bardzo mały przyptyw gazu. Natomiast odwierty Niemierzyce 2 i 4 znalazły się całkowicie poza konturem (Dudek i in., 1990).

Złoże to jest typu masywowego, którego granicę stanowią, w strefie stropowej skały nadkładu (anhydryty, wapień cechsztyński, łupek miedzionośny), natomiast w strefie spągu kontur gaz – woda znajdujący się na głębokości – 2776,5 m. Skała kolektora zbudowana jest z piaskowców szarych i blado różowych, niezbyt zwięzłych o spoiwie ilasto-żelazistym, miejscami wapnistym. W spągu występują piaskowce ceglasto-czerwone, drobnoziarniste, mało zwięzłe. Wysokość złoża jest dość duża w stosunku do złóż sąsiadujących i wynosi 19,5 m, natomiast miąższość efektywna skał zbiornikowych wynosi maksymalnie 10,5 m gdyż występują tu partie pozbawione cech kolektorskich (Dudek i in., 1990).

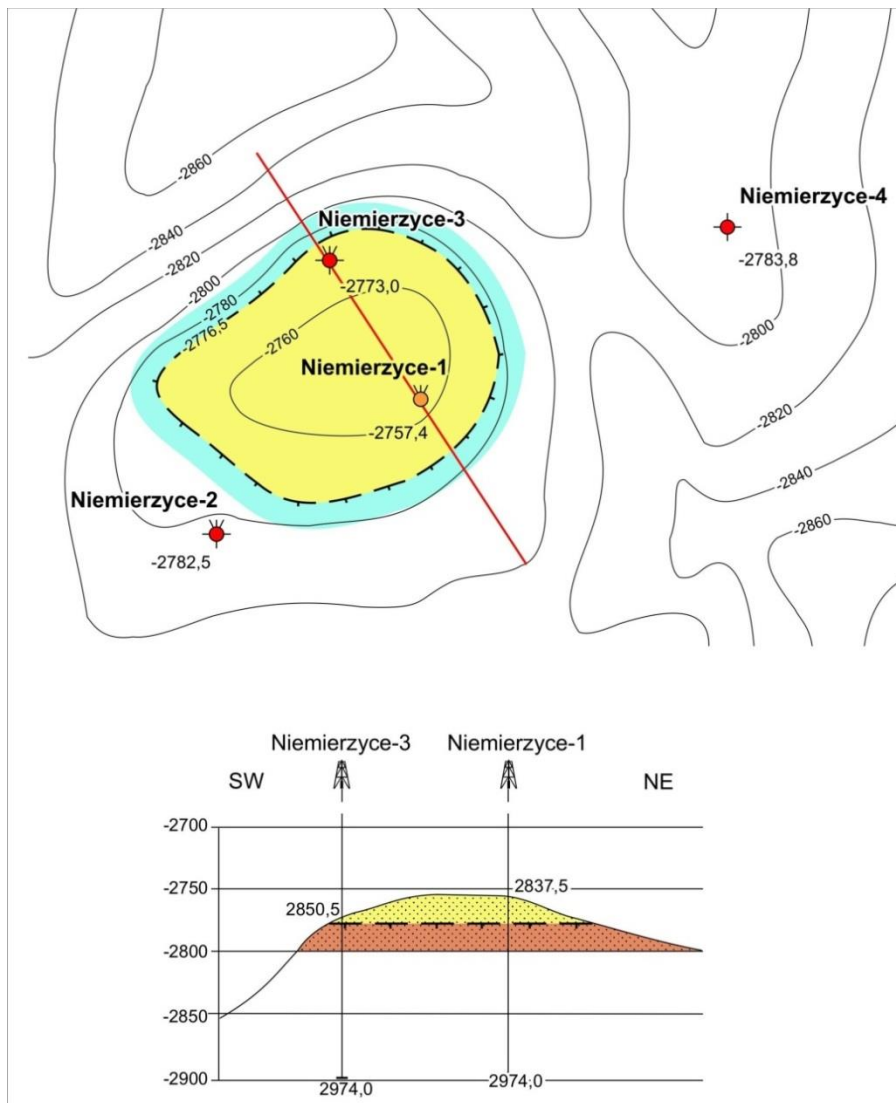


Fig. 1.1.14_65 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Ciemierzycze.

Porowatość i przepuszczalność

Porowatość jaka została obliczona dla całego złoża wynosi około 10,70 %, natomiast przepuszczalność kształtuje się na poziomie 12,30 mD. Wyniki badań laboratoryjnych porowatości i przepuszczalności jakie zostały wykonane na pobranych rdzeniach z odwiertów Niemierzyce 1 i 4 zamieszczone w **Tab.1.1.14_71 - 1.1.14_72**. Są to wyniki badań rdzeni z głębokości kolektora P1. W niektórych przypadkach w czasie badań próbka uległa zniszczeniu i nie określono jej parametrów, co może powodować obniżenie wyników. Różnice wartości pomiędzy tymi dwoma odwiertami mogą wynikać z tego, że jeden odwiert jest umiejscowiony w złożu, a drugi znajduje się poza strefą złożową.

Tab. 1.1.14_71 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Niemierzyce 1

NIEMIERZYCE-1		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2839,05	8,81	0,00
2841,55	3,85	0,11
2842,05	3,61	0,37
2843,05	2,93	0,09
2843,55	2,86	0,07
2844,05	3,42	0,08
2844,55	2,93	0,06
2845,05	2,09	0,05
2846,05	2,02	0,07
2846,55	1,74	0,05
2847,05	4,62	0,52
2847,55	2,54	0,10
2848,05	4,81	1,04
2848,55	4,46	0,10
2849,05	4,72	0,96
2851,55	3,64	0,08
2852,05	3,11	0,10
2852,55	3,21	0,14
2853,05	2,93	0,18
2857,55	3,84	0,11
2858,05	3,95	0,18
2858,55	3,71	0,17
2863,05	4,60	0,25
2863,55	3,26	0,31
2864,55	2,21	0,05

średnia	3,59	0,22
----------------	-------------	-------------

Tab. 1.1.14_72 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Niemierzyce 4

NIEMIERZYCE-4		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2866,05	8,46	0,34
2866,75	18,53	420,06
2867,05	21,76	420,06
2867,75	17,91	323,12
2868,05	11,14	0,96
2888,65	17,08	344,08
2889,65	14,26	103,22
2890,15	15,07	156,30
2890,65	9,03	1,18
2891,65	18,13	142,09
2893,15	9,34	36,93
2933,65	10,89	74,04
2934,15	7,33	0,36
2934,65	8,64	0,85
2935,15	8,56	0,32
2935,65	11,77	121,21
2936,15	9,01	0,85
2954,15	15,15	144,75
średnia	12,81	127,26

Złoże Strzępiń

Złoże to znajduje się nieopodal złoży Niemierzyce oraz Grodzisk, zostało odkryte w 1982 roku otworem Strzępiń 1, w którym nawiercono utwory czerwonego spągowca – saksonu na głębokości 2837,5 m. Eksploatację rozpoczęto w lipcu 1987 roku. Jest to złoże o bardzo małej powierzchni, bo 0,39 km² w którym

akumulacja gazu występuje w przystropowej, bardzo cienkiej partii utworów saksonu budujących niewielkie płaskie wyniesienie. Złoże jest typu masywowego, o wysokości zaledwie 4,5 m przy czym sama pułapka ma ponad 20 m wysokości (Piesik, 2004).

Górną granicę złoże stanowi strop czerwonego spągowca ekranowany od góry warstwami nieprzepuszczalnymi anhydrytu oraz wapienia cechsztyńskiego z domieszkami łupku miedzionośnego. Dolną granicę określa kontur gaz – woda wyznaczony w głębokości – 2764,5 m.

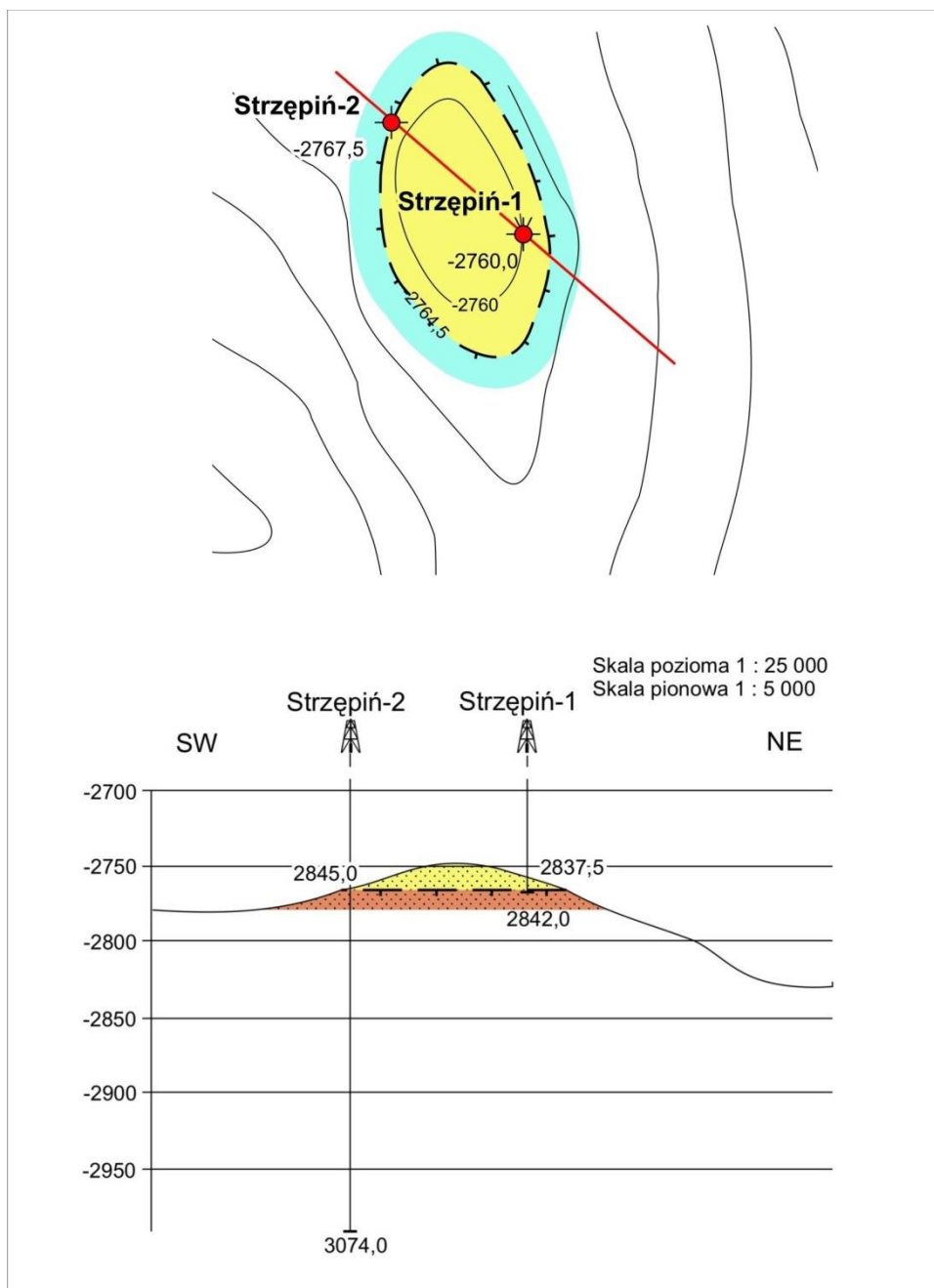


Fig. 1.1.14_66 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoże Strzępiń

Porowatość przepuszczalność

Na skały budujące kolektor złoża składają się piaskowce jasno szare, drobnoziarniste z odcieniem różowym, o spoiwie ilastym z domieszką wapnistego, bez wyraźnego warstwowania. Skały zbiornikowe charakteryzują się dużą zmiennością własności w profilu. W stropie (ok. 1,5 m) piaskowce posiadają porowatość 15,7 – 18,4 %, niżej 4,95 – 7,15 %. Przepuszczalność stropowej partii nie była oznaczona, natomiast w niższej partii wynosi 0,84 – 1,14 mD (Piesik, 2004).

Średnia porowatość złoża Strzępiń wynosi 11,10 %, natomiast przepuszczalność tego rejonu nie jest wielka i waha się w granicach kilku mD. W **Tab.1.1.14_73** ujęto wyniki badań rdzeni dla jednego odwiertu, który został wykonany na opisywanym obszarze. Został on odwiercony w strefie przykonturowej i jego parametry, szczególnie przepuszczalności odbiegają nieco od średniej wartości dla całego złoża.

Tab. 1.1.14_73 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Strzępiń 2

STRZĘPIŃ-2		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2845,15	1,43	0,01
2848,65	16,53	145,79
2849,15	16,00	42,00
2849,65	17,90	277,30
2850,15	9,80	1,19
2850,65	11,70	2,58
2851,15	14,46	22,64
2866,65	11,58	4,20
2867,15	9,62	0,96
2867,65	9,80	2,44
2868,15	11,28	3,87
średnia	11,83	45,73

Złoże Strykowo

Złoże Strykowo znajduje się w odległości około 2,5 km na południowy-zachód od złoża Sęszew oraz na wschód od złoża Piekary. Zostało ono odkryte w 1980 roku otworem Strykowo 1, natomiast eksploatację rozpoczęto w lutym 1983 roku. Złoże to ma kształt kopuły zbliżonej w zarysie do kształtu koła, wysokość całej struktury wynosi około 45 m, zaś wysokość złoża około 7,5 m. Skałami zbiornikowymi są piaskowce

szare, drobnoziarniste, średniozwięzłe, z licznymi smugami i laminami piaskowca średnio i gruboziarnistego (Piesik, 2004). Złoże zalega na głębokości około 2900 m, a granica gaz – woda została przyjęta w głębokości – 2846 m.

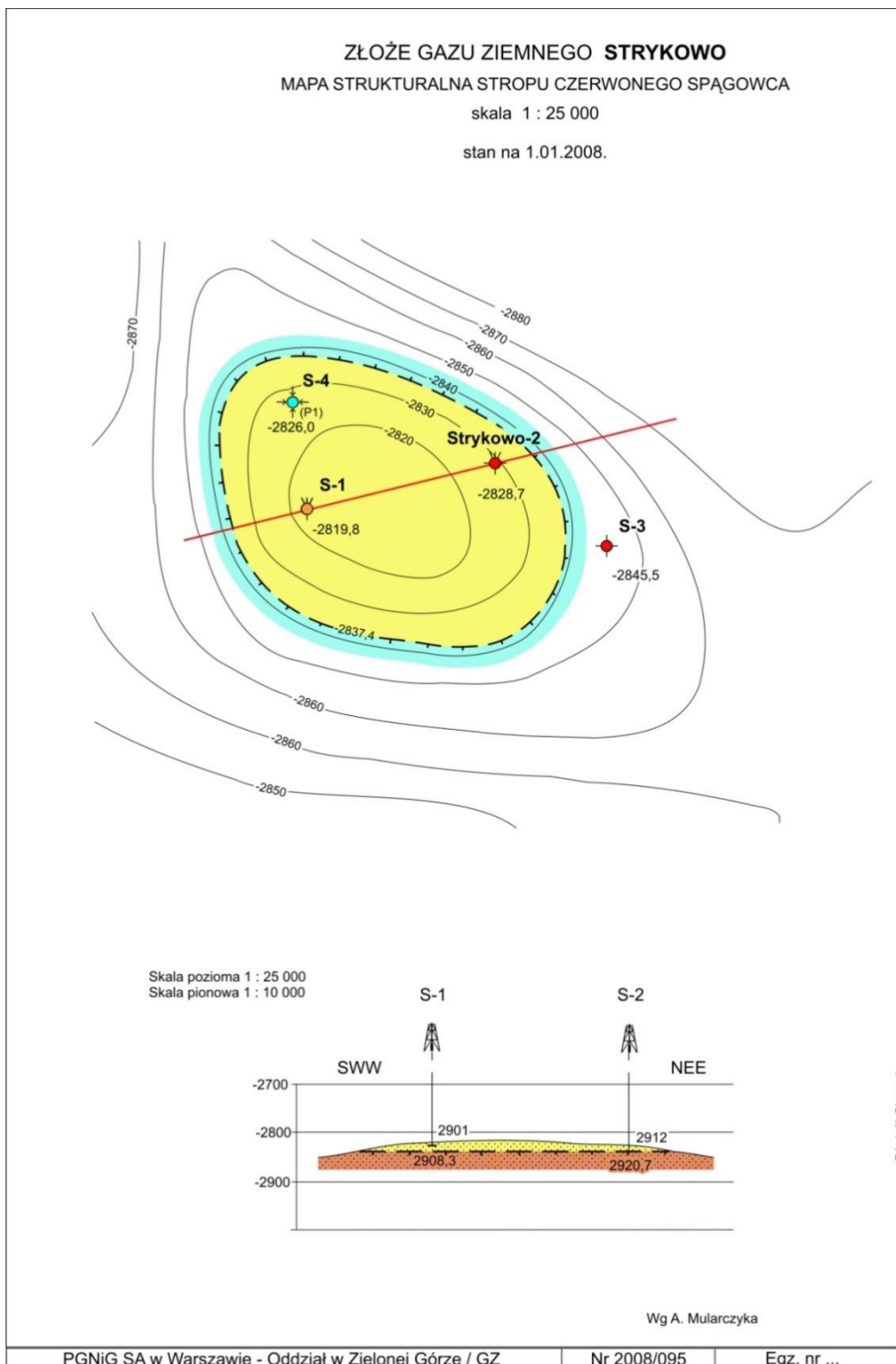


Fig. 1.1.14_67 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoza Strykowo

Porowatość i przepuszczalność

Średnia porowatość, jaka została określona w odwiertach metodą geofizyczną wynosiła 13,20 %, a przy pomocy badań laboratoryjnych ustalono ją na poziomie 16 % (Dudek i in., 1990). Średnia przepuszczalność kolektora złożowego wynosi około 10,20 mD. W **Tab. 1.1.14_74 – 1.1.14_76**. przedstawiono wyniki badań na rdzeniach opisywanego złoża.

Tab. 1.1.14_74 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Strykowo 1

STRYKOWO-1		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2901,35	8,96	24,82
2901,85	6,17	3,24
2902,35	9,26	15,51
2902,85	8,38	12,41
2903,35	9,40	24,83
2903,85	7,56	5,64
2904,35	6,55	3,55
2904,85	6,97	3,35
2905,35	9,05	4,14
2905,85	9,17	5,64
średnia	8,15	10,31

Tab. 1.1.14_75 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Strykowo 4

OTWOR: STRYKOWO-4		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2911,05	10,81	1,88
2911,55	18,41	273,36
2912,05	18,82	185,74
2912,55	18,17	185,74

2913,05	15,99	254,17
2913,55	18,98	536,39
2914,05	19,55	467,35
2914,55	19,39	467,35
2915,55	20,73	658,54
2916,05	15,13	96,59
2916,55	18,65	852,23
2917,05	16,56	658,54
2917,55	20,84	37,62
2926,55	19,98	344,95
2927,05	19,17	222,90
2927,55	19,13	155,78
2928,05	19,63	724,40
2928,55	12,79	43,89
2929,05	19,21	150,92
2929,55	17,86	258,71
2930,05	19,79	482,93
2930,55	19,03	353,36
2931,05	19,62	216,24
2931,55	18,54	353,36
2932,05	18,81	426,12
2932,55	20,33	213,06
2933,05	17,07	249,79
2933,55	18,52	213,06
2934,05	16,00	56,42
2934,55	17,33	23,58
2935,05	19,35	295,68
2935,55	20,72	176,68
2936,05	19,49	301,83

2936,55	18,68	92,93
2937,05	19,77	381,26
2937,55	20,39	273,36
2938,05	19,36	536,59
2938,55	19,15	71,81
2939,05	19,51	557,23
2939,55	17,63	344,95
2940,05	19,00	629,91
2940,55	18,38	289,76
2941,05	14,62	905,50
2941,55	16,86	213,06
2942,05	17,24	413,94
2942,55	16,18	658,54
2943,05	16,76	482,93
2944,05	20,23	523,85
2945,55	20,19	299,34
2947,05	22,51	349,23
2947,55	19,24	419,08
2948,55	21,74	419,08
2949,05	21,44	523,85
2949,55	22,54	419,08
2950,05	20,60	419,08
2950,55	21,59	299,34
2951,05	21,40	299,34
2951,55	23,01	523,85
2952,05	22,03	523,85
2952,55	23,86	419,34
2953,05	23,44	523,85
2953,55	22,87	419,34

2954,55	23,01	88,14
2955,05	22,55	80,12
2955,55	23,51	101,70
2956,05	22,59	88,14
2957,05	21,74	55,09
2961,55	18,72	550,85
2962,05	22,20	410,15
2962,55	23,70	347,05
2963,05	23,13	328,12
2963,55	24,11	911,01
2964,05	20,65	690,16
2965,05	23,60	435,89
2965,55	24,10	632,65
2966,55	20,82	632,65
2967,05	21,03	309,09
2967,55	14,94	64,45
2968,05	15,56	94,98
2968,55	15,23	120,31
2969,05	17,67	168,71
2969,55	12,97	82,03
2970,05	14,39	572,13
2970,55	15,51	133,33
2971,05	19,17	151,14
2971,55	15,60	90,23
2972,05	18,07	164,06
2973,05	14,11	28,85
2973,55	21,47	624,48
2975,55	17,17	173,47
2976,05	16,62	141,93

2977,05	14,26	181,03
2979,55	16,05	92,82
średnia	19,13	330,29

Tab. 1.1.14_76 Porowatość i przepuszczalność czerwonego spągowca w odwiercie Strykowo 6

OTWOR: STRYKOWO-6		
Głębokość [m]	Porowatość efektywna [%]	Przepuszczalność [mD]
2926,23	3,68	0,00
1927,18	7,05	0,04
1927,68	17,32	131,73
2928,13	14,58	4,46
2928,73	17,00	54,72
1929,08	19,93	247,39
1929,58	20,46	120,46
2930,13	17,62	87,67
1930,68	17,23	110,73
2931,03	20,74	168,82
2931,63	15,32	8,06
2932,03	17,73	90,21
1933,18	19,92	220,36
1933,68	17,52	19,89
1934,08	16,63	7,00
1934,58	16,27	8,73
1935,18	18,06	62,40
2935,63	18,53	115,90
1936,18	19,25	60,78
1936,68	18,59	334,37
2937,63	13,11	3,74

1938,08	17,35	40,99
2938,63	19,50	301,21
1939,18	15,36	22,75
2939,73	16,85	69,10
2940,13	16,18	33,42
2940,73	15,25	55,23
1941,18	18,00	74,29
1941,68	17,79	146,35
1942,08	18,17	293,62
2942,73	16,05	106,33
1943,08	16,50	132,01
2943,73	16,05	75,67
1944,18	12,83	75,13
2944,83	18,26	48,69
1945,18	14,52	6,52
2945,83	17,06	106,27
2946,83	13,25	5,26
1947,08	20,00	236,94
1947,68	18,05	262,50
2948,63	15,74	148,99
1949,08	18,52	148,09
1949,63	18,73	159,47
2951,08	18,64	67,82
2951,73	20,16	339,15
2952,73	18,66	1,65
2953,08	17,76	67,64
2954,73	19,65	225,68
2955,08	15,51	49,41
2955,13	18,60	268,51

2955,63	18,94	57,34
2956,13	20,52	264,14
2956,63	18,87	62,07
2957,13	16,04	21,11
2957,68	20,12	102,82
2958,08	17,99	32,54
2958,53	20,70	150,31
2959,08	19,92	231,43
2959,73	20,86	210,03
2960,08	17,08	34,81
2961,63	13,23	31,91
2962,08	12,75	8,78
2962,63	12,90	2,36
2963,63	19,85	160,59
2964,13	10,72	2,74
2964,68	23,07	399,96
2965,58	18,58	175,19
2966,18	19,11	113,42
2966,69	18,75	58,40
2970,23	16,43	122,85
2971,78	13,99	83,56
2972,03	13,24	0,09
2972,48	15,73	65,53
średnia	17,05	107,10

Złoże Stęszew

Złoże Stęszew znajduje się na północny-wschód od wcześniej opisywanego złoża Strykowo. Zostało ono odkryte w 1979 roku odwiertem Stęszew 4, natomiast eksploatację rozpoczęto w lutym 1983 roku. Do końca 1984 roku wszystkie ówczesnie wykonane odwierty eksploatowały gaz z niewielką ilością wody.

Złoże ma kształt nieregularnego brachyantyklinalnego podniesienia, wydłużonego w kierunku SW-NE. Południowo-wschodnia granica złoży jest przecięta dwoma dyslokacjami zrzucającymi skrzydła południowo-zachodnie o około 15 m. Struktura złoży Stęszew jest zamknięta izolacją -2880 m. Minimalna głębokość złoży określona głębokością stropu czerwonego spągowca w odwiercie S-4 wynosi -2844,6 m. Minimalna głębokość wg mapy wynosi -2844,3 m. Maksymalna głębokość złoży wynosi -2872,5 m i wynika z głębokości zalegania granicy woda-gaz. Dolna granica złoży stanowi poziomą płaszczyznę na głębokości granicy woda-gaz. Górną granicę stanowi stropowa powierzchnia utworów czerwonego spągowca, izolowanych od góry nieprzepuszczalnymi utworami cechsztynu. Kontur złoży jest linią przecięcia stropowej powierzchni czerwonego spągowca z poziomą płaszczyzną granicy woda-gaz i pokrywa się z izolacją -2872,5 m. Złoże Stęszew jest złożem masywowym.

Porowatość i przepuszczalność

Skałami zbiornikowymi są piaskowce szare, różnoziarniste, niekiedy przechodzące w piaskowce zlepieńcowate (Dudek i in., 1990). Porowatość tych piaskowców jest dobra i kształtuje się średnio na poziomie 16,60 %, przepuszczalność średnia natomiast dla całego złoży wynosi około 80,20 mD (Warnecki, 2008).

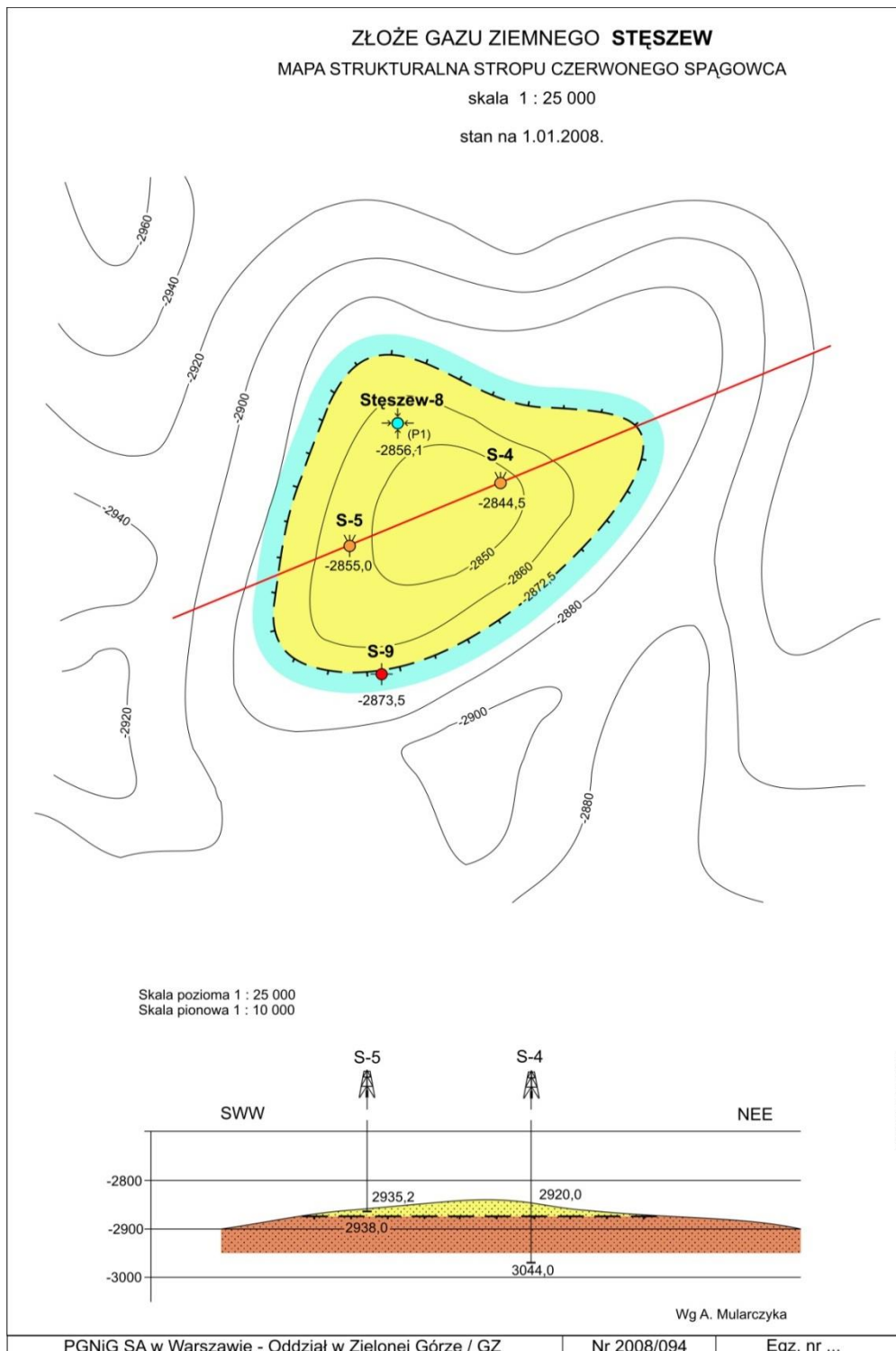


Fig. 1.1.14_68 Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca złoża Stęszew

Zebranie danych

W **Tab.1.1.14_77** zostały zebrane średnie wartości porowatości z badań laboratoryjnych ze wszystkich odwiertów poddanych analizie.

Tab. 1.1.14_77 Średnie wartości porowatości i przepuszczalności z badań laboratoryjnych

Lp.	Nazwa odwiertu	Współrzędne odwiertu		Wysokość n.p.m	Głębokość całkowita [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
		X	Y				
1	Bukowiec 1	505717,43	273338,55	81,89	2786,5	16,71	20,138
2	Bukowiec 3	493149,29	322898,77	81,2	2912	11,22	47,437
3	Bukowiec 4	492480,88	320647,39	86,3	2820	8,94	6,434
4	Bukowiec 5	494344,47	323281,19	79,95	2900	12,55	109,388
5	Bukowiec 6	491777,38	321475,45	85	2799	14,36	101,128
6	Bukowiec 7	492578,14	323505,89	80,1	2807	13,24	70,418
7	Bukowiec 9	494124,12	318829,11	95,5	2895	13,98	162,539
8	Bukowiec 10	494853,52	316847,41	101,1	2817,5	15,06	386,417
9	Bukowiec 27	495286,47	316844,52	100	2806	7,78	11,042
10	Ujazd 1	485241,28	321256,47	87,53	2692,6	9,98	116,920
11	Ujazd 2	487015,59	320416,44	82,1	2760	8,55	94,500
12	Ujazd 3	484445,12	320717,96	90,1	3026	5,17	0,461
13	Ujazd 4	484878,52	322443,28	87,47	2696	10,27	10,750
14	Ujazd 5	485780,08	320455,32	85,3	2714	5,56	2,510
15	Ujazd 6	483021,86	323196,15	83,39	2902	6,25	0,741
16	Ujazd 7	484179,22	323843,22	82,03	2772	10,74	9,238
17	Ujazd 8	485799,9	317758,41	83,95	2824	9,34	5,095
18	Ujazd 9	483022,72	324087,16	85,58	2702,5	9,98	20,640
19	Ujazd 10	482925,9	325186,03	77,04	2681	15,47	76,370
20	Ujazd 11	485831,79	321259,05	82,5	2704,5	4,05	0,097
21	Ujazd 14	484009,52	323400,19	85,2	2701,8	6,62	0,052
22	Ujazd 15	484382,19	321939,9	89	2674	14,85	44,332
23	Ujazd 16	484887,2	321341,76	90	2691	6,31	2,692
24	Ujazd 21K	483912,12	325928,2	70	2787,8	11,45	53,792
25	Czarna Wieś 1	489606,17	314189,41	100	3238	7,50	2,604
26	Czarna Wieś 2	488039,37	316635,72	91	2725,5	5,78	4,611
27	Czarna Wieś 4	486410,53	315783,87	91,6	2799	10,06	9,427
28	Czarna Wieś 5	483908,82	318646,97	91,82	2830	7,12	0,382

Lp.	Nazwa odwiertu	Współrzędne odwiertu		Wysokość n.p.m	Głębokość całkowita [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
		X	Y				
29	Czarna Wieś 7	486650	313307	93,9	2830	15,45	10,995
30	Kamieniec 1	481707,23	327968,74	74,42	3100	6,95	7,316
31	Kościan 8	475330,89	338632,01	76,6	2701	7,71	8,234
32	Łagiewniki 1	480692,29	336181,17	73	2896	6,17	4,367
33	Łagiewniki 4	482110,84	334217,53	73	2794	12,06	27,777
34	Łęki 1	476508,95	328151,43	69,7	2647	4,95	0,035
35	Parzęczewo 1	479705,06	326156,42	71	2892	5,94	0,690
36	Zielęcín 1	482003,32	322435,28	85	2965	6,83	3,989
37	Grodzisk 1	487215,3	327021,61	77,48	2782	6,79	17,350
38	Grodzisk 2	486763,28	328318,04	74	3384	10,28	27,596
39	Grodzisk 3	487849,55	326726,65	76,6	2775	5,05	4,351
40	Grodzisk 5	489636,56	327045,28	75,6	2777	14,36	0,010
41	Grodzisk 6	489207,51	323577,88	79,82	2812,8	13,71	238,473
42	Grodzisk 7	488470,82	326039,86	77,6	2779	15,32	152,231
43	Grodzisk 8	487864,28	327958,42	75,57	2773	7,32	0,988
44	Grodzisk 9	489974,75	325997,83	76,7	3022	6,78	0,580
45	Grodzisk 10	489442,2	329004,62	76	2974	13,08	261,331
46	Grodzisk 11	488972,87	325106,57	76,4	2785	1,14	0,050
47	Grodzisk 13	488708,7	329584,88	75	2830	14,61	295,000
48	Grodzisk 21	488120,21	327221,77	77,1	2766	11,46	11,684
49	Grodzisk 22	488898,35	326763,23	77	2775	18,78	102,442
50	Grodzisk 24	489355,76	326096,11	77,27	2837,1	16,17	9,796
51	Grodzisk 25	489052,27	327698,76	76,7	2786,8	16,65	632,115
52	Grodzisk 26	487790,9	327521,95	75	2763	11,72	110,230
53	Grodzisk 27	488406,02	326727,16	77	2757	14,57	250,000
54	Grodzisk 28	488658,01	327181,41	80	2769,2	16,80	43,693
55	Grodzisk 29	487880,18	329404,56	75	2768	11,32	41,910
56	Grodzisk 31	488059,09	326923,82	77	2763,9	5,83	21,655

Lp.	Nazwa odwiertu	Współrzędne odwiertu		Wysokość n.p.m	Głębokość całkowita [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
		X	Y				
57	Granowo 1	487055,16	330021,67	75	2775	12,17	40,050
58	Modrze 1	485004,78	333958,97	76	2830	9,78	44,078
59	Paproć 5	499579,82	304878,47	76,4	3214	2,60	0,263
60	Paproć 9	496342,38	306987,65	75,5	3057	6,13	33,382
61	Paproć 11	498888,18	306341,82	74,93	3003	5,34	5,446
62	Paproć 13	494410,61	307617,97	75,02	2676	6,57	5,143
63	Paproć 15	498060,09	308991,2	83,67	2755	10,19	59,301
64	Paproć 20	501086,73	304213,7	75	2910	5,46	0,970
65	Cicha Góra 2	493314,24	309973,22	79,7	2776	6,31	5,138
66	Cicha Góra 5	490238,01	308323,46	76,5	2800	11,22	28,569
67	Cicha Góra 8	491205,79	308346,63	76	2900	12,44	232,686
68	Cicha Góra 9	488756,2	309037,39	81,01	2900	9,29	7,027
69	Biała Wieś 1	494789,67	313504,85	107	2893	10,75	39,720
70	Sątopy 1	498192,51	314126,52	100,1	3126	12,73	156,931
71	Sątopy 2	498790,88	313245,56	95,9	2849	4,93	3,886
72	Porażyn 2A	495970,73	320207,78	85	2818	13,91	81,476
73	Porażyn 3	496795,09	321240,78	81	2861	6,74	10,134
74	Porażyn 5	496911,25	318407,7	97,64	2896	8,66	12,004
75	Kopanki 1	495303,11	316499,61	101,11	2815,5	9,16	26,033
76	Kopanki 2	495022,18	317452,17	97	2867	7,03	5,466
77	Słocin 2	492019,33	316029,73	106	3407	8,52	11,358
78	Opalenica 2	496589,64	325307,61	78	2910	10,37	38,402
79	Piekary 3	493777,86	335087,45	83,46	2970	10,67	35,103
80	Piekary 7	494925,08	333328,87	83	3033	17,98	195,214
81	Szewce 1A	495558,54	331286,76	84	3001	12,64	66,572
82	Szewce 4	496885,32	329165,62	79,8	2893,5	10,61	33,587
83	Buk 2	494972,97	328987,01	78,41	3195,7	10,98	73,312
84	Buk 3	494344,16	327631,85	75,78	3168,5	12,67	146,497

Lp.	Nazwa odwiertu	Współrzędne odwiertu		Wysokość n.p.m	Głębokość całkowita [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
		X	Y				
85	Buk 5	495655,04	327007,6	76,3	2894	19,44	457,946
86	Buk 6	496453,91	326681,39	76,95	2900	14,50	120,572
87	Buk 20	505025,08	327802,37	80,92	2811	9,72	1,257
88	Strzępiń 2	491075,22	330538,37	77,5	3074	11,83	45,725
89	Niemierzyce 1	490260,41	333146,07	80,09	2974	3,59	0,218
90	Niemierzyce 4	491453,36	332571,35	81,26	2970	16,16	184,546
91	Strykowo 1	489951,95	338184,1	81,17	2908,3	8,15	10,312
92	Strykowo 4	490524,63	338109,1	85	3000	19,13	330,291
93	Strykowo 6	491369,24	337081,26	75	2987	17,05	107,097

W pracy została również przeprowadzona interpretacja profilowań geofizycznych. W wyniku przeprowadzonej analizy utwory czerwonego spągowca zostały podzielone na 10 warstw, którego podział wynikał ze zmieniających własności kolektorskich.

Omawiany obszar na podstawie badań laboratoryjnych wykazuje duże zróżnicowanie właściwości porowatości i przepuszczalności. Dlatego został podzielony na 3 mniejsze obszary o podobnych zależnościach przepuszczalności od porowatości. Dla każdego rejonu został wyznaczony cut-off dla warstw czerwonego spągowca.

- Rejon Złoza Grodzisk (cut-off 4,049%)
- Rejon Złoza Ujazd (cut-off 5,015%)
- Rejon Złoza Cicha Góra –Paproć (cut-off 1,860%)

Średnie wartości porowatości i przepuszczalności dla warstw (po zastosowaniu cut-off'u dla czerwonego spągowca) z uwzględnieniem podziału na rejonu zostały zebrane w **Tab.1.1.14_78 -1.1.14_80**.

Tab. 1.1.14_78 Średnie wartości porowatości i przepuszczalności dla warstw z rejonu Cicha Góra- Paproć

Lp	Nazwa odwiertu	numer warstwy	Miąższość [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	Cicha Góra 2	1	1,25	5,33	0,48
		2	33,00	7,22	1,58
		3	5,00	4,24	0,25
		4	20,25	6,22	1,00
2	Cicha Góra 5	1	2,10	3,78	0,07
		2	6,00	8,98	6,64
		3	7,00	5,44	0,37
		4	24,50	8,48	2,81
		5	28,50	3,68	0,08
		8	11,00	7,60	0,35
		9	37,80	4,39	0,08
3	Cicha Góra 8	1	1,60	9,52	2,21
		2	2,50	14,64	14,38
		3	4,50	9,63	4,94
		4	41,50	10,75	7,64
		5	31,00	5,43	1,52
		6	10,00	7,75	2,41
		7	6,00	3,99	0,48
		8	9,50	4,11	0,44
		9	106,60	3,82	0,50
		10	12,40	9,90	6,67
4	Paproć 5	1	1,50	5,26	0,80
		2	8,00	6,92	1,53
		3	18,00	2,19	0,04
		4	30,00	4,80	0,48
5	Paproć 9	1	18,00	5,43	0,85

		2	9,00	14,63	16,47
		3	10,00	6,77	1,60
		4	5,00	10,50	6,39
		5	39,50	4,14	0,28
6	Paproć 11	1	0,50	4,09	0,20
		2	9,00	9,23	2,28
		3	3,00	4,58	0,30
		4	18,00	7,46	1,84
		5	144,25	5,28	0,54
7	Paproć 13	1	1,00	4,43	0,48
		2	8,50	7,21	2,23
8	Paproć 15	1	0,75	6,07	1,18
		2	6,25	7,66	3,33
		3	1,00	5,71	0,66
		4	39,25	10,63	5,46

Tab. 1.1.14_79 Średnie wartości porowatości i przepuszczalności dla warstw z rejonu Ujazd

Lp	Nazwa odwiertu	Numer warstwy	Mięższość [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	Czarna Wieś 4	1	2,10	5,97	0,41
		2	2,50	10,53	3,07
		3	5,00	6,76	0,64
		4	6,50	11,02	4,03
		5	35,00	5,77	0,28
		6	5,00	6,13	0,31
		7	11,00	6,82	0,52
		8	33,00	9,46	2,05
2	Czarna Wieś 5	1	1,50	0,00	0,00
		2	4,50	6,58	0,68

		3	23,00	5,40	0,30
		4	2,50	6,26	0,63
		5	7,50	5,29	0,35
		6	11,00	5,31	0,34
		7	10,50	5,19	0,35
		8	78,50	4,72	0,24
		9	36,10	6,06	0,09
3	Czarna Wieś 7	1	2,10	6,05	0,99
		2	3,00	9,61	4,76
		3	3,60	6,39	1,00
		4	15,90	9,44	4,28
		5	7,00	6,62	1,20
		6	11,00	10,95	7,09
		7	32,00	6,86	1,67
		8	11,50	7,38	1,94
		9	63,50	5,49	0,48
4	Parzęczewo 1	1	7,00	5,70	0,33
		2	13,00	6,90	0,75
		3	6,00	6,00	0,36
		4	52,00	11,76	5,31
		5	11,00	7,08	0,72
		6	16,00	11,58	5,24
		7	36,00	8,09	1,18
		8	117,00	9,68	2,52
5	Zielęcin 1	1	2,00	6,19	0,49
		2	13,00	11,59	5,08
		3	13,00	8,04	1,33
		4	14,00	9,69	2,66
		5	26,00	6,86	0,70

		6	39,50	10,24	3,19
		7	19,00	6,97	0,75
		8	184,25	7,60	1,08

6	Ujazd 3	1	0,61	6,61	0,36
		2	1,98	6,70	0,42
		3	36,42	5,97	0,25
		4	5,03	7,36	0,62
		5	10,06	5,55	0,18
		6	23,01	7,04	0,52
		7	12,50	6,13	0,27
		8	33,53	7,60	0,68
		9	195,07	6,83	0,50
7	Ujazd 6	1	14,75	6,60	1,31
		2	3,00	15,42	18,10
		3	2,50	8,35	2,70
		4	2,50	10,54	6,41
		5	40,00	5,87	0,80
		6	71,00	8,34	2,95
		7	23,00	5,88	0,69
		8	75,00	8,23	2,71
8	Ujazd 7	1	1,75	7,89	2,08
		2	4,00	14,64	15,56
		3	4,00	8,60	3,48
		4	8,00	16,21	22,01
		5	26,75	9,95	5,75
9	Ujazd 8	1	5,50	6,08	0,80
		2	25,00	9,98	3,81
		3	4,00	7,71	1,38

		4	5,00	10,15	3,97
		5	7,00	6,00	0,52
		6	7,00	10,90	5,28
		7	7,00	6,85	0,98
		8	41,50	12,98	10,01
10	Ujazd 21K	1	5,00	12,64	10,17
		2	15,50	13,53	11,23
		3	15,50	9,51	4,10
		4	14,75	15,18	16,91

Tab. 1.1.14_80 Średnie wartości porowatości i przepuszczalności dla warstw z rejonu Grodzisk

Lp	Nazwa odwiertu	numer warstwy	Miąszość [m]	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
1	Grodzisk 2	1	5,25	8,84	3,63
		2	8,00	15,55	16,57
		3	9,00	12,30	9,39
		4	182,00	17,47	25,13
		5	36,00	8,13	3,80
		6	12,00	15,50	17,25
		7	10,00	6,56	1,59
		8	58,00	12,78	8,22
		9	249,00	5,71	0,64
2	Grodzisk 4	1	15,00	9,26	3,93
		2	9,10	14,71	14,54
		3	6,40	14,57	15,30
		4	171,70	16,40	21,81
		5	23,40	6,89	1,53
		6	9,50	16,40	21,17
		7	15,00	7,24	2,19
		8	52,00	10,25	4,56

		9	292,00	5,74	0,83
3	Grodzisk 7	1	0,75	12,29	6,52
		2	5,75	17,40	23,62
4	Grodzisk 9	1	1,00	20,34	39,38
		2	11,75	20,16	38,02
		3	29,50	9,01	3,67
		4	169,00	17,11	23,63
		5	19,00	10,26	4,75
5	Grodzisk 13	1	3,75	13,71	11,13
		2	18,00	19,09	31,55
		3	4,00	11,47	6,92
		4	21,75	15,60	17,52
6	Grodzisk 24	1	6,50	7,38	1,87
		2	5,00	9,43	4,34
		3	5,00	6,99	1,52
		4	20,00	10,68	5,77
7	Granowo 2	1	10,80	9,18	3,35
		2	11,00	13,99	11,00
		3	10,00	12,91	8,63
		4	177,00	15,69	16,90
		5	20,00	8,70	3,57
		6	13,00	15,19	15,46
		7	11,00	9,58	4,55
		8	58,50	10,92	4,97
		9	144,80	6,86	1,20

8	Strykowo 4	1	0,75	9,94	6,89
		2	54,00	20,33	141,90
		3	7,00	18,13	52,56

		4	21,75	20,23	82,12
9	Szewce 1A	1	0,75	13,02	47,46
		2	66,00	14,67	65,95
		3	3,00	10,16	30,45
		4	22,25	17,91	101,04

Przepuszczalność wygenerowana z pliku „Cicha_Góra8.las” dla odwiertu Cicha Góra 8 była około 8 razy wyższa w porównaniu z wartościami tego samego parametru w odwiertach sąsiadujących. Fakt ten jest bardzo mało prawdopodobny w rzeczywistości. Dlatego też przygotowane dane przepuszczalności zostały wyznaczone na podstawie funkcji, której parametrem była porowatość. W **Tab.1.1.14_81** przedstawione zostały wartości przepuszczalności przed i po zmianach.

Tab. 1.1.14_81 Zmiany przepuszczalności dla odwiertu Cicha Góra 8

Nazwa odwiertu	Numer warstwy	Miąższość warstwy [m]	Porowatość [-]	Przepuszczalność przed zmianą [mD]	Przepuszczalność po zmianie [mD]
Cicha Góra 8	1	1,60	0,09516	17,994	2,2081
	2	2,50	0,14639	117,154	14,3766
	3	4,50	0,09628	40,217	4,9352
	4	41,50	0,10745	62,223	7,6357
	5	31,00	0,05432	12,354	1,5160
	6	10,00	0,07749	19,631	2,4090
	7	6,00	0,0399	3,912	0,4800
	8	9,50	0,04111	3,620	0,4442
	9	106,60	0,03822	4,100	0,5031
	10	12,40	0,09903	54,313	6,6650

Podsumowanie

W ramach wykonanej pracy **1.1.14** zostały zebrane dane porowatości i przepuszczalności zarówno z przeprowadzonych badań laboratoryjnych jak również wyniki profilowań geofizycznych w postaci plików *.las. Z raportów laboratoryjnych wynika że wielu badań szczególnie dla próbek o najlepszych właściwościach zbiornikowych nie udało się wykonać ze względu na kruchość materiału rdzeniowego. Należy zatem przypuszczać, że uzyskane wyniki badań, przede wszystkim porowatość i przepuszczalność są niższe od rzeczywistych.

Wykonane wykresy porowatości z profilowań geofizycznych posłużyły do wydzielenia 10 warstw o różnych własnościach kolektorskich. Na ich podstawie w równoległej pracy **1.1.22** – „Charakterystyka kolektorów P1” zostały wykonane mapy przepuszczalności oraz porowatości.

Omawiany fragment niecki poznańskiej posiada znaczną miąższość o dobrych własnościach kolektorskich co stwarza wyjątkowo korzystne i unikalne warunki geologiczne dla przyszłej sekwestracji CO₂.

Parametry hydrogeologiczne oraz próba oceny rozprzestrzenienia się CO₂ w mediach złożowych-Rejon Choszczna (GIG)

(Eleonora Solik-Heliasz, Robert Warzecha, Tomasz Urych)

Praca niniejsza ma na celu ocenę parametrów hydrogeologicznych oraz reżimu hydrodynamicznego zbiornika wód w warstwach komorowskich dolnej jury w rejonie Choszczna k. Szczecina, jak również wstępne określenie możliwości zatańczania i rozchodzenia się dwutlenku węgla we wskazanym poziomie wodonośnym.

Rejon projektowanego składowiska Choszczno został rozpoznany w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego wieku głębokimi otworami wiertniczymi. Pozwoliło to na przeprowadzenie prac badawczych z zakresu kartografii geologicznej, sedimentologii i tektoniki. Dla pobranych próbek skał wykonano podstawowy zakres badań laboratoryjnych (m.in. gęstości utworów, porowatości, przepuszczalności i składu fizykochemicznego wód) oraz polowych (wydajności, ciśnienia złożowego oraz przepuszczalności skał), jak również badań geofizycznych (sejsmika, badania elektropomiarowe). Zakres badań w poszczególnych otworach nie jest jednolity, przy tym wyniki badań, zwłaszcza geofizycznych, są zróżnicowane jakościowo – tym niemniej dają one pogląd o zawodnieniu utworów wytypowanych przez IGSMiE PAN do składowania dwutlenku węgla (Tarkowski, red. 2010).

Budowa geologiczna rejonu Choszczna oraz zarys tektoniki

Struktura geologiczna Choszczna znajduje się w obrębie niecki szczecińskiej i stanowi poduszkę solną uformowaną na południowo-wschodnim zboczu ciągu strukturalnego Gryfino-Chabowo-Choszczno-Pławno. Jest rozpoznana otworem wiertniczym Choszczno IG-1 oraz zdjęciem sejsmiki refleksyjnej (Tarkowski, red., 2010). Pod względem administracyjnym występuje na terenie dwóch powiatów województwa zachodniopomorskiego: stargardzkim i choszczeńskim, około 3,5 km od miasta Choszczno i 22 km od Stargardu Szczecińskiego (**Fig. 1.1.14_69**).

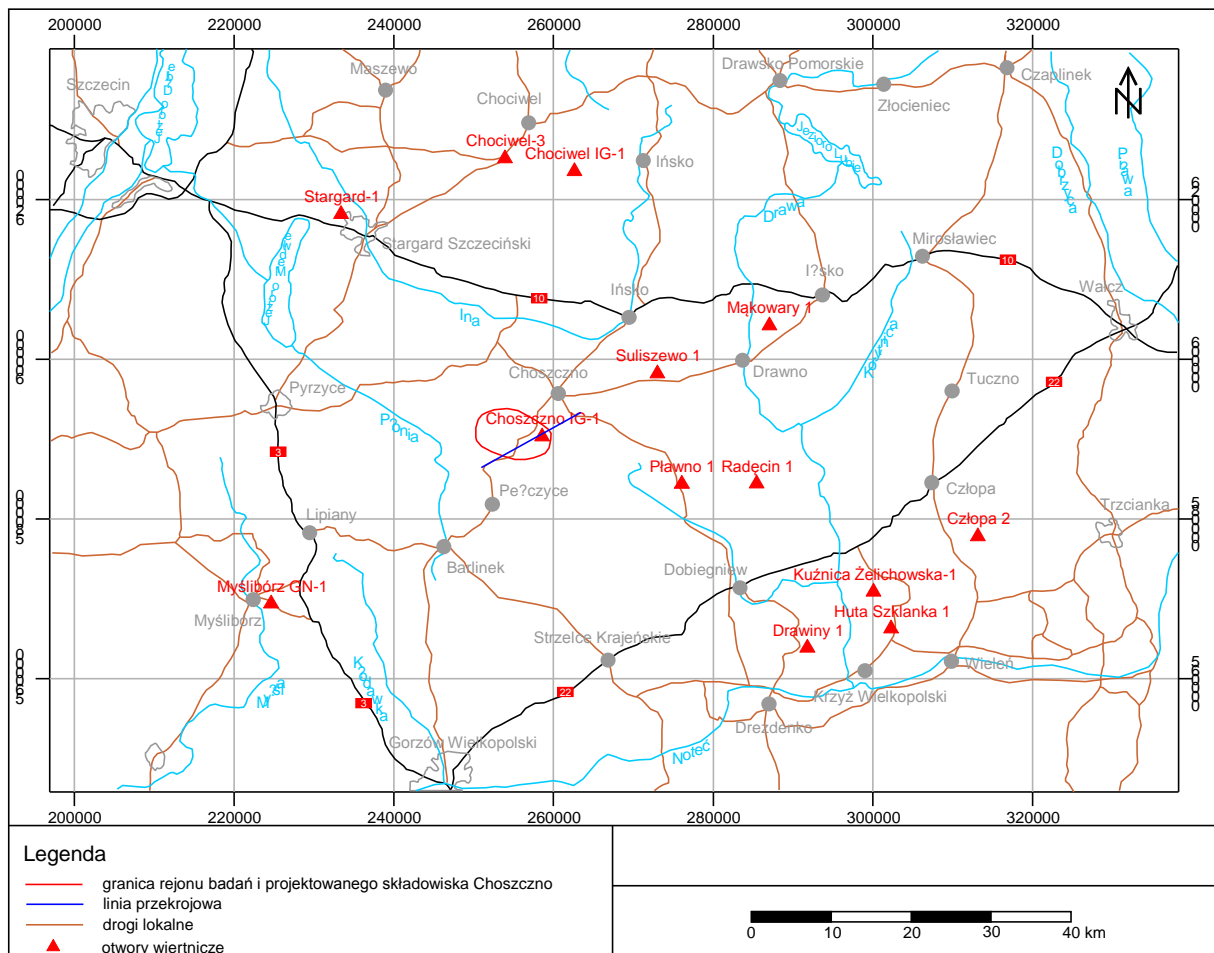


Fig. 1.1.14_69 Mapa sytuacyjna rejonu składowiska Choszczno

Na północy niecka szczecińska graniczy z wałem pomorskim, a na południu z monokliną przedsudecką. Zachodnia granica niecki sięga do Odry, natomiast wschodnią stanowi elewacja Obornik oddzielająca nieckę szczecińską od mogileńskiej.

Z obszaru niecki szczecińskiej wyodrębniono rejon tzw. właściwej niecki szczecińskiej oraz blok Gorzowa (Dadlez, W: Jaskowiak-Schoeneichowa 1979). W rejonie niecki wydzielamy dwa szeregi brachyantyklin o przebiegach NW-SE: pierwszy przebiegający od Grzęzna przez Drawno do Człopy i drugi Goleniów-Maszewo (Fig. 1.1.14_70).

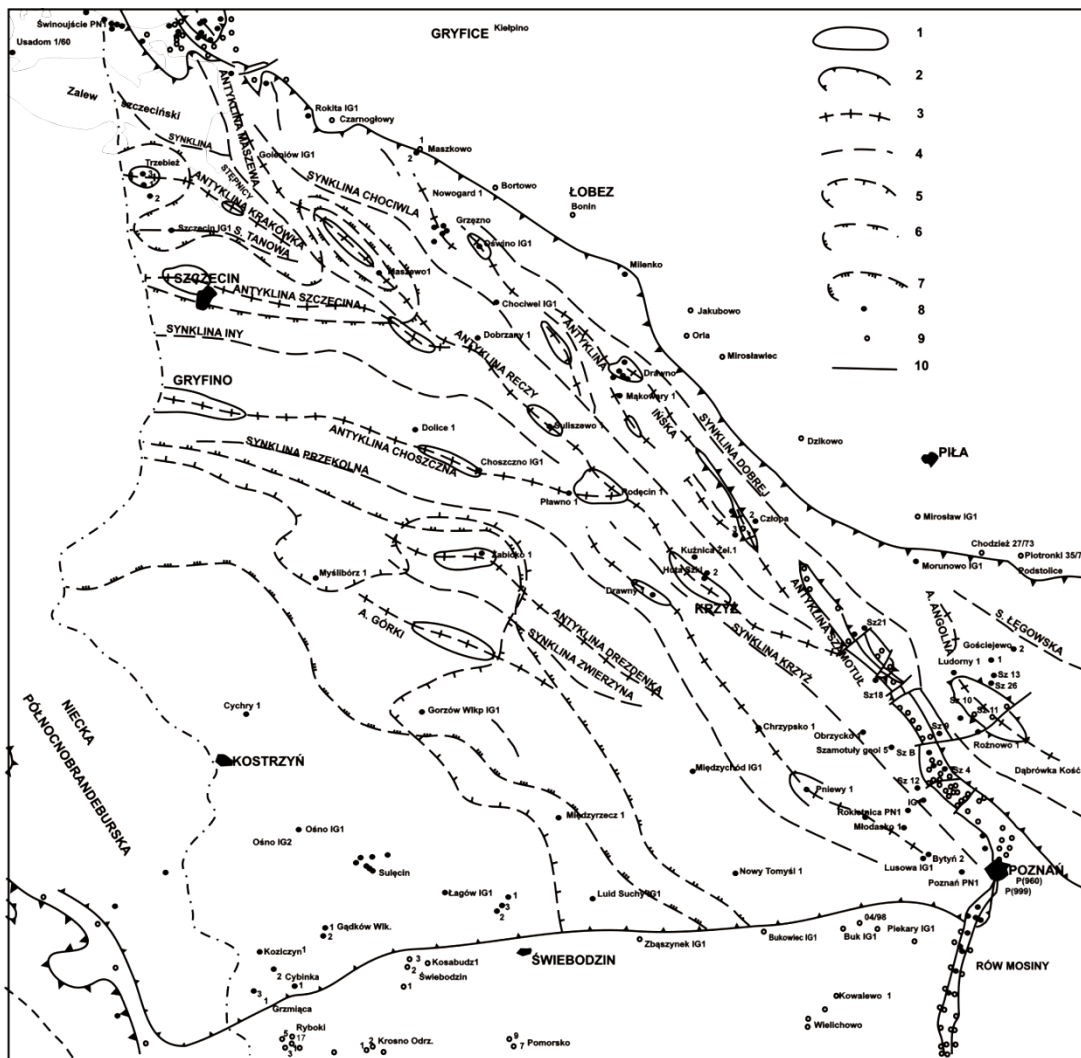


Fig. 1.1.14_70 Szkic tektoniczny obszaru badań (Jaskowiak-Schoeneichowa 1981)

1 – kontury ważniejszych kulminacji antyklin wyznaczone izohipsą spągu kredy górnej, 2 – osie antyklin, 3 – osie synklin, 4 – zasięg obecny denudacyjny utworów kredy górnej pod przykryciem utworów kenozoiku, 5 – zasięg obecny utworów kredy dolnej (starszej od albu górnego) pod przykryciem utworów kredy górnej, 6 – zasięg obecny utworów jury górnej, 7 – zasięg obecny utworów jury środkowej, 8 – otwory wiertnicze, 9 – otwory, w których stwierdzono brak utworów kredy górnej, 10 – ważniejsze uskoki.

Nieckę szczecińską można podzielić na trzy jednostki: Stargardu, Ińska i Kalisza Pomorskiego. W rejonie jednostki Stargardu znajduje się analizowany zbiornik Choszczno.

Jednostka Stargardu ma kształt zbliżony do trójkąta, wewnątrz którego znajduje się strefa silnego wyciśnięcia soli i przylegające do niej dwa wały solne Chabowo-Choszczno oraz Szczecin-Marianowo. Wał Chabowo-Choszczno przebiega wzdłuż południowej granicy trójkąta. Z kolei wzdłuż krawędzi północno-wschodniej przebiega pas struktur solnych, Goleniów-Dobrzany. Podłoże jednostki Stargardu stanowi skłon zapadający ku północy i wschodowi.

Na północnym-zachodzie można wydzielić jednostkę Ińska, a na południowym zachodzie jednostkę Kalisza Pomorskiego. Obie struktury znajdują się w rejonie największego zagłębienia powierzchni podłoża o

przebiegu z NW-SE. Jednostka Ińska charakteryzuje się występowaniem izometrycznych, częściowo przebiegających się słupów solnych, natomiast jednostka Kalisza Pomorskiego - wydłużonych grzebieni solnych, silnie potrzaskanych uskokami. W rejonie południowo-zachodnim obu jednostek występuje strefa wyciśnięcia soli piętra Z2.

Na obszarze bloku Gorzowa wyróżnia się trzy jednostki: Lipian, Drezdenka i Wronek, które charakteryzują się wyłącznie występowaniem form nieprzebijających nadkład tj. poduszek solnych, płaskich soczew i wałów.

Dotychczasowe badania przeprowadzone w rejonie zbiornika Choszczno nie potwierdziły występowania uskoków w utworach nadkładu, które mogą stanowić potencjalne źródło migracji dwutlenku węgla. Należy jednak wyróżnić dwie dyslokacje występujące na obszarze jednostki stargarckiej. Uskok Pyrzyce-Krzyż przebiegający wzdłuż południowej granicy niecki szczecińskiej przecinający dolną część kompleksu (głównie cechsztyń, rzadziej cechsztyń i trias) oraz uskok o przebiegu z NW-SE występujący na północ od potencjalnego zbiornika Choszczno przecinający cały kompleks.

Stratygrafia i litologia

W rejonie projektowanego zbiornika Choszczno występują osady: permu, triasu, jury, kredy, trzeciorzędu oraz czwartorzędu (**Fig. 1.1.14_71**). Charakterystykę wymienionych utworów przeprowadzono w oparciu m.in. o pracę Jaskowiak-Schoeneichowej (1978).

Perm i Trias

Utwory permu są reprezentowane przez serię klastycznych oraz wulkanicznych osadów czerwonego spągowca oraz przez łupki, wapienie, dolomity i sole cechsztyń. Z kolei utwory triasu reprezentowane są przez pełny profil osadów, to jest piaszczysty kompleks pstrego piaskowca, węglanowy kompleks wapienia muszlowego oraz wapienno-piaskowcowo-ilasty kompleks kajpru z warstwami gipsu i anhydrytów. Osady te nie zostały przewiercone otworami w badanym rejonie.

Jura

Utwory jury dolnej stanowią serię zbiornikową potencjalnego zbiornika Choszczno i został opisany w dalszej części tekstu. Osady jury środkowej o miąższości około 114,0 m charakteryzują się dwudzielnością. Dolną część profilu (dolny-bajos-kelowej) charakteryzują utwory powstałe w wyniku kolejnych transgresji i regresji morskich, z czym wiążą się liczne redukcje utworów środkowojurajskich. Osady te reprezentowane są głównie przez piaskowce, zlepieńce, mułowce, iłowce oraz łupki i margle piaszczyste. Dolną serię osadów kelowej górnego buduje kompleks margli dolomitycznych i mułowców marglistych przechodzących w osady ilaste. Górną stanowią mułowce piaszczyste i margliste z wkładkami piaskowców chlorytowych, poniżej których występują dolomity margliste i mułowce dolomityczne.

W utworach jury górnej wyróżnia się osady oksfordu dolnego i środkowego. Oksford dolny reprezentowany jest przez osady margli i mułowców marglistych, natomiast środkowy, przez mułowce z wkładkami wapienia mułowcowego, wapienie oolitowe i mułowce margliste. Miąższość osadów jury górnej w rejonie badań wynosi około 53,0 m.

Kreda

Otwór wiertniczy Choszczno IG-1 z uwagi na pełne rdzeniowanie utworów górnokredowych jest w zachodniej Polsce reperem stratygraficznym kredy górnej.

W południowo-zachodniej części niecki szczecińskiej osady dolnokredowe ulegają znacznej redukcji, a ich miąższość waha się od 5,0 do 30,0 m. W rejonie zbiornika Choszczno można wyróżnić osady albu wykształcone w formie kompleksu marglisto-piaszczystego oraz hoterywu zbudowanego z utworów ilasto-piaszczystych.

Utwory górnej kredy - cenomanu reprezentowane są przez wapienie margliste, organogeniczne, otwornicowe. Dolną część profilu stanowią opoki związane z licznymi ziarnami glaukonitu. Miąższość osadów turonu wynosi około 102,0 m, z czego turon górny osiąga około 42,0 m i zbudowany jest z opoki ilastej, natomiast turon dolny (miąższość ~60,0 m) z opoki marglistej. Osady koniaku górnego wykształcone są w formie szarej bardzo twardej opoki marglistej z licznymi ziarnami kwarcu i glaukonitu. Koniak dolny jest trójdzielny; część najwyższą profilu budują naprzemianległe warstwy margli, wapieni i opok marglistych, poniżej których występuje szarooliwkowa opoka marglista. Utwory santonu górnego i dolnego wykształcone są głównie w formie margli, wapieni marglistych oraz opoki marglistej.

W wykształceniu litologicznym osadów kampanu i mastrychtu dolnego dominującą rolę odgrywają jasnoszare wapienie margliste, pelityczne. Kampan górny jest dwudzielny; jego dolna część (miąższość ~126,0 m) zbudowana jest z wapieni pelitycznych, natomiast górna (miąższość ~123,0 m) głównie z wapieni marglistych.

Miąższość kredy górnej w analizowanym rejonie wynosi około 800,0 m.

Trzeciorzęd

Grubość utworów trzeciorzędowych w rejonie zbiornika jest niewielka i wynosi około 6,0 m. Są to osady środkowooligocenyjskie składające się głównie z ciemnobrunatnych iłów oraz z bardzo drobnoziarnistych piasków ilastych.

Czwartorzęd

Osady czwartorzędu powstały w wyniku procesów glacialnych i interglacialnych. Część spągowa czwartorzędu zbudowana jest z szarych glin oraz żwirków, ponad którymi zalegają osady drobnoziarnistych piasków i mułków ze szczątkami roślinnymi. Górna część profilu stanowią piaski pochodzenia fluwioglacjalnego oraz gliny zwałowe z domieszkami żwirków. Miąższość pokrywy czwartorzędowej w rejonie zbiornika Choszczno wynosi około 148,0 m.

Utwory nadkładu serii zbiornikowej

Utworami uszczelniającymi serię zbiornikową są dolnojurajskie warstwy gryfickie (toark dolny). Ich miąższość na obszarze niecki szczecińskiej wynosi od 40 do 103 m, w rejonie potencjalnego zbiornika szacuje się ją na około 67 m.

Warstwy gryfickie dzielą się na dwa ogniwa: górne i dolne. Ogniwo górne stanowią głównie iłowce i mułowce o barwie szarzielonej rzadziej szarej z dużą ilością detrytusu roślinnego. Zapiaszczenie ogniwa

górnego jest niejednolite i wynosi około 30% w całej miąższości kompleksu, pozostałą część stanowią skały ilasto-piaszczyste przy podrzędnym udziale piaskowców drobno i bardzo drobnoziarnistych.

Dolne ogniwo warstw gryfickich reprezentują osady ingresji morskiej najniższego toarku, obecne powszechnie w zachodniej Polsce (Dadlez 1969). Jest to kompleks składający się głównie z łupków ilastych o barwie szarej z wkładkami syderytu, piaskowca dolomitycznego. W najniższym fragmencie serii dolnej warstw gryfickich w otworze Choszczno IG-1 nawiercono ilaste piaskowce z warstwą syderytu ilastego.

Warstwy gryfickie w otworze Choszczno IG-1 zostały nawiercone na głębokości 1168,5-1236,0 m.

Ponad warstwami gryfickimi zalegają silnie zredukowane warstwy kamieńskie (toark dolny) o miąższość około 4,0 m reprezentowane przez łupki.

Utwory zbiornikowe

W oparciu o wcześniejsze analizy stwierdzono, że najkorzystniejszymi parametrami do składowania dwutlenku węgla w obrębie struktury Choszczno, charakteryzują się dolnojurajskie warstwy komorowskie wieku górny pliensbach (domer).

Miąższość warstw komorowskich w niecce szczecińskiej waha się między 70 a 180 m, natomiast miąższość w rejonie projektowanego składowiska przedstawiono na **Fig. 1.1.14_72 - 1.1.14_83**. Ich dolna część jest zbudowana z osadów śródlądowych, głównie piaskowców drobnoziarnistych z wkładkami o ziarnie grubszym barwy białej, jasnoszarej z bardzo nielicznym smugami i wkładkami ilastymi. W górnej części profilu warstw komorowskich występują warstwy piaskowca drobnoziarnistego z wkładkami mułowca z licznym zwęglonym detrytusem roślinnym.

Na podstawie badań petrograficznych przeprowadzonych na próbkach z otworu Choszczno IG-1 stwierdzono, że głównym składnikiem piaskowców jest kwarc, okruchy skał, skalenie i łyszczki. Spoiwo piaskowców jest typu podstawowego, złożone z grubokrystalicznego kalcytu.

Warstwy komorowskie w otworze Choszczno IG-1 zostały nawiercone na głębokości 1236,0-1315,3 m.

Utwory podścielające serię zbiornikową

Osady warstw łobeskich są pochodzenia morskiego (Dadlez 1969) i stanowią serię podścielającą warstwy zbiornikowe. Wiek warstw łobeskich określono na pliensbach dolny (karyks). Ich miąższość we wschodniej części niecki wynosi około 30 m i wzrasta w kierunku północno-zachodnim do 50 m. Grubość serii podścielającej w rejonie analizowanego zbiornika szacuje się na około 35 m.

W ujęciu ogólnym warstwy łobeskie na obszarze niecki zbudowane są z osadów ilasto-mułowcowo-piaszczystych. Na podstawie prób pobranych z otworu Choszczno IG-1 można stwierdzić, że w rejonie projektowanego składowiska górna część profilu analizowanych warstw składa się z drobnoziarnistych piaskowców. Warstwa spągowa zbudowana jest z różnoziarnistych piaskowców dolomitycznych. Na środkową część profilu przypada zwarty pakiet łupków. W dolnej części pakietu łupków w otworze Choszczno IG-1 nawiercono sferosyderyty z wkładkami syderytu, natomiast w górnej nieliczne wkładki bardzo drobnoziarnistego piaskowca.

Warstwy łobeskie w otworze Choszczno IG-1 stwierdzono na głębokości 1315,3-1350,5 m.

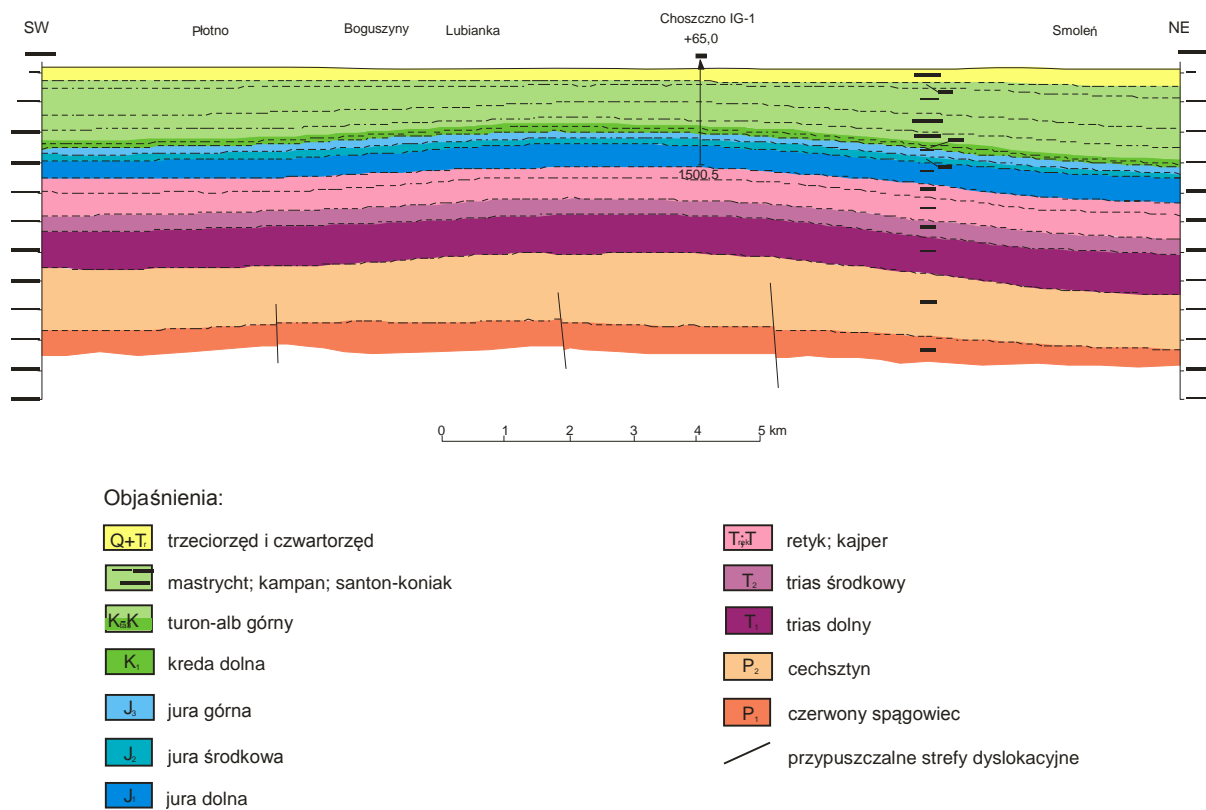


Fig. 1.1.14_71 Przekrój geologiczny przez rejon antykliny Choszczna (wg Jaskowiak-Schoeneichowej 1987)

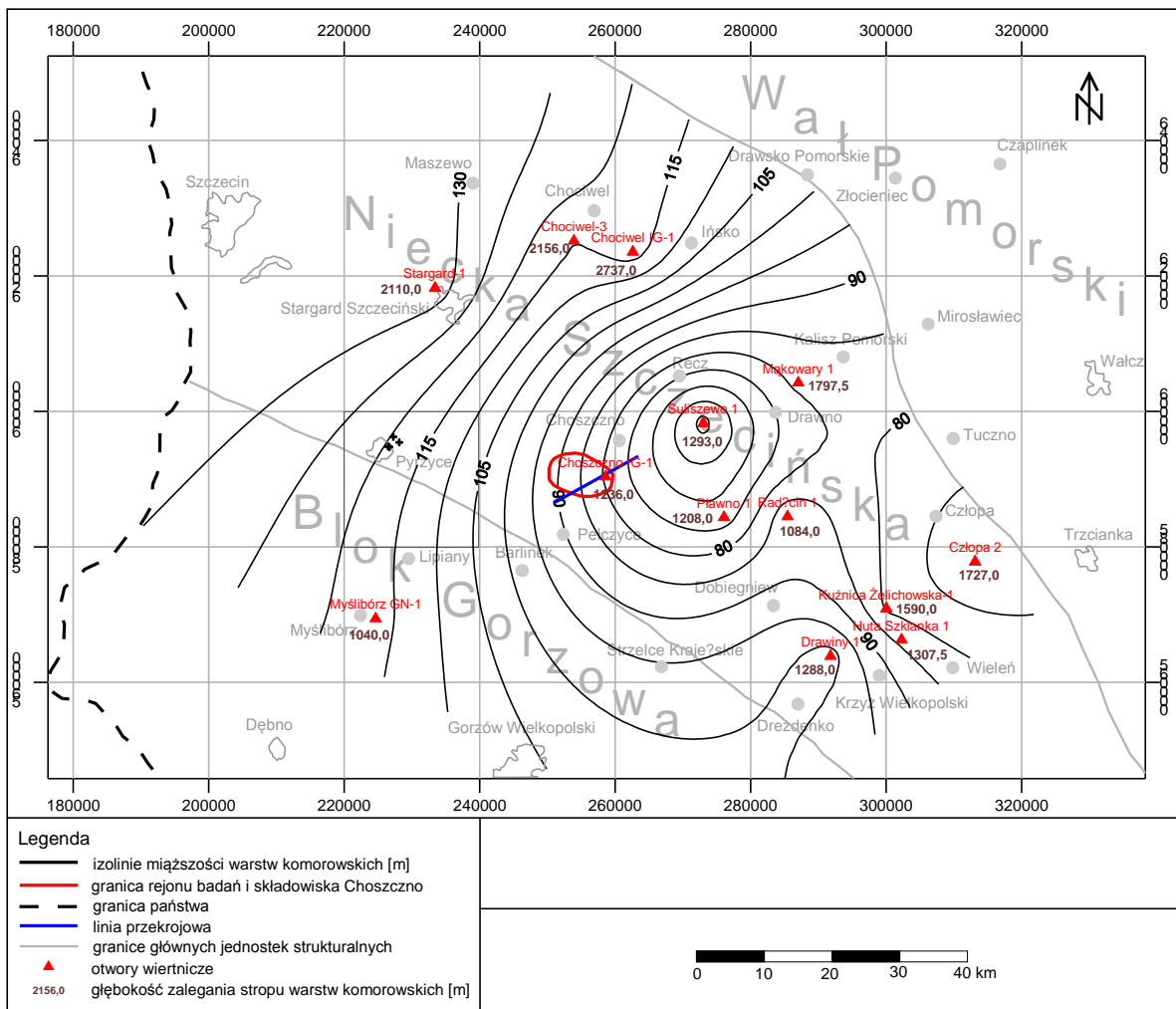


Fig. 1.1.14_72 Mapa miąższości warstw komorowskich (krzyżykami zaznaczono otwory geotermalne w rejonie Pyrzyc – Pyrzyce GT-1,2,3,4)

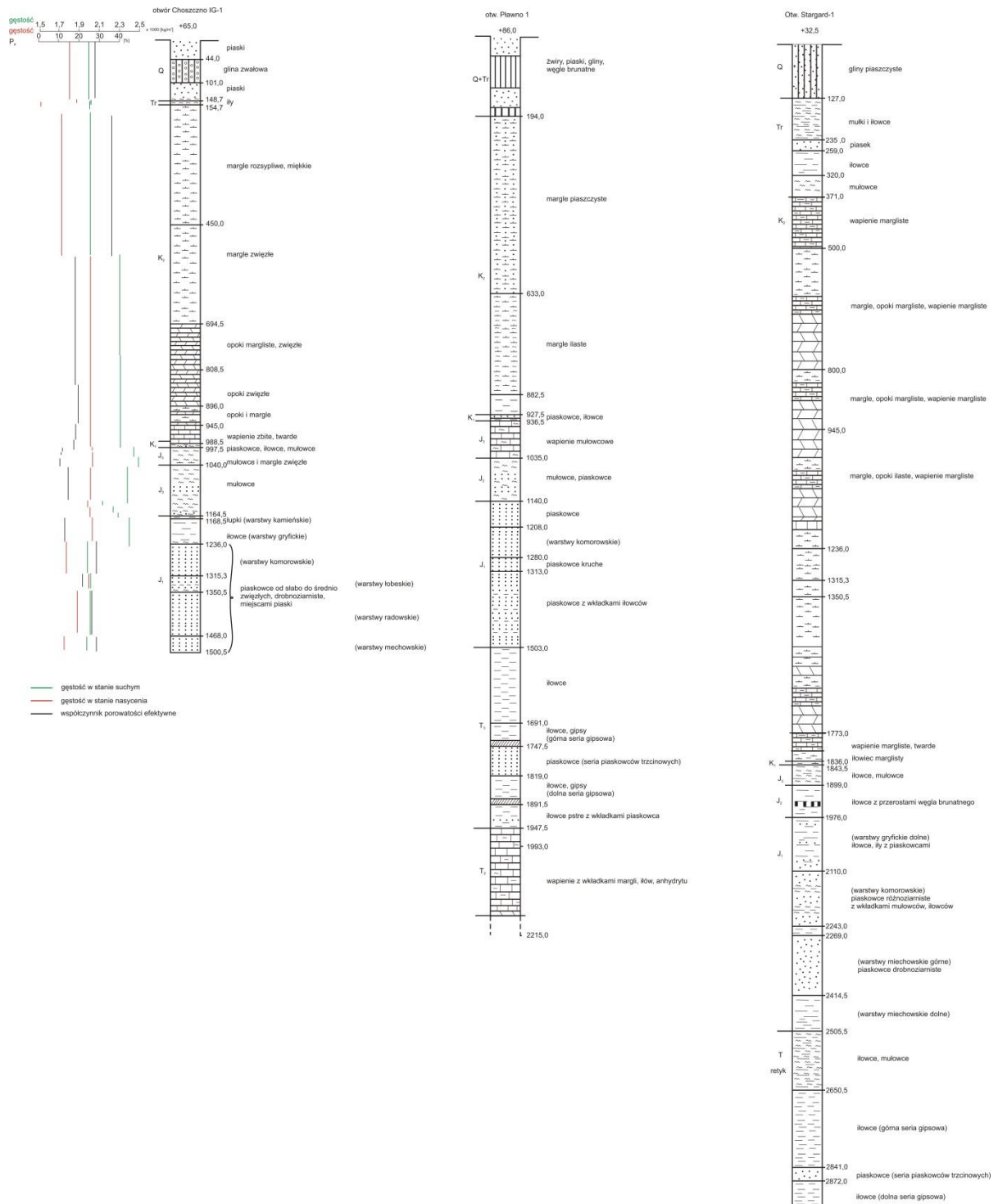


Fig. 1.1.14_73 Profile otworów geologicznych

Warunki hydrogeologiczne

Parametry hydrogeologiczne serii zbiornikowej

Poziom wodonośny warstw komorowskich związany jest z drobnoziarnistymi piaskowcami liasu. Stanowi on zbiornik wód podziemnych o charakterze porowym. Zawodnionymi utworami są słabo związane, rozsypliwie piaskowce o spoiwie węglanowym, głównie kalcytowym (**Tab. 1.1.14_82**). Wykazują one zróżnicowaną miąższość, od 133 m w otworze Stargard 1, poprzez 79,3 m w otworze Choszczno IG-1, do 88,5 m w otworze Radęcin 1 (**Fig. 1.1.14_72**).

Tab. 1.1.14_82 Wyniki oznaczeń chemicznych skał dolnej jury w otworze Choszczno IG-1 (w % wagowych; Profile głębokich otworów wiertniczych)

Głębokość m	Przynależność stratygraficzna	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃ (Fe ⁺² , Fe ⁺³)
1190,8	Formacja ciechocińska	0,33	2,83	0,48
1210,0		0,48	2,73	3,76
1229,5		0,13	2,96	3,83
1260,0	Warstwy komorowskie	0,41	0,32	5,02
1293,0		0,21	0,37	1,45
1311,0		0,22	0,89	0,08
1344,5	Warstwy łobeskie	0,80	1,44	4,89
1376,0	Warstwy radowskie	0,44		4,71
1395,4		0,35		0,13
1416,2		0,44		0,08
1434,8		0,46		0,21
1456,9		0,58		0,10
1478,0	Warstwy mechowskie	0,91		0,13

Wyniki analizy granulometrycznej wykazały zróżnicowanie uziarnienia utworów serii zbiornikowej oraz utworów zalegających w jej stropie i spągu (**Tab. 1.1.14_83 - 1.1.14_86**). W utworach warstw komorowskich dominują dwie, dosyć drobne, frakcje ziarnowe: >0,2 i >0,1 mm. Zawartość frakcji >0,2 mm wynosi przeciętnie 40%-50% wagowych (średnio 41,4%), a frakcji >0,1 mm, 15%-25% (średnio 21,05%, **Fig.**

1.1.14_87). Udział frakcji >0,1 maleje z głębokością, na korzyść frakcji >0,3 mm, której zawartość rośnie z głębokością. Zawartość pozostałych frakcji jest wyrównana i na ogół nie przekracza 10% wagowych.

Utworki warstw komorowskich wskazują dosyć wyrównany skład granulometryczny. Różni się on składem wyżej zalegających ilastych utworów warstw gryfickich (*formacja ciechocińska*), w których dominują najdrobniejsze frakcje ziarnowe, ilasta i pylasta. Odmienne wykształcone są również niżej zalegające piaskowcowe warstw radowskich i mechowskich. Cechują się one znacznym zróżnicowaniem zawartości poszczególnych frakcji ziarnowych – co zobrazowano na **Fig. 1.1.14_75**.

Tab. 1.1.14_83 Otwór Choszczno IG-1. Wyniki analizy uziarnienia utworów w stropie serii zbiornikowej

Strop zbiornika - warstwy gryfickie							
Udział wagowy frakcji ziarnowych, %							
głębokość / mm	>0,5	>0,4	>0,3	>0,2	>0,1	>0,06	<0,06
1179,5	4	0,4	1,9	11,3	26,9	16,7	55,5
1200,0	8,6	3	3,8	8,3	66,2	4,4	5,7

Tab. 1.1.14_84 Otwór Choszczno IG-1. Wyniki analizy uziarnienia utworów serii zbiornikowej

Seria zbiornikowa - warstwy komorowskie							
Udział wagowy frakcji ziarnowych, %							
głębokość / mm	>0,5	>0,4	>0,3	>0,2	>0,1	>0,06	<0,06
1240,0	0,5	1	2	36,7	47,8	3	9
1249,0	2,9	1,3	5,7	65	20,7	0,9	3,5
1260,0	0,7	2,4	4	19,3	57,2	6,5	9,9
1272,5	9	17	16,4	40,4	9	0,4	7,8
1283,5	1,5	4,2	10,7	48,5	32	0,8	2,3
1293,5	1,5	1,5	7	46	25,7	3,6	14,7
1301,4	4,2	14	28,7	35,8	14	0,5	4,8
1311,0	1,5	6,9	19,2	39,8	19	0,8	2,8

Tab. 1.1.14_85 Otwór Choszczno IG-1. Wyniki analizy uziarnienia utworów w spągu serii zbiornikowej

Spąg zbiornika - warstwy radowskie							
Udział wagowy frakcji ziarnowych, %							
głębokość / mm	>0,5	>0,4	>0,3	>0,2	>0,1	>0,06	<0,06
1376,0	5	2,3	4	16	46	6	10,7
1386,3	4,5	3	6,2	50,6	30,5	0,8	4,6
1395,6	0,8	1,7	23	47,5	15	2,5	9,5
1406,8	2	1,4	10,1	51,7	28,3	1,8	4,7
1416,2	18	46,4	24,1	6,2	3,2	0,1	2,1
1422,6	4,5	9,4	10,5	56,3	16,3	0,4	2,6
1434,6	6,2	24,1	35,1	23	9	0,6	2
1446,6	6,1	5	18,8	49,2	17,5	0,7	2,7
1456,5	2,8	33,5	39,2	15,5	2,6	0,4	6

Tab. 1.1.14_86 Otwór Choszczno IG-1. Wyniki analizy uziarnienia utworów dolnej jury – warstwy mechowskie

Spąg zbiornika - warstwy mechowskie							
Udział wagowy frakcji ziarnowych, %							
głębokość / mm	>0,5	>0,4	>0,3	>0,2	>0,1	>0,06	<0,06
1468,1	4,5	13,9	25,3	39	13,3	0,4	3,6
1478,0	0,3	2,4	10,7	55,2	6,3	1,4	3,7
1450,0	5,4	21,6	27,2	32,6	10,4	0,3	2,5
1500,0	9,1	3	4,2	28	44,5	2,8	8,4

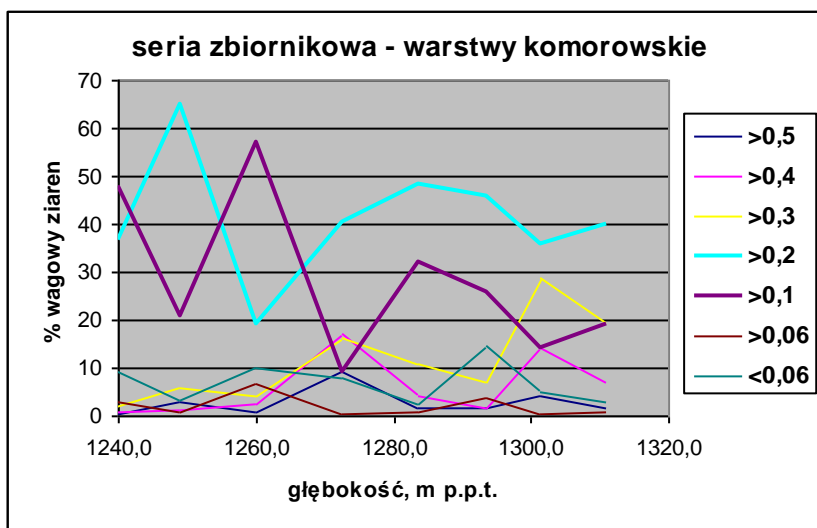


Fig. 1.1.14_74 Uziarnienie utworów warstw komorowskich

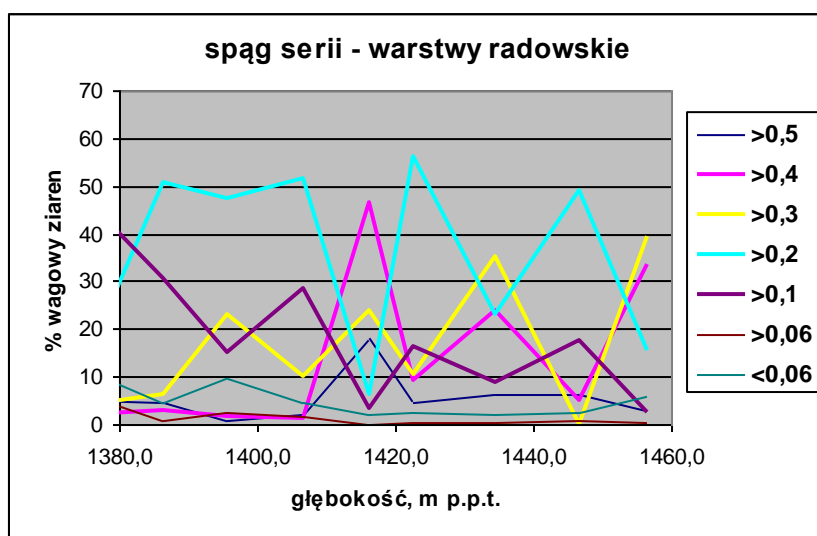


Fig. 1.1.14_75 Uziarnienie utworów warstw radowskich

W otworze Choszczno IG-1 oraz w sąsiadujących otworach wykonano serię podstawowych badań laboratoryjnych i geofizycznych, oraz polowych hydrogeologicznych których wyniki zamieszczono w **Tab. 1.1.14_87** i **1.1.14_88**. Dają one ogólny pogląd o zawodnieniu serii zbiornikowej w rejonie antykliny Choszczna.

Wyniki badań laboratoryjnych w otworze Choszczno IG-1 wykazały, iż utwory warstw komorowskich wykazują porowatość klasyfikującą się do dużej – co może być korzystne z punktu widzenia zatłaczania dwutlenku węgla. Wartość współczynnika porowatości określono na średnio 29%. Utwory tych warstw wykazują jedną z najwyższych wartości porowatości skał w profilu utworów od czwartorzędu do jury, co przedstawiono na **Fig. 1.1.14_72**. Znaczną porowatość potwierdzają również wyniki badań geofizycznych, w których porowatość „K_p” sięga 28,5% oraz 32,5%. Osady te cechują się jednak dosyć małą gęstość oznaczoną w stanie suchym (objętościową) wynoszącą $1,77 \cdot 10^3$ kg/m³. Wskazuje to na ich małą zwięzłość.

Opracowana mapka porowatości utworów warstw komorowskich wskazuje na zmiany tego parametru w sąsiedztwie antykliny Choszczna od 15% w otworze Chociwel IG-1 do 26,67% w otworze Huta Szklana 1 (**Fig. 1.1.14_76**). Z kolei na słabsze własności zbiornikowe wskazują wyniki badań przepuszczalności. Brak jest jednak oznaczeń w otworze Choszczno, tym niemniej w najbliższych otworach przepuszczalność zmienia się od 52,63 mD w otworze Człopa 2 do 206,10 w otworze Huta Szklana 1 (nie uwzględniono jedynie wyników oznaczeń laboratoryjnych z otworu Chociwel 3, które uznano za zawyżone). Utwory warstw komorowskich kwalifikują się do osadów od słabo do półprzepuszczalnych.

Tab. 1.1.14_87 Wyniki badań laboratoryjnych skał w otworze Choszczno IG-1

Głębokość strop/spąg, m	Stratygrafia	Gęstość* ¹ , x 10 ³ kg/m ³		Gęstość* ² średnia	Porowatość średnia, %
		min/max	średnia		
0,0-148,7	Q	1,49-2,22	1,8	2,01	28
148,7-154,7	Tr - oligocen	1,66-1,91	1,88	2,07	26
154,7-173,7	K - mastrycht	1,43-1,67	1,52	1,98	46
173,7-530,5	kampan	1,44-2,06	1,72	2,08	36
530,5-765,0	santon	1,88-2,31	2,13	2,31	18
765,0-844,0	koniak	2,04-2,22	2,14	2,32	18
844,0-946,0	turon	1,98-2,27	2,13	2,33	20
946,0-985,0	cenoman	2,02-2,17	2,15	2,34	19
985,0-993,0	alb	2,12-2,15	2,13	2,31	18
993,0-997,5	hoteryw	2,18-2,48	2,33	2,45	12
997,5-1037,5	J - oksford śr.	2,33-2,48	2,4	2,5	11
1037,5-1050,5	oksford d.	2,35-2,45	2,41	2,5	10
1050,5-1132,0	kelowej	1,85-2,50	2,24	2,39	15
1132,0-1149,5	baton	1,41-2,04	1,98	2,13	23
1149,5-1164,5	bajos	1,98-2,12	2,1	2,25	20
1164,5-1168,5	toars g.	2,10-2,10	2,1	2,3	20
1168,5-1236,0	toars d.	1,91-2,56	2,33	2,41	13
1236,0-1315,3	pliensbach (domer)	1,35-2,16	1,77	1,99	29
1315,3-1350,5	(karyks)	1,42-2,46	2,03	2,19	22
1350,5-1468,0	synemur g.	1,09-2,47	1,87	2,07	27
1468,0-1500,5	synemur d.	1,38-1,95	1,76	1,98	29

*1 gęstość próbek suchych oparafinowanych (zbliżona do gęstości objętościowej)

*2 gęstość próbek w 100% nasyconych wodą

Tab. 1.1.14_88 Zestawienie wyników badań laboratoryjnych i polowych utworów dolnej jury w rejonie antykliny Choszczna

		Badania laboratoryjne hydrogeologiczne								Badania geofizyczne							Badania polowe hydrogeologiczne	
Nazwa otworu	Głębokość liasu [m]	Interwał oprób. [m]	Rdz eń [cm]	Litologia	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]	Zasolenie [%]	Mineralizacja (s.p.) [g/dm ³]	*Typ wody	Interwał oprób. [m]	Stratygrafia	Litologia	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]	Zasolenie [g/dm ³]	Zawod. [%]		
Człopa-1 ukt. 92 x: 310468,0 y: 576963,3 z: 90,0 m npm	strop-spąg 480,0-1080,0 (600,0)	688,0-694,0	0-10	p-c	19,67													Przypływ wody złożowej: 2,9 m ³ /10 minut; P _{złoż.} =ok. 11,09 MPa
		lias+środkowy	50-60	p-c	21,93	29,872	0,1311											
		1014,0-1022,0	0-10	p-c	27,97	162,941												
		lias dolny	50-60	p-c	29,67	179,235	0,1218											
		1070,0-1078,0	0-10	p-c	30,14	209,495	0,0937											
		lias dolny						72,0	Na-Cl									
		997,5-1002,5							94,6	Na-Cl								
		1354,2-1360,2	10-20	p-c	22,14	162,558	0,0562			1345,0-1348,0		p-c zail.	31,0		45,0	100		
Człopa-2		1412,8-1418,8	10-20	p-c	23,72	150,055	0,0234			1348,0-1432,0		p-c	42,0		45,0	100		

		10-20		23,00	206,325	0,028 1			1797,0- 1936,0		39,0		45,0	100
		40-50		22,81		0,018 7			2052,0- 2120,0		39,0		45,0	100
	1469,3- 1472,1	40-50	mufo w.	11,20	8,128	0,192 0			2145,0- 2155,0	p- c-ity	20,5		45,0	100
	1522,5- 1526,2	50-60	p-c	19,75	30,121	0,379 4			2155,0- 2116,5	p-c	37,5		45,0	100
		20-30		22,42	81,279	0,666 1			2216,5- 2225,0	p-c zail.	30,0		45,0	100
	1569,4- 1573,1	40-50	p-c	17,61		0,065 6			2225,0- 2235,5	p-c	36,5		45,0	100
		40-50		27,44		0,079 6			2240,0- 2260,0	p-c zail.	32,0		45,0	100
		50-60		26,71	174,171	0,051 6			2260,0- 2292,0	p-c	30,0		45,0	100
	1334,0- 2293,0	40-50	p-c	25,51	156,754	0,046 8								
	(959,0)	20-30	p-c	24,47	139,337	0,046 8								
		30-40		23,15		0,051 5								
		40-50		22,00	162,558	0,046 8								
	1747,0- 1750,0	20-30	p-c	24,23	125,045	0,042 2								
		40-50		20,20	25,544	0,421 6								

ukt. 92
x:
313140,2
y:
578064,8
z: 92,5 m
npm

		30-40		15,84	7,315	0,3280														
	1823,4-1826,4	30-40	p-c	23,76	209,989	0,0468														
		30-40		23,92	188,452	0,0468														
		30-40		22,80	192,491	0,0468														
	1936,3-1941,6	20-30	p-c	25,46	174,992	0,0937														
		20-30		20,11	99,415	0,1030														
		40-50		24,11	174,992	0,0656														
		40-50		23,17	136,104	0,0750														
	2045,8-2049,8	50-60	p-c	23,13		0,0562														
	2164,9-2170,0	0-10	p-c	29,09	157,493	0,0656														
		0-10		27,75	209,989	0,1218														
	2277,2-2279,4	0-10	p-c	25,22	157,492	0,0468														
	1345,0-1350,0						106,0	Na-Cl												
Człopa-3	1450,5-1454,6	0-10	p-c	20,65		0,0562														

ukt. 92	strop-spąg		50-60		21,92	160,672	0,0187								
x: 309148,2	1402,5-1562,5	lias środkowy	0-10		16,87	120,504	0,1733								
y: 575190,7	(160,0)		50-60	zlepien.	14,97	4,984	0,2670								
z: 87,5 m npm															
Kuźnica Żelichowska-1	strop-spąg	1717,0-1723,0 lias dolny	20-30	p-c			0,0666								
ukt. 92	1524,0-1846,0														
x: 300061,4	(322,0)														
y: 571136,6		1798,0-1804,0 lias dolny	50-60	p-c	8,35	13,525	0,2081								
z: 65,0 m npm															
															c.d.
Huta Szklana 1	strop-spąg	1336,3-1342,0		p-c	26,67	206,101	0,0281								
ukt. 92	1250,0-1605,0														

x: 302281,4	(355,0)																		
		1529,4-1535,5	p-c	21,46	173,659	0,0187													
y: 566528,9																			
z: 39,0 m npm																			
Choszczno IG-1 ukł. 92	strop-spąg	1164,5-1168,5							1164,5-1168,5	toars	K _p =22,0								
		toars górny			20,0 (śr.)				1185,0-1189,5		K _p =26,5								
		1168,5-1236,0							1231,0-1236,0		K _p =23,0								
		toars dolny			13,0 (śr.)				1240,5-1257,0	domer	K _p =28,5								
		1236,0-1315,3							1261,0-1292,0		K _p =32,5								
		domer			29,0 (śr.)				1323,0-1337,5	karyks	K _p =27,0								
		1315,3-1350,5							1348,5-1361,0	karyks-synemur	K _p =23,5								
		karyks			22,0 (śr.)				1364,0-1371,0	synemur	K _p =28,5								
		1350,5-1468,0							1383,0-1408,5		K _p =32,5								
		synemur górny			27,0 (śr.)				1410,5-1451,0		K _p =32,0								
		1468,0-			29,0 (śr.)				1452,5-		K _p =								

		1500,5							1468,0		35,0				
		synemu dolny							1470,0- 1496,0		K _p = 33,5				
Huta Szklana 2															
ukt. 92	strop-spąg														
x: 302553,4	1394,0- 1710,0	1404,0- 1414,0	50- 60	p-c	26,25		0,046 8								
y: 567693,1	(316,0)														
z: 41,0 m npm															
									1044,5- 1050,0		40,0		55,0	100	Początkowe ciśnienie
			0- 10		22,12	55,811	0,140 6		1057,0- 1065,0	lias górny	38,5		55,0	100	złożowe na głęb. 1069 m
									1082,5- 1100,0		35,0		65,0	100	P _{złoż.} =ok. 10,74 MPa
				p-c					1114,0- 1173,0	lias środkowy	39,0		65,0	100	Czas oczekiwania na
Radęcin-1									1193,0- 1220,0		28,5		70,0	100	przyptyw 20 min.,
ukt. 92	strop-spąg	1142,4- 1146,7	50- 60		26,88	128,987	0,215 5		1220,0- 1228,0	lias dolny	32,5		70,0	100	otrzymano 5,2 m ³ solanki 9,4%
x: 285445,3	1042,5- 1398,5	lias środkowy							1228,0- 1246,5		37,0		70,0	100	chlorkowo-sodowej

y: 584698,7 z: 77,5 m npm	(356,0)								1246,5- 1275,5				34,5		70,0	100		
									1282,0- 1300,5				33,5		70,0	100		
		0- 10		19,92	124,026	0,075 0			1306,0- 1347,0				37,2		70,0	100		
									1350,5- 1369,5				40,0		70,0	100		
									1372,0- 1393,5				39,0		70,0	100		
		1081,5- 1085,5						94,0	Na- Cl	1395,0- 1400,5				36,0		70,0	100	
Pławno-1 ukt. 92 x: 276070,8 y: 584632,4 z: 86,0 m npm	(363,0)	1246,2- 1254,3	0- 20	p-c	26,08	190,025	0,037 5										Głębokość 1320,0-1325,0 m	
		lias dolny																przyptyw 3,64 m ³
		1254,3- 1262,5	20- 25					0,046 8										plynu z silnym zapachem
		lias dolny																siarkowodoru
		1316,0- 1321,0						97,0	Na- Cl									
			0- 10	p-c	23,69	**764018												Głębokość 2111,0-2120,0 m
		2115,0- 2120,0	50- 60			24,34	**654872											przyptyw 14,3 m ³
		toars górnny,doln	0- 10			25,91												

y	50-60	24,81	**544470																	bez śladów gazu.	
2156,0-2161,0 domer	0-10	24,20	**559744																	Ciśnienie hydrostatyczne	
	50-60	23,85	**298527																	płuczki: 24,27 MPa.	
	0-10	24,83	**291905																	Natężenie przepływu Q	
	50-60	19,89	**319864																	wody złożowej:	
	0-10	16,53	**65842																	21,4 m ³ /h; 513,6 m ³ /d	
																					c.d.
		p-c																			
		50-60	21,26	**116709																	Początkowe ciśnienie złożowe:
																					K=428,7 mD
																					c.d.
		0-10	22,28	**500085																	(głęb. 2111 m) P _{złoż.} = 21,06 MPa
		50-60	20,55	**3074038																	Gradient ciśnienia złożowego:
	0-10	18,28	**71329																	1,0 x 10 ⁻² MPa/m;	

2161,0- 2173,0 domer	0-10	20,54	**333390									Potencjalny wskaźnik
	0-10	11,24										natężenia przepływu:
	50-60	12,18										$\eta_p=5,91 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{MPa};$ 50,04 m ³ /d/at
	0-10	18,97	**159221									Faktyczny wskaźnik
	50-60	21,98	**145953									natężenia przepływu:
	0-10	20,73	**77806									$\eta_f= 3,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{MPa};$ 26,34 m ³ /d/at
	50-60	20,65	**298530									Głębokość 2140,0-2161,0
	0-10	23,81	**417007									w 23 min. przyptyw 9,83 m ³
	50-60	22,21	**407086									solanki o gęstości 1,14 g/cm ³
	70-80	20,87	**364881									bez śladów gazu; K=524,2 mD
	0-10	22,44	**639707									Ciśnienie hydrostatyczne
	50-60	21,92	**417007									płuczki: 23,96 MPa
	0-10	25,20	**417007									Natężenie przepływu Q
50-60	24,54	**1146027									wody złożowej:	

	0-10		24,16	**5142218																25,4 m ³ /h; 610,0 m ³ /d
	50-60		24,33	**930051																Początkowe ciśnienie złożowe:
	0-10		25,61	**3875214																(głęb. 2140 m) P _{złoż.} = 21,44 Mpa
	50-60		25,24	**516695																Gradient ciśnienia złożowego:
	0-10		20,55	**930051																1,0 x 10 ⁻² MPa/m
	50-60		18,71	**1268252																Potencjalny wskaźnik
	0-10		20,31	**139507																natężenia przepływu:
	50-60		21,20	**139507																η _p = 7,78 x 10 ⁻³ m ³ /s/Mpa; 65,93 m ³ /d/at
	0-10		21,38																	Faktyczny wskaźnik
	50-60	p-c	21,25	**874690																natężenia przepływu:
	0-10		21,08	**850393																η _f = 7,27 x 10 ⁻³ m ³ /s/Mpa; 61,62 m ³ /d/at
2203,0-2213,0	50-60		22,11	**571302																Głębokość 2331,0-2346,0
domer	0-10		21,47	**3477123																w 26,5 min. przyptyw 15,2 m ³
	50-60		21,74	**3090776																solanki o gęstości 1,089 g/cm ³

Chociwel-3	ukt. 92	strop-spąg	2263,0-2271,0	0-10	22,77	**1001738									bez śladów gazu.			
				50-60	21,65	**505434											Ciśnienie hydrostatyczne	
				0-10	23,02												płuczki: 26,95 Mpa; K=745,6 mD	
				50-60	21,66	**5563396												Natężenie przepływu Q
				0-10	20,53	**606521												wody złożowej:
				50-60	18,08	**411601												34,0 m ³ /h; 816,7 m ³ /d
				0-10	20,46	**121209												Początkowe ciśnienie złożowe:
				0-10	20,85	**874690												(głęb. 2334 m) P _{złoż.} = 23,27 MPa
				50-60	20,18	**588734												Gradient ciśnienia złożowego:
				0-10	20,73	**919221												0,997 x 10 ⁻² Mpa/m
				50-60	22,83													Potencjalny wskaźnik
				0-10	20,07	**181956												natężenia przepływu:
				50-60	16,64													ηp=16,7 x 10 ⁻³ m ³ /s/Mpa; 141,8 m ³ /d/at
				0-10	18,02	**588734												Faktyczny wskaźnik

y: 625436,2 z: 87,5 m npm	(350,5)	domer	50-60	20,33	**353240													natężenia przepływu:			
			0-10	20,26	**665500														$\eta_f = 12,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{MPa};$ 107,5 m ³ /d/at		
																				c.d.	
			50-60	16,53	**869281															Głębokość 2438,0-2453,0	
																					w 27 min. przyływ 15,7 m ³
			0-10	6,05																	solanki o gęstości 1,091 g/cm ³
			50-60	5,42	**887																bez śladów gazu.
			0-10	16,03																	c.d.
			50-60	18,22	**330829																Ciśnienie hydrostatyczne
			2271,0- 2277,0		p-c	0-10	16,47	**510236													płuczki: 27,30 Mpa; K=1248,7 mD
						50-60	3,68														

karyks	50-60		4,76																	wody złożowej:	
	0-10		15,31	**1426512																35,28 m ³ /h; 846,74 m ³ /d	
	50-60		16,57	**95236																Początkowe ciśnienie złożowe	
	0-10		17,18	**88887																(głęb. 2438 m) P _{złoż.} = 24,41 Mpa	
2277,0-2284,0 karyks	0-10	p-c	8,91	**355																Gradient ciśnienia złożowego:	
	50-60		15,65	**57927																1 x 10 ⁻² MPa/m	
	0-10		15,62	**74073																	Potencjalny wskaźnik
	50-60		14,61	**80806																	natężenia przepływu:
	0-10		15,46	**417465																	η _p =26,5 x 10 ⁻³ m ³ /s/MPa; 224,9 m ³ /d/at
	50-60		10,77	**142																	Faktyczny wskaźnik
2337,0-2346,0	0-10	p-c	20,80	**413537																natężenia przepływu:	
	50-60		20,94	**1064778																	η _f = 31,2 x 10 ⁻³ m ³ /s/MPa; 264,6 m ³ /d/at
	0-10		19,67	**887315																	
	50-60		19,96	**615205																	

synemur dolny	0-10		18,95	**419899									
	50-60		19,71	**1090862									
	0-10		19,94	**709852									
	50-60		19,56	**887315									
	0-10		21,81	**559866									
	50-60		22,92	**2139738									
	0-10		23,22	**1324618									
	50-60		24,38	**1426512									
	0-10		23,75	**1854465									
	50-60		24,95	**2528816									
	0-10		22,44	**2528816									
	50-60		22,58	**1638138									
2434,0- 2453,0	0-10	p-c	23,86	**1039201									
	50-60		22,48	**2120408									


hetang dolny	0-10		19,17											
	50-60		19,41	**2120408										
	0-10		17,67	**301020										
	50-60		17,74	**1968950										
2444,0- 2453,0 hetang dolny	0-10	p-c	20,10	**2528816										
	50-60		20,04	**2318082										
	0-10		23,08	**1426512										
	50-60		24,40	**927233										
	0-10		22,71	**842939										
	50-60		22,34	**386445										
	0-10		22,51											
	50-60		21,80	**685873										
	0-10		22,23	**914498										
	50-60		21,43	**952602										

c.d.

		2140,0- 2161,0					125,94	Na- Cl						
		2331,0					120,66	Na- Cl						
		2438,0					129,94	Na- Cl						
Mąkowiec y-1														
ukt. 92	strop-spąg							1930,5- 1940,5				K _p = 30,0		
x: 287037,3	1829,0- 2110,0							2025,0- 2037,5		p-c		K _p = 21,0		
y: 604491,2	(281,0)													
z: 95,0 m npm								2074,0- 2085,0				K _p = 22,0		
		2632,2- 2666,8			7,0-29,0 (23,0)									
	toars górny													
		2666,8- 2737,0			0,0-27,0 (12,0)									
Chociwel IG-1	toars dolny													

ukt. 92 x: 262618,9 y: 623815,5 z: 95,0 m npm	strop-spąg	2737,0- 2855,0			1,0-32,0 (15,0)											
		2632,2- 2906,7	domer													
	(274,5)	2855,0- 2883,1			0,0-25,0 (10,0)											
		2883,1- 2906,7	karyks			0,0-17,0 (9,0)										
		synemur górny														

min.- max. (śr.)	** dane wyrażone w jednostce nm ²	*wg Cimaszewskieg o	K _p - współczynnik porowatości
---------------------	---	---------------------------	--

 warstwy komorowskie

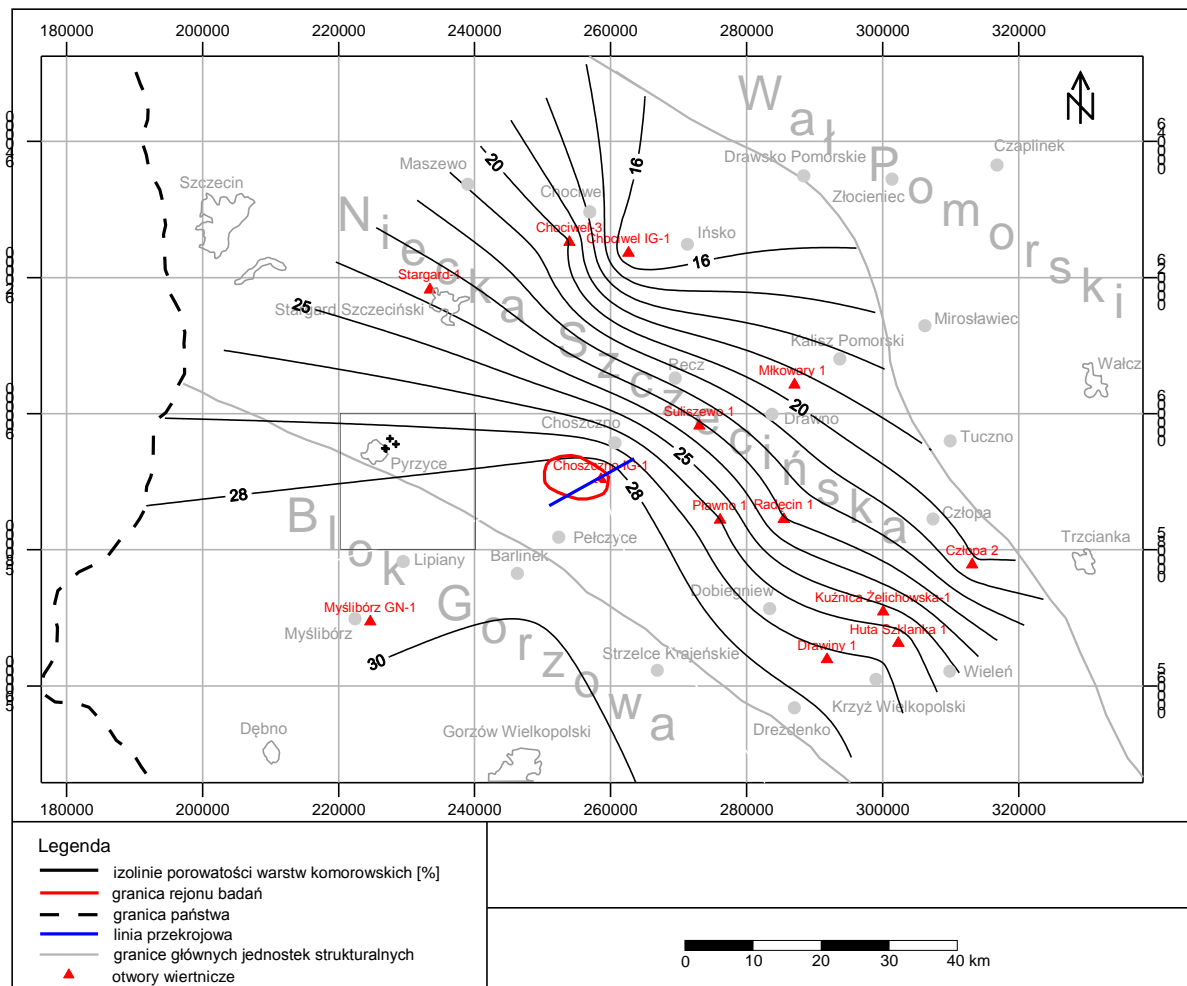


Fig. 1.1.14_76 Porowatość utworów warstw komorowskich (krzyżkami zaznaczono otwory geotermalne w rejonie Pyrzyce – Pyrzyce GT-1,2,3,4)

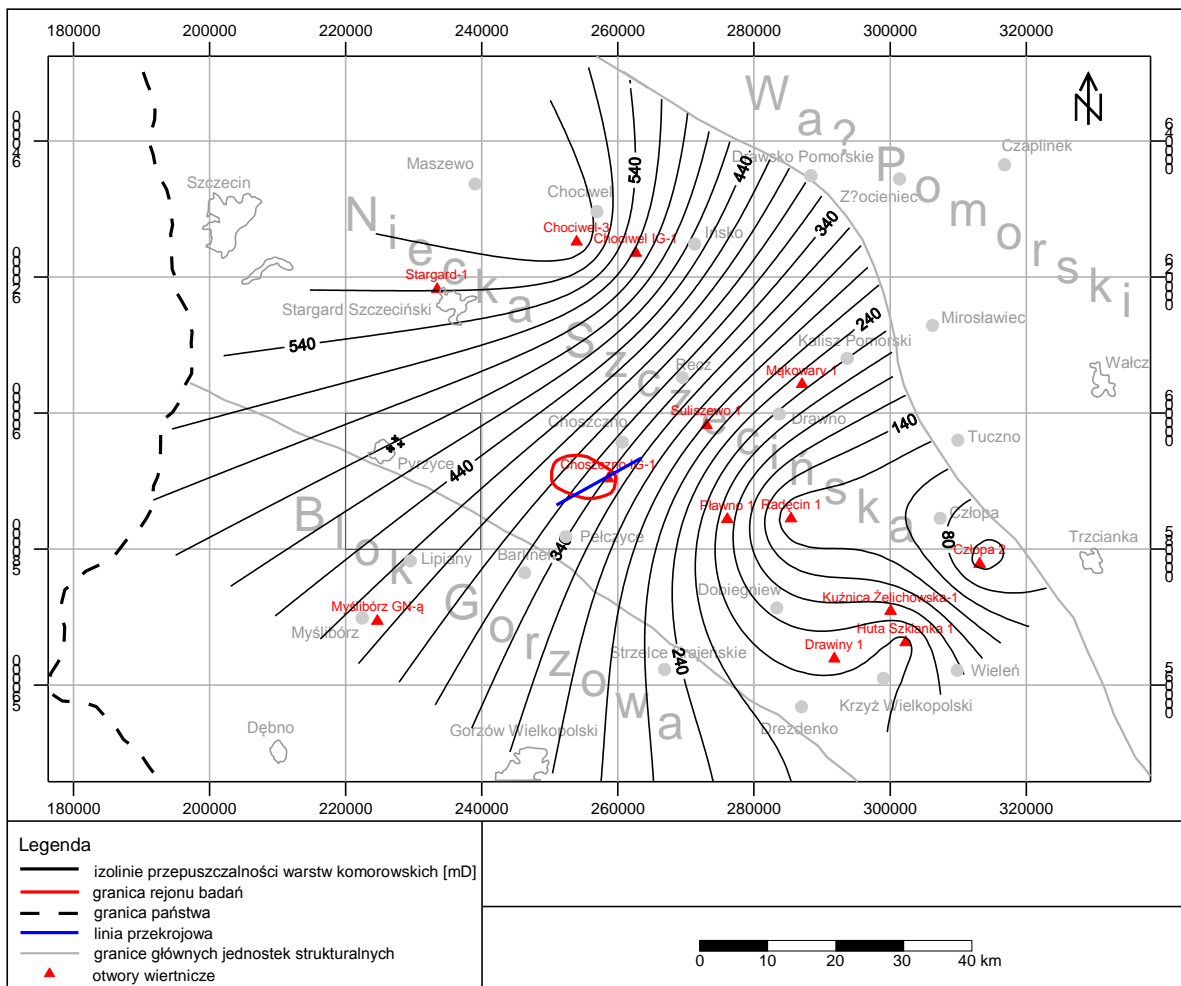


Fig. 1.1.14_77 Przepuszczalność utworów warstw komorowskich (wyniki analiz laboratoryjnych)⁶
 (krzyżykami zaznaczono otwory geotermalne w rejonie Pyrzyce – Pyrzyce GT-1,2,3,4)

Parametry hydrogeologiczne serii nadległej i podścielającej serię zbiornikową

Parametry hydrogeologiczne i własności fizyczne skał z badań laboratoryjnych i geofizycznych

Zmienność wybranych parametrów hydrogeologicznych i własności fizycznych przedstawiono na **Figurach 1.1.14_72, 1.1.14_77, 1.1.14_78 i 1.1.14_79** oraz w **Tabeli 1.1.14_88**. W stropie warstw komorowskich zalega 75,5 metrowa warstwa iłowców i łupków toarsu oraz 167-metrowa warstwa mułowców z wkładkami zwartych margli środkowej i górnej jury. Kompleks ten wykazuje porowatość zmieniającą się w granicach 10-15%. Wyniki oznaczeń gęstości próbek suchych oparafinowanych (gęstości objętościowej) wykazały wartości z zakresu $2,10 \cdot 10^3$ - $2,33 \cdot 10^3$, a gęstości próbek w 100% nasyconych wodą, w zakresie $2,30 \cdot 10^3$ - $2,41 \cdot 10^3$ kg/m³.

⁶ Próbne pompowania dla otworów Pyrzyce GT-1,2,3,4. dają wartości o rząd wielkości większe (Kapuściński 1997, Kapuściński i in. 1997).

W stropie warstw komorowskich utwory dolnej i górnej kredy (zalegające do głębokości około 530 m p.p.t.) wykazują znacząco niższe wartości, to jest: porowatość 9-20%, gęstość objętościową $2,13 \cdot 10^3$ - $2,14 \cdot 10^3$ kg/m³ oraz gęstość w stanie pełnego nasycenia wodą $2,31 \cdot 10^3$ - $2,33 \cdot 10^3$ kg/m³. Dopiero utwory stropowej partii kredy oraz kenozoiku wykazują wzrost porowatości do 28-36%.

Z kolei w spągu serii zbiornikowej zalegają zailone, słabo zwięzłe piaskowce warstw łobeskich, radowskich i mechowskich pliensbachu (karyksu) i synemuru, które zostały przewiercone na odcinku około 182 metrów. Piaskowce te cechują się dość dużą porowatością, 22-29%, oraz niską gęstością w stanie suchym, wynoszącą $1,76 \cdot 10^3$ - $1,87 \cdot 10^3$ kg/m³, co wskazuje na ich słabą zwięzłość.

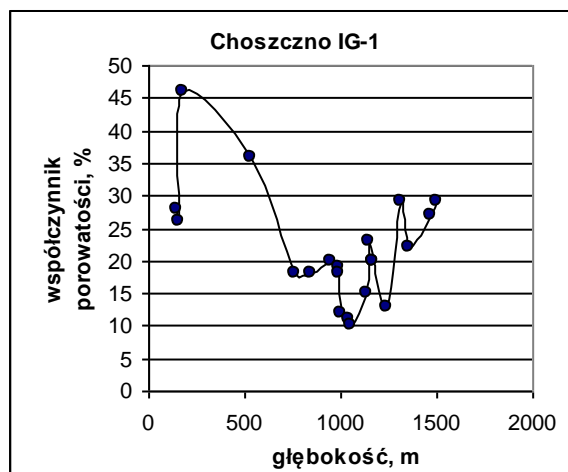


Fig. 1.1.14_78 Zmiany porowatości utworów z głębokością w otworze Choszczno IG-1.

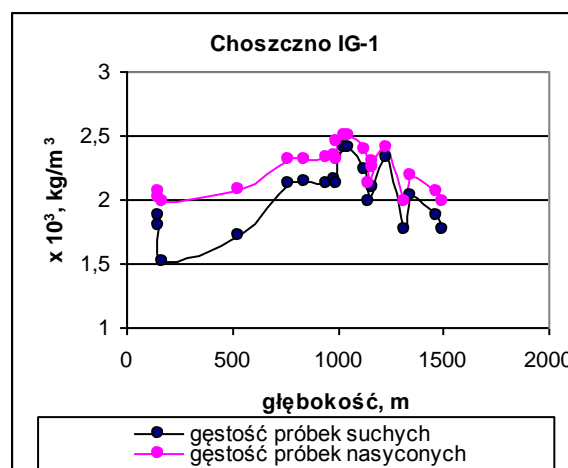


Fig. 1.1.14_79 Zmiany gęstości utworów z głębokością w otworze Choszczno IG-1.

Wyniki badań geofizycznych nie w pełni potwierdzają wielkości uzyskane w toku badań laboratoryjnych. Otóż wyniki badań elektrometrycznych iłowców toarsu wykazały porowatość od 22,0 do 26,5%, a piaskowców pliensbachu i synemuru od 27,0 do 35,0%; dla warstw komorowskich porowatość określono

natomiast na 28,5-32,5%. Wartości uzyskane z geofizyki wiertniczej są ogólnie wyższe, od uzyskanych z badań laboratoryjnych.

Zalegające poniżej łowce retyku nie były poddane badaniom. Dopiero piaskowce serii trzciny - które stwierdzono w otworze Pławno 1 na głębokości 1747,5-1819,0 - wykazały dość dobre parametry zbiornikowe, to jest: przepuszczalność w granicach 65-130 mD oraz porowatość 19,5-21,5%. Poziom ten jest jednak słabo udokumentowany otworami i badaniami. Na obecnym etapie rozpoznania nie ma więc podstawy do analizowania jego przydatności do celów składowania CO₂.

Parametry hydrogeologiczne z badań polowych

W rejonie przewidywanego zbiornika dwutlenku węgla Choszczno nie wykonano dotychczas polowych badań hydrogeologicznych. Najbliższym otworem, w których zrealizowano szeroki program badań polowych, jest otwór Chociwel-3 (**Tab. 1.1.14_88**). W toku badań próbnikiem złoża uzyskano z piaskowców toarsu (na głębokości 2111,0-2120,0 m) dopływy wody o natężeniu 21,4 m³/h, przy ciśnieniu 21,06 MPa. Wyznaczony na jego podstawie współczynnik przepuszczalności, K, o wartości 428,7 mD wskazuje, iż są to według klasyfikacji Pazdry (1977) utwory słabo przepuszczalne.

W warstwach komorowskich, na głębokości 2140-2161 m, uzyskano przyptywy wody o natężeniu 25,4 m³/h, a na głębokości 2140 m stwierdzono ciśnienie złożowe wynoszące 21,44 MPa. Współczynnik przepuszczalności o wartości średniej 524,2 mD wskazuje, że są to utwory o słabej przepuszczalności.

W spągu serii zbiornikowej stwierdzono natomiast:

- na głębokości 2331-2346 – dopływy 34,0 m³/h, ciśnienie złożowe (na głębokości 2334 m) 23,27 MPa oraz współczynnik K= 745,6 MD wskazujący na występowanie osadów o słabej przepuszczalności;
- na głębokości 2438-2453 – dopływy 35,28 m³/h, ciśnienie złożowe 24,41 MPa (gł. 2438 m) oraz K=1248,7 mD, wskazujący na występowanie osadów o średniej przepuszczalności.

Skromniejszy zakres badań przeprowadzono w zlokalizowanych w sąsiedztwie antykliny Choszczna, otworach Radęcin-1 oraz Pławno-1. W otworze Radęcin-1 stwierdzono dopływy z piaskowców warstw komorowskich o natężeniu 5,2 m³ (po 20-minutowym okresie oczekiwania na przyptywy) oraz ciśnienie złożowe 10,74 MPa, natomiast w otworze Pławno-2, niewielkie dopływy wody z piaskowców dolnojurajskich, zalegających w ich spągu, o „silnym zapachu siarkowodoru”.

Poziomy wodonośne zalegające na głębokości 2111-2453 m (to jest od toarsu do hetangu) wykazują dosyć niskie wartości gradientu ciśnienia wynoszące $0,997 \cdot 10^3 - 1,00 \cdot 10^3$ hPa/10 m. Nie stwierdzono w nich obecności gazu.

Temperatura górotworu w stropie dolnej jury wynosi około 60-65°C (Górecki red. 2006, Kapuściński i in., 1997 – otwory Pyrzyce G1-1,2,3,4). Jednak według wyników profilowania PTu w otworze Choszczno IG-1, temperaturę po ośmiogodzinnej stójce określono na min. 40,8°C – co wydaje się wynikiem zaniżonym (wpływ płuczki, błąd grubo pomiaru?).

Chemizm wód

Wody w poziomie warstw komorowskich w rejonie antykliny Choszczna wykazują mineralizację od 94 g/dm³ w otworze Radęcin-1 do 97 g/dm³ w otworze Pławno-1 (**Fig. 1.1.14_80**). Są to wody typu Cl-Ca I grupy, o odczynie słabo zasadowym, pH=7,3. W składzie wód występuje, oprócz dominujących jonów Cl⁻ i Na⁺, jon Ca²⁺ o stężeniu 1705,3 mg/dm³, co stanowi poniżej 3,9% mval. Wody zawierają podwyższone stężenia jonów Br⁻, wynoszące 84-239,7 mg/dm³, niewielkie ilości J⁻, wynoszące 5 mg/dm³, oraz żelaza, 106,3 mg/dm³. Z kolei według wyników badań geofizycznych w otworze Radęcin-1 mineralizacja wód w poziomie warstw komorowskich jest mniejsza, i wynosi 55,0-70,0 g/dm³.

Wskaźnik $rNa:rCl$ wynosi 0,91-0,92 co wskazuje na średni stopień metamorfizmu wód. Oznacza on brak zasilania poziomu w warstwach komorowskich z wyższych pięter wodonośnych lub z powierzchni terenu.

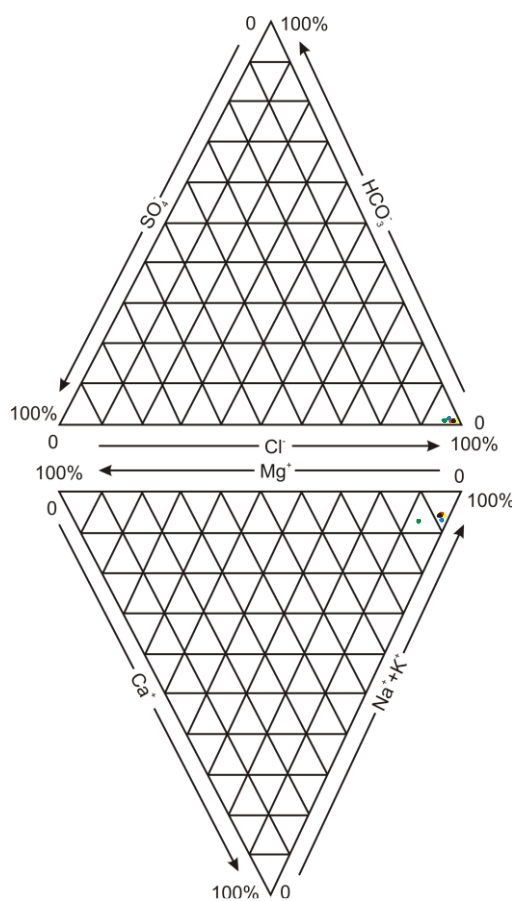


Fig. 1.1.14_80 Chemizm wód w utworach dolnej jury w rejonie antykliny Choszczna

W ujęciu regionalnym w rejonie antykliny Choszczna stwierdzono wertykalny kierunek zmian między piętrami wodonośnymi dolnej jury i górnego triasu/retyku, który wynosi: w przypadku mineralizacji wód - od 70 g/dm³ (otwór Marianowo 1) do 155 g/dm³ (otwór Strzelce Krajeńskie), oraz ciśnienia od odpowiednio 5,5 do 15,0 MPa (Bojarski 1996). Oznacza to, że w rejonie projektowanego zbiornika CO₂ należy spodziewać się różnicy mineralizacji między wspomnianymi piętrami wynoszącej około 110 g/dm³ oraz ciśnienia 10 MPa. Różnice te nie należą do najwyższych, tym niemniej wskazują na możliwą ascenzyjną migrację wód, zwłaszcza w przypadku reaktywowania uskoku tektonicznych (głównie w rejonie wysadów solnych). Z

kolei lateralny kierunek wskazuje na zmiany zasolenia wód w dolnojurajskim piętrze wodonośnym w kierunku na NE oraz SW od antykliny Choszczna.

Reżim hydrodynamiczny i warunki składowania dwutlenku węgla

Projektowane składowisko dwutlenku węgla Choszczno zlokalizowane jest w rejonie lokalnej struktury antyklinalnej. Stanowi ona część ciągu połączonych antyklin zaznaczających się w utworach jury i dolnej kredy, o przebiegu NW-SE. Od strony N i S towarzyszą im dwa ciągi synklin o podobnym przebiegu (Jaskowiak-Schoeneichowa 1979).

Liczne przewarstwienia piaszczyste występujące w dolnej jurze, w utworach toarsu, piensbachu, synemuru i hetangu, tworzą poziomy wodonośne. Stwierdzone w nich ciśnienia złożowe wody są zróżnicowane, zależne od lokalizacji otworu (w strefie wyniesionej lub obniżonej serii). Zmieniają się one od 10,74 MPa w otworze Radęcin-1 do 24,41 MPa w otworze Chociwel-3.

W odniesieniu do górnotriasowego zbiornika wód należy stwierdzić, że wykazana różnica ciśnień wynosząca $55 \cdot 10^3$ - $155 \cdot 10^3$ hPa wskazuje, iż zbiorniki dolnej jury i górnego triasu stanowią dwa odrębne kompleksy wodonośne. Obecnie nie wykazano zachodzenia ascenzyjnej migracji wód. Może do niej jednak dojść w przypadku reaktywacji stref nieciągłości towarzyszących zwłaszcza strukturom solnym, na skutek niewłaściwej eksploatacji zbiornika dolnej jury. Z kolei niewielka różnica ciśnienia między piętrami dolnej i górnej jury ($20 \cdot 10^3$ hPa w otworze Chociwel-3) oraz mineralizacji (25 g/dm^3), jak również niskie gradienty ciśnienia wód (średnio $1 \cdot 10^3$ hPa/10 m w dolnej jurze i $0,97 \cdot 10^3$ hPa/10 m w górnej jurze) wskazują na znacznie trudniejsze warunki do ascenzyjacji wód.

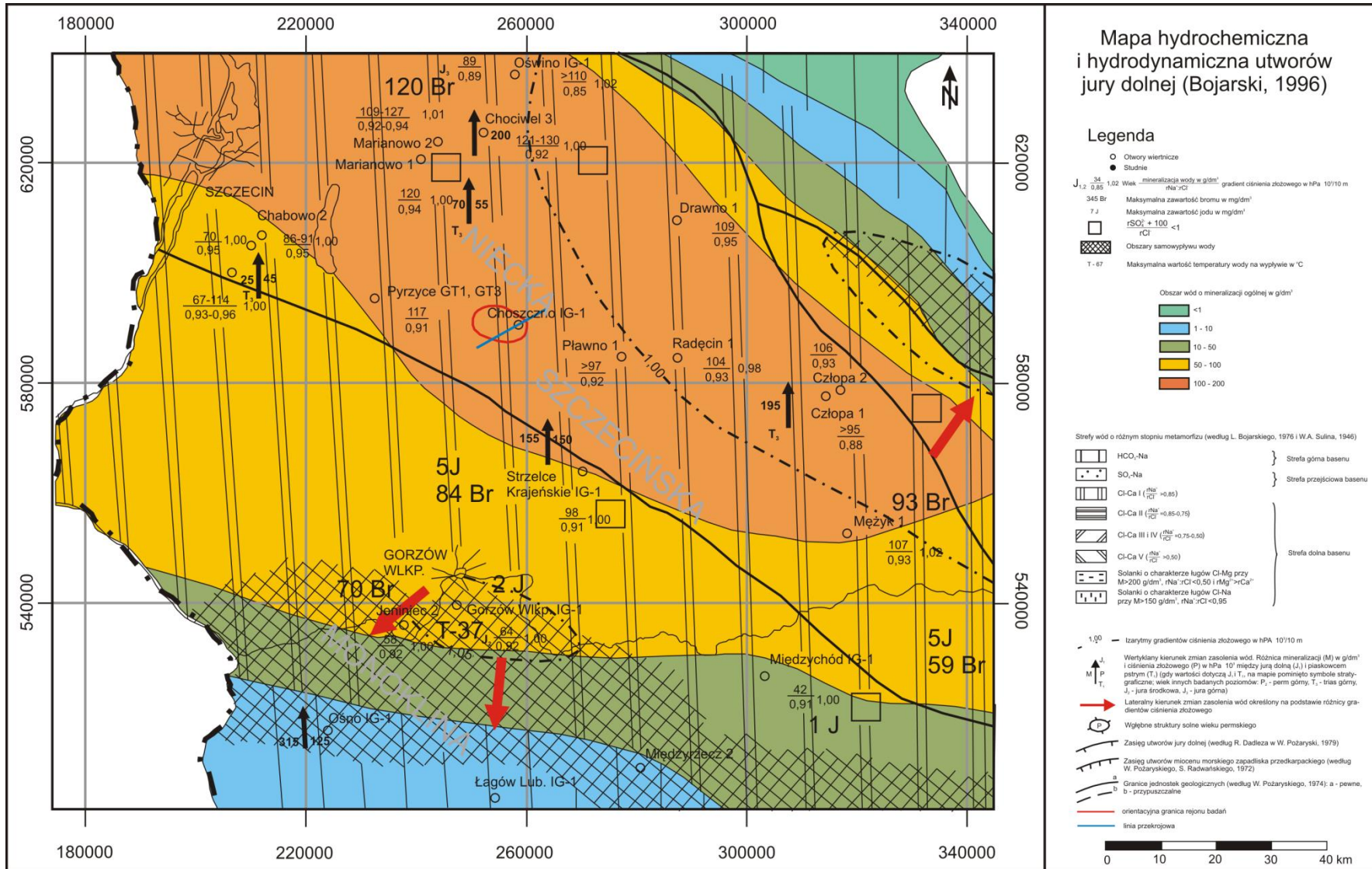


Fig. 1.1.14_81 Mapa hydrochemiczna i hydrodynamiczna utworów jury dolnej (Bojarski, 1996)

Poziomy wodonośne dolnej jury zawierają wody reliktowe. Wskazuje na to typ wód, oraz stopień ich metamorfizmu. Wzrost mineralizacji wód w kierunku na NE i NW od antykliny Choszczna oraz możliwość pośredniego zasilania zbiornika dolnojurajskiego na skłonie platformy wschodnioeuropejskiej, w obrębie obrzeżenia Gór Świętokrzyskich oraz na obszarze monokliny przedsudeckiej wewnętrznej (Bojarski 1996) wskazują na możliwą migrację wód tego piętra w skali geologicznej. Jednak w rejonie projektowanego składowiska CO₂ nie zachodzi bezpośrednie zasilanie serii zbiornikowej z powierzchni terenu, ani z innych, wyżej zalegających poziomów wodonośnych. W stropie warstw komorowskich zalega bowiem izolacyjna seria iłowców formacji ciechocińskiej i borucickiej o miąższości 71,5 m, a powyżej kompleks iłowców, wapieni, opok i margli środkowej i górnej jury oraz dolnej i górnej kredy o łącznej miąższości 1009,8 m. Z tego 786 m stanowią zwięzłe utwory górnej jury i dolnej kredy, a 450 m słabo zwięzłe utwory górnej kredy (margle) oraz trzeciorzędu i czwartorzędu (iły, gliny, piaski).

W odniesieniu do uskoków – w obecnie panującym reżimie hydrodynamicznym należy je uznać za szczelne. Jednak ten stan może ulec zmianie na przykład w przypadku obniżenia ciśnienia wody w poziomach dolnej jury – co nie jest planowane.

Utwory składowiska Choszczno wykazują dość dobre parametry zbiornikowe. Miąższość nie należy do największych, ale należy ją uznać za zadawalającą; w obszarze składowiska wynosi 78-95 m. Porowatość jest dość duża (29%), jednak przepuszczalność kwalifikuje się do słabej (320-390 mD). Parametry te będą wpływać na charakter rozprzestrzeniania się dwutlenku węgla w składowisku. Nieznaczna tendencja rosnąca porowatości w kierunku na SW od składowiska wskazuje, że w pierwszym etapie zatłaczania CO₂ gaz może rozchodzić się w tym kierunku. Jednak wzrost przepuszczalności w kierunku na NW, który jest zgodny z rozciągłością antykliny Choszczna wskazuje, że zasadnicze wypełnianie się składowiska może zachodzić w kierunku na NW.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki archiwalnych badań przeprowadzonych w otworach złożowych odwierconych głównie w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego wieku. Badania dotyczyły oznaczeń: własności fizycznych skał, parametrów hydrogeologicznych z badań laboratoryjnych i polowych oraz badań geofizycznych (metody elektropomiarowe) utworów zbiornikowych – warstw komorowskich dolnej jury/pliensbachu oraz serii otaczających w rejonie antykliny Choszczna. Wyniki przedstawiono w zestawieniach tabelarycznych oraz na opracowanych mapach.

Drobnoziarniste, rozsypliwie piaskowce warstw komorowskich stanowią poziom wód podziemnych o charakterze porowym. Osady te cechują się dość dobrymi parametrami zbiornikowymi. Zadawalająca (choć nie największa) jest miąższość kompleksu (78-95 m); porowatość skał należy do wysokiej (średnia 29%), jednak przepuszczalność kwalifikuje się do słabej (320-390 mD). Uzyskane przypiływy wód były średnie i wynosiły 21,4 m³/h. Znaczna porowatość może wynikać z dominującego udziału w skale dość drobnych frakcji ziarnowych: >0,2 i >0,1 mm, stanowiących odpowiednio 41,4% oraz 21,1% wagowych. Nie jest to zbyt korzystne, podobnie jak obecność spoiwa węglanowego, głównie kalcytowego, które występuje w ilości średnio 0,4% wagowych. Może to mieć wpływ na efektywność zatłaczania CO₂.

Poziom zbiornikowy zawiera wody reliktowe typu Cl-Ca o mineralizacji 94-97 g/dm³, o odczynie słabo zasadowym, podwyższonych stężeniach jonów wapnia (<3,9% mval), bromu (84-239,7 mg/dm³) oraz żelaza

i jodu, w którym nie stwierdzono obecności gazu. Wskaźnik $rNa:rCl$ o wartości średnio 0,91-0,92 wskazuje, iż jest to poziom wód reliktowych, nie zasilany z wyższych pięter wodonośnych lub z powierzchni terenu.

W poziomie warstw komorowskich stwierdzono normalne (w odniesieniu do rzędnej powierzchni terenu) ciśnienie złożowe wynoszące 10,74 MPa (otwór Radęcin-1). W rejonie składowiska nie wykazano ascenzyjnej migracji wód do poziomu dolnej jury. Jednak w przypadku niewłaściwej eksploatacji tego poziomu może dojść do reaktywacji nieciągłości tektonicznych zwłaszcza w rejonie wysadów solnych oraz migracji solanek z piętra wodonośnego górnego triasu (obecnie stwierdzona różnica ciśnienia wynosi $55 \cdot 10^3 - 155 \cdot 10^3$ hPa), lub z piętra dolnej jury do górnej jury (różnica ciśnienia wynosi $20 \cdot 10^3$ hPa).

Rejon antykliny Choszczna, a zwłaszcza utwory zbiornikowe, nie są silnie zaangażowane tektonicznie. O charakterze rozprzestrzeniania się dwutlenku węgla zadecydują w pierwszym rzędzie parametry hydrogeologiczne warstw komorowskich. Obecne ich rozpoznanie jest dość skromne (istnieje 1 otwór wiertniczy w rejonie projektowanego składowiska). Stąd na podstawie zarysowującej się kierunkowej zmienności tych parametrów można wstępnie ocenić, iż w pierwszym etapie zatłaczania CO_2 gaz będzie się lokalnie rozchodzić w kierunku na SW od składowiska, jednak zasadnicze wypełnianie się składowiska może zachodzić w kierunku na NW, to jest kulminacji w rejonie otworu Choszczno IG-1.

Struktury naftowe

Prace zostały wykonane przez wszystkich partnerów konsorcjum (**PIG-PIB, GIG, AGH, PBG i INiG**).

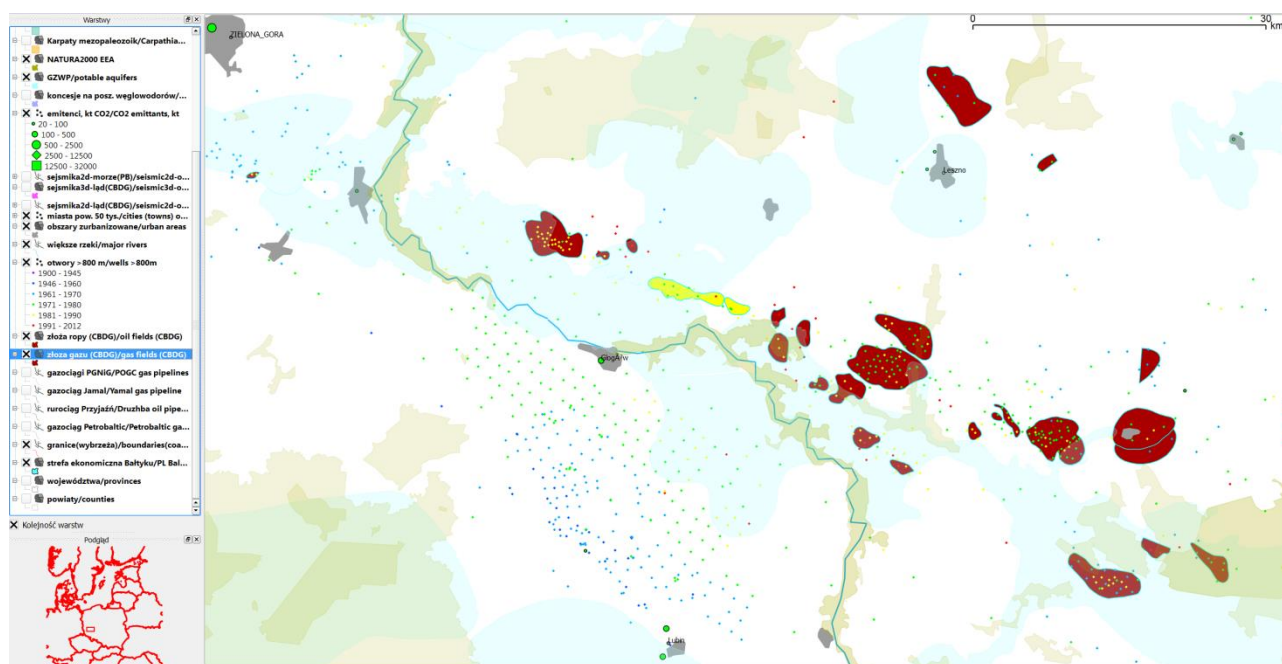
Uzgodniono, po konsultacjach z PGNiG S.A. (patrz też zadanie **1.1.36**) że jako kolektory w wyeksploatowanych złożach gazu ziemnego i/lub ropy naftowej zostaną zasadniczo opracowane w niniejszym zadaniu dwa obiekty/struktury:

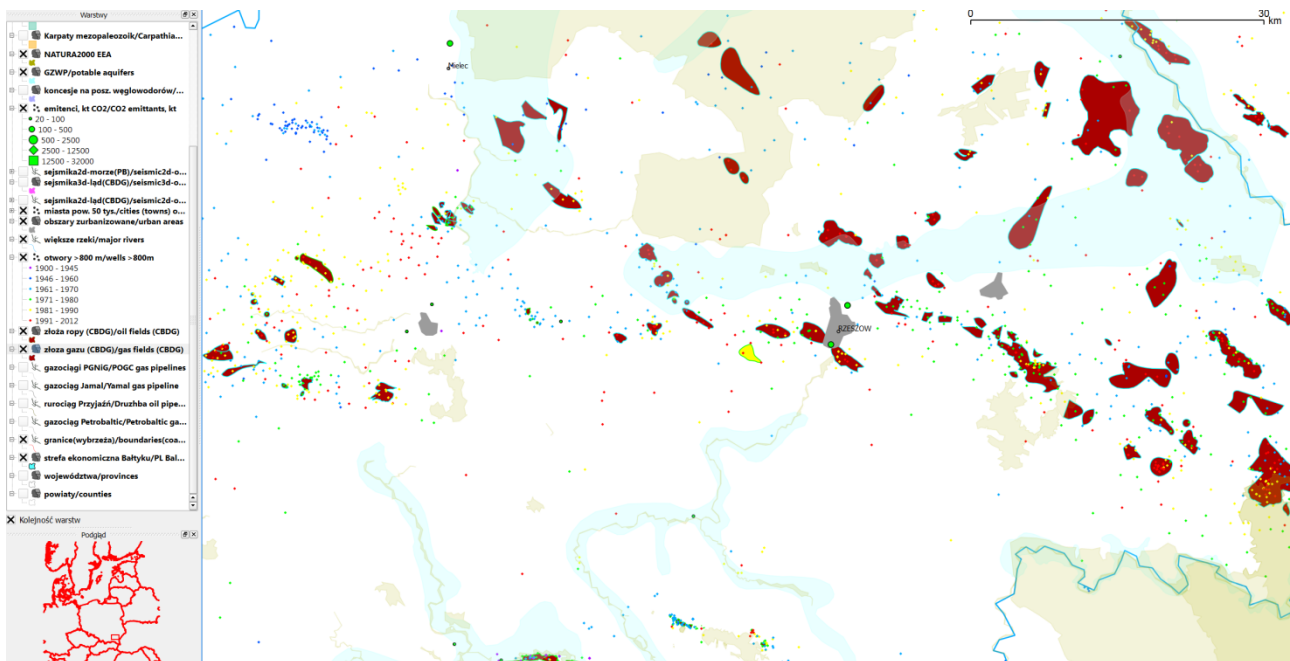
- złożo ropy Nosówka koło Rzeszowa (możliwe wspomaganie wydobycia ropy przez zatłaczanie CO₂ od niedużego emitenta z Rzeszowa lub Tarnowa),
- złożo gazu Wilków koło Głogowa (możliwe składowanie CO₂ od emitentów średniej wielkości, tzn. np. z Zagłębia Miedziowego, wspomaganie wydobycia gazu raczej mało perspektywiczne w porównaniu z przypadkiem złoża ropy),

Dla struktury ropnej Nosówka podstawowym kolektorem są utwory wizenu, natomiast złożo Wilków występuje w piaskowcach czerwonego spągowca.

W ramach tego zadania opracowano, na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, wstępną charakterystykę obszarów potencjalnych składowisk wraz z otoczeniem.

W szczególności AGH zebrał informacje o parametrach złożowych struktury Wilków, PBG przeanalizował materiały archiwalne w zakresie wyników grawimetrii, magnetyki i geoelektryki w rejonie struktury Wilków, IGSMiE PAN scharakteryzował oddziaływania CO₂-skała-płynny złożowe dla kompleksu składowania struktury Wilków, INiG – informacje odnośnie własności zbiornikowych i filtracyjnych kolektora wizenu dla struktury Nosówka.





Rys. 5 Lokalizacja rozpatrywanych struktur (góra – Wilków, dół – Nosówka; obie struktury zaznaczone kolorem żółtym) wraz zobszarami NATURA 2000 i złożami węglowodorów

Natomiast PIG-PIB, w oparciu o dane zgromadzone w trakcie realizacji I segmentu, opracował bazę informacji dotyczących wspomnianych struktur i przeanalizował następujące problemy:

- występowanie zagrożeń sejsmicznością (brak naturalnych trzęsień Ziemi o magnitudzie ponad 4 stopnia w skali Richtera w tym rejonie w ciągu ostatnich 800 lat - nie ma z tego tytułu istotnych zagrożeń dla rozpatrywanych rejonów; pomniejsze tego rodzaju zjawiska można wiązać z działalnością górniczą LGOM w dalszym sąsiedztwie obszaru potencjalnego składowiska Wilków);
- możliwości wycieków dwutlenku węgla ze składowiska (brak walnych stref uskokowych w nadkładzie dla obu struktur, natomiast problemem może być lokalnie szczelność starych, zlikwidowanych otworów nawierających kompleks składowania);
- możliwości oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi oraz środowisko (ewentualne awarie na miejscu zatłaczania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi na powierzchni, natomiast miąższość i jakość nadkładu uszczelniającego praktycznie wyklucza przedostanie się dwutlenku węgla do płytszych kolektorów, zawierających wody wysłodzone i słodkie, a więc potencjalnie użytkowe; złożo Wilków obejmuje czwartorzędowe GZWP, do których nie ma możliwości migracji mediów przez wielusetmetrowe uszczelnienie ewaporatów cechsztynu i nadkład mezozoiczny);
- występowanie konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i węglowodorów (**Rys. 5**); obie struktury to struktury naftowe i ich ewentualne wykorzystanie stanowiłoby ostatni etap eksploatacji, ze wspomaganie wydobywania ropy (Nosówka) i w mniejszym stopniu gazu (Wilków); struktura Wilków, a właściwie jej przedłużenie – element Szlichtyngowa znajduje się w pobliżu obszaru chronionego

NATURA2000 „Łęgi Odrzańskie”, ale inne, ciągle eksploatowane złoża obejmują fragmenty obszarów chronionych lub są nimi otoczone.

- nie ma problemów z dostępnością przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla (odpowiednio emitenci z lubińskiego-głogowskiego okręgu miedziowego (Wilków) i Rzeszowa lub Tarnowa (Nosówka)).

- możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do potencjalnego składowiska (w przypadku struktury Choszczno-Suliszewo konieczność przekroczenia niewielkiego obszaru NATURY2000 jeśli byłby potrzebny dostęp do elementu Suliszewo, dla Niecki Poznańskiej nie ma istotnych problemów z dostępem do składowiska od emitenta – szczegółowe wytyczenie trasy może być rozpatrywane przez inwestora w uzgodnieniu z właścicielami gruntów).

W przypadku złoża Wilków ponadto wykorzystano na potrzeby dalszych zadań II segmentu (w szczególności **1.1.15**) gridy odpowiedniego fragmentu regionalnych map stropu kolektora czerwonego spągowca i stropu cechsztynu (mapy przedstawione na **Rys. 3 – Trzeci obiekt solankowy**), definiujące odpowiednio strop kolektora i strop kompleksu uszczelniającego. Spośród 108 otworów z rejonu struktury i jego bliższego i dalszego otoczenia wytypowano trzy reperowe otwory z danymi parametrycznymi i geofizyki wiertniczej, wraz z wynikami szczegółowych interpretacji zailenia i parametrów zbiornikowych.

Informacje geologiczne o parametrach złożowych dla charakterystyki struktury naftowej na przykładzie złoża Wilków (AGH)

(Rafał Smulski, Stanisław Nagy, Łukasz Klimkowski, Rafał Siedlaczek)

Materiały zebrane zostały i wykorzystane do zagadnienia 1.1.15 tj. budowy szczegółowego modelu statycznego 3D dla tej struktury – zespół KSE WGGiOŚ AGH w Krakowie wykonał modelowania dla ukształtowania strukturalnego i zmienności facji, parametrów zbiornikowych i filtracyjnych utworów czerwonego spągowca w rejonie złoża gazu ziemnego Wilków.

Analiza danych geologicznych

Do celów analizy geologicznej wykorzystano głównie dane otworowe z otworów zamieszczonych w **Tab. 1.1.14_89** a także na **Fig. 1.1.14_82** - na tle mapy strukturalnej spągu cechsztynu (zob. zad. 1.1.15). Wykorzystano źródłowe dane otrzymane z firmy PGNIG S.A.

Tab. 1.1.14_89 Odwierty wykorzystane w procedurze modelowania statycznego w strefie złożowej Wilkowa – stratygrafia/litografia

Lp.	Nazwa	Lp.	Nazwa
1	Wilków-1	18	Wilków-25
2	Wilków-2	19	Wilków-26
3	Wilków-3	20	Wilków-27
4	Wilków-4	21	Wilków-28
5	Wilków-5	22	Wilków-29
6	Wilków-6	23	Wilków-30
7	Wilków-7	24	Wilków-31
8	Wilków-8	25	Wilków-32
9	Wilków-9	26	Wilków-33
10	Wilków-10	27	Wilków-34
11	Wilków-11	28	Wilków-35
12	Wilków-12	29	Wilków-36
13	Wilków-13	30	Wilków-37
14	Wilków-21	31	Wilków-38

15	Wilków-22	32	Wilków-39
16	Wilków-23	33	Wilków-40
17	Wilków-24	34	Wilków-41

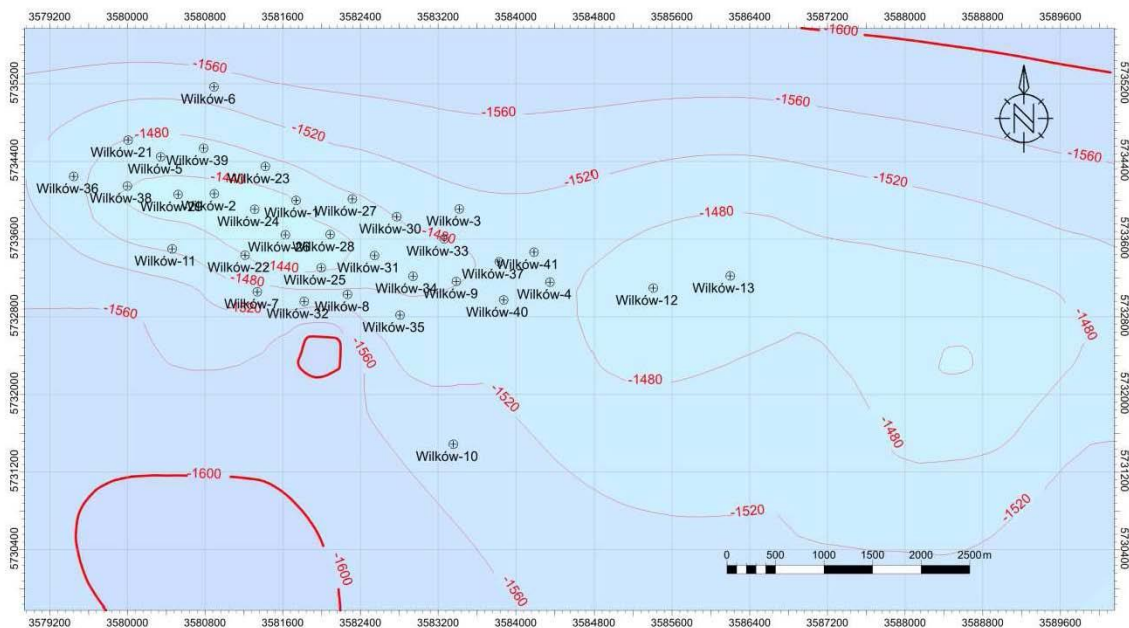


Fig. 1.1.14_82 Rozmieszczenie otworów wiertniczych w strefie złożowej Wilkowa na tle mapy strukturalnej spągu cechsztynu

Porowatość utworów złoża gazu ziemnego „Wilków”

W opracowywaniu trakcie bilansu pojemnościowego basenu czerwonego spągowca (Papiernik et al. 2008b) zebrano i opracowano materiał faktograficzny umożliwiający ocenę zailenia, porowatości i przepuszczalności utworów czerwonego spągowca.

Zebrany materiał pozwolił na wypracowanie metodyki modelowań parametrów petrofizycznych na podstawie zbiorów danych – zarówno laboratoryjnych jak i krzywych geofizyki wiertniczej (dla **Tab. 1.1.14_89**). W przypadku utworów czerwonego spągowca jedynie krzywe zailenia (V_{sh}) i porowatości (PHI) umożliwiającą ciągłe przestrzenne rozpoznanie i śledzenie zmienności parametrów zbiornikowych.

W **Tab. 1.1.14_90** pokazano parametry statystyczne porowatości dla utworów czerwonego spągowca w rejonie złoża Wilków.

Tab. 1.1.14_90 Statystyczne podsumowanie modelu porowatości w strefie złożowej Wilkowa

Strefa złożowa	Min	Max	Liczba punktów w modelu statycznym	Wartość średnia (Mean)	Odchylenie standardowe (Std)
1	0.001	0.151	15790	0.042	0.028
2	0.000	0.158	8210	0.050	0.036
3	0.027	0.217	14860	0.128	0.042
4	0.005	0.199	31620	0.114	0.041

Zebranie danych odnośnie rozkładu zailenia utworów czerwonego spągowca w rejonie złoża gazu ziemnego Wilków

Zebrane materiały – dla danych z **Tab. 1.1.14_89** – zostały wykorzystane do budowy modelu zailenia utworów strefy złożowej dla złoża gazu ziemnego Wilków. Wyniki analizy pokazano na **Fig. 1.1.14_83**.

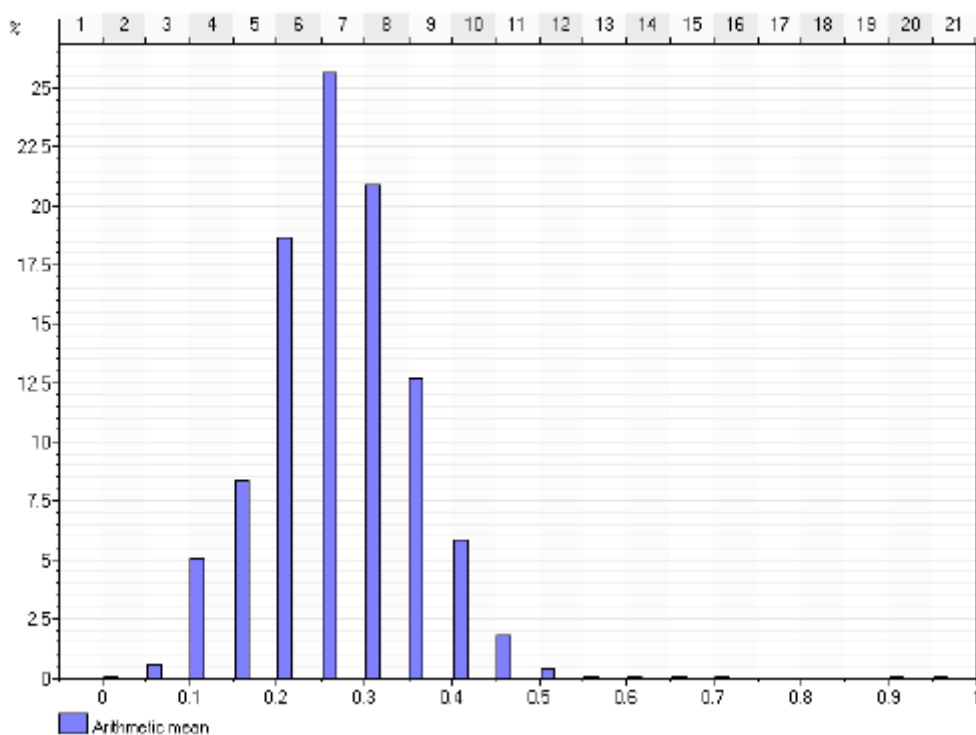


Fig. 1.1.14_83 Rozkład zailenia w modelu strefy złożowej Wilkowa

Zebranie danych odnośnie przepuszczalności złoża gazu ziemnego Wilków

Dane wejściowe do bo stworzenia rozkładu przepuszczalności stanowiły krzywe geofizyczne przepuszczalności pochodzące z 3 odwiertów: Wilków-1, Wilków-12 i Wilków-13. Dane te wraz z informacjami statygraficznymi, litograficznymi, danymi odnośnie zailenia stały się podstawą do stworzenia modelu 3D złoża Wilków.

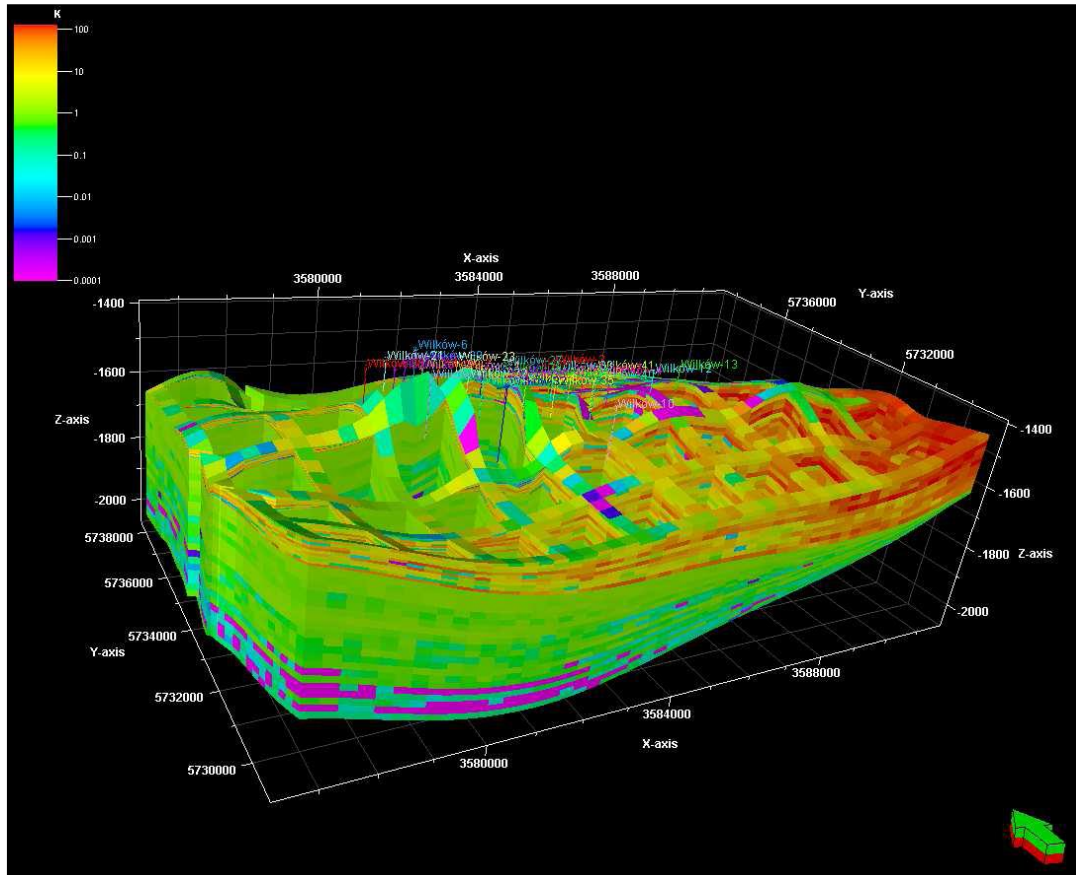


Fig. 1.1.14_84 Rozkład przestrzenny modelu porowatości wykorzystany do budowy modelu statycznego 3D dla złóż gazu ziemnego „Wilków”

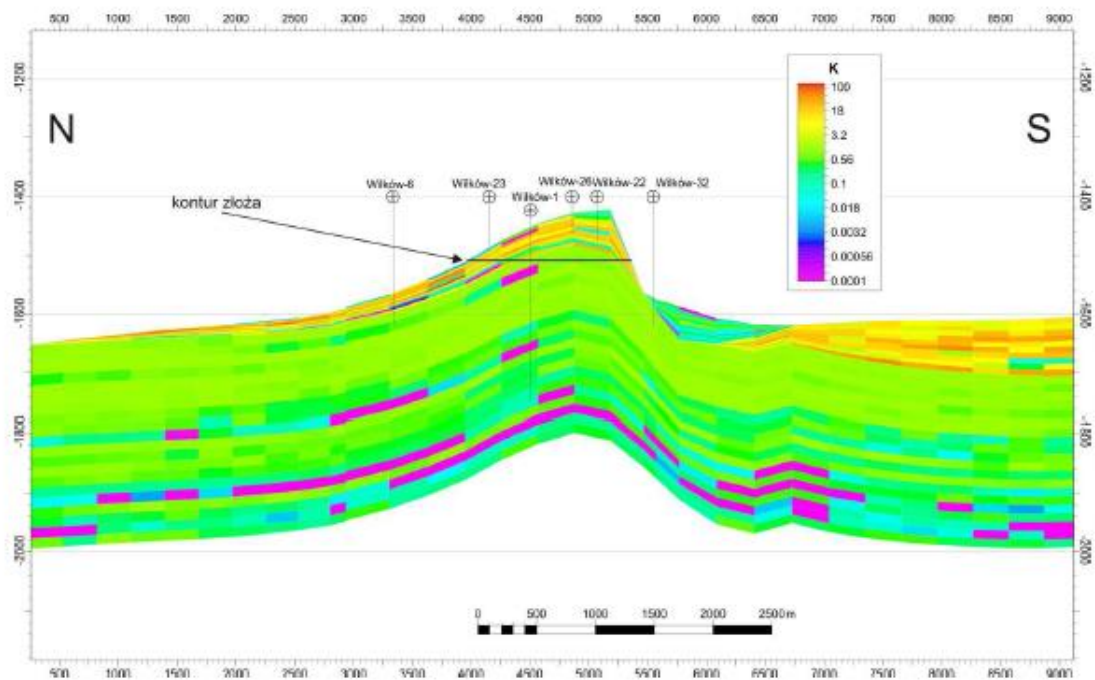


Fig. 1.1.14_85 Model przepuszczalności utworów czerwonego spągowca w strefie złożowej Wilkowa wzdłuż przekroju poprzecznego N-S

Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych w rejonie struktury Wilków (PBG)

(Marek Wojdyła, Zdzisław Żuk, Grzegorz Pacanowski, Cezary Ostrowski, Tomasz Bąk)

Wzdłuż doliny Odry na całym terenie zbierania informacji, a także wzdłuż doliny Baryczy począwszy od linii łączącej otwory Wschowa 2 i Niechlów 3, aż do jej ujścia do Odry rozciągają się obszary chronione „Natura 2000” OSO i SOO”.

Badania grawimetryczne

Obszar badań jest pokryty w całości półszeregowym zdjęciem grawimetrycznym wykonanym w ramach szeregu opracowań w latach 60-tych XX w. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych (obecnie PBG Sp. z o.o.) . Średnie zagęszczenie zdjęcia wynosi 2 pkt/km², a dokładność waha się w granicach $\pm 0,044$ - $\pm 0,055$ mGal. (Duda & Bochnia, 1961; Duda & Bochnia, 1965)

Celem pierwszej dokumentacji było określenie związku wału Wschowy z wypiętrzeniem Ostrzeszowa, a także charakteru rozdzielającej je strefy depresyjnej.

Drugie opracowanie miało na celu detalizację obrazu pola grawitacyjnego, która pozwoli ustalić istnienie korelacji przestrzennej i możliwego związku genetycznego - lub też jego braku - między obecnością antyklinalnych struktur zarejestrowanych metodą sejsmiczną, a istnieniem w ich obszarze dodatnich anomalii grawimetrycznych.

Kolejnym celem tego opracowania było wyjaśnienie możliwości występowania węgla brunatnych w strefach ujemnych anomalii grawimetrycznych.

Autorzy stwierdzają, że bardzo złożona budowa geologiczna badanego terenu wskazuje na różnorodną genezę anomalii grawimetrycznych. Jako możliwe źródła zaburzeń pola grawitacyjnego podają:

- ukształtowanie powierzchni stropowej utworów podtrzeciorzędowych
- zmiany miąższości w obrębie wapienia muszlowego i retu
- zmiany miąższości i wykształcenia facjalnego utworów cechsztynu
- zaburzenia tektoniczne w obrębie kompleksu permomezozoicznego
- ukształtowanie powierzchni stropowej paleozoiku i podłoża krystalicznego

Powyższe dokumentacje zostały następnie scalone, przeliczone, a całość materiału poddano reedycji w ramach realizacji projektu Mapa Grawimetryczna Polski w skali 1:200 000 (Soćko & Szczypa, 1981). Lokalizację punktów grawimetrycznych w obrębie obszaru badań przedstawia **Fig. 1.1.14_86**.

Rozwinięcie zagadnienia odkrycia związku genetycznego anomalii grawimetrycznych z obecnością struktur antyklinalnych zarejestrowanych metodą sejsmiczną stanowi opracowanie T. Kleszcza z roku 1976 (Kleszcz, 1976). Jest to zdjęcie grawimetryczne wzdłuż wybranych profili sejsmicznych. Zostało ono wykonane w celu

prześledzenia stref nieciągłości, form strukturalnych, zmian miąższościowych i facjalnych w obrębie utworów permu i triasu jako perspektywnych z punktu widzenia pozyskania bituminów, a także dla śledzenia morfologii stropu utworów podpermskich. Odległości między punktami pomiarowymi na profilach wynoszą 100m, a w niektórych rejonach 50m. Dokładność pojedynczego pomiaru ± 0.0246 mGal.

Wykonana interpretacja wyników wykazała, że pole grawitacyjne w tym rejonie jest sumą wpływu bardzo wielu przyczyn. Stopień rozpoznania budowy geologicznej obszaru nie pozwolił – na ówczesnym etapie - wskazać konkretnej struktury sejsmicznej jako źródła anomalii grawimetrycznej. Znacznie lepszą korelację uzyskano w przypadku śledzenia nieciągłości. Jednocześnie badania te wskazują, że w przypadku lepszego rozpoznania budowy geologicznej i zastosowania bardziej złożonych niż przewidziane projektem badań metod interpretacyjnych uzyskanie korelacji między obrazem pola grawitacyjnego a wynikami badań sejsmicznych powinno dać zadowalające rezultaty. Lokalizację punktów grawimetrycznych na tym obszarze przedstawia **Fig. 1.1.14_86**.

Badania magnetyczne

Pierwsze po wojnie pomiary pola magnetycznego na badanym rozpoczęto w latach 70-tych XX w. Celem tych prac było rozpoznanie charakteru pola magnetycznego obszaru monokliny przedsudeckiej ze zwróceniem szczególnej uwagi na rozpoznanie tektoniki skał podpermskich oraz określenie stref występowania skał wylewnych czerwonego spągowca. Były to zdjęcia o średnim zagęszczeniu 1 pkt/km² i dokładności zdjęcia +/- 1,8 nT (Kobyłański, 1972; Pasik, 1974).

Oba zdjęcia stanowią podstawowe źródło informacji o charakterze pola magnetycznego w tym rejonie.

W latach 1977-1979 wykonano zostało na tym obszarze aeromagnetyczne zdjęcie profilowe. Pomiary prowadzono na poziomie 500m w odległości między profilami równej 2 km i na poziomie 2000m przy odległości 4 km. Celem prac było otrzymanie dokładnego obrazu anomalii magnetycznych ΔT w jednolitym układzie i poziomie dla śledzenia morfologii, tektoniki i zróżnicowania petrologicznego podłoża magnetycznie czynnego (Wasiak & Duda, 1980).

W 1993 na obszarze obejmującym NE część rejonu prac wykonano zdjęcie magnetyczne wektora ΔT o zagęszczeniu 3 punktów na km² z zastosowaniem metody różnicowej celem wyeliminowania z obrazu pola magnetycznego zakłóceń wywołanych wpływem trakcji elektrycznej. (Kosobudzka, 1993). Wyniki przytoczonych powyżej prac zostały wykorzystane do realizacji projektu Mapa magnetyczna Polski 1:200 000 (Kosobudzka & Dochniak, 1992). Lokalizację pomiarów magnetycznych w obszarze tematu przedstawia **Fig. 1.1.14_87**.

W roku 1995 wykonano opracowanie zdjęcia magnetycznego wektora ΔT , w ramach którego dokonano rozdziału pola magnetycznego metodą filtracji częstotliwościowej. Wykonano również szereg modelowań magnetycznych w wersji 2D wzdłuż wybranych profili. Wyniki tych prac wskazują, że utwory magnetycznie czynne zalegają w obszarze obecnie wykonywanych prac na głębokościach rzędu 3.5 – 4.5 km (Kosobudzka, Paprocki, 1995).

Badania geoelektryczne

Pomiary geoelektryczne na badanym terenie były prowadzone od końca lat 50-tych ubiegłego wieku. W sumie wykonano 30 opracowań geoelektrycznych o różnym zagęszczeniu i zasięgu powierzchniowym. Cele tych prac były znacznie zróżnicowane. O ile w latach 50-tych i 60-tych XX w. badania geoelektryczne wykonywano z zamiarem pozyskania informacji – w korelacji z innymi metodami geofizycznymi takimi jak grawimetria i sejsmika - o budowie geologicznej utworów mezozoiku lub górnego paleozoiku (cechsztynu) o tyle począwszy od lat 70 metody geoelektryczne stały się wiodącą metodą wspomagającą badania hydrogeologiczne.

W latach 1959-1963 Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych (obecnie PBG Sp. z o.o.) wykonało na badanym terenie szereg sondowań geoelektrycznych mających na celu rozpoznanie budowy geologicznej utworów mezozoicznych (Święcicka et al., 1959). Wyniki tych badań w latach 60-tych poddano reinterpretacji (Rulska & Kaczmarzki, 1967; Rulska & Łaszczyńska, 1968). Celem tych prac była określenie przebiegu stropu wapienia muszlowego, a także wykrycie dyslokacji w obrębie utworów mezozoicznych. Ponadto starano się zidentyfikować wychodnie utworów jury i triasu pod okrywą kenozoiczną. Śledzono też zróżnicowania oporności w obrębie kenozoiku.

W roku 1965 wykonane były również na tym terenie badania magnetotelluryczne (Mołek, 1966) w celu śledzenia stropu utworów wysokooporowych cechsztynu.

W latach 70-tych i 80-tych ub. wieku badania geoelektryczne na tym terenie prowadzone były w ramach dokumentowania warunków hydrogeologicznych, dla zaopatrzenia w wodę różnych podmiotów gospodarczych. Skala tych prac była bardzo zróżnicowana, zależnie od przewidywanego zapotrzebowania. Zadaniem geofizycznym tych prac było wydzielenie w obrębie kompleksu czwartorzędowego stref fizycznych perspektywicznych z punktu widzenia hydrogeologii oraz śledzenie morfologii stropu iłów trzeciorzędowych stanowiących nieprzepuszczalne podłoże utworów czwartorzędowych (BSiPGWR „Bipromel”, 1970-1987).

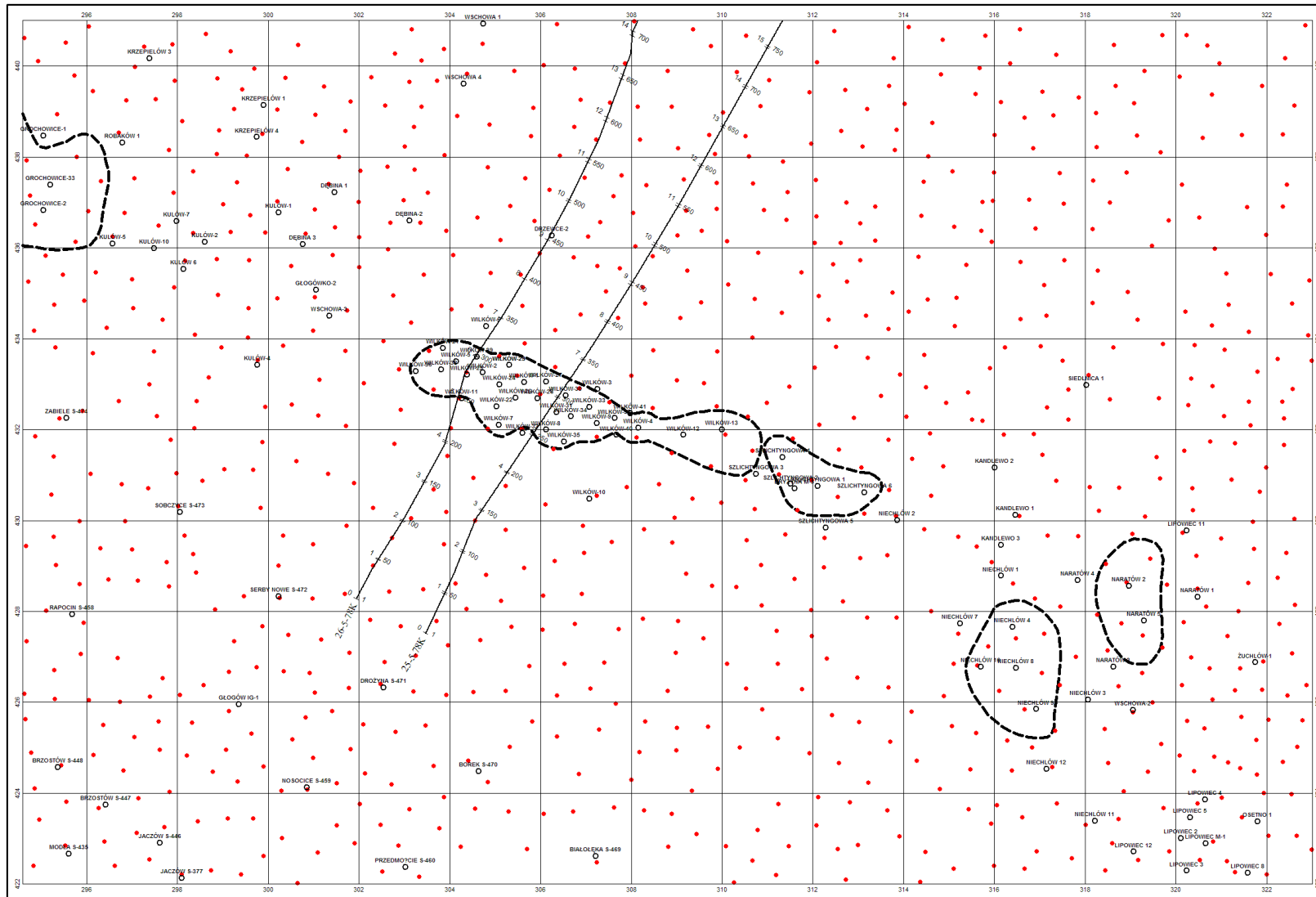


Fig. 1.1.14_86 Lokalizacja pomiarów grawimetrycznych

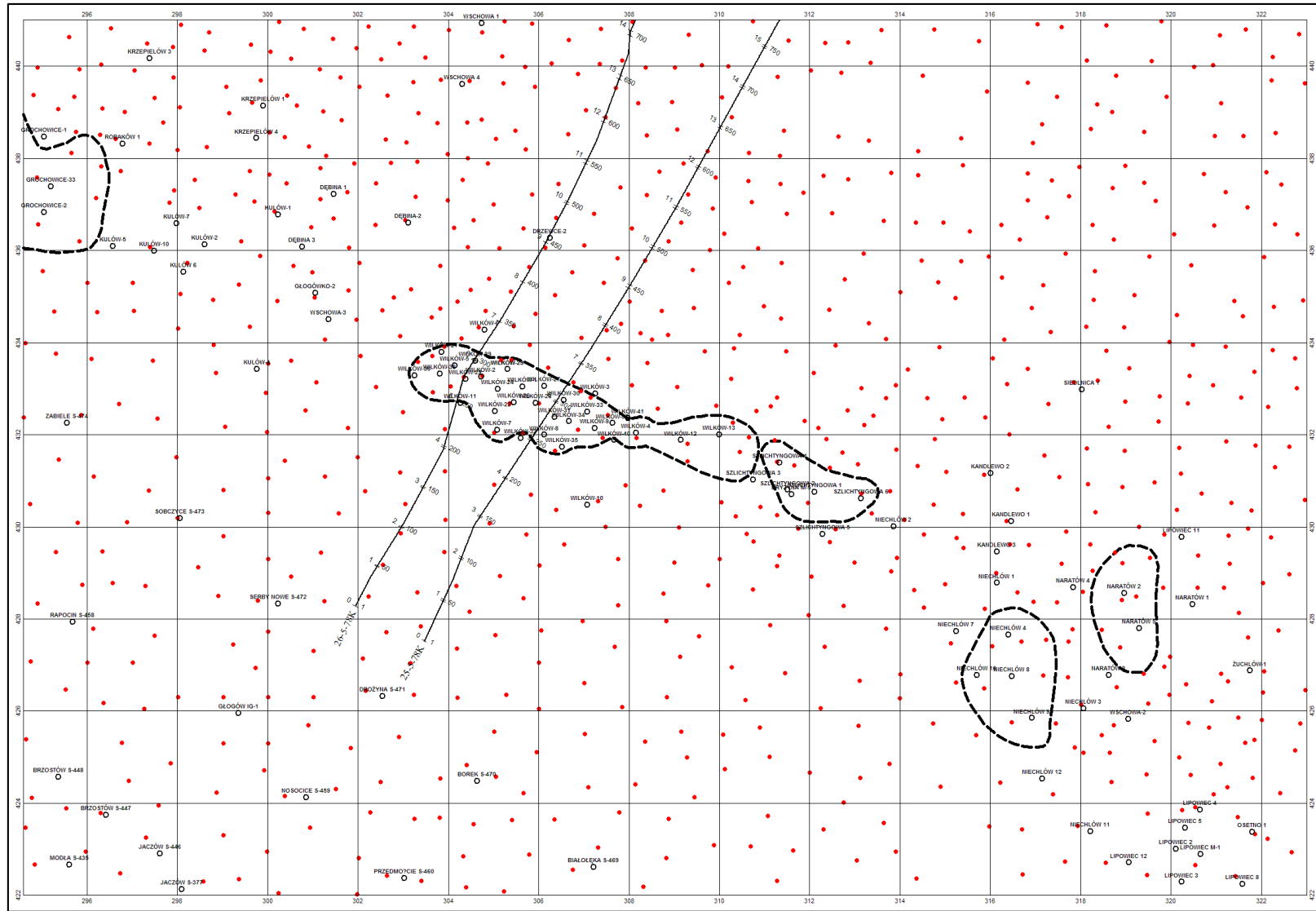


Fig. 1.1.14_87 Lokalizacja pomiarów magnetycznych

Oddziaływanie CO₂-skała-płynny złożowe dla struktury Wilków (IGSMiE PAN)

(Radosław Tarkowski, Magdalena Wdowin, Katarzyna Batkiewicz, Aleksandra Kutya)

W ramach Zadania 1.1.14, Zebranie szczegółowych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych (Etap III) w pierwszym półroczu 2010 r, na wybranych 11 próbkach skał z serii zbiornikowej (złoże ropy naftowej) i nadkładu przeprowadzono szereg podstawowych badań mineralogicznych. Wybrane próbki skalne (Tab. 1.1.14_91) stanowiły materiał badawczy pochodzący z otworów wiertniczych Wilków 12 (gł. 1510,5 m – 1525,5 m – próbki anhydrytowe; gł. 1533 m – 1546 m – próbki piaskowcowe) oraz Wilków 13 (gł. 1527,5 m – 1546,5 m – próbki piaskowcowe).

Na wskazanych próbkach przeprowadzono badania mineralogiczne: mikroskopowe obserwacje w świetle przechodzącym, analiza mineralogiczna metodą SEM-EDS, analiza rentgenowska XRD. Na podstawie analizy obrazu policzona została również średnia średnica ziaren.

Wyniki uzyskane w analizach mineralogicznych badanych próbek piaskowcowych i anhydrytowych wykorzystane zostały jako dane wsadowe do modelowania geochemicznego przy użyciu programu PHREEQC.

Tab. 1.1.14_91 Wykaz badanych próbek skalnych z otworów Wilków 12 i Wilków 13

Lp.	Odwiert	Głębokość [m]	Rodzaj próbki	Nazwa skrótoowa próbki
1	Wilków 12	1510,5	anhydryt	W12-1520,5
2	Wilków 12	1515,5	anhydryt	W12-1515,5
3	Wilków 12	1521,2	anhydryt	W12-1521,2
4	Wilków 12	1525,5	anhydryt	W12-1525,5
5	Wilków 12	1533,0	piaskowiec	W12-1533
6	Wilków 12	1536,0	piaskowiec	W12-1536
7	Wilków 12	1541,0	piaskowiec	W12-1541
8	Wilków 12	1545,0	piaskowiec	W12-1545
9	Wilków 12	1546,0	piaskowiec	W12-1546
10	Wilków 13	1527,5	piaskowiec	W13-1527,5
11	Wilków 13	1546,5	piaskowiec	W13-1546,5

Metodologia badań oraz materiał badawczy

Skład mineralny badanych próbek analizowano przy pomocy dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) metodą proszkową stosując dyfraktometr rentgenowski Philips X'pert APD z goniometrem PW 3020 i lampą Cu oraz monochromatorem grafitowym. Analizy wykonywano w zakresie kątowym 5-60°2θ. Do obróbki danych dyfrakcyjnych użyto oprogramowania Philips X'Pert oraz programu ClayLab ver. 1.0. Identyfikację faz mineralnych oparto na bazie danych PCPDFWIN ver. 1.30 sformalizowanej przez JCPDS-ICDD.

Formę i morfologię głównych składników mineralnych oraz badania składu chemicznego w mikroobszarze wykonano przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego (SEM) - FEG Quanta 200 wyposażonego w system analizy składu chemicznego oparty na dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego - EDS firmy EDAX. W celu przygotowania próbek do badań SEM naklejano je na holder węglowy przy pomocy kleju węglowego, następnie preparaty napyłane były warstwą stopu Au/Pt o grubości ok. 50nm w napyłarce.

Obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym przeprowadzono przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego JENALAB firmy Karl Zeiss Jena, używając w tym celu obiektywów z powiększeniami: 2,5 x 0,05; 10 x 0,25; 50 x 0,08.

Średnią średnicę ziaren określono poprzez analizę obrazu przy użyciu programu Mathworks MatLAB 2007b. Analizie tej poddano siedem standardowych płytek cienkich (szlify próbek piaskowców). Analiza wykonana została w 2 etapach:

1. Wykonanie zdjęć - Wybrano 3 miejsca na płytce cienkiej, dla których wykonano po 5 zdjęć przy użyciu optycznego mikroskopu polaryzacyjnego do światła przechodzącego: 1 przy nikolach równoległych oraz 4 przy nikolach skrzyżowanych obróconych o 0°, 30°, 60° i 90° względem pierwszego zdjęcia.
2. Analiza zdjęć - Zdjęcia z każdego miejsca zostały obrócone do tej samej pozycji i poddane detekcji pod kątem danego minerału. W celu zmniejszenia błędów detekcji do analiz brano tylko te ziarna, które zostały poprawnie wykryte na wszystkich zdjęciach oraz miały powierzchnie powyżej 200 [px].

Dla każdego ziarna policzono jego pole powierzchni P oraz średnicę ziarna D wyliczona na podstawie wzoru 1, będącą ekwiwalentem średnicy koła o zadanej powierzchni:

$$D = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi}} \quad (1)$$

(P – powierzchnia, D – średnica)

Wyniki przedstawiono w formie histogramów oraz tabel.

Modelowanie geochemiczne przeprowadzono przy zastosowaniu symulatora geochemicznego PHREEQC stosując bazę danych termodynamicznych *lnl.dat*. Celem tej części pracy było określenie rezultatów oddziaływania CO₂ wprowadzonego do poziomów wodonośnych na skały zbiornikowe i nadkładu.

Wyniki badań mineralogicznych

Anhydryty

Próbka W12-1510,5

Skała charakteryzuje się zbitą bezładną teksturą o silnie zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym (**Fig. 1.1.14_89**). Analizowana próbka jest nierównoziarnista o bardzo zróżnicowanej wielkości ziaren. W skałe poza anhydrytami zaobserwowano niewielki udział minerałów twardych oraz substancji organicznej jak również związków żelaza. Ziarna anhydrytu są ostrokrawędziste dobrze wykształcone.

Analiza rentgenowska (**Fig. 1.1.14_90**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest anhydryt. Skała wykazuje praktycznie monomineralny charakter. W **Tab. 1.1.14_92** przedstawione zostały odległości międzypłaszczyznowe charakterystyczne dla anhydrytu.

Skład mineralny uzupełnia dolomit występujący w akcesorycznych ilościach. Jego obecność potwierdzają refleksy 2,890; 2,193 – (koincydencja z refleksem anhydrytu). W próbce tej w porównaniu do pozostałych próbek anhydrytowych zaobserwowano go w największej ilości. Drugim składnikiem mineralnym występującym w badanej próbce jest gips (z uwagi na bardzo małą ilość obserwowany jest jedynie w analizie SEM-EDS).

W obserwacjach SEM (**Fig. 1.1.14_91, Fig. 1.1.14_92**) ponadto zaobserwowano, że ziarna anhydrytu tworzą nieregularne kształty o zarysach ostrokrawędzistych a niekiedy obtoczonych, które tworzą skupienia ziarniste, z widocznymi dobrze płaszczyznami łupliwości, oraz zbliżeniami polisyntetycznymi. Pomimo tego, że makroskopowo widać uporządkowane ułożenie ziaren anhydrytu w obrazach mikroskopowych takiego uporządkowania nie zaobserwowano.

Ze względu na znaczne zróżnicowanie wielkości ziaren (patrz **Fig. 1.1.14_89**), objawiające się znaczną zmiennością średnic (w niektórych przypadkach stosunek średnicy maksymalnej do minimalnej był większy niż sto), wyliczenie średniej wartości średnicy ziarna było niemożliwe. Spowodowane to było niemożnością m.in. detekcji ziaren największych (nie mieściły się w całości w polu widzenia) oraz znacznym wymieszaniem ziaren anhydrytu, które uniemożliwia podział obszaru i analizę w podobszarach.

Tab. 1.1.14_92 Odległości międzypłaszczyznowe anhydrytu 37-1496

d	l	d	l	d	l	d	l
3,876	5	2,183	8	1,748	10	1,425	2
3,947	100	2,088	8	1,733	1	1,418	1
3,125	2	1,992	4	1,647	15	1,399	3
2,849	25	1,938	3	1,595	2	1,397	3
2,793	3	1,919	1	1,565	4	1,366	1
2,475	7	1,869	15	1,524	3	1,319	4
2,328	20	1,852	3	1,515	1	1,297	1
2,208	20	1,751	11	1,490	5	1,277	6

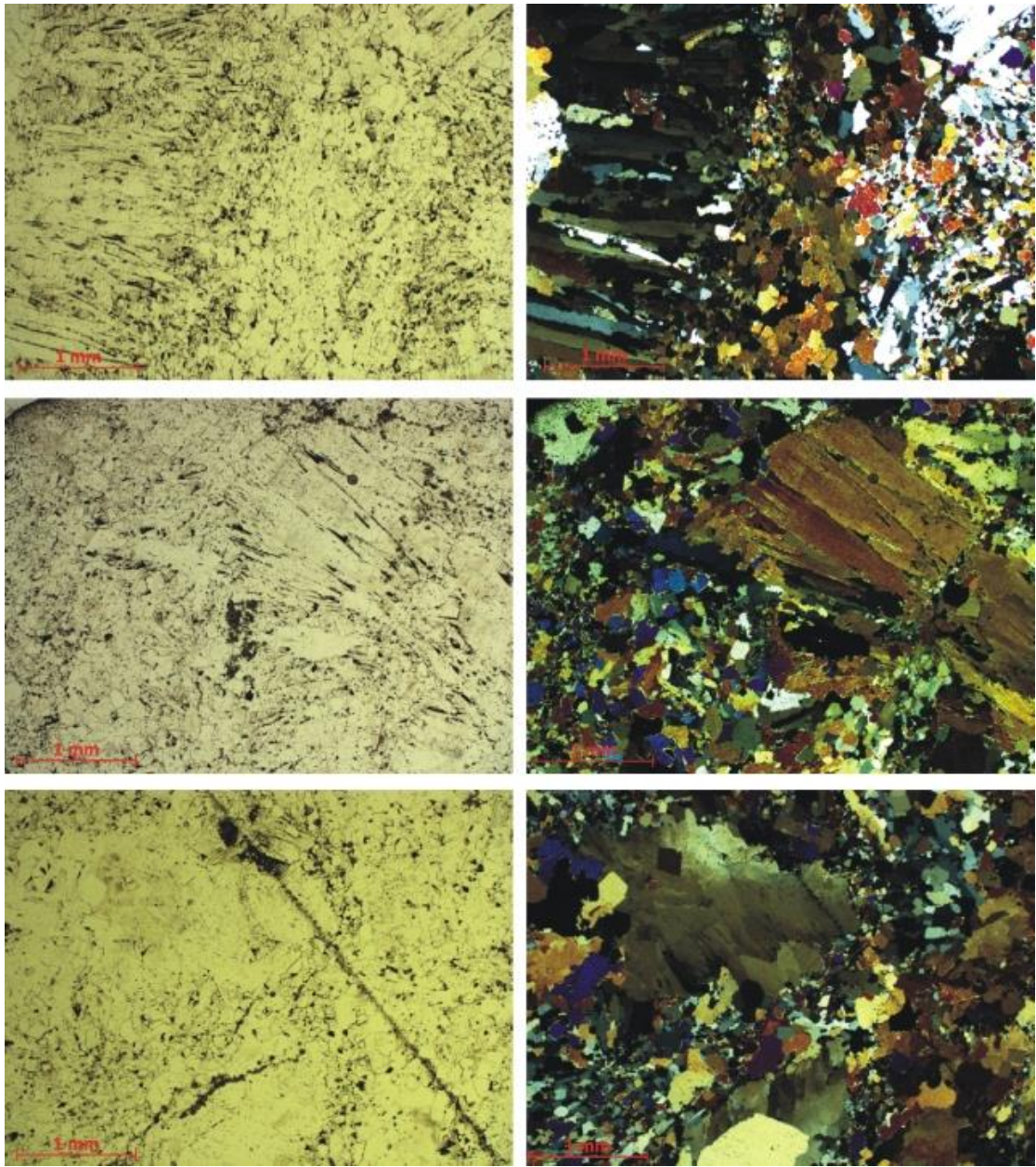


Fig. 1.1.14_89 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym anhydrytu W12-1510,5 pokazujący zróżnicowanie ziaren anhydrytu

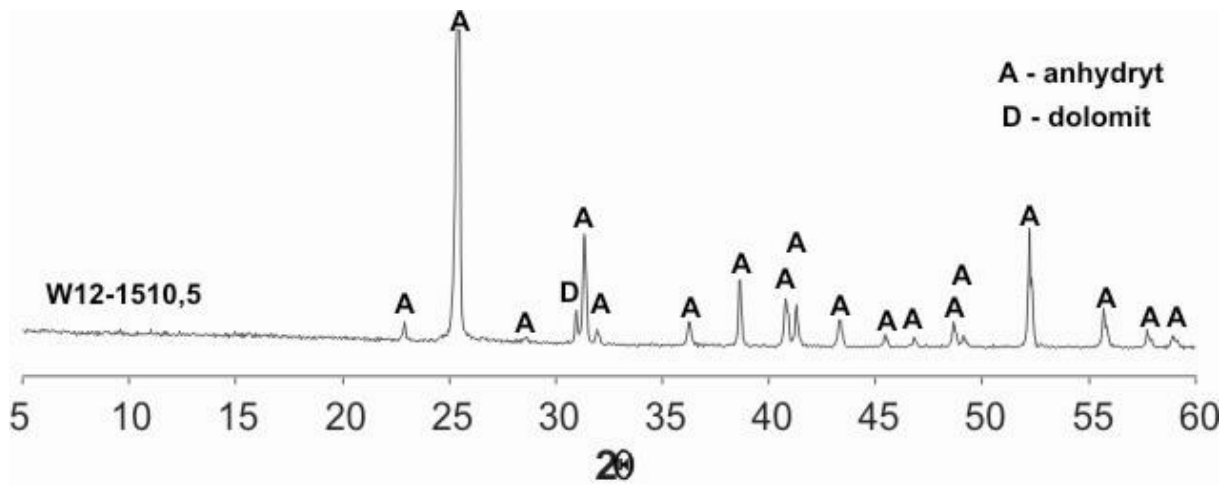


Fig. 1.1.14_90 Dyfraktor rentgenowski próbki skalnej W12-1510,5

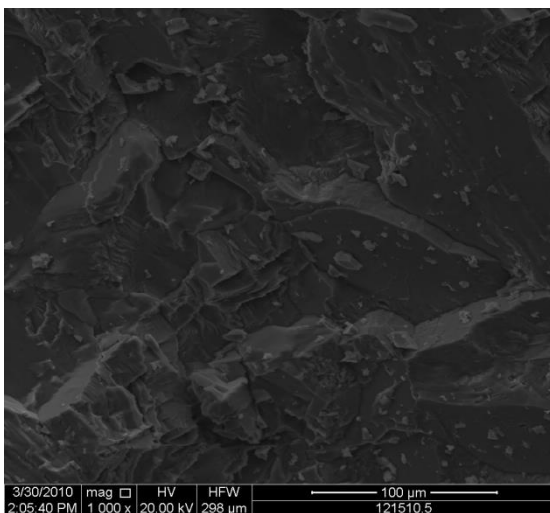


Fig. 1.1.14_91 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1510,5 przedstawiający ostrokrawędziste ziarna anhydrytu

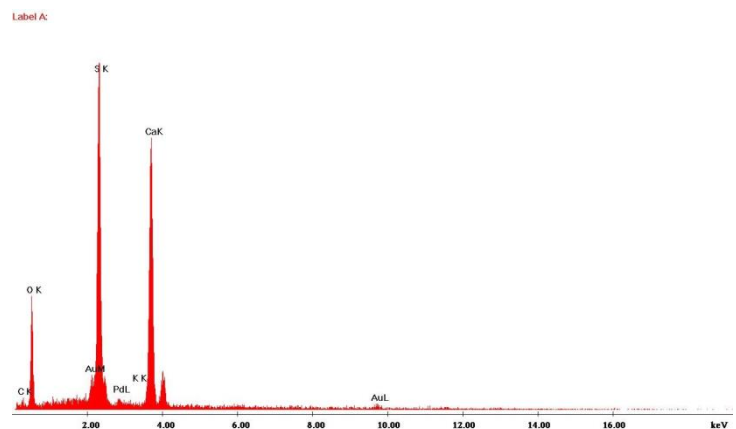


Fig. 1.1.14_92 Widmo EDS ziarna anhydrytu z próbki skalnej W12-1510,5

Próbka W12-1515,5

Próbkę skalną reprezentuje skała anhydrytowa (Fig. 1.1.14_93) charakteryzująca się zbitą bezładną teksturą o silnie zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym. Analizowana próbka jest nierównoziarnista o silnie zróżnicowanej wielkości ziaren. Ziarna anhydrytu są ostrokrawędziste dobrze wykształcone.

Analiza rentgenowska badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest anhydryt. Skała wykazuje praktycznie monomineralny charakter.

Skład mineralny uzupełnia dolomit (Fig. 1.1.14_94) występujący w akcesorycznych ilościach (również obserwuje się obecność refleksów 2,890; 2,193 – koincydencja z refleksem anhydrytu). Drugim składnikiem mineralnym występującym w badanej próbce jest gips (jednak z uwagi na bardzo małą ilość obserwowany jest jedynie w analizie SEM-EDS).

W obserwacjach SEM (**Fig. 1.1.14_95**, **Fig. 1.1.14_96**) i w świetle przechodzącym ponadto zaobserwowano, iż ziarna anhydrytu tworzą nieregularne kształty o zarysach ostrokrawędzistych a niekiedy obtoczonych, które tworzą skupienia ziarniste, z widocznymi dobrze płaszczyznami łupliwości, oraz zbliżeniami polisyntetycznymi. Pomimo tego, że makroskopowo widać uporządkowane ułożenie ziaren anhydrytu w obrazach mikroskopowych takiego uporządkowania nie zaobserwowano.

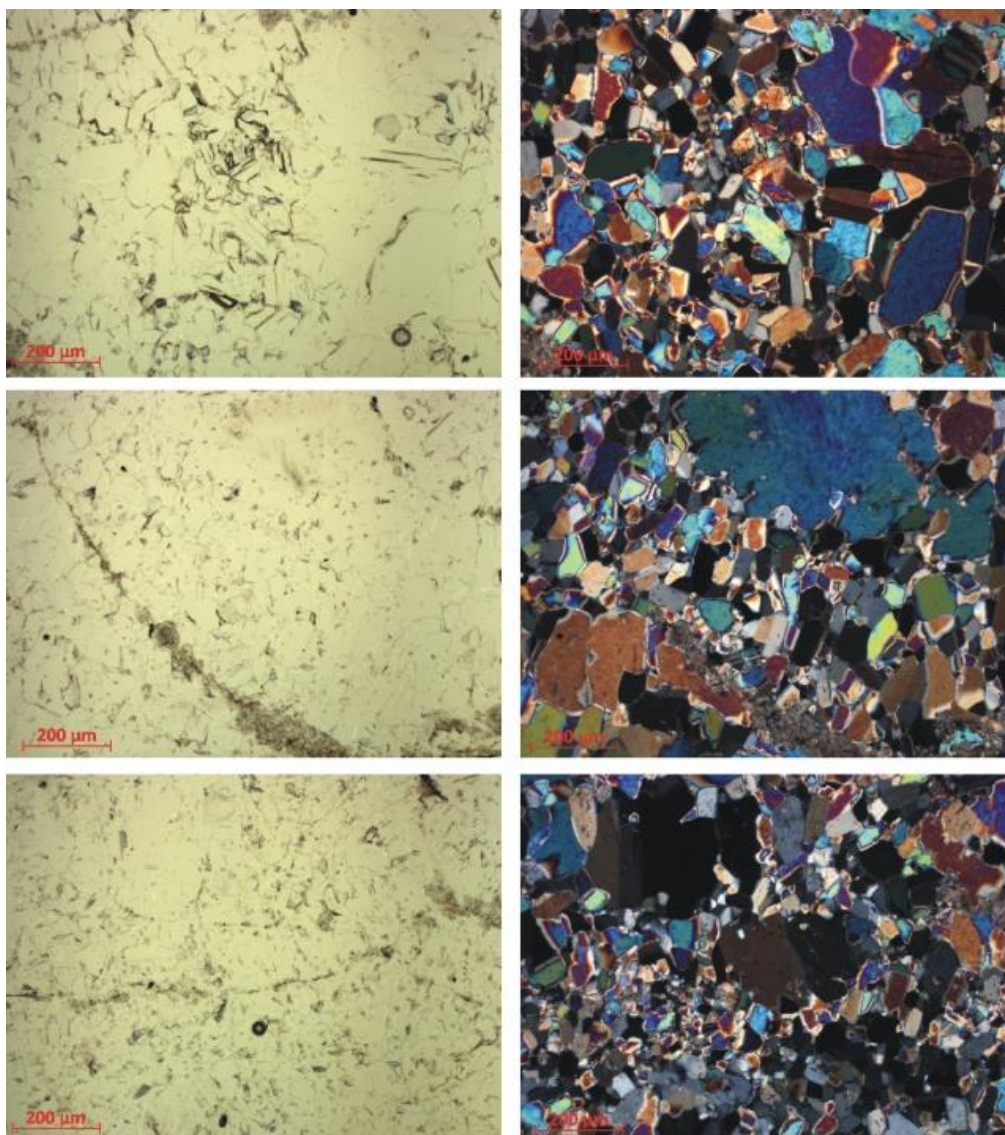


Fig. 1.1.14_93 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym anhydrytu W12-1515,5 pokazujący zróżnicowanie ziaren anhydrytu

Podobnie jak we wcześniejszym przypadku ze względu na znaczne zróżnicowanie wielkości ziaren (patrz **Fig. 1.1.14_93**), objawiające się znaczną zmiennością średnic (w niektórych przypadkach stosunek średnicy maksymalnej do minimalnej był większy niż sto), wyliczenie średniej wartości średnicy ziarna było niemożliwe. Spowodowane to było niemożnością m.in. detekcji ziaren największych (nie mieściły się w

całości w polu widzenia) oraz znacznym wymieszeniem ziaren anhydrytu, które uniemożliwia podział obszaru i analizę w podobszarach.

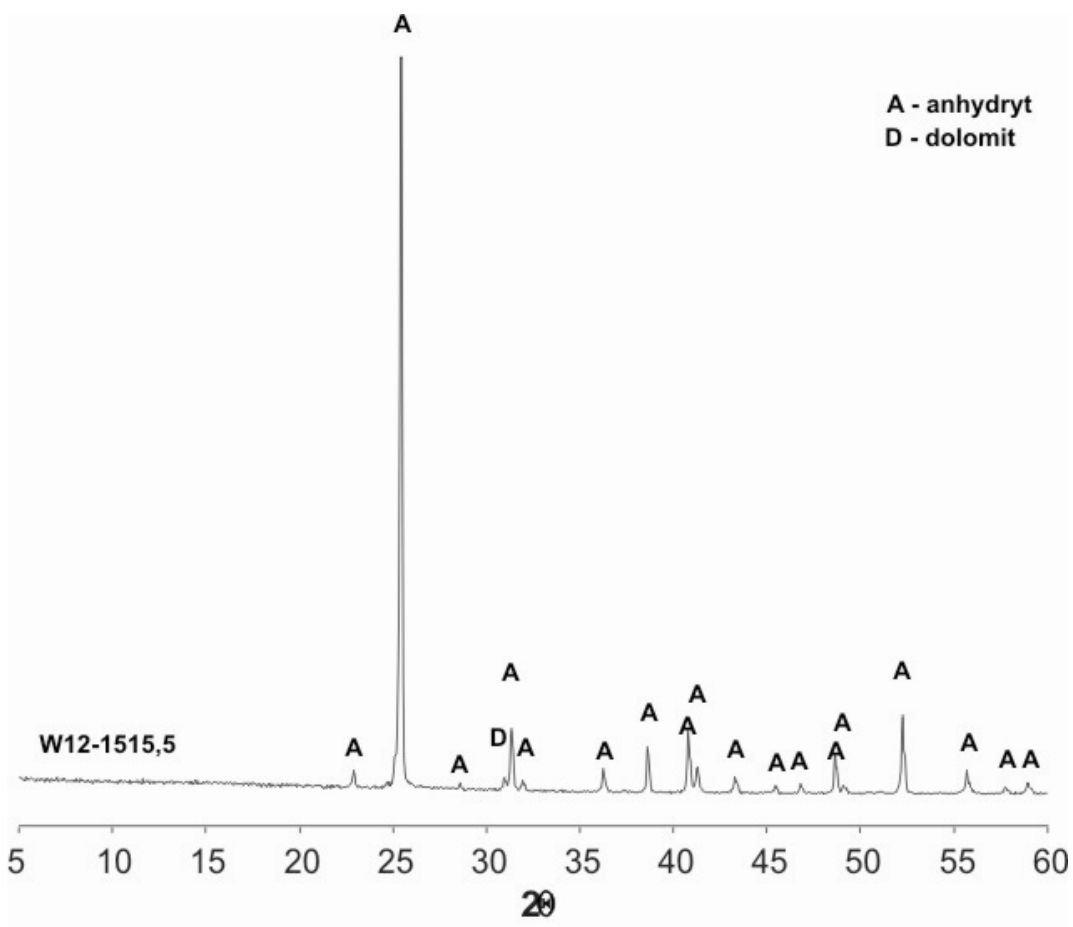


Fig. 1.1.14_94 Dyfraktogram rentgenowski próbki skalnej W12-1515,5

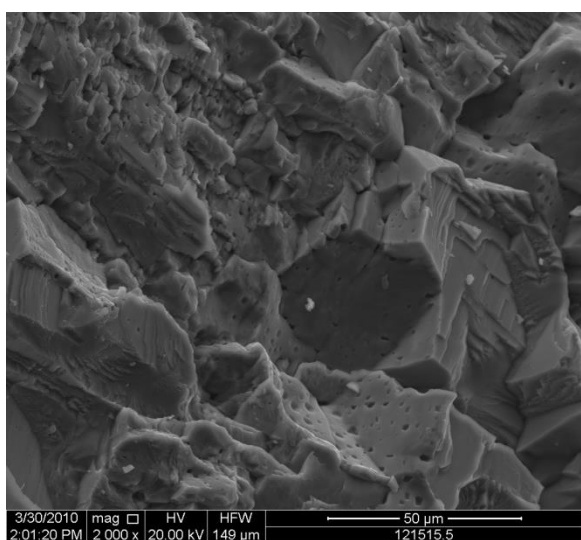


Fig. 1.1.14_95 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1515,5 przedstawiający ostrokrawędziste ziarna anhydrytu

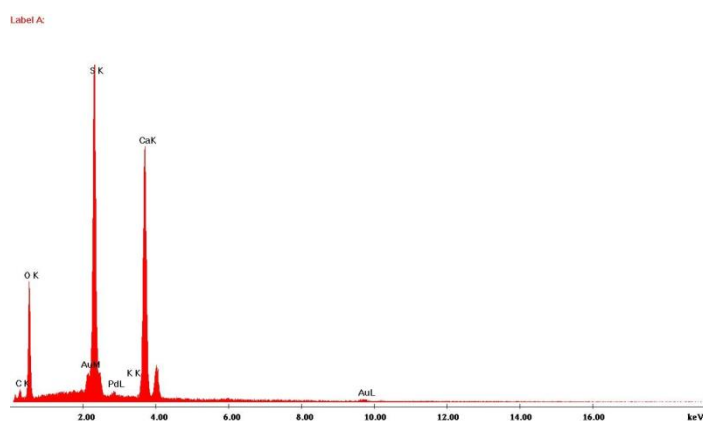


Fig. 1.1.14_96 Widmo EDS ziarna anhydrytu z próbki skalnej W12-1515,5

Próbka W12-1521,2

Próbkę skalną reprezentuje anhydryt (**Fig. 1.1.14_97**) o zbitej bezładnej teksturze i zwartym, ustalonym szkieletcie ziarnowym. Analizowana próbka jest nierównoziarnista o bardzo zróżnicowanej wielkości ziaren. W skale poza anhydrytami zaobserwowano niewielki udział substancji organicznej oraz minerałów rudnych. Ziarna anhydrytu są ostrokrawędziste dobrze wykształcone.

Analiza rentgenowska (**Fig. 1.1.14_98**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest anhydryt. Skała wykazuje praktycznie monomineralny charakter.

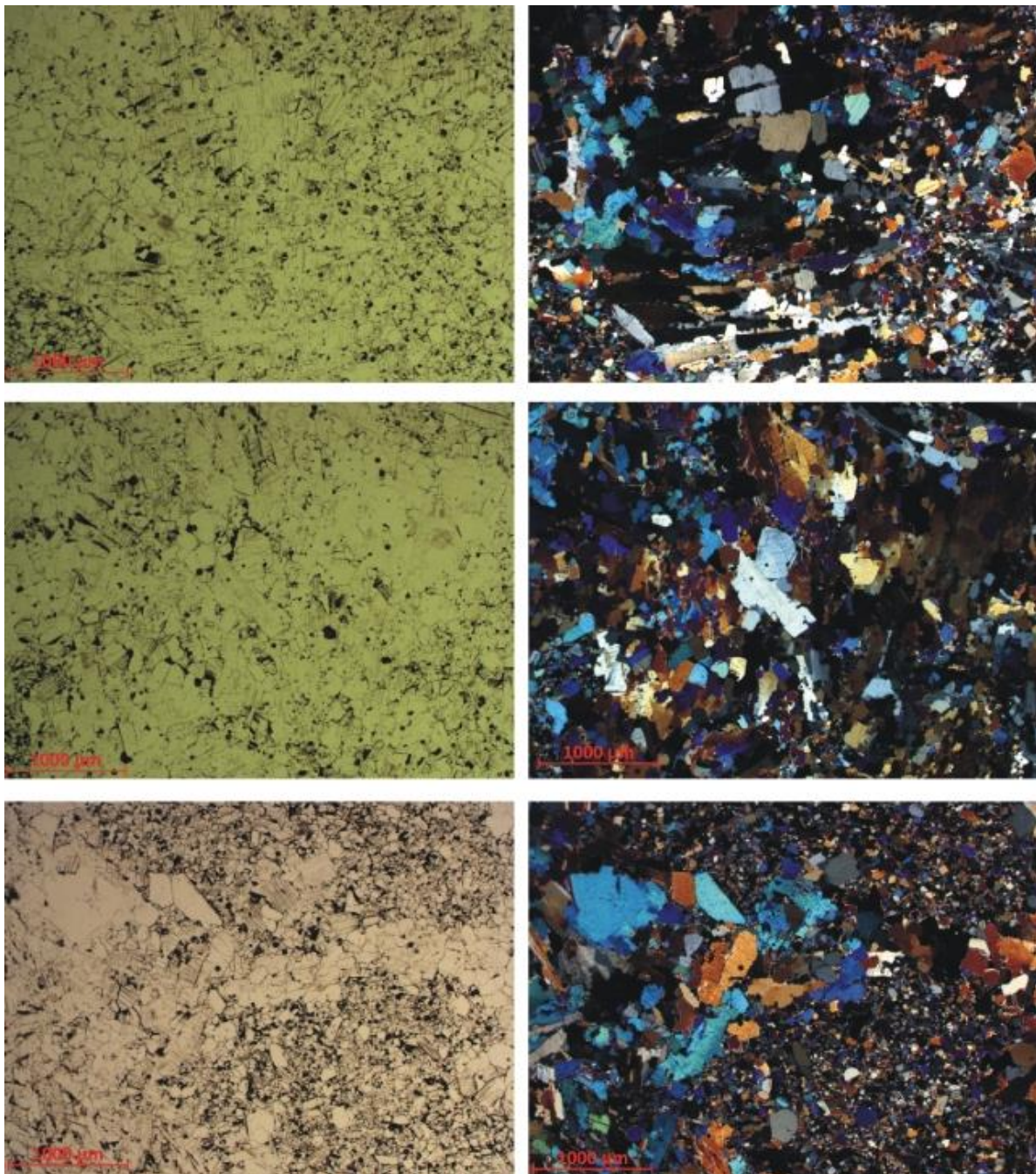


Fig. 1.1.14_97 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym anhydrytu W12-1521,2 pokazujący zróżnicowanie ziaren anhydrytu

Drugim składnikiem mineralnym występującym w badanej próbce jest gips (jednak z uwagi na bardzo małą ilość obserwowany jest jedynie w analizie SEM-EDS).

W obserwacjach SEM (Fig. 1.1.14_99, Fig. 1.1.14_100) ponadto zaobserwowano nieregularny kształt ziaren anhydrytu o ostrokrawędzistych zarysach, które tworzą skupienia ziarniste, z widocznymi dobrze płaszczyznami łupliwości, oraz zbliżeniami polisyntetycznymi. Pomimo tego, że makroskopowo widać uporządkowane ułożenie ziaren anhydrytu w obrazach mikroskopowych takiego uporządkowania nie zaobserwowano.

Ze względu na znaczne zróżnicowanie wielkości ziaren (patrz Fig. 1.1.14_97), objawiające się znaczną zmiennością średnic (w niektórych przypadkach stosunek średnicy maksymalnej do minimalnej był większy niż sto), wyliczenie średniej wartości średnicy ziarna było niemożliwe. Spowodowane to było niemożnością, m.in. detekcji ziaren największych (nie mieściły się w całości w polu widzenia) oraz znacznym wymieszanym ziaren anhydrytu, które uniemożliwia podział obszaru i analizę w podobszarach.

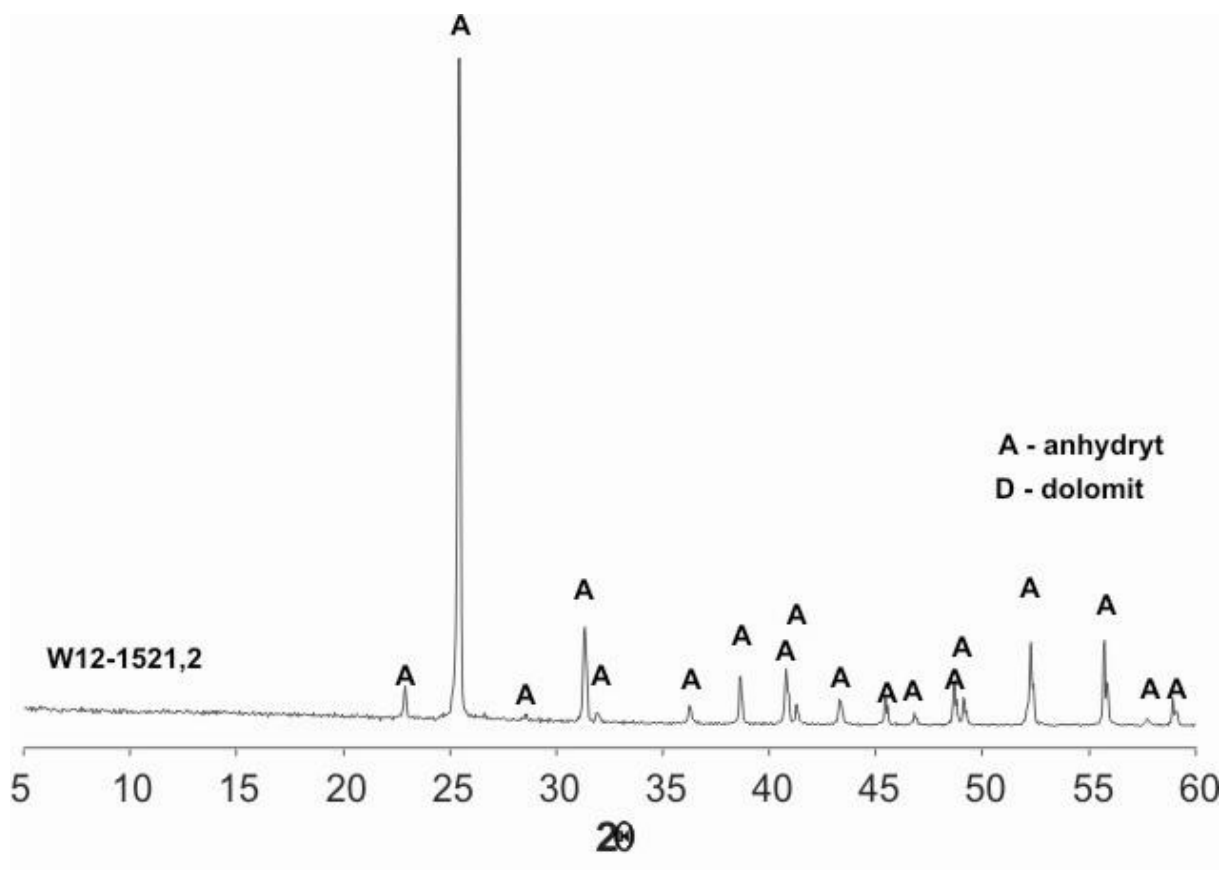


Fig.

1.1.14_98 Dyfraktogram rentgenowski próbki skalnej W12-1521,2

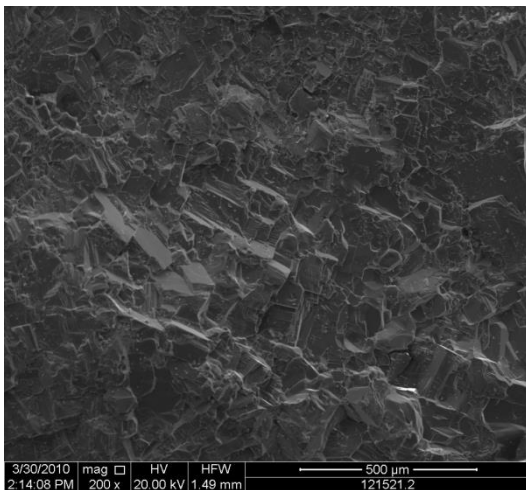


Fig. 1.1.14_99 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1521,2 przedstawiający ostrokrawędziste ziarna anhydrytu

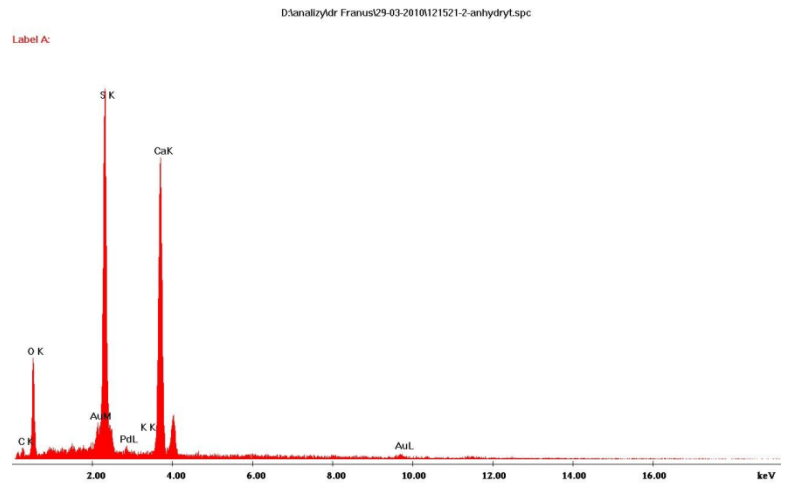


Fig. 1.1.14_100 Widmo EDS ziarna anhydrytu z próbki skalnej W12-1515,5

Próbka W12-1525,5

Próbkę skalną reprezentuje anhydryt (**Fig. 1.1.14_101**) o zbitej bezładnej teksturze i zwartym, ustalonym szkielecie ziarnowym. Analizowana skała jest nierównoziarnista o zróżnicowaniu wielkości ziaren. W skałe poza anhydrytami zaobserwowano niewielki udział substancji organicznej oraz minerałów rudnych. Ziarna anhydrytu są ostrokrawędziste dobrze wykształcone.

Analiza rentgenowska (**Fig. 1.1.14_102**) badanej próbki skalnej wykazała, że dominującym składnikiem mineralnym jest anhydryt. Skała wykazuje praktycznie monomineralny charakter.

Drugim składnikiem mineralnym występującym w badanej próbce jest gips (jednak z uwagi na bardzo małą ilość obserwowany jest jedynie w analizie SEM-EDS).

W obserwacjach SEM (**Fig. 1.1.14_103**, **Fig. 1.1.14_104**) ponadto zaobserwowano nieregularny kształt ziaren o zarysach ostrokrawędzistych, które tworzą skupienia ziarniste, z dobrze widocznymi płaszczyznami łupliwości, oraz zbliżnieniami polisyntetycznymi. Pomimo tego, że makroskopowo widać uporządkowane ułożenie ziaren anhydrytu w obrazach mikroskopowych takiego uporządkowania nie zaobserwowano.

Ze względu na znaczne zróżnicowanie wielkości ziaren (patrz **Fig. 1.1.14_101**), objawiające się znaczną zmiennością średnic (w niektórych przypadkach stosunek średnicy maksymalnej do minimalnej był większy niż sto), wyliczenie średniej wartości średnicy ziarna było niemożliwe. Spowodowane to było niemożnością, m.in. detekcji ziaren największych (nie mieściły się w całości w polu widzenia) oraz znacznym wymieszaniem ziaren anhydrytu, które uniemożliwia podział obszaru i analizę w podobszarach.

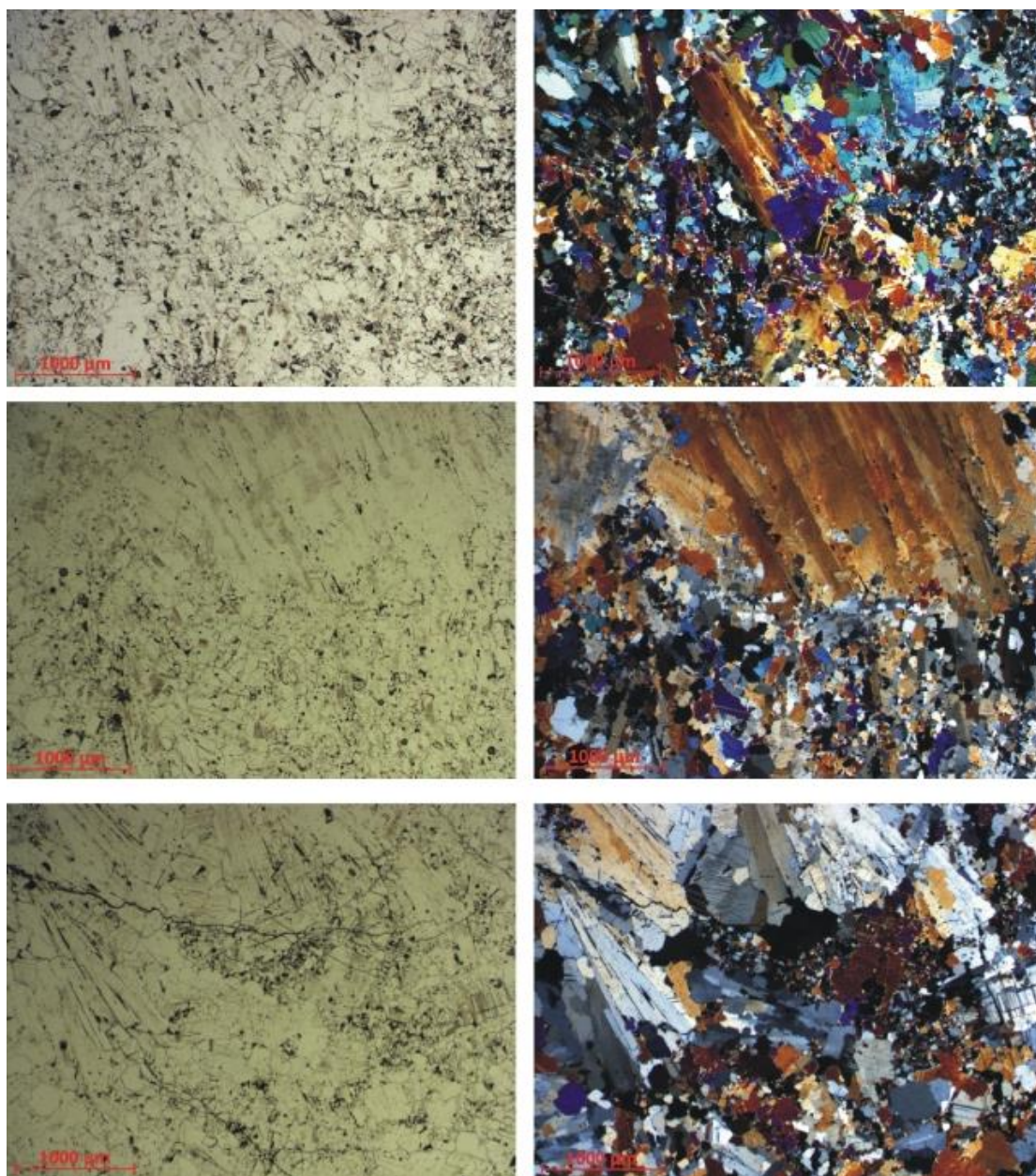


Fig. 1.1.14_101 Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym anhydrytu w12-1525,5 pokazujący zróżnicowanie ziaren anhydrytu

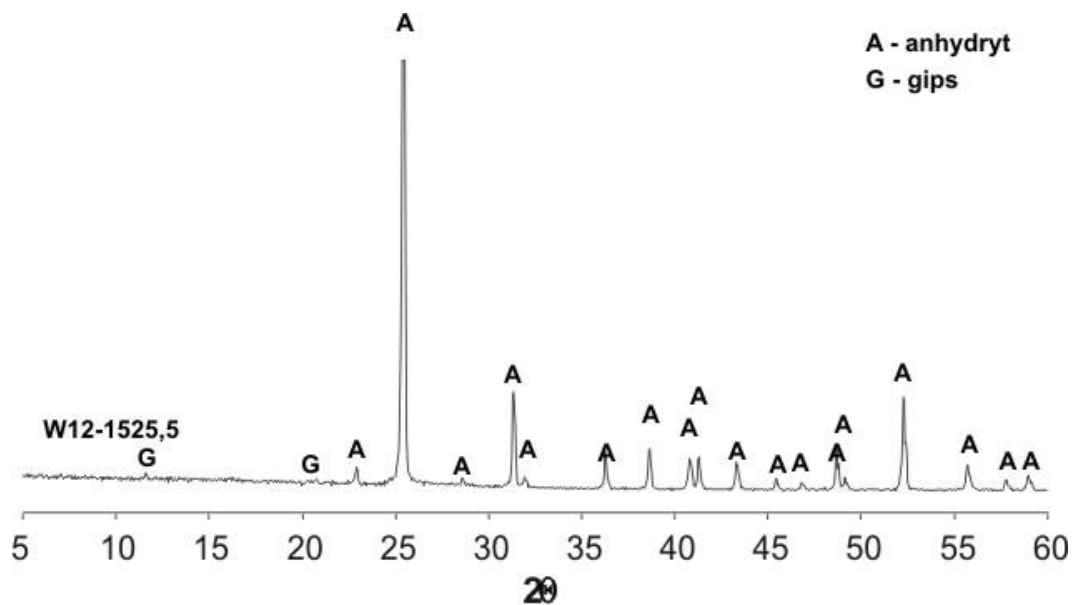


Fig. 1.1.14_102 Dyfraktogram rentgenowski próbki skalnej W12-1510,5

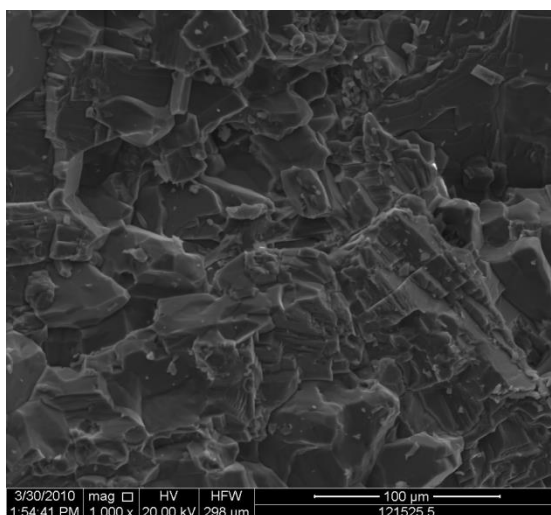


Fig. 1.1.14_103 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1525,5 przedstawiający ostrokrawędziste ziarna anhydrytu

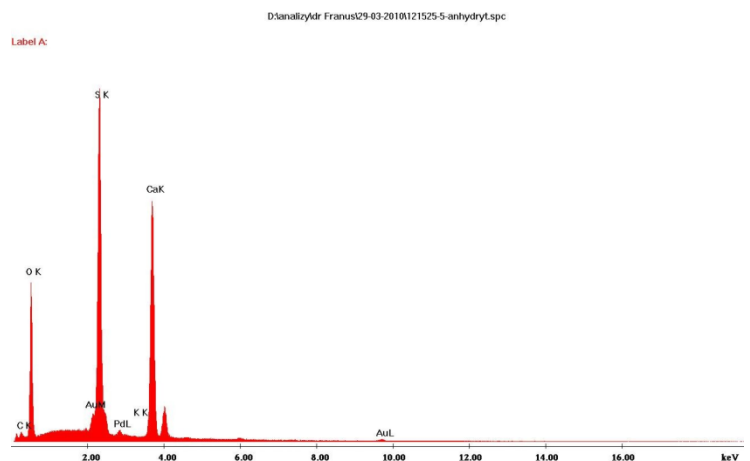


Fig. 1.1.14_104 Widmo EDS ziarna anhydrytu z próbki skalnej W12-1525,5

Piaskowce

Próbka W12-1533

Skała charakteryzuje się nierównoziarnistym, drobnoziarnistym szkieletem ziarnowym i zbitą bezładną teksturą. Szkielet ziarnowy jest luźny natomiast w jego składzie dominują dobrze wykształcone, ostrokrawędziste ziarna kwarcu. Obserwuje się w niewielkiej ilości skalenie, plagioklasy, węglany, minerały

łyszczykowe oraz okruchy detrytyczne. Spoiwo ma charakter kontaktowo-porowy. W jego składzie dominują minerały ilaste. Jest to w przewodzie spoiwo typu matrix.

Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_105**) wykazała, że dominującym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc któremu towarzyszą niewielkie ilości anhydrytu, skaleni sodowo-wapniowych (plagioklazów), którym towarzyszą skalenie potasowe (mikroklin, ortoklaz). Występujące w badanych piaskowcach plagioklasy zbliżone są składem chemicznym do anortytu $d = 3,19; 3,28; 4,04$. Obecność skaleni potasowych potwierdzają słabe pojedyncze refleksy $d = 3,24; 3,29$ pochodzące od mikroklinu i ortoklazu.

W obrazie SEM (**Fig. 1.1.14_106, Fig. 1.1.14_107**) widoczna jest nierównoziarnistość jak również silna porowatość. W skałach widoczny jest dominujący udział kwarcu. Analizy SEM-EDS wykazały, że w skałach tych występują również dobrze wykształcone ziarna K-skaleni z widocznymi płaszczyznami łupliwości, pojedyncze ziarna dolomitu, dobrze wykształcone ziarna siarczanów (gips, anhydryt) i halitu. W spoiwie zaobserwowano liczne minerały ilaste występujące głównie w formach łuseczkowych.

Na podstawie zdjęć płytki cienkiej wyekstrahowane zostały w sumie 154 ziarna Kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_108**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_93**. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1806 mm natomiast skalenia 0,1964 mm.

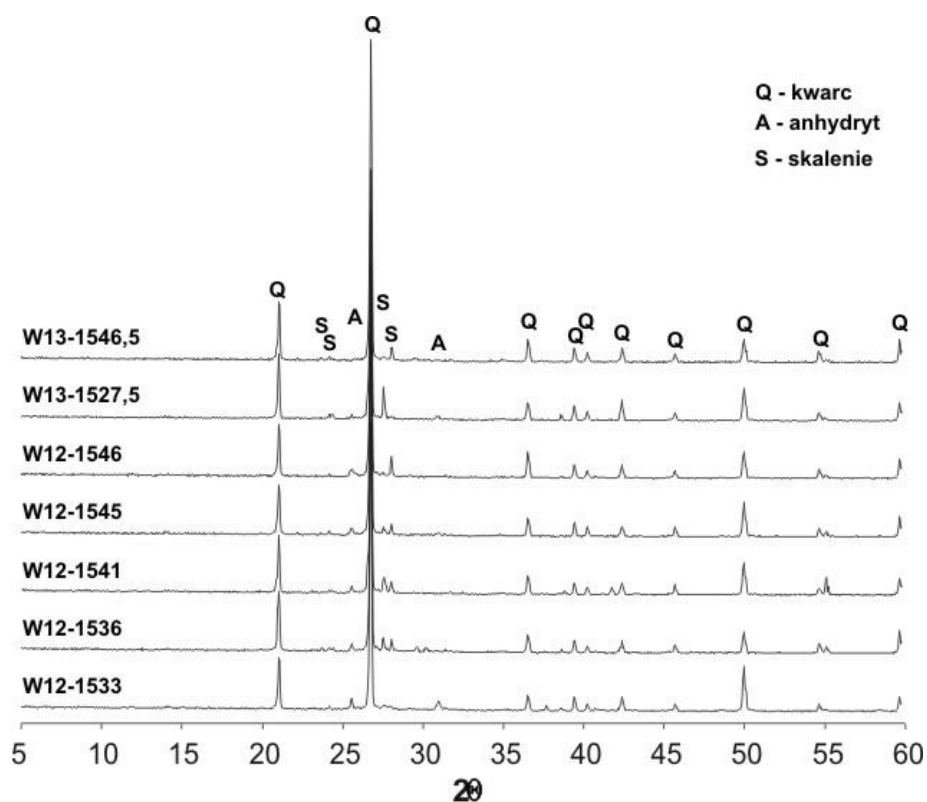


Fig. 1.1.14_105 Dyfraktogramy rentgenowskie próbek piaskowcowych

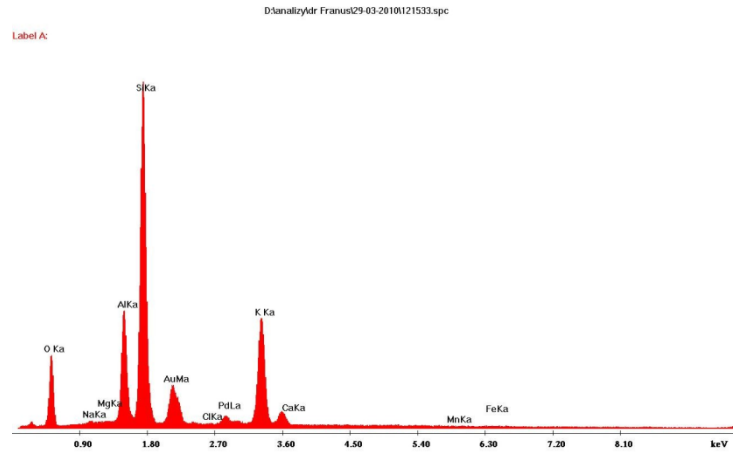
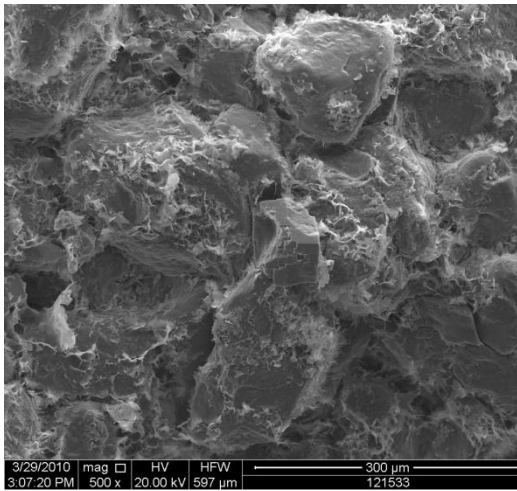


Fig. 1.1.14_106 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1533 przedstawiający ziarna kwarcu i zróżnicowanej wielkości i obrotoczeniu

Fig. 1.1.14_107 Widmo EDS ziarna skalenia z próbki skalnej W12-1533

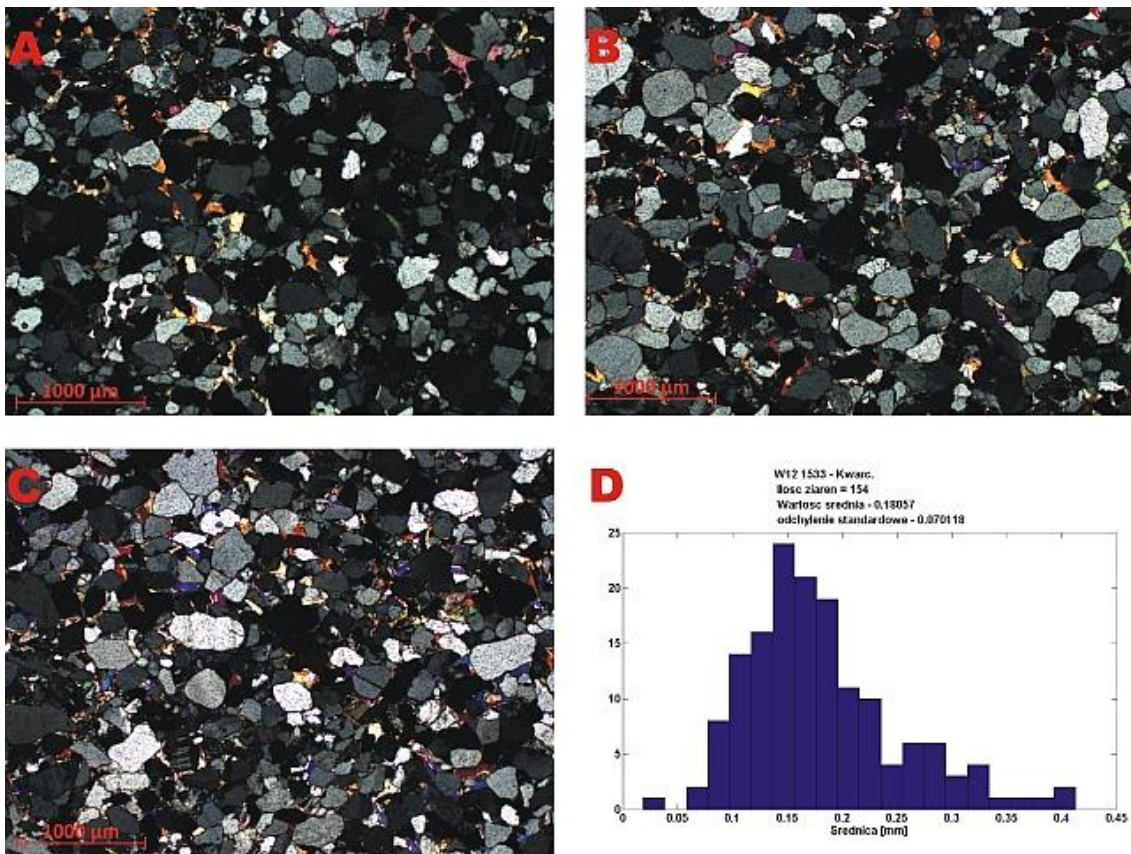


Fig. 1.1.14_108 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1533 oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_93 Wyniki uzyskane dla płytki cienkiej W12-1533.

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	51	0.1686	0.0665
B (Kwarc)	50	0.1880	0.0738
C (Kwarc)	53	0.1851	0.0698
Razem Kwarc	154	0.1806	0.0701
Skalenie	9	0.1964	0.0663

Próbka W12-1536

Próbkę skalną reprezentuje piaskowiec nierównoziarnisty o zbitej bezładnej teksturze. Składem mineralnym jest ona bardzo zbliżona do poprzedniej próbki skalnej tj. zawiera w przewadze kwarc, skalenie, minerały ilaste, sporadycznie węglany oraz pojedyncze okruchy detrytyczne. Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_105**) dała niemalże identyczną krzywą dyfrakcyjną jak w przypadku pozostałych piaskowców, gdzie poza kwarcem i niewielką ilością skaleni obserwowany jest również anhydryt. Analiza SEM (**Fig. 1.1.14_109**, **Fig. 1.1.14_110**) wykazała ponadto obecność siarczanów i halitu.

Na podstawie zdjęć płytki cienkiej wyekstrahowane zostały w sumie 172 ziarna kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_111**). Wyniki zestawiono w **Tab. 1.1.14_94**. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1462 mm natomiast skalenia 0,1895 mm.

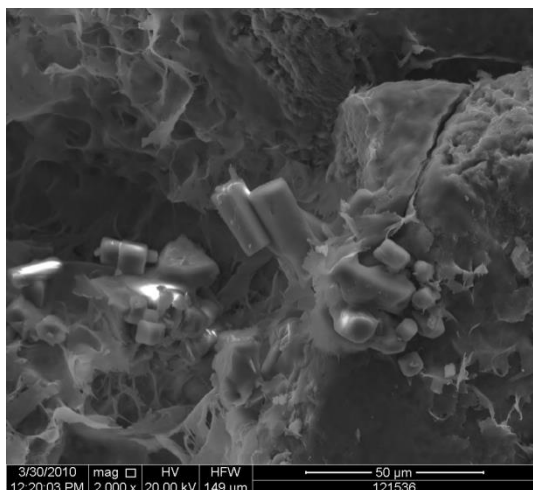


Fig. 1.1.14_109 Obraz mikroskopowy SEM próbki piaskowcowej W12-1536 z widocznymi kryształami halitu



Fig. 1.1.14_110 Widmo EDS halitu zaobserwowanego w próbce piaskowcowej W12-1536

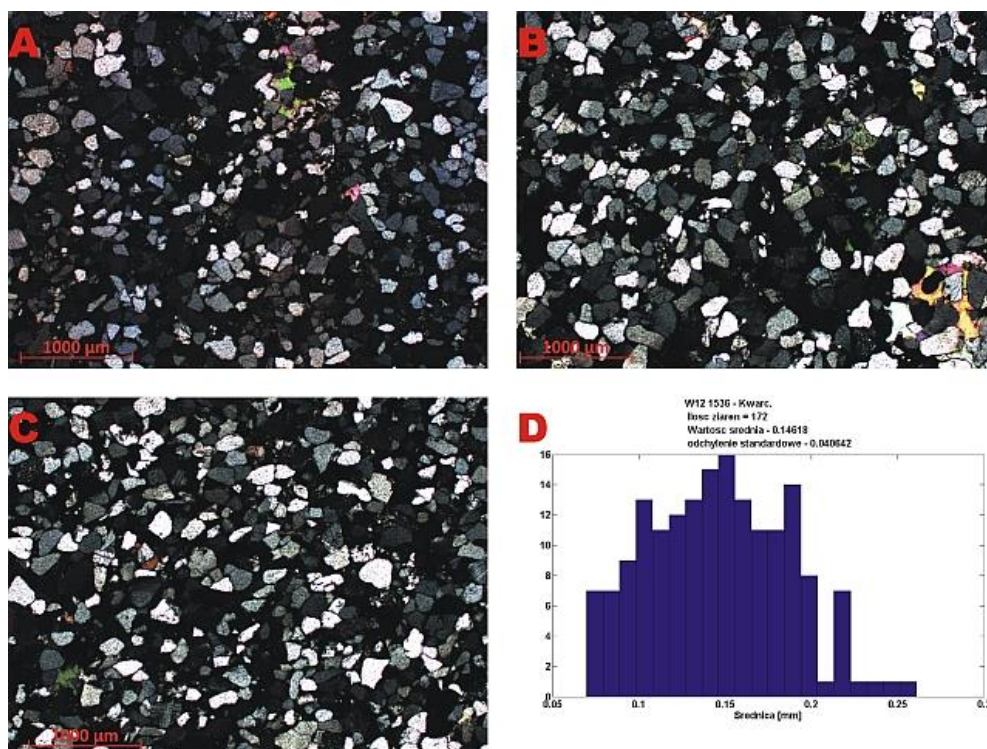


Fig. 1.1.14_111 A-C) Analizowane zdjęcie preparatu W12-1536 oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_94 Wyniki uzyskane dla płytki cienkiej W12-1536

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	62	0.1336	0.0390
B (Kwarc)	55	0.1587	0.0395
C (Kwarc)	55	0.1478	0.0402
Razem Kwarc	172	0.1462	0.0406
Skalenie	7	0.1895	0.0395

Próbka W12-1541

Próbkę skalą reprezentuje piaskowiec kwarcowy nierównoziarnisty o zbitej bezładnej teksturze. W składzie mineralnym zawiera głównie kwarc oraz niewielkie ilości skaleni. Analiza XRD (Fig. 1.1.14_105) dała niemalże identyczną krzywą dyfrakcyjną jak w przypadku pozostałych piaskowców, gdzie poza kwarcem i niewielką ilością skaleni obserwowany jest również anhydryt. Analiza SEM (Fig. 1.1.14_112, Fig.

1.1.14_113) wykazała ponadto obecność dolomitu oraz licznych minerałów ilastych w postaci łuseczkowej pojawiających się w spoiwie skały.

Na podstawie zdjęć płytki cienkiej wyekstrahowane zostały w sumie 164 ziarna kwarcu w trzech różnych obszarach (Fig. 1.1.14_114). Wyniki zawarto w Tab. 1.1.14_95. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1286 mm natomiast skalenia 0,1822 mm.

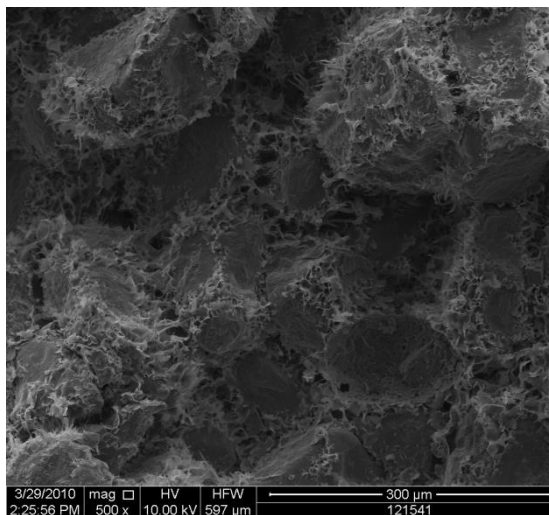


Fig. 1.1.14_112 Obraz mikroskopowy SEM próbki piaskowcowej W12-1541 przedstawiający ziarna kwarcu

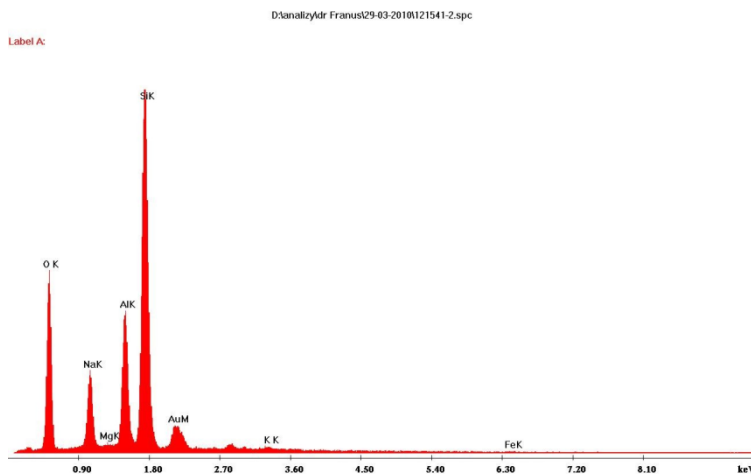


Fig. 1.1.14_113 Widmo EDS ziarna kwarcu z próbki skalnej W12-1541

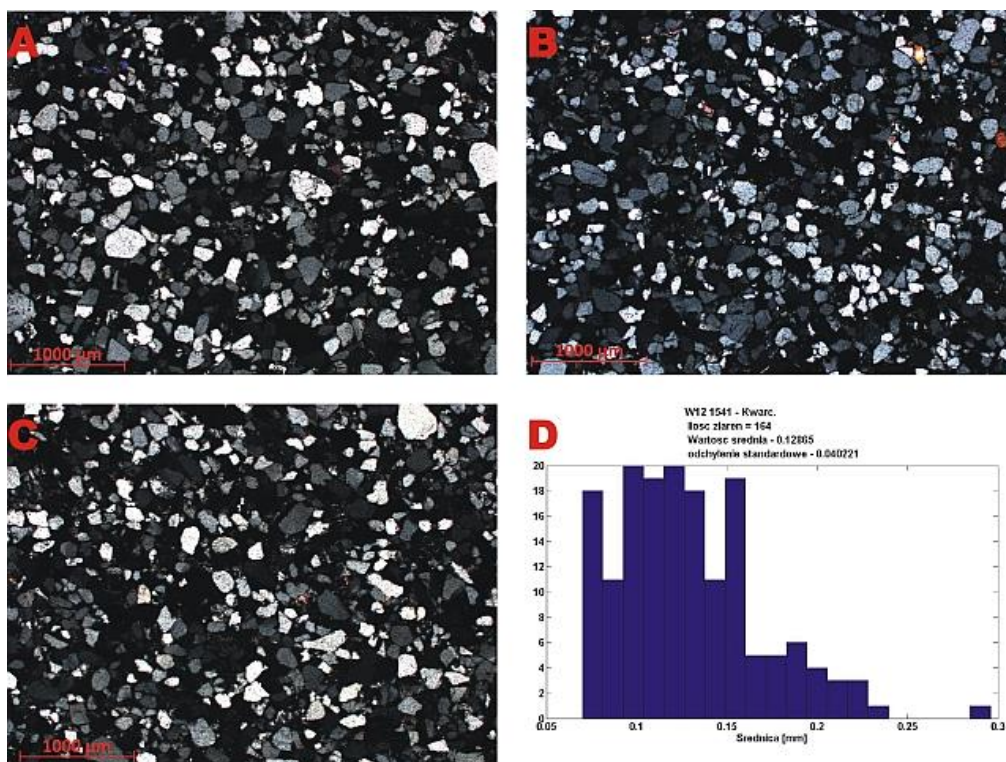


Fig. 1.1.14_114 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1541 oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_95 Wyniki uzyskane dla płytki cieniowej W12-1541

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	59	0,1353	0,0428
B (Kwarc)	53	0,1188	0,0355
C (Kwarc)	52	0,1311	0,0406
Razem Kwarc	164	0,1286	0,0402
Skalenie	3	0,1822	0,0347

Próbka W12-1545

Próbkę skalą reprezentuje drobnoziarnisty piaskowiec kwarcowy, nierównoziarnisty o zbitej bezładnej teksturze i spoiwie typu matrix. W składzie mineralnym zawiera głównie kwarc oraz niewielkie ilości skaleni. Analiza XRD (Fig. 1.1.14_105) dała niemalże identyczną krzywą dyfrakcyjną jak w przypadku pozostałych piaskowców, gdzie poza kwarcem i niewielką ilością skaleni obserwowany jest również anhydryt. Analiza SEM (Fig. 1.1.14_115, Fig. 1.1.14_116) ponadto wykazała obecność dolomitu, siarczanów i halitu. W spoiwie natomiast zaobserwowano obecność substancji ilastej w postaci łuseczkowej.

Na podstawie zdjęć płytki cienkiej wyekstrahowane zostały w sumie 173 ziarna kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_117**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_96**. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1414 mm natomiast skalenia 0,1594 mm.

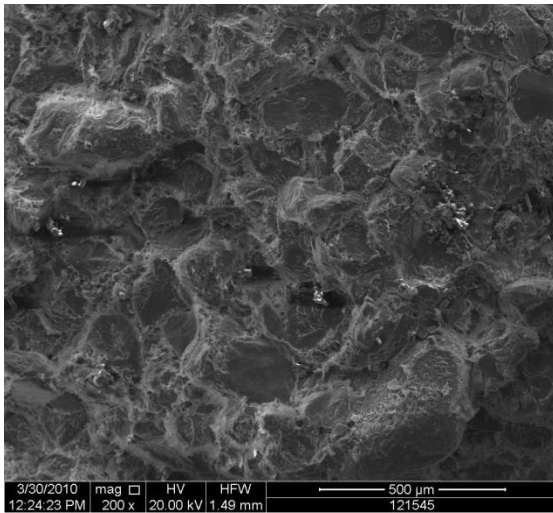


Fig. 1.1.14_115 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1545 przedstawiający ziarna kwarcu o zróżnicowanym obrotowaniu

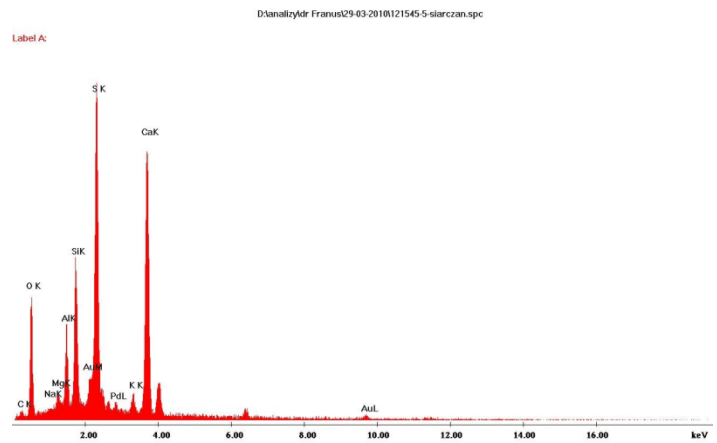


Fig. 1.1.14_116 Widmo EDS siarczany (gips, anhydryt) z próbki skalnej W12-1545

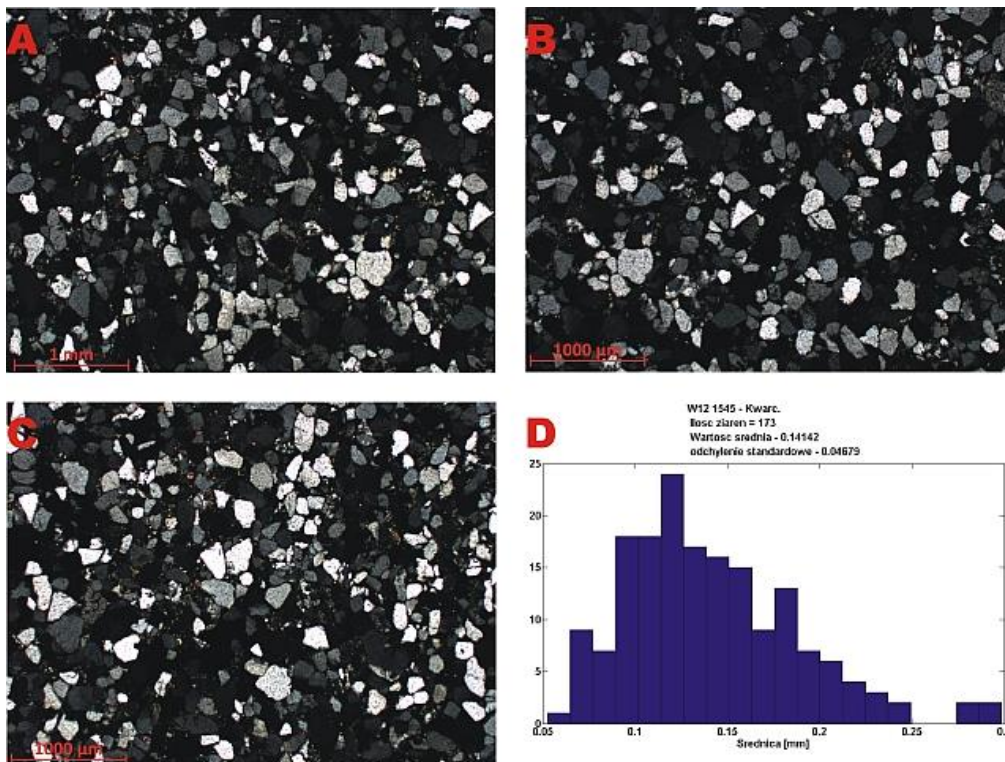


Fig. 1.1.14_117 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1545 oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_96 Wyniki uzyskane dla płytki cienkiej W12-1545

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	62	0,1397	0,0490
B (Kwarc)	57	0,1420	0,0404
C (Kwarc)	54	0,1428	0,0512
Razem Kwarc	173	0,1414	0,0468
Skalenie	6	0,1594	0,0543

Próbka W12-1546

Próbkę skalą reprezentuje drobnoziarnisty piaskowiec kwarcowy, nierównoziarnisty o zbitej bezładnej teksturze. W składzie mineralnym zawiera głównie kwarc oraz niewielkie ilości skaleni, minerały nieprzeźroczyste, miki oraz pojedyncze okruchy detrytyczne. Spoiwo ma charakter węglanowy typu cement. Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_105**) dała niemalże identyczną krzywa dyfrakcyjną jak w przypadku pozostałych piaskowców, gdzie poza kwarcem i niewielką ilością skaleni, obserwowany jest również anhydryt. Analiza SEM (**Fig. 1.1.14_118**) ponadto wykazała obecność halitu. W spoiwie natomiast zaobserwowano obecność substancji ilastej w postaci łuseczkowej. Ze względu na niewielkie rozmiary ziarna, konieczna była rejestracja zdjęć w większym powiększeniu, co wymagało zwiększenia ilości analizowanych miejsc do sześciu, kosztem spadku średniej ilości ziaren na każdym miejscu. Na podstawie zdjęć płytki cienkiej wyekstrahowane zostały w sumie 101 ziarna kwarcu w sześciu różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_119**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_97**. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1074 mm natomiast skalenia 0,1085 mm.

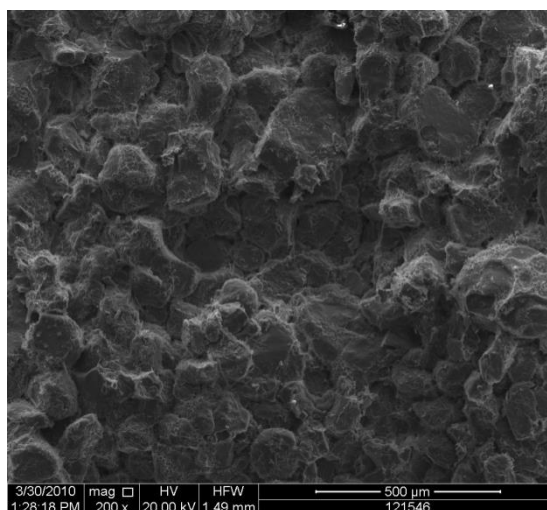


Fig. 1.1.14_118 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1546 przedstawiający ziarna kwarcu o zróżnicowanym wysortowaniu i obtoczeniu

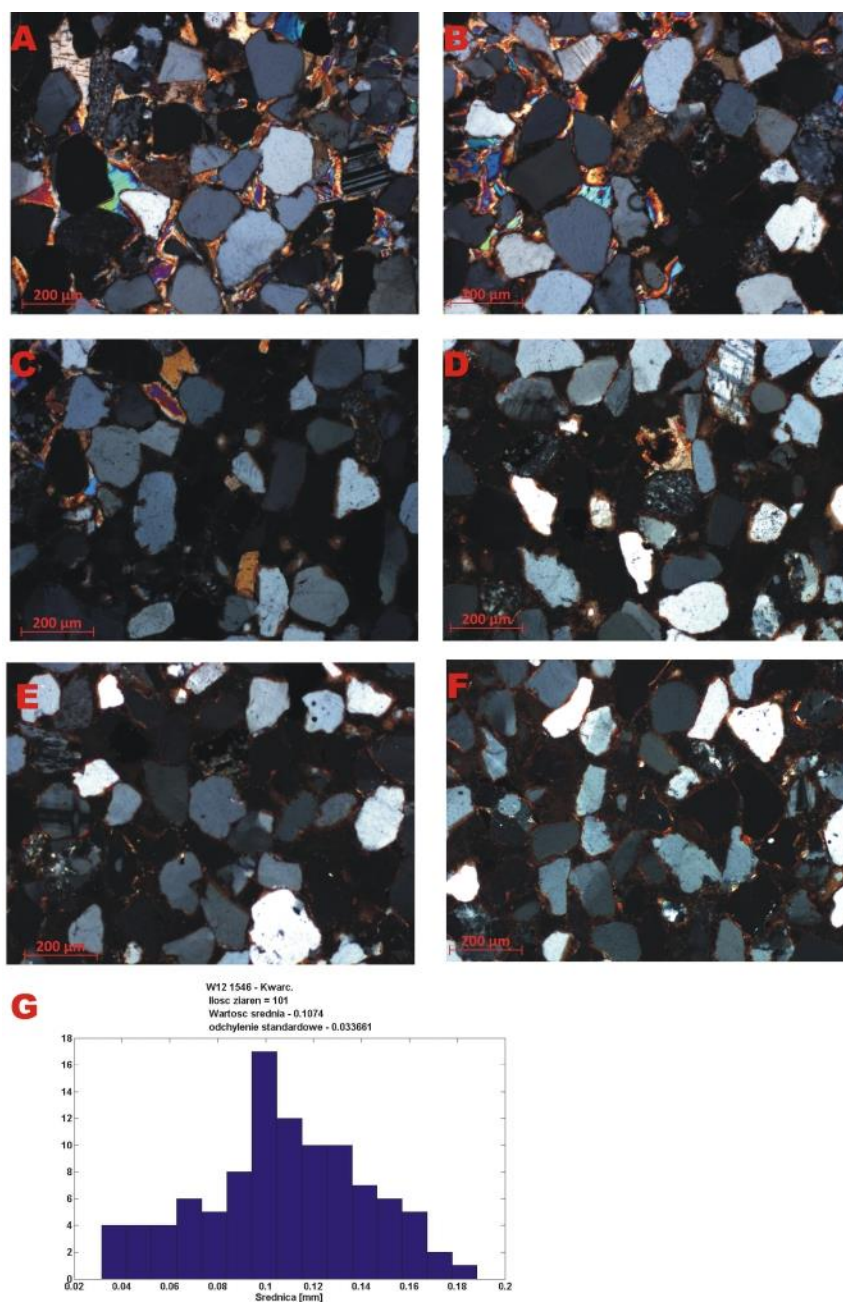


Fig. 1.1.14_119 A-F) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1546 oraz G) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_97 Wyniki uzyskane dla płytki cieniowej W12-1546

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	17	0,1031	0,0433
B (Kwarc)	20	0,1076	0,0397
C (Kwarc)	19	0,1089	0,0326
D(Kwarc)	14	0,1058	0,0320
E(Kwarc)	14	0,1117	0,0206
F(Kwarc)	17	0,1074	0,0304
Razem Kwarc	101	0,1074	0,0337
Skalenie	8	0,1085	0,0495

Próbka W13-1527,5

Próbkę skalą reprezentuje nierównoziarnisty, drobnoziarnisty piaskowiec kwarcowy, o zbitej bezładnej teksturze. W składzie mineralnym zawiera głównie kwarc oraz niewielkie ilości skaleni. Analiza XRD (**Fig. 1.1.14_105**) dała krzywą dyfrakcyjną na której widoczny jest dominujący kwarc oraz niewielkie ilości skaleni. Analiza SEM (**Fig. 1.1.14_120**, **Fig. 1.1.14_121**) wykazała ponadto obecność dolomitu. W spoiwie natomiast zaobserwowano obecność niewielkiej ilości substancji ilastej w postaci łuseczkowej. Na podstawie zdjęć płytki cieniowej wyekstrahowane zostały w sumie 187 ziarna Kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_122**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_98**. Analiza wykazała, że średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1605 mm natomiast skalenia 0,1864 mm.

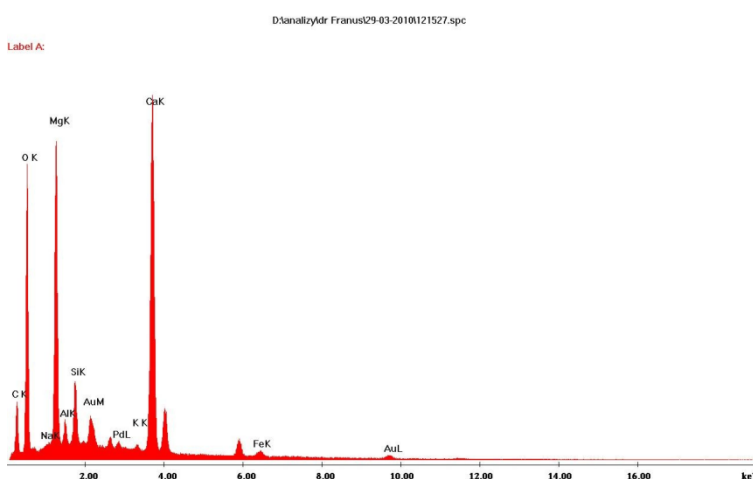
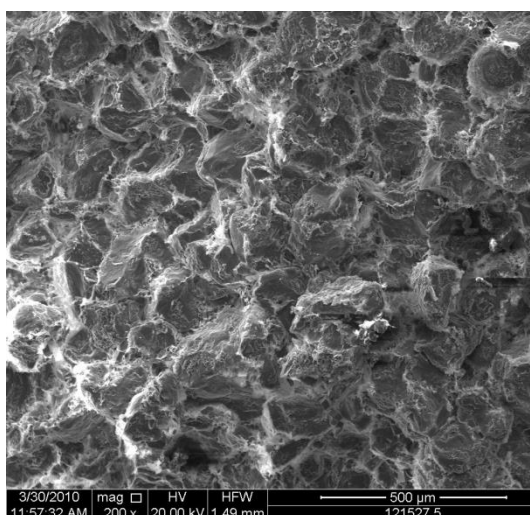


Fig. 1.1.14_120 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej W12-1527,5 przedstawiający ziarna kwarcu o zróżnicowanym obtoczeniu i wysortowaniu

Fig. 1.1.14_121 Widmo EDS dolomitu z próbki skalnej W12-1527,5

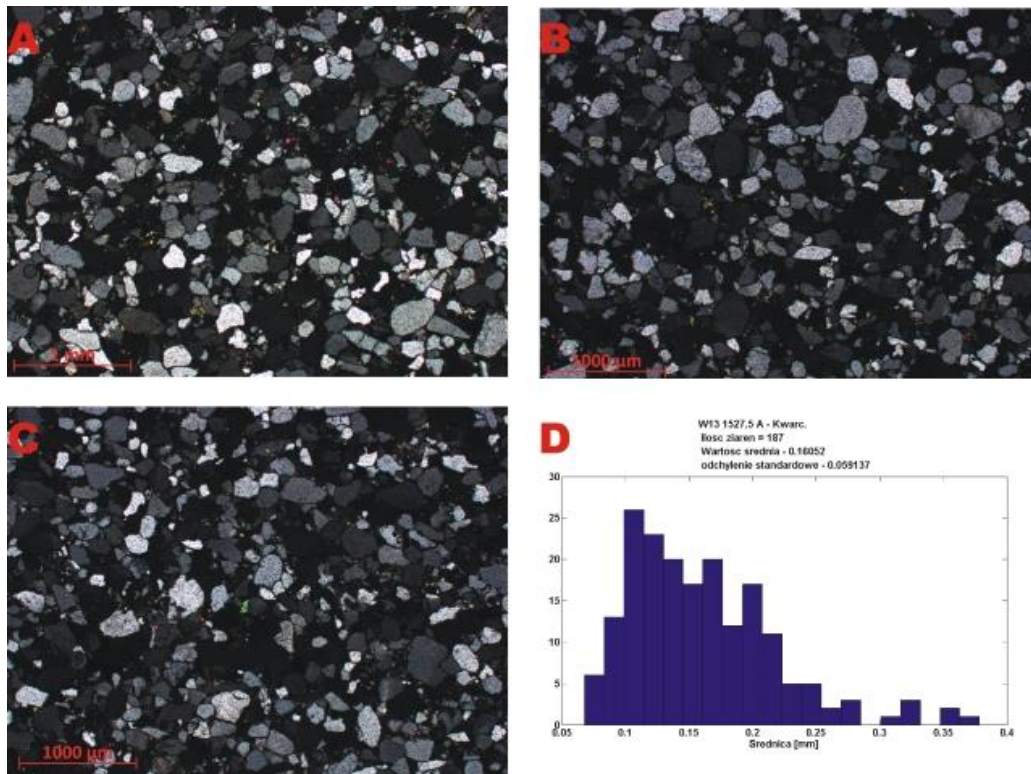


Fig. 1.1.14_122 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1527,5 oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_98 Wyniki uzyskane dla preparatu W13-1527,5

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	64	0,1587	0,0531
B (Kwarc)	63	0,1673	0,0643
C (Kwarc)	60	0,1553	0,0599
Razem Kwarc	187	0,1605	0,0591
Skalenie	6	0,1864	0,0673

Próbka W13-1546,5

Próbkę skalą reprezentuje nierównoziarnisty (drobno- lub miejscami średnioziarnisty) piaskowiec kwarcowy o zbitej bezładnej teksturze. W składzie mineralnym zawiera głównie kwarc oraz niewielkie ilości skaleni, okruchy detrytyczne oraz węglany w formie mikrytu. Analiza XRD (Fig. 1.1.14_105) dała krzywa dyfrakcyjną, na której widoczny jest dominujący kwarc oraz niewielkie ilości skaleni. Analiza SEM (Fig. 1.1.14_123, Fig. 1.1.14_124) wykazała, że w spoiwie zaobserwowano obecność niewielkiej ilości substancji ilastej w postaci łuseczkowej. Z uwagi na to, że materiał skalny dzieli się na dwie części: średnioziarnistą (A) oraz

drobnoziarnistą (B) o szerokości 2-3 [mm], dla każdej części przeprowadzono osobną analizę. W części A wyekstrahowane zostały w sumie 147 ziarna kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_125**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_99**. W części B wyekstrahowane zostały w sumie 149 ziarna kwarcu w trzech różnych obszarach (**Fig. 1.1.14_126**). Wyniki zawarto w **Tab. 1.1.14_100**. Analiza wykazała, że dla obszaru A średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,2408 mm natomiast skalenia 0,2818 mm. Dla obszaru B średnia średnica ziarna kwarcu wynosi 0,1352 mm natomiast skalenia nie została oznaczona.

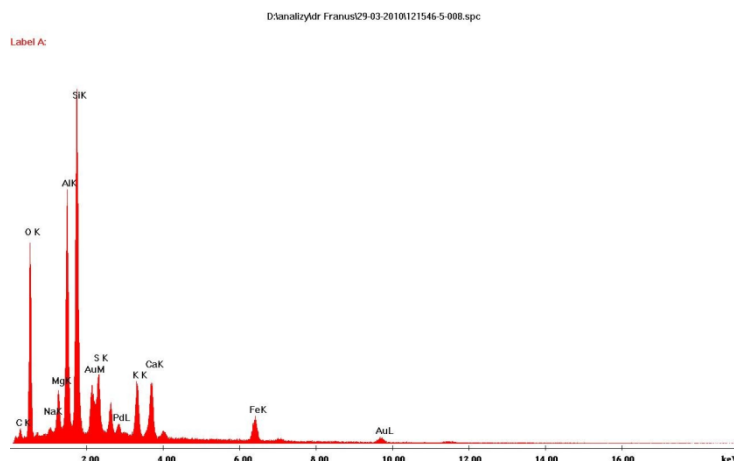
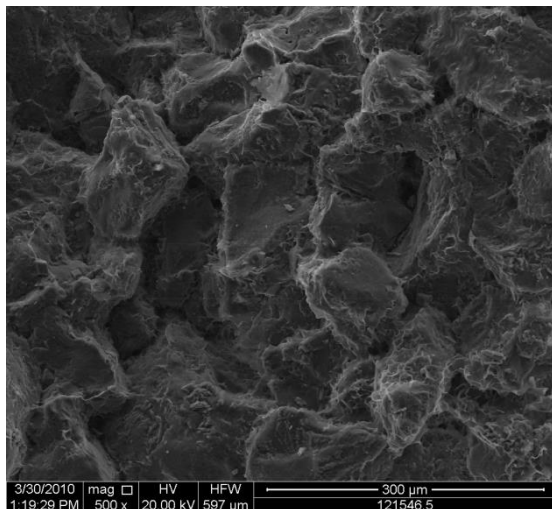


Fig. 1.1.14_123 Obraz mikroskopowy SEM próbki skalnej 1546,5 przedstawiający ziarna kwarcu o zróżnicowanym obtoczeniu i wysortowaniu

Fig. 1.1.14_124 Widmo EDS kwarcu z próbki skalnej W12-1546,5

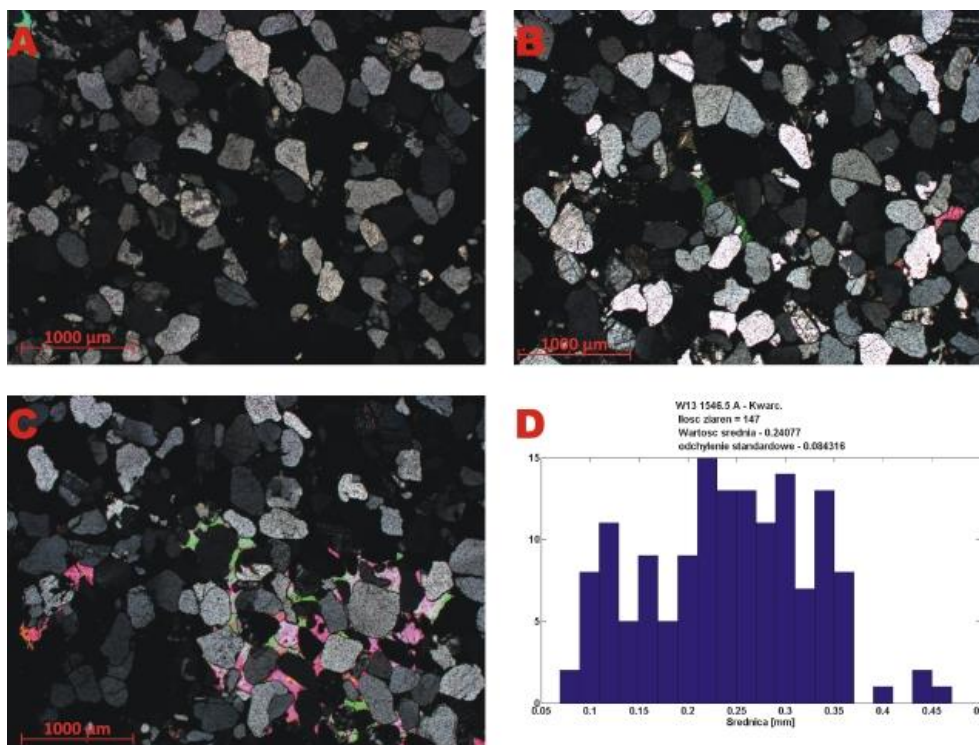


Fig. 1.1.14_125 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1546,5 (część A) oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_99 Wyniki uzyskane dla preparatu W13-1546,5A

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	46	0,2289	0,0873
B (Kwarc)	50	0,2547	0,0735
C (Kwarc)	51	0,2378	0,0910
Razem Kwarc	147	0,2408	0,0843
Skalenie	7	0,2818	0,0719

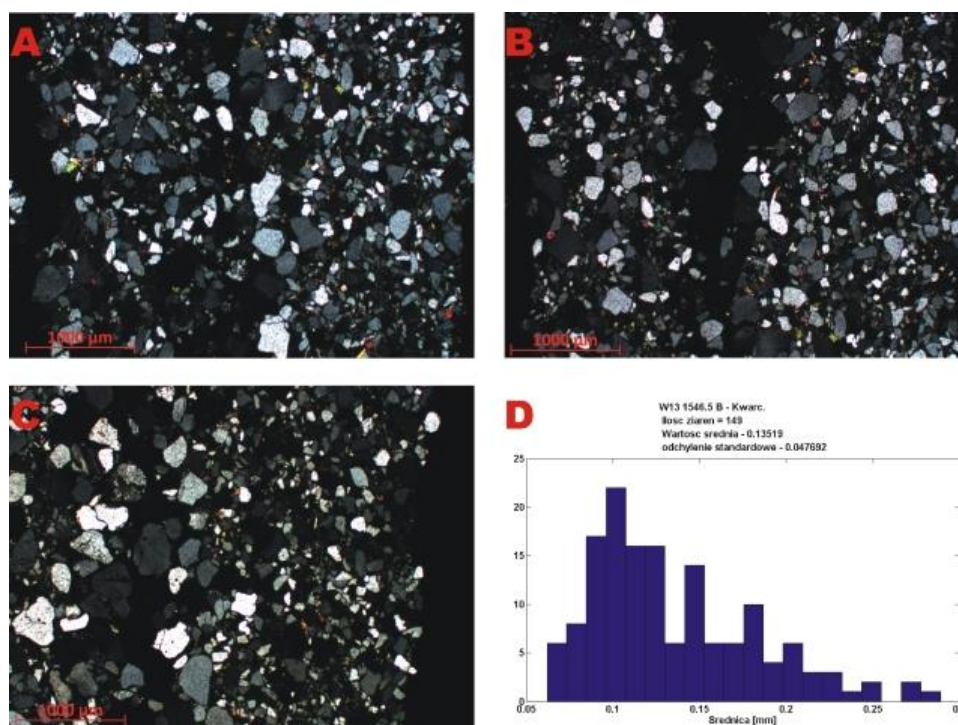


Fig. 1.1.14_126 A-C) Analizowane zdjęcia preparatu W12-1546,5 (część B) oraz D) uzyskany na ich podstawie zbiorczy histogram kwarcu

Tab. 1.1.14_100 Wyniki uzyskane dla preparatu W13-1546,5B

Miejsce	Ilość	Średnica [mm]	Odchylenie std
A (Kwarc)	55	0,1380	0,0518
B (Kwarc)	51	0,1443	0,0508

C (Kwarc)	43	0,1208	0,0341
Razem Kwarc	149	0,1352	0,0477
Skalenie	Ze względu na zbyt małą wielkość ziaren detekcji nie przeprowadzono		

Modelowanie geochemiczne na podstawie danych z próbek otworowych: Wilków 12 i Wilków 13 przy użyciu programu PHREEQC

Przeprowadzono trzy zasadnicze obliczenia reakcji przy użyciu programu PHREEQC (Parkhurst i Appelo, 1999):

1. Obliczono współczynniki nasycenia SI solanek wyjściowych tj. solanek odpowiadających analizowanym utworom występującym na danej głębokości. Współczynnik nasycenia SI obliczony został względem powszechnych minerałów skałotwórczych i soli nieorganicznych w celu określenia tendencji do wytrącania się określonych faz mineralnych z analizowanych roztworów.
2. Symulację przemian i reakcji zachodzących w wyniku oddziaływania na dane solanki samego CO₂ w warunkach podwyższonego ciśnienia i temperatury tj. w warunkach odpowiadających warunkom złożowym.
3. Symulację przemian i reakcji zachodzących w wyniku oddziaływania na analizowane solanki CO₂ w obecności wytypowanych do modelowania skał.

Z uwagi na powtarzalność wyników charakterystyki piaskowców i anhydrytów do modelowania wykorzystano uogólniony skład mineralogiczny próbek anhydrytowych i piaskowcowych.

Do modelowania wykorzystane zostały dane dotyczące parametrów fizykochemicznych solanki określone dla otworu Wilków 12 z głębokości 1534,0 m oraz solanki określonej dla otworu Wilków 13 z głębokości 1330,0 m. Parametry solanek zestawiono w **Tab. 1.1.14_101**.

Generalnie w modelowaniu reakcji w wodach solankowych wykorzystuje się bazę danych Pitzera (Motyliński, 2007) niemniej jednak przy małym zasoleniu powinno się stosować bazę danych dla wód słodkich (Maneck, 2009). Dlatego też w modelowaniu wykorzystano najbardziej rozwiniętą bazę danych Ilnl.dat.

Tab. 1.1.14_101 Parametry fizykochemiczne solanek użytych do modelowania

Wilków 12		Wilków 13
Wiek	Czerwony spągowiec	Dolomit główny
Cl mg/l	181,69	120,56
HCO ₃ ⁻ mg/l	Nie oznaczono	Nie oznaczono
Ca mg/l	2,00	5,26
Na mg/l	Obliczone 117,71	Obliczone 78,22
Mg mg/l	Ślady (przyjęto 0,2)	0,91
gęstość g/cm ³	1,251	1,115

W modelowaniu przyjęto następujące parametry złożowe: P = 15,97 MPa, T = 51,85°C.

Współczynniki nasycenia SI dla solanek wyjściowych

Współczynnik nasycenia SI definiowany jest jako logarytm ilorazu z iloczynu jonowego IAP podzielonego przez stałą rozpuszczalności K_{sp} :

$$SI = \log(IAP/K_{sp})$$

W przypadku, gdy współczynniki SI = 0 roztwór znajduje się w stanie nasycenia. Z uwagi na ograniczenia wynikające z nieznanymi dokładnymi danymi termodynamicznymi dla poszczególnych minerałów przyjmuje się często, że współczynnik SI w stanie nasycenia wynosi SI = 0 ± 1, natomiast SI > 1 wskazuje na stan przesylenia, a SI < 1 stan niedosycenia. Stan przesylenia oznacza, że stężenia jonów występujących w analizowanym roztworze są na tyle wysokie, że przekroczony został iloczyn rozpuszczalności i może mieć miejsce wytrącenie się w roztworze danej substancji. Natomiast stan niedosycenia względem określonej fazy mineralnej lub związku chemicznego w roztworze oznacza, że jeśli dana substancja znajdzie się na kontakcie z roztworem może ona ulec rozpuszczeniu. Jednak czy proces wytrącania lub rozpuszczania będzie miał miejsce w rzeczywistości, obarczone to jest w głównej mierze ograniczeniami kinetycznymi. Znaczący to, że prędkość krystalizacji bądź rozpuszczania może być w praktyce na tyle mała, że układ pozostanie w stanie metatrwałym (Maneck, 2009).

Współczynniki nasycenia dla solanki z otworu Wilków 12

W pierwszej części modelowania (Tab. 1.1.14_102) zdefiniowano skład roztworu wyjściowego tj. gęstość oraz stężenia poszczególnych jonów w mg/l. Zadano również przybliżoną temperaturę odpowiednią dla głębokości na jakiej występują solanka i analizowane utwory.

Tab. 1.1.14_102 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Wilków 12 wykorzystanej do modelowania geochemicznego

```
TITLE  SI solanki początkowej Wilków 12
      #Specjacja w 51.85 stopniach

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      temp      51.85
      density  1.251
      units    g/L

Cl          181.69
Na          117.71 charge
Ca           2.0
Mg           0.2

SELECTED_OUTPUT
      -file specjacja i model solanki początkowej Wilkow12.sel
      -tot Cl Ca Mg Na
      -SI Calcite Aragonite Dolomite

END
```

Z uwagi na bardzo ubogą ilość dostępnych danych (szczególnie brak informacji na temat udziału wodorowęglanów) udział kationów sodu Na⁺ musiał być obliczony z bilansów jonowych, co wpłynęło na

obniżenie wiarygodności wyników. Również informacje dotyczące ilości jonów Mg^{+2} podane jako śladowe są mało precyzyjne, dlatego też przyjęto wartość 0,2 g/L.

Tak przygotowane dane do modelowania pozwoliły określić wobec jakich faz mineralnych roztwór jest nasycony, a wobec jakich jest niedosycony.

Z analizy wyników przedstawionych w **Tab. 1.1.14_103**, wynika że pH analizowanej solanki wynosi 7. Z uwagi na to że udział kationów sodu był obliczany błąd analizy wynosi zero. Wartość siły jonowej jest mniejsza niż $0,5 \text{ mol/dm}^3$ co wskazuje, że baza danych llnl.dat została dobrze dopasowana do tego typu modelowania.

Tab. 1.1.14_103 Fragment wyniku modelowania hydrogeochemicznego współczynników nasycenia SI solanki wsadowej z otworu Wilków 12

```

-----
Beginning of initial solution calculations.
-----

-----Solution composition-----

Elements          Molality          Moles
Ca                 5.256e-02        5.256e-02
Cl                 5.398e+00        5.398e+00
Mg                 8.667e-03        8.667e-03
Na                 5.276e+00        5.276e+00   Charge balance

-----Description of solution-----

pH = 7.000
pe = 4.000
Activity of water = 0.844
Ionic strength = 3.894e+00
Mass of water (kg) = 1.000e+00
Total alkalinity (eq/kg) = 7.914e-07
Total carbon (mol/kg) = 0.000e+00
Total CO2 (mol/kg) = 0.000e+00
Temperature (deg C) = 51.850
Electrical balance (eq) = 4.305e-10
Percent error, 100*(Cat-|An|)/(Cat+|An|) = 0.00
Iterations = 8

Total H = 1.110507e+02
Total O = 5.552533e+01

-----Saturation indices-----

Phase              SI log IAP   log KT
Antarcticite      -5.88   -1.79   4.09   CaCl2:6H2O
Bischofite        -6.89   -2.49   4.39   MgCl2:6H2O
Brucite           -3.68   11.01   14.69   Mg(OH)2
Ca                -98.54   29.37   127.91   Ca
Ca(g)             -121.21   29.37   150.58   Ca
Ca2Cl2(OH)2:H2O  -15.99   10.30   26.29   Ca2C12(OH)2:H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O -35.48   32.85   68.33   Ca4C12(OH)6:13H2O
Chloromagnesite  -21.52   -2.05   19.47   MgCl2
Cl2(g)            -32.89   -30.72   2.18   Cl2
H2(g)             -21.43   -24.57   -3.14   H2
H2O(g)            -1.03   -0.07   0.95   H2O
Halite            -0.75   0.85   1.60   NaCl
HCl(g)            -11.81   -6.60   5.20   HCl
Hydrophilite     -11.86   -1.34   10.52   CaCl2
Ice               -0.32   -0.07   0.25   H2O
Lime              -17.98   11.79   29.77   CaO
Mg                -83.06   28.66   111.72   Mg

```

Mg (g)	-100.66	28.66	129.32	Mg
MgCl2:2H2O	-13.56	-2.20	11.36	MgCl2:2H2O
MgCl2:4H2O	-8.98	-2.35	6.63	MgCl2:4H2O
MgCl2:H2O	-16.43	-2.13	14.30	MgCl2:H2O
MgOHCl	-9.68	4.48	14.15	MgOHCl
Na	-45.67	16.21	61.87	Na
Na (g)	-57.60	16.21	73.81	Na
Na2O	-47.52	14.83	62.35	Na2O
O2 (g)	-32.13	-35.16	-3.04	O2
Oxychloride-Mg	-10.64	15.19	25.83	Mg2Cl(OH)3:4H2O
Periclase	-8.08	11.08	19.16	MgO
Portlandite	-8.98	11.72	20.69	Ca(OH)2
Tachyhydrite	-23.48	-6.33	17.14	Mg2CaCl6:12H2O

End of simulation.

Z analizy wyników modelowania wynika, że roztwór wyjściowy tj. przed reagowaniem ze skałą czy CO₂ jest nasycony halitem (SI=-0,75). Taka analiza związana może być po prostu z ubogą ilością dostępnych danych dotyczących składu chemicznego solanki oraz wyliczonym udziałem Na⁺, co może powodować błędy w dalszych rozważaniach.

Współczynniki nasycenia dla solanki z otworu Wilków 13

Dla solanki pobranej z otworu Wilków 13 przeprowadzono analogiczne modelowanie solanki wyjściowej. Gdzie w danych wyjściowych (**Tab. 1.1.14_104**) wprowadzono dane dla solanki z otworu Wilków 13 oraz parametry złożowe występujące na głębokości odpowiadającej analizowanym w tym modelowaniu próbkom skalnym.

Tab. 1.1.14_104 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Wilków 13 wykorzystanej do modelowania geochemicznego

```

TITLE  SI jurajskiej solanki początkowej Wilków 13
      #Specjacja w 51.85 stopniach

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      temp      51.85
      density 1.115
      units     g/L

Cl                120.56
Na                78.22 charge
Ca                5.26
Mg                0.91

SELECTED_OUTPUT
      -file specjacja i model solanki początkowej Wilkow13.sel
      -tot Cl Na Ca Mg
      -SI Calcite Aragonite Dolomite

END

```

Tab. 1.1.14_105 Fragment wyniku modelowania hydrogeochemicznego współczynników nasylenia SI solanki wsadowej z otworu Wilków 13.

```

-----
Beginning of initial solution calculations.
-----

-----Solution composition-----

Elements          Molality          Moles
Ca                 1.442e-01        1.442e-01
Cl                 3.737e+00        3.737e+00
Mg                 4.114e-02        4.114e-02
Na                 3.366e+00        3.366e+00  Charge balance

-----Description of solution-----

pH = 7.000
pe = 4.000
Activity of water = 0.890
Ionic strength = 3.081e+00
Mass of water (kg) = 1.000e+00
Total alkalinity (eq/kg) = 8.333e-07
Total carbon (mol/kg) = 0.000e+00
Total CO2 (mol/kg) = 0.000e+00
Temperature (deg C) = 51.850
Electrical balance (eq) = 8.005e-10
Percent error, 100*(Cat-|An|)/(Cat+|An|) = 0.00
Iterations = 8
Total H = 1.110507e+02
Total O = 5.552533e+01

-----Saturation indices-----

Phase            SI log IAP  log KT
Antarcticite     -5.53      -1.44      4.09      CaCl2:6H2O
Bischofite       -6.31      -1.92      4.39      MgCl2:6H2O
Brucite          -2.92      11.77      14.69     Mg(OH)2
Ca               -98.06     29.86     127.91    Ca
Ca(g)            -120.73    29.86     150.58    Ca
Ca2Cl2(OH)2:H2O -15.23     11.06     26.29     Ca2Cl2(OH)2:H2O
Ca4Cl2(OH)6:13H2O -33.39     34.94     68.33     Ca4Cl2(OH)6:13H2O
Chloromagnesite -21.09     -1.62     19.47     MgCl2
Cl2(g)           -33.17     -30.99     2.18      Cl2
H2(g)            -21.43     -24.57     -3.14     H2
H2O(g)           -1.01     -0.05     0.95      H2O
Halite           -1.07     0.53      1.60      NaCl
HCl(g)           -11.94     -6.74     5.20      HCl
Hydrophilite    -11.65     -1.14     10.52     CaCl2
Ice              -0.30     -0.05     0.25      H2O
Lime             -17.47     12.30     29.77     CaO
Mg               -82.35     29.38     111.72    Mg
Mg(g)            -99.95     29.38     129.32    Mg
MgCl2:2H2O       -13.08     -1.72     11.36     MgCl2:2H2O
MgCl2:4H2O       -8.45     -1.82     6.63      MgCl2:4H2O
MgCl2:H2O        -15.97     -1.67     14.30     MgCl2:H2O
MgOHCl          -9.08     5.07      14.15     MgOHCl
Na               -45.85     16.03     61.87     Na
Na(g)            -57.78     16.03     73.81     Na
Na2O             -47.86     14.49     62.35     Na2O
O2(g)            -32.08     -35.12     -3.04     O2
Oxychloride-Mg  -9.19     16.64     25.83     Mg2Cl(OH)3:4H2O
Periclase        -7.34     11.82     19.16     MgO
Portlandite      -8.45     12.25     20.69     Ca(OH)2
Tachyhydrite    -22.12     -4.98     17.14     Mg2CaCl6:12H2O

-----
End of simulation.
-----

```

Analiza wyników pokazuje że w przypadku solanki z otworu Wilków 13 pH roztworu również wynosi 7. Tu również błąd analizy wynosi 0% ponieważ udział sodu liczony był z bilansu jonowego. Wartość siły jonowej również jest niska co potwierdza właściwy dobór bazy danych Inl.dat.

W tym przypadku podobnie jak dla solanki z otworu Wilków 12 stopień nasycenia solanki poszczególnymi fazami mineralnymi jest mało wiarygodny. Z analizy wynika, że jest bliska nasyceniu halitem (SI=-1,07).

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solanki

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solankę z otworu Wilków 12

Przeprowadzono również symulację oddziaływania samego dwutlenku węgla na solankę z otworu Wilków 12. Dane wsadowe przedstawia **Tab 1.1.14_106**.

Tab. 1.1.14_106 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Wilków 12 wykorzystanej do modelowania geochemicznego po przereagowaniu z dwutlenkiem węgla

```
TITLE  SI solanki początkowej Wilków 12
      #Specjacja w 51.85 stopniach

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      temp    51.85
      density 1.251
      units   g/L

Cl          181.69
Na          117.71 charge
Ca          2.0
Mg          0.2

EQUILIBRIUM_PHASES 1
CO2(g) 2.2033 10000 #159,7 atm i 10 tys moli CO2 do dyspozycji w reakcji

END
```

W celu określenia wpływu CO₂ na solankę wyniki modelowania zestawiono w porównaniu z modelowaniem faz mineralnych w solance wyjściowej. Wyniki te przedstawia **Tab. 1.1.14_107**.

Tab. 1.1.14_107 Porównanie charakterystyki roztworów i współczynników nasycenia dla solanki wsadowej z otworu Wilków 12 i po przereagowaniu jej z dwutlenkiem węgla

-----Solution composition-----			-----Phase assemblage-----						
Elements	Molality	Moles	Phase	SI	log IAP	log KT	Initial	Final	Delta
Ca	5.256e-02	5.256e-02	CO2(g)	2.20	-5.80	-8.01	1.000e+04	9.999e+03	-1.448e+00
Cl	5.398e+00	5.398e+00							
Mg	8.667e-03	8.667e-03							
Na	5.276e+00	5.276e+00							
Charge balance									
-----Description of solution-----			-----Description of solution-----						
pH =	7.000		pH =	2.735	Charge balance				
pe =	4.000		pe =	13.434	Adjusted to redox equilibrium				
Activity of water =	0.844		Activity of water =	0.819					
Ionic strength =	3.894e+00		Ionic strength =	3.894e+00					
Mass of water (kg) =	1.000e+00		Mass of water (kg) =	9.999e-01					
Total alkalinity (eq/kg) =	7.914e-07		Total alkalinity (eq/kg) =	7.914e-07					
Total carbon (mol/kg) =	0.000e+00		Total CO2 (mol/kg) =	1.448e+00					
Total CO2 (mol/kg) =	0.000e+00		Temperature (deg C) =	51.850					
Temperature (deg C) =	51.850		Electrical balance (eq) =	5.447e-10					
Electrical balance (eq) =	4.305e-10		Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) =	0.00					
Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) =	0.00		Iterations =	13					
Iterations =	8		Total H =	1.110507e+02					
Total H =	1.110507e+02		Total O =	5.842197e+01					
Total O =	5.552533e+01								
-----Saturation indices-----			-----Saturation indices-----						

Phase	SI	log IAP	log KT		Phase	SI	log IAP	log KT	
Antarcticite	-5.88	-1.79	4.09	CaCl ₂ :6H ₂ O	Antarcticite	-5.96	-1.86	4.09	CaCl ₂ :6H ₂ O
Bischofite	-6.89	-2.49	4.39	MgCl ₂ :6H ₂ O	Aragonite	-4.13	-2.56	1.58	CaCO ₃
Brucite	-3.68	11.01	14.69	Mg(OH) ₂	Artinite	-18.83	-1.07	17.76	Mg ₂ CO ₃ (OH) ₂ :3H ₂ O
Ca	-98.54	29.37	127.91	Ca	Bischofite	-6.96	-2.57	4.39	MgCl ₂ :6H ₂ O
Ca (g)	-121.21	29.37	150.58	Ca	Brucite	-12.24	2.45	14.69	Mg(OH) ₂
Ca ₂ Cl ₂ (OH) ₂ :H ₂ O	-15.99	10.30	26.29		C	-49.71	8.71	58.42	C
Ca ₂ Cl ₂ (OH) ₂ :H ₂ O					C (g)	-156.95	8.71	165.67	C
Ca ₄ Cl ₂ (OH) ₆ :13H ₂ O	-35.48	32.85	68.33		Ca	-117.41	10.50	127.91	Ca
Ca ₄ Cl ₂ (OH) ₆ :13H ₂ O					Ca (g)	-140.08	10.50	150.58	Ca
Chloromagnesite	-21.52	-2.05	19.47	MgCl ₂	Ca ₂ Cl ₂ (OH) ₂ :H ₂ O	-24.56	1.73	26.29	Ca ₂ Cl ₂ (OH) ₂ :H ₂ O
Cl ₂ (g)	-32.89	-30.72	2.18	Cl ₂	Ca ₄ Cl ₂ (OH) ₆ :13H ₂ O	-61.32	7.01	68.33	Ca ₄ Cl ₂ (OH) ₆ :13H ₂ O
H ₂ (g)	-21.43	-24.57	-3.14	H ₂	Ca ₄ Cl ₂ (OH) ₆ :13H ₂ O				
H ₂ O (g)	-1.03	-0.07	0.95	H ₂ O	Calcite	-3.99	-2.56	1.43	CaCO ₃
Halite	-0.75	0.85	1.60	NaCl	CH ₄ (g)	-105.44	-108.43	-3.00	CH ₄
HCl (g)	-11.81	-6.60	5.20	HCl	Chloromagnesite	-21.52	-2.05	19.47	MgCl ₂
Hydrophilite	-11.86	-1.34	10.52	CaCl ₂	Cl ₂ (g)	-14.02	-11.85	2.18	Cl ₂
Ice	-0.32	-0.07	0.25	H ₂ O	CO (g)	-33.02	-36.14	-3.12	CO
Lime	-17.98	11.79	29.77	CaO	CO ₂ (g)	2.20	-5.80	-8.01	CO ₂
Mg	-83.06	28.66	111.72	Mg	Dolomite	-7.39	-5.82	1.57	CaMg(CO ₃) ₂
Mg (g)	-100.66	28.66	129.32	Mg	Dolomite-dis	-8.75	-5.82	2.93	CaMg(CO ₃) ₂
MgCl ₂ :2H ₂ O	-13.56	-2.20	11.36	MgCl ₂ :2H ₂ O	Dolomite-ord	-7.38	-5.82	1.56	CaMg(CO ₃) ₂
MgCl ₂ :4H ₂ O	-8.98	-2.35	6.63	MgCl ₂ :4H ₂ O	Gaylussite	-13.67	-2.51	11.16	CaNa ₂ (CO ₃) ₂ :5H ₂ O
MgCl ₂ :H ₂ O	-16.43	-2.13	14.30	MgCl ₂ :H ₂ O	H ₂ (g)	-31.77	-34.90	-3.14	H ₂
MgOHCl	-9.68	4.48	14.15	MgOHCl	H ₂ O (g)	-1.04	-0.09	0.95	H ₂ O
Na	-45.67	16.21	61.87	Na	Halite	-0.75	0.85	1.60	NaCl
Na (g)	-57.60	16.21	73.81	Na	HCl (g)	-7.54	-2.34	5.20	HCl
Na ₂ O	-47.52	14.83	62.35	Na ₂ O	Huntite	-20.03	-12.35	7.68	CaMg ₃ (CO ₃) ₄
O ₂ (g)	-32.13	-35.16	-3.04	O ₂	Hydromagnesite	-37.32	-10.96	26.36	Mg ₅ (CO ₃) ₄ (OH) ₂ :4H ₂ O
Oxychloride-Mg	-10.64	15.19	25.83		Hydrophilite	-11.86	-1.34	10.52	CaCl ₂
Mg ₂ Cl(OH) ₃ :4H ₂ O					Ice	-0.34	-0.09	0.25	H ₂ O
Periclase	-8.08	11.08	19.16	MgO	Lansfordite	-8.54	-3.70	4.84	MgCO ₃ :5H ₂ O
Portlandite	-8.98	11.72	20.69	Ca(OH) ₂	Lime	-26.52	3.25	29.77	CaO
Tachyhydrite	-23.48	-6.33	17.14		Magnesite	-4.88	-3.26	1.62	MgCO ₃
Mg ₂ CaCl ₆ :12H ₂ O					Mg	-101.93	9.79	111.72	Mg

End of simulation.	Mg (g)	-119.53	9.79	129.32	Mg
-----	MgCl2:2H2O	-13.59	-2.23	11.36	MgCl2:2H2O
	MgCl2:4H2O	-9.03	-2.40	6.63	MgCl2:4H2O
	MgCl2:H2O	-16.44	-2.14	14.30	MgCl2:H2O
	MgOHCl	-13.96	0.20	14.15	MgOHCl
	Monohydrocalcite	-5.03	-2.64	2.39	CaCO3:H2O
	Na	-55.10	6.77	61.87	Na
	Na (g)	-67.04	6.77	73.81	Na
	Na2CO3	-10.10	0.48	10.58	Na2CO3
	Na2CO3:7H2O	-10.58	-0.12	10.45	Na2CO3:7H2O
	Na2O	-56.07	6.28	62.35	Na2O
	Nahcolite	-2.80	-2.70	0.10	NaHCO3
	Natron	-10.75	-0.38	10.37	Na2CO3:10H2O
	Nesquehonite	-8.32	-3.52	4.80	MgCO3:3H2O
	O2 (g)	-11.48	-14.51	-3.04	O2
	Oxychloride-Mg	-23.53	2.30	25.83	Mg2Cl(OH)3:4H2O
	Periclase	-16.62	2.54	19.16	MgO
	Pirssonite	-13.57	-2.25	11.32	Na2Ca(CO3)2:2H2O
	Portlandite	-17.53	3.16	20.69	Ca(OH)2
	Tachyhydrite	-23.63	-6.49	17.14	Mg2CaCl6:12H2O
	Thermonatrite	-10.15	0.40	10.54	Na2CO3:H2O

	End of simulation.				

Z uwagi na to, że jako dane wsadowe posłużyły ubogie informacje dotyczące składu chemicznego solanki (brak informacji na temat udziału wodorowęglanów, które są istotne w formowaniu się i wytrącaniu węglanowych faz mineralnych, które najszybciej formują się w tego typu reakcjach) wyniki analiz współczynników nasycenia poszczególnych faz mineralnych powinny być traktowane z dużym przybliżeniem. Z analizy tabeli wynika, że CO₂ wpłynie na pojawienie się potencjalnych nowych faz mineralnych niemniej jednak współczynnik nasycenia tych faz jest poniżej 1, w związku z czym nie będzie miało miejsca zjawisko wytrącania się minerałów. Współczynnik nasycenia dla halitu pozostał bez zmian. Również z modelowania widoczne jest, że solanka po przereagowaniu z CO₂ zmieni swój odczyn na bardziej kwasowy i pH spadnie do wartości 2,735.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na solankę z otworu Wilków 13

W podobny sposób przeprowadzono analizę wpływu CO₂ na solankę z otworu Wilków 13, gdzie wyniki modelowania w porównaniu do wyników solanki wyjściowej zestawiono w **Tab. 1.1.14_109**. Dane wyjściowe przedstawia **Tab. 1.1.14_108**.

Tab. 1.1.14_108 Algorytm modelu hydrogeochemicznego do obliczenia współczynników nasycenia SI solanki z otworu Wilków 13 wykorzystanej do modelowania geochemicznego po przereagowaniu z dwutlenkiem węgla

```

TITLE  SI jurajskiej solanki początkowej Wilków 13
      #Specjacja w 51.85 stopniach

SOLUTION 1 solanka wyjściowa

      temp    51.85
      density 1.115
      units   g/L

Cl          120.56
Na          78.22 charge
Ca          5.26
Mg          0.91

EQUILIBRIUM_PHASES 1
CO2(g) 2.2033 10000 #159,7 atm i 10 tys moli CO2 do dyspozycji w reakcji

END
    
```

Tab. 1.1.14_109 Porównanie charakterystyki roztworów i współczynników nasycenia dla solanki wsadowej z otworu Wilków 13 i po przereagowaniu jej z dwutlenkiem węgla

-----Solution composition-----			-----Phase assemblage-----						
Elements	Molality	Moles	Phase	SI	log IAP	log KT	Initial	Final	Delta
Ca	1.442e-01	1.442e-01	CO2(g)	2.20	-5.80	-8.01	1.000e+04	9.998e+03	-1.671e+00
Cl	3.737e+00	3.737e+00							
Mg	4.114e-02	4.114e-02							
Na	3.366e+00	3.366e+00							
Charge balance									
-----Solution composition-----			-----Solution composition-----						
Elements	Molality	Moles	Elements	Molality	Moles				
Ca	1.442e-01	1.442e-01	C	1.671e+00	1.671e+00				
Cl	3.737e+00	3.737e+00	Ca	1.442e-01	1.442e-01				
Mg	4.114e-02	4.114e-02	Cl	3.737e+00	3.737e+00				
Na	3.366e+00	3.366e+00	Mg	4.114e-02	4.114e-02				
			Na	3.366e+00	3.366e+00				

-----Description of solution-----					-----Description of solution-----				
pH =	7.000				pH =	2.733	Charge balance		
pe =	4.000				pe =	13.349	Adjusted to redox equilibrium		
Activity of water =	0.890				Activity of water =	0.861			
Ionic strength =	3.081e+00				Ionic strength =	3.082e+00			
Mass of water (kg) =	1.000e+00				Mass of water (kg) =	1.000e+00			
Total alkalinity (eq/kg) =	8.333e-07				Total alkalinity (eq/kg) =	8.334e-07			
Total carbon (mol/kg) =	0.000e+00				Total CO2 (mol/kg) =	1.671e+00			
Total CO2 (mol/kg) =	0.000e+00				Temperature (deg C) =	51.850			
Temperature (deg C) =	51.850				Electrical balance (eq) =	8.090e-10			
Electrical balance (eq) =	8.005e-10				Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) =	0.00			
Percent error, 100*(Cat- An)/(Cat+ An) =	0.00				Iterations =	13			
Iterations =	8				Total H =	1.110507e+02			
Total H =	1.110507e+02				Total O =	5.886684e+01			
Total O =	5.552533e+01								
-----Saturation indices-----					-----Saturation indices-----				
Phase	SI	log IAP	log KT		Phase	SI	log IAP	log KT	
Antarcticite	-5.53	-1.44	4.09	CaCl2:6H2O	Antarcticite	-5.62	-1.53	4.09	CaCl2:6H2O
Bischofite	-6.31	-1.92	4.39	MgCl2:6H2O	Aragonite	-3.63	-2.05	1.58	CaCO3
Brucite	-2.92	11.77	14.69	Mg(OH)2	Artinite	-17.28	0.47	17.76	Mg2CO3(OH)2:3H2O
Ca	-98.06	29.86	127.91	Ca	Bischofite	-6.40	-2.01	4.39	MgCl2:6H2O
Ca(g)	-120.73	29.86	150.58	Ca	Brucite	-11.49	3.20	14.69	Mg(OH)2
Ca2Cl2(OH)2:H2O	-15.23	11.06	26.29		C	-49.40	9.02	58.42	C
Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-33.39	34.94	68.33		C(g)	-156.65	9.02	165.67	C
Chloromagnesite	-21.09	-1.62	19.47	MgCl2	Ca	-116.75	11.16	127.91	Ca
Cl2(g)	-33.17	-30.99	2.18	Cl2	Ca(g)	-139.43	11.16	150.58	Ca
H2(g)	-21.43	-24.57	-3.14	H2	Ca2Cl2(OH)2:H2O	-23.81	2.48	26.29	
H2O(g)	-1.01	-0.05	0.95	H2O	Ca4Cl2(OH)6:13H2O	-59.26	9.07	68.33	
Halite	-1.07	0.53	1.60	NaCl	Calcite	-3.49	-2.05	1.43	CaCO3
HCl(g)	-11.94	-6.74	5.20	HCl	CH4(g)	-104.79	-107.78	-3.00	CH4
Hydrophilite	-11.65	-1.14	10.52	CaCl2	Chloromagnesite	-21.09	-1.62	19.47	MgCl2
					Cl2(g)	-14.47	-12.29	2.18	Cl2

Ice	-0.30	-0.05	0.25	H2O	CO (g)	-32.87	-35.99	-3.12	CO
Lime	-17.47	12.30	29.77	CaO	CO2 (g)	2.20	-5.80	-8.01	CO2
Mg	-82.35	29.38	111.72	Mg	Dolomite	-6.16	-4.59	1.57	CaMg (CO3) 2
Mg (g)	-99.95	29.38	129.32	Mg	Dolomite-dis	-7.52	-4.59	2.93	CaMg (CO3) 2
MgCl2:2H2O	-13.08	-1.72	11.36	MgCl2:2H2O	Dolomite-ord	-6.15	-4.59	1.56	CaMg (CO3) 2
MgCl2:4H2O	-8.45	-1.82	6.63	MgCl2:4H2O	Gaylussite	-13.40	-2.24	11.16	
MgCl2:H2O	-15.97	-1.67	14.30	MgCl2:H2O	CaNa2 (CO3) 2:5H2O				
MgOHCl	-9.08	5.07	14.15	MgOHCl	H2 (g)	-31.59	-34.73	-3.14	H2
Na	-45.85	16.03	61.87	Na	H2O (g)	-1.02	-0.06	0.95	H2O
Na (g)	-57.78	16.03	73.81	Na	Halite	-1.07	0.53	1.60	NaCl
Na2O	-47.86	14.49	62.35	Na2O	HCl (g)	-7.68	-2.47	5.20	HCl
O2 (g)	-32.08	-35.12	-3.04	O2	Huntite	-17.34	-9.66	7.68	CaMg3 (CO3) 4
Oxychloride-Mg Mg2Cl (OH) 3:4H2O	-9.19	16.64	25.83		Hydromagnesite	-33.56	-7.20	26.36	
Periclase	-7.34	11.82	19.16	MgO	Mg5 (CO3) 4 (OH) 2:4H2O				
Portlandite	-8.45	12.25	20.69	Ca (OH) 2	Hydrophilite	-11.65	-1.14	10.52	CaCl2
Tachyhydrite Mg2CaCl6:12H2O	-22.12	-4.98	17.14		Ice	-0.31	-0.06	0.25	H2O
-----					Lansfordite	-7.70	-2.86	4.84	MgCO3:5H2O
End of simulation.					Lime	-26.02	3.75	29.77	CaO
-----					Magnesite	-4.15	-2.53	1.62	MgCO3
					Mg	-101.05	10.68	111.72	Mg
					Mg (g)	-118.65	10.68	129.32	Mg
					MgCl2:2H2O	-13.11	-1.75	11.36	MgCl2:2H2O
					MgCl2:4H2O	-8.51	-1.88	6.63	MgCl2:4H2O
					MgCl2:H2O	-15.99	-1.68	14.30	MgCl2:H2O
					MgOHCl	-13.36	0.79	14.15	MgOHCl
					Monohydrocalcite	-4.51	-2.12	2.39	CaCO3:H2O
					Na	-55.20	6.68	61.87	Na
					Na (g)	-67.13	6.68	73.81	Na
					Na2CO3	-10.44	0.14	10.58	Na2CO3
					Na2CO3:7H2O	-10.77	-0.31	10.45	Na2CO3:7H2O
					Na2O	-56.41	5.94	62.35	Na2O
					Nahcolite	-2.96	-2.86	0.10	NaHCO3
					Natron	-10.88	-0.51	10.37	Na2CO3:10H2O
					Nesquehonite	-7.52	-2.73	4.80	MgCO3:3H2O
					O2 (g)	-11.78	-14.82	-3.04	O2
					Oxychloride-Mg Mg2Cl (OH) 3:4H2O	-22.10	3.73	25.83	
					Periclase	-15.89	3.27	19.16	MgO

Pirssonite	-13.37	-2.04	11.32	
Na ₂ Ca(CO ₃) ₂ ·2H ₂ O				
Portlandite	-17.01	3.68	20.69	Ca(OH) ₂
Tachyhydrite	-22.29	-5.15	17.14	
Mg ₂ CaCl ₆ ·12H ₂ O				
Thermonatrite	-10.46	0.08	10.54	Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O

End of simulation.				

Z analizy tabeli wynika, że CO₂ spowoduje pojawienie się potencjalnych nowych faz mineralnych niemniej jednak współczynnik nasycenia tych faz ma wartość ujemną, w związku z czym nie będzie miało miejsca zjawisko wytrącania się minerałów. Również z modelowania widoczne jest, że solanka po przereagowaniu z CO₂ zmieni swój odczyn na bardziej kwasowy i pH spadnie do wartości 2,733.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały w obecności solanki

Z uwagi na bardzo zbliżony skład mineralny wszystkich analizowanych skał anhydrytowych oraz skał piaskowcowych do modelowania przyjęto ogólny model geochemiczny osobny dla skał nadkładu i osobny dla skał zbiornikowych.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały anhydrytowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Wilków 12.

Po przereagowaniu skały, solanki i dwutlenku węgla w modelu obserwuje się wzrost pH z 2,735 na 4,474 co sugeruje na wzrost jonów odpowiedzialnych za wzrost pH roztworu. Spowodowane jest to kontaktem, a co za tym idzie rozpuszczaniem minerałów głównie zawierających jony odpowiedzialne za środowisko zasadowe m.in. jony OH⁻, które mogą pochodzić z gipsu. Współczynnik nasycenia SI bliski jedności występuje w przypadku kalcytu, aragonitu i gipsu, natomiast współczynnik nasycenia SI >1 ma miejsce w przypadku dolomitu. W przypadku udziału faz węglanowych w analizowanej solance obserwuje się znaczny ich wzrost przy reakcji z CO₂ i skałą anhydrytową. Z uwagi na to, że w solance wyjściowej nie były oznaczane udział jonów SO₄²⁻, nie można określić czy udział faz siarczanowych wzrósł istotnie po symulacji oddziaływania skał anhydrytowych z solanką i dwutlenkiem węgla.

Wyniki symulacji oddziaływania CO₂ na skały anhydrytowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Wilków 13.

Po przereagowaniu skały, solanki i dwutlenku węgla w modelu obserwuje się wzrost pH z 2,733 na 4,363 co sugeruje na wzrost jonów odpowiedzialnych za wzrost pH roztworu. Spowodowane jest to kontaktem, a co za tym idzie rozpuszczaniem minerałów głównie siarczanowych (gips, anhydryt) oraz węglanowych (dolomit). Współczynnik nasycenia SI bliski jedności występuje w przypadku kalcytu, aragonitu, gipsu i anhydrytu natomiast, współczynnik nasycenia SI >1 ma miejsce w przypadku dolomitu. Przy czym w

porównaniu ze współczynnikami nasycenia SI dla solanki z otworu Wilków 12 są to wartości niższe. W przypadku udziału faz węglanowych w analizowanej solance obserwuje się znaczny ich wzrost przy reakcji z CO_2 i skałą anhydrytową. Z uwagi na to, że w solance wyjściowej nie był oznaczany udział jonów SO_4^{2-} , nie można określić czy udział faz siarczanowych wzrósł istotnie po symulacji oddziaływania skał anhydrytowych z solanką i dwutlenkiem węgla.

Wyniki symulacji oddziaływania CO_2 na skały piaskowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Wilków 12.

W przypadku modelowania oddziaływania pomiędzy solanką, dwutlenkiem węgla a skałą piaskowcową obserwuje się bardzo duży wzrost pH z wartości 2,735 na 8,950. Uwarunkowane to może być uwalnianiem się grup OH^- z minerałów zawierających w swej budowie jony wodrotlenowe. Z analizy widoczne jest, że roztwór solankowy przesycony jest diasporem (AlOOH), który w dużej mierze może być odpowiedzialny za uwalnianie grup OH^- i podnoszenie pH roztworu. Wzrost udziału faz węglanowych spowodowany jest korozją minerałów m.in. skaleni w środowisku kwasowym oraz uwalnianiem do środowiska jonów sodu, magnezu itp., które w obecności CO_2 formują fazy węglanowe (kalcyt, dolomit). Roztwór również jest nasycony fazą mineralną kwarcu i jego odmianami polimorficznymi.

Ze współczynników nasycenia wynika, że solanka po tego typu reakcjach będzie przesycona grupą minerałów twardych, co jest kontrowersyjnym wynikiem przy takich warunkach termodynamicznych. Korozja skaleni spowodowała również nasycenie roztworu kaolinitem.

Wyniki symulacji oddziaływania CO_2 na skały piaskowcowe w obecności solanki z otworu produkcyjnego Wilków 13.

W przypadku modelowania oddziaływania pomiędzy solanką, dwutlenkiem węgla a skałą piaskowcową obserwuje się bardzo duży wzrost pH z 2,733 na 9,038, który uwarunkowany być może uwalnianiem się grup OH^- . Wyniki modelowania pokazują, że solanka przesycona będzie podobnie jak we wcześniejszym przypadku diasporem oraz serią minerałów krzemianowych np. laumontyt, flogopit, kaolinit itp. zawierających w swojej strukturze grupy OH^- . Obserwuje się również przesylenie roztworu monohydrokalcytem oraz innymi minerałami węglanowymi (kalcyt, dolomit). Ze współczynników nasycenia wynika, że solanka po tego typu reakcjach będzie przesycona liczną grupą faz krzemianowych (zarówno minerały ilaste, jak i pirokseny czy oliwiny) co oczywiście nie jest do końca wiarygodnym wynikiem z uwagi na mały udział w skale minerałów ilastych i skaleni mogących ulegać korozji i rozpuszczaniu.

Podsumowanie

Modelowanie geochemiczne oddziaływania solanka-skała-CO₂ miało na celu określić, w jakim stopniu dwutlenek węgla będzie wywoływał zmiany w środowisku zbiornikowym i nadkładu. Wiadomo, że gaz ten jest kwaśny i stosunkowo łatwo rozpuszcza się w solance powodując tym samym obniżenie jej pH. Takie środowisko wpływa na zaburzenie równowagi kinetycznej. W związku z czym układ termodynamiczny będzie dążył do równowagi poprzez m.in. reakcje (korozje) stałych faz mineralnych występujących w szkielecie ziarnowym i spoiwie skał zbiornikowych i nadkładu, wytrącanie się nowych faz mineralnych pojawiających się w solance w wyniku rozpuszczania się w niej dwutlenku węgla. Tego typu zmiany mogą być niebezpieczne w przypadku planowania procesów zatłaczania, ponieważ wpływają one na zmiany parametrów zbiornikowych takich jak porowatość, przepuszczalność (Puttign... 2001; Xu i in., 2004; Gaus i in., 2005; Manecki, 2009).

Przedstawione w opracowaniu analizy modelowe wykazały, że dwutlenek węgla będzie powodował zmiany w środowisku zbiornikowym poprzez rozpuszczanie się a co za tym idzie wytrącanie nowych faz mineralnych oraz korozję już istniejących (skały zbiornikowe i nadkładu). Jednak analizy te mogą być traktowane jako wstępne i orientacyjne w celu ustalenia reaktywności solanki oraz ingerującego w środowisko złożowe dwutlenku węgla. Wiarygodną informacją uzyskaną z modelowania oddziaływania solnaka-skała-CO₂ jest wytrącanie się takich faz jak chalcedon, kaolinit, illit, kalcyt, syderyt, dolomit, magnezyt itp. (Bjørlykke i in., 1992; Gaus i in., 2005) natomiast pozostałe fazy typu miki, oliwiny, plagioklasy, skalenie itd. powinny być rozpatrywane z dużą ostrożnością.

Ponieważ dane przyjęte do modelowania były okrojone (szczególnie brak informacji na temat udziału jonów wodorowęglanowych i siarczanowych oraz obliczenie udziału Na⁺), a największy wpływ natomiast na rozpuszczanie dwutlenku węgla ma mineralizacja solanki, konieczne były by bardziej szczegółowe informacje na temat objętych modelowaniem solanek.

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy modelowej oraz uzyskania jak najbardziej precyzyjnych i wiarygodnych wyników należałoby przeprowadzić szczegółową analizę fizykochemiczną solanek z uwzględnieniem pełnego zakresu podstawowych jonów tj. sodu, potasu, magnezu, wapnia, chloru, siarczanów, wodorowęglanów oraz określić mineralizację roztworów. Najlepszym rozwiązaniem byłoby przeprowadzenie eksperymentu laboratoryjnego oddziaływania pomiędzy solanką-skałą-CO₂ i uzyskane wyniki wykorzystać do modelowania.

Zebranie informacji dotyczących własności zbiornikowych i filtracyjnych dla obiektu Nosówka (INiG)

(Grzegorz Leśniak, Małgorzata Włodarczyk, Barbara Darlak, Marek Stadtmuller, Konrad Ziemianin)

W ramach realizowanego punktu 1.1.14 projektu zebrano bazę danych petrofizycznych z odwiertów znajdujących się na wyznaczonym obiekcie Nosówka (kolektor węglanowy - obecność węglanów w skałach zbiornikowych polepsza ich własności zbiornikowe w procesie sekwestracji, zaś złoża węglowodorów to doskonałe naturalne pułapki, których nie dotyczą zastrzeżenia odnośnie możliwego niekontrolowanego rozptywu CO₂, jaki może mieć miejsce w poziomach solankowych o kolektorach zbudowanych z węglanów).

Zebrano dane zawierające wykonane analizy porowatości i przepuszczalności na rdzeniach wiertniczych wykonane w ramach realizowanego projektu oraz wyniki analiz przemysłowych wykonane przez laboratoria PGNiG oraz przez INiG w ramach grantów i prac badawczych wykonywanych dla PGNiG.

W **Tab. 1.1.14_110**, **Tab. 1.1.14_112**, **Tab. 1.1.14_115**, **Tab. 1.1.14_116**, **Tab. 1.1.14_119**, **Tab. 1.1.14_120** zamieszczono archiwalne wyniki porowatości dla odwiertów zlokalizowanych na złożu Nosówka. W **Tab. 1.1.14_121** zamieszczono wyniki porowatości i przepuszczalności dla próbek pobranych w ramach bieżącego projektu (Nosówka-2 – 10 pr., Nosówka-4 – 4 pr., Nosówka-5 – 30 pr., Nosówka-6 – 4 pr., Nosówka-7 – 3 pr., Nosówka-8 – 11pr., Nosówka-12 – 22pr.). W **Tab. 1.1.14_111**, **Tab. 1.1.14_113**, **Tab. 1.1.14_114**, **Tab. 1.1.14_117**, **Tab. 1.1.14_116** zamieszczono wyniki pomiarów porowatości i przepuszczalności mikroszczelinowej.

Tab. 1.1.14_110 Wyniki analizy porowatości i przepuszczalności w odwiercie Nosówka-2

L.p.	Marsz [m]	Skrz	Gęstość [g/cm ³]	Porow. [%]	Przep. [mD]
1	1086-1088	II	2,53	4,66	
2	1560-1566	III	2,62	4,95	
3	3248-3251	I	2,66	1,41	
4	3320-3328		2,77	0,09	
5	3320-3328	I	2,76	0,77	
6	3320-3328	II	2,72	0,38	
7	3329-3335	I	2,75	0,09	niep
8	3329-3335	I	2,65	0,1	niep
9	3355-3361	I	2,72	0,24	niep
10	3355-3361	II	2,75	0,35	
11	3355-3361	III	2,77	0,35	

12	3355-3361	IV	2,71	0,47	
13	3355-3361	V	2,76	0,57	roz
14	3355-3361	VI	2,59	4,45	
15	3355-3361	I	2,67	0,15	niep
16	3363-3365	I	2,69	0,25	roz
17	3365-3374	I	2,58	0,45	niep
18	3365-3374	II	2,64	0,34	niep
19	3374-3378	I	2,66	0,18	niep
20	3374-3378	IV	2,67	0,33	niep
21	3378-3384		2,63	0,33	0,1
22	3378-3384	III	2,62	0,25	niep
23	3378-3384	IV	2,62	1,49	roz
24	3378-3384	V	2,62	0,3	roz
25	3378-3384	VI	2,69	0,27	3,48
26	3378-3384	VI	2,68	0,12	niep
27	3390-3399	I	2,69	0,27	niep
28	3390-3399	II	2,65	0,64	niep
29	3390-3399	IV	2,64	0,52	roz
30	3390-3399	V	2,65	0,61	
31	3390-3399	VI	2,64	0,29	
32	3399-3408	I	2,68	0,42	5,69
33	3399-3408	II	2,58	0,82	niep
34	3399-3408	III	2,67	0,38	roz
35	3399-3408	IV	2,62	0,19	niep
36	3399-3408	V	2,66	0,45	niep
37	3399-3408	VI	2,63	1,08	roz
38	3399-3408	VIII	2,52	0,47	niep
39	3399-3408	IX	2,62	0,69	
40	3399-3408	X	2,63	0,15	
41	3408-3415	II	2,62	0,13	2,13
42	3408-3415	III	2,66	0,15	
43	3408-3415	IV	2,64	0,25	niep

44	3408-3415	V	2,62	0,2	
45	3408-3415	VII	2,64	0,16	
46	3415-3422	I	2,67	0,9	1,43
47	3415-3422	II	2,62	0,56	
48	3415-3422	III	2,64	1,02	roz
49	3415-3422	IV	2,65	0,34	

Tab. 1.1.14.111 Wyniki pomiarów mikroszczelinowości w odwiercie Nosówka-2

L.p.	Głębokość [m]	Współcz. szczel. [%]	Współcz. kawernist. [%]	Współcz. mikroszczel. [%]	Suma	Przepuszcz. makroszcz. [mD]	Przepuszcz. mikroszczel. [mD]	Suma [mD]
1	3320	0,52	1,64	0,37	2,53	0,01	3,07	3,08
2	3321	0,24	-	0,27	0,51	0,01	2,24	2,25
3	3322	1,13	-	0,35	1,48	0	2,97	2,97
4	3323	0,82	0,17	0,11	1,1	0,14	0,92	1,06
5	3324	-	-	0,22	0,22	-	2,38	2,38
6	3329	0,54	-	0,26	0,8	0,06	2,9	2,96
7	3355	-	-	1,12	1,12	-	12,34	12,34
8	3356	0,69	0	0,25	0,94	0,13	2,77	2,9
9	3357	0,54	-	1,09	1,63	0,04	11,91	11,95
10	3358	1,34	0,7	0,16	2,2	432,3	1,74	434,04
11	3359	0,62	-	0,34	0,96	5	3,71	8,71
12	3359,5	3,82	12,33	-	5,55	3188,6	-	3188,6
13	3359,7	6	4,06	-	6	-	-	0
14	3360	5,1	7,48	0,29	17,72	18,38	3,16	21,54
15	3360,4	1,48	-	-	5,54	20,22	-	20,22
16	3360,8	2,11	-	-	9,95	3303,5	-	3303,5
17	3364	0,46	-	0,26	0,72	0,04	2,89	2,93
18	3365	-	-	0,66	0,66	-	7,28	7,28
19	3366	1,51	-	0,2	1,71	272,1	2,24	274,34
20	3374	0,82	-	0,25	1,07	76,1	2,79	78,89
21	3374,5	0,12	-	0,82	0,94	-	8,98	8,89

22	3375	1,18	-	-	1,18	28,9	-	28,9
23	3379	1,02	-	0,47	1,49	134,5	5,13	139,63
24	3380	-	-	0,63	0,63	-	6,87	6,87
25	3381	0,36	-	0,53	0,89	3,6	5,82	9,42
26	3382	1,34	-	1,26	2,6	66,4	13,74	80,14
27	3382,5	1,74	-	-	1,74	0,15	-	0,15
28	3383	0,63	-	-	0,63	0,17	-	0,17
29	3390	0,54	-	0,33	0,87	0,12	3,62	3,74
30	3390,5	1,62	-	1,62	3,24	0,14	-	0,14
31	3391	2,46	-	-	2,46	0,99	-	0,99
32	3394	0,1	-	0,66	0,76	0	7,19	7,19
33	3399	2,81	-	1	3,81	0,17	10,95	11,12
34	3400	0,89	-	0,76	1,65	0,07	8,38	8,45
35	3402	0,64	-	0,99	1,63	0,01	10,81	10,82
36	3403	0,97	-	0,77	1,74	0	8,43	8,43
37	3404	0,25	-	0,36	0,61	0	3,98	3,98
38	3404,5	1,42	-	-	1,42	-	-	0
39	3405	0,21	-	0,31	0,52	-	3,39	3,39
40	3405,5	0,16	-	0,65	0,81	0	7,15	7,15
41	3407	2,68	-	0,97	3,65	0,39	10,63	11,02
42	3408	0,24	-	1,3	1,54	0	14,25	14,25
43	3408,5	0,91	-	-	0,91	0,01	-	0,01
44	3409	0,16	-	1,16	1,32	0	12,78	12,78

Tab. 1.1.14.112 Wyniki analiz porozymetrycznych w odwiercie Nosówka-5

Głęb. [m]	Gęst. szkieł. [g/cm ³]	Gęst. z por. [g/cm ³]	Por. [%]	Śr. kapil. [um]	Pow.wł. [m ² /g]	Pory>1um [%]	Średnica progowa	Histereza [%]
3386	2,71	2,69	0,65	72,49	0	98	0	0
3386a	2,7	2,68	0,51	39,19	0	13	0	0
3387	2,7	2,69	0,48	107,08	0	29	0	0
3387a	2,71	2,7	0,32	49,69	0	26	0	0
3402	2,71	2,7	0,41	7,77	0	78	0	0

3402a	2,71	2,69	0,84	49,4	0	9	0	0
3411	2,69	2,69	0,32	55,41	0	58	0	0
3411a	2,72	2,72	0,14	118,34	0	30	0	0
3421	2,72	2,72	0	0	0			
3421a	2,69	2,68	0,22	51,92	0	24	0	0
3432a	2,62	2,61	0,39	97,64	0	17	0	0
3442	2,71	2,7	0,41	41,2	0	35	0	0
3442a	2,68	2,67	0,29	30,39	0	17	0	0
3443	2,73	2,7	1,05	64,26	0	95	0	0
3443a	2,7	2,69	0,46	36,04	0	18	0	0
3451	2,69	2,68	0,43	59,13	0	96	0	0
3451a	2,77	2,69	2,83	15,86	0	98	0	0
3461	2,69	2,68	0,24	52,35	0	98	0	0
3461a	2,67	2,67	0,37	45,21	0	16	0	0
3470	2,7	2,69	0,32	18,43	0	34	0	0
3470a	2,69	2,69	0,22	39,99	0	28	0	0
3488	2,68	2,65	1,06	0,17	0,09	71	0	33
3488a	2,7	2,69	0,22	40,39	0	25	0	0
3490	2,65	2,62	1,18	1,07	0,02	52	56	0
3490a	2,67	2,66	0,51	58,28	0	12	0	0
3499	2,72	2,67	2	0,47	0,06	22	23	0
3499a	2,85	2,7	5,33	2,04	0,04	98	2	0
3515	2,71	2,67	1,66	0,07	0,34	37	0	64
3525	2,71	2,7	0,27	33,65	0	98	0	0
3526	2,68	2,68	0,16	53,13	0	52	0	0
3531	2,7	2,7	0,03	5,29	0	99	80	0
3533	2,69	2,69	0,4	29,8	0	78	0	0
3538	2,7	2,69	0,38	11,38	0	66	0	0
3542	2,74	2,69	1,91	0,13	0,22	17	17	5
3544	2,71	2,7	0,43	1,36	0,01	62	40	0
3552	2,79	2,77	0,86	2,37	0,01	85	72	14
3553	2,7	2,68	0,43	51,74	0	98	0	0

3558	2,7	2,7	0,24	47,29	0	77	0	0
3566	2,73	2,68	1,8	0,24	11	16	16	2
3568	2,71	2,71	0,14	11,66	0	98	0	0
3570	2,71	2,7	0,35	51,2	0	58	0	0

a- próbki pobrane w październiku 1991 r., pozostałe próbki pobrane w 1992 r.

Tab. 1.1.14.113 Wyniki analizy mikroszczelinowatości w odwiercie Nosówka-5

Numer próbki	Głębok. [m]	Wsp.obj. [1/cm]	Por.szcz. [%]	Przep.szcz. [mD]
1	3386	7,38	2,35	2,01
2	3387	0,88	0,23	0,12
3	3402	5,41	1,72	1,47
4	3411	2,96	0,94	0,81
5	3421	3,03	0,96	0,82
6	3432	0,63	0,16	0,09
7	3442	2,49	0,79	0,68
8	3443	3,31	1,05	0,91
9	3451	9,04	2,88	2,46
10	3461	1,62	0,52	0,44
11	3470	16,27	5,18	4,43
12	3472	0,74	0,23	0,21
13	3477	11,36	3,62	3,09
14	3478	12,11	3,85	3,29
15	3488	1,88	0,61	0,51
16	3490	7,48	2,38	2,04
17	3499	0,76	0,19	0,11
18	3515	0,58	0,15	0,08
19	3525	2,14	0,68	0,58
20	3526	1,62	0,52	0,44
21	3531	0,76	0,19	0,11
22	3532	4,39	1,39	1,19
23	3538	0,87	0,22	0,12

24	3542	0,76	0,19	0,11
25	3544	3,46	1,11	0,94
26	3552	5,39	1,72	1,47
27	3553	3,61	1,15	0,98
28	3558	4,65	1,48	1,27
29	3566	0,51	0,13	0,07
30	3568	7,44	2,37	2,03
31	3570	1,27	0,41	0,35

Tab. 1.1.14.114 Strefy makroszczelin w odwiercie Nosówka-5

Nr próby	Głębokość [m]	Strefa	Przepuszcz. szczel.[mD]	Współcz. szczel. [%]	Współ.szcz. z kawern. [%]
19	3524	I	7,41	4,7	13,21
15	3488	II	4,71	1,99	1,99
10	3461	III	3,1	1,5	1,5
30	3568	IV	2,28	3,32	3,92
27	3553	IV	1,95	2,5	2,5
31	3570	IV	0,91	0,81	1,8
23	3538	IV	0,82	1,08	2,04
28	3558	IV	0,53	0,92	0,92

Tab. 1.1.14.115 Wyniki analiz porozymetrycznych w odwiercie Nosówka-7

Odwiert	Głęb. [m]	Gęstość materiał. [g/cm ³]	Porowat. całkowita [%]	Gęstość szkielet. [g/cm ³]	Gęstość z porozym. [g/cm ³]	Porowat. z porozym [%]	Średnia kapilarna [um]	Powierzch. właściw. [m ² /g]	Pory >1 um [%]	Średnica progowa [um]	Histereza [%]
Nosówka-7	3525,50	2,72	0,46	2,68	2,66	0,44	0,00	0,00			
Nosówka-7	3537,90	2,70	0,33	2,67	2,66	0,32	0,00	0,00			
Nosówka-7	3538,50	2,70	0,31	2,68	2,67	0,30	0,00	0,00			
Nosówka-7	3554,50	2,71	1,49	2,69	2,65	1,46	0,16	0,13	68	0,04	55
Nosówka-7	3555,50	2,70	1,04	2,65	2,62	0,99	0,10	0,15	58	0,05	52
Nosówka-7	3555,90	2,84	0,83	2,84	2,81	0,83	0,13	0,09	65	0,03	48
Nosówka-7	3570,50	2,61	5,28	2,60	2,46	5,23	0,05	1,76	6	0,2	68

Nosówka-7	3570,90	2,72	0,25	2,71	2,70	0,25	0,00	0,00	75		40
Nosówka-7	3571,50	2,72	0,30	2,70	2,69	0,29	0,00	0,00			
Nosówka-7	3572,50	2,64	0,37	2,61	2,60	0,36	0,12	0,05	60	0,02	42
Nosówka-7	3573,60	2,70	1,03	2,66	2,63	0,99	0,00	0,00			
Nosówka-7	3573,90	2,70	0,82	2,67	2,65	0,80	0,00	0,00			

Tab. 1.1.14.116 Wyniki analiz porozymetrycznych w odwiercie Nosówka-6

Odwiert	Nr próbki	Głęb. [m]	Gęstość materiału [g/cm ³]	Porowat. całkowita [%]	Gęstość szkieletowa [g/cm ³]	Gęstość z porozym. [g/cm ³]	Porowat. z porozym. [%]	Średnica kapilara [um]	Powierzchn. właściw. [m ² /g]	Pory >1 um [%]	Średnica progowa [um]	Histeresa [%]
Nosówka-6	4188	3696,20	2,71	3,12	2,67	2,59	3,00	0,04	1,23	15	0,4	54
Nosówka-6	4189	3697,50	2,71	3,56	2,66	2,57	3,39	0,04	1,41	15	1	53
Nosówka-6	4190	3735,80	2,71	2,78	2,65	2,58	2,62	0,03	1,40	13	0,20	60
Nosówka-6	4191	3785,40	2,69	4,42	2,67	2,56	4,33	0,60	0,11			
Nosówka-6	4192	3786,70	2,69	0,91	2,67	2,64	0,89	0,14	0,10	83	0,01	6
Nosówka-6	4193	3788,40	2,68	1,90	2,66	2,61	1,86	0,41	0,07			
Nosówka-6	4194	3789,60	2,68	2,11	2,67	2,62	2,09	0,63	0,05			
Nosówka-6	4195	3831,50	2,69	1,71	2,67	2,63	1,68	0,52	0,05			
Nosówka-6	4196	3832,60	2,72	0,00	2,60	2,60	0,00	0,00	0,00			
Nosówka-6	4197	3834,50	2,71	0,68	2,67	2,65	0,65	0,00	0,00			
Nosówka-6	4198	3888,80	2,71	0,50	2,68	2,66	0,49	0,00	0,00			
Nosówka-6	4199	3889,90	2,71	0,37	2,70	2,69	0,37	0,00	0,00			
Nosówka-6	4200	3891,50	2,68	0,55	2,64	2,63	0,53	0,51	0,02	66	bm	48
Nosówka-6	4201	3892,60	2,71	0,36	2,68	2,67	0,35	0,00	0,00			

Nosówka-6	4202	3912,7 0	2,70	0,31	2,71	2,70	0,31	0,00	0,00			
Nosówka-6	4203	3913,8 0	2,71	0,25	2,71	2,70	0,25	0,00	0,00			
Nosówka-6	4204	3937,1 0	2,71	0,42	2,68	2,67	0,41	0,11	0,06	64	0,04	39
Nosówka-6	4205	3938,1 0	2,71	0,56	2,68	2,67	0,54	2,27	0,00			
Nosówka-6	4206	3949,2 0	2,71	1,15	2,68	2,65	1,12	0,85	0,02	85		21
Nosówka-6	4207	3949,7 0	2,71	0,26	2,69	2,68	0,25	0,00	0,00			
Nosówka-6	4208	3950,6 0	2,71	0,32	2,69	2,68	0,31	0,08	0,06	47	0,03	59
Nosówka-6	4209	3950,9 0	2,71	0,24	2,70	2,70	0,24	0,00	0,00			
Nosówka-6	4210	3958,8 0	2,71	0,46	2,69	2,68	0,45	2,58	0,00	75	0,20	24
Nosówka-6	4211	3978,5 0	2,73	1,85	2,65	2,60	1,71	0,05	0,53	48	0,20	28
Nosówka-6	4212	3980,1 0	2,75	0,89	2,66	2,64	0,82	0,06	0,22	53	0,20	21
Nosówka-6	4213	3981,7 0	2,85	2,66	2,65	2,59	2,22	0,05	0,67	49	bm	26
Nosówka-6	4214	3982,2 0	2,71	2,85	2,58	2,51	2,52	0,05	0,89	46	bm	32
Nosówka-6	4215	3983,3 0	3,53	0,53	3,44	3,42	0,49	0,00	0,00			
Nosówka-6	4216	3983,9 0	2,70	3,19	2,62	2,54	2,95	0,05	1,01	58	0,05	36
Nosówka-6	4217	3984,9 0	2,74	2,06	2,61	2,56	1,82	0,04	0,68	52	0,05	28
Nosówka-6	4218	3985,5 0	2,68	0,92	2,62	2,60	0,87	0,06	0,23	31	0,3	39
Nosówka-6	4219	3986,5 0	2,69	1,26	2,68	2,65	1,25	0,04	0,49	27	0,3	50

Tab. 1.1.14.117 Wyniki analiz mikroszczeliowości w odwiercie Nosówka-8

Nazwa otworu	Głębok. [m]	Wsk.obj. szczel. [1/cm]	Porow. szczel. [%]	Przep. szczel. [mD]
-----------------	----------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------------

Nosówka-8	3644	6,406	2,448	3,014
Nosówka-8	3654	1,174	0,449	0,552
Nosówka-8	3657	6,999	2,657	3,293
Nosówka-8	3662	5,478	2,093	2,577
Nosówka-8	3663	16,049	6,133	7,551
Nosówka-8	3672	2,008	0,768	0,945
Nosówka-8	3673	2,641	1,009	1,234
Nosówka-8	3674	2,329	0,89	1,096
Nosówka-8	3692	8,045	3,075	3,785
Nosówka-8	3693	4,315	1,649	2,03
Nosówka-8	3703	2,831	1,082	1,332

Tab. 1.1.14.118 Pomiar współczynnika szczelinowatości na zglądach z odwiertu Nosówka-8

Nr pr.	Głębokość nr skrz.	Śr.rozw. szczel. [mm]	Współcz. szczel. [%]	Współcz. kawer. [%]	Sum.wsp. szcz+kaw [%]	Przepuszcz. szczel. [mD]	Lin.pow. szczelin [1/cm]
2	3643-3651 II	0,04	0,44	0	0,44	0,38	1,03
8	3660-3668 III	0,09	2,077	0	2,077	11,39	0,57
9	3660-3668 IV	0,02	1,577	0	1,577	0,13	0,71
11	3672-3680 I	0,05	0,45	0	0,45	2,98	4,14
15	3692-3701 I	0,135	2,845	0	2,845	123,28	1,45
17	3692-3701 II	0,58	0,183	0	0,183	195,25	1,6
20	3702-3710 II	0,04	0,67	0	0,67	0,22	0,39

Tab. 1.1.14.119 Wyniki analiz porowatości i przepuszczalności w odwiercie Nosówka-9

Odwiert	Głęb.	Gęstość materiał [g/cm ³]	Porowat. całkowit a [%]	Gęstość szkielet [g/cm ³]	Gęstość z porozym. [g/cm ³]	Porowat. z porozym [%]	Średni a kapilar a [um]	Powierzc h. właściw. [m ² /g]	Pory >1 um [%]	Średnic a progow a [um]	Histerez a [%]	Przep [mD]
Nosówka-9	3678,15	2,85	3,61	2,83	2,73	3,54	0,03	1,59	54	0,03	34	29,47
Nosówka-	3712,2	2,72	7,68	2,61	2,43	6,92	0,02	6,47	16	0,07	60	

9	0											
Nosówka-9	3840,10	2,70	11,77	2,61	2,33	10,80	0,28	0,67				0,01
Nosówka-9	3896,10	2,71	3,83	2,66	2,56	3,65	0,02	2,29	18	0,80	58	
Nosówka-9	3953,40	2,74	1,43	2,69	2,65	1,36	0,02	1,10	22	0,03	65	
Nosówka-9	3956,20	2,74	2,82	2,71	2,55	2,74	0,04	2,05	8	0,3	66	
Nosówka-9	3984,90	2,75	1,99	2,68	2,63	1,86	0,02	1,73	18	0,03	50	
Nosówka-9	3988,40	2,72	3,48	2,67	2,58	3,31	0,02	2,20	12	0,20	50	
Nosówka-9	3990,90	2,69	9,73	2,69	2,43	9,73	0,06	2,51	13	1	57	

Tab. 1.1.14.120 Wyniki analiz porozymetrycznych w odwiercie Nosówka-12

Głęb. [m]	Strat.	Gęst. szkieł. [g/cm ³]	Gęst. z por. [g/cm ³]	Por. [%]	Śr. kapil. [um]	Porowat. kap.>1um	Pow.wł. [m ² /g]	Pory>1um [%]	Średnica progowa	Histereza [%]
2075.00	M	2,66	2,33	12,2	0,09	2,32	2,24	19	2	65
2403.20		2,65	2,33	12,06	0,17	5,67	1,22	47	2,5	63
2621.00		2,59	2,28	11,72	0,18	7,26	1,13	62	6	67
2624.10	I	2,54	2,18	14,1	0,26	10,43	0,98	74	15	34
2723.00	O	2,67	2,62	2,15	0,09	0,73	0,35	34	0,6	41
2756.00		2,65	2,58	2,69	0,09	0,97	0,48	36	0,9	35
2757.00		2,63	2,59	1,6	0,05	0,55	0,5	34	0,2	50
2758.10	C	2,63	2,59	1,81	0,06	0,43	0,47	24	0,2	47
3051.00	E	2,66	2,6	2,16	0,03	0,69	1,19	32	0,03	34
3309.20		2,56	2,37	7,49	0,32	5,16	0,4	69	6	54
3309.70		2,5	2,36	5,8	0,31	2,9	0,32	50	6	52
3310.10	N	2,62	2,44	6,8	0,31	4,56	0,36	67	6	25
3310.80		2,59	2,38	8,25	0,36	5,28	0,39	64	6	50
3311.20		2,59	2,39	7,29	0,3	4,12	0,44	52	6	51
3348.00	TRIAS	2,9	2,67	7,87	0,05	0,39	2,33	5	0,5	65
3555.20		2,53	2,51	0,8	0	0	0	0	0	0

3555.80	K	2,65	2,42	8,54	0,08	1,03	1,87	12	0,8	61
3556.20		2,65	2,41	9,05	0,08	1,27	1,95	14	0,5	60
3556.80		2,64	2,42	8,34	0,06	1	2,47	12	0,7	54
3557.30	A	2,64	2,42	8,33	0,07	0,83	1,93	10	0,7	56
3557.70		2,64	2,41	8,7	0,07	1,13	1,97	13	0,7	58
3558.30	R	2,6	2,41	7,22	0,08	0,87	1,5	12	0,5	63
3558.80		2,63	2,39	9,25	0,08	1,48	1,94	16	0,7	56
3559.00	B	2,66	2,43	8,76	0,07	1,58	0,03	18	0,7	55
3559.30		2,63	2,41	8,5	0,07	1,11	2,04	13	0,7	57
3560.00	O	2,65	2,46	7,34	0,06	1,54	1,97	21	1	50
3561.00		2,64	2,37	10,53	0,08	1,79	2,25	17	1	58
3715.00	N	2,67	2,64	0,98	0,05	0,64	0,82	65	0,05	16
3737.50		2,66	2,65	1,59	15,59	0	0	0	0	0
3738.10		2,62	2,6	0,7	2,67	0	0	0	0	0
3774.00		2,71	2,69	0,83	0,93	0,58	0,01	70	2,5	10
3775.20		2,62	2,61	0,42	15,28	0	0	0	0	0

Tab. 1.1.14.121 Wyniki analiz porowatości przepuszczalności dla odwiertów z rejonu Nosówka (rok-2010)

Odwiert	Nr próbki	Głęb. [m]	Gęstość materiał. [g/cm ³]	Porowat. całkowita [%]	Gęstość szkielet. [g/cm ³]	Gęstość z porozym. [g/cm ³]	Porowat. z porozym. [%]	Średnica kapilara [um]	Powierzchn. właściw. [m ² /g]	Pory >1 um [%]	Średnica progowa [um]	Histeresa [%]	Przep. [mD]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nosówka-2	8798	3220,30	2,68	0,55	2,68	2,66	0,55	2,82	0,00				0,001
	8799	3324,70	2,70	0,42	2,66	2,65	0,40	0,00	0,00				0,001
	8800	3358,50	2,71	0,56	2,62	2,61	0,51	2,78	0,00				0,001
	8801	3366,20	2,71	0,44	2,64	2,63	0,41	0,00	0,00				0,001
	8802	3382,20	2,71	0,49	2,67	2,65	0,47	0,00	0,00				0,001

	8803	3391,7 0	2,71	0,46	2,71	2,69	0,46	0,00	0,00				0,00 1
	8804	3393,2 0	2,72	0,68	2,64	2,62	0,63	2,35	0,00				0,40 9
	8805	3400,9 0	2,71	0,31	2,68	2,67	0,30	0,00	0,00				0,00 1
	8806	3402,5 0	2,71	0,38	2,71	2,70	0,38	0,00	0,00				0,00 1
	8807	3416,5 0	2,73	0,80	2,64	2,62	0,73	0,03	0,37	44	0,2	18	0,20 2
Nosówka-4	8808	3638,8 0	2,71	0,24	2,69	2,68	0,24	0,00	0,00				0,00 1
	8809	3640,7 0	2,70	0,26	2,68	2,67	0,25	0,00	0,00				0,00 1
	8810	3639,4 0	2,70	0,38	2,71	2,70	0,38	0,00	0,00				0,00 1
	8811	3643,8 0	2,70	0,56	2,68	2,66	0,55	0,22	0,04	59	0,1	53	0,38 0
Nosówka-5	8812	3383,0 0	2,73	3,05	2,69	2,62	2,93	0,05	0,87	10	0,4	55	0,00 1
	8813	3411,2 0	2,70	0,34	2,65	2,64	0,32	0,00	0,00				0,00 1
	8814	3421,1 0	2,70	0,30	2,68	2,67	0,29	0,00	0,00				0,30 3
	8815	3443,7 0	2,70	0,26	2,68	2,68	0,25	0,00	0,00				0,00 1
	8816	3444,4 0	2,70	0,43	2,66	2,65	0,41	2,39	0,00				0,00 1
	8817	3446,8 0	2,70	0,27	2,67	2,67	0,26	0,00	0,00				0,00 1
	8818	3448,7 0	2,69	1,04	2,63	2,61	0,98	0,00	0,00				0,00 1
	8819	3450,2 0	2,69	0,73	2,69	2,67	0,73	0,00	0,00				0,00 1
	8820	3461,5 0	2,70	0,40	2,70	2,68	0,40	0,00	0,00				0,36 6
	8821	3471,5 0	2,70	0,30	2,64	2,64	0,28	0,00	0,00				0,00 1
	8822	3474,3 0	2,70	0,47	2,69	2,67	0,47	0,00	0,00				0,00 1
	8823	3489,3 0	2,70	0,59	2,69	2,67	0,58	0,00	0,00				0,00 1

8824	3491,3 0	2,70	0,38	2,68	2,67	0,37	0,00	0,00					0,00 1
8825	3501,2 0	2,71	0,52	2,69	2,67	0,51	0,00	0,00					0,00 1
8826	3524,4 0	2,71	0,46	2,73	2,72	0,47	0,00	0,00					1,66 0
8827	3529,2 0	2,71	0,53	2,71	2,69	0,53	0,22	0,04	87	0,01	26		9,52 6
8828	3533,1 0	2,71	0,41	2,68	2,67	0,40	0,52	0,01	80	0,01	29		1,12 2
8829	3535,4 0	2,70	0,37	2,66	2,65	0,36	0,00	0,00					0,00 1
8830	3539,5 0	2,71	0,38	2,69	2,68	0,37	0,00	0,00					0,00 1
8831	3545,4 0	2,71	0,39	2,70	2,70	0,39	0,00	0,00					0,00 1
8832	3549,5 0	2,71	0,31	2,70	2,70	0,31	0,00	0,00					0,00 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	8833	3552,4 0	2,71	0,83	2,68	2,65	0,81	0,20	0,06	49	2 ; 0.2	23	0,00 1
	8834	3554,3 0	2,70	0,55	2,68	2,66	0,54	0,00	0,00				1,54 2
	8835	3557,1 0	2,70	0,36	2,68	2,67	0,35	0,00	0,00				0,40 0
	8836	3560,2 0	2,71	0,36	2,69	2,68	0,35	0,00	0,00				0,00 1
	8837	3564,6 0	2,70	0,37	2,67	2,66	0,36	0,00	0,00				0,00 1
	8838	3568,8 0	2,70	2,61	2,76	2,68	2,78	0,18	0,23	20	0,2	11	0,00 1
	8839	3572,3 0	2,71	0,32	2,69	2,68	0,31	0,00	0,00				0,00 1
	8840	3574,5 0	2,70	1,25	2,65	2,62	1,19	0,00	0,00				0,00 1
Nosówka- 6	8841	3888,7 0	2,71	0,60	2,67	2,66	0,58	0,82	0,01	77	1 ; 0.5	47	0,00 1
	8842	3890,6 0	2,71	0,59	2,69	2,68	0,58	1,39	0,01	73	2	29	1,24 1
	8843	3891,4	2,72	0,65	2,71	2,69	0,64	1,76	0,01	80	6 ; 0.6	51	0,00

		0											1
	8844	3950,1 0	2,71	2,55	2,71	2,65	2,55	0,03	1,54	18	0,02	12	0,00 1
Nosówka-7	8845	3555,6 0	2,71	0,54	2,63	2,61	0,50	0,33	0,02	72	0,02	40	0,00 1
	8846	3571,3 0	2,74	0,00									0,00 1
	8847	3573,5 0	2,70	0,60	2,69	2,68	0,59	3,90	0,00				0,00 1
Nosówka-8	8848	3610,0 0	2,70	1,11	2,71	2,68	1,12	0,00	0,00				0,00 1
	8849	3656,8 0	2,71	0,58	2,67	2,66	0,56	0,00	0,00				0,32 5
	8850	3661,3 0	2,65	5,81	2,64	2,49	5,75	0,04	2,39	16	2 ; 0,09	51	0,00 1
	8851	3663,4 0	2,71	0,55	2,71	2,69	0,55	0,10	0,09	58	0,5 ; 0,02	3	0,00 1
	8852	3672,3 0	2,75	0,92	2,70	2,67	0,88	0,14	0,10	71	0,05	40	
	8853	3692,7 0	2,71	0,53	2,67	2,66	0,51	0,13	0,06	74	0,01	36	0,16 9
	8854	3703,4 0	2,72	0,50	2,48	2,48	0,40	0,00	0,00				2,51 8
	8855	3756,1 0	2,71	0,00		pop							
	8856	3759,3 5	2,71	0,67	2,70	2,68	0,66	0,34	0,03	82	0,3	48	0,00 1
	8857	3765,9 0	2,71	0,42	2,70	2,69	0,42	1,01	0,01	80	0,7	32	0,11 1
	8858	3890,7 0	2,71	0,25	2,71	2,70	0,25	0,00	0,00				0,00 1
Nosówka-12	8859	3555,7 0	2,70	8,31	2,63	2,42	7,77	0,06	2,18	21	3	58	0,00 1
	8860	3556,4 0	2,70	11,34	2,61	2,34	10,40	0,08	2,27	30	4	57	0,00 1
	8861	3557,5 0	2,70	3,06	2,65	2,57	2,91	0,05	0,95	29	1	53	0,00 1
	8862	3558,3 0	2,68	9,08	2,62	2,39	8,57	0,08	1,85	11	1	63	0,13 9
	8863	3559,4 0	2,68	11,14	2,66	2,37	10,92	0,10	1,87	18	2	63	0,00 1
	8864	3560,2	2,70	9,07	2,63	2,41	8,48	0,07	2,10	13	1	59	0,00

	0												1
8865	3561,4 0	2,71	11,99	2,63	2,34	11,10	0,08	2,43	14	2	62		0,00 1
8866	3595,6 0	2,68	7,57	2,68	2,48	7,57	0,40	0,30					0,00 1
8867	3595,2 0	2,71	5,73	2,62	2,48	5,26	0,09	0,95	9	2	68		0,00 1
8868	3596,5 0	2,72	3,17	2,63	2,55	2,91	0,08	0,57	70	0,05	17		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	8869	3717,5 0	2,72	0,64	2,71	2,69	0,63	0,16	0,06	66	1 ; 0.03	46	0,93 5
	8870	3774,7 0	2,71	2,89	2,74	2,66	2,98	0,21	0,21	12	0,4	90	0,00 1
	8871	3818,4 0	2,72	0,68	2,66	2,65	0,64	1,78	0,01	80	0,7	27	0,61 3
	8872	3845,3 0	2,73	0,61	2,67	2,65	0,58	0,05	0,17	50	2 ; 0.01	61	0,00 1
	8873	3912,6 0	2,75	2,57	2,65	2,59	2,34	0,05	0,79	52	1 ; 0.03	28	
	8874	3913,6 0	2,92	1,79	2,87	2,82	1,70	0,04	0,61	29	1	55	0,63 3
	8875	3914,4 0	2,79	2,25	2,75	2,69	2,16	0,03	0,92	26	1	43	1,11 8
	8876	3916,8 0	2,70	1,73	2,69	2,64	1,71	0,04	0,73	28	0,7	40	0,00 1
	8877	3918,7 0	2,73	2,71	2,67	2,60	2,56	0,06	0,64	33	1	37	0,00 1
	8878	3932,4 0	2,81	3,29	2,76	2,67	3,13	0,05	0,87	30	0,8	38	0,00 1
	8879	4061,5 0	2,74	7,05	2,60	2,44	6,18	0,06	1,68	10	1	57	0,00 1

Dla 13 próbek pobranych w ramach bieżącego projektu zostały wykonane analizy przepuszczalności fazowych w układzie woda – ropa. Wyniki zostały zamieszczone w **Tab. 1.1.14.122** oraz w formie metryk dla poszczególnych próbek.

Tab. 1.1.14.122 Wyniki analizy przepływów fazowych

Odwiert	Głębokość [m]	K_{w_w}	K_{w_r}	Sw_w [%]	Sw_r [%]
Nosówka-12	3914,4	0,36	0,43	34	16
Nosówka-12	3913,6	0,38	0,68	28	20
Nosówka-12	3717,5	0,27	0,41	33	14
Nosówka-12	3818,4	0,28	0,41	31	13
Nosówka-2	3393,2	0,31	0,41	36	22
Nosówka-2	3416,5	0,28	0,54	38	14
Nosówka-5	3554,3	0,31	0,54	36	19
Nosówka-5	3421,1	0,38	0,49	32	21
Nosówka-5	3461,5	0,4	0,444	38	22
Nosówka-5	3533,1	0,36	0,62	28	16
Nosówka-5	3524,4	0,28	0,48	41	16
Nosówka-5	3529,2	0,38	0,64	34	16
Nosówka-8	3703,4	0,23	0,58	32	19

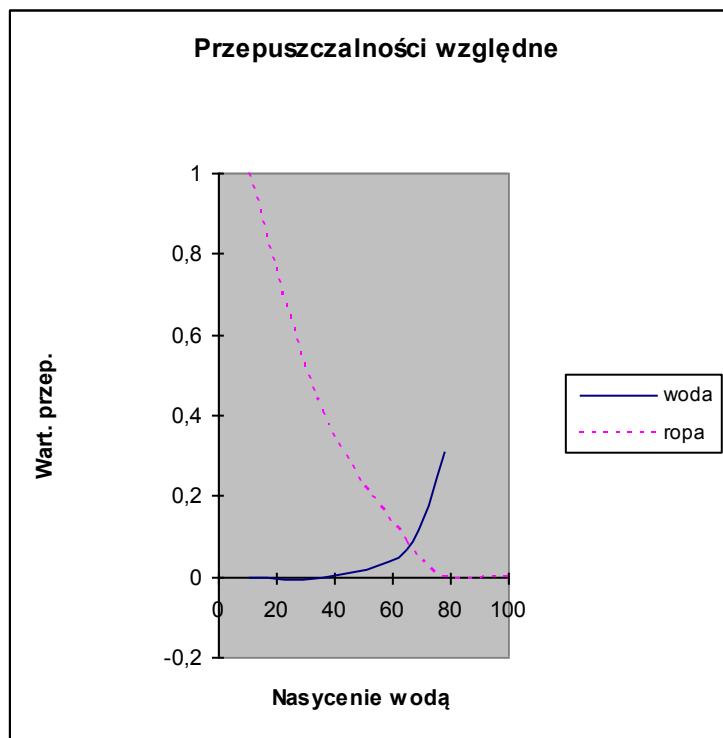


Fig. 1.1.14_127 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-2 nr próbki: 8804

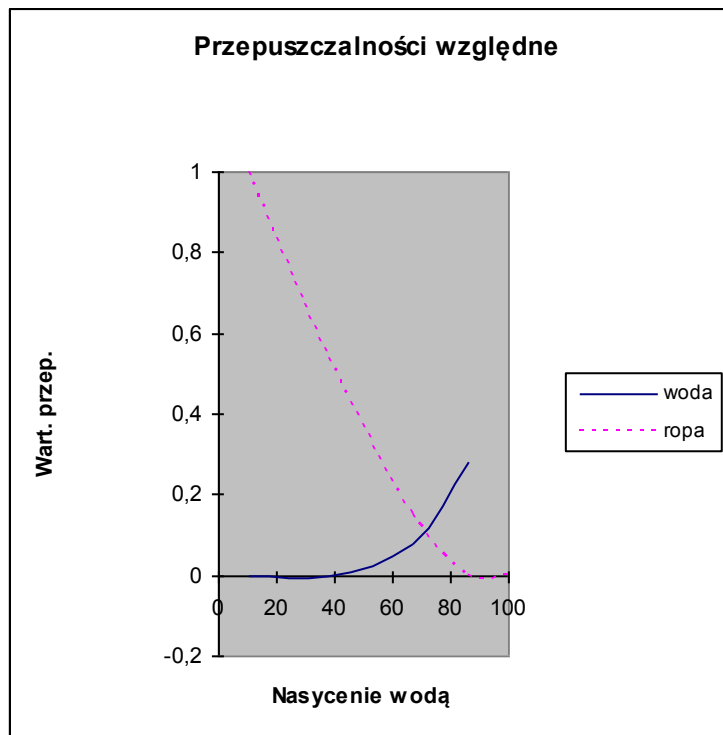


Fig. 1.1.14_128 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-2 nr próbki 8807

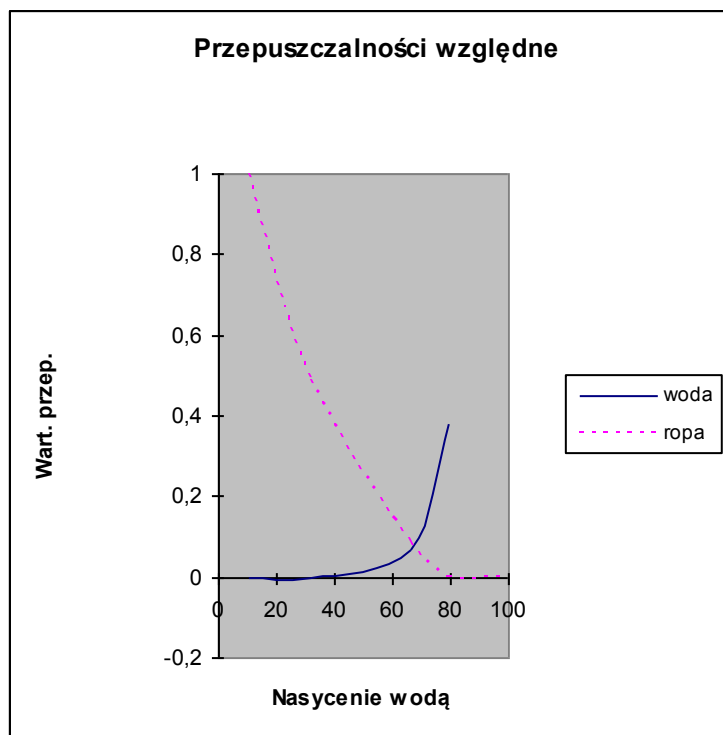


Fig. 1.1.14_129 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8814

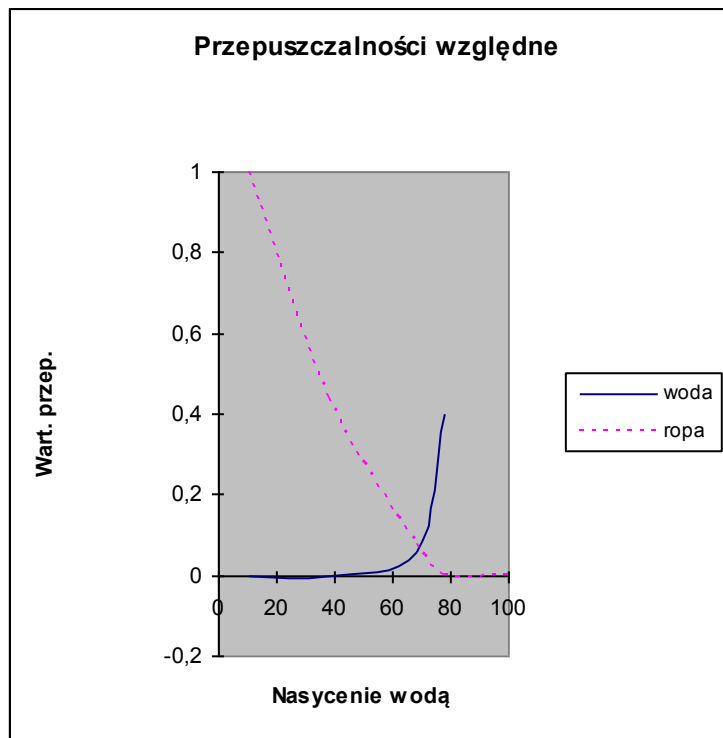


Fig. 1.1.14_130 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8820

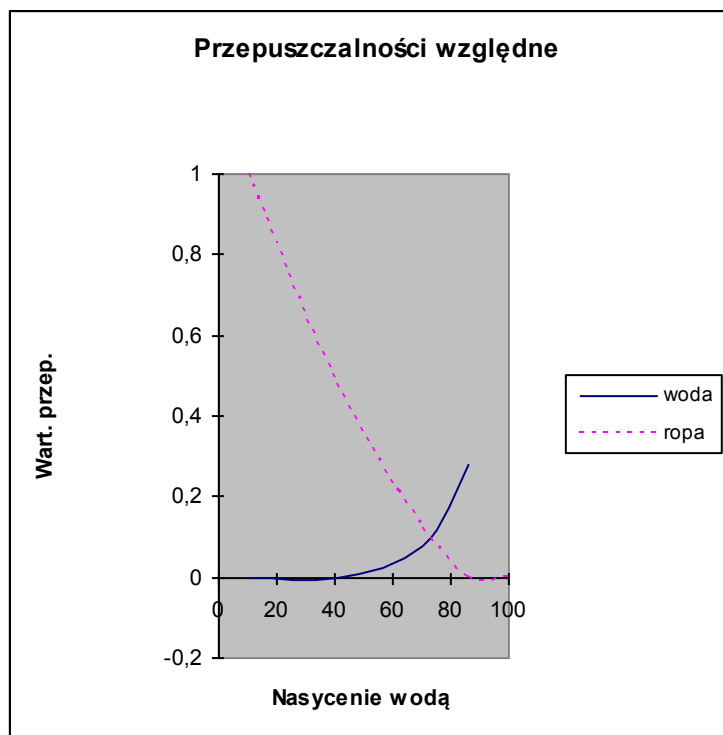


Fig. 1.1.14_131 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8826

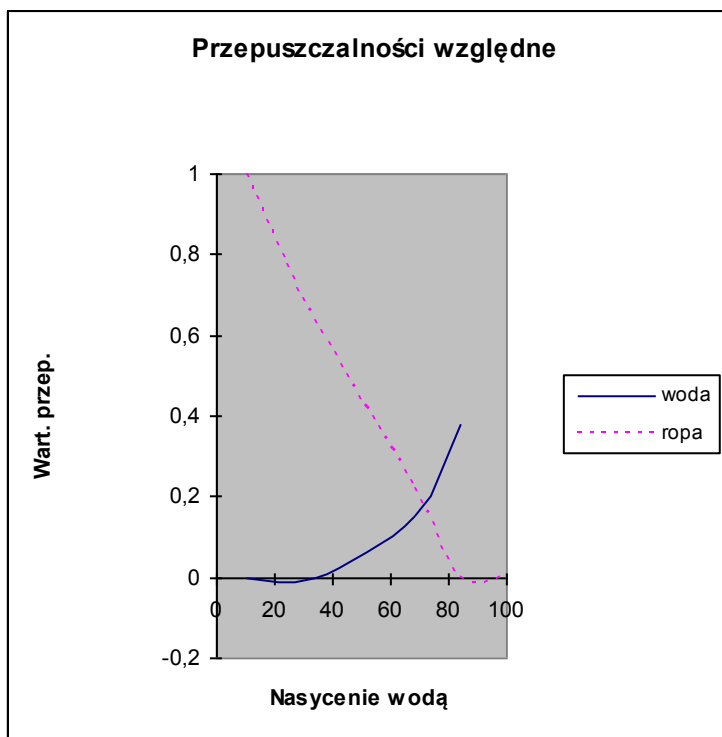


Fig. 1.1.14_132 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8827

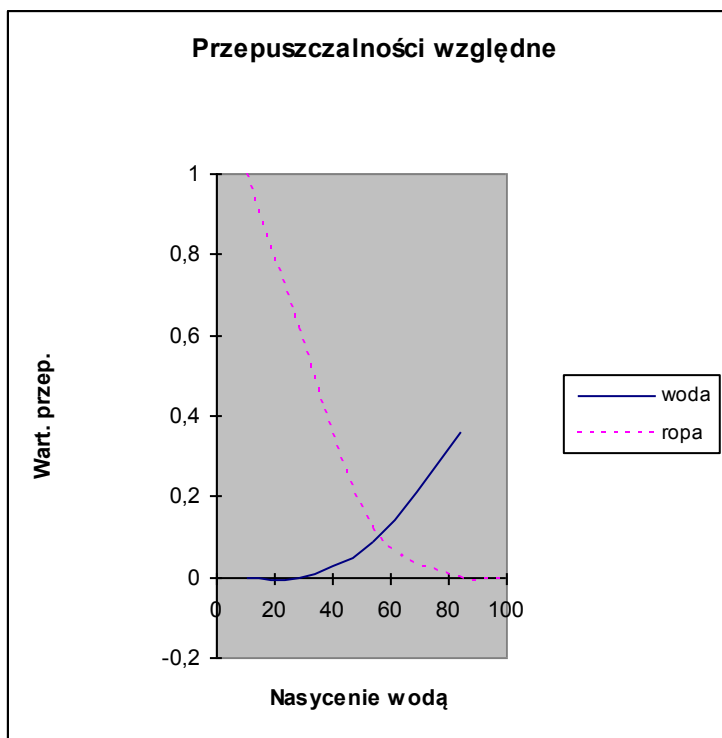


Fig. 1.1.14_133 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8828

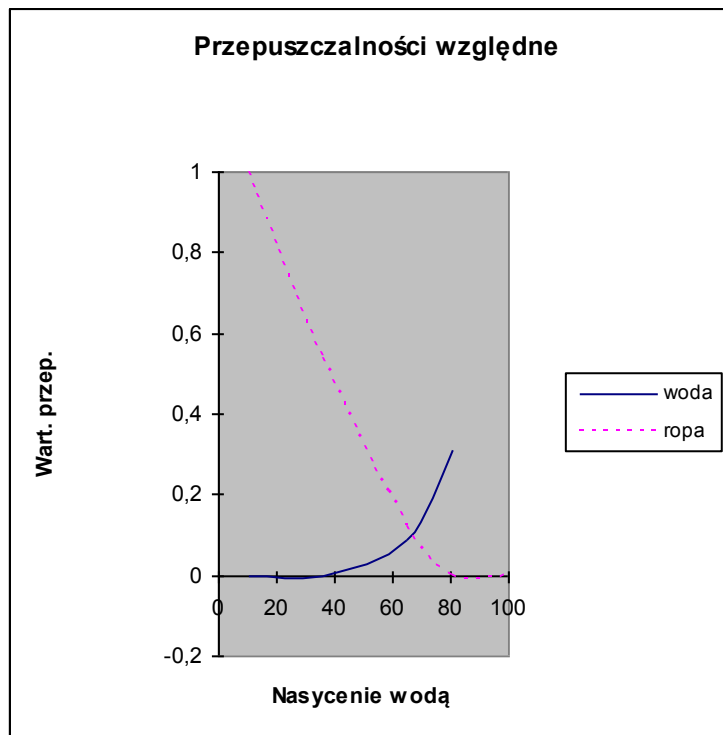


Fig. 1.1.14_134 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-5 nr próbki 8834

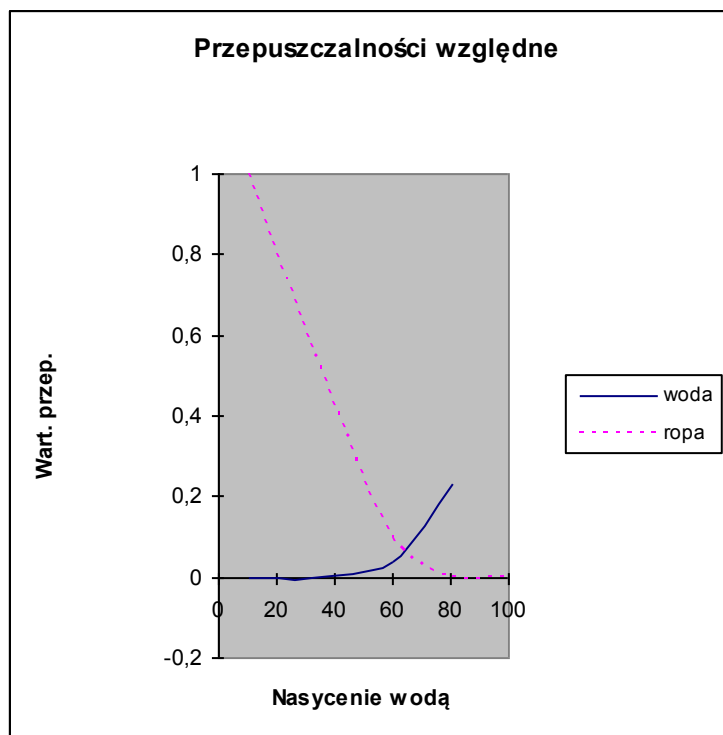


Fig. 1.1.14_135 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-8 nr próbki 8854

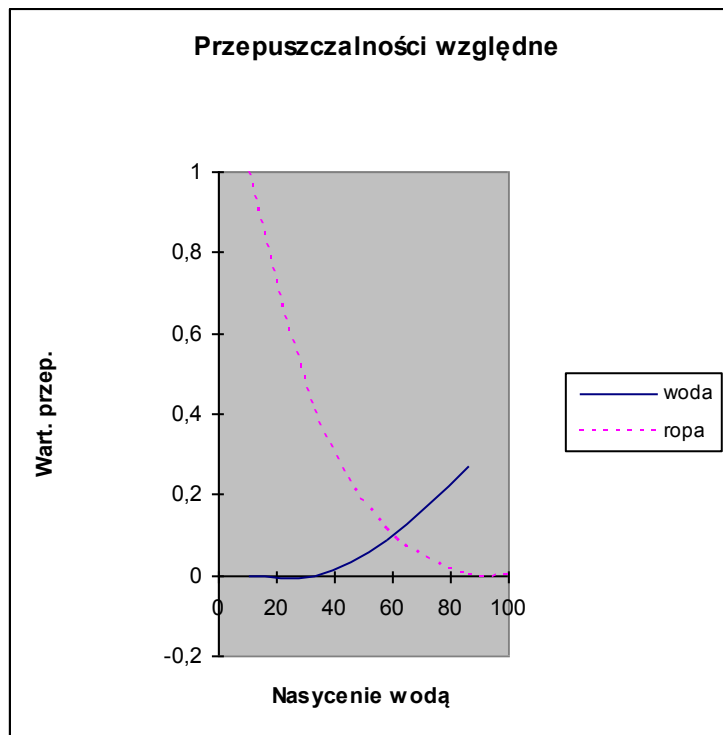


Fig. 1.1.14_136 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-12 nr próbki 8869

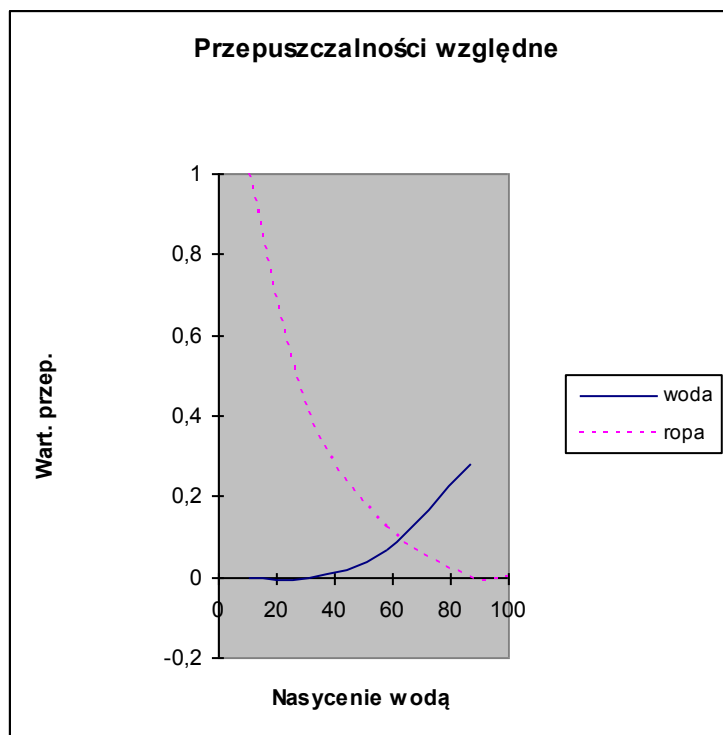


Fig. 1.1.14_137 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-12 nr próbki 8871

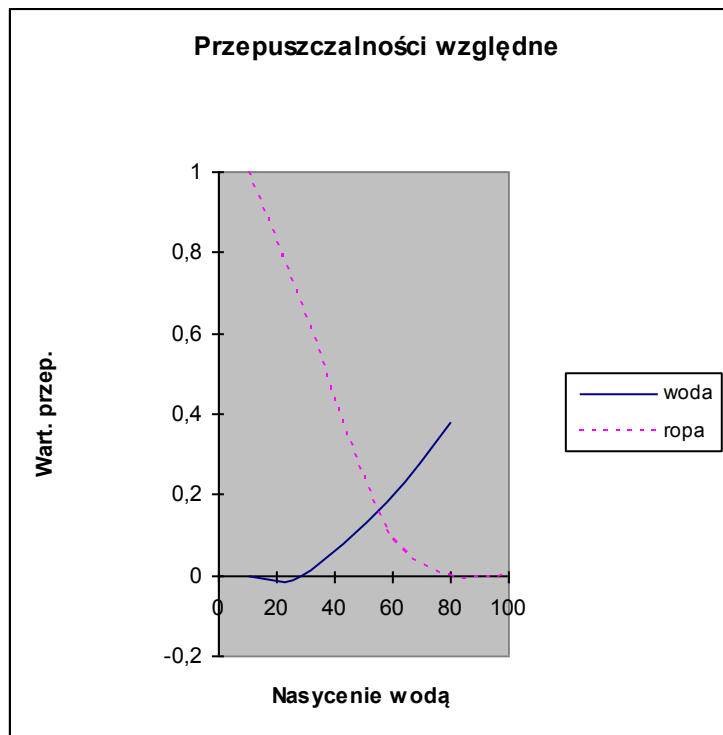


Fig. 1.1.14_138 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-12 nr próbki 8874

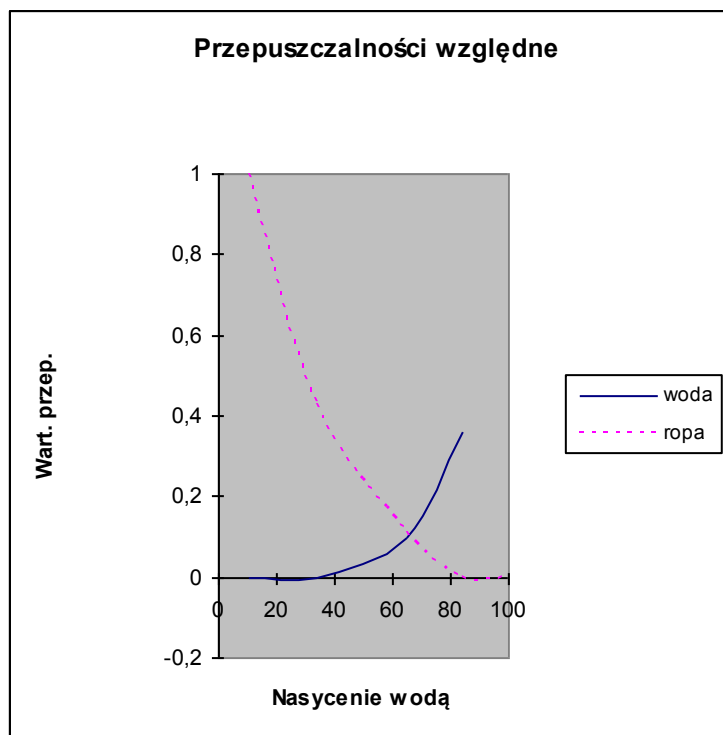


Fig. 1.1.14_139 Przepuszczalność fazowa w układzie woda-ropa dla otworu Nosówka-12 nr próbki 8875

Otrzymane wyniki wskazują na mikroszczelinowy charakter przepływu przez badane próbki. Świadczą o tym relatywnie wysokie wartości przepuszczalności względnych dla wody oraz dość znaczne wartości nasyceń rezydualnych. W sumie można stwierdzić że tego typu skała jest dość dobrym środowiskiem dla transportu CO₂. Skała jest odporna na przepływ wody i mimo niskich wartości przepuszczalności efektywnych daje duże wartości przepuszczalności względnych dla zatłaczanych płynów.

Analiza danych geofizyki wiertniczej pod kątem oceny możliwości występowania nasyceń węglowodorami w utworach miocenu autochtonicznego w odwiercie Nosówka-7

Głównym celem analizy była ocena dostępnego materiału pomiarowego pod kątem oszacowania możliwości występowania nasyceń węglowodorami piaszczysto ilastych utworów miocenu autochtonicznego w celu, ewentualnego wykonania dodatkowych pomiarów (np. IPNN) w likwidowanym odwiercie Nosówka-7.

Jakość i zakres dostępnych profilowań pozwala jedynie na jakościową analizę przy użyciu metody normalizacji. Podjęta próba ilościowego oszacowania nasyceń jest jedynie szacunkowym określeniem występujących trendów i zapewne obciążona jest dużą niepewnością

Z punktu widzenia własności geofizycznych profilu miocenijskiego najbardziej interesującym wydaje się interwał 2900 – 2663 MD, obejmujący mułowcowe i piaskowcowe utwory badenu górnego o wyraźnie cienkowarstwowej charakterystyce. Utwory te równocześnie charakteryzują się znacznym wzrostem oporności pozornej rejestrowanej sondą potencjałową Pop1.62m w stosunku do oporności warstw otaczających. Fakt ten oczywiście nie przesądza o obecności węglowodorów, gdyż można przytoczyć, co najmniej trzy powody tak znacznego wzrostu oporności formacji skalnej:

- specyficzna zmiana litologiczna (np. wzrost węglanowości, anizotropia),
- gwałtowne i anomalne wystąpienie się wody złożowej ,
- znaczny wzrost nagromadzenia materii organicznej a co za tym idzie zawartości *TOC (total organic carbon)*.

Analizując dane zawarte w dokumentacji wynikowej odwiertu, opisy rdzeni, dostępne badania laboratoryjne można z dużym prawdopodobieństwem wykluczyć istotny wpływ wyżej wymienionych czynników.

Wykonana normalizacja profilowań porowatości neutronowej i przekształconego profilowania oporności wg. formuły $Kp = \log(\text{POp})^{-0.5}$ wykazuje możliwość obecności nasyceń węglowodorami w częściach bardziej ilastych rozpatrywanego interwału przy praktycznym zawodnieniu części piaskowcowych. Taki obraz jest charakterystyczny dla wielu rejonów miocenu, w których występują cienkoławicowe formacje mułowcowo- iłowcowe.

Podjęta próba analizy ilościowej przy użyciu formuły *Simandoux i DispersedCly* dających podobne rezultaty, dla zestawu bardzo restrykcyjnych parametrów:

- oporność łoż 6 ohmm,
- mineralizacja wody złożowej 50 g/l,
- wskaźnik zwięzłości $m = 1.8$,
- wskaźnik zwilżalności $n=2$.

Wykazała możliwość obecności minimalnego wodonasyceń $Sw=50\%$ co w sprzyjających warunkach może wystarczyć do uzyskania przypiływu.

Wyniki analizy zestawiono na dołączonej do tekstu **Fig. 1.1.14_140**.

Podsumowanie

Przedstawiona analiza nie predysponuje do wydania jednoznacznej opinii o gazonośności utworów miocenu autochtonicznego w odwiercie Nosówka-7. W świetle uzyskanych wyników można jedynie wskazać interwał, którego charakterystyka geofizyczna jest na tyle pozytywna, iż decyzja o wykonaniu dodatkowych pomiarów generatorem neutronowym, szczególnie w stropowej partii kompleksu piaszczysto - mułowcowego 2718 – 2663 MD, w celu potwierdzenia postawionej hipotezy, byłaby uzasadniona.

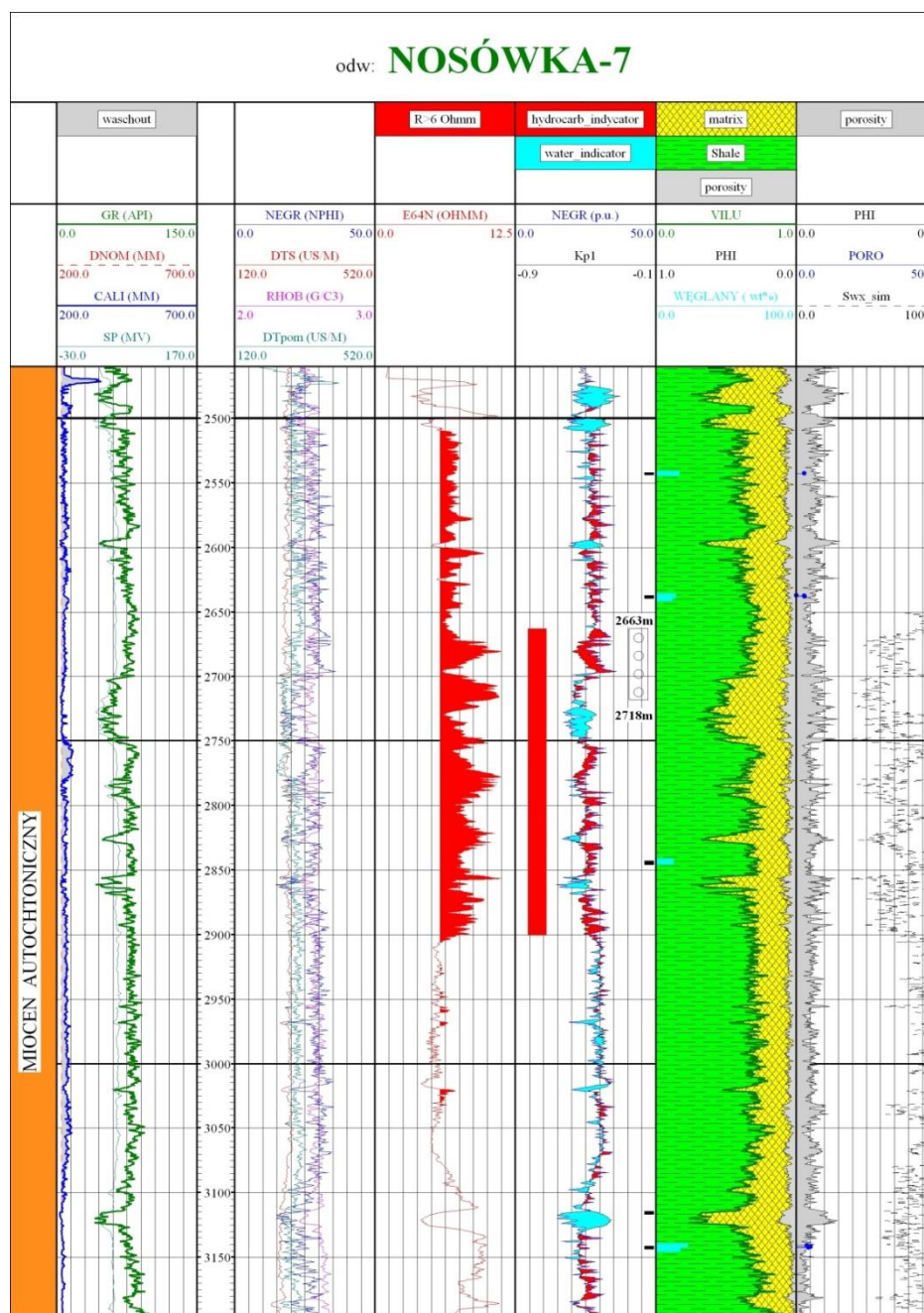


Fig. 1.1.14_140 Zestawienie danych geofizyki wiertniczej dla oceny możliwości występowania horyzontów nasyconych węglowodorami w obrębie utworów miocenu autochtonicznego. (Odw. Nosówka-7)

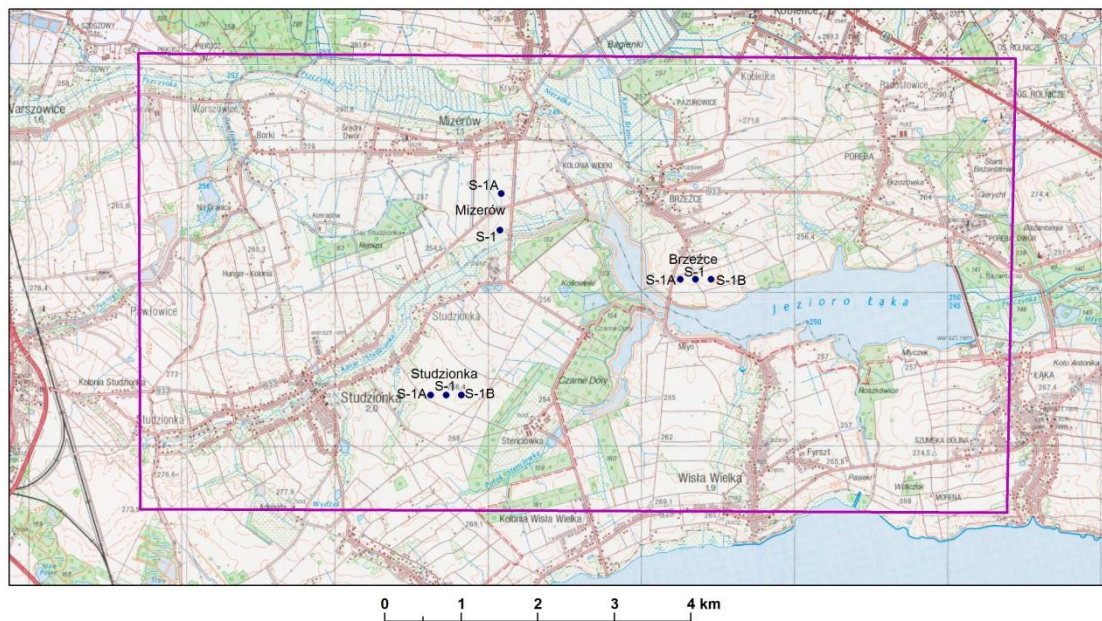
Obiekt w pokładach węgla

Prace zostały wykonane przez następujących partnerów konsorcjum: **PIG-PIB** (zasadniczo Oddział Górnośląski – koordynator regionalny J. Jureczka), **GIG i PBG**.

W ramach tego zadania opracowano, na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, wstępną charakterystykę wytypowanego w ramach I Segmentu obszaru potencjalnego składowiska w pokładach węgla, z możliwością wspomagania wydobycia metanu, Warszowice-Pawłowice (ścisty obszar składowiska: Studzionka-Mizerów) wraz z otoczeniem (w tym GIG wykonał szczegółową charakterystykę hydrodynamiczną rozpatrywanego rejonu a PBG przeanalizował materiały archiwalne w zakresie wyników grawimetrii, magnetyki i geoelektryki).

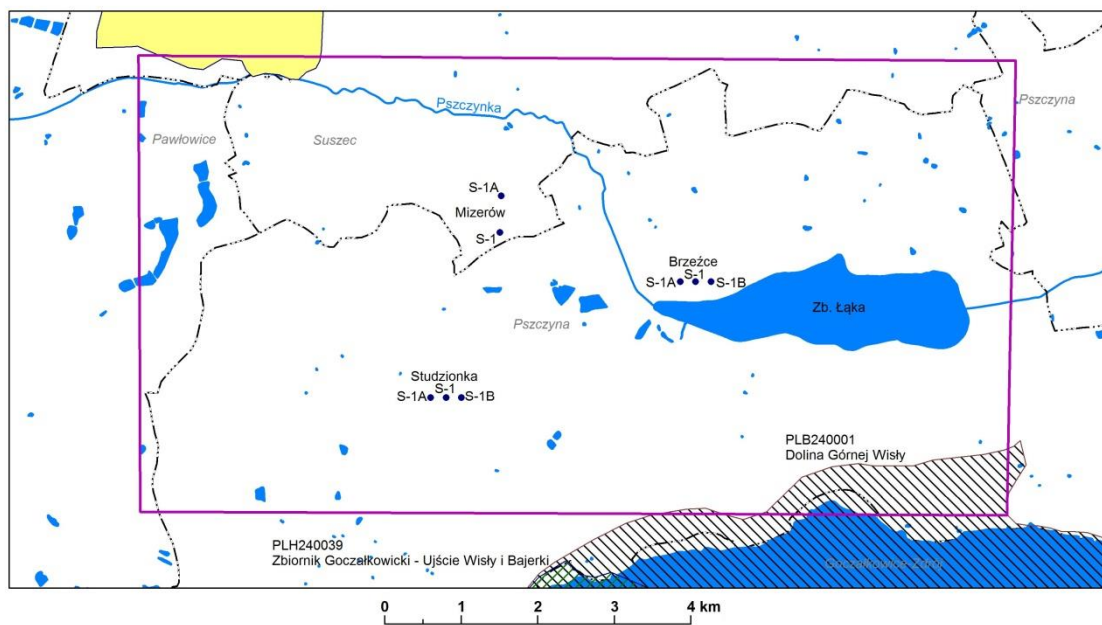
W oparciu o dane zgromadzone w trakcie realizacji I segmentu dla GZW opracowano w PIG-PIB OG bazę informacji dotyczących obiektu w pokładach węgla i przeanalizowano następujące problemy:

- występowanie zagrożeń sejsmicznością (brak naturalnych trzęsień Ziemi o magnitudzie ponad 4 stopnia w skali Richtera w tym rejonie w ciągu ostatnich 800 lat, tego rodzaju zagrożenia można wiązać raczej z działalnością górnictwem w sąsiedztwie obszaru potencjalnego składowiska, co zostało przeanalizowane w ramach I segmentu, gdzie uznano, że nie ma z tego tytułu istotnego zagrożenia dla rozpatrywanego rejonu);
- możliwości wycieków dwutlenku węgla ze składowiska (mechanizm zastępowania metanu przez CO₂ zatłaczany do pokładów węgla wyklucza wycieki na większą skalę, natomiast problemem może być lokalnie szczelność starych, zlikwidowanych otworów nawiercających karbon);
- możliwości oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi oraz środowisko (ewentualne awarie na miejscu zatłaczania mogą wpłynąć na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi na powierzchni, natomiast miąższość i jakość nadkładu uszczelniającego praktycznie wyklucza przedostanie się dwutlenku węgla do płytszych kolektorów, zawierających wody wysłodzone i słodkie, a więc potencjalnie użytkowe; na obszarze południowej części GZW, w sąsiedztwie wytypowanego składowiska występują czwartorzędowe GZWP, do których niemożliwa jest migracja jakichkolwiek mediów z karbonu poprzez mioceńskie, ilaste kompleksy uszczelniające);
- występowanie konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i węglowodorów; w rejonie potencjalnego składowiska nie prowadzi się podziemnej eksploatacji złóż surowców mineralnych, choć w jego dalszym sąsiedztwie znajdują się obszary czynnych kopalń i złoża węglowodorów; na rozpatrywanym obszarze znajduje się szereg mniejszych skupisk miejskich i wiejskich (**Rys. 6**), na jego południowo-wschodnim krańcu występują obszary NATURA);
- nie ma problemów z dostępnością przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla (emitenci w rejonie GZW).
- możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do potencjalnego składowiska (brak jest poważniejszych przeszkód w otoczeniu składowiska – szczegółowe wytyczenie trasy może być rozpatrywane przez inwestora w uzgodnieniu z właścicielami gruntów).



Objaśnienia

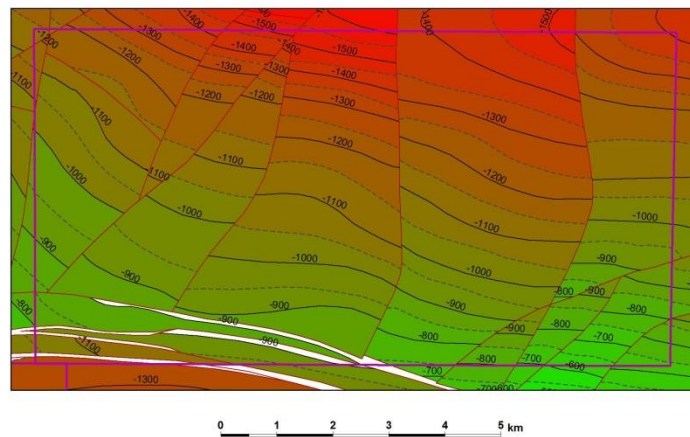
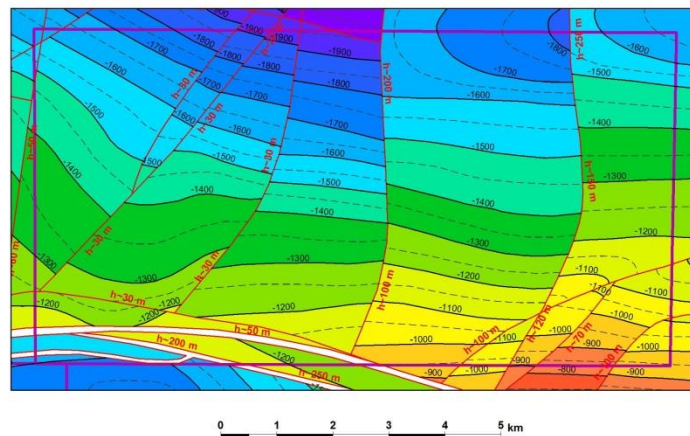
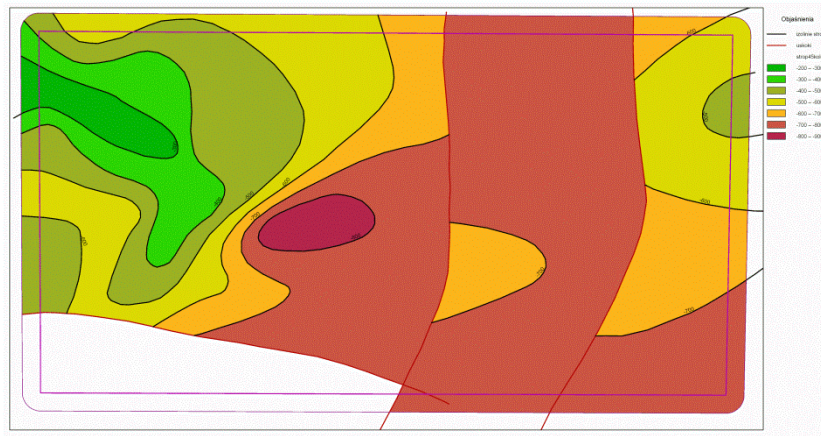
- projektowany otwór



Objaśnienia

- projektowany otwór
- otulina parku krajobrazowego
- ▨ specjalny obszar ochrony siedlisk Natura 2000
- ▧ obszar specjalnej ochrony ptaków Natura 2000
- jeziora
- ▭ granica gminy
- rzeka

Rys. 6 Lokalizacja wytypowanego rejonu w pokładach węgla wraz z obszarami NATURA 2000



Rys. 7 Mapy strukturalne dla obszaru Warszowice-Pawłowice: strop karbonu (górnokarboński), strop górnoszląskiej serii piaskowcowej (środek), strop serii mułowcowej (dół)

Obszar badań pokryty jest stosunkowo gęsto otworami nawiercającymi karbon. Praktycznie we wszystkich głębokich otworach (w rejonie badań oraz jego bliższym i dalszym sąsiedztwie dostępne są informacje ze 132 takich otworów).

Na potrzeby dalszych zadań II segmentu (w szczególności **1.1.15**) opracowano dla rozpatrywanego obszaru mapy strukturalne ogniwi karbonu górnego. Mapy te (**Rys. 7** – obszar wytypowanego rejonu) zostały omówione i wykorzystane w ramach zadania **1.1.15**.

Charakterystyka parametrów hydrodynamicznych obiektów w pokładach węgla w rejonie GZW (GIG)

(Eleonora Soilk-Heliasz, Michał Gut)

W pracy zawarto analizę parametrów hydrogeologicznych oraz reżimu hydrodynamicznego karbońskich poziomów wodonośnych w rejonach wstępnie wytypowanych do zatłaczania CO₂ obiektów w pokładach węgla. Badania dotyczą obiektów/zbiorników numer (**Zał. 1**):

- 1- Bzie;
- 2- Pawłowice;
- 3- Studzienice-Międzyrzecze.

Wyniki dotychczasowych prac związanych z podziemnym składowaniem CO₂ prowadzonych w GIG oraz w innych instytucjach wskazują (Bruining i in. 2004, Dubiński i in. 2007, Nagy 2010, Solik-Heliasz i in. 207a,b,c, 2008, 2009, 2010, Stopa i in. 2006, Tarkowski i in. 2006, Uliasz-Misiak 2007, Wójcicki 2009), że znajomość zawodnienia górotworu - w tym ilości, miąższości poziomów wodonośnych, znajomości panujących ciśnień, temperatury, parametrów hydrogeologicznych zawodnionych utworów, szczelności uskoków - jest niezbędna przy opracowaniu założeń do projektu zatłaczania dwutlenku węgla do górotworu. W opinii autorów obecność poziomów wodonośnych może być z jednej strony gwarantem bezpiecznego zatłaczania CO₂ do pokładów węgla kamiennego, a z drugiej strony poziomy wodonośne znajdujące się w zasięgu (prawdopodobnego) szczelinowania pokładów mogą stanowić dodatkowe składowisko CO₂. Tym samym mogą one zwiększyć potencjał składowania w danej partii górotworu. Jednak, aby proces iniekcji CO₂ był bezpieczny i możliwy do kontrolowania, niezbędna jest znajomość szerokiej palety zagadnień związanych ze szczelnością podziemnego składowiska.

Poniżej zostanie przedstawiony wycinek z zapowiadanej problematyki, dotyczący reżimu hydrodynamicznego wybranych partii górotworu karbońskiego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Zamieszczone figury i tabele zostały opracowane przez E. Solik-Heliasz, natomiast załączniki zostały opracowane w PIG i uzupełnione o nowe treści w GIG.

Analiza parametrów hydrogeologicznych poziomów wodonośnych w rejonie wytypowanych zbiorników

Zbiornik 1 – Bzie

Obszar zbiornika numer 1 zlokalizowany jest na południe od strefy uskokowej Bzie-Czechowice, w jego skrzydle zrzuconym. W profilu pionowym zaznacza się obecność grubego kompleksu iłów trzeciorzędowych o miąższości 640-890 m. W ich spągu występuje seria klastycznych, mioceńskich osadów warstw dębowieckich, a poniżej utwory karbońskie reprezentowane przez iłowcem, mułowce i piaskowce serii mułowcowej (SM), górnośląskiej serii piaskowcowej (GSP), oraz na dużych głębokościach osady starsze. W obszarze zbiornika 1 strop warstw dębowieckich występuje na głębokości 650-900 m p.p.t., strop karbonu oraz serii mułowcowej na głębokości 660-910 m, a strop górnośląskiej serii piaskowcowej, 1050-1650 m. Wybrane przekroje hydrogeologiczne przedstawiono na **Zał. 2-3**.

Nadkład górotworu karbońskiego

Nadkład jest zasadniczo słabo zawodniony. Główny poziom wodonośny jest związany z warstwami dębowieckimi osiagającymi w tym rejonie miąższość przeciętnie 25-75 m; zawodnione są również wkładki piaskowców i mułków występujące w kompleksie ilastym, o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Utwory warstw dębowieckich wykazują znaczne zróżnicowanie wartości parametrów hydrogeologicznych oraz cech strukturalnych (Solik-Heliasz 1986). Z południa na północ rosną porowatość i przepuszczalność, zmniejsza się wielkość ziaren w osadzie, jednocześnie polepsza się jego wysortowanie i obtoczenie ziaren. Wartości podstawowych parametrów utworów warstw dębowieckich zamieszczono w **Tab. 1.1.14_123**.

Tab. 1.1.14_123 Wartości parametrów hydrogeologicznych utworów warstw dębowieckich w rejonie zbiornika numer 1

Parametry	Zbiornik 1
Porowatość, %	8,44-21,3
Przepuszczalność, mD	0,146-826,2
Wydajność, m ³ /h	1.,877-2,96
Wydatek jednostkowy, m ³ /hm	0,0910-0,4554
Miąższość poziomu, m	do 100 (przeciętnie 25-75 m)

Wyniki badań przeprowadzone w rejonie obszaru górniczego Kaczyce wykazały, że lokalnie poziom wodonośny warstw dębowieckich może się znajdować w łączności hydraulicznej z karbońskimi poziomami serii mułowcowej.

Górotwór karboński

Poziomy wodonośne związane są z ławicami piaskowców drobno i średnioziarnistych. W stropie pokładu 405 stwierdzono 9 warstw piaskowców, które stanowią lokalne poziomy wodonośne (**Tab. 1.1.14_124**). Ze wzrostem głębokości liczba wkładek się zmniejsza.

Tab. 1.1.14_124 Parametry karbońskich poziomów wodonośnych w rejonie zbiorników 1, 2 i 3

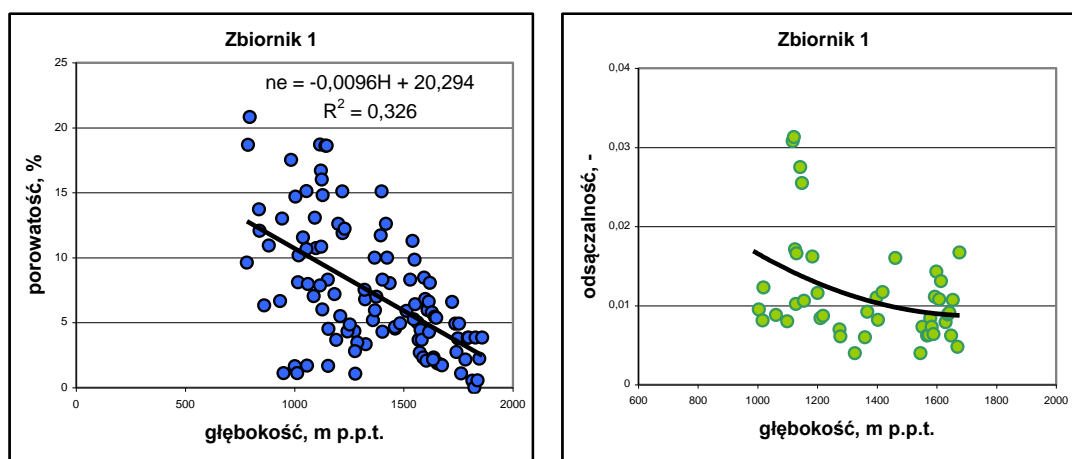
Parametry górotworu karbońskiego	Zbiornik 1	Zbiornik 2	Zbiornik 3
Porowatość, %	7,296	6,12	13,530
Odsączalność, <i>bezwym.</i>	0,011	0,010	0,027
Przepuszczalność, mD	0,675	1,99	36,170
Wydajność, m ³ /h	0,874	3,130	2,916

Wydatek jednostkowy, m ³ /hm	0,00145	-	-
Liczba warstw wodonośnych w stropie pokładu 405 (do stropu karbonu)	9	13	29
Sumaryczna miąższość piaskowców w stropie pokładu 405, m	70-150 śr. 65	55 śr. 55	183-278 śr. 232
Liczba warstw wodonośnych między pokładem 405 i 510	15	7	6
Sumaryczna miąższość piaskowców między pokładami 405 i 510, m	87-263 śr. 170	41-110 śr. 70	89-100 śr. 61
Sumaryczna miąższość piaskowców poniżej pokładu 510, m	27-74 śr. 30	65,8 śr. 65,8	26,7 śr. 26,7

W toku badań laboratoryjnych stwierdzono, iż wartości parametrów hydrogeologicznych zmieniają się w zakresie:

- porowatość 1,69-20,81%
- odsączalność <1-3%
- przepuszczalność <1-13 mD.

Porowatość klasyfikuje się do od małej do dużej; odsączalność jest mała a przepuszczalność jest charakterystyczna dla utworów od półprzepuszczalnych do nieprzepuszczalnych (Pazdro 1977). Wartości wspomnianych parametrów zmniejszają się z głębokością (**Fig. 1.1.14_141-143**), jednak tylko w przypadku porowatości zależność ta jest opisana współczynnikiem determinacji $R^2=0,326$; w przypadku odsączalności i przepuszczalności R^2 przyjmuje wartość poniżej 0,2.



n_e – porowatość efektywna

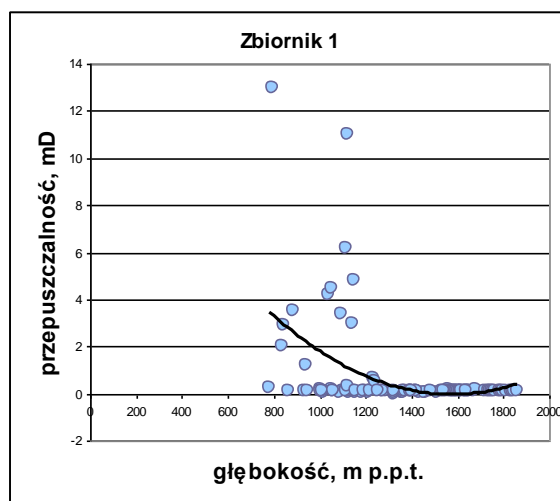


Fig. 1.1.14_141-143 Zmienność porowatości, odsączalności przepuszczalności utworów SM i GSP z głębokością w rejonie zbiornika numer 1 (z badań laboratoryjnych)

W toku badań polowych uzyskano wydajności wód z otworów wiertniczych o wielkości od 0,05 do 2,97 m³/h oraz wydatki jednostkowe różnicujące się od 0,00005 do 0,00365 m³/hm. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zmienności tych parametrów z głębokością. Również nie stwierdzono zależności wydajności od przepuszczalności. Wydajność i wydatki jednostkowe oraz parametry hydrogeologiczne wskazują na słabe zawodnienie piaskowców w obrębie serii mułowcowej i górnośląskiej serii piaskowcowej.

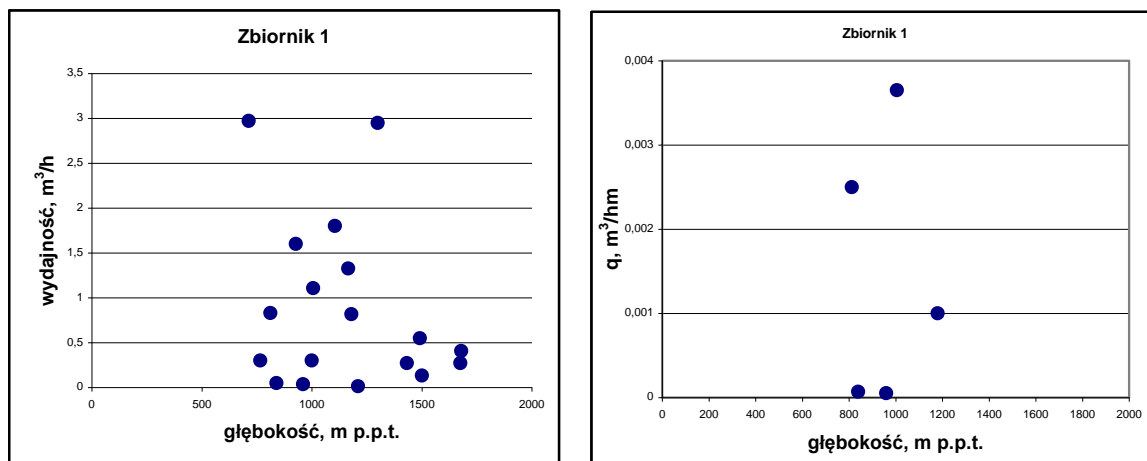


Fig. 1.1.14_144 i 145. Wydajność i wydatki jednostkowe poziomów SM i GSP

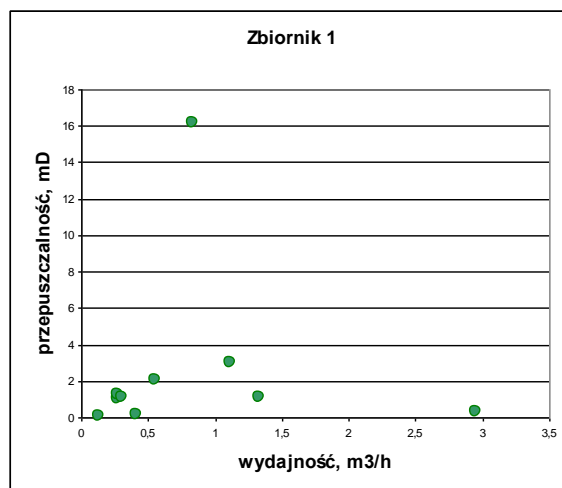


Fig. 1.1.14_146 Zależność przepuszczalności od wydajności utworów SM i GSP (z badań polowych)

Zbiornik 2 – Pawłowice

Rejon zbiornika 2 zlokalizowany jest na północ od dużej strefy tektonicznej Bzie-Czechowice, o zrzucie około 400-600 m na południe. W rejonie zbiornika strop utworów karbonu występuje na głębokości 210-880 m p.p.t; w nadkładzie zalega seria trzeciorzędowych iłów o miąższości 150-840 m. W stropowej partii górotworu karbońskiego występują utwory formacji KSP (lokalnie w NE części zbiornika) oraz SM i GSP, których strop wstępuje na głębokościach: SM 259-600 m, GSP 850-1650. Wybrane przekroje hydrogeologiczne przedstawiono na **Zał. 4,5**.

Nadkład trzeciorzędowy reprezentowany jest przez kompleks osadów ilastych. W jego obrębie występują cienkie warstwy piaskowców i mułowców stanowiących lokalne poziomy wodonośne.

Górotwór karboński jest na ogół słabo zawodniony. Poziomy wodonośne związane są z warstwami piaskowców głównie drobno i średnioziarnistych. Sumaryczna miąższość piaskowców w stropie pokładu 405 wynosi 55 m, między pokładami 405 i 510, 70 m, a w spągu pokładu 510, 65,8 m (**Tab. 1.1.14_124**).

Wartości podstawowych parametrów hydrogeologicznych przedstawiają się następująco:

Porowatość, %	0,001-15,98
Odsączalność (bezwymiarowa)	0,0062-0,0249
Przepuszczalność, mD	0,001-62,957.

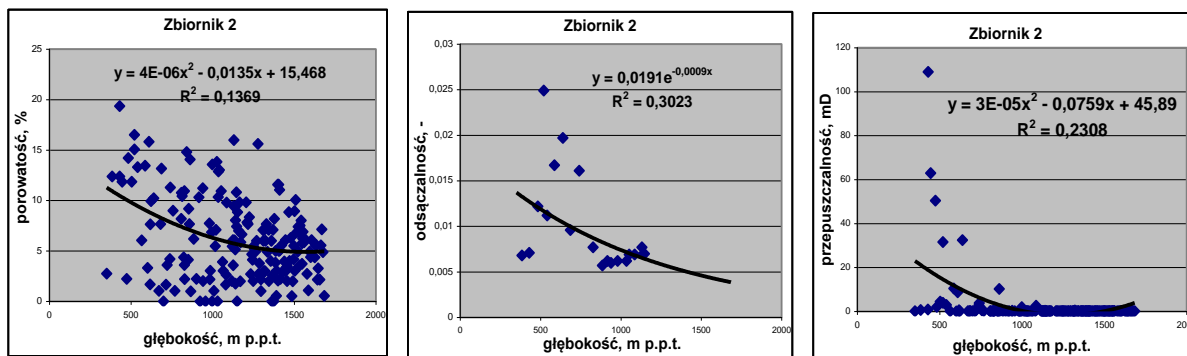


Fig. 1.1.14_147- 149 Zmienność porowatości, odsączalności i przepuszczalności piaskowców karbońskich z głębokością w rejonie zbiornika numer 2

Z powyższego wynika, że piaskowce wykazują porowatość od niskiej do średniej, odsączalność niską oraz przepuszczalność charakterystyczną dla skał półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych (Pazdro 1977). Wyniki badań laboratoryjnych próbek pochodzących z głębokości 300-1700 m wykazały słabą tendencję malejącą porowatości, przepuszczalności i odsączalności z głębokością (Fig. 1.1.14_147- Fig. 1.1.14_149). Podobnie słaba zależność dotyczyła odsączalności i porowatości oraz przepuszczalności i porowatości (Fig. 1.1.14_150- 152). Jedynie zmienność przepuszczalności z odsączalnością określona była wyższą wartością współczynnika R^2 , równą 0,8708.

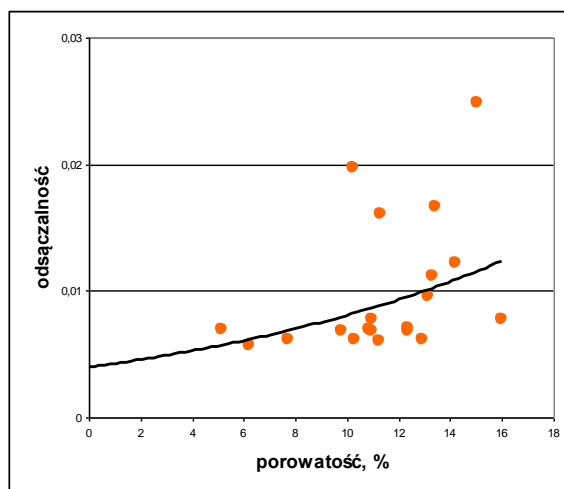


Fig. 1.1.14_150 Zależność odsączalności od porowatości

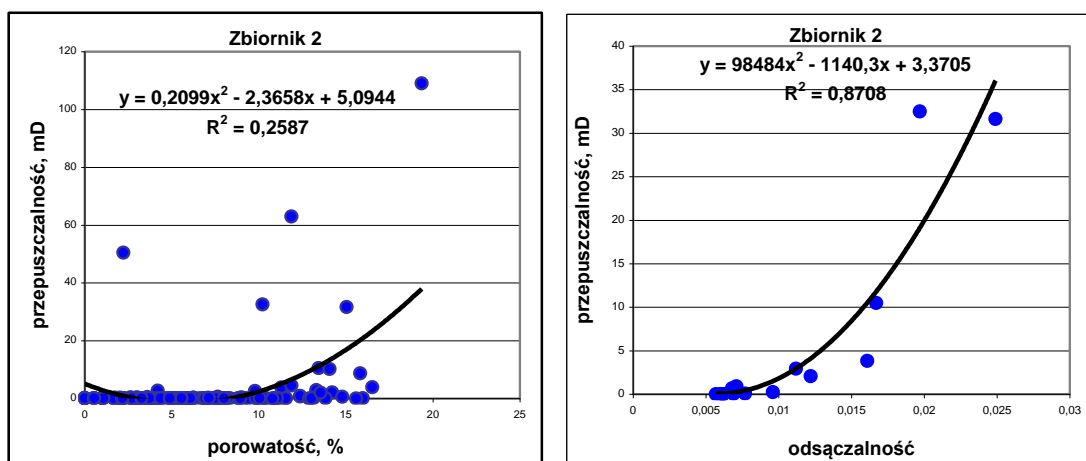


Fig. 1.1.14_151 i 152 Zależność przepuszczalności od porowatości i odsączalności

Wyniki badań polowych wykazały niskie wydajności wód z otworów oraz słabą zależność funkcyjną wydajności od głębokości (Fig. 1.1.14_153). Ekstrapolując krzywą regresji określono spodziewane wydajności wody na głębokości 1500 m p.p.t. Powinny one wynosić do około 2 m³/h.

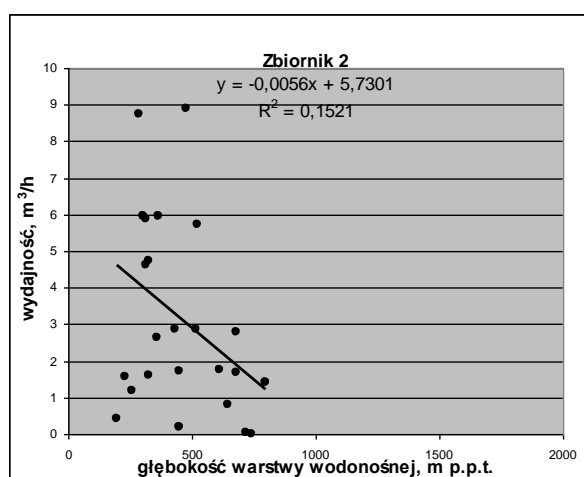


Fig. 1.1.14_153 Zmienność wydajności wody z otworów z głębokością

Zbiornik 3 – Studzienice-Międzyrzecze

Zbiornik numer 3 zlokalizowany jest w obszarze bloku tektonicznego, w strefie między dwoma systemami dyslokacji. Większa z nich, stanowiąca południową granicę zbiornika, dotyczy regionalnego uskoku Żory-Jawiszowice, o zrzucie 600-1200 m na południe. Strop karbonu występuje we wskazanym rejonie na głębokości około 170-370 m p.p.t. W profilu pionowym występują utwory trzeciorzędowe oraz karbońskie, w tym, osady KSP, SM (strop 700-1850 m) oraz na dużych głębokościach GSP i utwory starsze. Reprezentatywne przekroje hydrogeologiczne przedstawiono na Zał. 6, 7.

Trzeciorzęd reprezentowany jest przez kompleks izolacyjnych utworów ilastych. Pośród nich występują cienkie wkładki piaszczyste stanowiące lokalne poziomy wodonośne.

Karbon w stropowej partii ma wykształcenie piaszczyste. Reprezentowany jest przez przepuszczalny kompleks skał krakowskiej serii piaskowcowej. Są to piaskowce średnio i gruboziarniste, miejscami zlepieńcowate, oraz iłowce, najczęściej towarzyszące pokładom węgla grupy 200. Poniżej zalegają utwory serii mułowcowej, to jest iłowce z przewarstwieniami mułowców, piaskowców i pokładów węgla grupy 300.

Poziomy wodonośne są związane z warstwami piaskowców. W stropie pokładu 405 ich łączna miąższość wynosi 232 m i maleje wraz z głębokością do 26,7 m (Tab. 1.1.14_123).

Dla górotworu karbońskiego wyznaczono następujące zakresy zmienności parametrów hydrogeologicznych:

Porowatość, %	2,22-28,57
Odsączalność, <i>bezwymiarowa</i>	0,0065-0,0526
Przepuszczalność, mD	0,300-413,648.

Parametry te wykazują na ogół słabą zależność z głębokością; dotyczy to porowatości, odsączalności i przepuszczalności (Fig. 1.1.14_154-Fig. 1.1.14_156). Podobnie jest z zależnością przepuszczalności od porowatości i odsączalności od porowatości (Fig. 1.1.14_157 i Fig. 1.1.14_158). Wskazuje to na duże rozproszenie wartości tych parametrów. Potwierdzają to wyniki badań polowych. Uzyskane wydajności wody z otworów zmieniają się w szerokim zakresie, od 0 do 24,936 m³/h (Fig. 1.1.14_159), przy czym wydajność dobrze koreluje się z przepuszczalnością warstw piaskowców (Fig. 1.1.14_160).

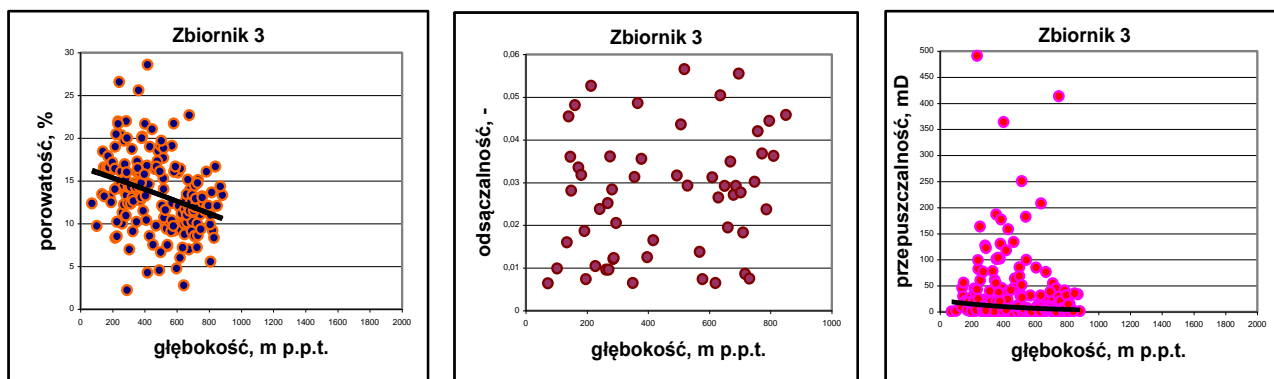


Fig. 1.1.14_154- 156 Zależność porowatości, odsączalności i przepuszczalności od głębokości w rejonie zbiornika numer 3

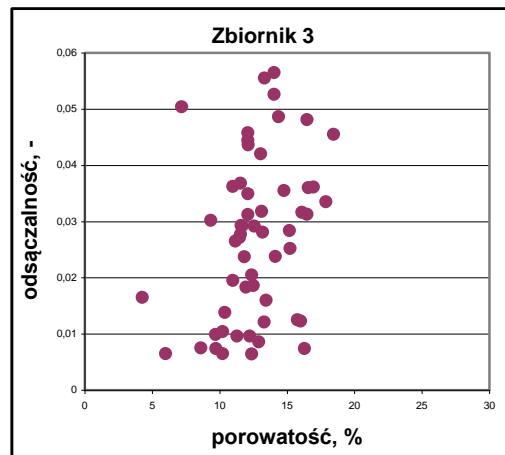
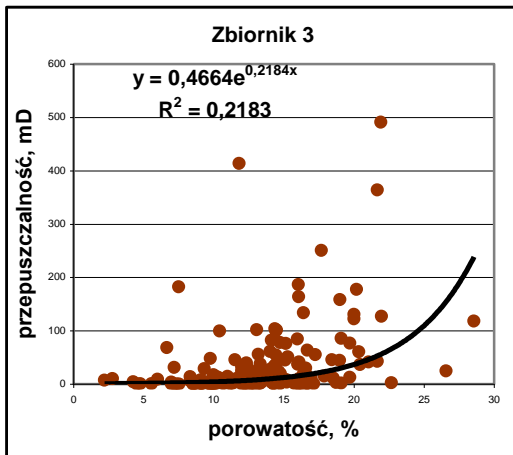


Fig. 1.1.14_157 i 158 Wykresy zmienności parametrów hydrogeologicznych

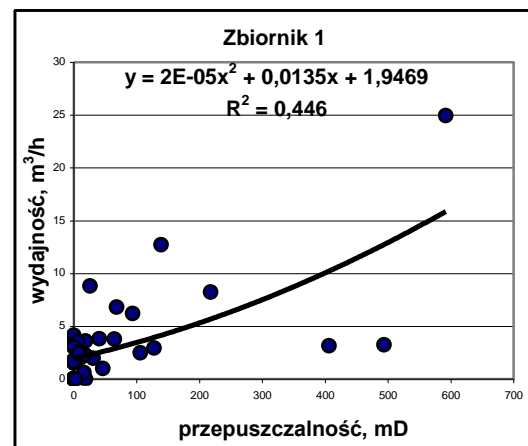
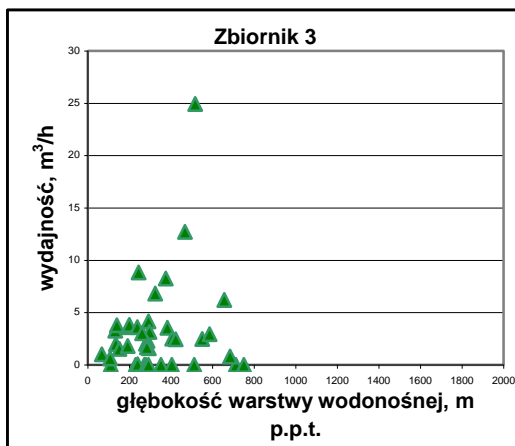


Fig. 1.1.14_159 i 160 Zależność wydajności od głębokości i przepuszczalności

Zawodnienie i parametry hydrogeologiczne węgla kamiennych

Pokłady węgla kamiennego nie stanowią poziomów wodonośnych. Tym niemniej mogą być zawodnione. O zawodnieniu decydują parametry hydrogeologiczne, głównie porowatość i przepuszczalność. Dysponujemy jednak niewielką ilością danych w tym zakresie. Na podstawie danych własnych (Bank danych GIG) oraz literaturowych (Czerw i in. 2008, Marecka 2007, Mastalerz i in. 2004, Zarębska i in. 2008, Bruining i in. 2004) wyznaczono zakresy podstawowych parametrów –**Tab. 1.1.14_125**.

Tab. 1.1.14_125 Parametry hydrogeologiczne węgla kamiennych w GZW

Gęstość rzeczywista	Porowatość	Przepuszczalność
g/dm ³	%	mD
1,372-1,565	<1 – 15,86	0,51-2,27

Według klasyfikacji hydrogeologicznej (Pazdro 1977), porowatość węgla różnicuje się od bardzo słabej do średniej, a przepuszczalność jest charakterystyczna dla skał półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych.

Porowatość jest parametrem, który decyduje o chłonności węgla - będzie więc miała decydujące znaczenie przy zatłaczaniu CO₂. Porowatość jest zależna od składu macerałów oraz od metamorfizmu węgla (Marecka 2000). Z dotychczasowych badań wynika, że węgle kamienne cechują się biporowatością. Wyraża się ona występowaniem mikro- i makro por. W transporcie medium (wody, gazu) biorą udział makro pory, natomiast sorpcja gazu zachodzi w znacznej mierze w mikro porach. *In situ* węgle wykazują znaczą zdolność do pęcznienia lub kurczenia się w zetknięciu z sorbatem (Reeves 2002, Karacan 2003). Może to skutkować zmianą porowatości i przepuszczalności. Z punktu widzenia hydrogeologicznego można przypuszczać, że istnieje jeszcze jeden rodzaj pustych przestrzeni w węglu; są to pęknięcia i szczeliny. Obecność szczelin, wyrażona ilościowo przez współczynnik szczelinowatości, będzie miała duże znaczenie przy przewodzeniu wody i CO₂. Istnienie rozwiniętej szczelinowatości obserwuje się na rdzeniach piaskowców i iłowców w rejonie uskoków i stref tektonicznych; można przypuszczać, że będzie to dotyczyło również węgla zwłaszcza, że parametry wytrzymałościowe węgla (jak wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie, zwięzłość) są niższe, niż innych typów litologicznych skał w GZW. Dodatkowo, w zasięgu oddziaływania górnictwa podziemnego węgla istnieją również szczeliny poeksploatacyjne, związane z likwidacją wyrobisk górniczych z zawałem stropu. W partiach zeszczelinowaconych współczynnik przepuszczalności może wzrosnąć do kilkunastu-kilkudziesięciu mD, a bezpośrednio ponad strefą zawałową do kilku tysięcy mD (Rogoż 2007).

Analiza reżimu hydrodynamicznego w rejonie potencjalnych zbiorników CO₂ w pokładach węgla

Basen sedymentacyjny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zawiera poziomy wód artezyjskich. Związane są one z przewarstwieniami piaskowców, występujących pośród kompleksu skał ilastych. W strukturze tej wydzielono dwa obszary: I, charakterystyczny dla partii hydrogeologicznie odkrytych, zlokalizowany w północno-wschodniej części zagłębia; II, charakterystyczny dla partii hydrogeologicznie zakrytych, zlokalizowany w południowo zachodniej części zagłębia (Rózkowski, red. 2004) – **Zał. 1.** Zasilanie karbońskich poziomów z opadów atmosferycznych zachodzi w obszarze I, gdzie w stropie utworów karbońskich występują przepuszczalne utwory nadkładu: czwartorzędowe lub triasowe, oraz lokalnie w obszarze II, w rejonach okien hydrogeologicznych, bądź zredukowanej miąższości trzeciorzędu. W obszarze II w nadkładzie karbonu występuje gruba seria nieprzepuszczalnych iłów, uniemożliwiających zasilanie z powierzchni terenu.

W obszarze I stwierdza się najwyższe rzędne ciśnień hydrostatycznych, od +224,6 m n.p.m. do +312,1 m n.p.m. W kierunku południowym, w niecce głównej, rzędne te obniżają się do +208,2 m n.p.m. do +108,0 m n.p.m. Jedynie w rejonie eksploatacji górniczej ciśnienie wód zmniejsza się o kilka MPa. W skali regionalnej przepływ wód w utworach karbonu przebiega od obszarów wysokich ciśnień położonych w rejonach Wyżyny Śląskiej w obszarze I, ku obszarom niskich ciśnień w obszarze II w rejonie Kotliny Oświęcimskiej, czyli z północy na południe.

Drenaż poziomów wodonośnych następuje w obszarach górnictwa podziemnego i lokalnie poprzez cieki powierzchniowe. Niektóre uskoki również ułatwiają migrację wód podziemnych, jak choćby uskoki kłodnicki, bełcki, jawiszowicki.

Analiza ciśnienia wód podziemnych jest niezbędna do przyszłych prac projektowych, celem prawidłowego doboru wysokości ciśnienia iniekcji CO₂.

Analiza ciśnienia oraz warunków zasilania w rejonie zbiornika 1

Karbońskie poziomy wodonośne zawierają wody reliktowe. Są one odizolowane od siebie pakietami iłowców i mułowców. Jednak niewielkie różnice ciśnień między nimi wydają się wskazywać na możliwość migracji (w skali geologicznej) wód między nimi.

Poziomy wodonośne karbonu nie są zasilane z powierzchni terenu. Zawierają one wody reliktowe. Również duża strefa uskokowa Bzie-Czechowice, na odcinku obszaru górniczego Bzie, nie jest wodonośna. Potwierdzono to obserwacjami poczynionymi w trakcie przechodzenia przekopem z wyrobisk kopalni Zofiówka do pola Bzie. Podobnie w kopalni Morcinek obserwowano bardzo słabe zawodnienie górotworu karbońskiego. Uskoki były na ogół suche, a niewielkie wypływy wody pochodziły na ogół ze strefy opierającej uskoki (Dokumentacje 1986, 1998). Szczelność uskoków jest charakterystyczna dla obecnego reżimu hydrodynamicznego. W przypadku zatłaczania CO₂ pod ciśnieniem większym, niż obecne ciśnienie hydrostatyczne, może dojść do zmian i udrożnienia górotworu karbońskiego.

W karbońskim piętrze wodonośnym rejonu zbiornika numer 1 stwierdzono wzrost ciśnienia wody w miarę wzrostu głębokości zalegania poziomów wodonośnych. Zależność opisana jest równaniem, jak na **Fig. 1.1.14_161**, oraz dosyć wysokim współczynnikiem determinacji, R^2 , równym 0,7388. Ciśnienie zmienia się od 5 MPa na głębokości około 700 m p.p.t. Ekstrapolując krzywą regresji można ocenić wielkość ciśnienia w

głębokich partiach górotworu. Na głębokości 1500 m wyniesie ono średnio 12,45 MPa, a na 2000 m p.p.t. 21,65 MPa.

Analiza statystyczna danych wykazała, że ze wzrostem głębokości rośnie głębokość ustalonego zwierciadła wody (Fig. 1.1.14_162). Zależność ta opisana jest współczynnikiem korelacji poniżej 0,2.

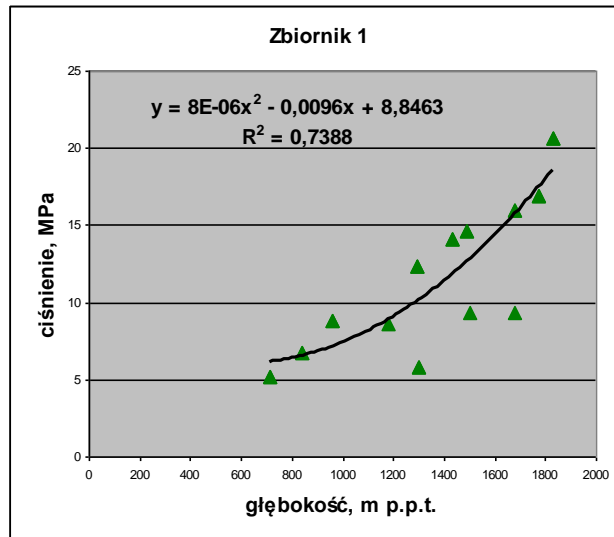


Fig. 1.1.14_161 Zmienność ciśnienia od głębokości poziomów wodonośnych SM i GSP

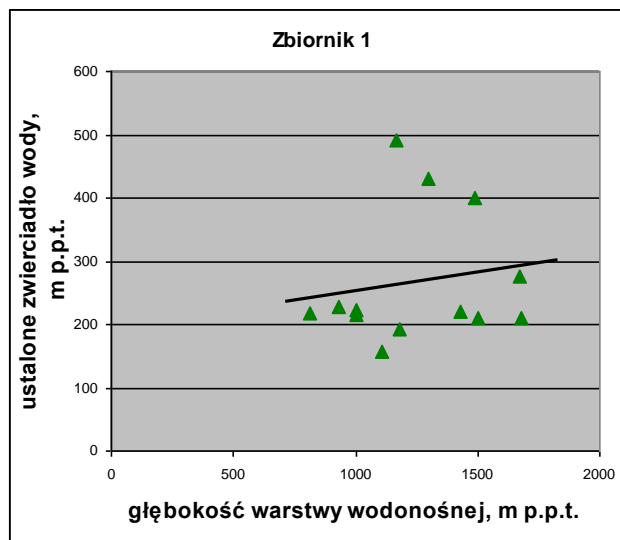


Fig. 1.1.14_162 Zależność głębokości ustalonego zwierciadła wody od głębokości poziomu wodonośnego

Analiza ciśnienia oraz warunków zasilania w rejonie zbiornika 2

W rejonie zbiornika Pawłowice stwierdzono obniżanie się głębokości ustalonego zwierciadła wody wraz ze wzrostem głębokości poziomów wodonośnych. Zależności przedstawiono na **Fig. 1.1.14_163** i **Fig. 1.1.14_164**. Ekstrapolując krzywe regresji można wnosić, że dla poziomów wodonośnych zalegających na głębokości 1500 m p.p.t. zwierciadło będzie się stabilizowało na głębokości 152,1 m to jest na rzędnej +123,7 m, natomiast dla poziomów z głębokości 2000 m, na odpowiednio 209,1 m p.p.t., to jest na rzędnej +73,6 m.

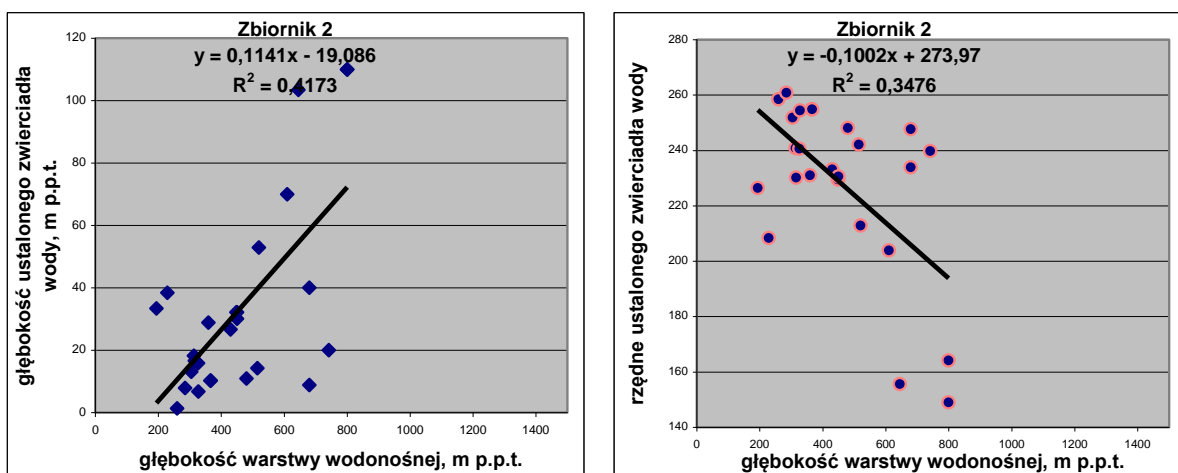


Fig. 1.1.14_163 i 164 Zależność ustalonego zwierciadła od głębokości zalegania poziomów wodonośnych

Ciśnienie wody w poziomach rośnie wraz z głębokością zgodnie z równaniem przedstawionym na **Fig. 1.1.14_165**. Na głębokości 1500 m można się spodziewać ciśnienia o wielkości 11,2 MPa, a na głębokości 2000 m, 14,9 MPa.

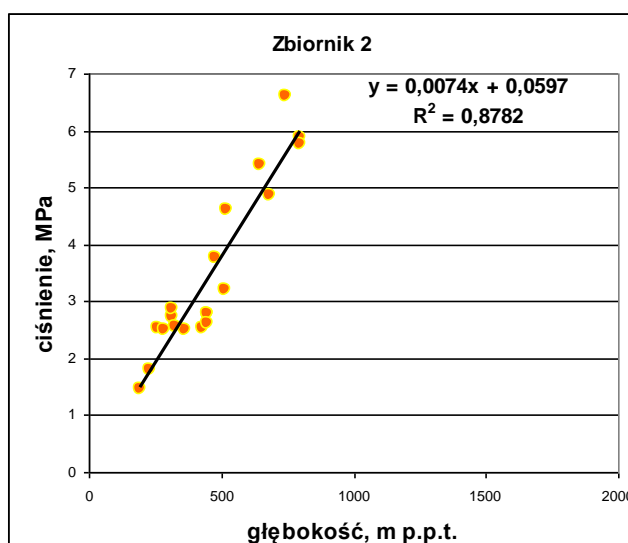


Fig. 1.1.14_165 Zmienność ciśnienia wód z głębokością
14-371

Wyniki badań chemizmu wód wykazały, że poziomy wodonośne zawierają wody reliktowe. Nie ma więc możliwości infiltracji wód pochodzących z powierzchni terenu. W odniesieniu do zawodnienie stref uskokowych – nie stwierdzono, aby uskok Bzie-Czechowice był zawodniony. Dotyczy to jednak obecnych warunków hydrodynamicznych. Nie można wykluczyć jego udrożnienia w przypadku zatłaczania CO₂ pod ciśnieniem większym, niż hydrostatyczne.

Analiza ciśnienia oraz warunków zasilania w rejonie zbiornika 3

Zbiór danych charakteryzujących reżim hydrodynamiczny karbońskich poziomów wykazywał w rejonie zbiornika 3 duże rozproszenie. Statystyczne zależności cechował współczynnik korelacji poniżej 0,2. Zwierciadło wody tych poziomów stabilizuje się najczęściej na głębokości około 20-70 m p.p.t., to jest na rzędnej około +190 - +240 m (Fig. 1.1.14_166 i Fig. 1.1.14_167). Ciśnienie wody w poziomach karbońskich koreluje się z głębokością poziomów; zależność ta jest opisana współczynnikiem R² równym 0,8. Z przebiegu krzywej regresji można wnosić, że ciśnienie wody w poziomach na głębokości 1500 m p.p.t. będzie wynosiło 12,1 MPa, a na głębokości 2000 m, 16,3 MPa.

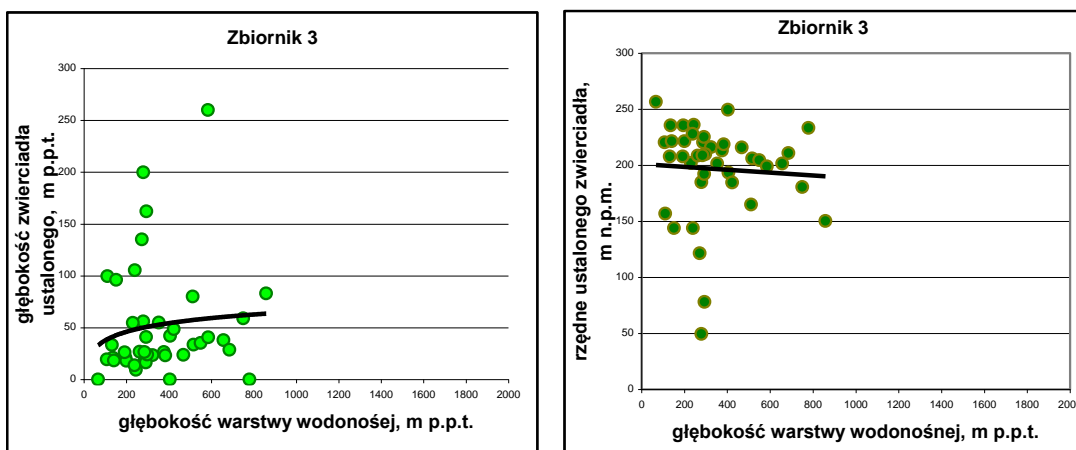


Fig. 1.1.14_166 i 167 Zależność głębokości i rzędnych ustalonego zwierciadła wody w karbońskich poziomach od głębokości warstwy wodonośnej

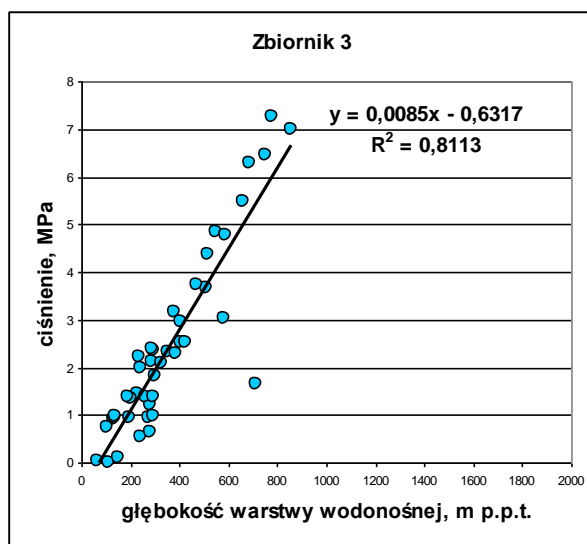


Fig. 1.1.14_168 Zależność ciśnienia wody w karbońskich poziomach od głębokości

Zbiorcze zestawienie ciśnień w rejonie zbiorników 1-3 wskazuje, że na głębokości 1500 m i 2000 m najwyższe ciśnienie wystąpi w rejonie zbiornika Bzie (**Tab. 1.1.14_126**).

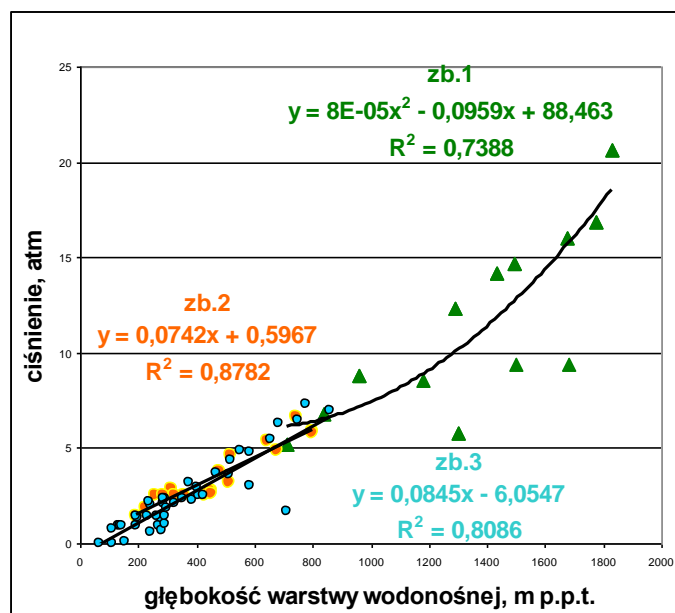


Fig. 1.1.14_169 Zbiorcze zestawienie ciśnienia wód w karbońskim piętrze wodonośnym w rejonie zbiorników 1-Bzie, 2 -Pawłowice, 3 -Studzienice-Międzyrzecze

Tab. 1.1.14_126 Prognozowane ciśnienie wody w poziomach karbońskich do głębokości 2000 m p.p.t

Głębokość poziomów m p.p.t.	Ciśnienie, MPa		
	Zbiornik 1	Zbiornik 2	Zbiornik 3
1500	12,45	11,2	12,1
2000	21,65	14,9	16,3

Wyniki badań chemizmu wód wykazują, że poziomy wodonośne w rejonie zbiornika Studzienice-Międzyrzecze zawierają wody reliktowe. Jednak w rejonie uskoku Żory-Jawiszowice nie można wykluczyć ich łączności z płycej zalegającymi poziomami wodonośnymi.

Drenaż poziomów wód w głębszych

Karbońskie poziomy wód w głębszych w rejonie wytypowanych zbiorników 1 i 2 znajdują się obecnie poza zasięgiem drenażu. Lokalnie w rejonie zbiornika 3, w rejonie uskoku Żory-Jawiszowice, może zachodzić migracja wód, to jest zasilanie wspomnianej strefy z płytszych poziomów wodonośnych, oraz odpływ wód do systemu głębokiego krążenia. W najbliższych latach w rejonie wytypowanych zbiorników 1-3 nie jest jednak wykluczony drenaż górotworu karbońskiego i nadkładu ze strony górnictwa podziemnego, to jest planowanych kopalń Bzie i Pawłowice oraz czynnej kopalni Brzeszcze. Określenie wpływu drenażu wymaga jednak opracowania odrębnej analizy oddziaływania – co będzie przedmiotem kolejnych prac.

Charakterystyka pola temperaturowego

Znajomość temperatury górotworu jest niezbędna przy wyznaczaniu parametrów iniekcji CO₂. Wyniki prac Karwasieckiej (1996) wskazują, że pole temperaturowe na obszarze GZW nie jest jednorodne. Stwierdzono strefy o podwyższonej temperaturze, m.in. w południowej i zachodniej częściach zagłębia. Poniżej zamieszczono wyniki rozpoznania temperaturowego na poziomach -1000 m i -1500 m (Karwasiecka 2009), pochodzącego z opracowanego Atlasu zasobów energii geotermalnej w regionie górnośląskim (Solik-Heliasz red. 2009). Z zamieszczonych map (**Załącz. 8, 9**) wynika, że obszar zbiornika 1 cechuje się wyższymi temperaturami, niż obszar zbiornika numer 3. Na zróżnicowanie temperatury wpływa gęstość ziemskiego strumienia ciepła oraz przewodność cieplna skał. Zagadnienia temperatury górotworu będą miały znaczenie przy opracowaniu warunków technicznych zatłaczania CO₂ do pokładów węgla kamiennego.

Podsumowanie

W pracy zawarto analizę parametrów hydrogeologicznych, zawodnienia i reżimu hydrodynamicznego karbońskich poziomów wodonośnych w rejonie wytypowanych do składowania CO₂ zbiorników 1, 2 i 3. Przedmiotem badań był głównie górotwór w rejonie pokładów węgla, zalegających na dużej głębokości, 1000-2000 m, to jest głównie otoczenie pokładów od 405 do 510.

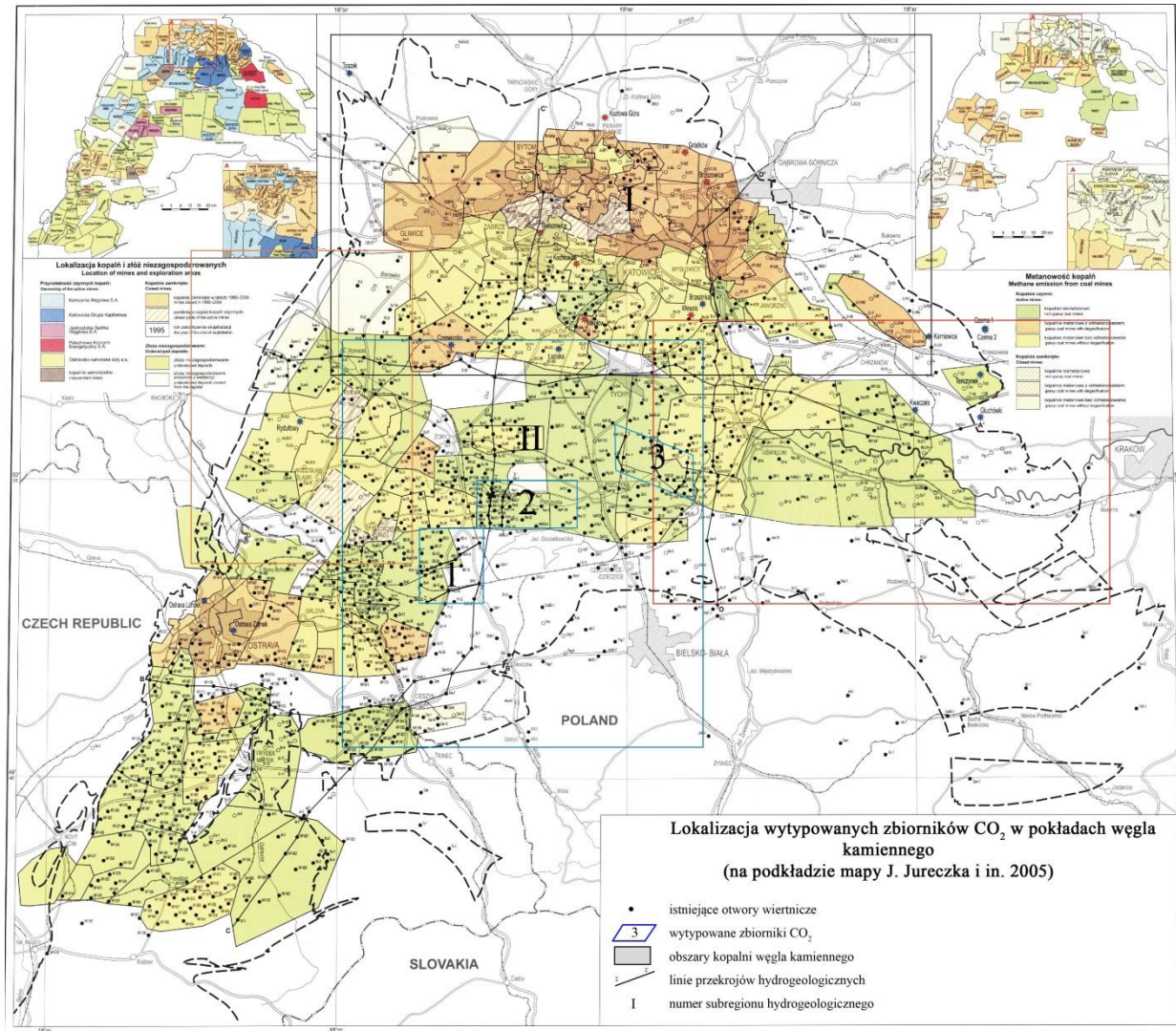
Wyniki analizy hydrogeologicznej wskazują, że znajomość zawodnienia górotworu (w tym ilości i miąższości poziomów wodonośnych, znajomości panujących ciśnień, temperatury, parametrów hydrogeologicznych zawodnionych utworów, szczelności uskoków) jest niezbędna przy opracowaniu założeń do zatłaczania CO₂ do pokładów węgla. Obecność poziomów wodonośnych może być gwarantem bezpiecznego zatłaczania CO₂ do pokładów, a poziomy wodonośne zalegające w zasięgu (prawdopodobnego) szczelinowania pokładów mogą stanowić dodatkowe składowisko CO₂. Tym samym mogą one zwiększyć potencjał składowania w danej partii górotworu.

Wyniki badań wykazały, że górotwór karboński jest znacznie zawodniony w rejonie zbiornika 3 (Studzienice-Międzyrzecze) – **Tab. 1.1.14_124**. W partii tej stwierdzono korzystne wartości parametrów hydrogeologicznych i znaczny udział warstw piaskowców w nadkładzie pokładu 405 (stanowiących lokalne poziomy wodonośne). Rejon ten cechuje stosunkowo niska temperatura górotworu (**Zał. 8, 9**). Jednocześnie oceniono, że porowatość i przepuszczalność węgla kamiennych są bardzo niskie, jednak mogą rosnąć w strefach zeszcelinowaconych (uskoków tektonicznych oraz szczelin powstałych w wyniku zawałowej eksploatacji węgla kamiennego).

Statystyczna analiza zmienności wykazała zmniejszanie się wartości podstawowych parametrów hydrogeologicznych zawodnionych piaskowców (porowatości, przepuszczalności, odsączalności, wydajności otworów i wydatku jednostkowego) z głębokością.

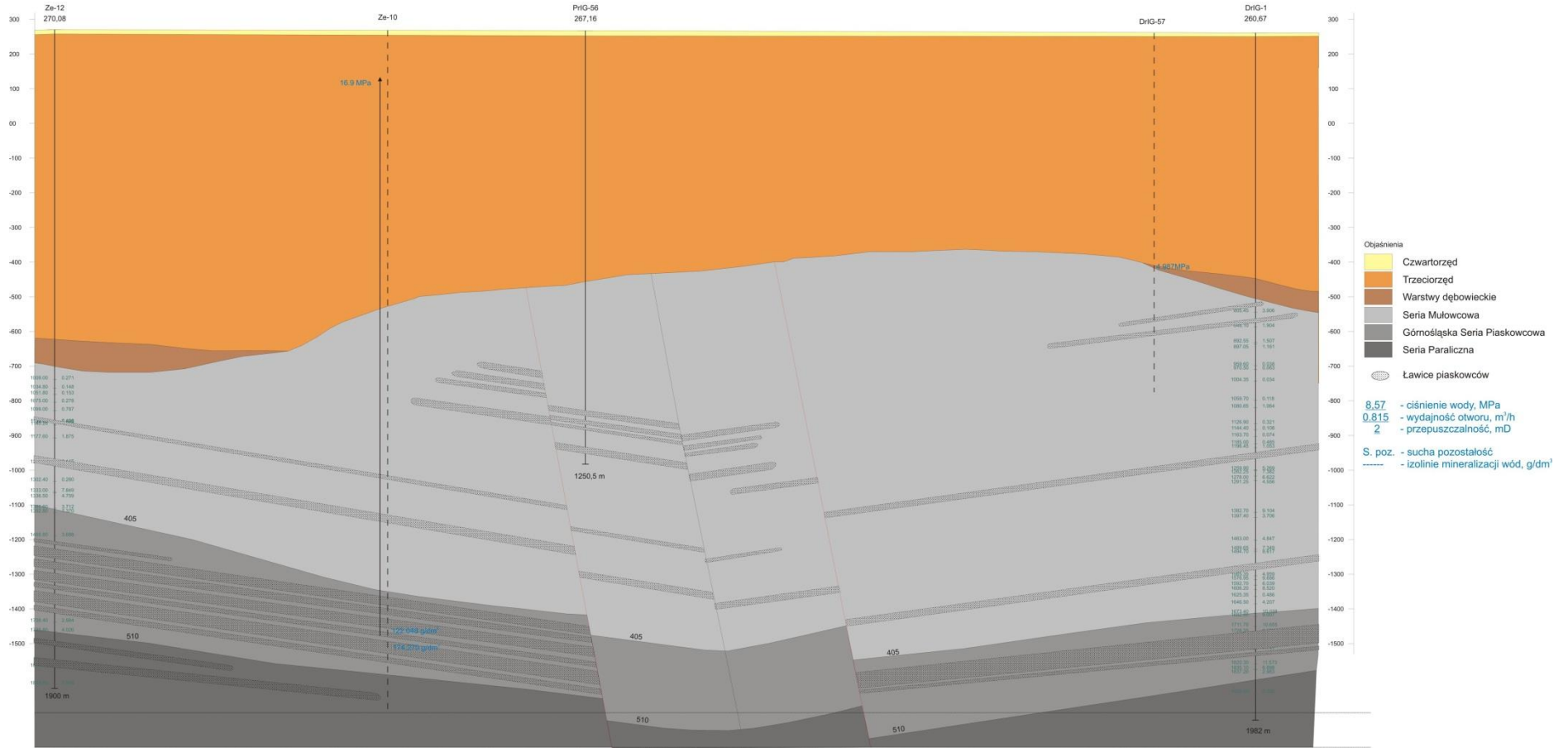
Analiza reżimu hydrodynamicznego wykazała, że zbiorniki 1-3 zlokalizowane w subregionie II (Rózkowski, red. 2004), nie są zasilane z powierzchni terenu, a z płytko zalegających poziomów wodonośnych. Otoczenie zbiorników jest szczelne. Szczelne są również uskoki, za wyjątkiem uskoku Żory-Jawiszowice, w którym istnieje możliwość migracji wód. Zawodnienie uskoków może się jednak zmienić w trakcie zatłaczania CO₂ pod ciśnieniem większym, niż obecne ciśnienie hydrostatyczne.

Analiza ciśnienia wody w karbońskich poziomach oraz opracowana prognoza wskazują, że na głębokości 1500 i 2000 m (to jest na głębokości prawdopodobnego zatłaczania CO₂) najwyższe ciśnienie wody wystąpi w rejonie zbiornika Bzie (numer 1) – 12,45-21,65 MPa; niższe dotyczą zbiorników Pawłowice oraz Studzienice-Międzyrzecze (numer 2 i 3) – **Fig. 1.1.14_169** i **Tab. 1.1.14_126**. Otoczenie zbiorników wytypowanych do składowania CO₂ znajduje się obecnie poza zasięgiem drenażu górniczego. Może to jednak ulec zmianie w związku z planowaną budową kopalń Bzie i Pawłowice oraz z trwającym drenażem karbońskich poziomów wodonośnych w czynnej kopalni Brzeszcze. Zagadnienie to musi być przedmiotem odrębnej analizy oddziaływania.



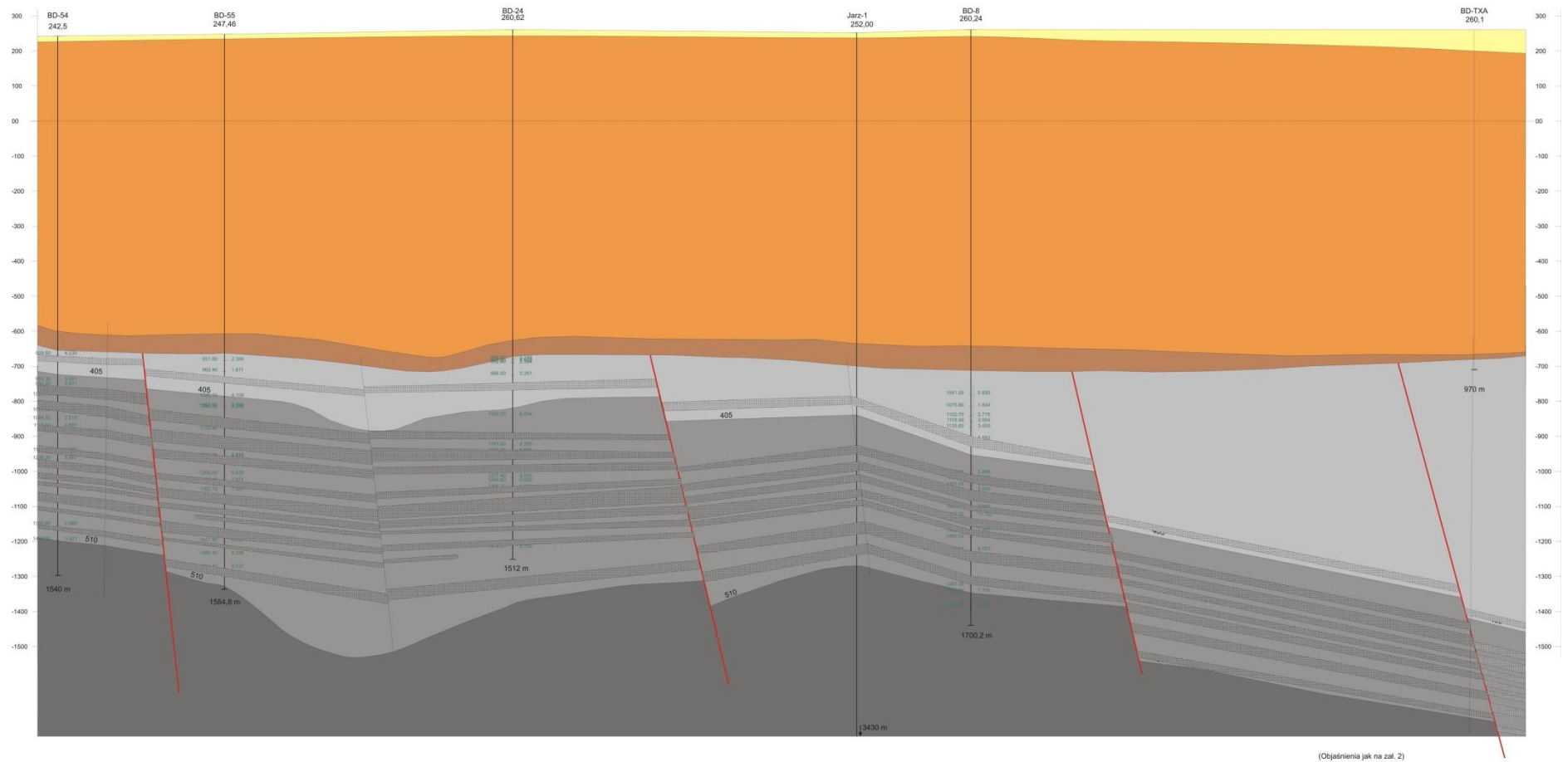
Załącznik 1

PRZEKRÓJ 2-2'



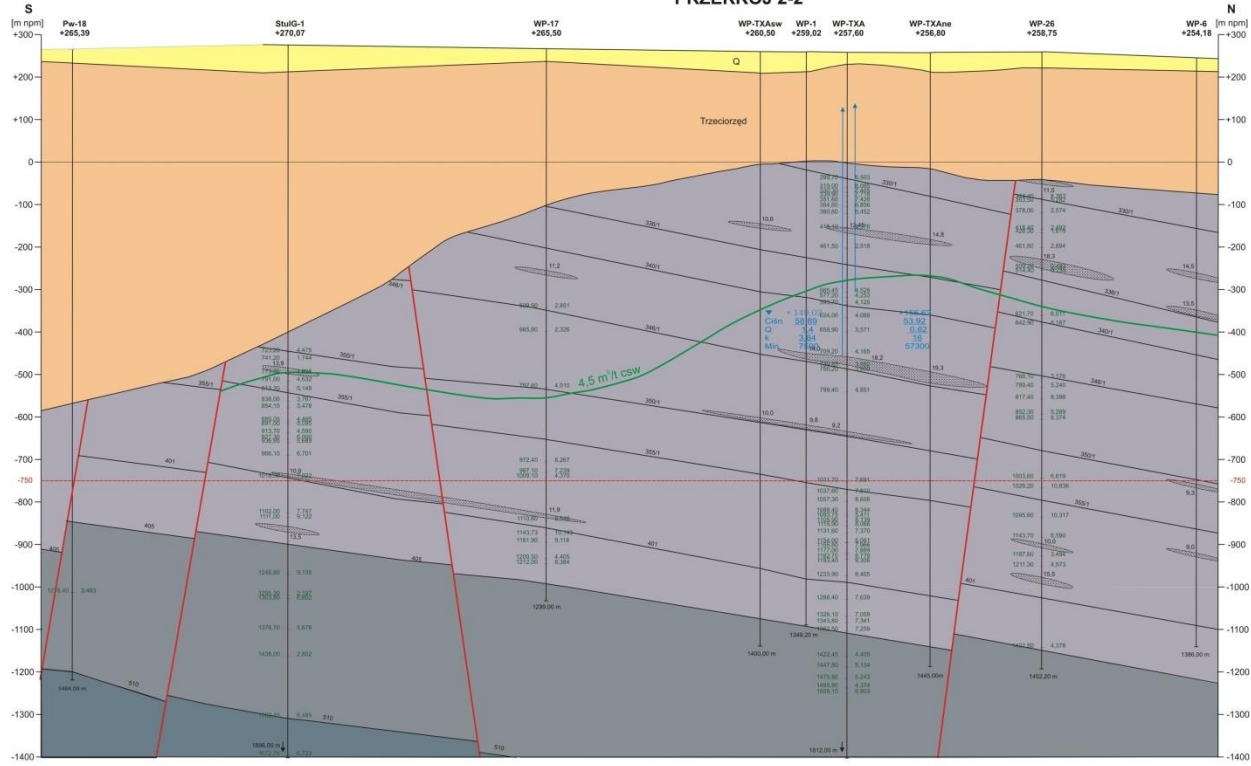
Załącznik 2

PRZEKRÓJ 3-3'



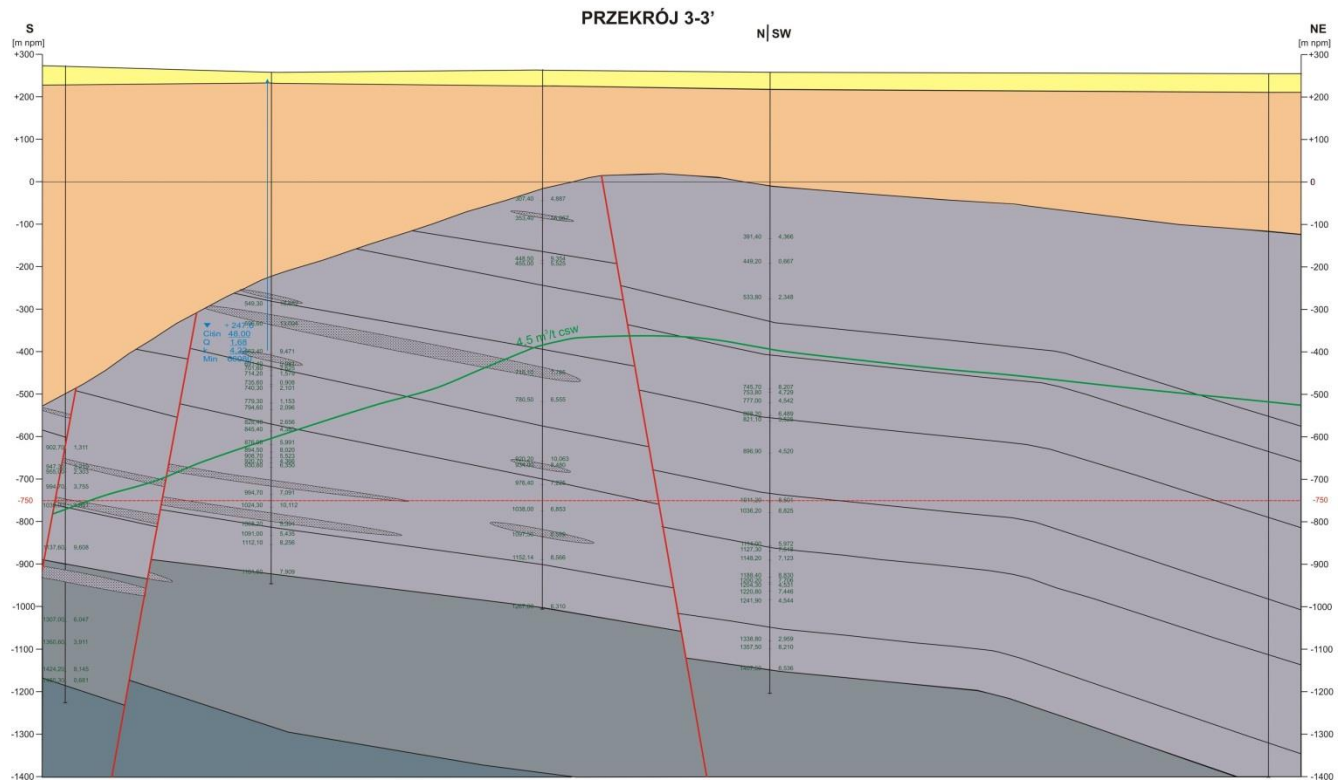
Zał. 3

PRZEKRÓJ 2-2'



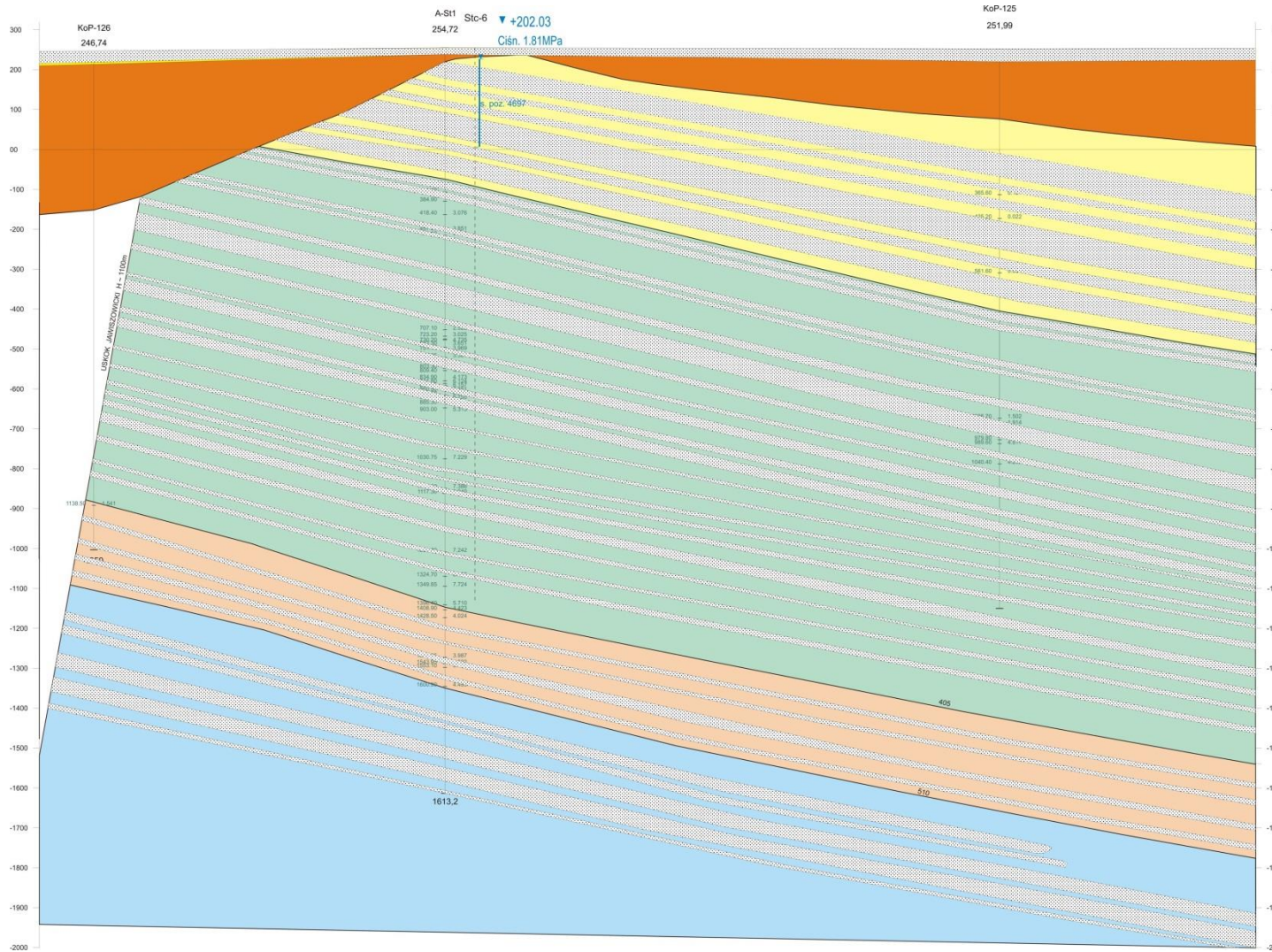
- Objaśnienia:**
- czwartorzęd
 - trzeclorzęd - miocen
 - karbon - seria mułowcowa
 - karbon - gómsłaska seria piaskowcowa
 - karbon - seria paraliczna
 - rzędna -750m n.p.m.
 - strop strefy metanowej
 - 25.0 ławice piaskowców i ich miąższość [m]
 - 3402 numery pokładów węgla
 - 2.386 metanocność pokładów węgla [m³/t c.s.w.]
- 8.57 - ciśnienie wody, MPa
 0.815 - wydajność otworu, m³/h
 2 - przepuszczalność, mD
- S. poz. - sucha pozostałość
 ----- - izolinie mineralizacji wód, g/dm³

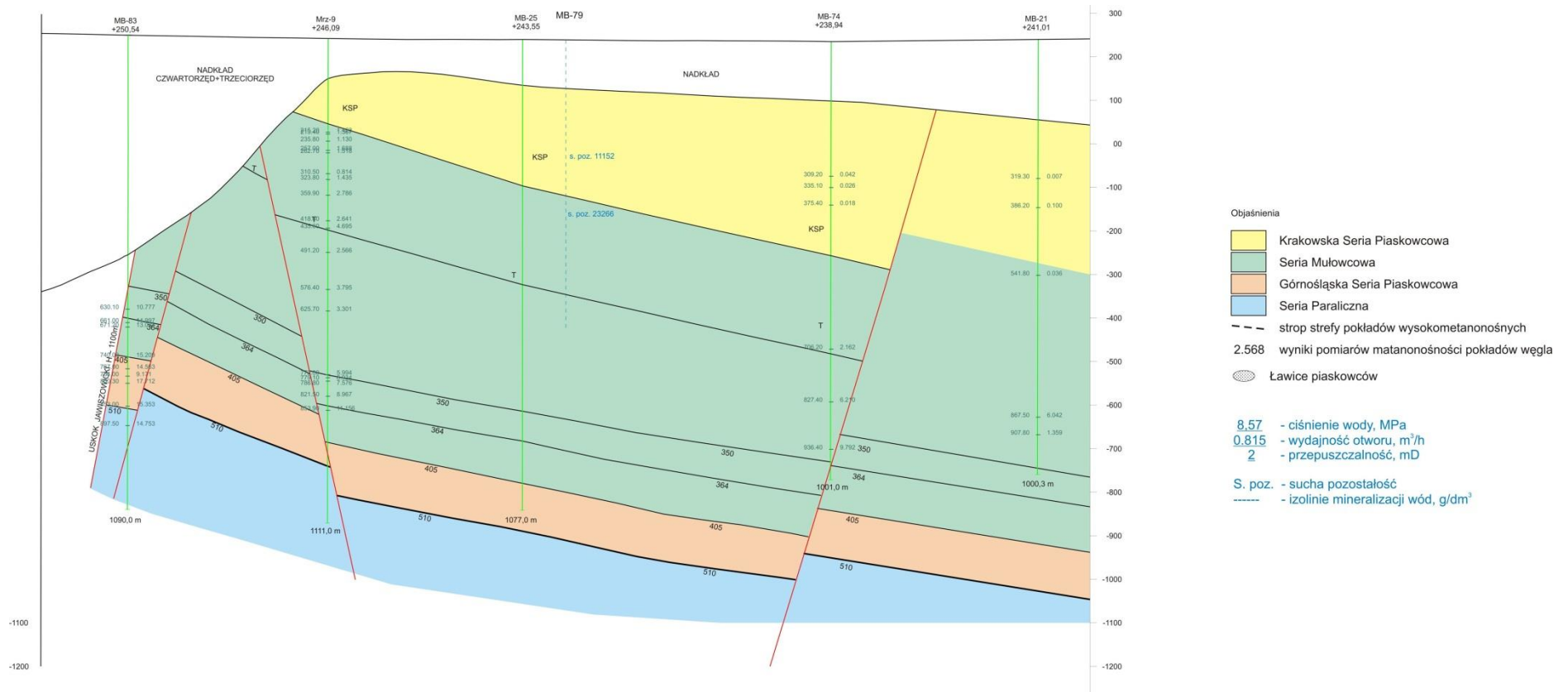
Załącznik 4



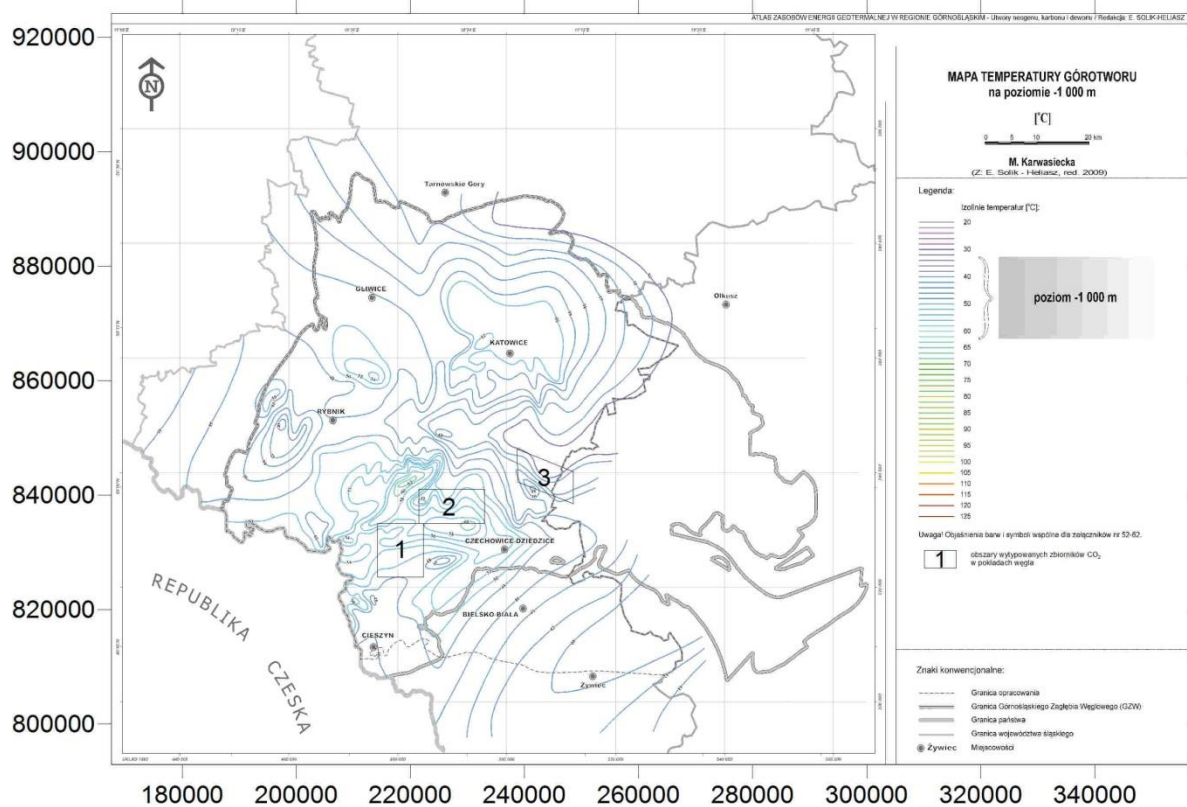
8.57 - ciśnienie wody, MPa
0.815 - wydajność otworu, m³/h
2 - przepuszczalność, mD
S. poz. - sucha pozostałość
----- - izolinie mineralizacji wód, g/dm³

Załącznik 5

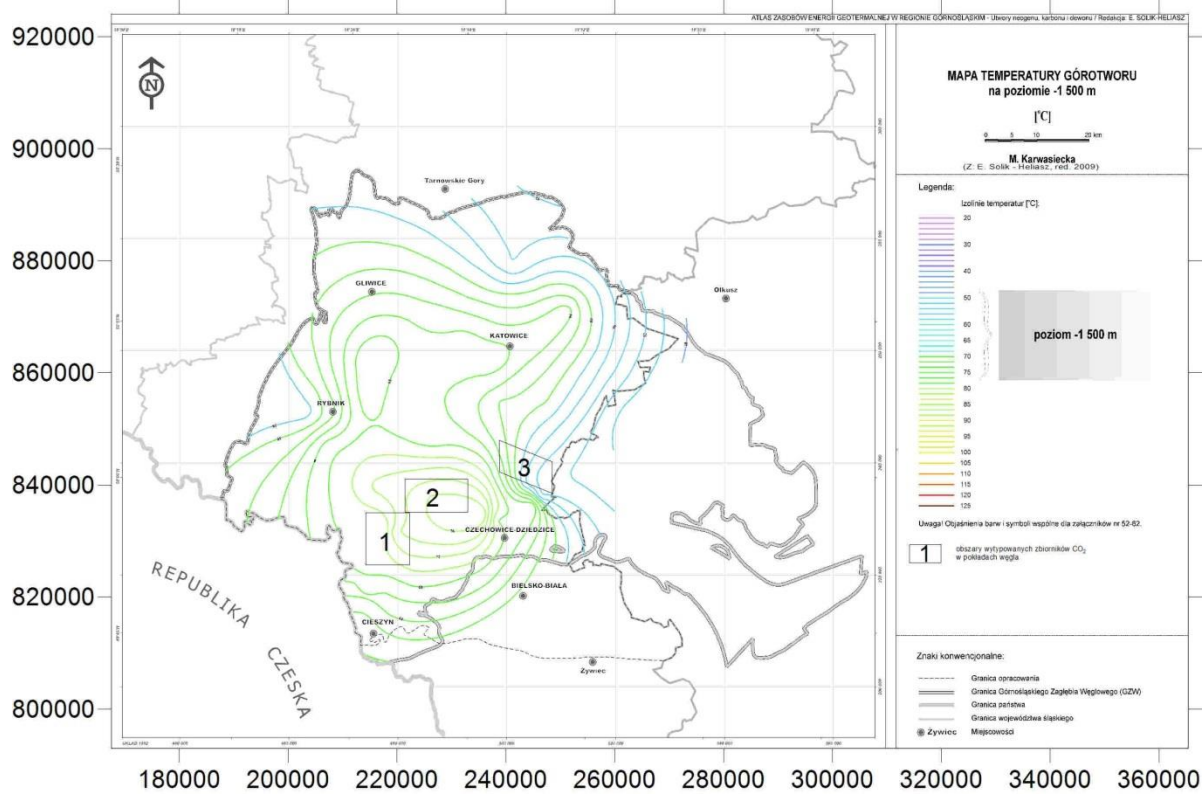




Zał. 7



ZaŁ. 8



ZaŁ. 9

Analiza danych grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych w rejonie MPW (PBG)

(Marek Wojdyła, Zdzisław Żuk, Grzegorz Pacanowski, Cezary Ostrowski, Tomasz Bąk)

Obszar do analizy jest prostokątem o współrzędnych skrajnych w układzie 92 [km]: $x_{min}=474$, $x_{max}=490$, $y_{min}=231$, $y_{max}=241$ i o powierzchni 160 km^2 .

Badania grawimetryczne

Źródłowy materiał pomiarowy z obszaru tego tematu zawarty jest w dwóch archiwalnych dokumentacjach badań grawimetrycznych:

- „Dokumentacja pól szczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Górnośląskie Zagłębie Węglowe 1972 r.” – J. Reczek, PBG.

- „Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych temat: Kaczyce – Brzezówka 1978-79 r.” – T. Kleszcz, PBG.

Zdjęcie pól szczegółowe charakteryzowało się zagęszczeniem ok. 4 pkt./km^2 i dokładnością typową dla tego typu prac, mieszczącą się w przedziale: $\pm 0.041 \text{ mgal}$. Celem badań było m. in. dostarczenie informacji o wgłębnych strukturach GZW, w szczególności głębokości zalegania utworów dewonu i podłoża krystalicznego.

Zdjęcie szczegółowe miało zagęszczenie ok. 27 pkt./km^2 i dokładność pomiarów w przedziale: $\pm 0.014 \text{ mgal}$. Celem badań było zbadanie tektoniki karbonu i jego nadkładu pod kątem rozpoznania złóż węgla kamiennych.

W latach osiemdziesiątych ub. wieku w ramach tematu „Mapa grawimetryczna Polski - ark. Cieszyn” (J. Grzywacz, S. Szczypa) materiał źródłowy ujednolicono i zakodowano na komputerowe nośniki.

W końcu lat dziewięćdziesiątych Przemysł Naftowy zainicjował dostosowanie pomiarów grawimetrycznych wykonanych w starym układzie (układ Borowa Góra) do układu geodezyjnego (układ 42), obowiązującego w sejsmice. Ze względu na wymogi interpretacji kompleksowej, dane grawimetryczne zostały przeliczone do układu 42. Przy okazji udoskonalono wiele elementów przetwarzania danych grawimetrycznych poprzez:

- uaktualnienie formuły pola normalnego w obliczeniach katalogu anomalii Bouguera,
- znaczne poszerzenie zakresu obliczeń poprawki topograficznej,
- zastosowanie nowej, rozszerzonej postaci algorytmu obliczeń anomalii Bouguera.

Lokalizację punktów grawimetrycznych na tym obszarze przedstawia **Fig. 1.1.14_170**.

Badania magnetyczne

Regionalne zdjęcie magnetometryczne opracowano w omawianym obszarze w latach 1949 - 52 (S. Małozzewski, H. Orkisz). W latach 1973 - 75 wykonano p[ó]szczeg[ó]łowe pomiary w rejonie Skocz[ó]w - Bielsko - Żywiec (E. Cieřła).

W latach 1979-81 całe Karpaty i Przedg[ó]rze Karpat objęły aeromagnetyczne pomiary anomalii natężenia całkowitego pola magnetycznego Ziemi ΔT (I. Wasiak, 1981). Wyniki badań zostały opracowane w Zakładzie Geofizyki PIG - Warszawa (E. Cieřła, Z. Petecki, S. Wybraniec).

W latach 1980-85 Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych wykonało zdjęcie aeromagnetyczne Karpat i południowej części Przedg[ó]rza Karpat. Interpretację tego zdjęcia pod kątem analizy powierzchni mezopaleozoicznych wykonał w 1991 r. Instytut Geologiczny w Warszawie.

W latach 1991 - 94 zdjęcie to zinterpretowano w Zakładzie Geofizyka Krak[ó]w (M. Borczuch) pod kątem określenia morfologii podłoża fliszu.

Z uwagi na uprzemysłowienie rejonu i dużą ilość czynników zakłócających, na obszarze określonym w/w współzrędnymi brak jest danych magnetycznych.

Badania geoelektryczne

W omawianym obszarze lub w jego pobliżu wykonano w latach 50 i 60-tych ub. wieku prace elektrooporowe koncentrujące się na zagadnieniu kartowania występowania karbonu. Są to dokumentacje:

- „JAWORZNO” 1957r. Zleceniodawcą była kopalnia Kościuszko, dokumentację opracowała B. Łaszczyńska. Na temacie wykonano 200 SGE i profilowanie trójpoziomowe. Celem było prześledzenie dyslokacji lub wymycia triasowego oraz nadkładu karbonu
- „KOBIOR” 1960r. Zleceniodawcą był Instytut Geologiczny. Dokumentację opracowała B. Łaszczyńska. Na temacie wykonano 104 SGE i 53 punkty profilowe. Celem p[ra]c było określenie głębokości zalegania karbonu i wyznaczenie przebiegu usk[ó]ków dla otworu Kobi[ó]r
- „Ćwiklice – Bieruń” 1965r. Zleceniodawcą był Instytut Geologiczny, pracami kierował R. Jakubowski. Wykonano 112 SGE. Celem prac było określenie głębokości zalegania oraz rzeźby utworów karbońskich
- „SUSZEC-PSZCZYNA-KOBIOR” 1966r. Zleceniodawcą był Instytut Geologiczny, pracami reinterpretacyjnymi kierowała S. Rulska. Zreinterpretowano 193 SGE, w wyniku opracowania wydzielono główne obszary różniące się głębokością występowania stropu utworów karbońskich oraz wartościami oporu.

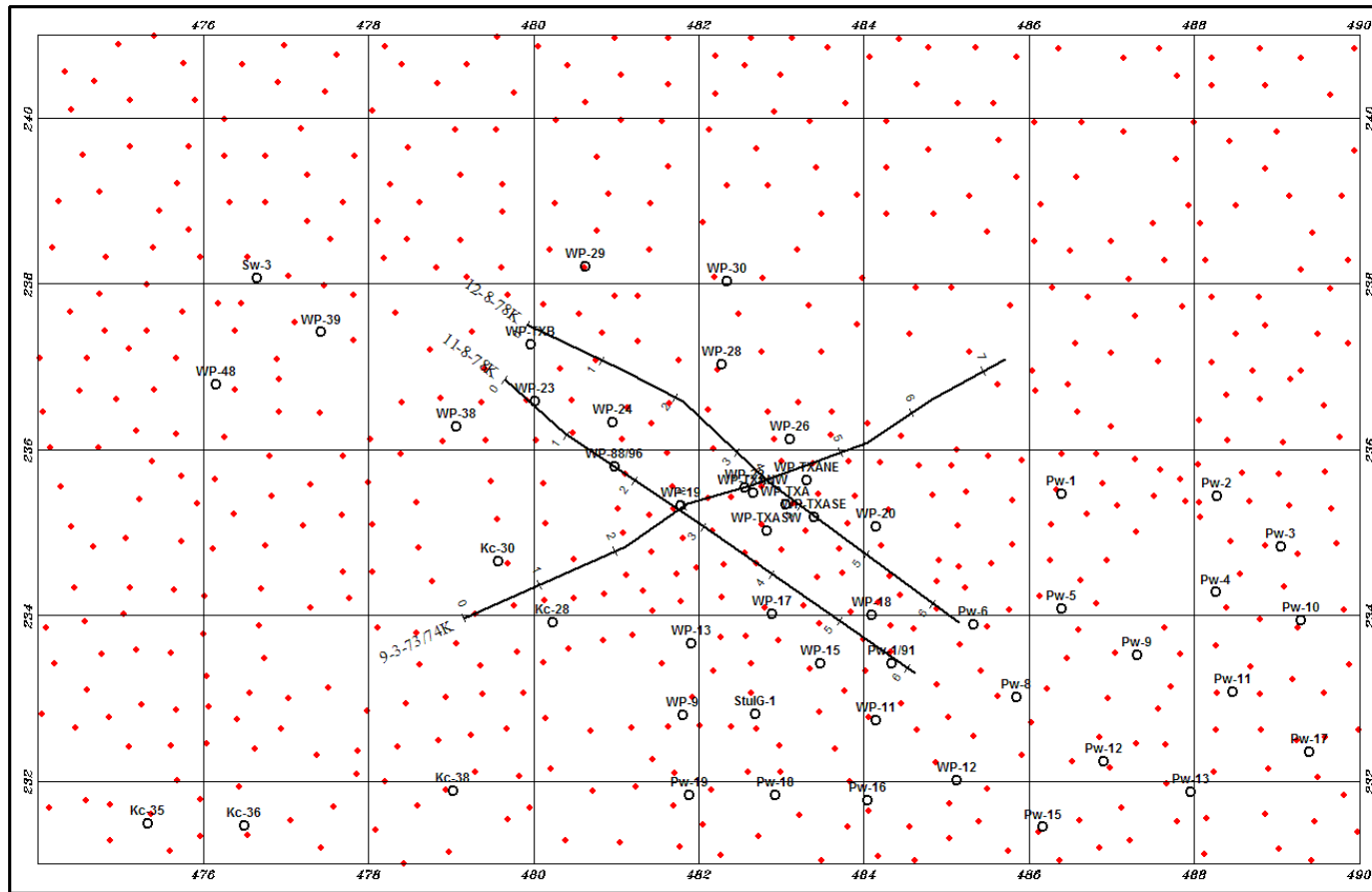


Fig. 1.1.14_170 Lokalizacja pomiarów grawimetrycznych