

Spis treści

Spis treści.....	1
1.1.8 Przedstawienie modeli układów sekwestracyjnych w Polsce i wskazanie stref oraz wybranych struktur o własnościach szczególnie korzystnych dla geologicznego składowania CO ₂	2
Rejon I - Bełchatów.....	2
Przestrzenne modele parametryczne kolektorów i uszczelnienia dla wybranych obszarów i struktur	2
Określanie zailenia i litologii z profilowań geofizyki wiertniczej na potrzeby konstrukcji modeli litologicznych.....	12
Model temperatur.....	17
Rejon II - GZW.....	20
Rejon III - Mazowsze.....	26
Modele parametryczne kompleksów jury i triasu.....	26
Rejon IV - brzeżna strefa Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego.....	33
Model parametryczny najbardziej perspektywicznego kompleksu mezopaleozoicznego zatoki gdowskiej.....	33
Rejon V - Lubelszczyzna (i Podlasie)	37
Model strukturalno-parametryczny karbonu basenu lubelskiego.....	37
Rejon VI - Wielkopolska - Kujawy	46
Model strukturalno-parametryczny Monokliny Przedsudeckiej (perm).....	46
Rejon VII - NW Polska	56
Modele parametryczne kompleksów jury i triasu.....	56
Rejon VIII - Łeba-Bałtyk oraz NE Polska	64
Złoża węglowodorów	69
Pokłady węgla.....	75

1.1.8 Przedstawienie modeli układów sekwestracyjnych w Polsce i wskazanie stref oraz wybranych struktur o własnościach szczególnie korzystnych dla geologicznego składowania CO₂

Rejon I - Bełchatów

Przestrzenne modele parametryczne kolektorów i uszczelnienia dla wybranych obszarów i struktur

(Bartosz Papiernik, Jacek Chełmiński, Ewa Szykaruk, Maciej Tomaszczyk)

Aby uzyskać model przestrzenny w pierwszym etapie konieczne jest stworzenie modelu strukturalnego (*structural modelling*). W jego skład wchodzi: przestrzenny model dyslokacji (*fault model*) na obszarze badań, który umożliwia naniesienie zarysu pierwotnego gridu 3D obejmującego kolumny (*pillars*) rozciągniętego równoległe do przebiegu dyslokacji między powierzchnią stropową i spągową modelu między trzema powierzchniami szkieletowymi (*skeleton*) powiązanych z przebiegiem uskoków za pośrednictwem górnego, środkowego i dolnego punktu kształtującego. Procedura ta jest określana jako, tzw. *pillar gridding*. Utworzone komórki *pillar gridu* mają w płaszczyźnie XY nieregularny kształt determinowany przebiegiem dyslokacji i całkowitą dostępną przestrzenią modelowania.

Kolejnym krokiem jest wprowadzenie do modelu tzw. horyzontów, czyli granic geologicznych powstałych z przekształcenia tzw. powierzchni (*surfaces*), najczęściej regularnych siatek interpolacyjnych, RSI (=gridów 2D), obliczonych w Petrelu lub Gocadzie na podstawie wyników interpretacji sejsmiki i/lub danych otworowych (*welltops*), bądź importowanych w formie RSI obliczonych w programach Zmap+, CPS-3, IRAP, EarthVision.

Pomiędzy, tak utworzone horyzonty można wprowadzać kolejne granice sekwencji stratygraficznych (*zones*), np. obliczane metodami "superpozycyjnymi" przez odjęcie modeli miąższości kolejnych warstw. W obrębie sekwencji można wprowadzić także sekwencje niższego rzędu (*sub-zones*). Finalny etap budowy osnowy stratygraficznej modelu stanowi wprowadzenie warstw (*layers*).

Model uskokowy

Model uskokowy *Fault Model*, w większości programów dedykowanych do tworzenia modeli przestrzennych decyduje o formie osnowy stratygraficznej 3D, kształtując szkielet modelu (*skeleton*) a tym samym *Pillargrid* (Fig. 1.1.8_1). Nieciągłości wchodzące w skład modelu uskokowego można tworzyć na podstawie interpretacji sejsmicznej uskoków lub importu uskoków wyinterpretowanych w programach SeisWorks czy Charisma lub Kingdom (w formacie tzw. *FaultSticks*).

Precyzyjne opracowanie modelu uskokowego decyduje w dużej stopniu o jakości osnowy stratygraficznej. Drobne błędy, np. w strefach kontaktu uskoków, wpływają na powstawanie czasami drastycznych artefaktów w szkielecie modelu i/lub w ukształtowaniu horyzontów ograniczających sekwencje stratygraficzne modelu.

Uskokki wchodzące w skład modelu mogą się krzyżować, dyslokacje niższej rangi (stowarzyszone) mogą wygasać na uskokach głównych.

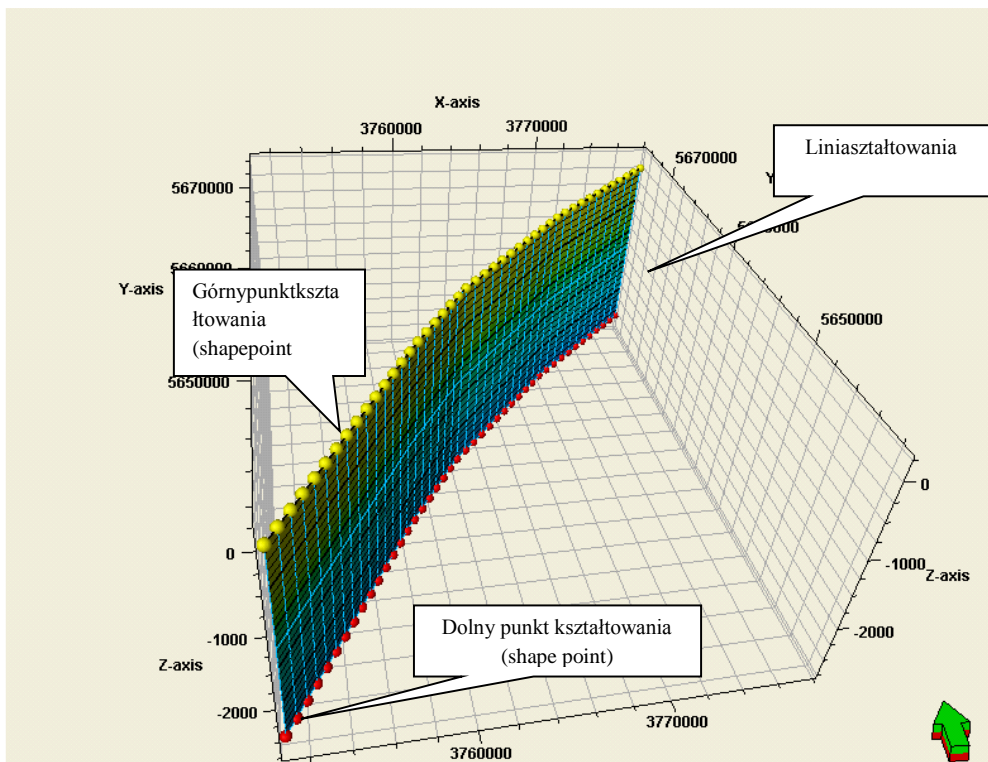


Fig. 1.1.8_1 Elementy składowe uskoku w modelu uskokowym na przykładzie uskoku liniowego

Poszczególne uskoki składają się z linii kształtujących (Keypillars). W zależności od zadeklarowanego typu uskoku każda linia kształtująca może zawierać: 2 -5 punktów kształtujących w zależności od typu uskoku:

- Pionowy (Vertical – 2 punkt, bez możliwości zmiany nachylenia),
- Liniowy (Linear - 2 punkty - z możliwości nachylenia powierzchni uskokowej)
- Listryczny (Listric 3 punkt - możliwość ukształtowania wklęsłej lub wypukłej powierzchni)
- Zakrzywiony (Curved 5 - punktów, daje możliwość dowolnego modelowania kształtu powierzchni uskokowej)

W procesie obliczania powierzchni uskokowej można też wykorzystać tzw. linie trendu, wyznaczone w kierunkach I, J lub arbitralnym, definiujące kierunki przebiegu siatki w pomiędzy dwoma uskokami lub na obrzeżach grida3D.

Model przestrzenny

Przedstawiony model uskokowy kształtuje wewnętrzną budowę modelu 3D (Fig. 1.1.8_2). Dalszy etap jego horyzontalnego podziału stanowi procedura tzw. *pillargriddingu*, - obliczenia 3 powierzchni szkieletowych (skeleton) składających się z oczek o nieregularnym kształcie, uwarunkowanych ukształtowaniem modelu uskokowego. Oczka trzech powierzchni szkieletowych są ukształtowane w taki sposób, można przez nie

przeprowadzić zestaw pionowych komórek modelu (kolumn- *pillars*) równoległe do dyslokacji budujących model uskoku

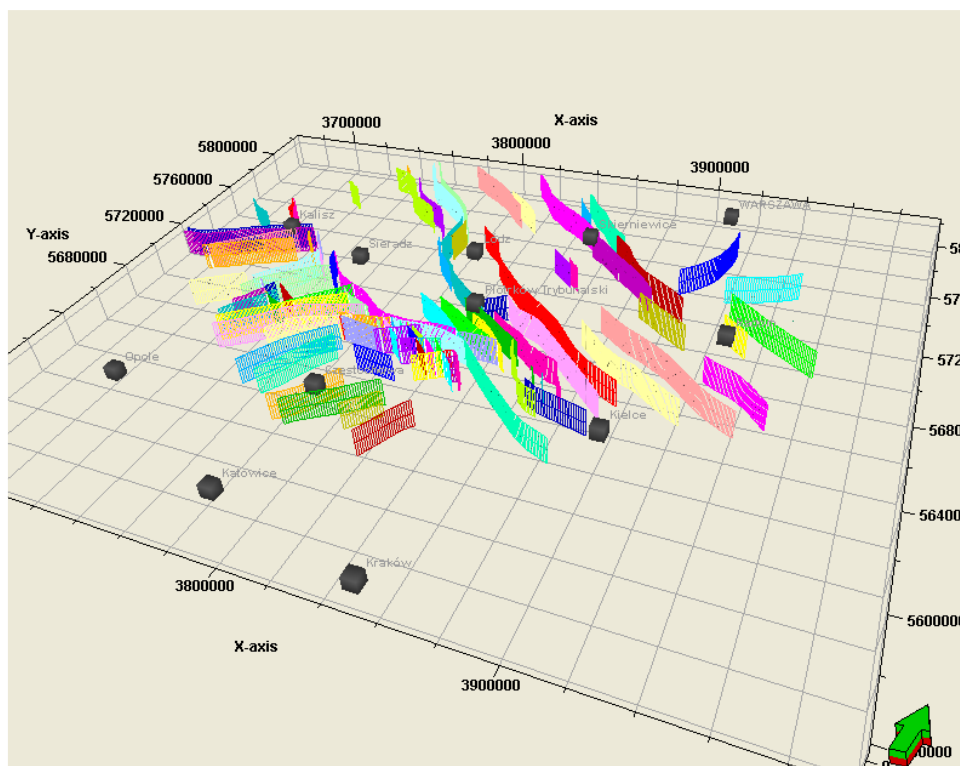


Fig. 1.1.8_2 Model uskoku opracowany na obszarze niecki łódzkiej i antyklinorium środkowopolskiego w rejonie Bełchatowa.

W trakcie *pillar griddingu* następuje zamiana współrzędnych geometrycznych (XYZ) na współrzędne stratygraficzne I,J, K, zrotowane względem północy.

Do podstawowych parametrów deklarowanych podczas obliczania gridu szkieletowego należą:

- określenia spacjowania horyzontalnego (I,J);
- określenie rotacji siatki względem północy;
- określenie sposobu modelowania uskoku (linia ciągła lub łamana);
- technika estymacji gridu szkieletowego (*vector field* lub *local iteration*);
- określenie sposobu rozłożenia komórek pionowych wzdłuż uskoku, ilość uskoku i linii trendów;
- wykorzystanie poligonu ograniczającego;
- wygładzenie modelu.

Wprowadzenie sekwencji stratygraficznych (zones) i ich wewnętrzne warstwowanie (layers)

Po zakończeniu procedury modelowania uskoków i opracowaniu modelu szkieletowego należy dokonać pionowego podziału gridu geologicznego na sekwencje stratygraficzne (*zones*). Podstawowy podział na sekwencje jest wykonywany w wyniku wprowadzenia granic strukturalnych sekwencji (*horizons*) w wyniku zastosowania procedury *Makehorizons*.

Dane wejściowe do opracowania modelu stanowią:

Interpretowane linie sejsmiczne w formatach Charisma, IESX, Seisworks, GMA, SeismicMicro Technology, Petrel i in.

Powierzchnie w formie regularnych siatek interpolacyjnych (gridy 2D), np. w formatach Zmap+, CPS-3, IRAP, EarthVision, i in.

Stratygrafia w odwiertach (tzw. *Welltops*)

Dane punktowe lub otworowe (np. cyfrowane kontury, dane otworowe, itp).

Do modelowania poszczególnych horyzontów można stosować do trzech uzupełniających się zbiorów danych wejściowych.

Powstałe horyzonty można zdefiniować jako powierzchnie:

podstawową modelu (*base*)

zgodną (*conformable*)

erozyjna (*erosional*)

nieciągłą (*discontinuous*, *górną granicą jest niezgodnością erozyjną, dolną kątową*)

Obliczane modele horyzontów uwzględniają obecność dyslokacji, pozwalając na modelowanie uskoków normalnych i odwróconych, a także uskoków synsedymencyjnych i zawiasowych. Program umożliwia elastyczne modelowanie ukształtowania strefy przyuskokowej i wielkości rzutów, zmiennej dla poszczególnych dyslokacji. Nawet w przypadku wykorzystania precyzyjnych regularnych modeli powierzchni strukturalnych, proces obliczania horyzontów ponownie oblicza mapę strukturalną z wykorzystaniem algorytmu *ConvergentGridder* bądź *Minimum Curvature* obliczana jest nieregularna, rozcięta uskokami siatka (*Horizon*). Ponowne przeliczanie oraz zamiana układu współrzędnych wpływają na osłabienie precyzji modelu. Błędy tego rodzaju można zredukować poprzez ponowne dociąganie modelu do danych wejściowych (*Welltops*). W wyniku obliczenia horyzontów model zostaje podzielony na sekwencje stratygraficzne. Jego dalszej stratyfikacji można dokonywać wprowadzając w istniejącą sekwencję (*zones*) kolejne „kompleksy stratygraficzne” o mniejszej miąższości (*sub-zones*), z wykorzystaniem procedury *makeZones*. Kompleksy takie można wprowadzać w obrębie istniejącej sekwencji (*zone*) np. wprowadzając modele izochorowe nad lub pod horyzont stanowiący spąg lub strop sekwencji. Dodatkowo powstałe granice sekwencji niższego rzędu można dociągać do danych punktowych (np. miąższości pomierzonej w odwiertach).

Procedurą *makezones* można wprowadzić następujące rodzaje sekwencji:

Constant – o stałej miąższości;

Isochore– model miąższości (grid 2D);

Conformable – na podstawie danych punktowych generowany jest strukturalny grid 2D powierzchni stropu (spągu) kompleksu niższej rangi;

Percentage – miąższość kompleksu jest deklarowana jako procent całkowitej miąższości sekwencji;

Rest – w przypadku wprowadzenia kilku kompleksów niższego rzędu, pozostała resztkowa część pierwotnej sekwencji stanowi sekwencję „resztkową”;

Wprowadzanie sekwencji niższego rzędu odbywa się w kierunku od stropu do spągu lub odwrotnie. Dla sekwencji ograniczonych powierzchniami niezgodności można zadeklarować procedurę rekonstrukcji spągu lub zerodowanej części warstwy.

Stropy i spągi utworzonych sekwencji można finalnie dowiązać do otworów za pomocą procedury *welladjustment*. Procedura umożliwia również korektę objętości powstałych kompleksów niższego rzędu.

Dla procedur *Makehorizons* i *Makezones* istnieje możliwość obliczenia współczynnika ryzyka (*uncertainty*).

Warstwowanie (Layering)

Ostatni etap opracowania osnowy stratygraficznej stanowi „uwarstwienie” powstałych sekwencji stratygraficznych (**Fig. 1.1.8_3**). Warstwy w modelu można wyznaczyć w sposób:

- ✓ proporcjonalny (*proportional layering*) – wyznaczając stałą ilość warstw w całej sekwencji (*zone*)
- ✓ równoległe do stropu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw (*Proportional*)
- ✓ równoległe do spągu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw
- ✓ stosując warstwowanie ułamkowe (wyznaczając stałą proporcję poszczególnych warstw względem miąższości całej sekwencji stratygraficznej).

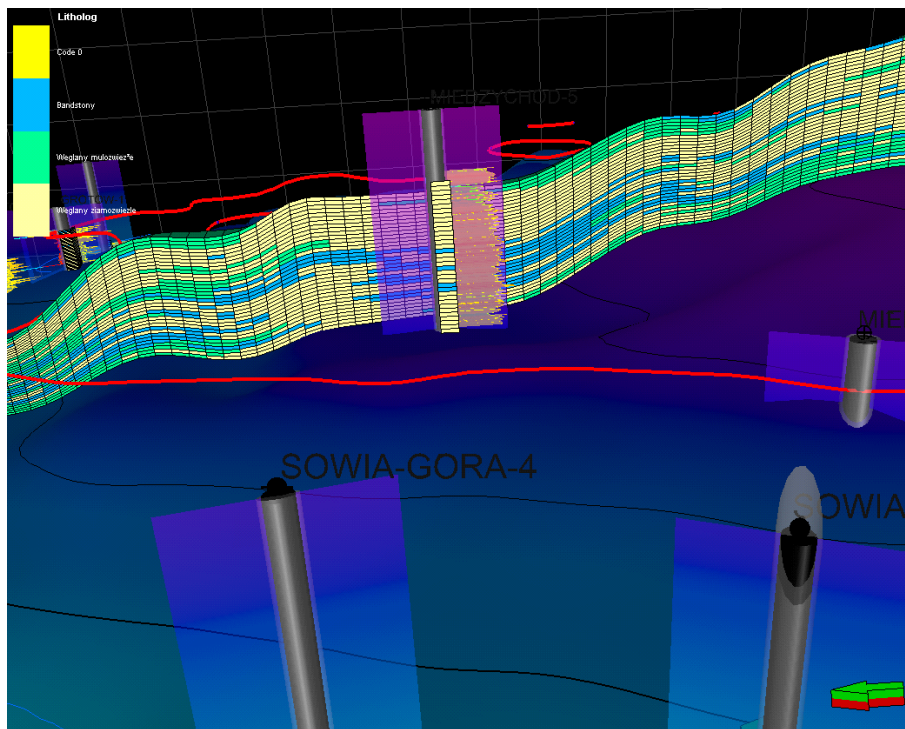


Fig. 1.1.8_3 Przykład warstwowania horizontalnego sekwencji

Miąższość warstw (*layers*) zawsze stanowi kompromis pomiędzy rozdzielczością oraz ilością danych wejściowych, a rozdzielczością modelu i jego całkowitą kubaturą. Miąższość warstw w poszczególnych sekwencjach można różnicować, biorąc pod uwagę miąższość sekwencji, a także jej znaczenie dla poszukiwań naftowych czy procesu zatłaczania dwutlenku węgla. By uniknąć nadmiernego rozczłonkowania modelu można zadeklarować minimalną miąższość rekonstruowanych sekwencji (*zones*) i warstw (*layers*). Standardowo wartość minimalna wynosi 1m.

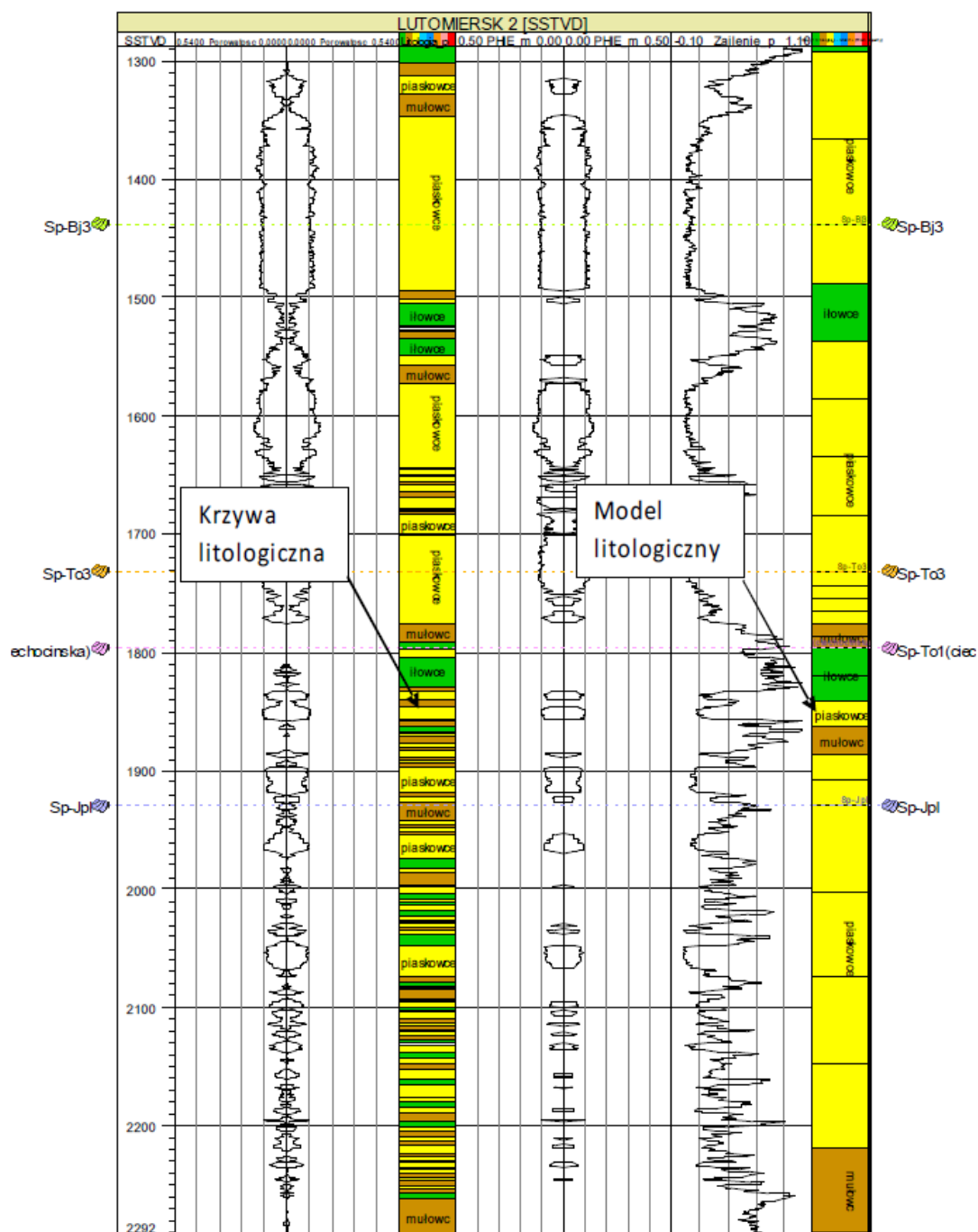


Fig. 1.1.8_4 Krzywa litologiczna i model otworowy litologii – ilustracja wpływu miąższości warstw (layers) na rozdzielczość modelu

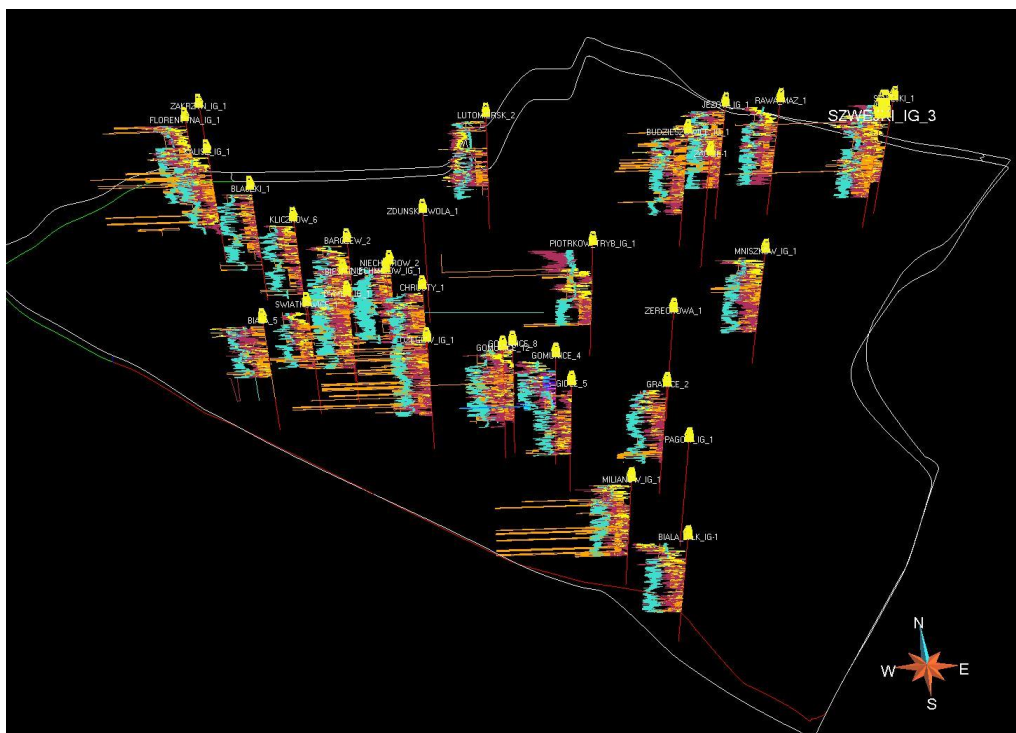
Model danych w otworach (Upscaling/Well model)

Pierwszy etap przekształcania osnowy strukturalnej w model litologiczno – zbiornikowy stanowi utworzenie tzw. modelu otworowego czy inaczej *upscaling* danych otworowych do postaci komórek *cells* rozlokowanych wzdłuż trajektorii wierć. W płaszczyźnie pionowej ilość komórek modelu otworowego jest

uzależniona od gęstości warstwowania (*layering*) poszczególnych sekwencji (*sequences, zones*) stratygraficznych modelu 3D. Dane wykorzystywane do stworzenia modelu otworowego obejmują ciągłe krzywe geofizyczne, nieregularnie rozmieszczone w profilu otworu dane laboratoryjne, a także dane dyskretne, takie jak zakodowana cyfrowo litologia, zmienność facjalna czy stratygrafia. Importowane do modelu dane mają postać krzywych geofizycznych (format „las” lub „lis”) bądź odpowiednio formatowanych plików tekstowych ASCII.

Standardowe procedury *upscaling’u* (Fig. 1.1.8_4) obejmują szereg technik uśredniania. Do najprostszych, często stosowanych technik uśredniania należy metoda średniej arytmetycznej. Jest wykorzystywana szczególnie do przetwarzania zbiorów danych o dużej liczebności, wykazujących ciągłą zmienność, takich jak np. zailenie czy porowatość, a znacznie rzadziej przepuszczalność (Fig. 1.1.8_5).

Finalnym efektem jest model strukturalno-parametryczny (litologiczny). W naszym przypadku jest to model układu sekwestracyjnego dolnego triasu dla rejonu Bełchatowa (Fig. 1.1.8_5 i 1.1.8_6). Poniżej przedstawiono też przekrój przez model strukturalno-parametryczny (litologiczny) układu sekwestracyjnego dolnego triasu.



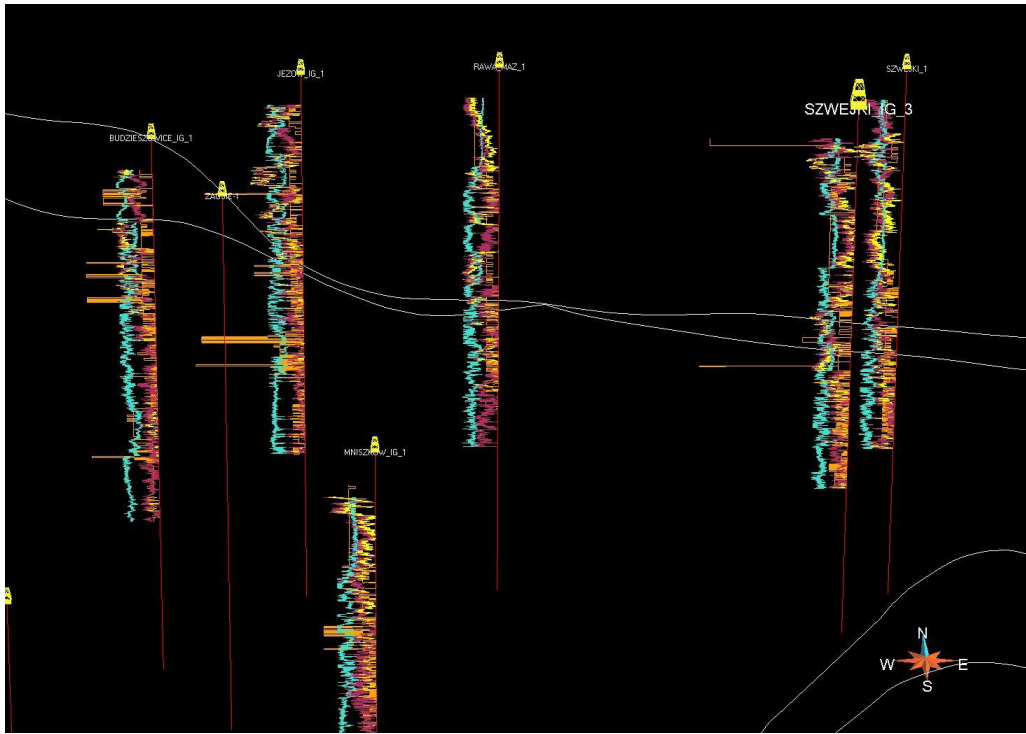
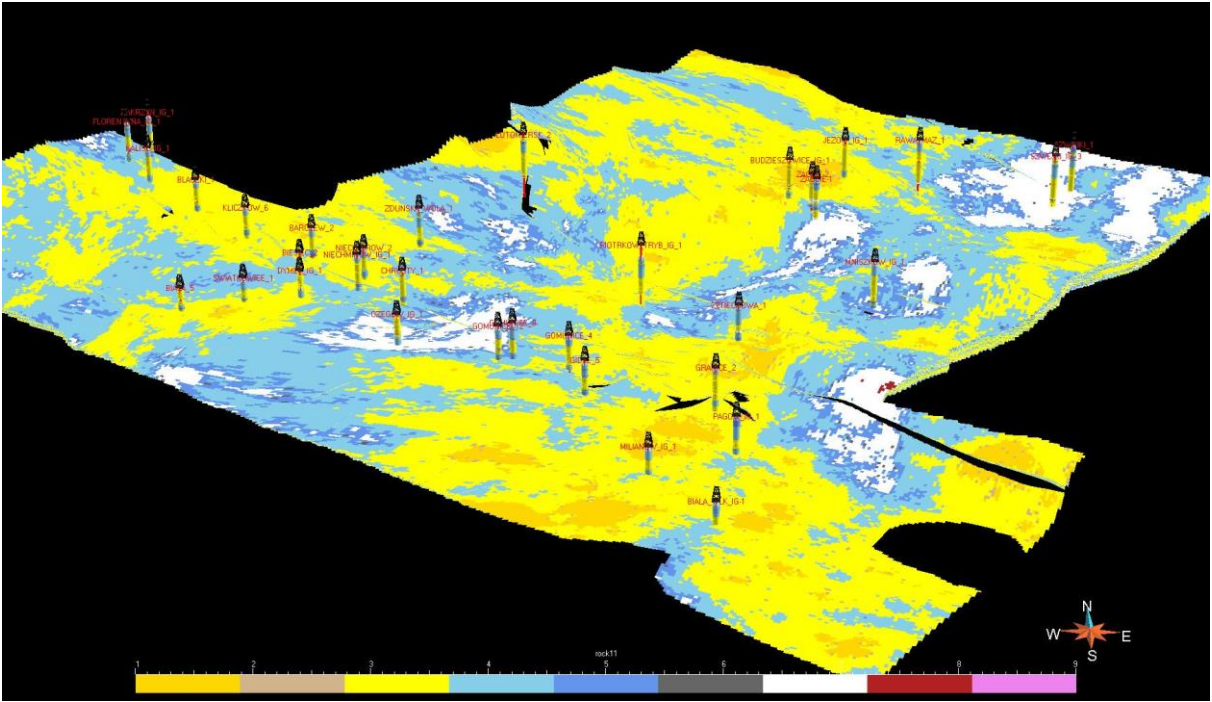


Fig. 1.1.8_5 Otwory wiertnicze z rejonu Bełchatowa z wizualizacją wartości poszczególnych krzywych otworowych, litologii, porowatości całkowitej, porowatości efektywnej oraz zailenia – dla pełnego profilu



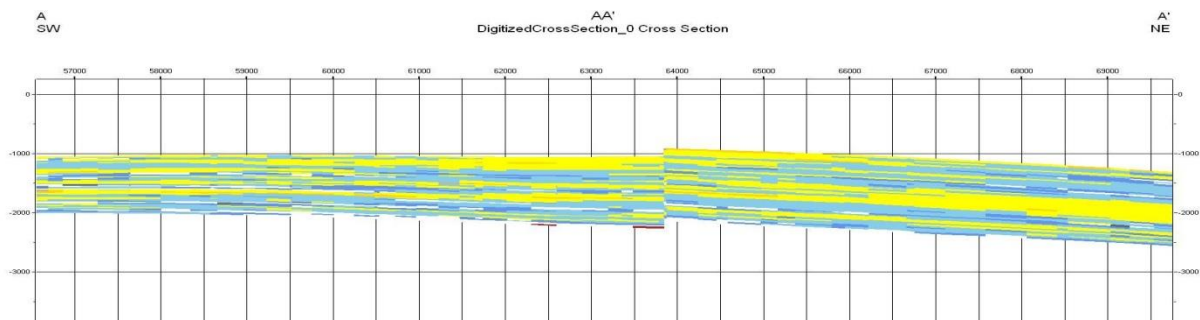
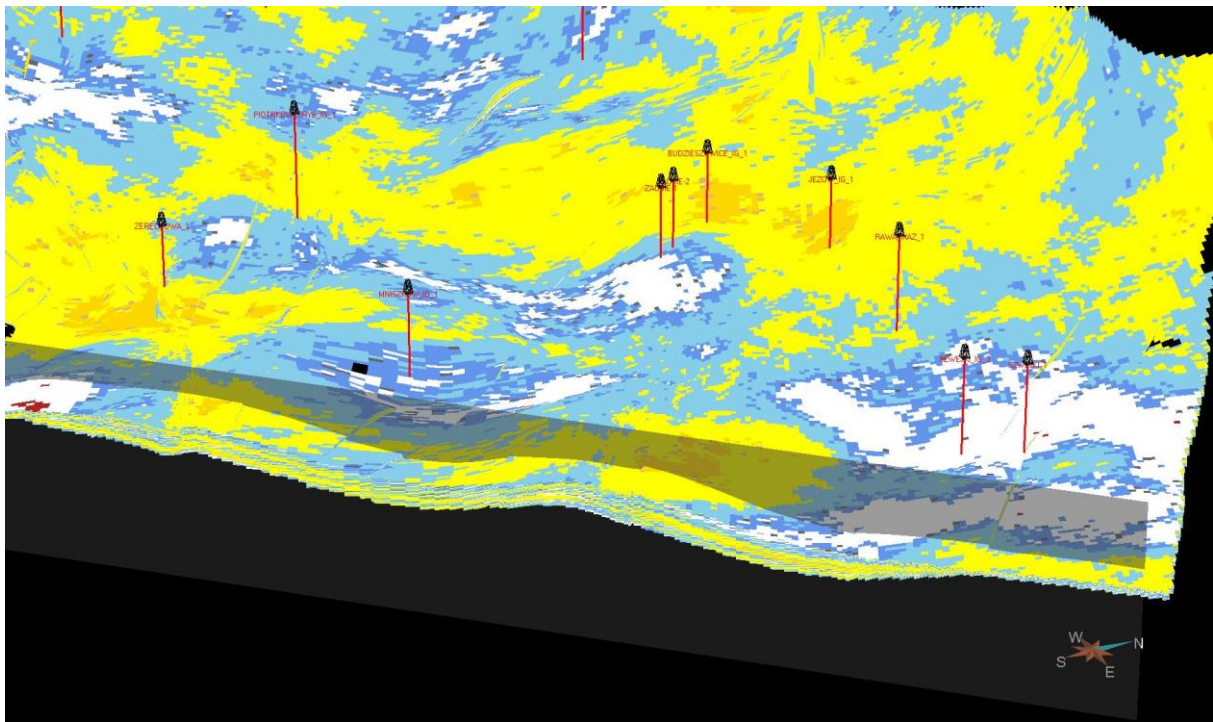


Fig. 1.1.8_6 Przedstawienie modelu litologicznego układu sekwestracyjnego dolnego triasu

Przekrój wzdłuż linii A-A'

Określanie zailenia i litologii z profilowań geofizyki wiertniczej na potrzeby konstrukcji modeli litologicznych

(Jan Szewczyk, Teresa Adamczak)

Od początku wykonywania badań geofizycznych w otworach wiertniczych miarą zailenia uznawana była i jest wielkość naturalnego promieniowania gamma (PG, ang. GR). Profilowania gamma, które istniały w analizowanych otworach wiertniczych nie posiadały standaryzacji. Z tego też powodu w procesie interpolacji stosowano tu przybliżony sposób ich standaryzacji poprzez arbitralne przyjęcie wielkości zailenia w reprezentatywnych dla danego odcinka pomiarowego skał o wysokim zaileniu (iłowców) oraz niskim zaileniu (na ogół piaskowców). Miarą poprawności tak zdefiniowanej skali zailenia była zgodność obliczanej w oparciu o relację **2** (rozdział **1.1.5**) z obliczeń porowatości całkowitej na podstawie profilowania neutronowego.

Porowatość skał określono na podstawie łącznej interpretacji profilowania neutronowego, profilowań gamma oraz profilowań średnicy otworu. Ze względu na brak kalibracji i standaryzacji zarówno profilowań neutronowych jak i profilowań gamma w procesie dowiązania skał wykorzystywane były wyniki badań laboratoryjnych.

Przy określeniach litologii ograniczono wydzielane typy litologiczne do ich podstawowych typów tj. piaskowców, wapieni, dolomitów, anhydrytów, margli, iłowców oraz mułowców. Porowatość efektywna poszczególnych warstw reprezentujących różne typy litologiczne obliczona była dla 34 otworów z rejonu Bełchatowa (**Tabela 1.1.8_1**; **Fig. 1.1.8_7** i **1.1.8_8**) na podstawie zależności statystycznych stosowanych przy analogicznych obliczeniach wykonywanych w "Atlasach zasobów geotermalnych na Niżu Polskim," (Górecki W., 2006).

Korzystanie z uzyskanych danych, szczególnie przy analizach ich zmienności przestrzennej, powinno być prowadzone z dużą ostrożnością. Wydaje się, że w przypadku potrzeby uzyskania bardziej szczegółowej wiedzy, opartej m.in. na danych również z większej liczby otworów, powinien być podjęty wyprzedzający temat badawczy o charakterze metodycznym.

Zailenie jest pojęciem stosowanym głównie w interpretacjach geofizycznych i jest traktowane jako ilościowa miara wpływu składników ilastych skał na reakcje większości geofizycznych metod pomiarowych. Najpoważniejszym mankamentem wykonywanych dotychczas profilowań naturalnego promieniowania gamma (szczególnie archiwalnych) jest brak porównywalności jednostek pomiarowych. Jednym ze sposobów rozwiązania tego zagadnienia może być standaryzacja statystyczna tych profilowań (Szewczyk, 1998). Czasochłonność tego sposobu standaryzacji praktycznie wykluczyła możliwość jej zastosowania w ramach prowadzonych prac interpretacyjnych.

Tabela 1.1.8_1 Otwory w rejonie Bełchatowa, dla których określono szczegółowo zailenie i litologię

Nazwa otworu wiertniczego:	Głębokość końcowa [m]	Rok wykonania	Inwestor
Barczew-2	2691,2	1970	PGNiG
Biała-5	2149,00	1970	PGNiG
Biesiec-2	3019,80	1992	PGNiG
Błaszki-1	3602,00	1985	PGNiG
Buków-1	5105,00	1978	PGNiG
Budziszewice IG-1	5601,00	1983	PIG
Chrusty-1	3571,70	1974	PGNiG
Dymek IG-1	2797,00	1972	PIG
Florentyna IG-2	3882,00	1982	PIG
Gidle-5	2765,00	1969	PGNiG
Gomunice-4	2056,00	1968	PGNiG
Gomunice-8	3095,00	1971	PGNiG
Gomunice-12	3031,00	1989	PGNiG
Gruszczyce-2	3299,00	1983	PGNiG
Jeżów IG-1	3062,00	1972	PIG
Kalisz IG-1	3600,00	1974	PIG
Kliczków-6	3353,30	1970	PGNiG
Lutomiersk-2	3204,00	1971	PGNiG
Milianów IG-1	3229,40	1968	PIG
Mniszków IG-1	3028,00	1972	PIG
Niechmirów IG-1	2892,00	1971	PIG
Niechmirów-2	3587,00	1974	PGNiG
Ożegów IG-1	2875,00	1970	PIG
Pągów IG-1	3200,50	1967	PIG

PiotrkówTrybunalski IG-1	4849,00	1982	PIG
Rawa Mazowiecka-1	5458,50	1977	PGNiG
Świątkowice-2	2380,00	1972	PGNiG
Szwejki-1	4000,00	1983	PGNiG
Szwejki IG-3	5501,00	1988	PIG
Zakrzyń IG-1	4912,00	1984	PIG
Zamoście-1	2910,00	1990	PGNiG
Zaosie-2	2071,00	1989	PGNiG
Zduńska Wola-1	3393,50	1975	PGNiG
żerechowa-1	4139,20	1976	PGNiG

**Zestawienie głębokościowe wyników interpretacji porowatości całkowitej
na podstawie danych geofizycznych
OTWÓR BUDZISZEWICE IG-1**

Interwał: 300 - 3500 m Skala głębokości: 1 : 15 000

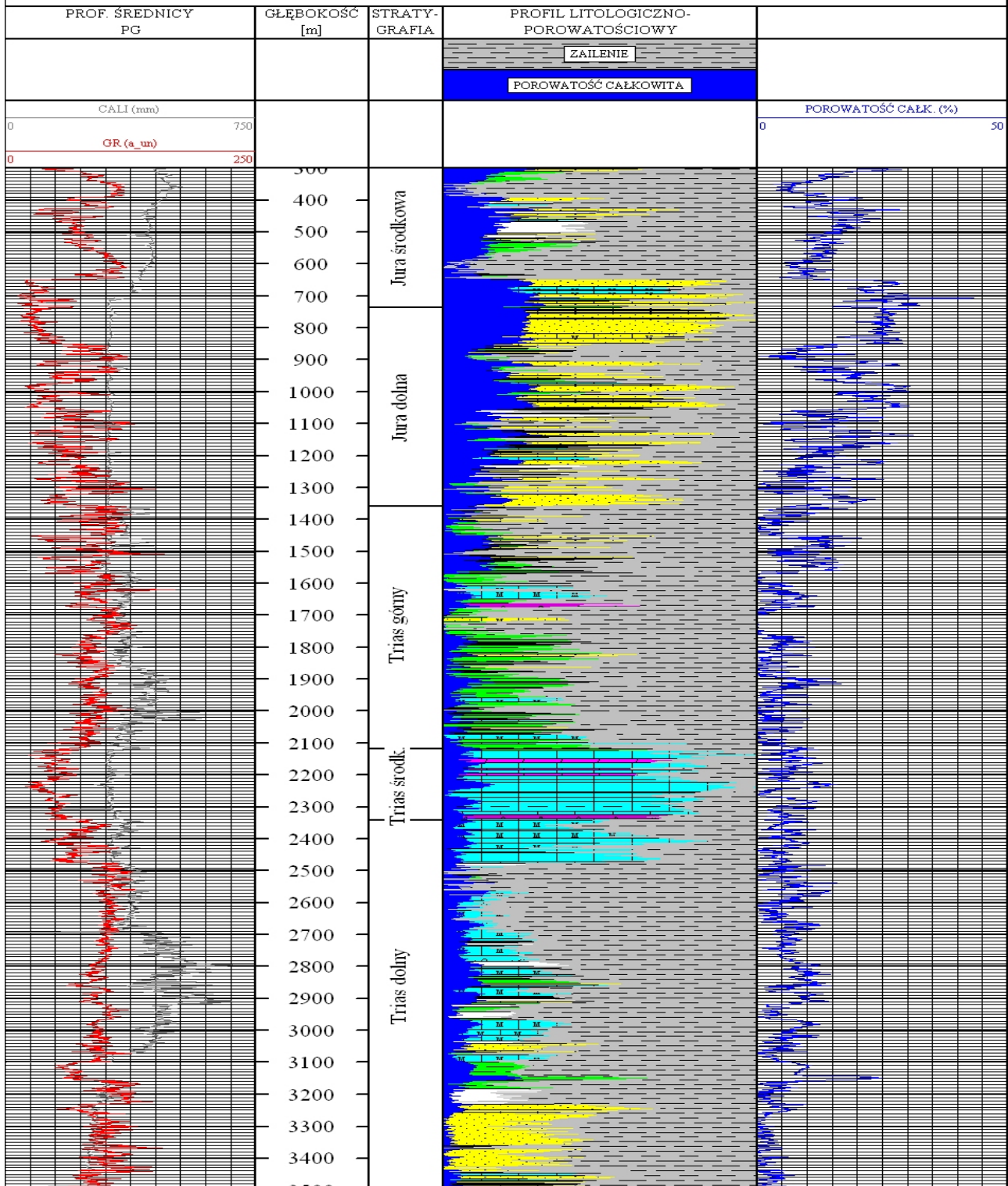


Fig. 1.1.8_7 Interpretacja krzywych geofizyki wiertniczej dla otworu Budziszewice IG-1

*Zestawienie głębokościowe wyników interpretacji porowatości całkowitej
na podstawie danych geofizycznych*

OTWÓR GOMUNICE-4

Interwał: 300 - 2045 m Skala głębokości: 1 : 10 000

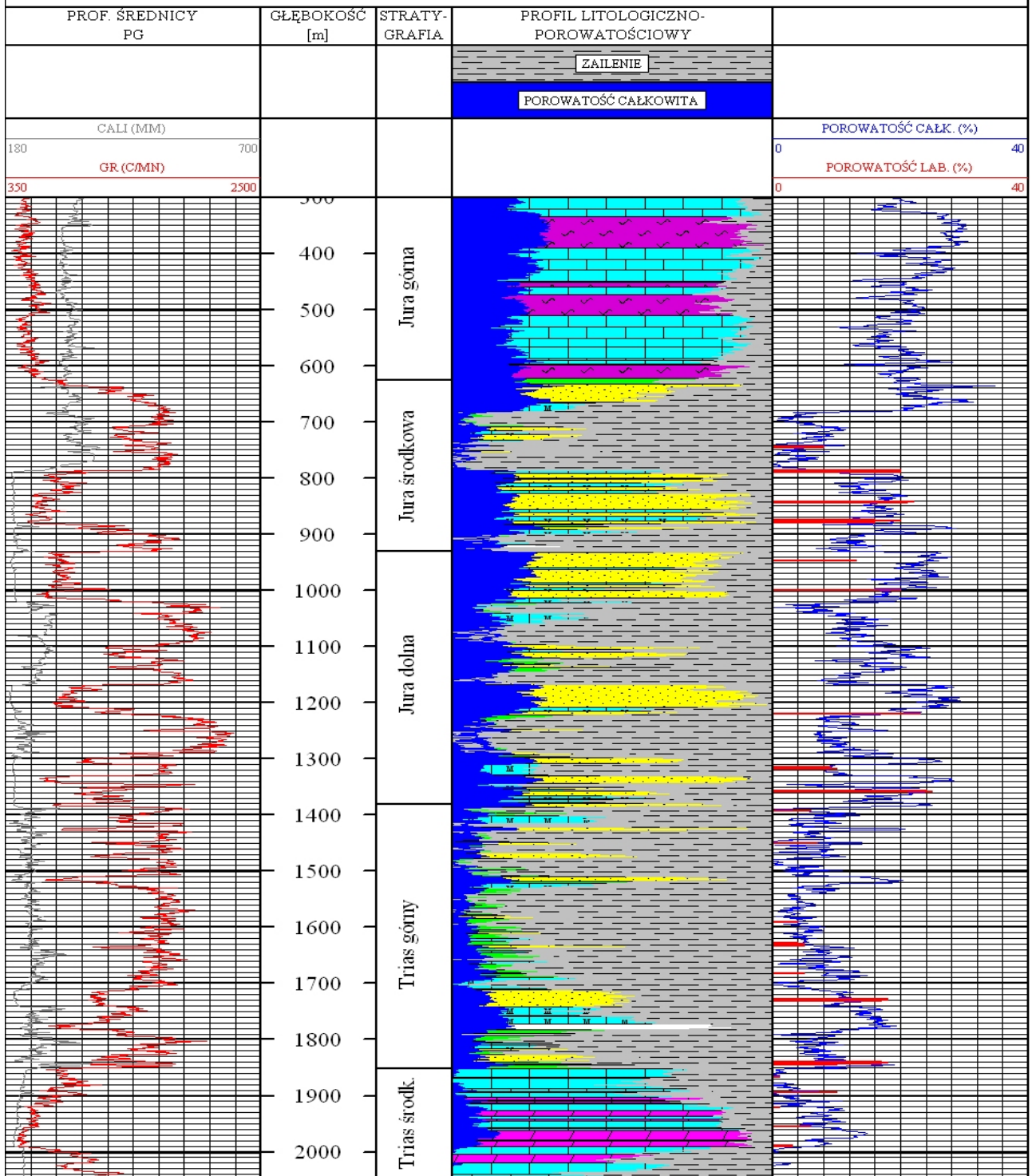


Fig. 1.1.8_8 Interpretacja krzywych geofizyki wiertniczej dla otworu Gomunice-4

Model temperatur

(Jan Szewczyk)

Ze względu na istotne znaczenie izotermy $+31.5^{\circ}\text{C}^1$ dla oceny warunków występowania ciekłego CO_2 , dla izotermy tej obliczono przybliżoną głębokość jej występowania na analizowanym obszarze. Źródłem danych o temperaturze były wyniki archiwalnych profilowań temperatury wykonanych w otworach wiertniczych. Na obszarze objętym badaniami wykonano pomiary temperatury w warunkach zbliżonych do ustalonych w blisko 20 otworach wiertniczych. Na **Fig. 1.1.8_9** przedstawiono zestawienie głębokościowe wyników tych pomiarów. Głównym czynnikiem kształtowania temperatury podpowierzchniowej jest ziemski strumień cieplny. Dla analizowanego obszaru jego wartość ma relatywnie średnie i niskie wartości zawierające się w przedziale $58 - 82 \text{ mW/m}^2$.

Nie tylko jednak naturalne czynniki przyrodnicze kształtują temperaturę podpowierzchniową Ziemi. Proces wiercenia otworu, samo jego istnienie i związane z nim zaburzenie naturalnego pola cieplnego (np. konwekcja płynów w otworze czy pionowa cyrkulacja wód złożowych) jest także źródłem znacznych zakłóceń naturalnego reżimu termicznego warstw skalnych. W płytszych częściach otworów wartości temperatury są generalnie zawyżone, a w głębszych fragmentach - zaniżone. Miarą wielkości tego zaburzenia jest różnica temperatury obserwowanej w otworach w stosunku do jej wartości w strefie przypowierzchniowej Ziemi kształtowanej przez współczesny klimat. Wykonanie otworu wiertniczego w sposób nieodwracalny zmienia stan naturalnej równowagi termicznej mas skalnych. Możliwość występowania zarówno konwekcyjnej cyrkulacji pionowej płynów wypełniających otwór wiertniczy, jak i wód złożowych znajdujących się w przestrzeni poza rurowej (jeśli otwór był zarurowany), wpływają na to, że proces pełnego powrotu do stanu równowagi termicznej nie następuje praktycznie nigdy. Otwór wiertniczy pozostaje, niezależnie od upływu czasu od jego zakończenia, czynnikiem zakłócającym naturalną temperaturę w tym ośrodku. Wpływ tego przyrodniczego czynnika wraz ze wspomnianym zaburzeniem wpływają na to, że np. izoterma $+31.5^{\circ}\text{C}$ występuje dla badanego obszaru w przedziale głębokości od około 600 m do ponad 1000 m. Odpowiedź na pytanie, na jakiej głębokości należy spodziewać się wystąpienia tej temperatury na poszczególnych fragmentach badanego obszaru wymaga uzyskania wiedzy na temat rozkładu rzeczywistych niezaburzonych temperatur.

Najprostszym, jak już wspomniano, kryterium określenia stopnia poprawności rejestrowanej w otworze wiertniczym temperatury jest jej przybliżona zgodność z temperaturą gruntu dla badanego obszaru. Wielkość odstępstwa od tej temperatury jest ilościową ogólną miarą oceny stopnia poprawności danych termicznych. Dla badanego obszaru wartość temperatury dla strefy przypowierzchniowej zawiera się w przedziale $9 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (wartość ta oznaczona, jako GST została zaznaczona na **Fig. 1.1.8_9**, (Szewczyk, 2009). Jak widać większość pokazanych danych pomiarowych wykazuje znaczne zawyżenie temperatury w jego najpłytszej części sięgające średnio około 10°C ?

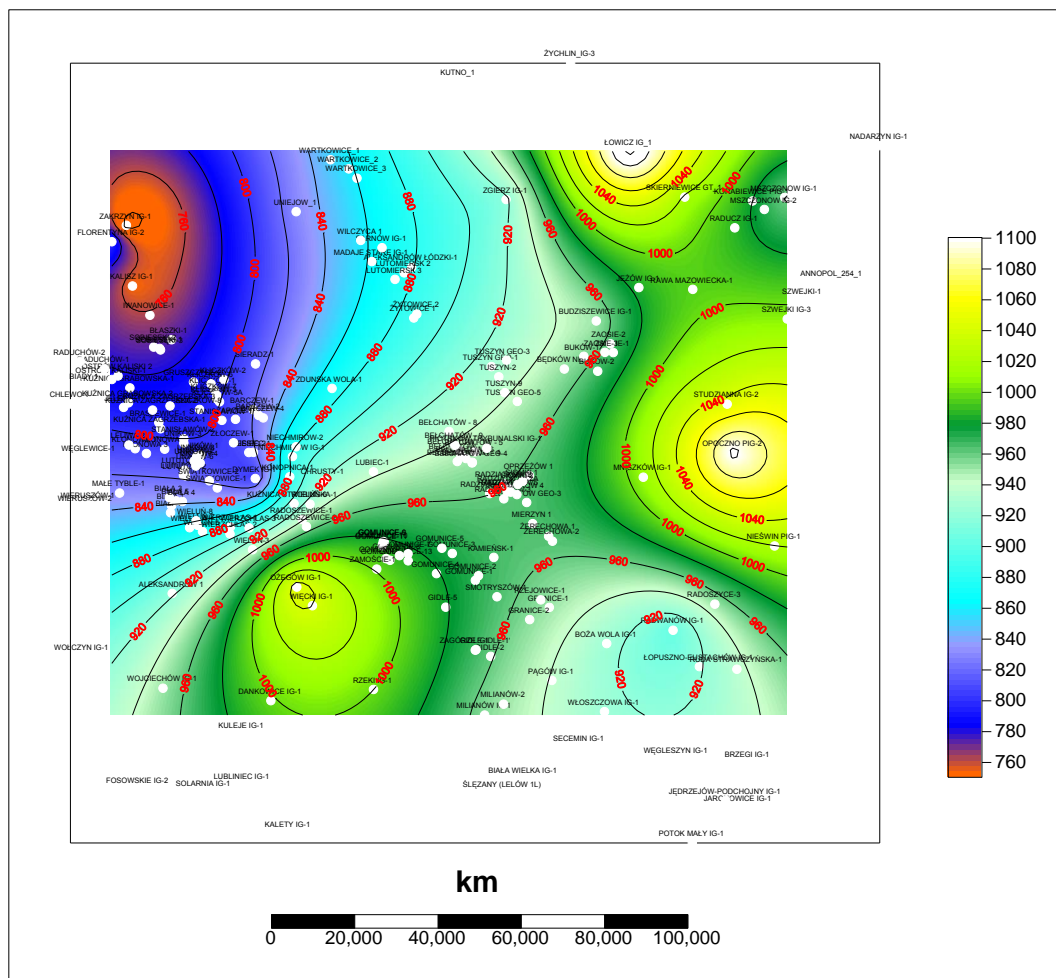
Opisane zaburzenia są istotnym utrudnieniem w uzyskaniu dokładnych informacji związanych z reżimem termicznym Ziemi, przede wszystkim na temat rzeczywistej niezaburzonej temperatury ośrodka skalnego. Dokonany w ostatnich latach postęp w zakresie poznania pola geotermicznego Ziemi, w tym mechanizmów kształtujących jej temperaturę podpowierzchniową, pozwala m.in. na aktywną weryfikację danych temperaturowych. Umożliwia to tym samym określenie dokładniejszych wartości temperatury górotworu.

¹ W literaturze spotyka się wartość $31,1^{\circ}\text{C}$ (IPCC SRCCS, 2007), ale dla uproszczenia zaokrąglono ją do $31,5^{\circ}\text{C}$.

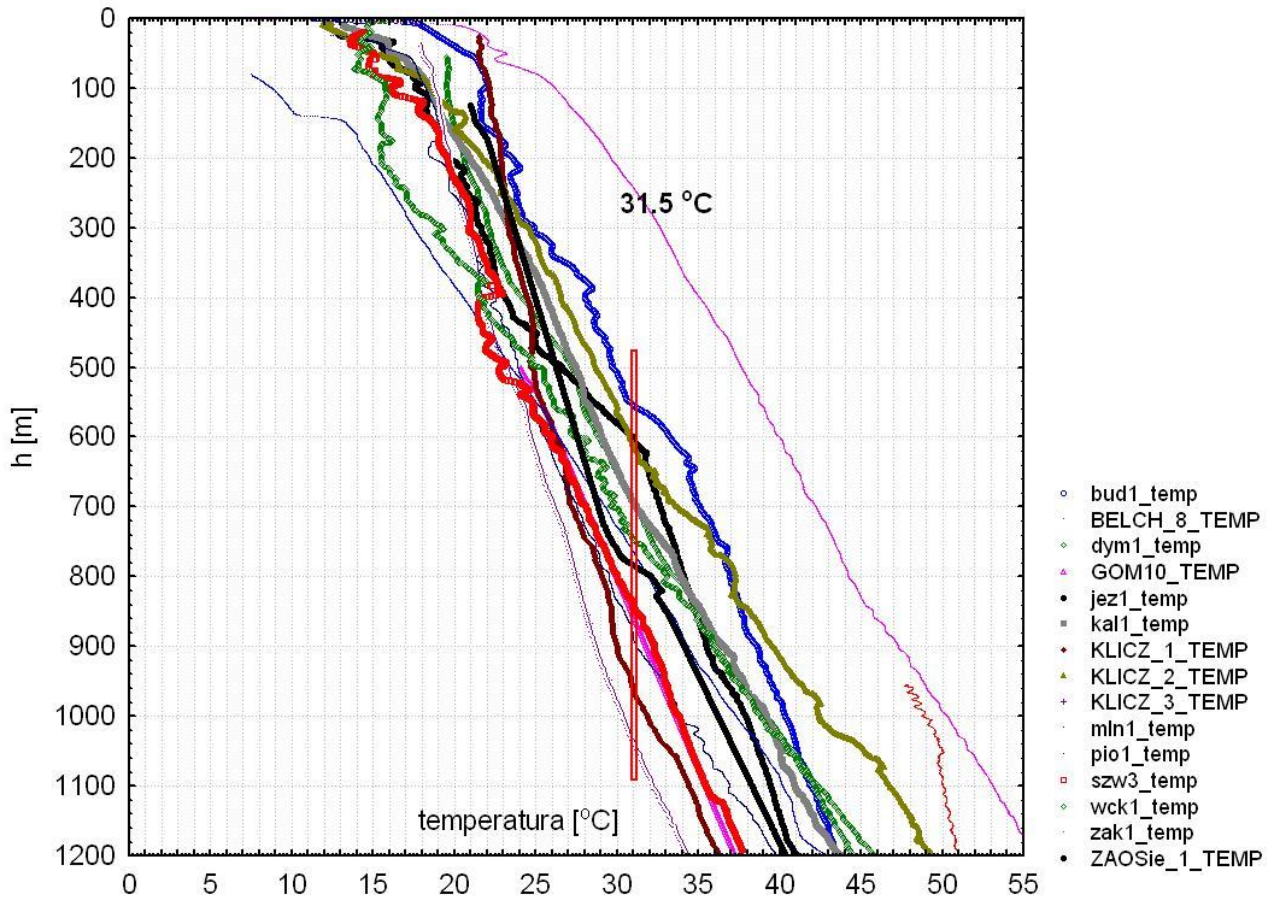
Zaproponowana metodyka korekt (obliczeń) temperatury pozwala nie tylko na obliczenie wartości temperatury w otworach posiadających dane termiczne, ale nawet na uzyskanie przybliżonej informacji o temperaturze w sytuacji całkowitego braku danych termicznych. Jest to pierwsza próba zastosowania tej metody wprowadzania korekt. Przyjmuje się w niej przy wprowadzaniu korekty paleoklimatycznej (paleotemperatura okresu zlodowacenia Wisły plus korekta ocieplenia holoceniowego), na obecnym początkowym etapie badań, upraszczającego założenia o jednorodności ośrodka. Uzyskane rozwiązania prowadzą teoretycznie do eliminacji zaburzenia związanego z procesem wiercenia otworu. Na dalszych etapach badań powinno się rozwiązać to zagadnienie z uwzględnieniem niejednorodności ośrodka. W odniesieniu do danych pomiarowych z badanego obszaru, dla których posiadano obliczone wartości strumienia, dokonano powyższych korekt. **Korekty te nie zawsze prowadzą do wyników, które można uznać za dostatecznie wiarygodne.**

Na Fig. 1.1.8_9 przedstawiono mapę głębokości występowania izotermy $+31.5^{\circ}\text{C}$ oraz odnośny rozkład temperatur w wybranych otworach. Jak widać, czego należało się spodziewać, izoterma ta występuje na głębokości większej niż to wynikało na podstawie danych przed korektą. Średnia głębokość jej występowania wynosi około **926 m**. Dla porównania dla otworu Toruń-1 posiadającego unikalny współczesny dokładny pomiar temperatury, dokonane po ponad 20-to letniej (!) stójce otworu znajdującego się na obszarze o zbliżonej wartości strumienia, głębokość ta wynosi około 850 m. Generalnie uzyskany obraz jest zbliżony do wcześniej pokazanego rozkładu gęstości strumienia cieplnego. Obraz strumienia cieplnego z oczywistych względów jest wyraźnie mniej zróżnicowany - zróżnicowanie jest związane, jak można przypuszczać, z wpływem odmiennej przewodności cieplnej „nakładu” na badanym obszarze.

a)



Wykres rozrzutu wiele zmiennych względem h
 BELCH_WELL15_TEMP.sta 16v*20001c



b)

Fig. 1.1.8_9

- a) Szacunkowa maksymalna głębokość występowania izotermi 31.5 °C (graniczna temperatura występowania CO₂ w stanie nadkrytycznym)
- b) Rozkład temperatury w wybranych otworach w rejonie Bełchatowa dla interwału głębokości do 1200 m od powierzchni terenu.

Rejon II - GZW

(Maciej Tomaszczyk, Janusz Jureczka)

Przedmiotem zadania jest opracowanie modeli parametrycznych kolektorów i uszczelnień dla wytypowanych obszarów (struktur) w oparciu o uśrednione wartości parametrów petrologicznych, parametrów petrofizycznych z karotażu i analiz laboratoryjnych (formaty Petrel/Gocad).

Aby uzyskać model przestrzenny w pierwszym etapie konieczne jest stworzenie modelu strukturalnego (*structural modelling*). W jego skład wchodzi: przestrzenny model dyslokacji (*fault model*) na obszarze badań, który umożliwia naniesienie zarysu pierwotnego gridu 3D obejmującego kolumny (*pillars*) rozciągniętego równoległe do przebiegu dyslokacji między powierzchnią stropową i spągową modelu między trzema powierzchniami szkieletowymi (*skeleton*) powiązanych z przebiegiem uskoków za pośrednictwem górnego, środkowego i dolnego punktu kształtującego. Procedura ta jest określana jako, tzw. *pillar gridding*. Utworzone komórki *pillar gridu* mają w płaszczyźnie XY nieregularny kształt determinowany przebiegiem dyslokacji i całkowitą dostępną przestrzenią modelowania.

Kolejnym krokiem jest wprowadzenie do modelu tzw. horyzontów, czyli granic geologicznych powstałych z przekształcenia tzw. powierzchni (*surfaces*), najczęściej regularnych siatek interpolacyjnych, RSI (=gridów 2D), obliczonych w Petrelu lub Gocadzie na podstawie wyników interpretacji sejsmiki i/lub danych otworowych (*welltops*), bądź importowanych w formie RSI obliczonych w programach Zmap+, CPS-3, IRAP, EarthVision.

Pomiędzy, tak utworzone horyzonty można wprowadzać kolejne granice sekwencji stratygraficznych (*zones*), np. obliczane metodami "superpozycyjnymi" przez odjęcie modeli miąższości kolejnych warstw. W obrębie sekwencji można wprowadzić także sekwencje niższego rzędu (*sub-zones*). Finalny etap budowy osnowy stratygraficznej modelu stanowi wprowadzenie warstw (*layers*).

Model uskokowy

Model uskokowy *Fault Model*, w większości programów dedykowanych do tworzenia modeli przestrzennych decyduje o formie osnowy stratygraficznej 3D, kształtując szkielet modelu (*skeleton*) a tym samym *Pillar grid*. Nieciągłości wchodzące w skład modelu uskokowego można tworzyć na podstawie interpretacji sejsmicznej uskoków lub importu uskoków wyinterpretowanych w programach SeisWorks czy Charisma lub Kingdom (w formie tzw. *FaultSticks*).

Precyzyjne opracowanie modelu uskokowego decyduje w dużej stopniu o jakości osnowy stratygraficznej. Drobne błędy, np. w strefach kontaktu uskoków, wpływają na powstawanie czasami drastycznych artefaktów w szkielecie modelu i/lub w ukształtowaniu horyzontów ograniczających sekwencje stratygraficzne modelu.

Uskoki wchodzące w skład modelu mogą się krzyżować, dyslokacje niższej rangi (stowarzyszone) mogą wygasać na uskokach głównych.

Poszczególne uskoki składają się z linii kształtujących (*Keypillars*). W zależności od zadeklarowanego typu uskoku każda linia kształtująca może zawierać: 2 -5 punktów kształtujących w zależności od typu uskoku:

Pionowy (Vertical – 2 punkt, bez możliwości zmiany nachylenia),

Liniowy (Linear - 2 punkty - z możliwości nachylenia powierzchni uskokowej)

Listryczny (Listric 3 punkt - możliwość ukształtowania wklęsłej lub wypukłej powierzchni)

Zakrzywiony (Curved 5 - punktów, daje możliwość dowolnego modelowania kształtu powierzchni uskokowej)

W procesie obliczania powierzchni uskokowej można też wykorzystać tzw. linie trendu, wyznaczone w kierunkach I, J lub arbitralnym, definiujące kierunki przebiegu siatki w pomiędzy dwoma uskoki lub na obrzeżach grida3D.

Model przestrzenny

Przedstawiony model uskokowy kształtuje wewnętrzną budowę modelu 3D. Dalszy etap jego horyzontalnego podziału stanowi procedura tzw. *pillargriddingu*, - obliczenia 3 powierzchni szkieletowych (skeleton) składających się z oczek o nieregularnym kształcie, uwarunkowanych ukształtowaniem modelu uskokowego. Oczka trzech powierzchni szkieletowych są ukształtowane w taki sposób, można przez nie przeprowadzić zestaw pionowych komórek modelu (kolumn- *pillars*) równoległe do dyslokacji budujących model uskokowy.

W trakcie *pillargriddingu* następuje zamiana współrzędnych geometrycznych (XYZ) na współrzędne stratygraficzne I, J, K, zrotowane względem północy.

Do podstawowych parametrów deklarowanych podczas obliczania gridu szkieletowego należą:

- ⤴ określenia spacjowania horyzontalnego (I,J);
- ⤴ określenie rotacji siatki względem północy;
- ⤴ określenie sposobu modelowania uskoku (linia ciągła lub łamana);
- ⤴ technika estymacji gridu szkieletowego (*vector field* lub *local iteration*);
- ⤴ określenie sposobu rozłożenia komórek pionowych wzdłuż uskoku, ilość uskoku i linii trendów;
- ⤴ wykorzystanie poligonu ograniczającego;
- ⤴ wygładzenie modelu.

Wprowadzenie sekwencji stratygraficznych (zones) i ich wewnętrzne warstwowanie (layers)

Po zakończeniu procedury modelowania uskoku i opracowaniu modelu szkieletowego należy dokonać pionowego podziału gridu geologicznego na sekwencje stratygraficzne (*zones*). Podstawowy podział na

sekwencje jest wykonywany w wyniku wprowadzenia granic strukturalnych sekwencji (*horizons*) w wyniku zastosowania procedury *Makehorizons*.

Dane wejściowe do opracowania modelu stanowią:

Interpretowane linie sejsmiczne w formatach Charisma, IESX, Seisworks, GMA, Seismic

Micro Technology, Petrel i in.

- Powierzchnie w formie regularnych siatek interpolacyjnych (gridy 2D), np. w formatach
- Zmap+, CPS-3, IRAP, EarthVision, i in.
- Stratygrafia w odwiertach (tzw. *Welltops*)
- Dane punktowe lub otworowe (np. cyfrowane kontury, dane otworowe, itp.).

Do modelowania poszczególnych horyzontów można stosować do trzech uzupełniających się zbiorów danych wejściowych.

Powstałe horyzonty można zdefiniować jako powierzchnie:

podstawową modelu (*base*)

zgodną (*conformable*)

erozyjna (*erosional*)

nieciągła (*discontinuous, górna granica jest niezgodnością erozyjną, dolna kątową*)

Obliczane modele horyzontów uwzględniają obecność dyslokacji, pozwalając na modelowanie uskoków normalnych i odwróconych, a także uskoków synsedymencyjnych i zawiasowych. Program umożliwia elastyczne modelowanie ukształtowania strefy przyuskokowej i wielkości zrzutów, zmiennej dla poszczególnych dyslokacji. Nawet w przypadku wykorzystania precyzyjnych regularnych modeli powierzchni strukturalnych, proces obliczania horyzontów ponownie oblicza mapę strukturalną. Z wykorzystaniem algorytmu *ConvergentGridder* bądź *Minimum Curvature* obliczana jest nieregularna, rozcięta uskokami siatka (*Horizon*). Ponowne przeliczanie oraz zamiana układu współrzędnych wpływają na osłabienie precyzji modelu. Błędy tego rodzaju można zredukować poprzez ponowne dowiązanie modelu do danych wejściowych (*Welltops*). W wyniku obliczenia horyzontów model zostaje podzielony na sekwencje stratygraficzne. Jego dalszej stratyfikacji można dokonywać wprowadzając w istniejącą sekwencję (zones) kolejne „kompleksy stratygraficzne” o mniejszej miąższości (sub-zones), z wykorzystaniem procedury *makeZones*. Kompleksy takie można wprowadzać w obrębie istniejącej sekwencji (zone) np. wprowadzając modele izochorowe nad lub pod horyzont stanowiący spąg lub strop sekwencji. Dodatkowo powstałe granice sekwencji niższego rzędu można dowiązać do danych punktowych (np. miąższości pomierzonej w odwiertach).

Procedurą *makezones* można wprowadzić następujące rodzaje sekwencji:

Constant – o stałej miąższości;

Isochore – model miąższości (grid 2D);

Conformable – na podstawie danych punktowych generowany jest strukturalny grid 2D

powierzchni stropu (spągu) kompleksu niższej rangi;

Percentage – miąższość kompleksu jest deklarowana jako procent całkowitej miąższości sekwencji;

Rest – w przypadku wprowadzenia kilku kompleksów niższego rzędu, pozostała resztkowa część pierwotnej sekwencji stanowi sekwencję „resztkową”;

Wprowadzanie sekwencji niższego rzędu odbywa się w kierunku od stropu do spągu lub odwrotnie. Dla sekwencji ograniczonych powierzchniami niezgodności można zadeklarować procedurę rekonstrukcji spągu lub zerodowanej części warstwy.

Stropy i spągi utworzonych sekwencji można finalnie dowiązać do otworów za pomocą procedury *welladjustment*. Procedura umożliwi również korektę objętości powstałych kompleksów niższego rzędu.

Dla procedur *Makehorizons* i *Makezones* istnieje możliwość obliczenia współczynnika ryzyka (*uncertainty*).

Warstwowanie (Layering)

Ostatni etap opracowania osnowy stratygraficznej stanowi „uwarstwienie” powstałych sekwencji stratygraficznych. Warstwy w modelu można wyznaczyć w sposób:

- proporcjonalny (*proportional layering*) – wyznaczając stałą ilość warstw w całej sekwencji (*zone*)
- równoległe do stropu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw (*Proportional*)
- równoległe do spągu sekwencji, zachowując stałą miąższość warstw
- stosując warstwowanie ułamkowe (wyznaczając stałą proporcję poszczególnych warstw względem miąższości całej sekwencji stratygraficznej).

Miąższość warstw (*layers*) zawsze stanowi kompromis pomiędzy rozdzielczością oraz ilością danych wejściowych, a rozdzielczością modelu i jego całkowitą kubaturą. Miąższość warstw w poszczególnych sekwencjach można różnicować, biorąc pod uwagę miąższość sekwencji, a także jej znaczenie dla poszukiwań naftowych czy procesu zatłaczania dwutlenku węgla. By uniknąć nadmiernego rozczłonkowania modelu można zadeklarować minimalną miąższość rekonstruowanych sekwencji (*zones*) i warstw (*layers*). Standardowo wartość minimalna wynosi 1m.

Model danych w otworach (Upscaling/Well model)

Pierwszy etap przekształcania osnowy strukturalnej w model litologiczno – zbiornikowy stanowi utworzenie tzw. modelu otworowego czy inaczej *upscaling* danych otworowych do postaci komórek[*cells*] rozlokowanych wzdłuż trajektorii wierceń. W płaszczyźnie pionowej ilość komórek modelu otworowego jest uzależniona od gęstości warstwowania (*layering*) poszczególnych sekwencji (*sequences, zones*) stratygraficznych modelu 3D. Dane wykorzystywane do stworzenia modelu otworowego obejmują ciągłe krzywe geofizyczne, nieregularnie rozmieszczone w profilu otworu dane laboratoryjne, a także dane dyskretne, takie jak zakodowana cyfrowo litologia, zmienność facjalna czy stratygrafia. Importowane do modelu dane mają postać krzywych geofizycznych (format „las” lub „lis”) bądź odpowiednio formatowanych plików tekstowych ASCII.

Standardowe procedury *upscaling’u* obejmują szereg technik uśredniania. Do najprostszych, często stosowanych technik uśredniania należy metoda średniej arytmetycznej. Jest wykorzystywana szczególnie do przetwarzania zbiorów danych o dużej liczebności, wykazujących ciągłą zmienność, takich jak np. zailenie czy porowatość, a znacznie rzadziej przepuszczalność.

Finalnym efektem jest model strukturalno-parametryczny (litologiczny). W naszym przypadku jest to model układu sekwestracyjnego warstw dębowieckich i podłoża dla rejonu południowej części GZW (Fig.1.1.8_10 – 12; Maciej Tomaszczyk).

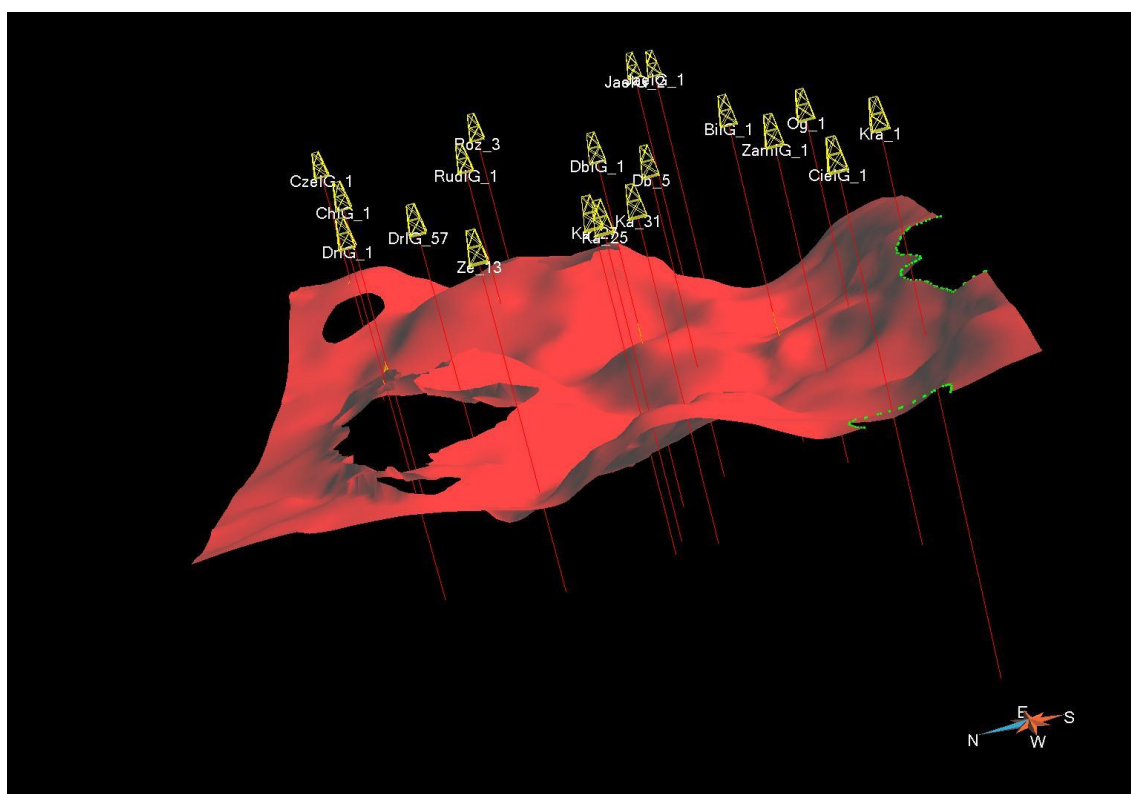


Fig. 1.1.8_10 Mapa stropu warstw dębowieckich w południowej części GZW (dziury oznaczają brak tego wydzielenia litostratygraficznego)

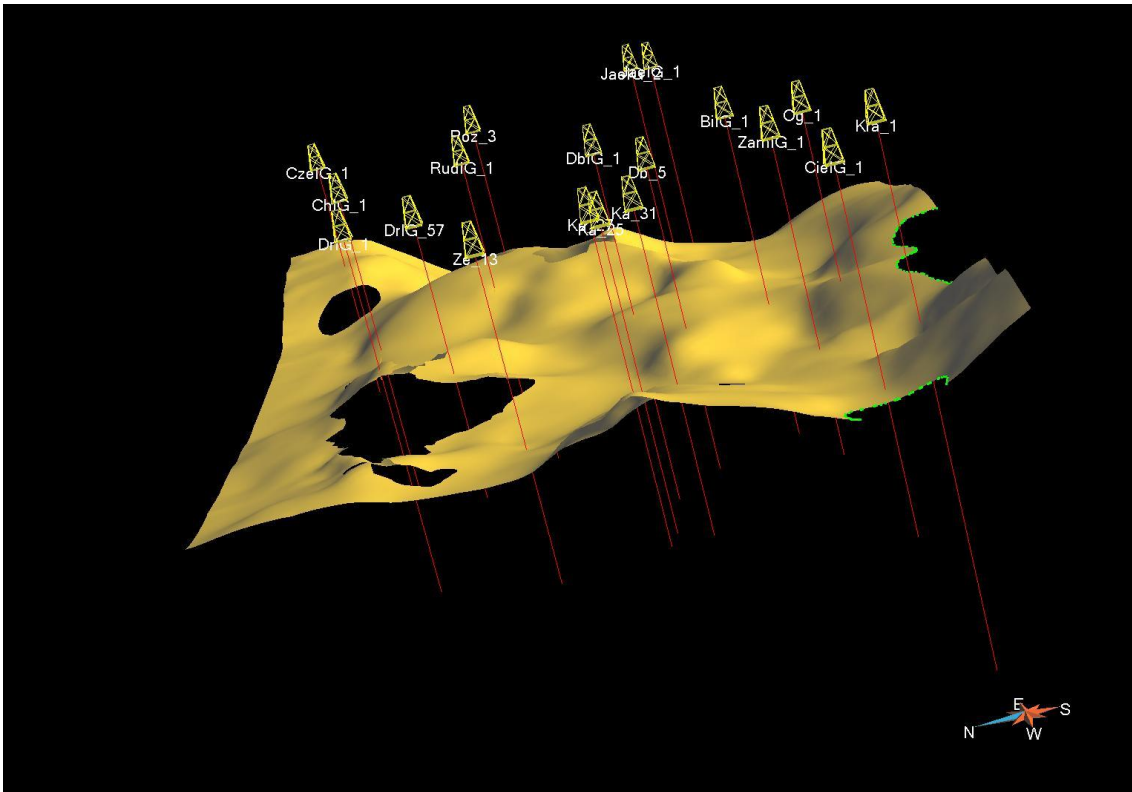


Fig. 1.1.8_11 Mapa spągu warstw dębowieckich w południowej części GZW

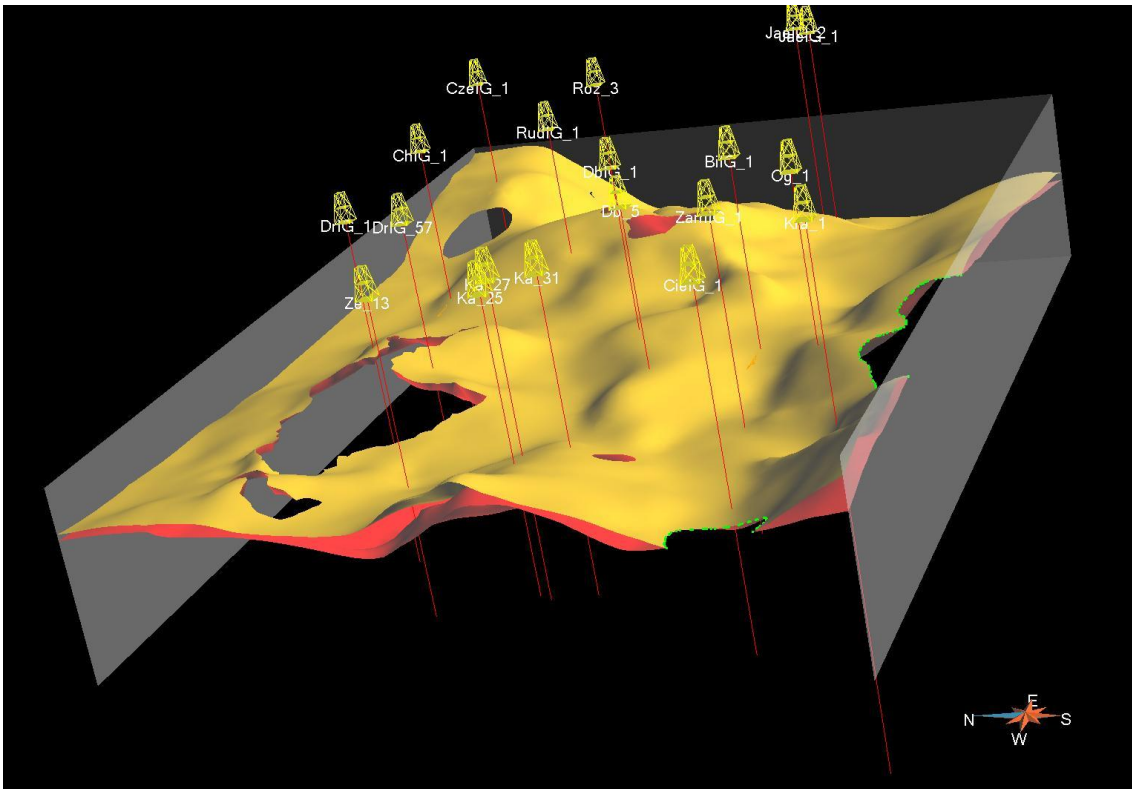


Fig. 1.1.8_12 Układ sekwencyjny warstw dębowieckich w południowej części GZW

Rejon III - Mazowsze

Modele parametryczne kompleksów jury i triasu (Adam Wójcicki, Teresa Adamczak, Bartosz Papiernik)

Do sporządzenia modeli strukturalnych kompleksów składowania w obrębie jury i triasu wykorzystano mapy strukturalne opracowane w rozdziale 1.1.3 dla rejonu III (B. Papiernik, M. Hajto).

Do opracowania modeli parametrycznych parametrów zbiornikowych wykorzystano informacje z archiwalnych (rozdział 1.1.5, rejon III) i nowych (rozdział 1.3.2) analiz parametrów petrofizycznych, zgromadzonych w bazie danych (zadanie 1.1.10), w tym także informacje zgromadzone w ramach zadań 1.1.32 i 1.1.7 oraz, w przypadku najnowszego otworu Kaszewy-1 – informacje z dokumentacji wynikowej (Posytniak & Rosa, 2010).

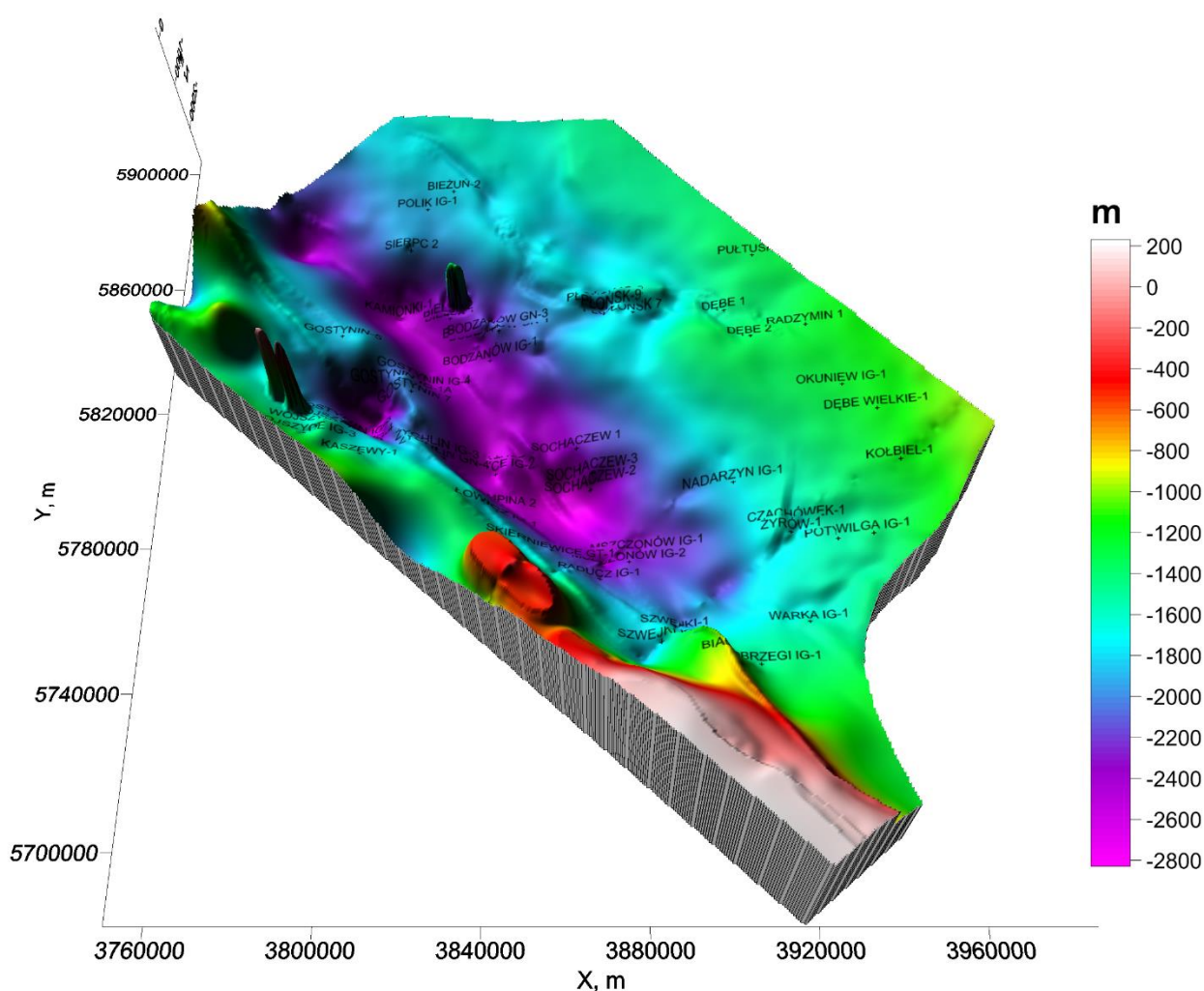


Fig. 1.1.8_13 Model przestrzenny stropu kompleksu dolnej jury w rejonie Mazowsza (na podstawie mapy strukturalnej z rozdziału 1.1.3 – B. Papiernik, M. Hajto) z naniesionymi otworami z danymi parametrycznymi

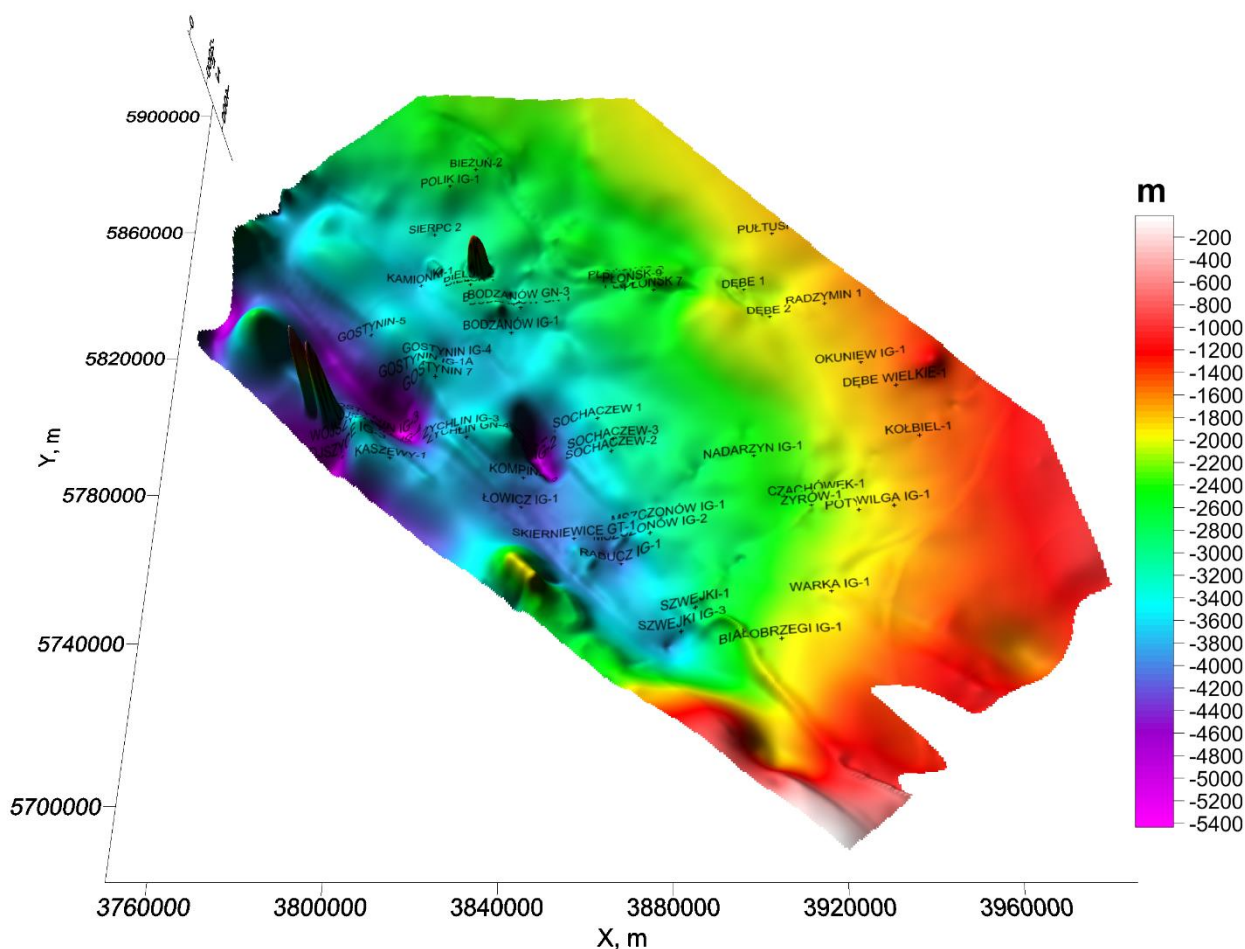


Fig. 1.1.8_14 Model przestrzenny stropu kompleksu dolnego triasu w rejonie Mazowsza (na podstawie mapy strukturalnej z rozdziału 1.1.3 – B. Papiernik, M. Hajto) z naniesionymi otworami z danymi parametrycznymi

Dla uszczelnień przyjmowano generalnie wyniki pomiarów wykonanych w ramach zadania 1.3.2 (INiG) gdzie dla nadkładu uszczelniającego o dobrych własnościach otrzymywano wartości 0,001 mD, wyznaczające granicę dokładności zastosowanej aparatury (oznaczające wartości poniżej 0.01 mD). Dokładniejsze pomiary zostały wykonane w ramach zadania 1.1.7 (AGH) dla kilku prób uszczelnień dolnej jury z wykorzystaniem aparatury zdolnej do pomiarów mikroprzepuszczalności (**Fig. 1.1.18_15**). Otrzymane wartości są rzędu tysięcznych części mD, co świadczy o dobrej jakości uszczelnienia dolnojurajskiego (dolny toark – formacja ciechocińska).

Z kolei formacje zbiornikowe dolnej jury na obszarze Mazowsza charakteryzują się dość dobrymi własnościami zbiornikowymi w odniesieniu do kryteriów najlepszych praktyk (Chadwick et al., 2006). Dotyczy to zarówno porowatości efektywnej (**Fig. 1.1.18_16**) jak i przepuszczalności (**Fig. 1.1.18_17**).

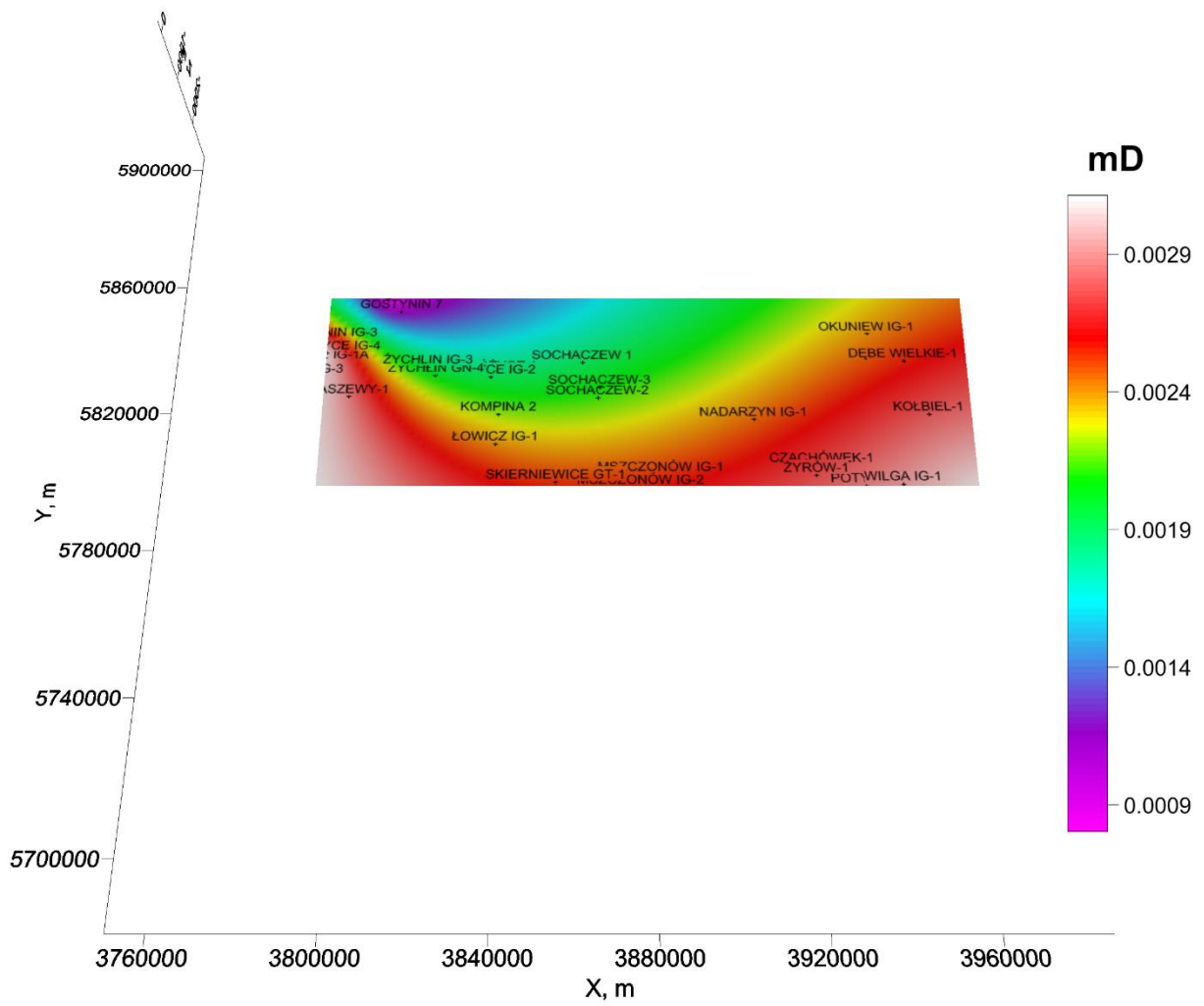


Fig. 1.1.8_15 Rozkład przepuszczalności dla kompleksu podstawowego uszczelnienia w obrębie dolnej jury (na podstawie wyników zadania 1.1.7)

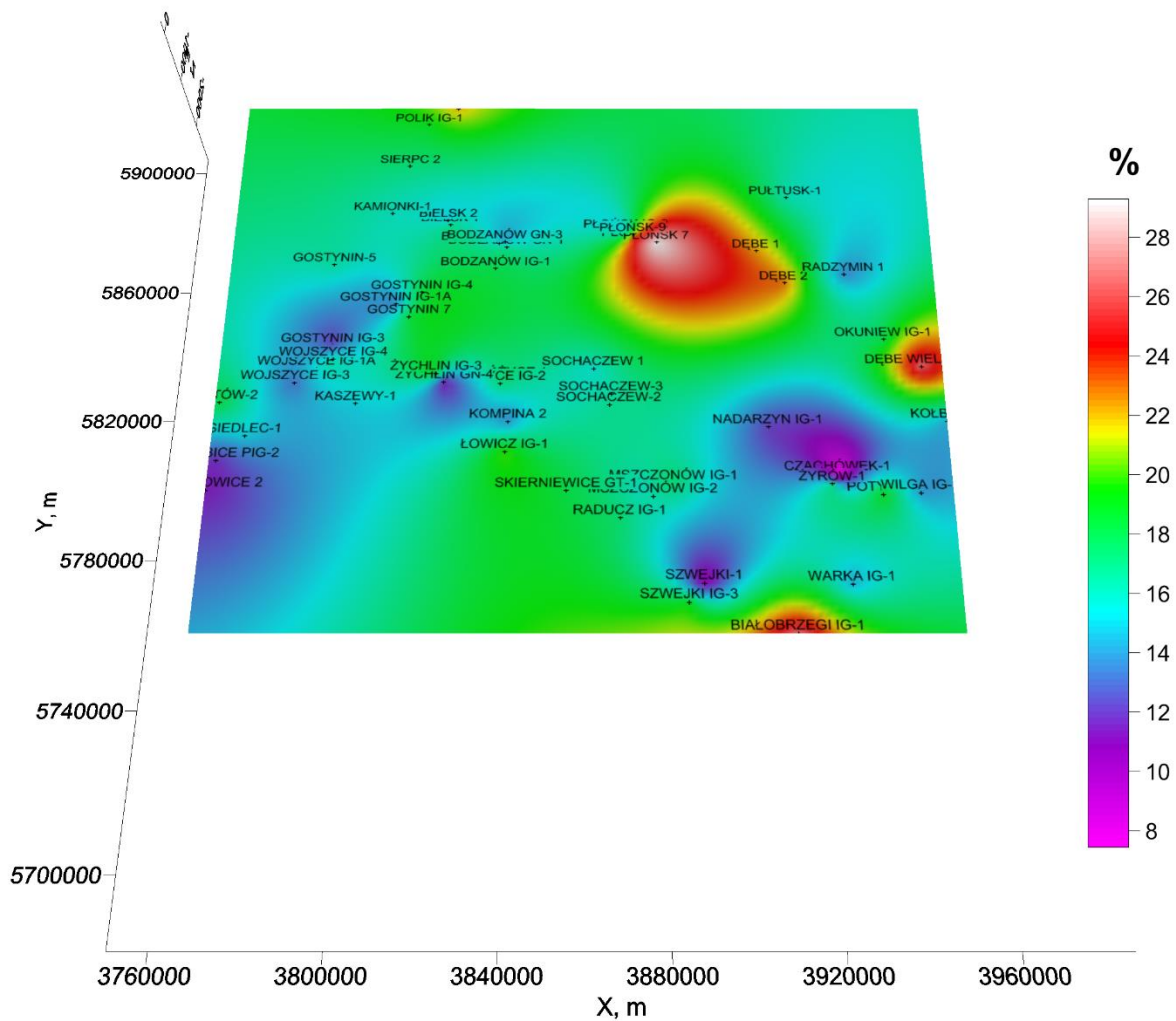


Fig. 1.1.8_16 Rozkład porowatości dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnej jury (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

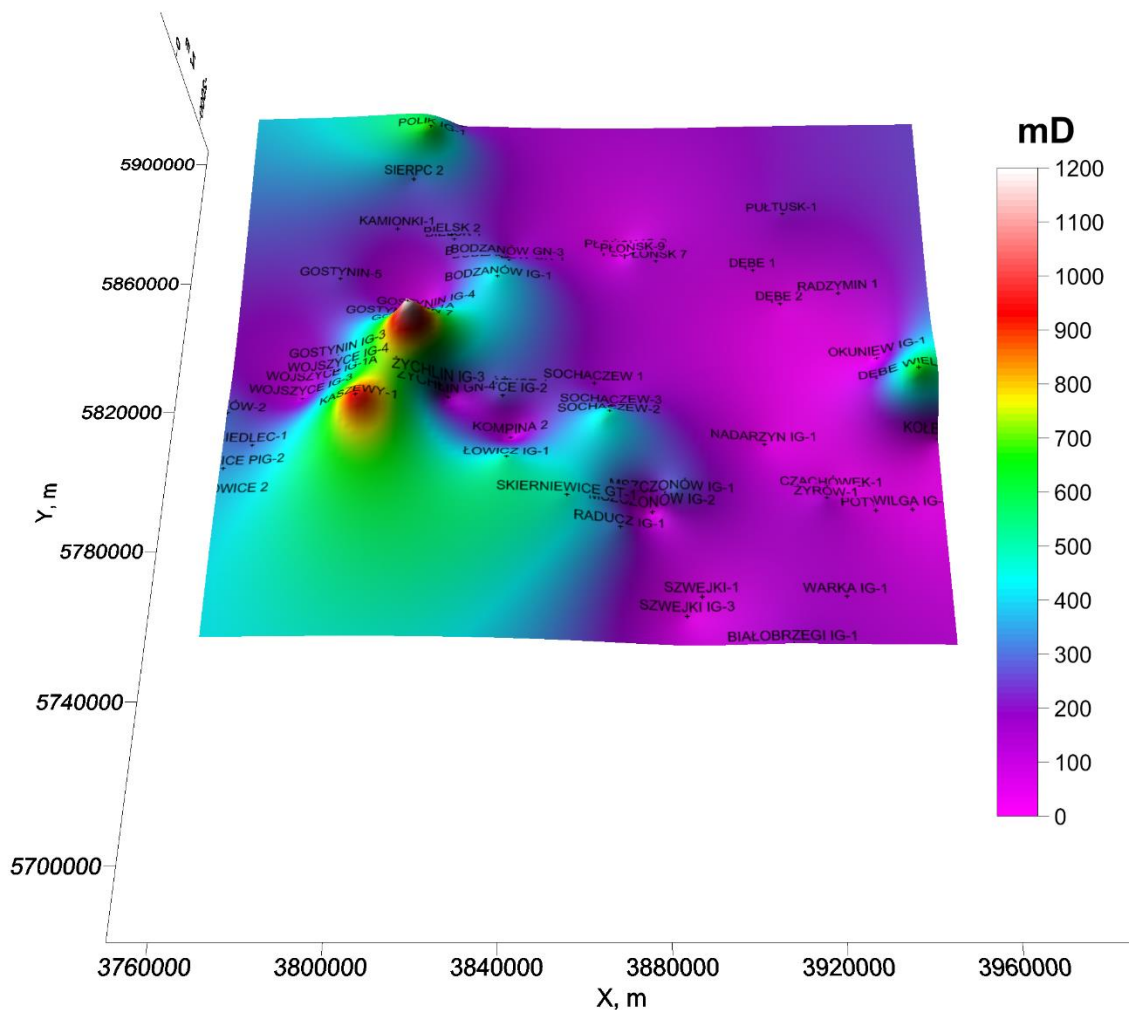


Fig. 1.1.8_17 Rozkład przepuszczalności dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnej jury (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

Natomiast dla dolnego triasu określono rozkłady porowatości i przepuszczalności formacji zbiornikowej (piaskowcowej). Dolny trias, tzn. głównie środkowy pstry piaskowiec, nie posiada jednak tak dobrych własności zbiornikowych jak dolna jura. W przypadku porowatości różnica ta nie jest tak drastyczna, zwłaszcza w południowej części obszaru badań (**Fig. 1.1.18_18**), ale za to przepuszczalności są co najmniej o rząd wielkości niższe (**Fig. 1.1.18_19**) co w zasadzie wyklucza pstry piaskowiec jako dobry kolektor w północnej części obszaru badań.

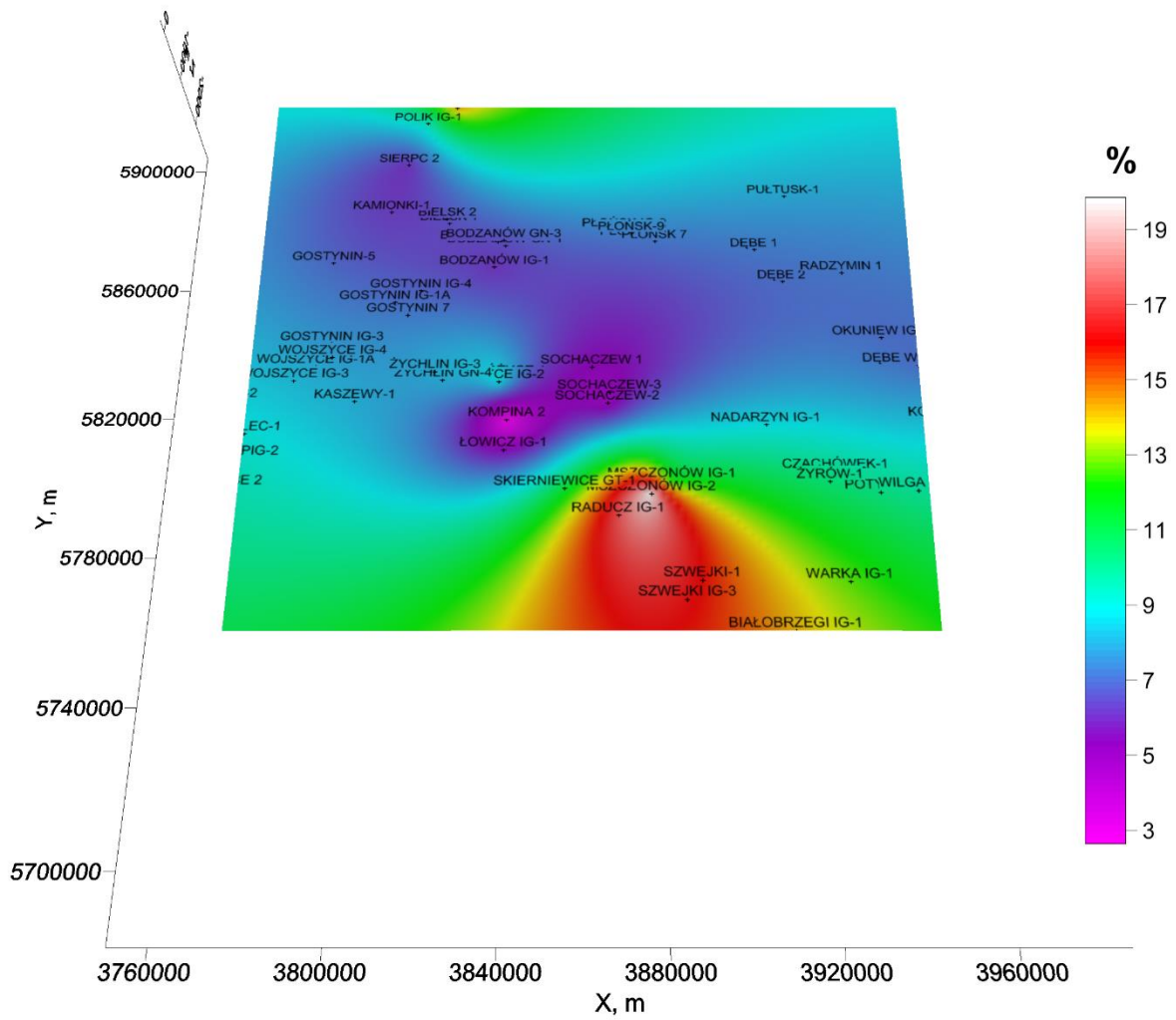


Fig. 1.1.8_18 Rozkład porowatości dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnego triasu (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

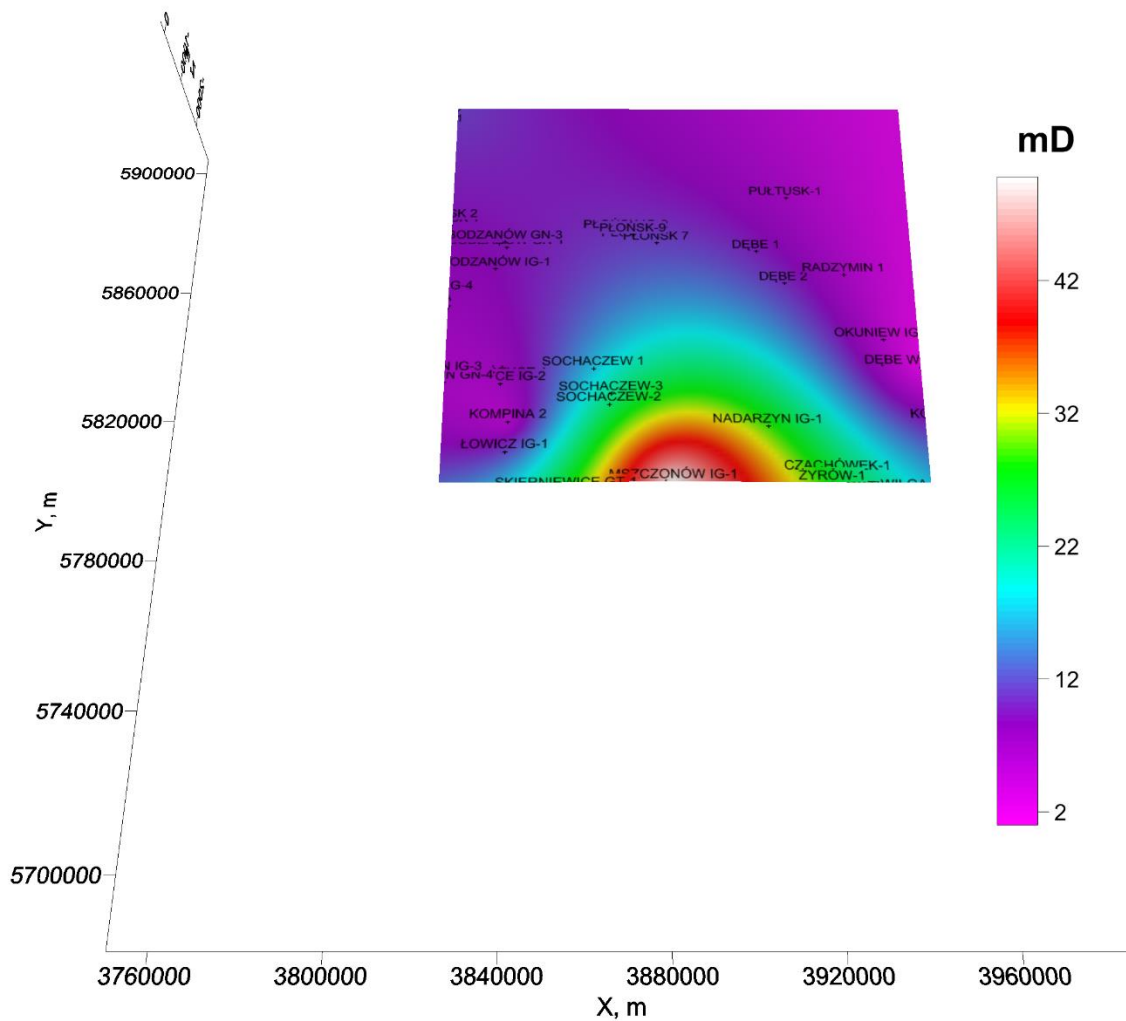


Fig. 1.1.8_19 Rozkład przepuszczalności dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnego triasu (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

Rejon IV - brzeźna strefa Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego

Model parametryczny najbardziej perspektywicznego kompleksu mezopaleozoicznego zatoki gdowskiej

(Adam Wójcicki, Ryszard Habryn, Bartosz Papiernik)

W ramach zadań **1.1.3 – 1.1.7** analizowano możliwości geologicznego składowania CO₂ w zachodniej części brzeźnej strefy Karpat i Zapadliska Przedkarpackiego (**Fig. 1.1.8_20**) gdyż stwierdzono wcześniej (rozdział **1.1.1**) że część wschodnia jest zasadniczo nieperspektywiczna, wyjąwszy obszary złóż węglowodorów.

Analizowany obszar zachodni (IVA) obejmuje strefy perspektywiczne do składowania CO₂ zarówno w utworach klastycznych jak i węglanowych. Utwory węglanowe – zbiorniki paleozoiczne mają generalnie mniej przewidywalne własności niż utwory klastyczne i stąd ich założone parametry są raczej hipotetyczne dla całych rozpatrywanych obszarów (Grobla i Niepołomice) gdyż nie dysponujemy ich zbyt dokładnym rozpoznaniem a jedynie znamy w miarę dobrze nakład uszczelniający miocenu autochtonicznego w strefie nasunięcia karpackiego i miocenu Zapadliska dalej na północ.

Stąd w niniejszym rozdziale przeanalizowano obiekt perspektywiczny w utworach klastycznych w rejonie zatoki gdowskiej, na południe od Niepołomic in na SW od zbiornika węglanowego Niepołomice. Formacją zbiornikową w rejonie zatoki gdowskiej są utwory jury, głównie środkowej (w mniejszym stopniu dolnej, nierozdzielonej). Są to piaskowce i zlepieńce o zmiennych parametrach porowatości przepuszczalności, od dostatecznych do dobrych (**Fig. 1.1.8_21 i 22**). Do opracowania modeli parametrycznych przedstawionych na **Fig. 1.1.8_21 i 22** wykorzystano informacje zgromadzone przy realizacji zadania **1.1.3** dla rejonu IV (oraz zadania **1.1.5**).

Biorąc pod uwagę wartości porowatości (**Fig. 1.1.8_21**) i przepuszczalności (**Fig. 1.1.8_22**) można stwierdzić, że najbardziej perspektywiczny jest obszar zachodniej części zatoki gdowskiej (rejon Raciborsko-Niepołomice), a także obszar położony na południe od frontu nasunięcia karpackiego (rejon Tarnawy).

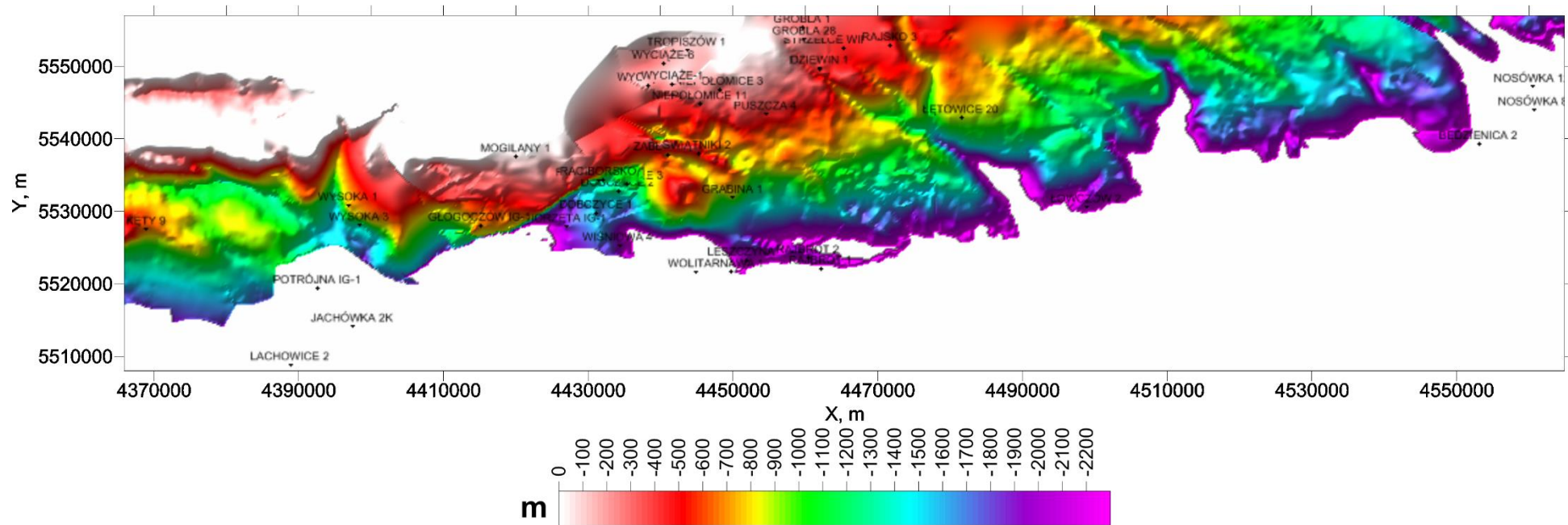


Fig. 1.1.8_20 Obszar (brzeżnej strefy) Karpat zachodnich z zaznaczonymi otworami, dla których dostępne były dane parametryczne analizowane w zadaniach **1.1.3** i **1.1.15** dla rejonu IVA, na tle przestrzennej mapy stropu podłoża Karpat i Zapadliska. Linią ciągłą zaznaczono front nasunięcia Karpat fliszowych.

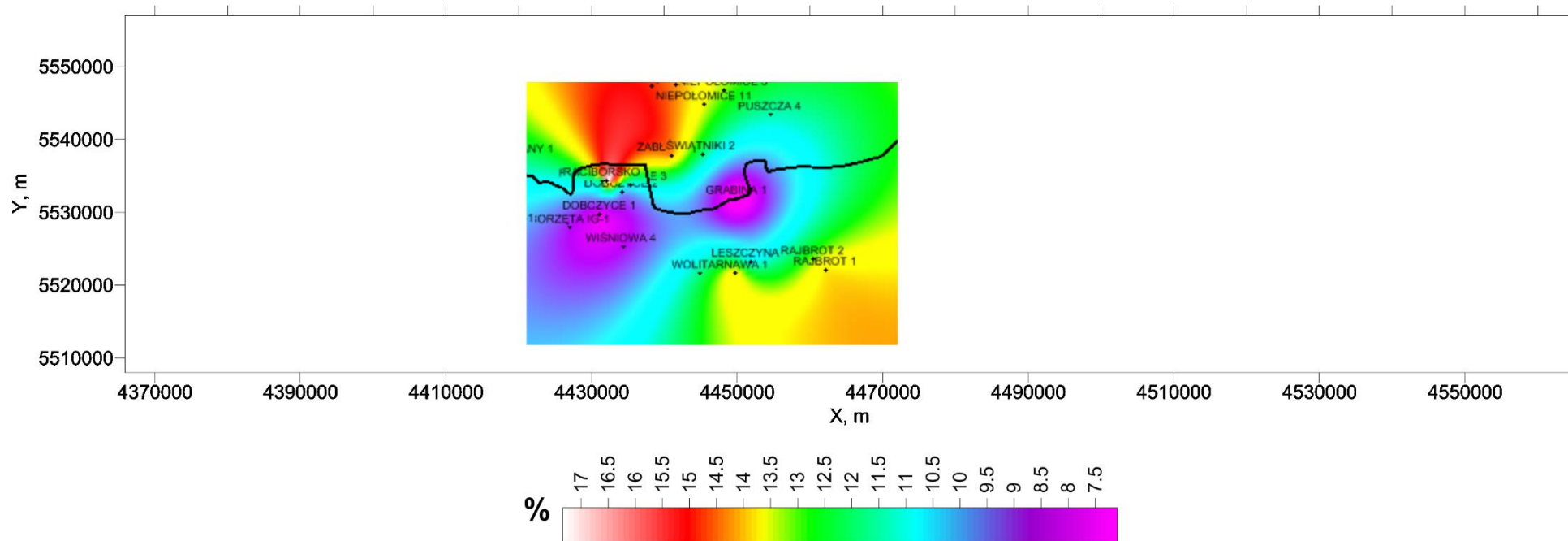


Fig. 1.1.8_21 Rozkład porowatości dla zbiorników (formacji piaskowcowych i zlepieńców) w obrębie jury dla wytypowanego obszaru Karpat zachodnich (rejon IVA).
Linia ciągłą zaznaczono front nasunięcia Karpat fliszowych.

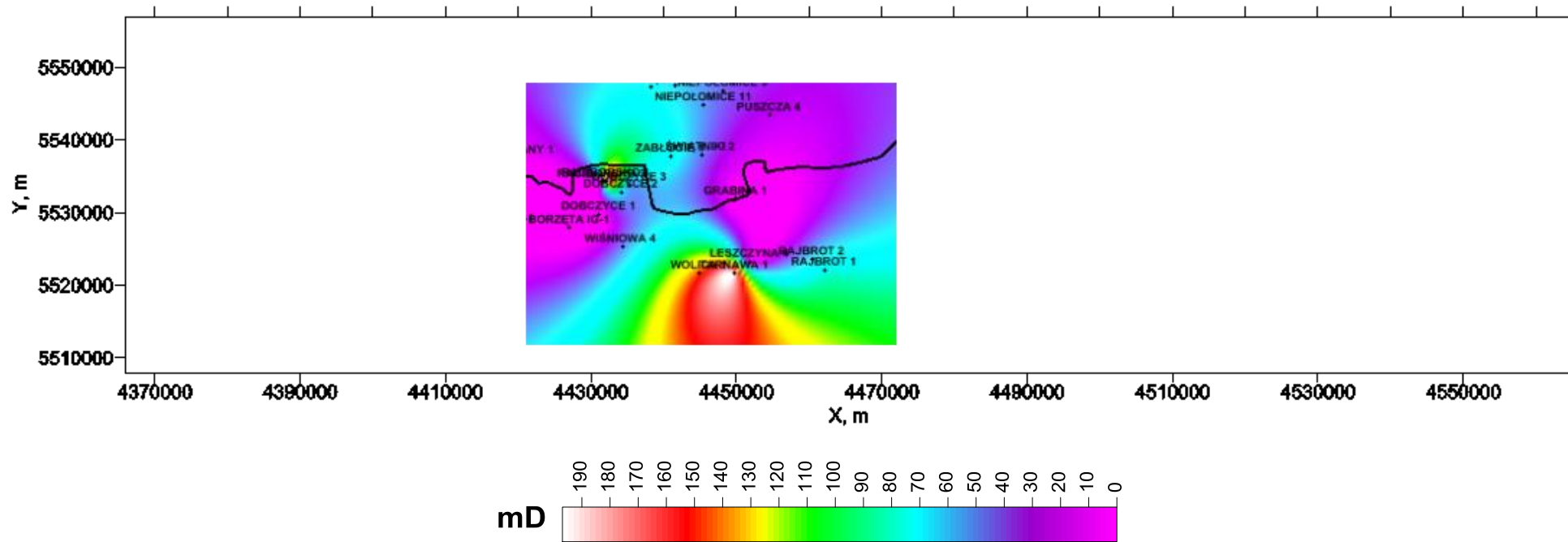


Fig. 1.1.8_22 Rozkład przepuszczalności dla zbiorników (formacji piaskowcowych i zlepieńców) w obrębie jury dla wytypowanego obszaru Karpat zachodnich (rejon IVA). Linia ciągłą zaznaczono front nasunięcia Karpat fliszowych.

Rejon V - Lubelszczyzna (i Podlasie)

Model strukturalno-parametryczny karbonu basenu lubelskiego (Krzysztof Czuryłowicz)

Przedmiotem analizy modelowej pod kątem potencjału sekwestracyjnego były utwory kompleksu karbońskiego (wizen - namur A B C - westfal) zalegające w obrębie basenu lubelskiego. Szczególnie korzystne warunki dla ewentualnego składowania CO₂ wynikają częściowo ze charakteru depozycji utworów karbońskich. Obecność kopalnej sieci rzecznej w otoczeniu skał drobnoziarnistych jest elementem sprzyjającym do formowania izolowanych układów sekwestracyjnych.

Na potrzeby realizacji projektu wykonano dwie niezależne procedury geostatystyczne oparte na stochastycznych metodach symulacji (Monte Carlo) zmiennych dyskretnych (litologia; kolektor/uszczelnienie) i ciągłych (porowatość przepuszczalność). Zaletą zastosowanej metody jest wierna reprodukcja parametrów statystycznych danych wejściowych, które posłużyły do jego opracowania. Szczegółowa metodyka opracowania modeli parametrycznych została przedstawiona w podrozdziałach dotyczących rejonu I – Bełchatów i II – GZW.

W trakcie pierwszej procedury opracowano 10 równo-prawdopodobnych realizacji symulacji rozkładu kolektorów i uszczelnień wykonanych dla profili karbońskich w 60 otworach badawczych autorstwa dr Marii Waksmundzkiej. Z rozkładu globalnych proporcji wyróżnionych warstw kolektorskich i uszczelniających wynika, że względnie najbliższe własności wykazują utwory westfalu górnego, w obrębie którego dominują utwory ekranujące (**Fig. 1.1.1_23i24**).

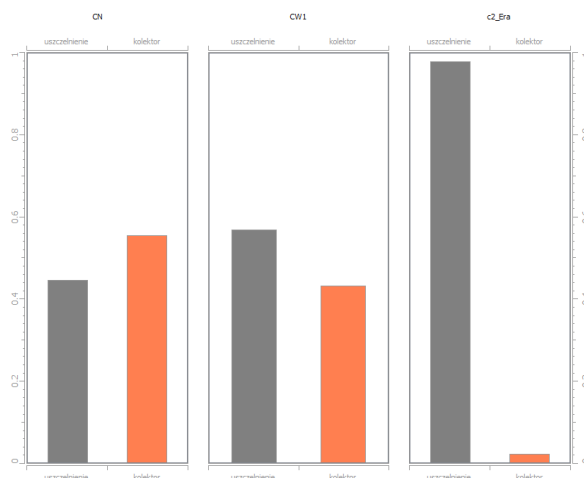


Fig. 1.1.1_23 Histogramy proporcji warstw uszczelniających i kolektorskich w obrębie utworów karbońskich

Diagramy pionowych oscylacji proporcji systemu kolektor/uszczelnienie pośrednio wskazuje na obecność jednego poziomu uszczelniającego, który dominuje na całym obszarze w przystropowej partii profilu westfalu dolnego.

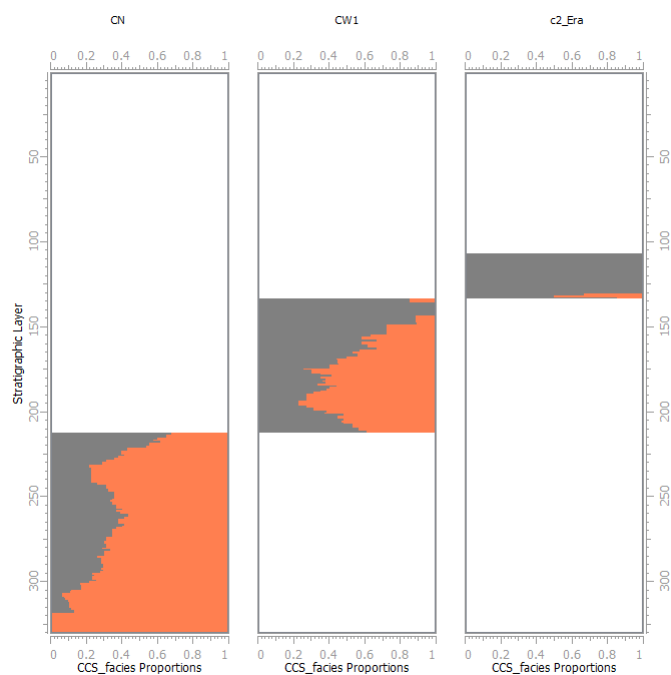


Fig. 1.1.1_24 Diagram proporcji układu kolektor/uszczelnienie w obrębie utworów karbońskich

Z wizualnej analizy końcowej reprezentacji (najczęściej występującej zmiennej dyskretnej w komórce grid'a z 10 równoprawdopodobnych realizacji) przestrzennego modelu rozkładu skał kolektorskich i uszczelniających (**Fig. 1.1.1_25**) wynika, że istnieje prawdopodobieństwo zaistnienia układów sekwestracyjnych w postaci ekranowanych od stropu i obocznie skałami o własnościach uszczelniających w obrębie utworów namuru i westfalu dolnego.

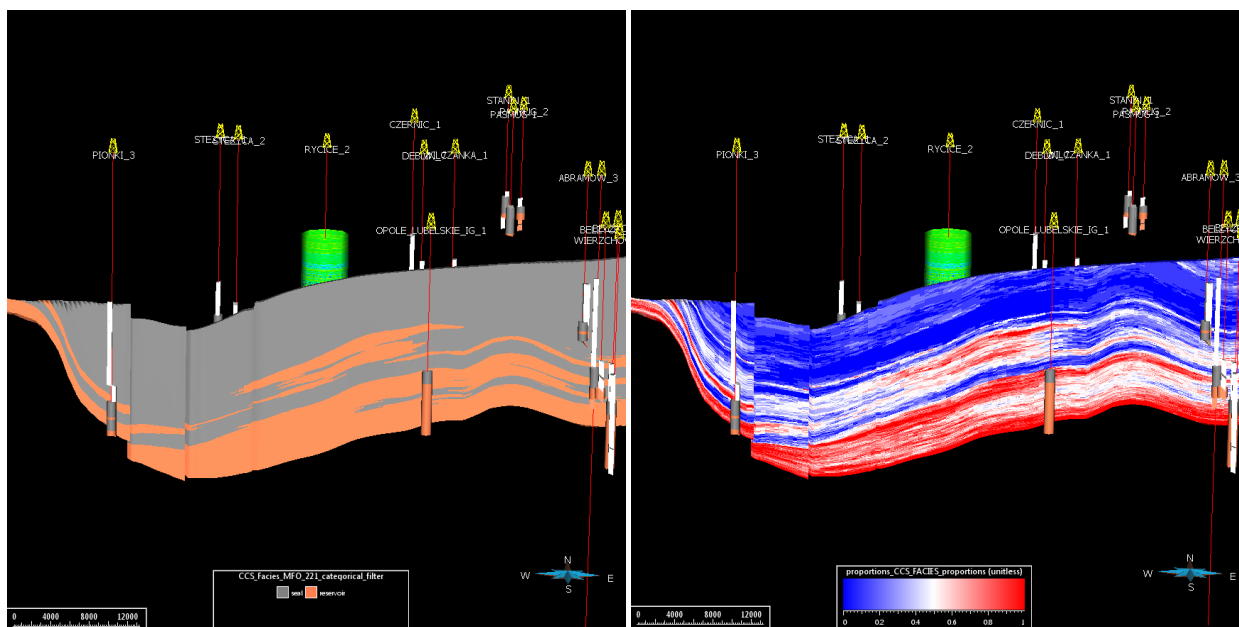


Fig. 1.1.1_25 Przykładowa perspektywiczna struktura sekwestracyjna (po lewej) z obliczonymi proporcjami wystąpienia skał kolektorskich definiującymi statystyczne prawdopodobieństwo ich wystąpienia w oparciu o wygenerowane 10 równo-prawdopodobnych realizacji (po prawej).

Generalnie własności kolektorskie ulegają pogorszeniu przechodząc ku stropowi profilu utworów karbońskich oraz ku północno-zachodniej części basenu, gdzie miąższość utworów systemu karbońskiego jest względnie największa. W tej części basenu dominują skały drobnoklastyczne.

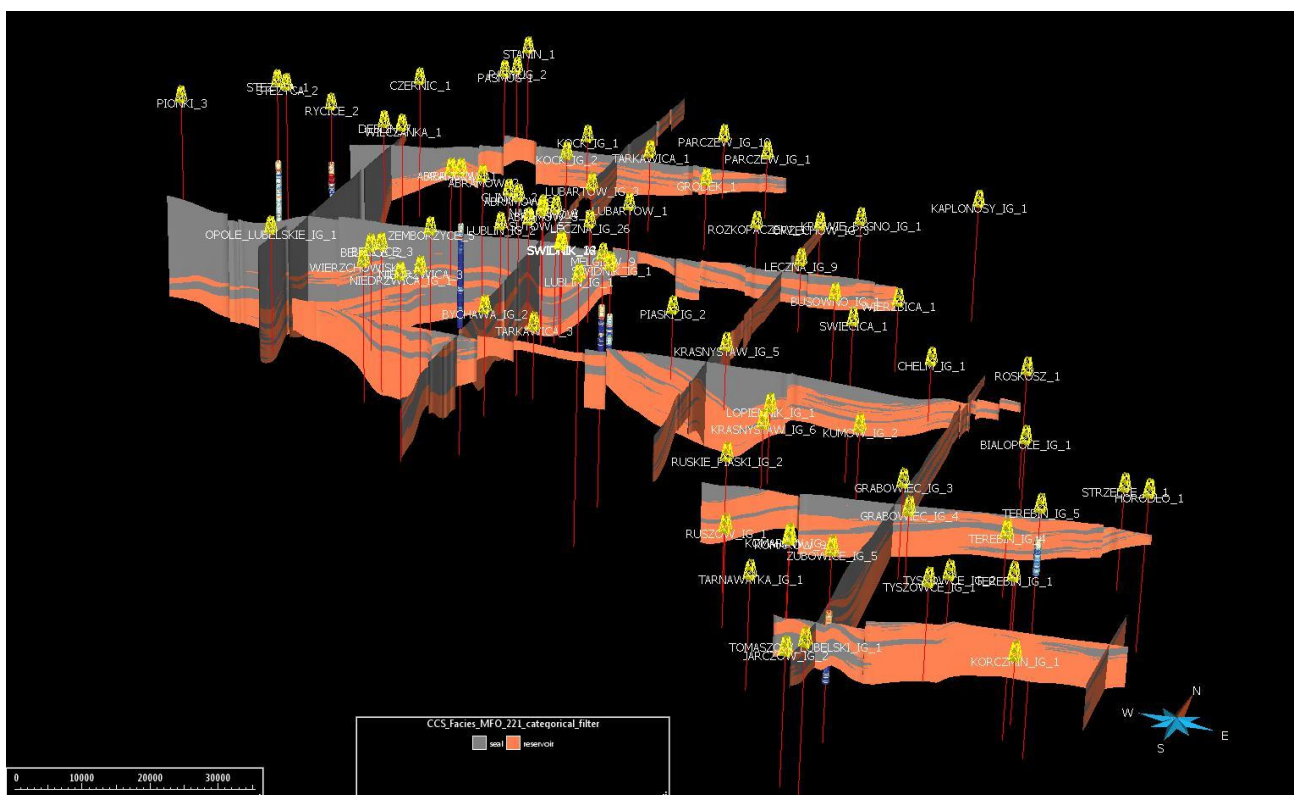


Fig. 1.1.1_26 Finalna wersja modelu rozkładu skał kolektorskich i uszczelniających

W trakcie drugiej procedury wykonano pełną procedurę geostatystyczną rozpoczynającą się od opracowania modelu litologicznego, dla konstrukcji którego stanowiły podstawę interpretacje krzywych geofizycznych w otworach badawczych Abramów 1, Rycice 2 i Mełgiew 9. W oparciu o diagram korelacyjny pomiędzy zaileniem i przepuszczalnością (po transformacji do rozkładu normalnego) z naniesionymi zinterpretowanymi jednostkami litologicznymi skonstruowany dla wyżej wymienionych otworów badawczych dokonano identyfikacji wartości progowe parametrów zbiornikowych. Oznaczone wartości cut-off posłużyły w dalszej kolejności do kalkulacji litologii w kolejnych 6 otworach badawczych (**Fig. 1.1.1_28**). Dzięki zastosowaniu tak uproszczonej metodyki pośredniej interpretacji litologii z profilowań geofizyki otworowej możliwe były skonstruowanie bardziej wiarygodnych wariogramów empirycznych i identyfikacja zasięgów autokorelacji jednostek litologicznych. Podstawę do konstrukcji modelu litologicznego (**Fig. 1.1.1_26**) stanowił uprzednio skonstruowany model stratygraficzny (**Fig. 1.1.1_27**) o warstwowaniu proporcjonalnym pomiędzy stropem a spągiem (**Fig. 1.1.1_34** i **35**). Z kolei osnowę modelu rozkładu parametrów zbiornikowych t. porowatości i przepuszczalności była już z kolei warunkowana do uprzednio opracowanego modelu litologicznego. Tak ściśle zhierarchizowane podejście gwarantuje, że wykonane modele parametryczne parametrów zbiornikowych wykazują ścisły związek z kontekstem geologicznym badanego ośrodka skalnego.

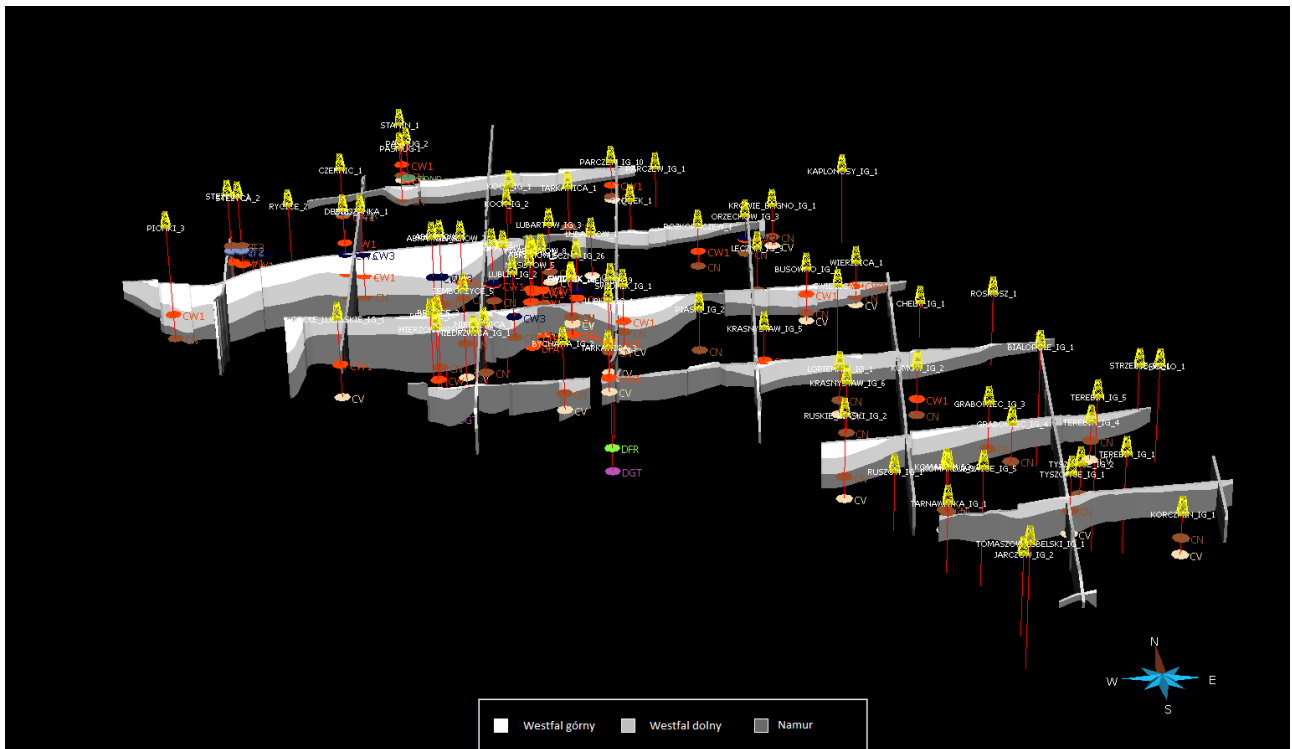


Fig. 1.1.1_27 Model stratygraficzny utworów karbońskich

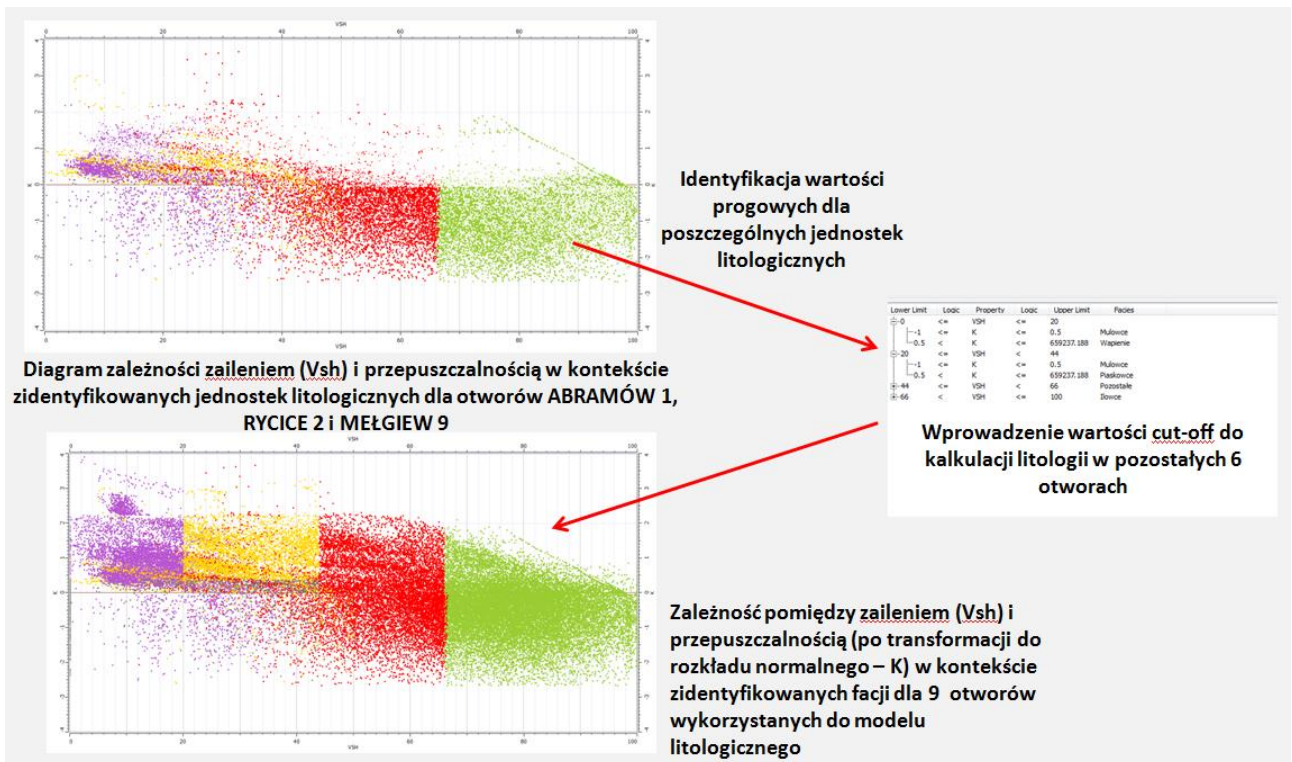


Fig. 1.1.1_28 Schemat uproszczonej identyfikacji litologii w dla sześciu otworów badawczych na potrzeby konstrukcji modelu litologicznego

Wizualna analiza modelu litologicznego wskazuje na silny związek przestrzenny ze stochastycznym rozkładem kolektor/uszczelnienie (**Fig. 1.1.1_29**). Skały uszczelniające stanowią głównie kompleks iłowców, natomiast skały kolektorskie grupują się wokół utworów piaszczystych i grupy utworów o niezdefiniowanej na podstawie karotaży litologii (pozostałe).

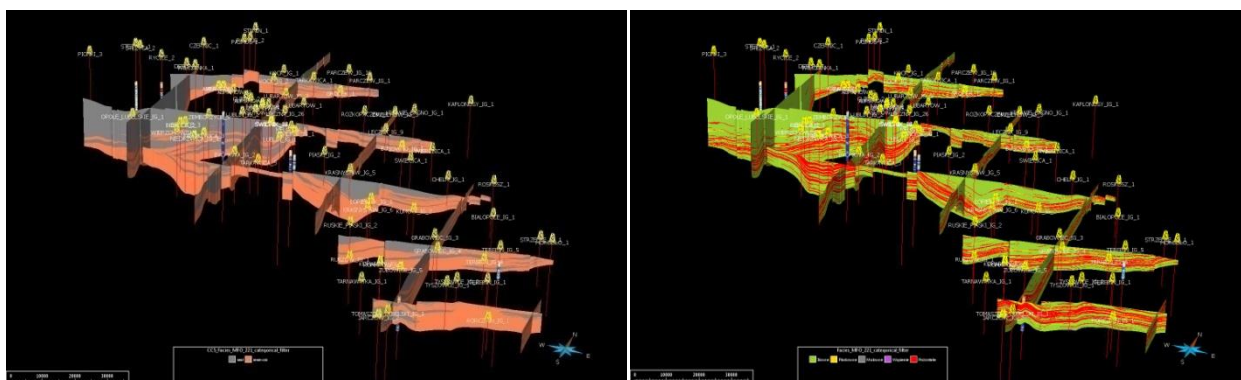


Fig. 1.1.1_29 Porównanie parametrycznych modeli: kolektor/uszczelnienie (po lewej) i litologicznego (po prawej)

Z zestawienia map średniej pionowej (tzn. uśrednionej w pionie dla przedziału głębokości występowania kolektora) porowatości i przepuszczalności w obrębie skał kolektorskich wynika, że perspektywicznymi obszarami na potrzeby składowania CO₂ zlokalizowane są w północno-wschodniej i centralnej części basenu lubelskiego. Jednakże stosunkowo niewielka miąższość skał uszczelniających w północno-wschodniej, przykrawędziowej partii basenu lubelskiego zmniejsza prawdopodobieństwo istnienia zamkniętych systemów sekwestracyjnych (**Fig. 1.1.1_33**). Analiza map współczynnika net-to-gross opisujących stosunek miąższości utworów o porowatości i przepuszczalności odpowiednio powyżej 15% i 75mD (**Fig. 1.1.1_30**) do sumarycznej miąższości skał kolektorskich (**Fig. 1.1.1_32**) potwierdza względnie korzystne właściwości zbiornikowe w wyżej wymienionych obszarach. Wymienione obszary charakteryzują się obecnością skał o korzystnych własnościach zbiornikowych (tj. o porowatości większej niż 15%), których profil stanowi około 1/4 całkowitej miąższości utworów zaliczonych za kolektorskie (**Fig. 1.1.1_32**).

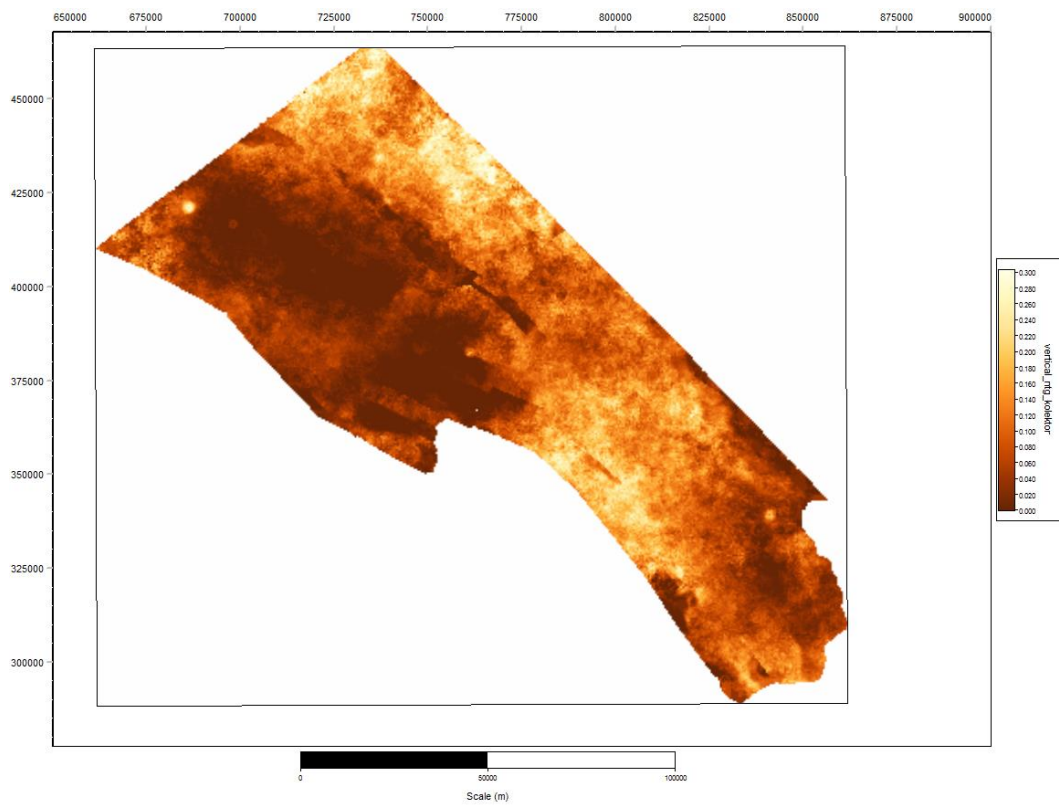


Fig. 1.1.1_30 Mapa współczynnika net-to-gross dla wartości progowej przepuszczalności - 75mD - w obrębie skał kolektorskich

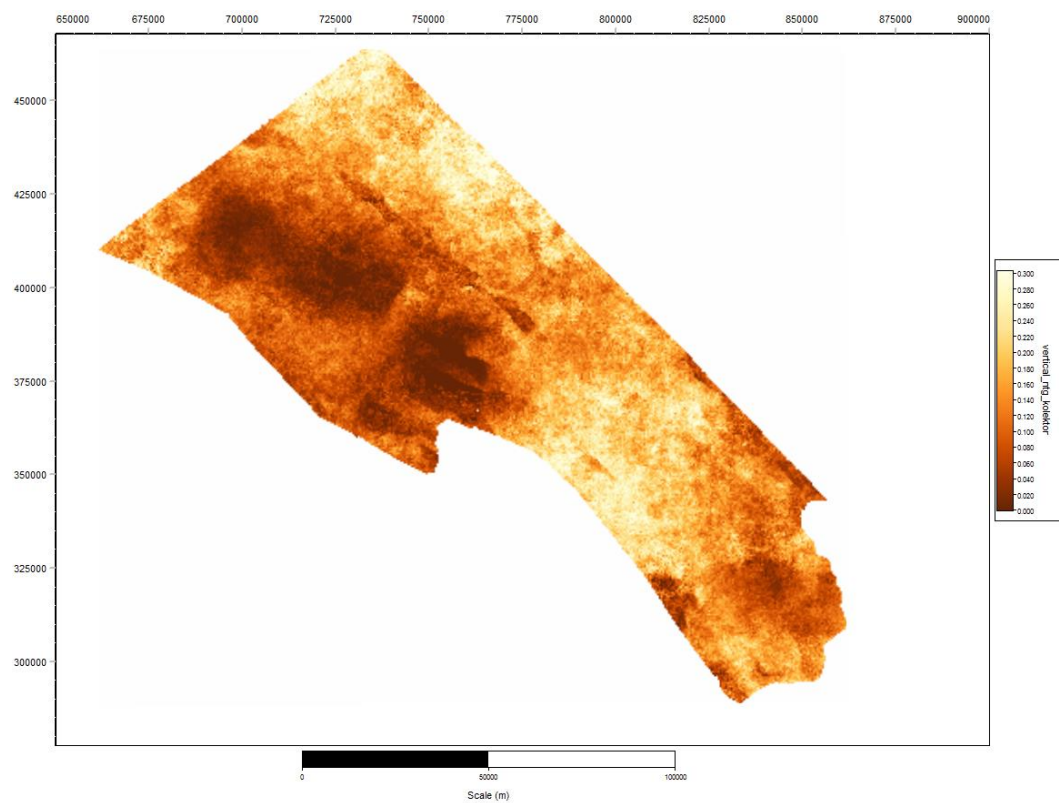


Fig. 1.1.1_31 Mapa współczynnika net-to-gross dla wartości progowej porowatości – 15% - w obrębie skał kolektorskich

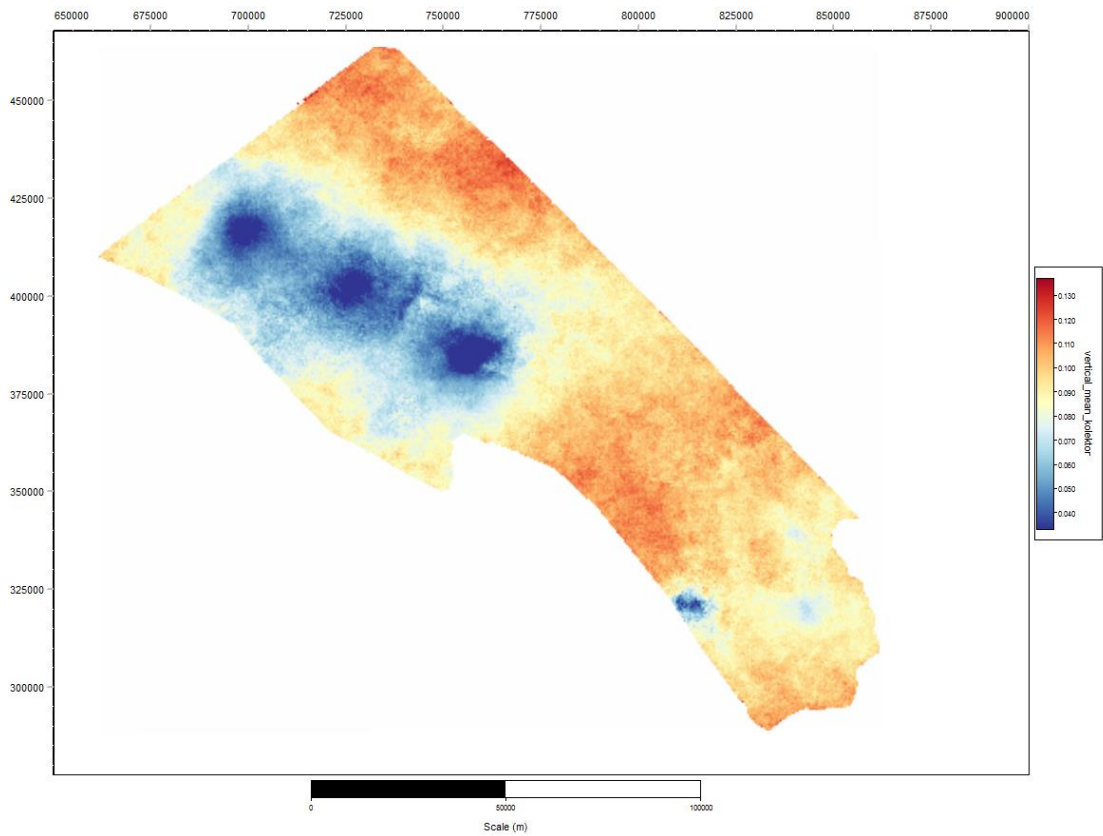


Fig. 1.1.1_32 Mapa średniej pionowej porowatości w obrębie skał kolektorskich

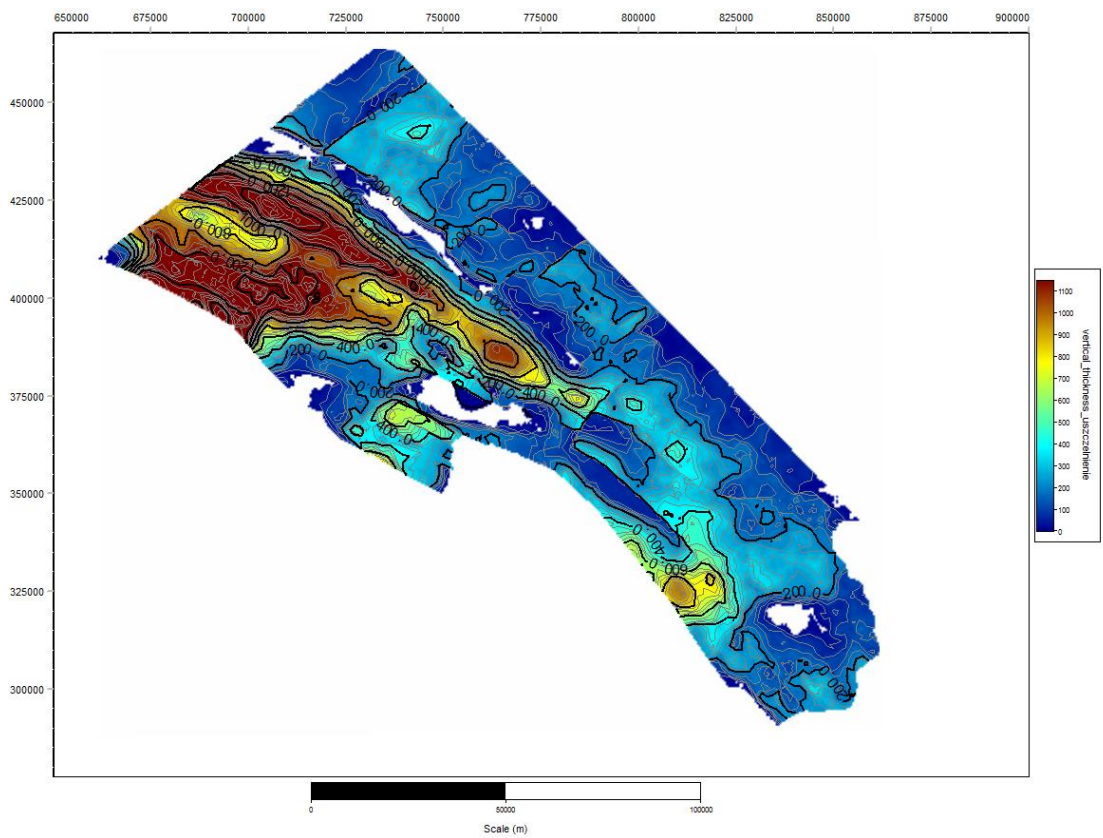


Fig. 1.1.1_33 Mapa miąższości skał uszczelniających

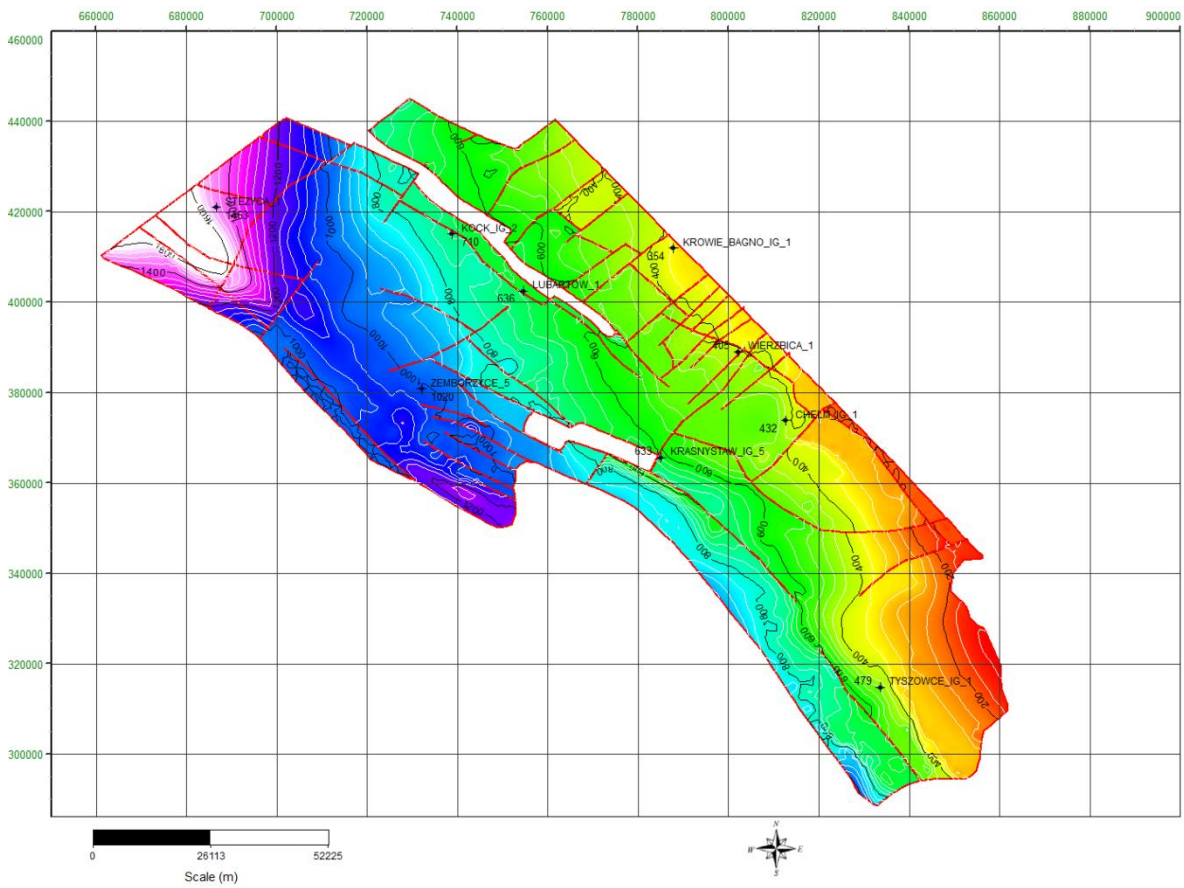


Fig. 1.1.1_34 Mapa morfologii stropu westfalu górnego

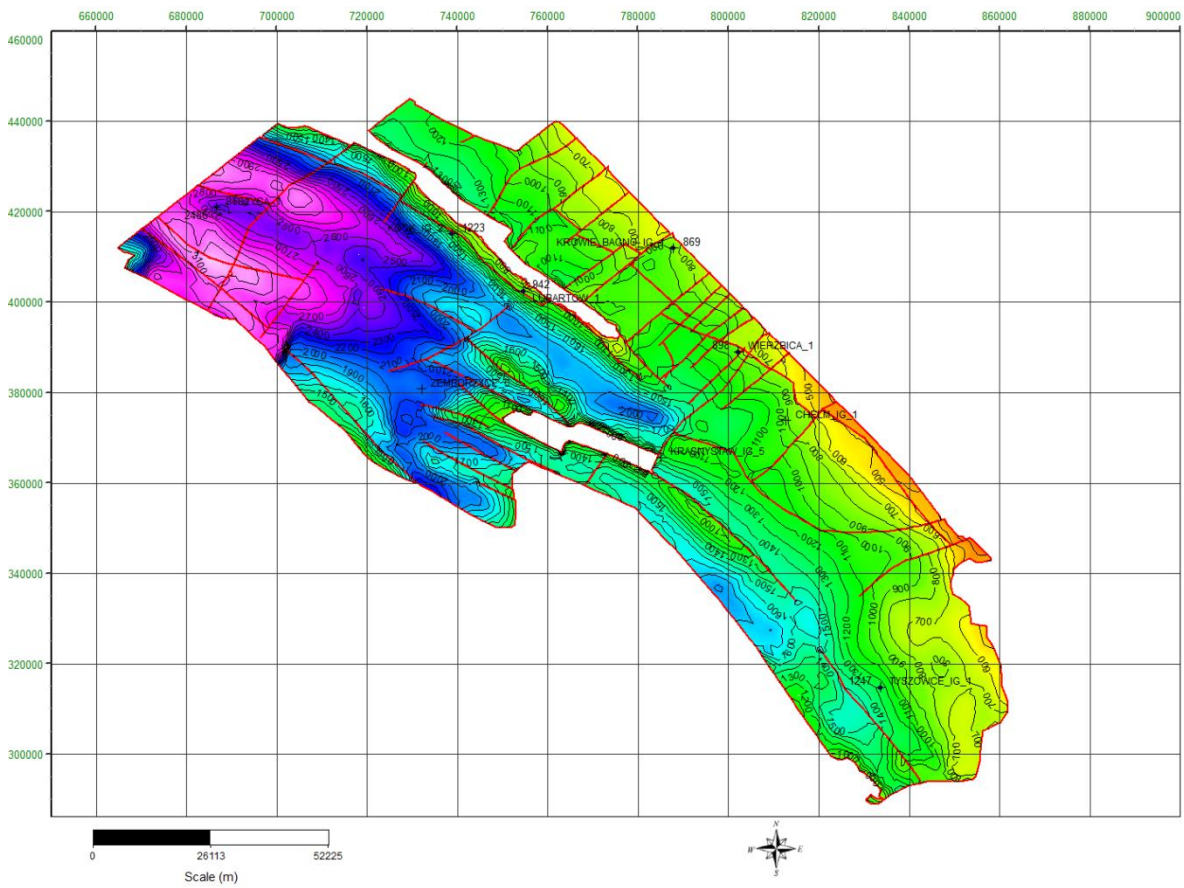


Fig. 1.1.1_35 Mapa morfologii spągu namuru

Rejon VI - Wielkopolska - Kujawy

Model strukturalno-parametryczny Monokliny Przedsudeckiej (perm) (Krzysztof Czuryłowicz)

Do opracowania modelu parametrycznego 3D z rejonu Wielkopolski (Monoklina Przedsudecka – kolektor czerwonego spągowca **Pcs**, uszczelniony ewaporatami cechsztynu) wykorzystano następujące dane:

- Mapa powierzchni stropu czerwonego spągowca (B. Papiernik) (**Fig. 1.1.1_36, 39**);
- Mapa miąższości czerwonego spągowca górnego (H. Kiersnowski); po zsumowaniu miąższości czerwonego spągowca górnego i stropu czerwonego spągowca otrzymujemy spąg czerwonego spągowca górnego (**Fig. 1.1.1_37**);
- Mapa zasięgu i miąższości dolnego czerwonego spągowca (H. Kiersnowski); po zsumowaniu miąższości czerwonego spągowca dolnego i spągu czerwonego spągowca górnego (ewentualnie stropu czerwonego spągowca jeśli brak jest górnego) otrzymujemy spąg czerwonego spągowca dolnego (**Fig. 1.1.1_38**);
- Mapa sieci uskokuwej (B. Papiernik) (**Fig. 1.1.1_40**);
- Dane karotażowe porowatości i przepuszczalności (M. Wójtowicz, Teresa Adamczak)

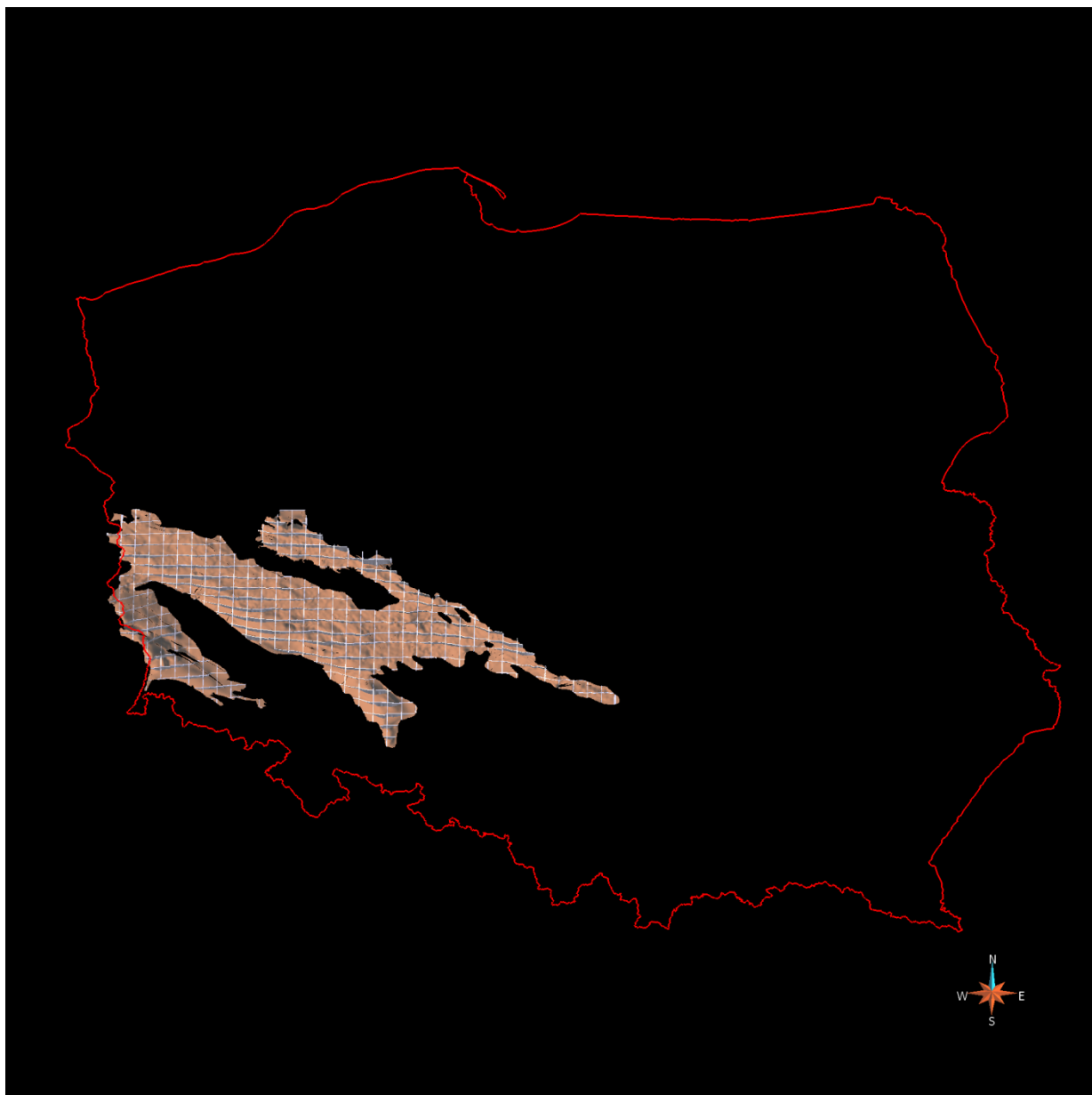


Fig. 1.1.1_36 Mapa stropu czerwonego spągowca (B. Papiernik)

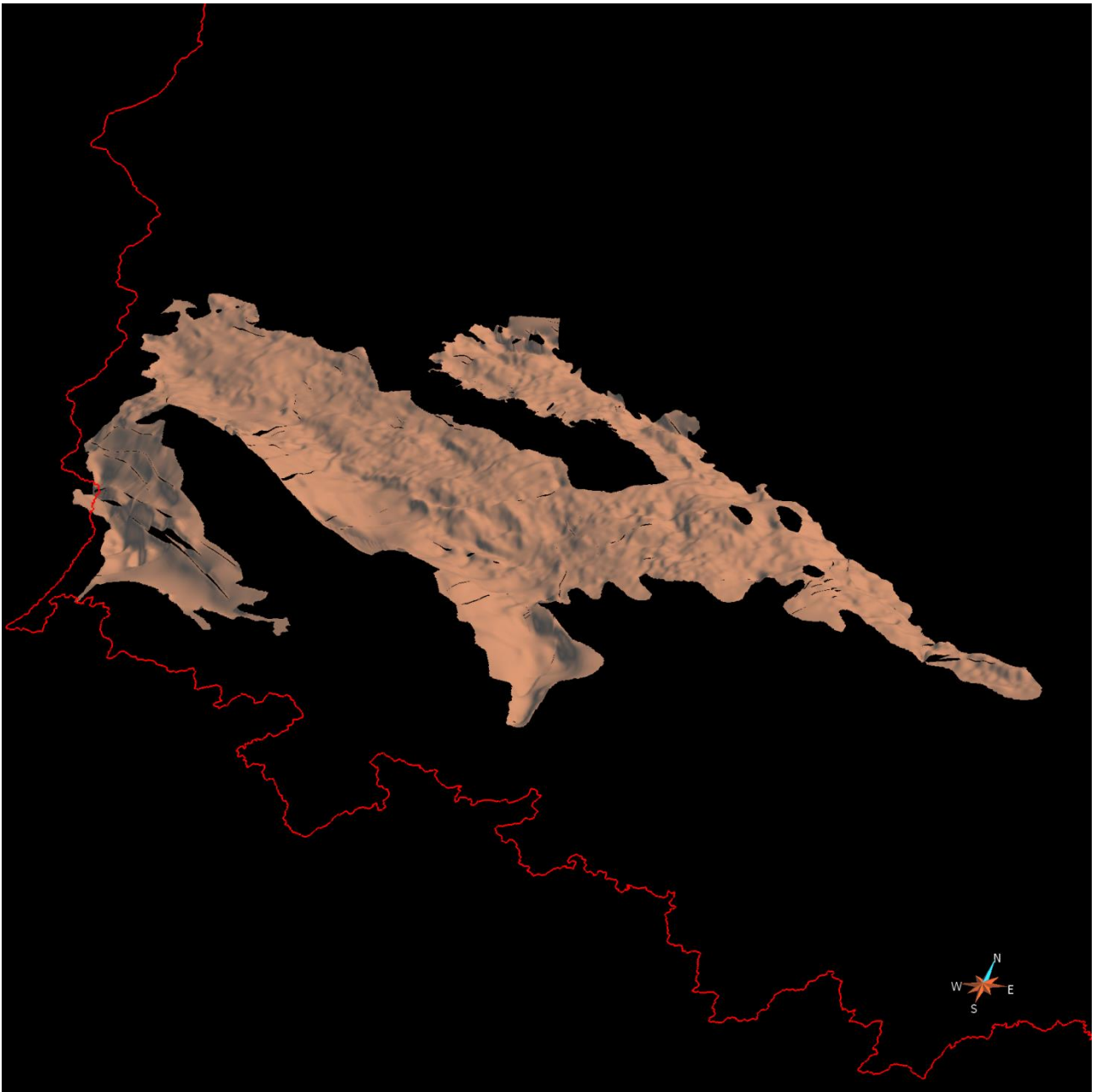


Fig. 1.1.1_37 Mapa spągu czerwonego spągowca górnego (H. Kiersnowski)

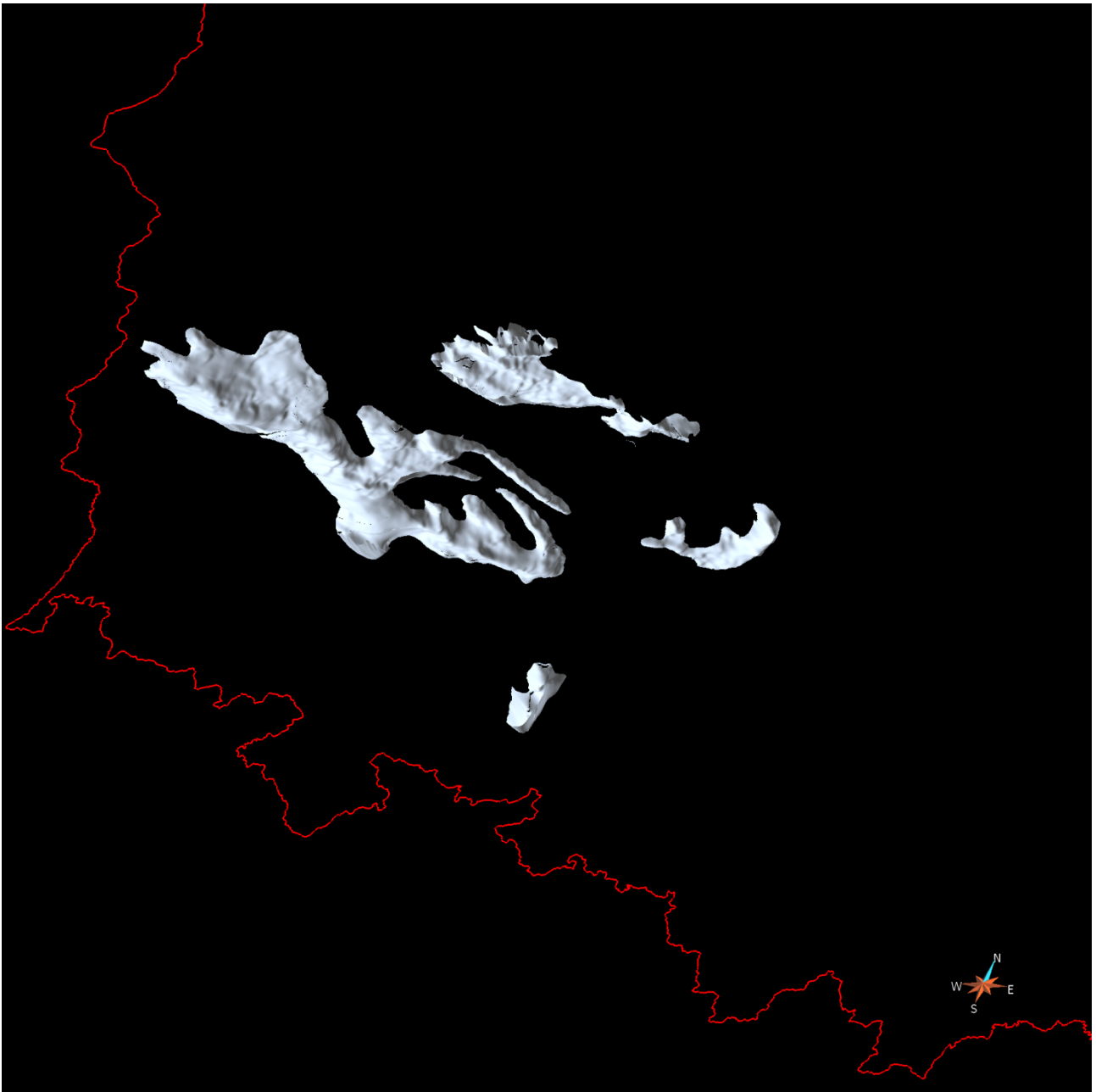


Fig. 1.1.1_38 Mapa spągu czerwonego spągowca dolnego (H. Kiersnowski)

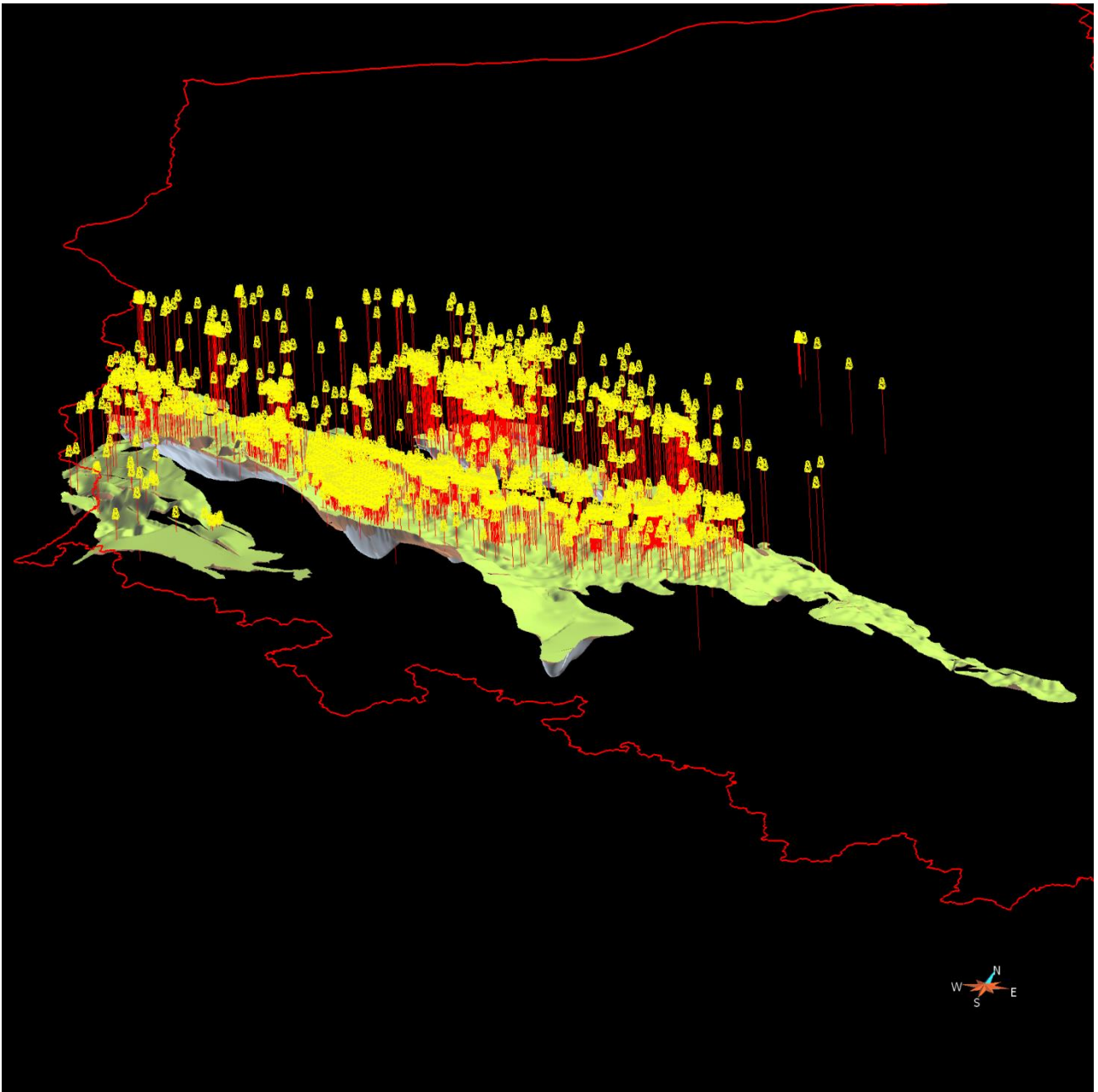


Fig. 1.1.1_39 Lokalizacja otworów nawiercających kompleks czerwonego spągowca

Schemat opracowania modelu 3D

Jak wspomniano wyżej opracowanie powierzchni spągowej górnego czerwonego spągowca wykonano w oparciu o powierzchnię stropową jednostki stratygraficznej i jej mapę miąższości. Podobnie postąpiono w przypadku analogicznej granicy dolnego czerwonego spągowca. W ten sposób, wykorzystując sieć uskokuwą, dokonano konstrukcji modelu strukturalnego i GRID'a 3D (**Fig. 1.1.1_40**).

Założono, że granica zasięgu utworów górnego Pcs z blokiem dolnośląskim ma charakter tektoniczny, natomiast północna wynika z zasięgu objętego modelowaniem, a ten z kolei jest na północy ograniczony maksymalną głębokością, dla której technicznie i ekonomicznie możliwe byłoby geologiczne składowanie dwutlenku węgla.

Przyjęto warstwowanie GRID'a proporcjonalnie do stropu czerwonego spągowca Pcs. Zastosowano procedury kosymulacji, dzięki czemu model porowatości jest warunkowany rozkładem przepuszczalności.

Brak wystarczających danych dla tak rozległego obszaru nie pozwolił na opracowanie wstępnego modelu lito-facjalnego, który powinien stanowić kontekst sedimentologiczny późniejszych modeli porowatości/przepuszczalności.

Wskutek czego, otrzymany współczynnik korelacji pomiędzy przepuszczalnością (\log_{10}) a porowatością całkowitą (original domain) wynosił ≈ 0.4 i w procedurze kosymulacji nie miał znaczenia statystycznego.

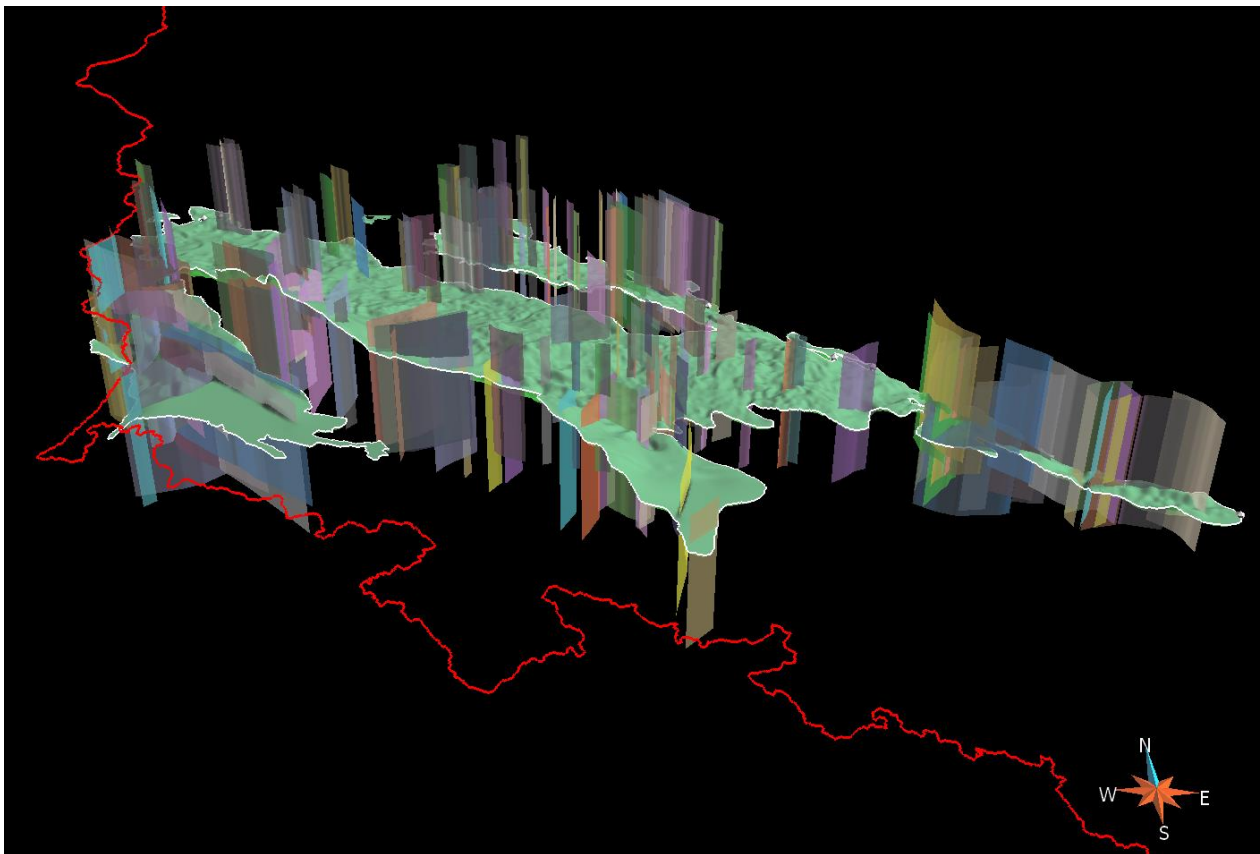


Fig. 1.1.1_40 Model strukturalny: powierzchnia stropu Pcs oraz sieć uskokowa (B. Papiernik)

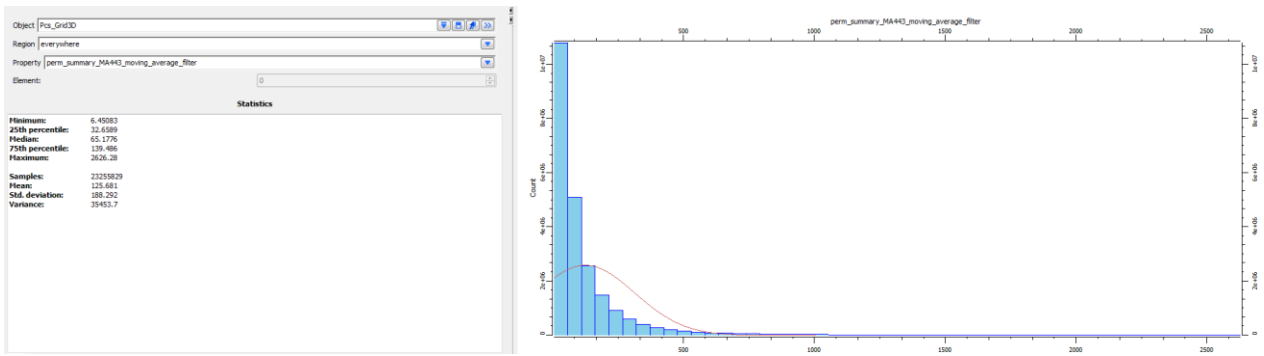


Fig. 1.1.1_41 Histogram rozkładu przepuszczalności

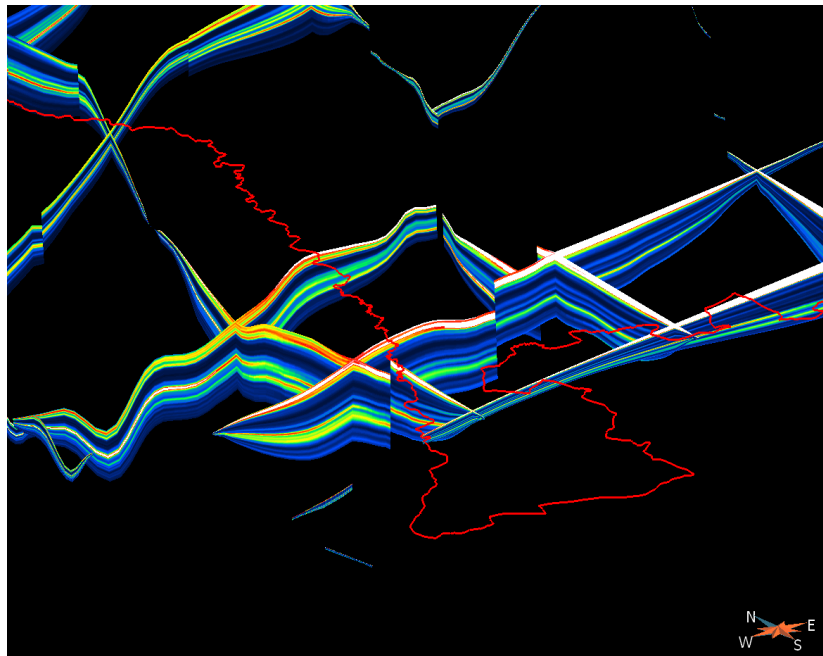
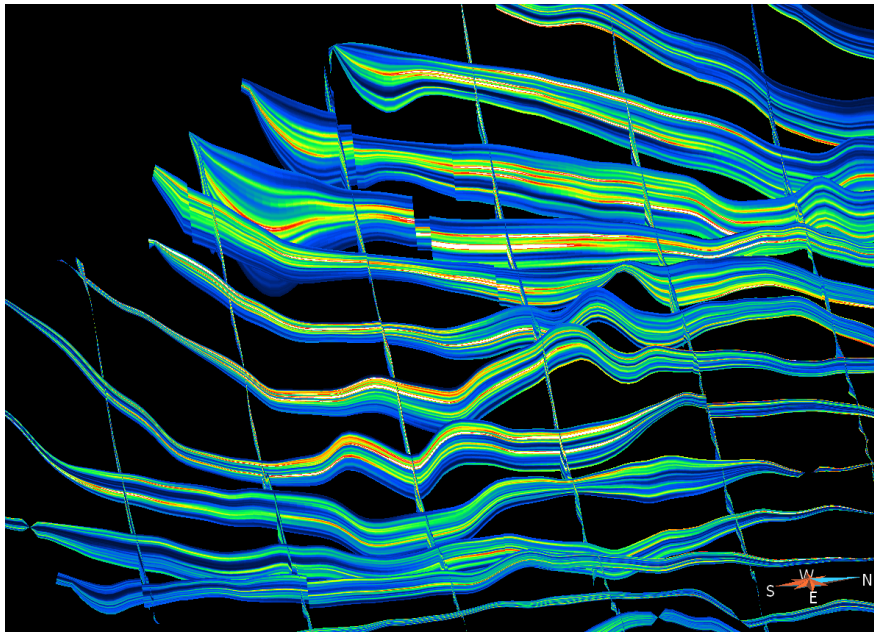
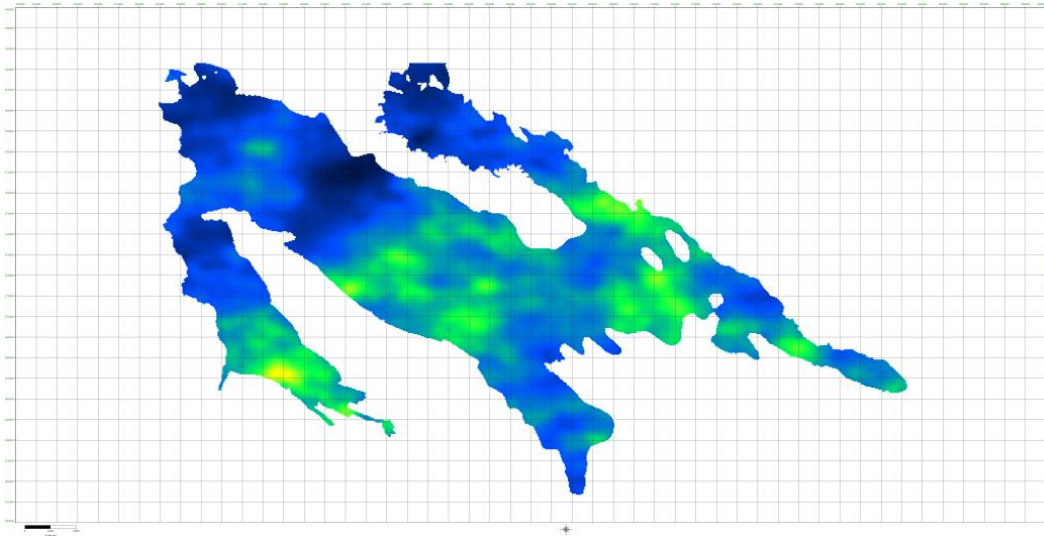
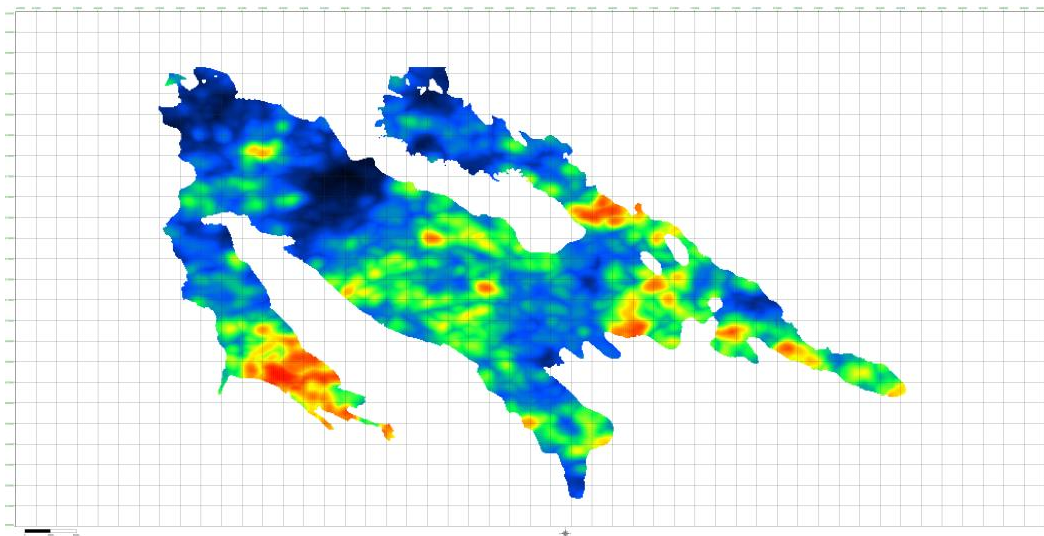


Fig. 1.1.1_42 Rozkład przepuszczalności utworów górnego czerwonego spągowca wzdłuż arbitralnie wybranych linii przekrojów – *geometryczna średnia z 10 realizacji*

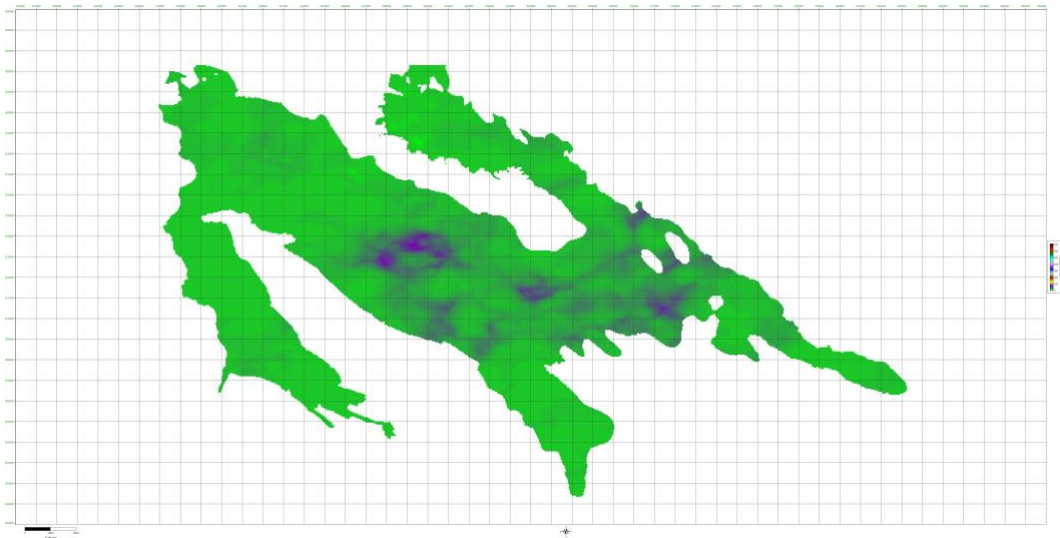
Pionowa średnia (tzn. uśredniona w pionie dla przedziału głębokości występowania kolektora)



Pionowa maksimum (tzn. maksimum w pionie dla przedziału głębokości występowania kolektora)



Pionowa minimum (tzn. minimum w pionie dla przedziału głębokości występowania kolektora)



Net-to-gross dla 75percentyla (Opisuje stosunek miąższości komórek Sgrida o przepuszczalności powyżej 140 mD do sumarycznej miąższości liczonej w kierunku pionowym)

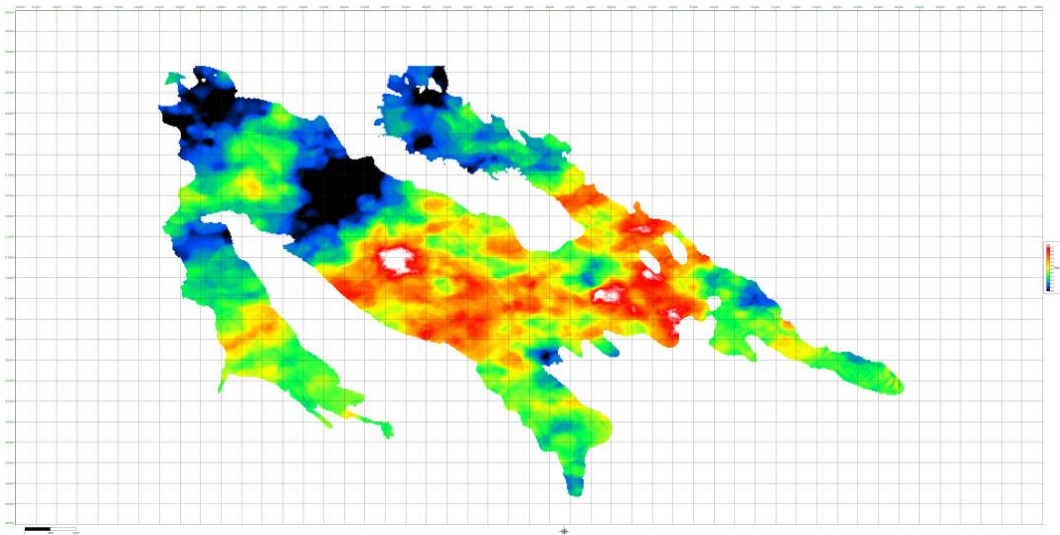


Fig. 1.1.1_43 Mapy podsumowujące Pcs dla modelu przepuszczalności

Rejon VII - NW Polska

Modele parametryczne kompleksów jury i triasu (Adam Wójcicki, Teresa Adamczak, Bartosz Papiernik)

Do sporządzenia modeli strukturalnych kompleksów składowania w obrębie jury i triasu wykorzystano mapy strukturalne opracowane w rozdziale 1.1.3 dla rejonu VII (B. Papiernik, M. Hajto).

Do opracowania modeli parametrycznych parametrów zbiornikowych wykorzystano informacje z archiwalnych (rozdział 1.1.5, rejon VII) i nowych (rozdział 1.3.2) analiz parametrów petrofizycznych, zgromadzonych w bazie danych (zadanie 1.1.10), w tym także informacje zgromadzone w ramach zadań 1.1.32 i 1.1.7.

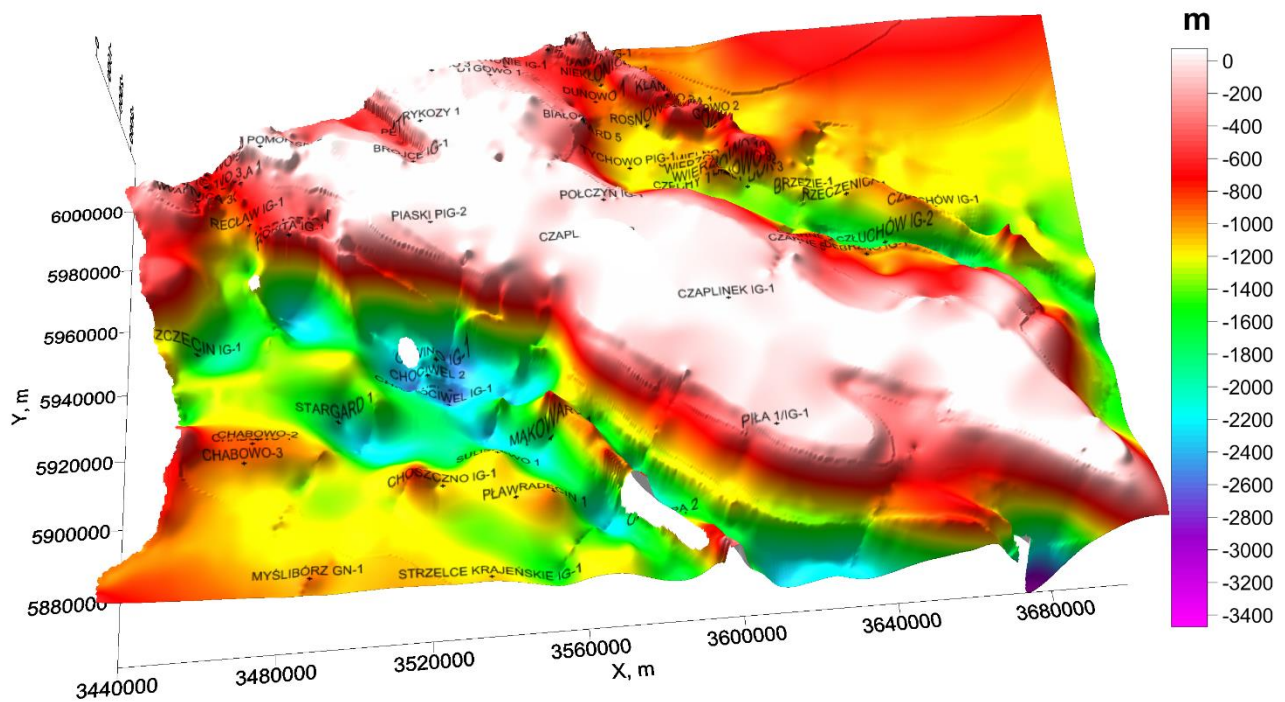


Fig. 1.1.8_44 Model przestrzenny stropu kompleksu dolnej jury w rejonie NW Polski (na podstawie mapy strukturalnej z rozdziału 1.1.3 – B. Papiernik, M. Hajto) z naniesionymi otworami z danymi parametrycznymi (archiwalne i nowe analizy laboratoryjne)

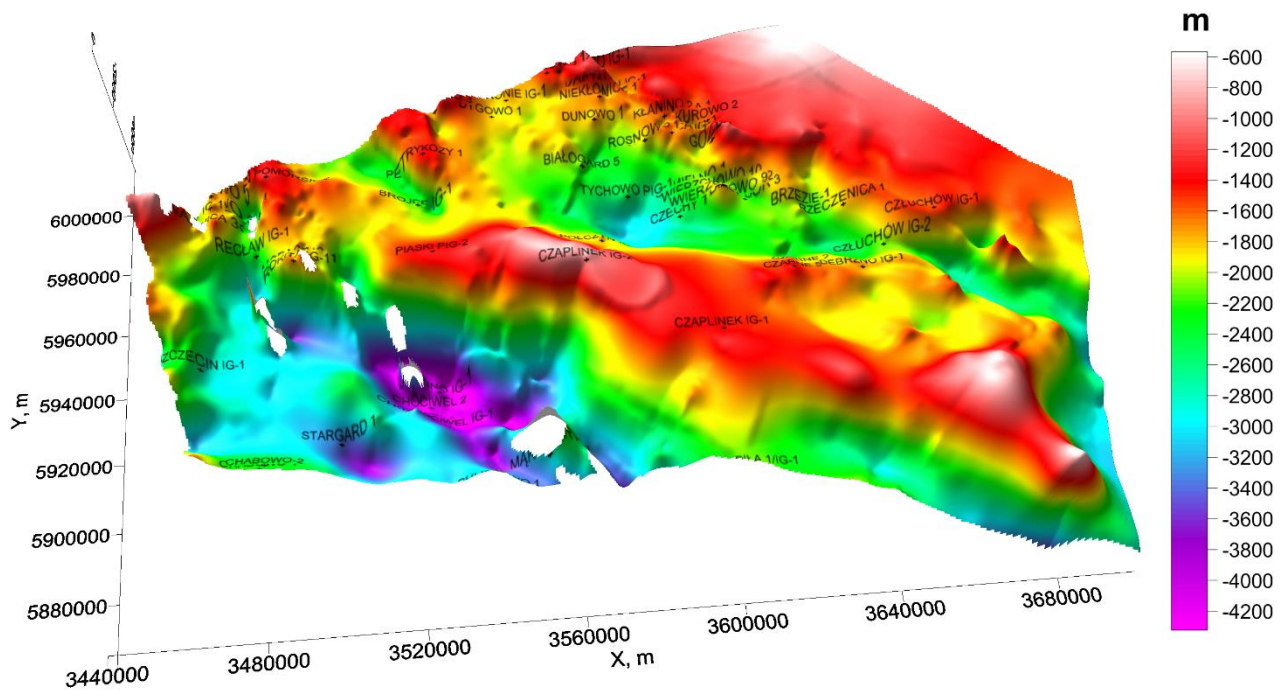


Fig. 1.1.8_45 Model przestrzenny stropu kompleksu dolnego triasu w rejonie NW Polski (na podstawie mapy strukturalnej z rozdziału 1.1.3 – B. Papiernik, M. Hajto) z naniesionymi otworami z danymi parametrycznymi (archiwalne i nowe analizy laboratoryjne)

Dla uszczelnień przyjmowano generalnie wyniki pomiarów wykonanych w ramach zadania 1.3.2 (INiG) gdzie dla nadkładu uszczelniającego o dobrych własnościach otrzymywano wartości 0,001 mD, wyznaczające granicę dokładności zastosowanej aparatury (oznaczające wartości poniżej 0.01 mD). Dokładniejsze pomiary zostały wykonane w ramach zadania 1.1.7 (AGH) dla kilku prób uszczelnień dolnej jury i triasu z wykorzystaniem aparatury zdolnej do pomiarów mikroprzepuszczalności (Fig. 1.1.18_46 i 47). Otrzymane wartości są przeważnie rzędu tysięcznych części mD, co świadczy o dobrej jakości uszczelnienia dolnojurajskiego (dolny toark – formacja ciechocińska).

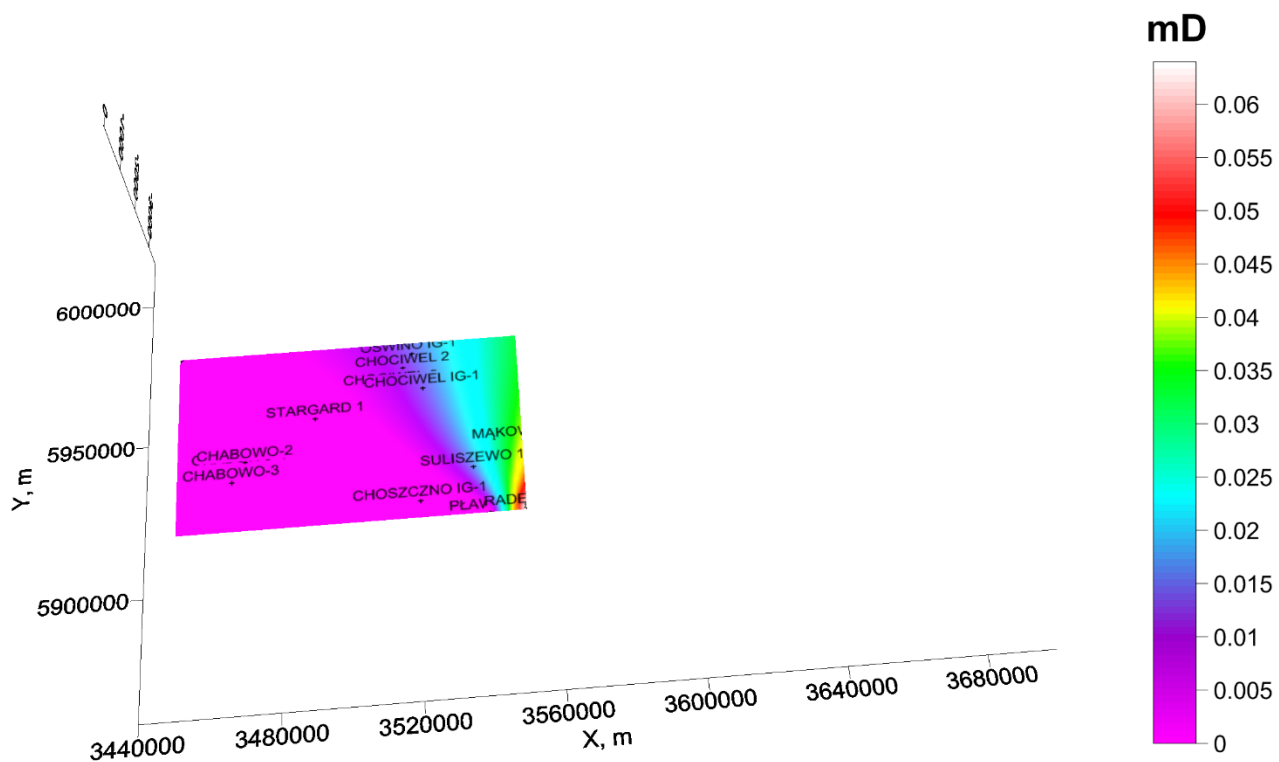


Fig. 1.1.8_46 Rozkład przepuszczalności dla kompleksu podstawowego uszczelnienia w obrębie dolnej jury (na podstawie nowych analiz laboratoryjnych - wyników zadania 1.1.7)

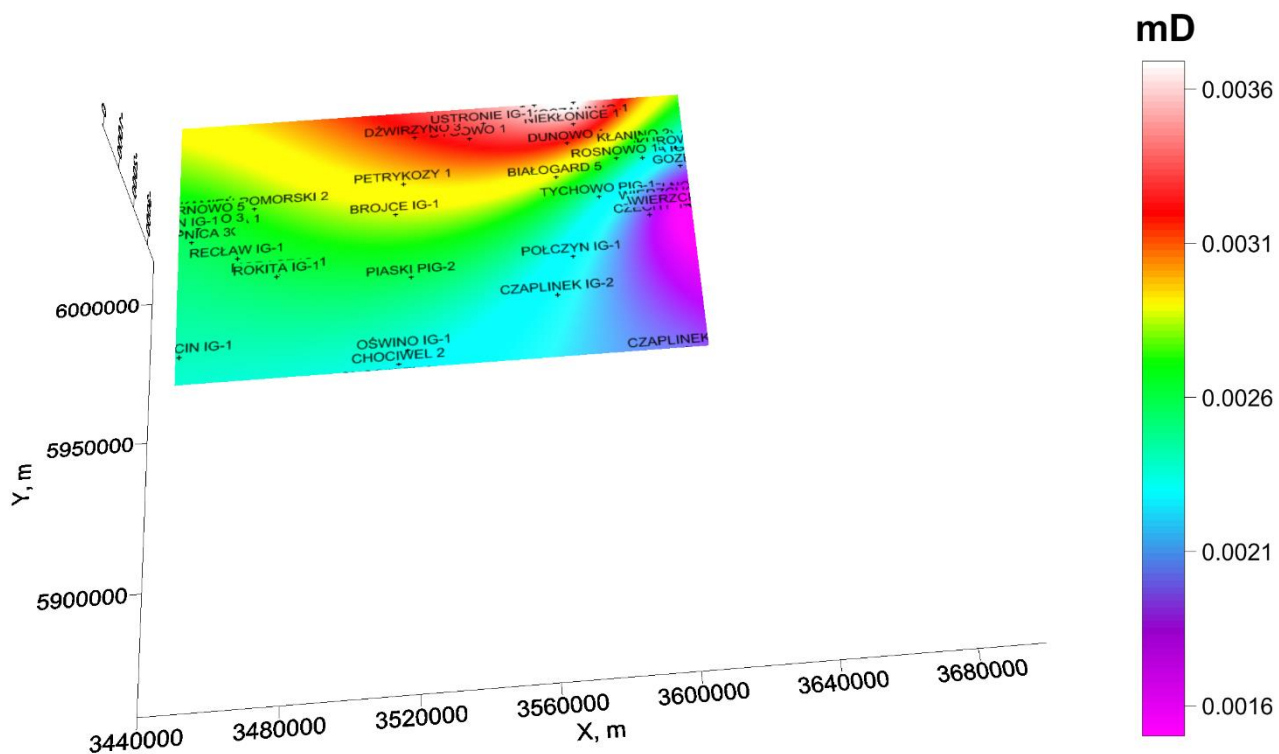


Fig. 1.1.8_47 Rozkład przepuszczalności dla kompleksu podstawowego uszczelnienia dolnego triasu (na podstawie nowych analiz laboratoryjnych - wyników zadania 1.1.7)

Formacje zbiornikowe dolnej jury na obszarze NW Polski charakteryzują się dość dobrymi własnościami zbiornikowymi w odniesieniu do kryteriów najlepszych praktyk (Chadwick et al., 2006), zwłaszcza w części południowej i południowo-wschodniej obszaru badań. Dotyczy to zarówno porowatości efektywnej (**Fig. 1.1.18_48**) jak i przepuszczalności (**Fig. 1.1.18_49**).

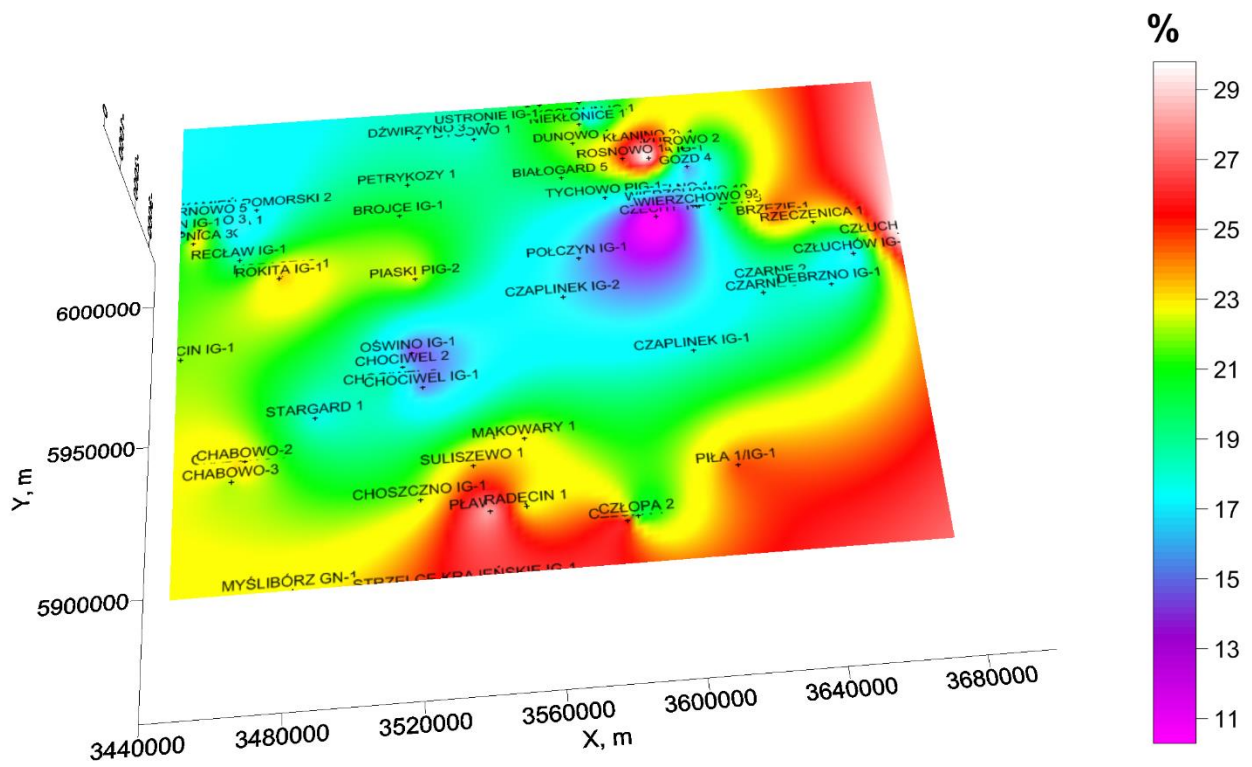


Fig. 1.1.8_48 Rozkład porowatości dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnej jury (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

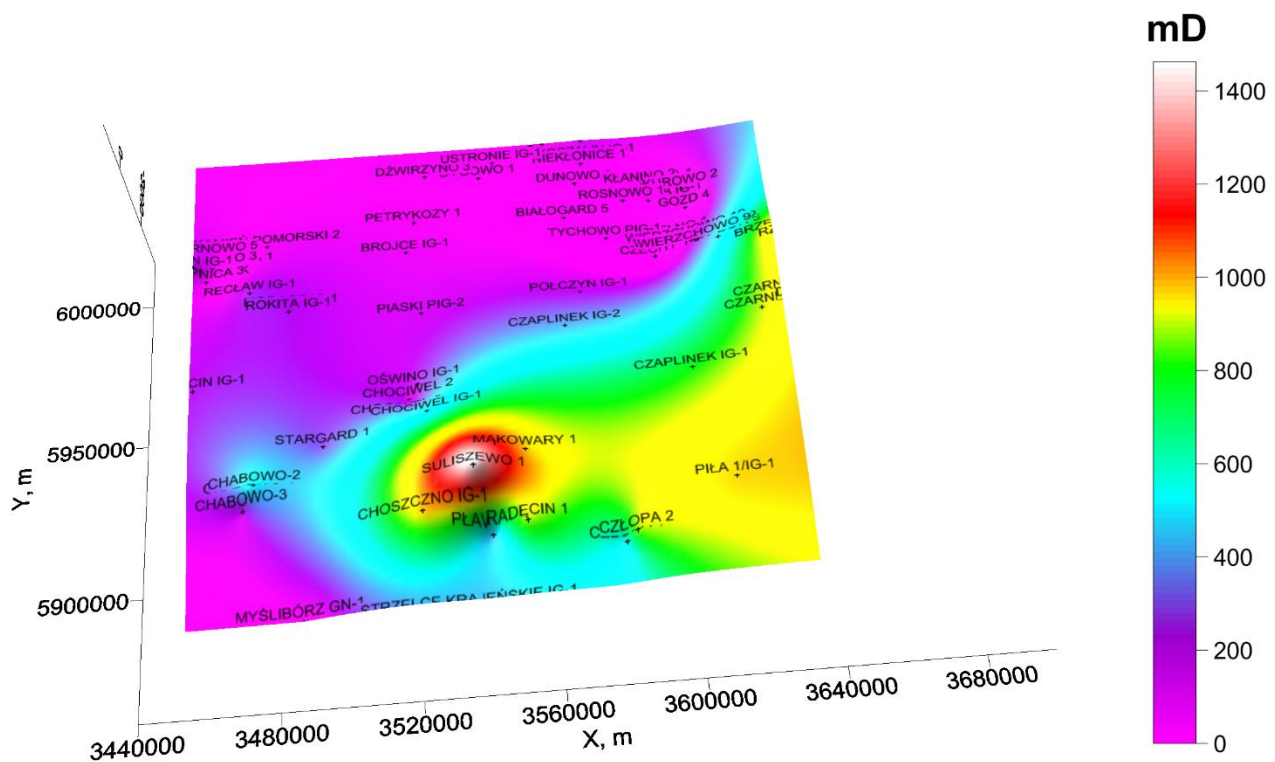


Fig. 1.1.8_49 Rozkład przepuszczalności dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnej jury (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

Dolny trias, tzn. głównie środkowy pstry piaskowiec, posiada niewiele gorsze własności zbiornikowe w porównaniu z dolną jurą, tzn. przeważnie od dostatecznych do dość dobrych. Zarówno w przypadku porowatości jak i przepuszczalności różnica ta nie jest tak drastyczna, zwłaszcza w strefie i sąsiedztwie antyklinorium pomorskiego, biegnącego z NW na SE (**Fig. 1.1.18_50** i **Fig. 1.1.18_51** - patrz też **Fig. 1.1.18_45**). Jedynie w rejonie Myślibórz-Czaplinek własności te mogą być niedostateczne dla sekwestracji (nieodpowiednia głębokość i/lub zailenie).

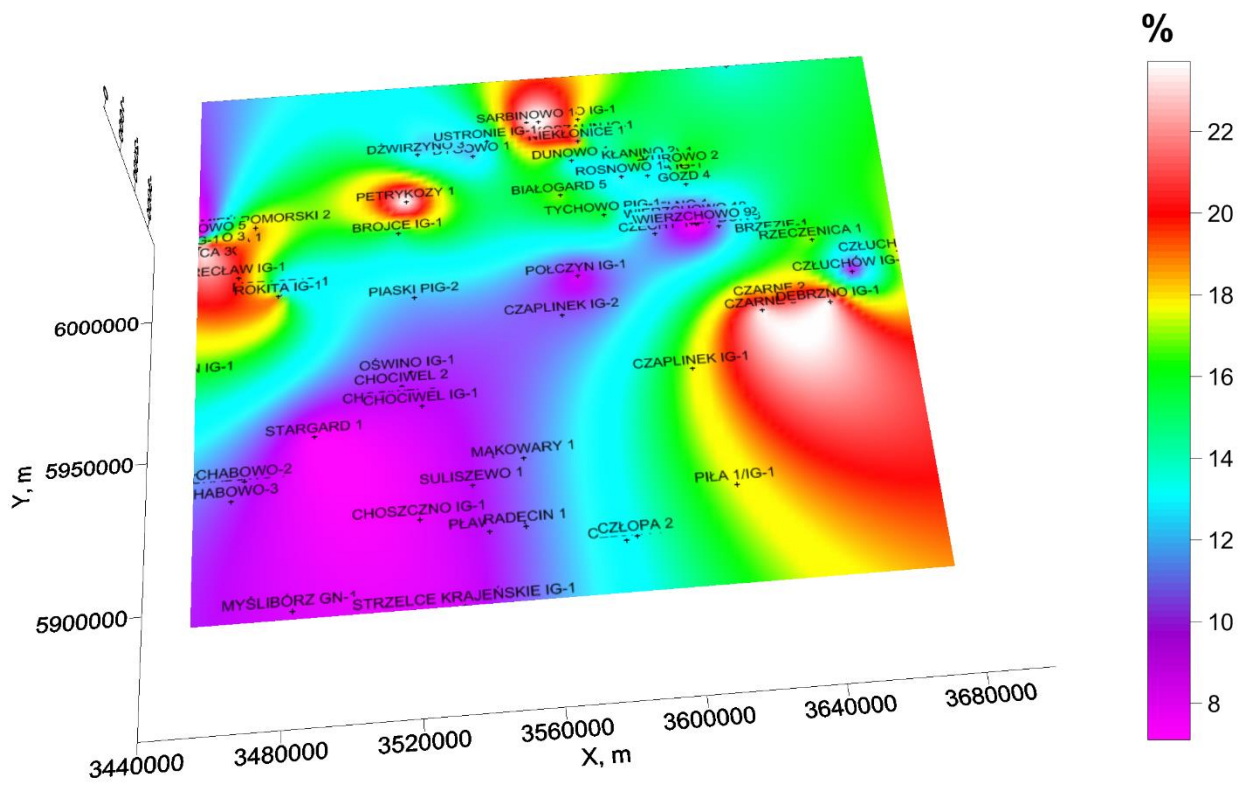


Fig. 1.1.8_50 Rozkład porowatości dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnego triasu (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

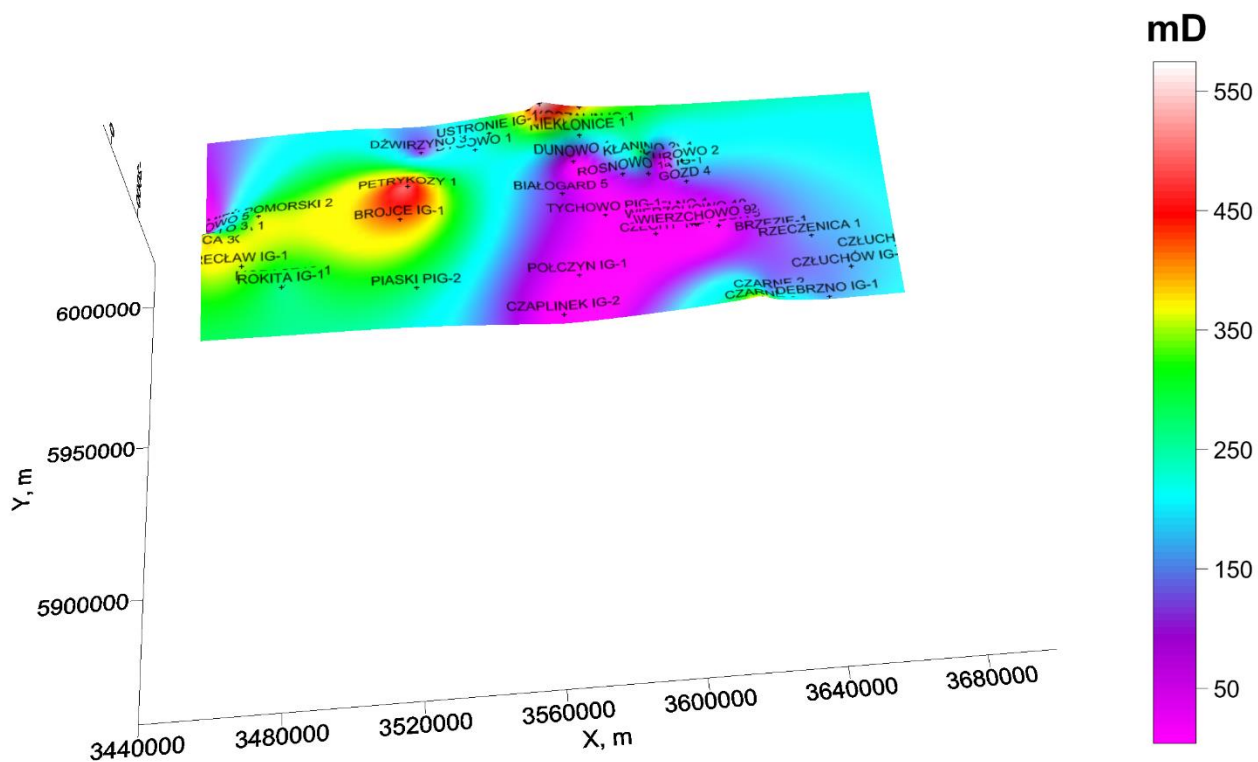


Fig. 1.1.8_51 Rozkład przepuszczalności dla zbiorników (formacji piaskowcowych) w obrębie dolnego triasu (na podstawie archiwalnych i nowych analiz laboratoryjnych)

Rejon VIII - Łeba-Bałtyk oraz NE Polska (Adam Wójcicki, Teresa Adamczak, Jolanta Paczeńska)

W rejonie Polski północnej (Fig. 1.1.8_51 i 52) podstawowym kolektorem są formacje piaskowcowe kambru (głównie środkowego) przykryte mięszszym kompleksem uszczelniającym kambru górnego, ordowiku i (zwłaszcza) syluru.

Perspektywiczne są dwa rejony - północny, morski i wschodni - lądowy.

Dal rejonu wschodniego dostępne były parametry zbiornikowe z analiz laboratoryjnych (10 otworów), dla których opracowano modele parametryczne - porowatości (Fig. 1.1.8_51) i przepuszczalności (Fig. 1.1.8_52).

Wartości pomiarów na próbkach pobranych z kolektora kambryjskiego (i uszczelnień) uśredniono dla poszczególnych otworów.

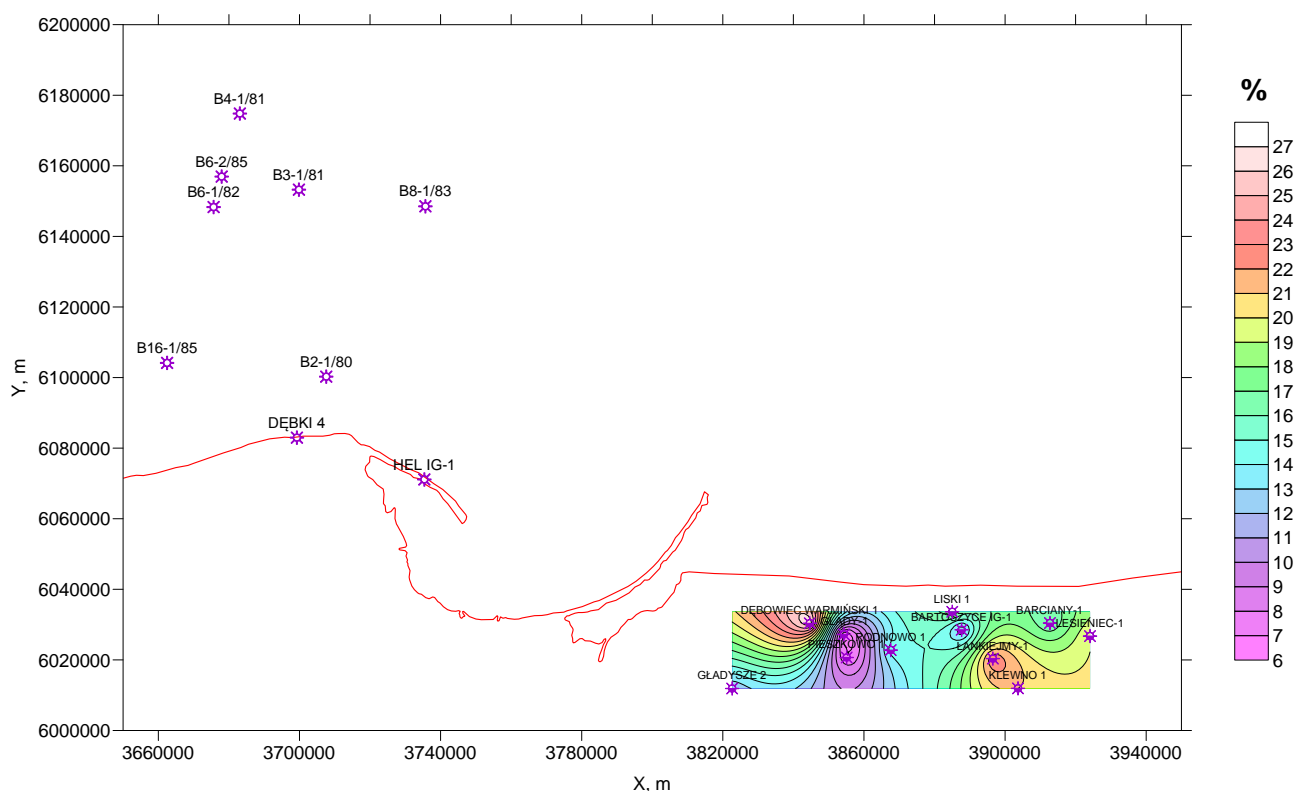


Fig. 1.1.8_51 Lokalizacja otworów z danymi parametrycznymi dla podstawowego kompleksu składowania w rejonie Polski północnej - rozkład porowatości efektywnej w rejonie wschodnim, lądowym

Generalnie można powiedzieć że parametry zbiornikowe kolektora kambryjskiego w rejonie wschodnim, lądowym są raczej dobre, choć charakteryzują się dużą zmiennością. Natomiast dla kompleksu uszczelniającego dostępne były jedynie oznaczenia parametrów zbiornikowych wykonane w zadaniu 1.3.2 (INiG). Dla próbek iłowców kambru górnego z otworów Bartoszyce IG1, Barczany 1, Lesieniec i Pieszkowo 1

otrzymano wartości przepuszczalności 0.001 mD (granica dokładności aparatury INiG, oznacza to wartości poniżej 0.01 mD, a więc nadkład jest dostatecznie szczelne - dla modelu można przyjąć realistycznie stałą wartość 0.005 mD).

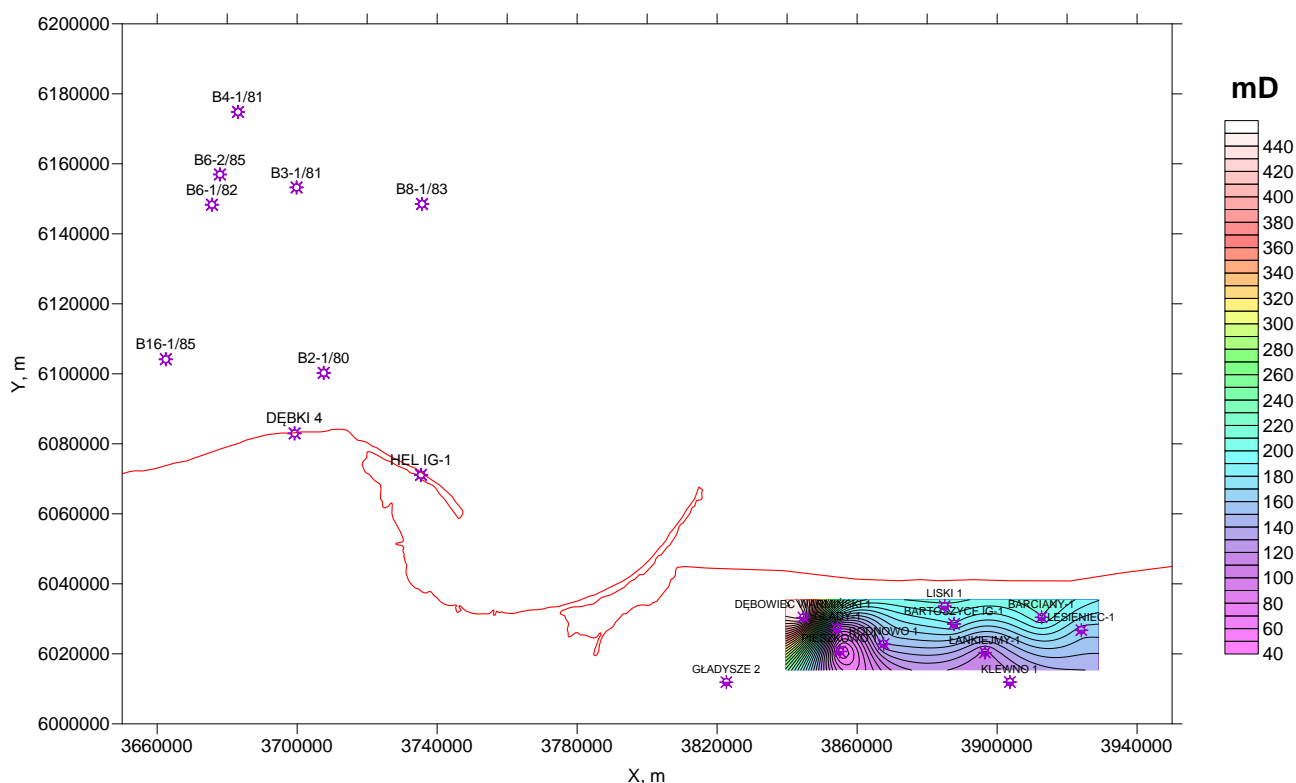


Fig. 1.1.8_52 Lokalizacja otworów z danymi parametrycznymi dla podstawowego kompleksu składowania w rejonie Polski północnej - rozkład porowatości efektywnej w rejonie wschodnim, lądowym

Jeśli chodzi o obszar północny, morski, to dla niego zgodnie z wynikami analiz w rozdziałach **1.1.1** i **1.1.3** najbardziej perspektywiczna jest część wschodnia - blok B gdzie na **Fig. 1.1.8_53** zaznaczono kilkanaście odwiertów. Model strukturalny stropu kolektora kambryjskiego opracowano na podstawie informacji z Atlasu południowego Bałtyku (Dadlez, 1995).

Do opracowania modelu parametrycznego tego obszaru wykorzystano wyniki nowych (zadanie **1.3.2**) i archiwalnych pomiarów laboratoryjnych porowatości efektywnej z 10 otworów (B2-1, B16-1, B3-1, B4-1, B6-1, B6-2, B7-1, B8-1, Dębki 4, Hel IG-1) oraz wyniki nowych (zadanie **1.3.2**) i archiwalnych pomiarów laboratoryjnych przepuszczalności poziomej z 9 otworów (B2-1, B16-1, B3-1, B4-1, B6-1, B6-2, B8-1, Dębki 4, Hel IG-1). Wartości pomiarów na próbkach pobranych z kolektora kambryjskiego uśredniono dla poszczególnych otworów. Nie były dostępne wartości przepuszczalności nadkładu uszczelniającego dla wspomnianych otworów - w takim razie można jedynie przyjąć te same wartości jak dla nadkładu kambru w rejonie wschodnim lądowym (0.005 mD).

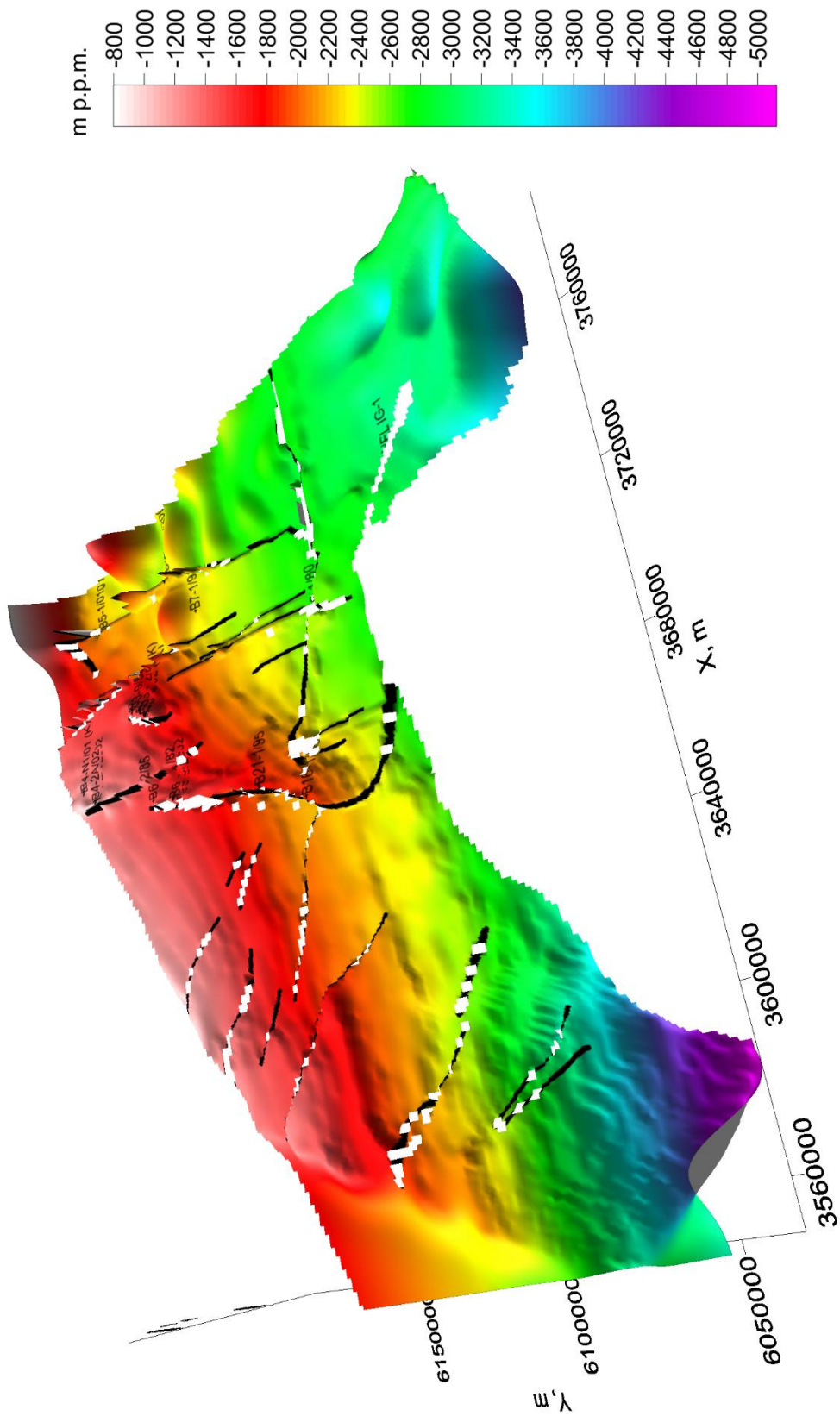


Fig. 1.1.8_53 Model stropu kolektora kambryjskiego obszarze morskim - wschodnia i centralna część polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku (na podstawie Dadlez i in., 1995)

Porowatości kolektora kambryjskiego (**Fig. 1.1.8_54**) te są raczej niskie, na ogół poniżej wskaźnika ostrzegawczego (10% wg Chadwick et al., 2006), rosnąc w kierunku północnym gdzie występują udokumentowane i eksploatowane złoża węglowodorów. Niska porowatość nie jest więc przeszkodą dla występowania złóż węglowodorów na tym obszarze (np. B3, B8).

Natomiast przepuszczalności (**Fig. 1.1.8_54**) rosną raczej w kierunku na NE, nie na północ jak porowatości. Przepuszczalności poziome kambru wynoszą kilkadziesiąt mD, a więc są dostateczne dla składowania CO₂ jak również do eksploatacji złóż węglowodorów.

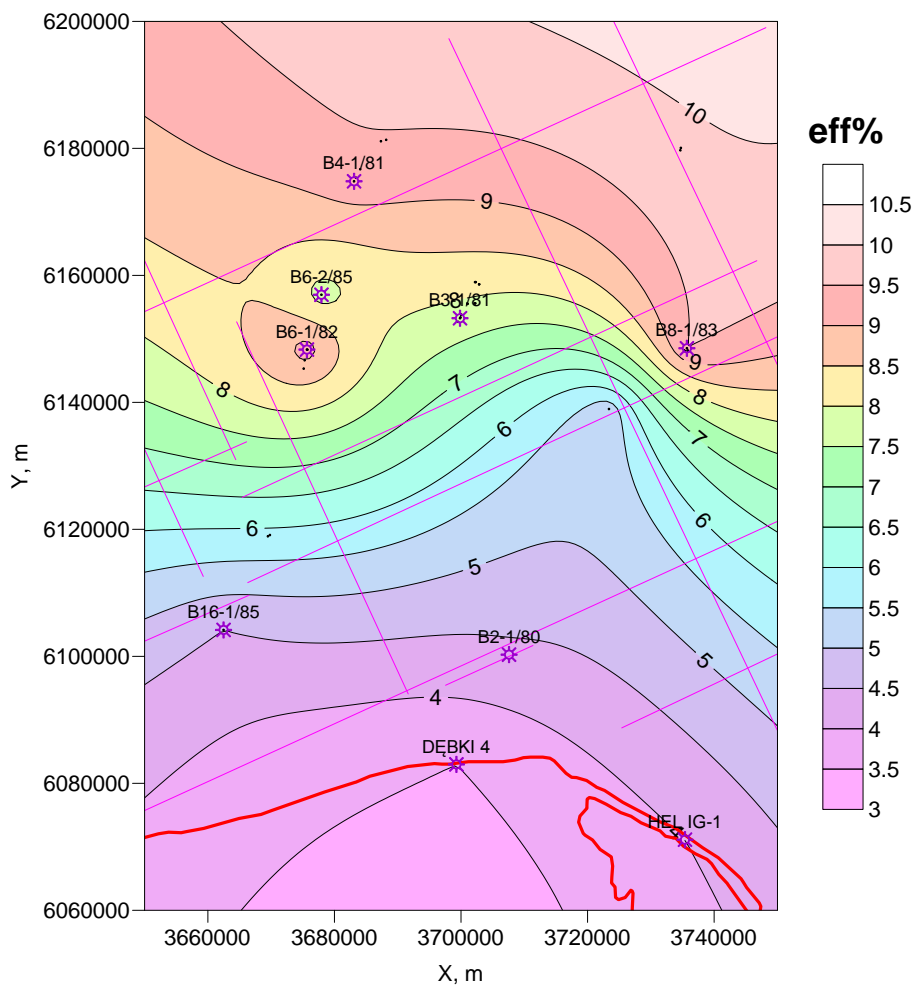


Fig. 1.1.9_54 Rozkład porowatości efektywnej na podstawie wyników nowych i archiwalnych badań laboratoryjnych

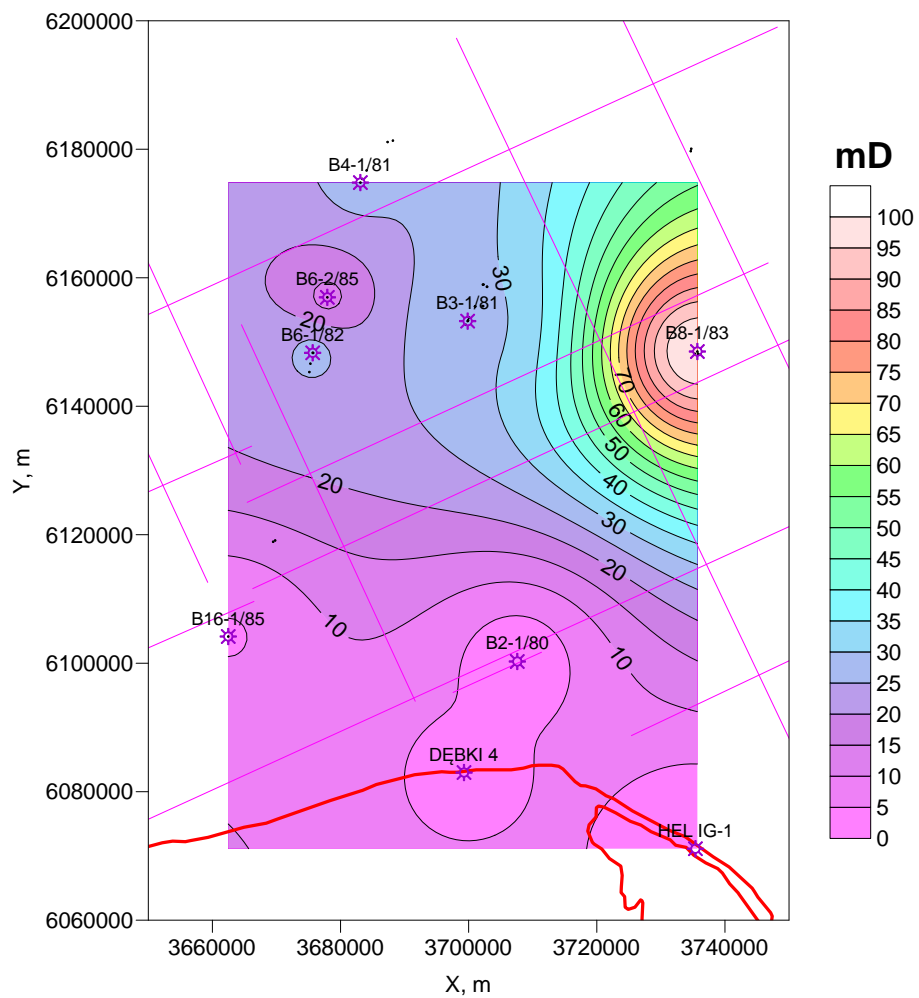


Fig. 1.1.9_55 Rozkład porowatości efektywnej na podstawie wyników nowych i archiwalnych badań laboratoryjnych

Złoże węglowodorów

(Adam Wójcicki)

Modele parametryczne kolektorów dla szeregu perspektywicznych złóż węglowodorów z całego obszaru Polski scharakteryzowano w ramach zadania 1.1.26 (INiG).

Poniżej scharakteryzowano natomiast modele parametryczne 9 najbardziej perspektywicznych złóż z rejonu Polski zachodniej, a konkretnie Niecki Poznańskiej, który to obszar jest przedmiotem analiz zarówno w I segmencie, regionalnym, jak i II segmencie - szczegółowym (Fig. 1.1.8_56).

Są to złoża: Paproć-Cicha Góra, Bukowiec, Porążyn, Sątopy, Szewce, Niemierzyce, Strykowo, Grodzisk i Ujazd (Fig. 1.1.8_57 - 64).

Modele odnoszą się do podstawowych parametrów kolektorów - porowatości i przepuszczalności. Informacje te oparte są na wynikach analiz danych laboratoryjnych i karotażowych w otworach nawiercających poszczególne złoża, udostępnionych przez PGNiG Oddział w Zielonej Górze.

Z przedstawionych poniżej informacji wynika że własności zbiornikowe utworów permu dla rozpatrywanych obszarów złóż wraz z ich otoczeniem w rejonie Niecki Poznańskiej są dobre lub przeciętne z punktu widzenia geologicznego składowania CO₂ (przeciętne generalnie w części zachodniej, dobre na pozostałym obszarze; Fig. 1.1.8_56 i Fig. 1.1.8_57 - 64)

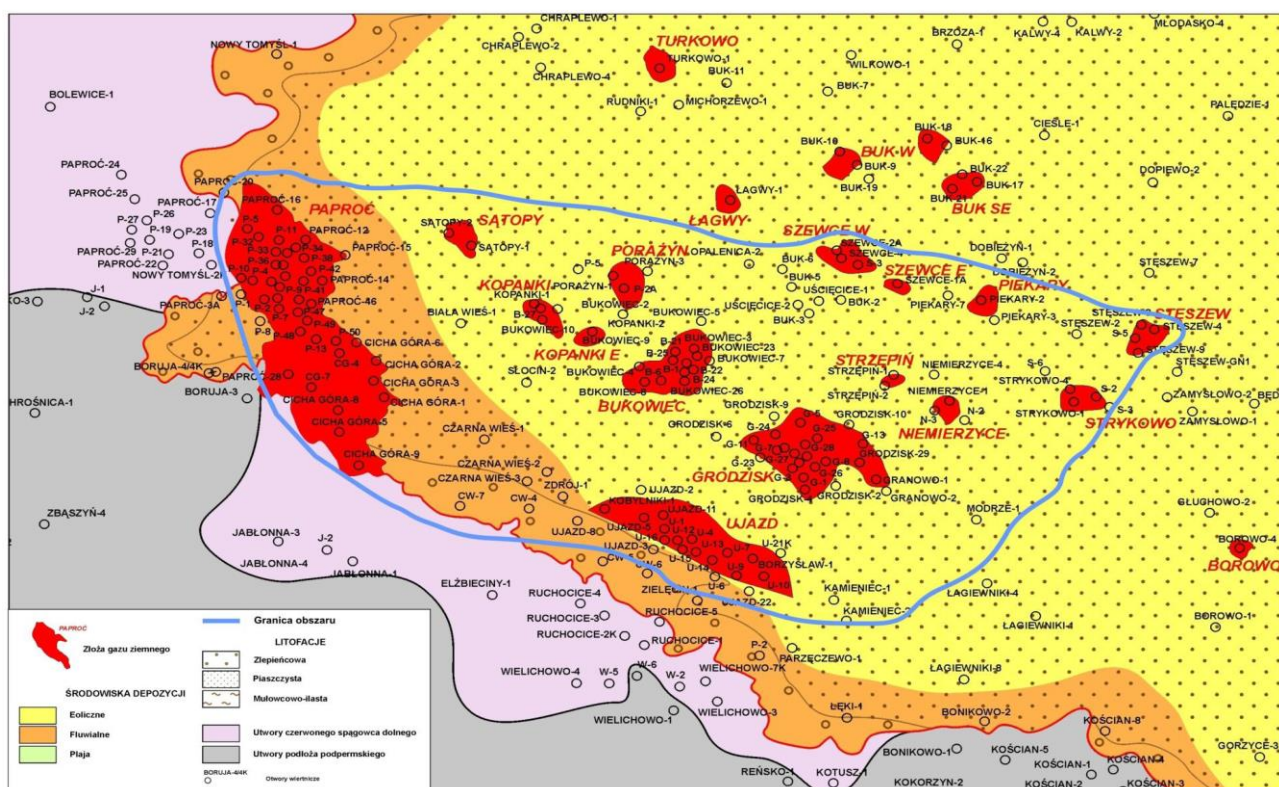


Fig. 1.1.8_56 Rejon Niecki Poznańskiej z zaznaczonymi złożami gazu (zestawili J. Lubaś i W. Szott)

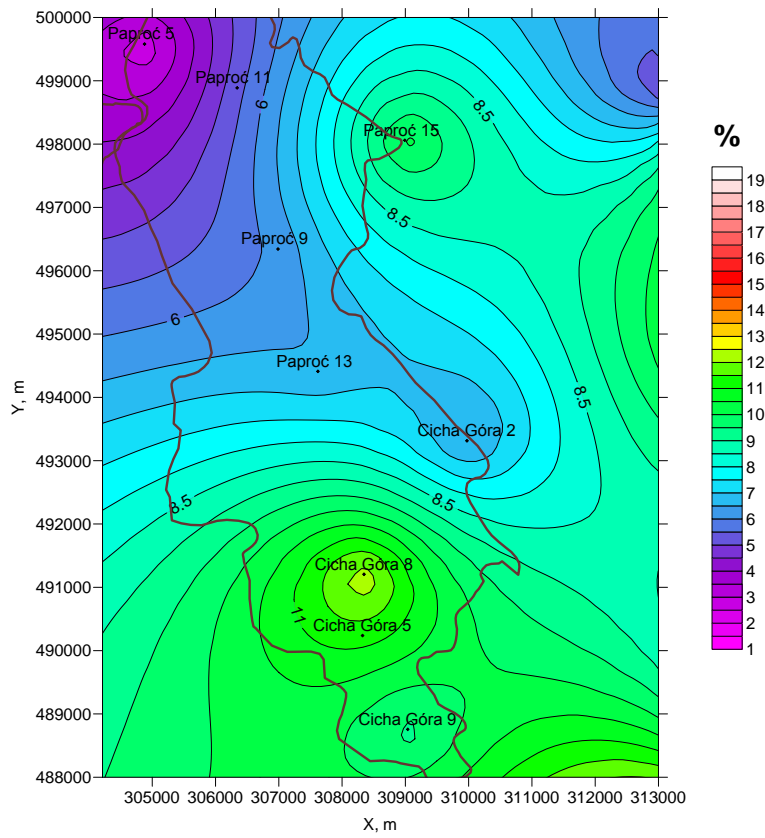


Fig. 1.1.8_57 Rozkład porowatości dla złoża gazu w czerwonym spągowcu Paproć-Cicha Góra (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

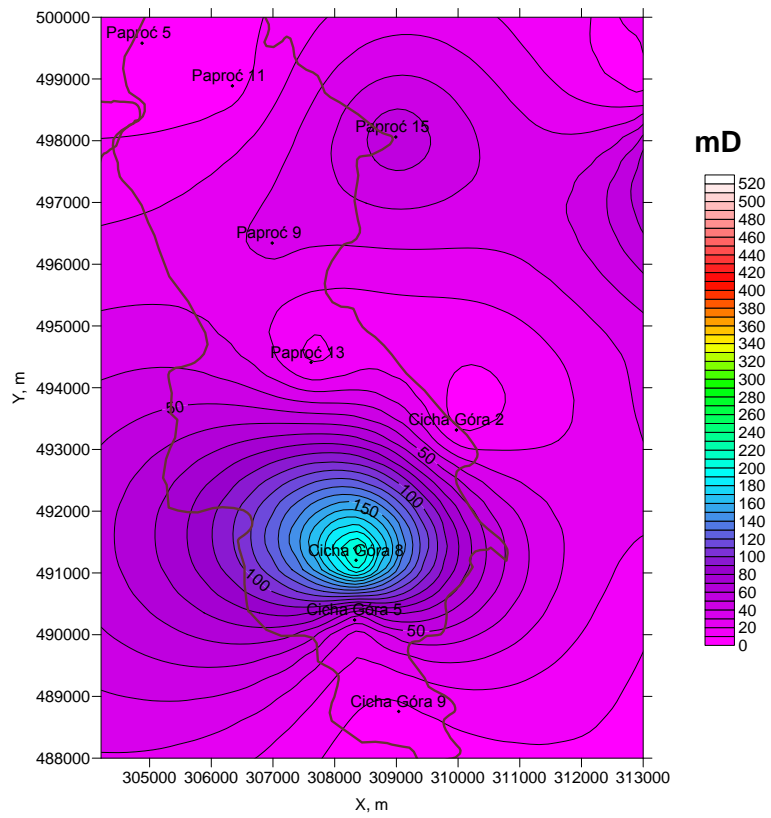


Fig. 1.1.8_58 Rozkład przepuszczalności dla złoża gazu w czerwonym spągowcu Paproć-Cicha Góra (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

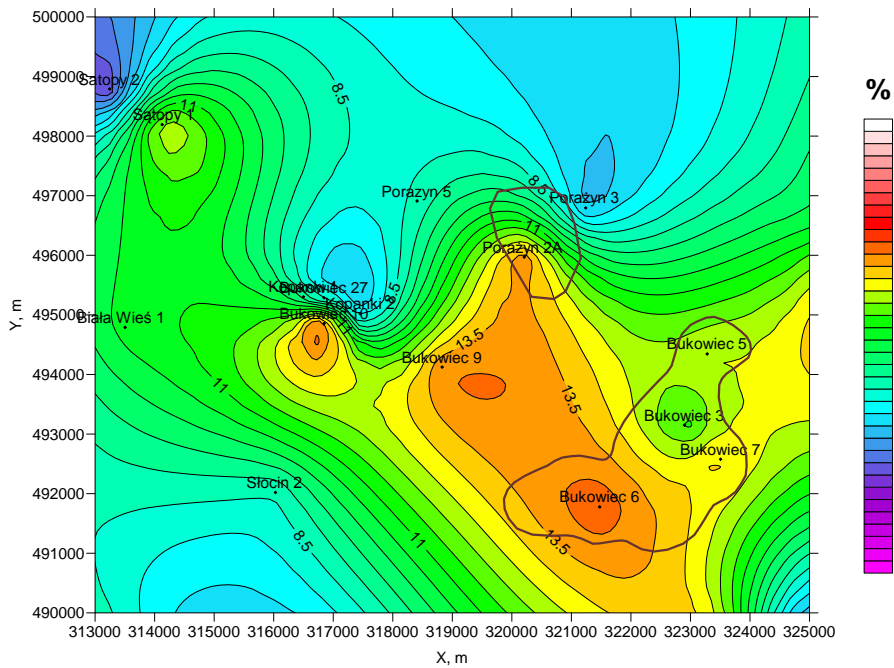


Fig. 1.1.8_59 Rozkład porowatości dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Bukowiec, Porążyn i Sątopy (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

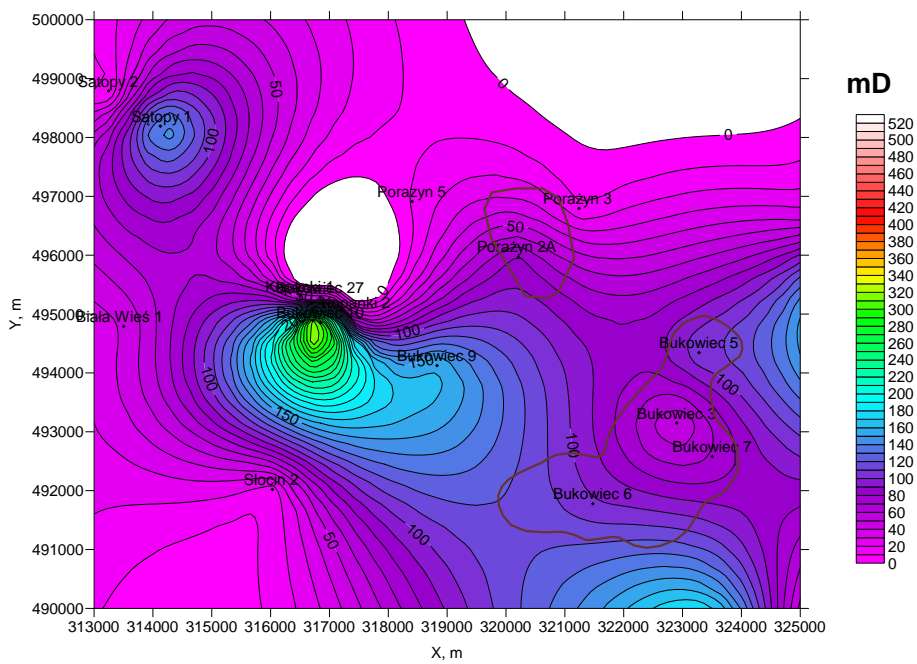


Fig. 1.1.8_60 Rozkład przepuszczalności dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Bukowiec, Porążyn i Sątopy (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

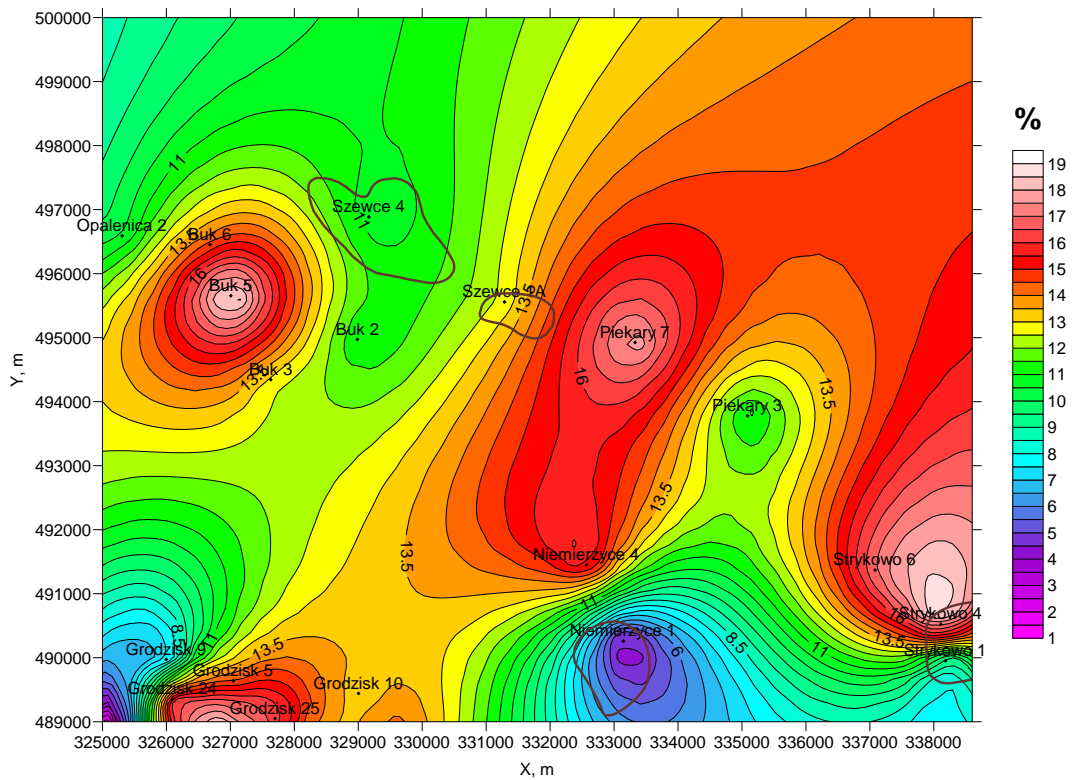


Fig. 1.1.8_61 Rozkład porowatości dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Szewce, Niemierzyce i Strykowo (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

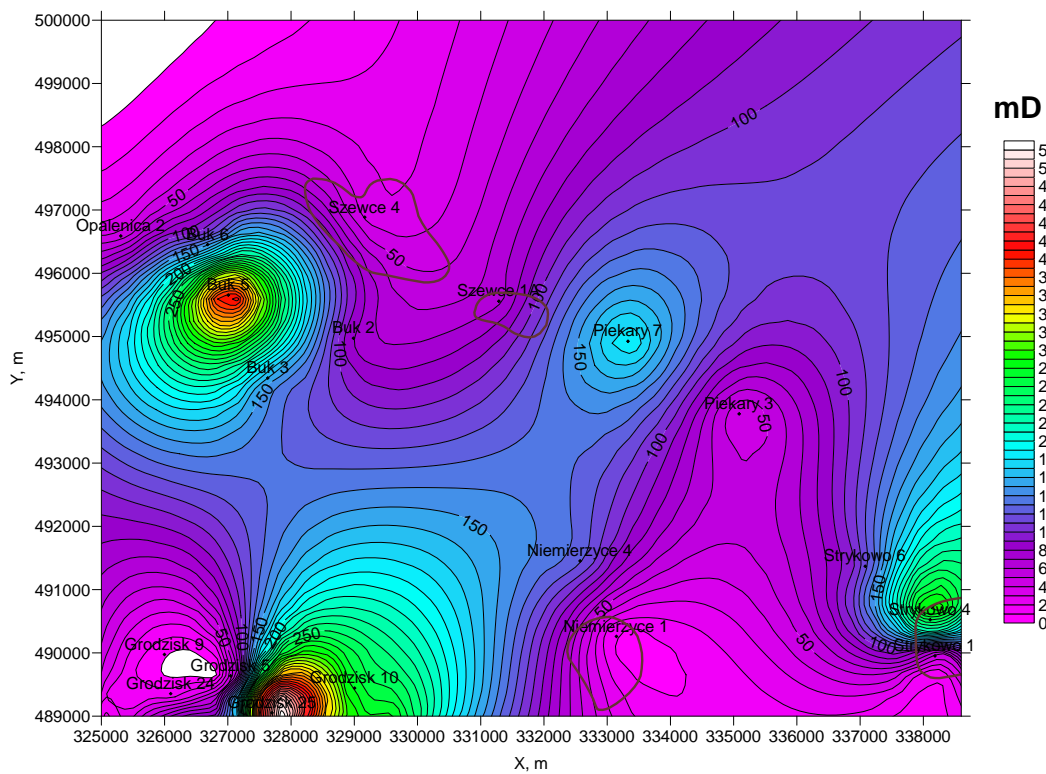


Fig. 1.1.8_62 Rozkład przepuszczalności dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Szewce, Niemierzyce i Strykowo (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

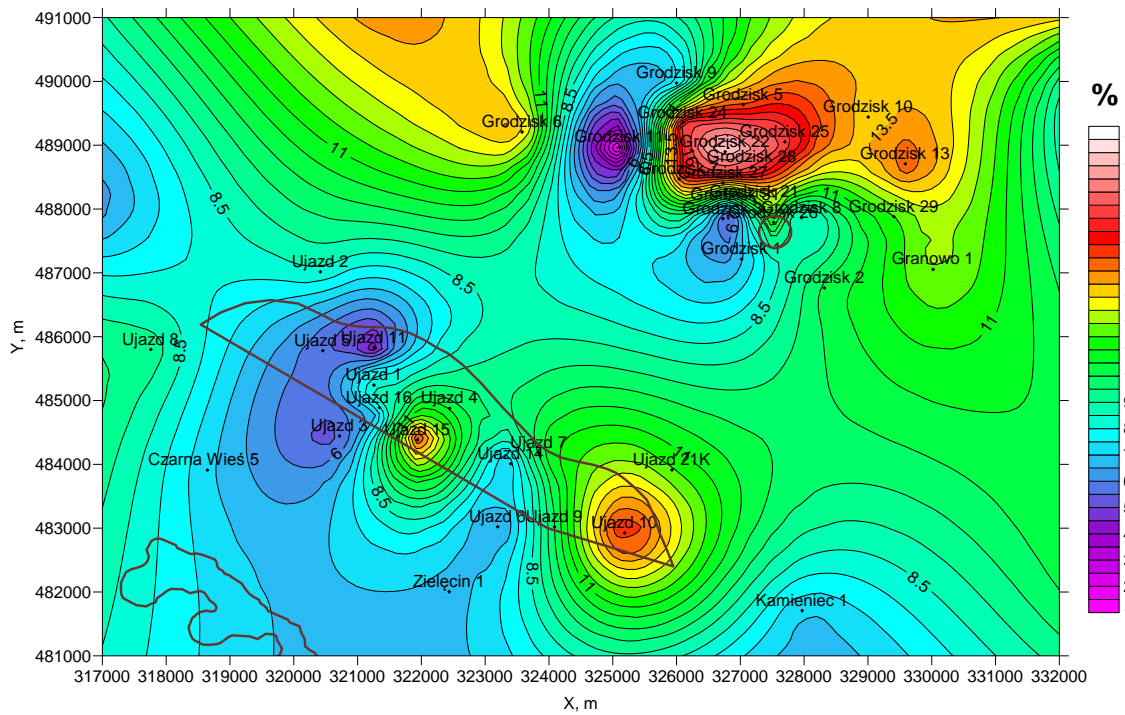


Fig. 1.1.8_63 Rozkład porowatości dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Grodzisk i Ujazd (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

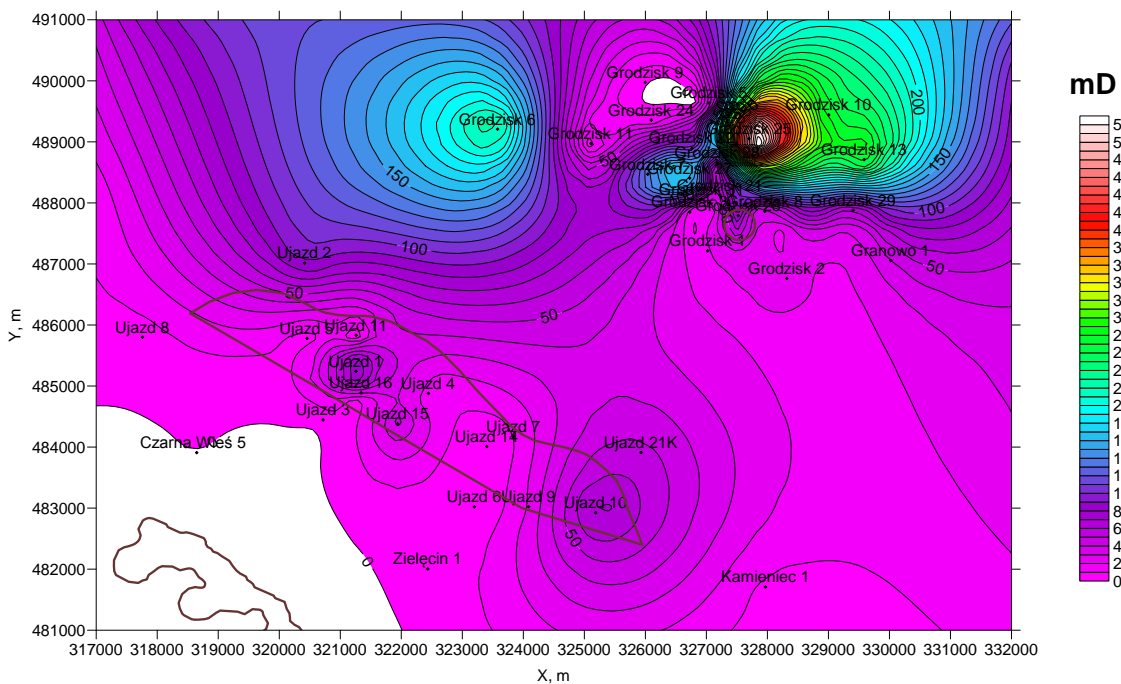


Fig. 1.1.8_64 Rozkład przepuszczalności dla złóż gazu w czerwonym spągowcu Grodzisk i Ujazd (na podstawie danych PGNiG Oddział w Zielonej Górze; zarys złoża wg CBDG)

Pokłady węgla

(Janusz Jureczka, Włodzimierz Krieger, Jan Kwarciański)

Przeprowadzona w ramach poprzednich zadań projektu analiza budowy geologicznej zagłębia (GZW) oraz analiza węglizacji profilu karbonu i metanowości pokładów węgla wykazała, że na jego obszarze potencjalne pod względem składowania CO₂ mogą być pokłady węgla dwóch karbońskich jednostek litostratygraficznych – górnośląskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej zlokalizowane w centralnej i południowej części zagłębia (Centrum-Południe) – Fig. 1.1.8_65. Stąd centralna i południowa część GZW została wyznaczona jako podstawowy dla możliwości składowania CO₂ w pokładach węgla region badawczy. Zasięg tego regionu określono na podstawie danych geologicznych z wierceń (w tym zalegania metanonośnych pokładów węgla na głębokości poniżej 1000 m) oraz map geologiczno-strukturalnych karbonu (Jureczka i in., 2005), w tym szczególnie występowania głównych regionalnych dyslokacji tektonicznych. Istotne znaczenie miało również uwzględnienie położenia czynnych kopalń węgla kamiennego.

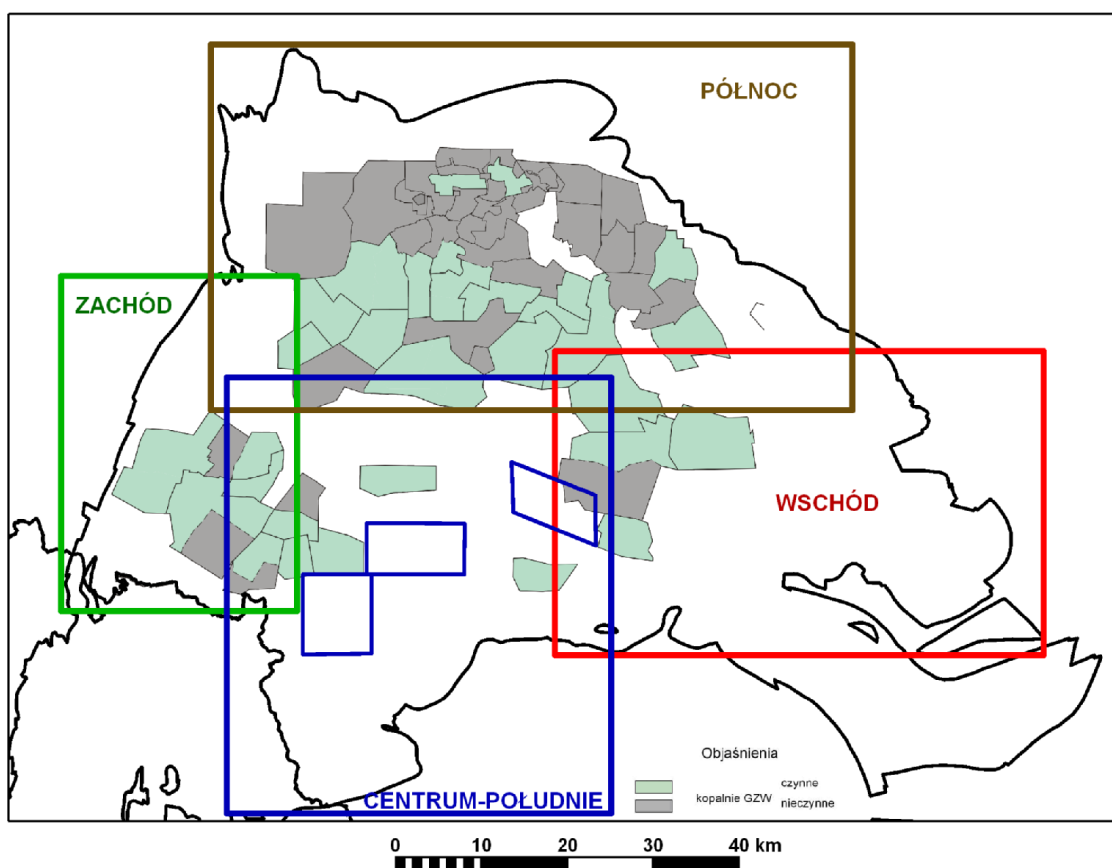


Fig. 1.1.8_65 Położenie regionów badawczych na obszarze GZW

Uwzględniając powyższe założenia wytypowano trzy potencjalne rejony badań pod kątem składowania CO₂ w pokładach węgla (Fig. 1.1.8_66):

- Rejon Studzienice-Międzyrzecze w centralnej części GZW – w skrzydle wiszącym uskoku jawiszowickiego, bezpośrednio na zachód od kopalni „Brzeszcze” i zamkniętej kopalni „Czczott”
- Rejon Pawłowice-Mizerów w centralnej części GZW – w skrzydle wiszącym uskoku ruptawskiego, bezpośrednio na wschód od kopalni „Pniówek”
- Rejon Bzie-Drogomyśl w południowo-zachodniej części GZW – w skrzydle zrzuconym uskoku ruptawskiego, bezpośrednio na południe od kopalni „Pniówek”.

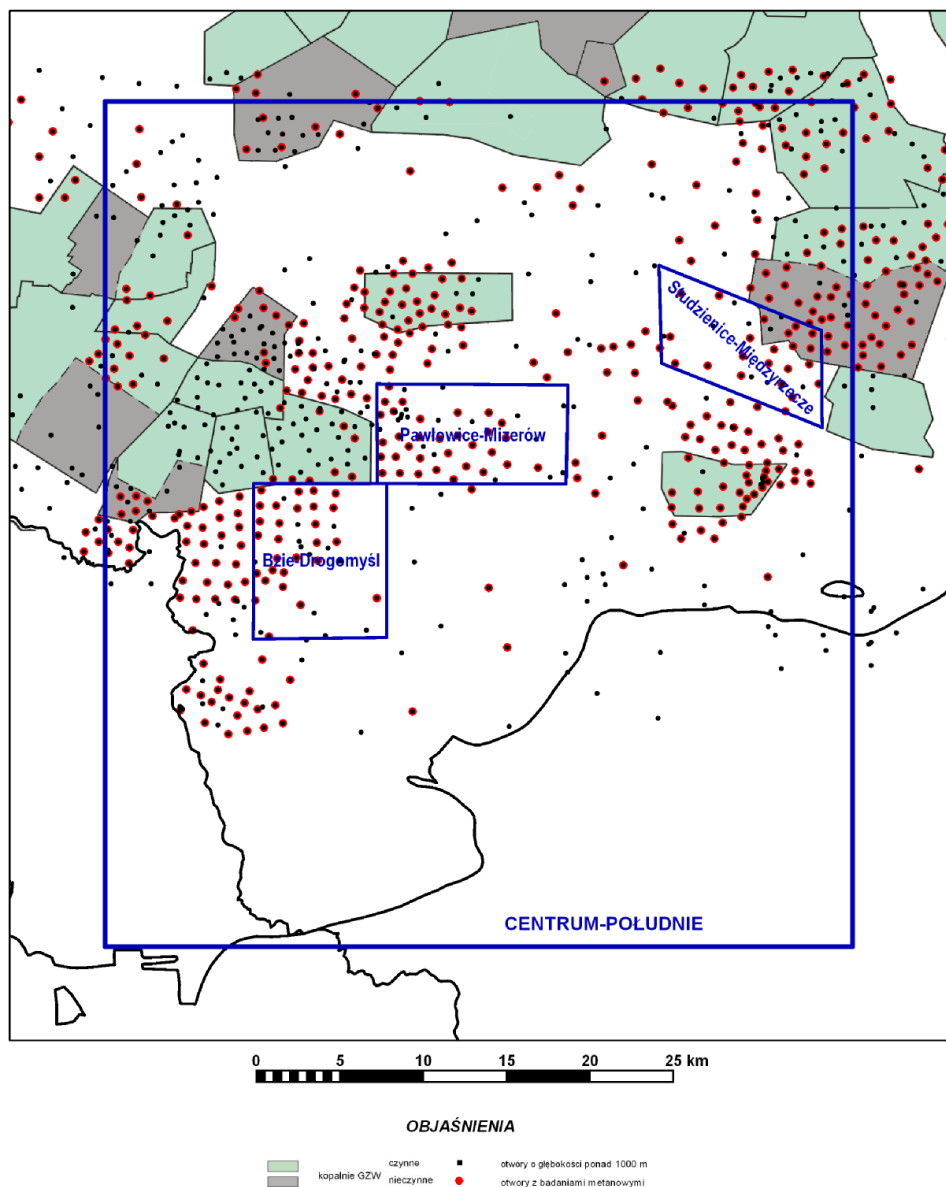


Fig. 1.1.8_66 Położenie rejonów badawczych w centralnym i południowym regionie GZW

Dla rejonu Pawłowice-Mizerów, jednocześnie najbardziej perspektywicznego i najlepiej rozpoznanego, skonstruowano model parametryczny obejmujący (obok regionalnych map strukturalnych stropu górnośląskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej opracowanych dla całości regionu Centrum-Południe) strop strefy pokładów metanowych (Fig. 1.1.8_67), metanonośności dwóch wytypowanych pokładów (Fig. 1.1.8_68 i 69) i ich miąższości (Fig. 1.1.8_70 i 71).

W przypadku rejonów Bzie-Drogomyśl i Studzienice-Międzyrzecze ograniczono się do konstrukcji modeli węglazasobności w obrębie górnośląskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej (Fig. 1.1.8_72 - 75).

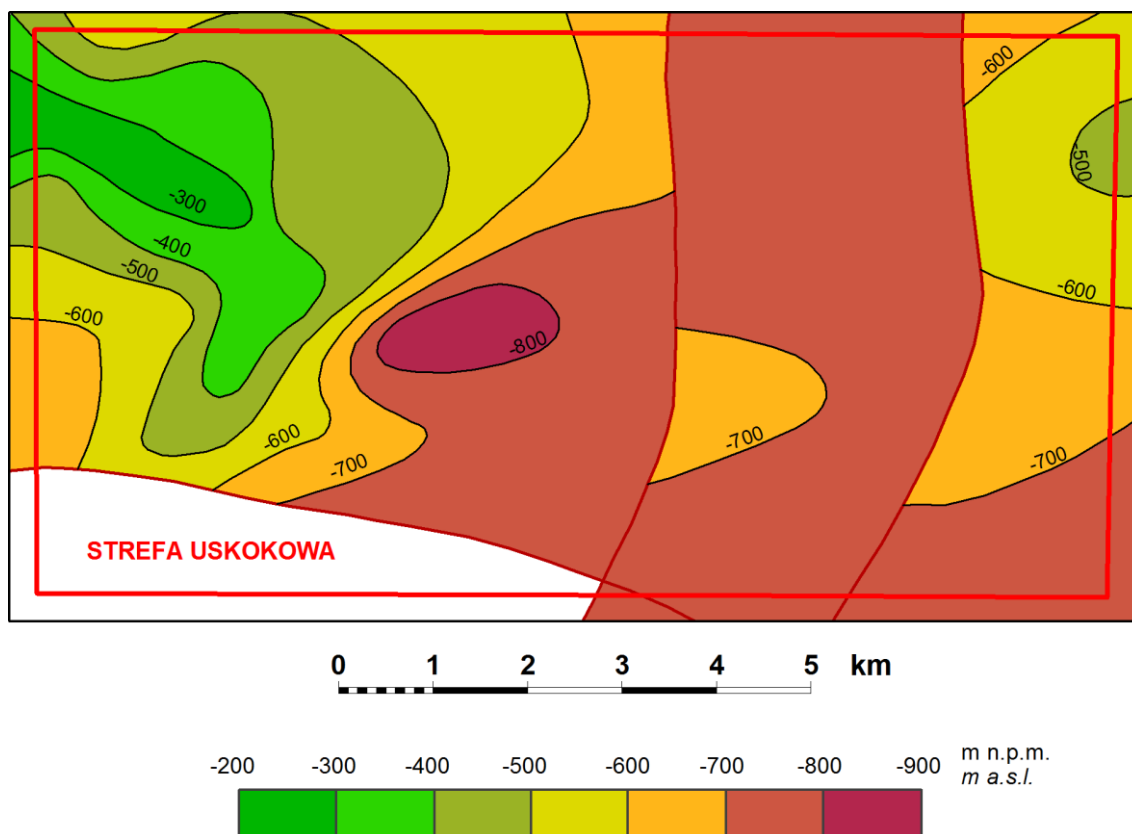


Fig. 1.1.8_67 Mapa głębokości zalegania stropu strefy pokładów metanowych ($\text{CH}_4 > 4,5 \text{ m}^3/\text{Mg csw}$) w rejonie Pawłowice-Mizerów

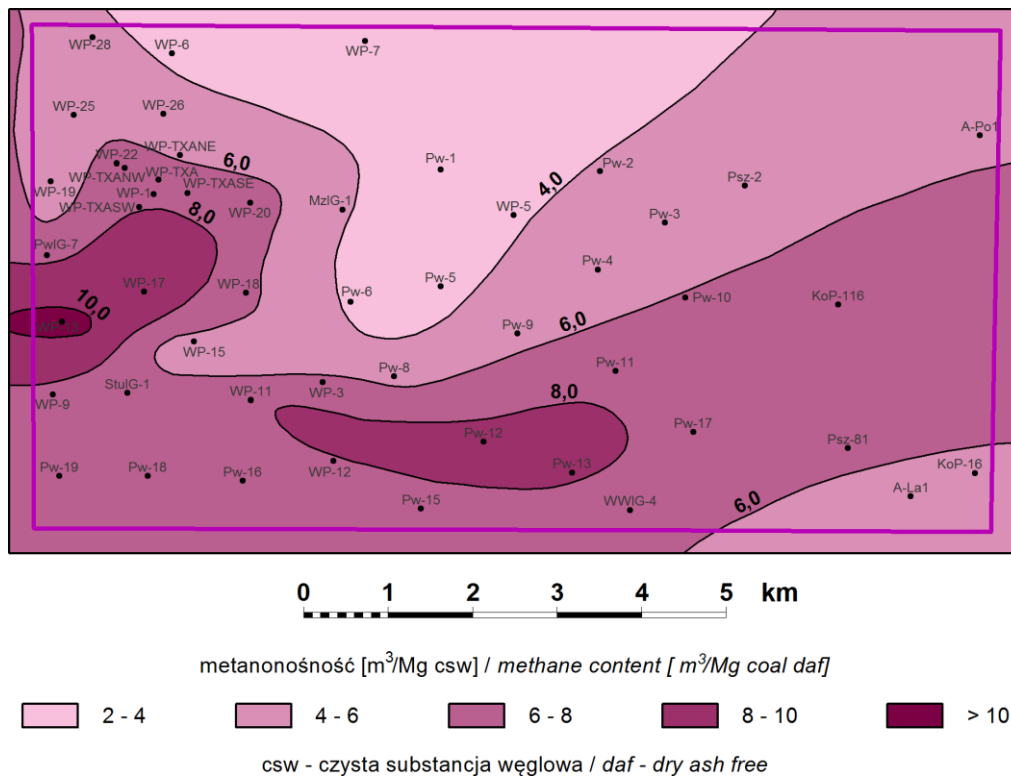


Fig. 1.1.8_68 Mapa metanoności pokładu 405 w rejonie Pawłowice-Mizerów

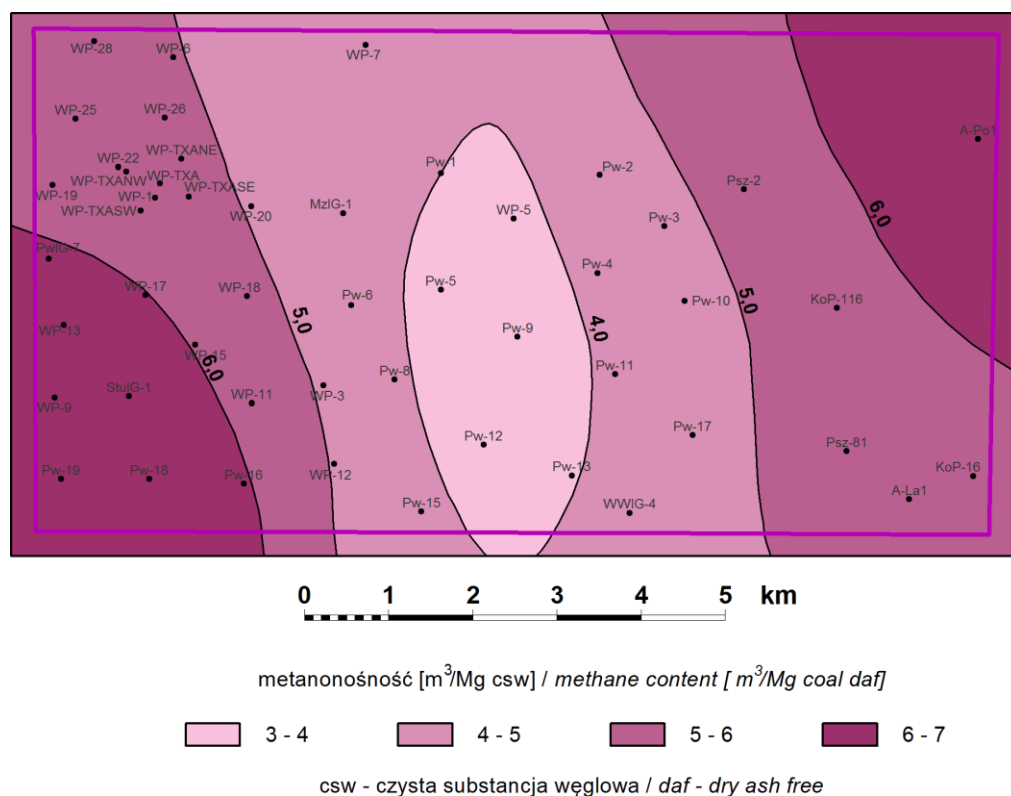


Fig. 1.1.8_69 Mapa metanoności pokładu 510 w rejonie Pawłowice-Mizerów

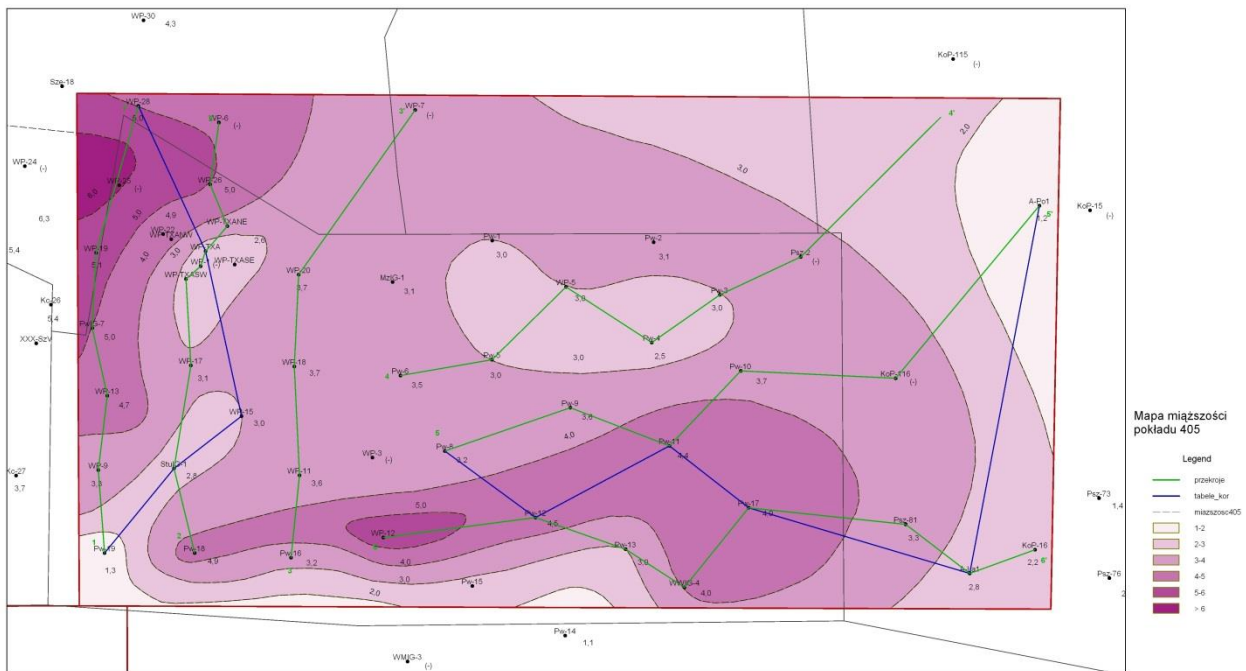


Fig. 1.1.8_70 Mapa miąższości pokładu 405 w rejonie Pawłowice-Mizerów

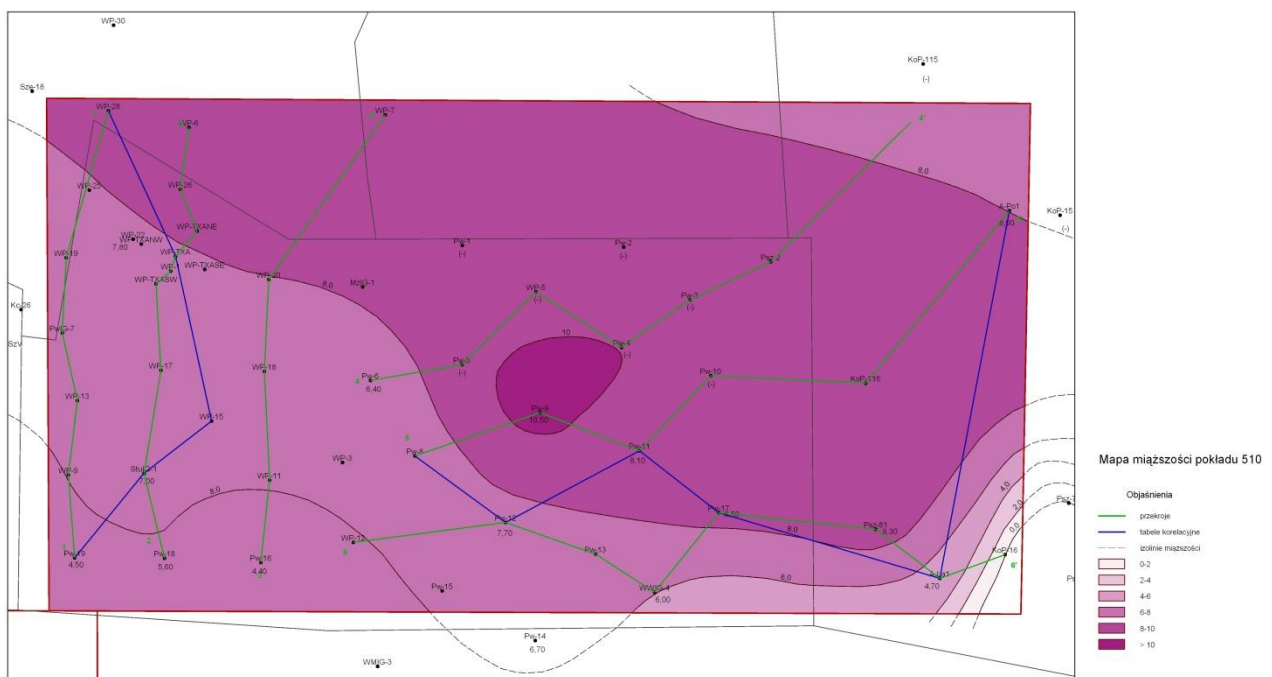


Fig. 1.1.8_71 Mapa miąższości pokładu 405 w rejonie Pawłowice-Mizerów

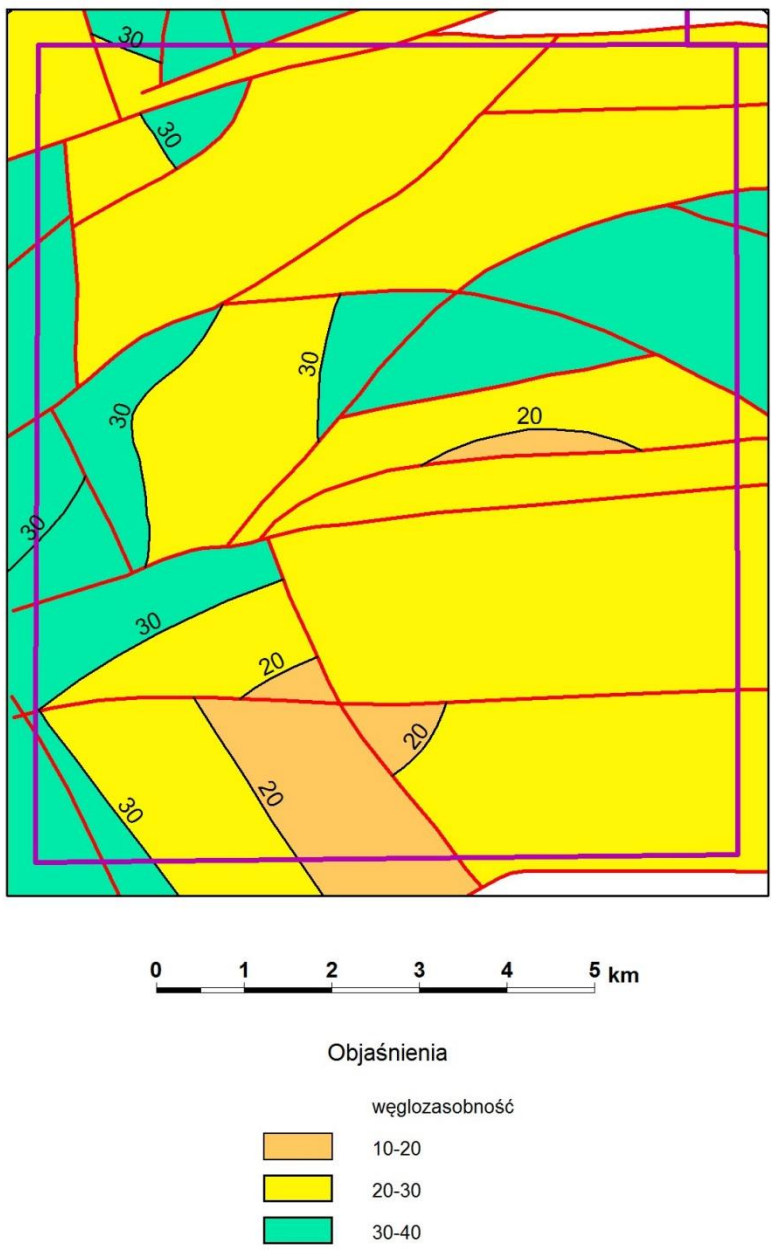
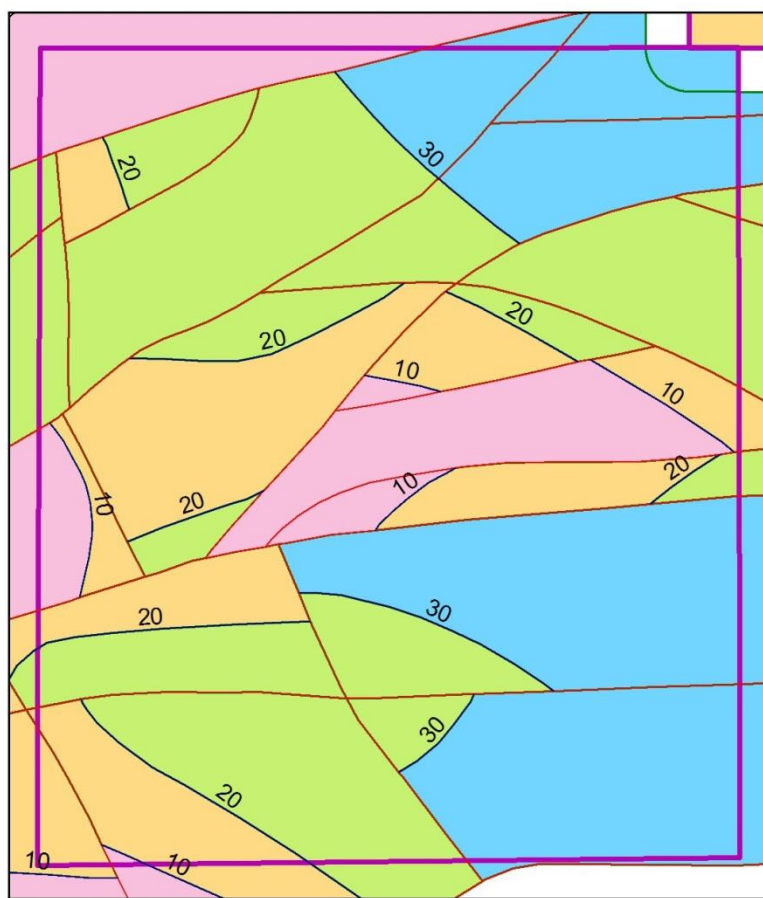


Fig. 1.1.8_72 Mapa węglizasobności górnośląskiej serii piaskowcowej w rejonie Bzie-Drogomyśl



0 1 2 3 4 5 km

Objaśnienia

węglizasobność

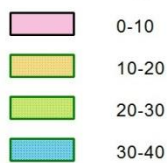
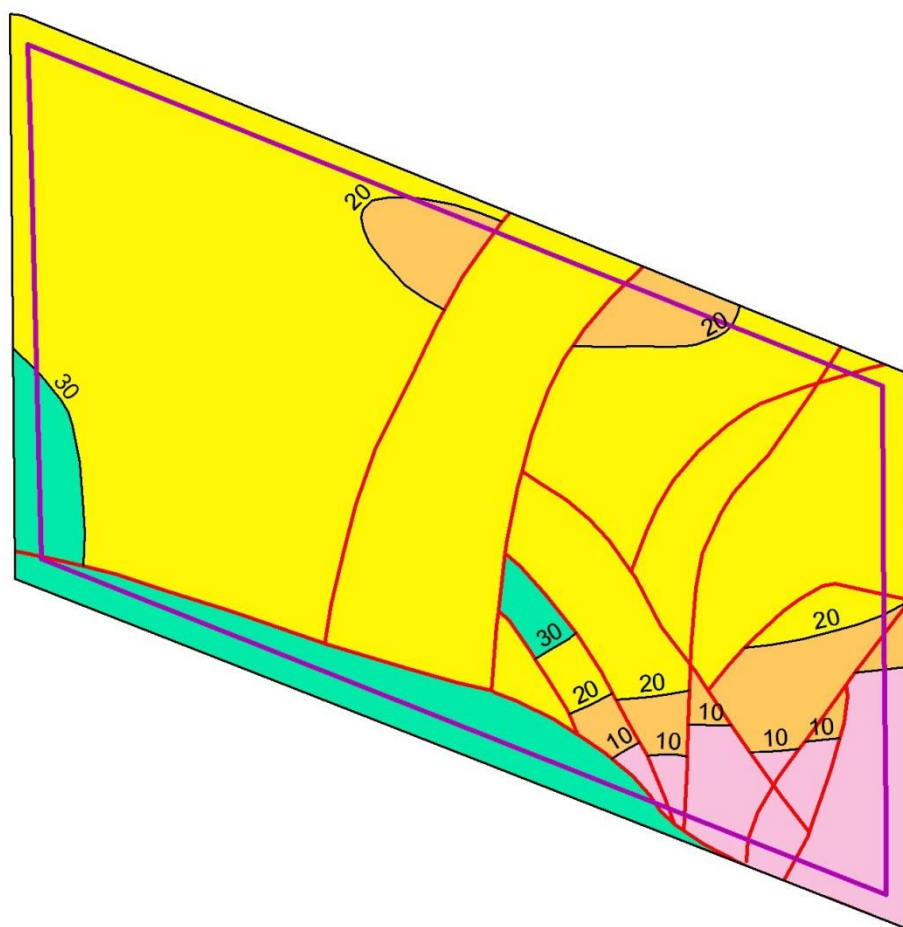


Fig. 1.1.8_73 Mapa węglizasobności serii mułowcowej w rejonie Bzie-Drogomyśl



0 1 2 3 4 5 km

Objaśnienia

węglizasobność

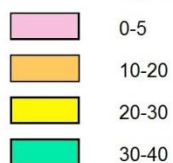
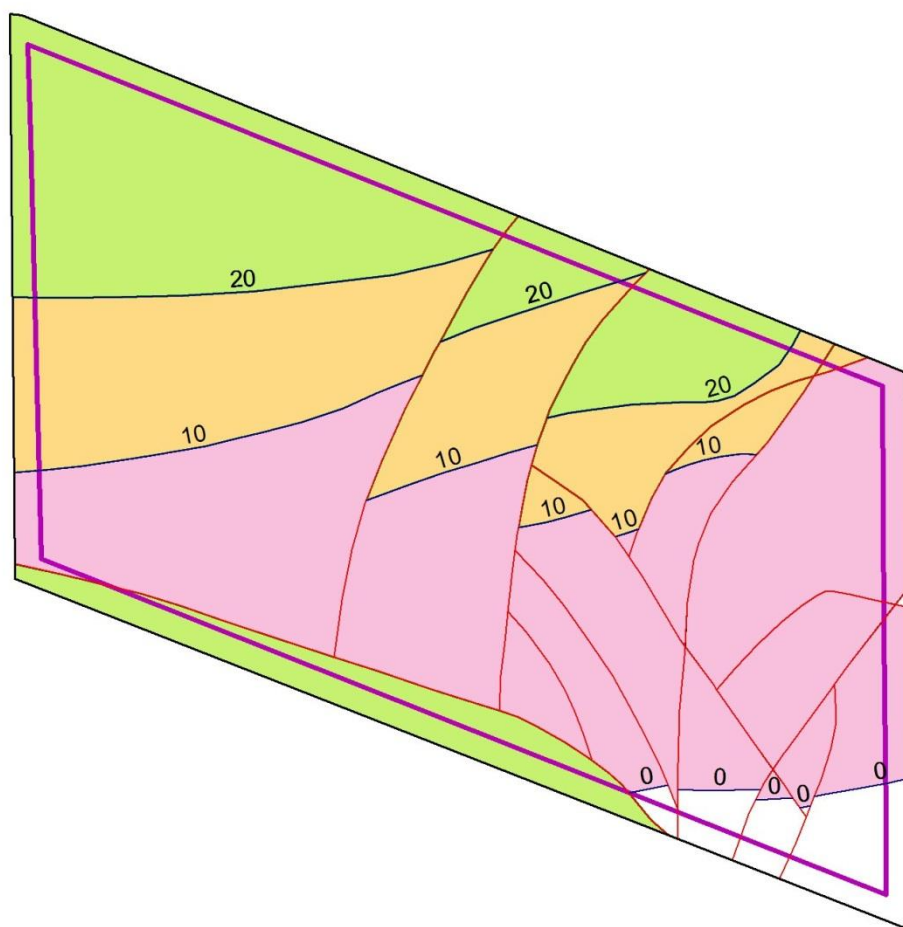


Fig. 1.1.8_74 Mapa węglizasobności górnoszląskiej serii piaskowcowej w rejonie Studzienice-Międzyrzecze



Objasnienia




węglizasobność	
ć	
	0-10
	10-20
	20-30

Fig. 1.1.8_75 Mapa węglizasobności serii mułowcowej w rejonie Studzienice-Międzyrzecze