

BAZA DANYCH ORAZ SZCZEGÓŁOWY 3D MODEL GEOLOGICZNY DLA PODZIEMNEJ SEKWESTRACJI CO₂ REJONU BEŁCHATOWA NA PRZYKŁADZIE STRUKTURY BUDZISZEWIC - ZAOSIA

Łukasz Nowacki*

Maciej Tomaszczyk*

Jacek Chełmiński*

Bartosz Papiernik**

* Państwowy Instytut Geologiczny

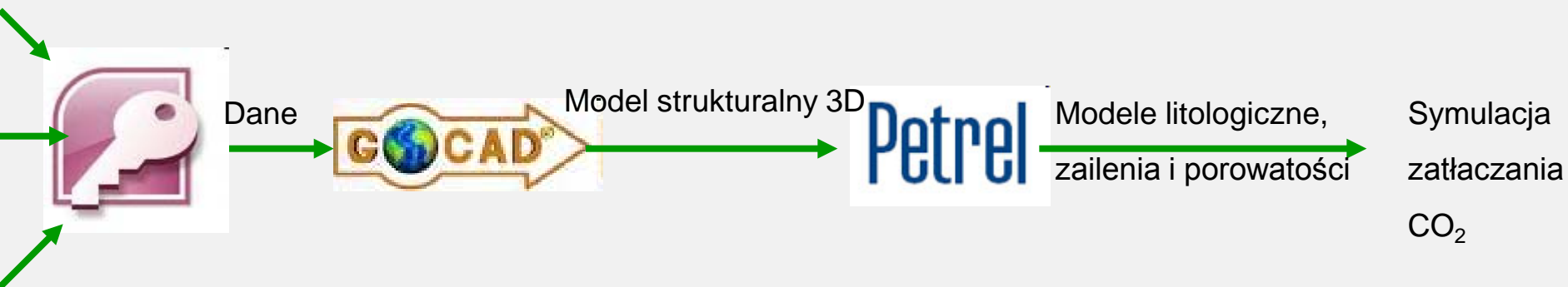
** Akademia Górniczo-Hutnicza



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl

Warszawa, 11 – 12 .05 2010 r.



Oprogramowanie

MS Access

relacyjne bazy danych – zarządzanie danymi

gOcad - Paradigm,

Tworzenie modeli geologicznych (model strukturalny, litologiczne, facjalne) na podstawie danych powierzchniowych oraz wgłębnych (wiercenia, pomiary, badania geofizyczne)

Petrel – Schlumberger

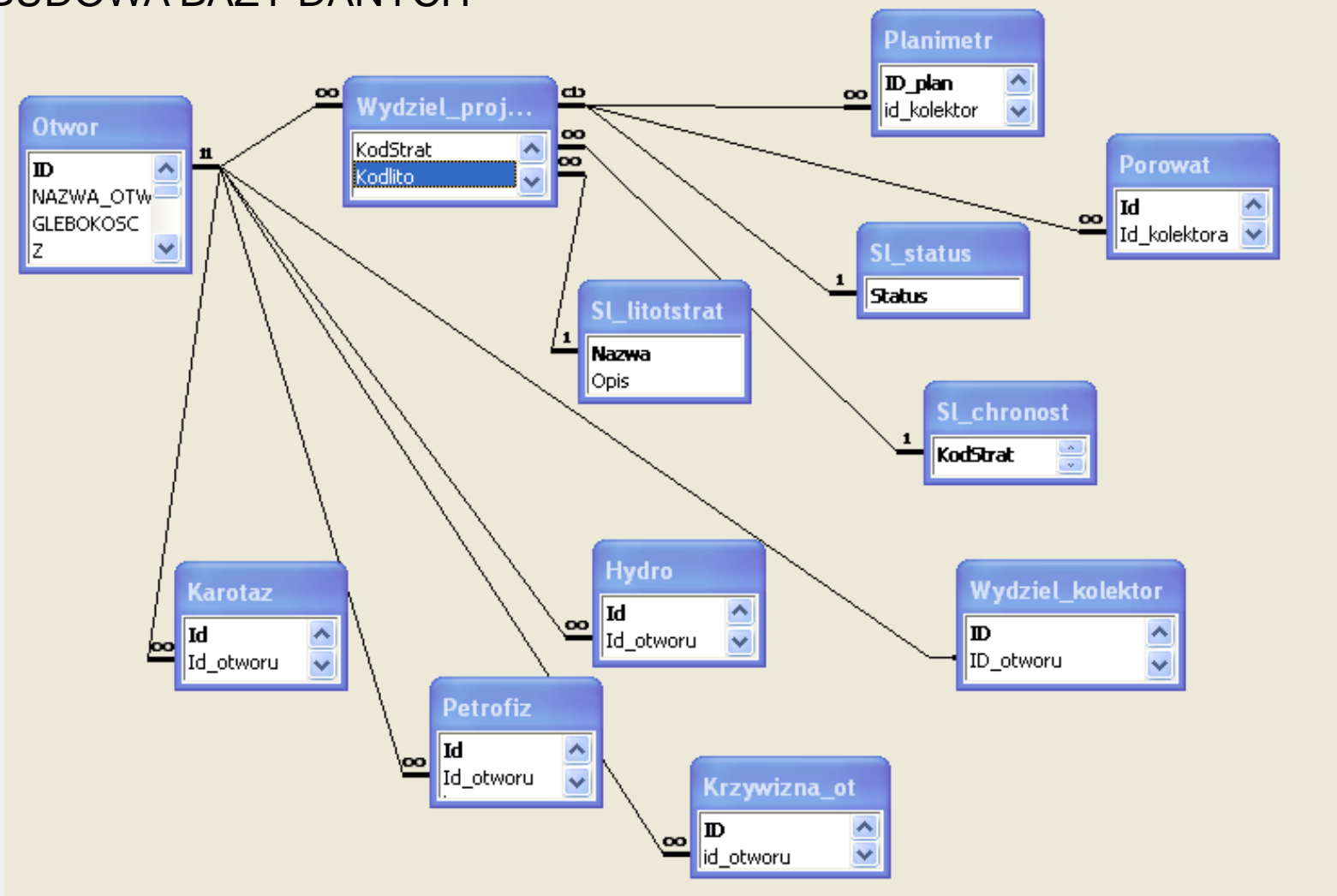
Modelowanie (stochastyczne modele litologiczne, modelowanie zailenia i porowatości)

Quantum GIS , ArcGIS, Grass GIS – wsparcie 2D

Umożliwia zarządzanie i edycję danych geograficznych, wykonywanie analiz przestrzennych oraz wizualizacja danych 2D



BUDOWA BAZY DANYCH



Struktura bazy danych projektu „Sekwestracja CO₂”

Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

w oparciu o SZBD MS Access

system modułarny pod kontrolą związków (relacji) między obiektami

podział na część administracyjną – „Słowniki systemu” i część użytkową „Analityka” okna dialogowe, zapytania, raporty,



posadowiony na platformie CoczIT WEB Client – Jethro umożliwiając prace za pośrednictwem oprogramowania Internet Explorer

Obecnie trwają prace nad migracją danych z MS Access do systemów ZBD MySQL i języka tworzenia aplikacji PHP



Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

Wyszukaj

Nazwa otworu: **ALEKSANDRÓW ŁÓDZKI-1** Miejscowość: Lutomiersk

Współ. EU ref. X: 516 138,50 Współ. EU ref. Y: 438 271,24 Rzędna Z: 105,00 Głęb. otworu: 2 318,40

Wydzielenia

Status wydzielenia	Strop	Spąg	Kod chronostrat.	Jed. litostratygraficzna	Opis litologiczny	Uwagi
Kolektor	1 336,00	1 371,00	JCL			
kolektor (?)	1 371,00	1 415,00	JBT3			
Uszczelnienie	1 415,00	1 455,00	JBT2			
Uszczelnienie wsp	1 455,00	1 505,50	JBT1			
Inienie wspoma	1 505,50	1 516,50	JB3			
Uszczelnienie	1 516,50	1 614,00	JB3			
Kolektor	1 614,00	1 673,50	JB3			
Kolektor	1 673,50	1 722,00	JB1			
Uszczelnienie	1 722,00	1 725,50	JB1			
Uszczelnienie	1 725,50	1 759,00	JA3			

Okno umożliwiające zapis profilu chrono-, litostratygraficznego otworów wiertniczych. Formatka wydzielenia stratygraficzne umożliwia również dokonanie podziału na warstwy kolektorowe i warstwy uszczelniające w obrębie opisywanego profilu.

Podczas prac analitycznych i projektowych, podczas licznych konsultacji z przyszłymi użytkownikami opracowano taką strukturę bazy danych, która będzie mogła uwzględnić specyfikę konstrukcji modeli przestrzennych.



Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

Wyszukaj: GIDLE-2

Nazwa otworu: GIDLE-2

Miejscowość: Gidle

Wsp. EU ret X: 537 647.23 Wsp. EU ret Y: 345 456.03 Rzędna Z: 232.50 Głęb otworu: 2 157.00

Zestawienie opróbowań petrograficznych

Ilość	Głębokość	Litologia	Gęstość [g/cm ³]		Porowatość [%]		CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂	Przepuszczalność [mdcy]	
			właściwa	objętościowa	efektywna	całkowita			pionowa	pozioma
1	1 212,00	piaskowiec		2,03		22,10				
2	1 405,00	ilawiec								
3	1 510,00	ilawiec								
4	1 606,00	mułowiec		2,52		3,57			brak próbki	

Okno umożliwiające rejestrację danych pochodzących z analiz petrograficznych

Wyszukaj: GOMUNICE-12

Nazwa otworu: GOMUNICE-12

Badane interwały

Uszczelnienie	1 296,00	1 555,00
Kolektor	1 555,00	1 580,00

Wydzielenia

Ident. wydziel.	Status wydzielenia	Strop	Spąg	Kod chronostrat.	Jed. litostratigraficzna
114	Kolektor	1010,5	1058	JPL	fm. blanowicka
115	Kolektor	1058	1101	JH+S	fm. zegajska
116	Uszczelnienie	1101	1296	TRE+NR	
117	Uszczelnienie	1296	1555	TK3	warstwy gipsowe górne
118	Kolektor	1555	1580	TK3	piaskowiec trzcinowy
119		1580	1635	TK3	warstwy gipsowe dolne

Badania planimetryczne

Głęb.	Nazwa skały	Kwarc (Qm+Qp+czerty)	Skalenie	Okruchy skał	Łyszczyki	Min. AKCi NP.	Glaukonit	Matriks ilasty/żel	CEMENT						Pory	S
									Suma	węgiel	kwarcowy	sierpczanowy	ilitowy	kaolinowy		
1 558,70	wa1	26,70	21,70	26,30	3,70	0,30	0,00	20,7	0,6	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Rejestracja danych pochodzących z badań planimetrycznych



Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

Wyszukaj

Nazwa otworu Miejscowość

Wsp. EU ref. Y Wsp. EU ref. Y Rzędna Z Głęb. otworu

Hydrogeolog

Interwał opróbowywania

Od	Do	Medium	Przepływ [m ³ /h]	Pozostakość sucha [g/l]	Mineralizacja płynu [g/l]	Solanka [%]	Uwagi
582,00	590,00	słodka	0	0,341			
840,00	875,00	solanka	0,723	1,376		0,13	
1 526,00	1 535,00	ślady solanki	0,006	2,659 - 4,321		0,4	
1 678,00	1 685,00	solanka	0,024	10,466 - 13,648		1,5 - 1,7	
1 716,00	1 720,00	solanka	0,084	15,095 - 16,695		1,5 - 1,8	
1 850,00	1 855,00	ślady solanki	0,006	27,524 - 30,867		2,8 - 3,1	
1 938,00	1 942,00	solanka	0,024	58,518 - 68,662		5,9 - 6,9	
2 020,00	2 060,00	brak przepływu	0	4,388		0,4	

Utworzona baza danych posiada tablicę zawierającą niezbędne do projektu dane hydrogeologiczne:

Parametry określające skład fizyko-chemiczny wód podziemnych i solanek.

Przypisane atrybuty pozwoliły na szczegółowe opisanie takich parametrów jak:

przepływ,

temperaturę,

mineralizację,

poziomy zwierciadła,

zawartości pierwiastków i związków chemicznych.



Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

	id_otworu	od	kod_lito	Generaliza_lito	zailenie	Porow_calk	Porow_efekt
	23635	343,75	111	-6	44,12	13,56	0,01
	23635	356,75	111	-6	33,69	15,93	0,01
	23635	357,25	111	-6	35,12	15,89	0,01
	23635	357,75	111	-6	32,81	15,45	0,01
	23635	390,75	111	-6	27,69	14,28	0,01
	23635	526,75	111	-6	89,83	5,99	0,01
	23635	536,25	111	-6	8,85	27,21	0,01
	23635	604,75	111	-6	14,43	19,87	0,01
	23635	605,25	111	-6	31,37	18,51	0,01
	23635	605,75	111	-6	19,59	18,72	0,01
	23635	606,25	111	-6	21,01	19,99	0,01

dane karotażowe otworów wiertniczych (tzn. wyniki interpretacji profilowań geofizyki wiertniczej).

Zostały one dostarczone w postaci plików .txt



Konstrukcja bazy danych „Sekwestracja CO₂”

Porowatość i gęstość

Wyszukaj JEZÓW IG-1

Nazwa otworu JEZÓW IG-1

Wydzielienia dla analiz porowatości

Id wydziel.	Status wydzielienia	Strop	Spąg	Kod jed. chronostratygraf	Jedn. litostratygraficzna
356		122,5	388	JBJ3	
357		388	418	JBJ1	
358	Uszczelnienie	418	492,5	JBJ1	
359	Uszczelnienie	492,5	626	JA3	
360	Kolektor	626	678	JA1	
361	Kolektor	678	687	IT03	fabryczna

Analizy porowatości i gęstości

Głęb.	nr. próbki	Gęstość mat [g/cm ³]	Porowat. całk. [%]	Gęst. szkieł. [g/cm ³]	Gęst. z poroz [%]	Porow. z poroz [%]	Śred. kapilar um.	Pow. właściwa	Pory	Śred. progowa [um]	Histereza [%]	Przepuszczalność mD
650,40	7 426,00	2,63	21,57	2,62	2,06	21,36	1,09	0,38	88,00	30,00	35	566,00
651,30	7 427,00	2,64	22,79	2,61	2,03	22,13	1,78	0,24	91,00	30,00	27	85,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

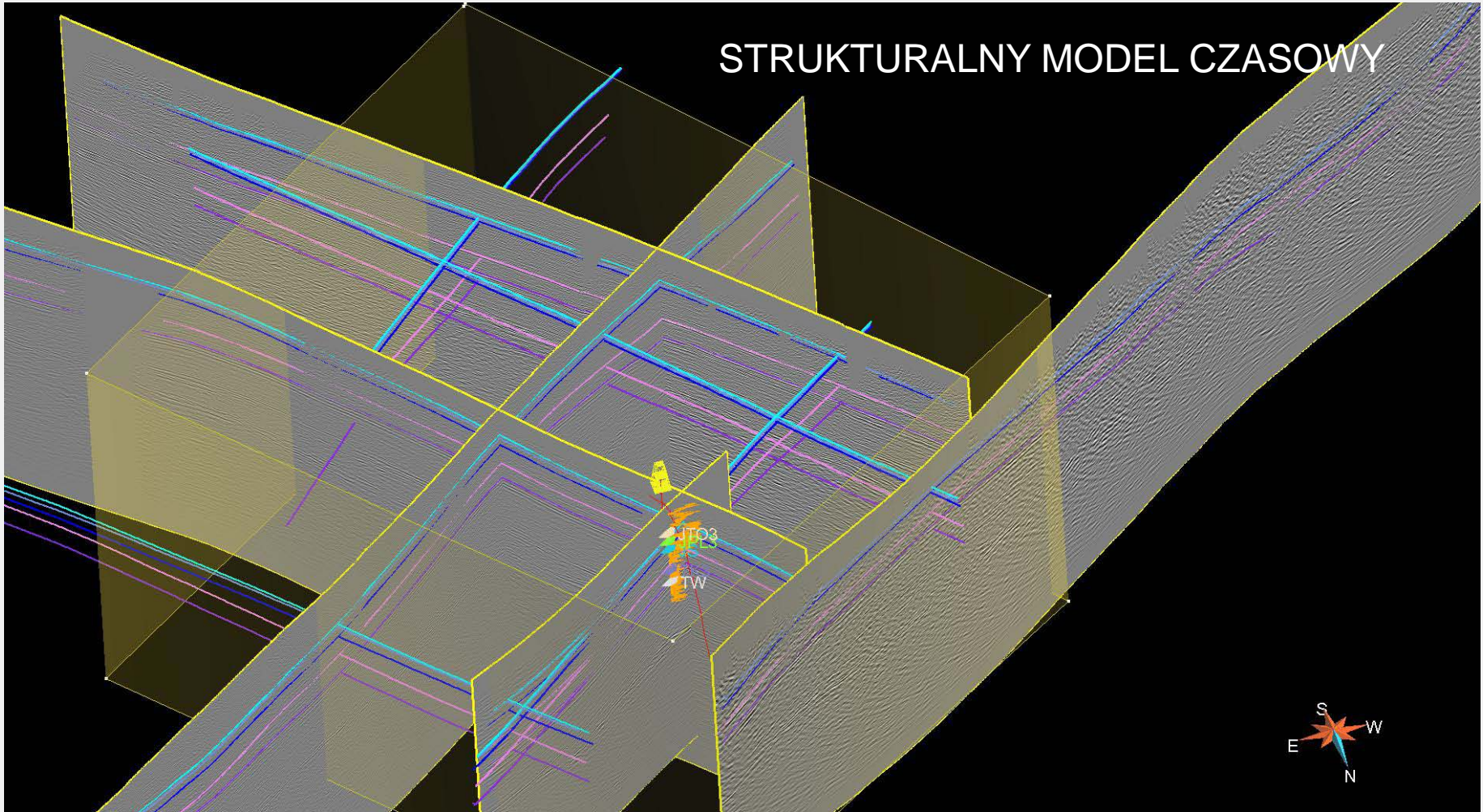
Okno do rejestracji wyników badań porowatości i gęstości skał

Na podstawie danych zawartych w bazie można przeprowadzić interpretację oraz analizę poszczególnych struktur geologicznych w tym:

- charakterystykę formacji i struktur odpowiednich do geologicznego składowania CO₂,
- analizę danych petrologicznych z zakresu zawartości węglanów i minerałów ilastych w próbkach rdzeni,
- analizę danych petrofizycznych na podstawie parametrów filtracyjnych skał zbiornikowych oraz uszczelniających,
- analizę danych hydrogeologicznych dla formacji wodonośnych oraz danych geochemicznych płynów.



STRUKTURALNY MODEL CZASOWY

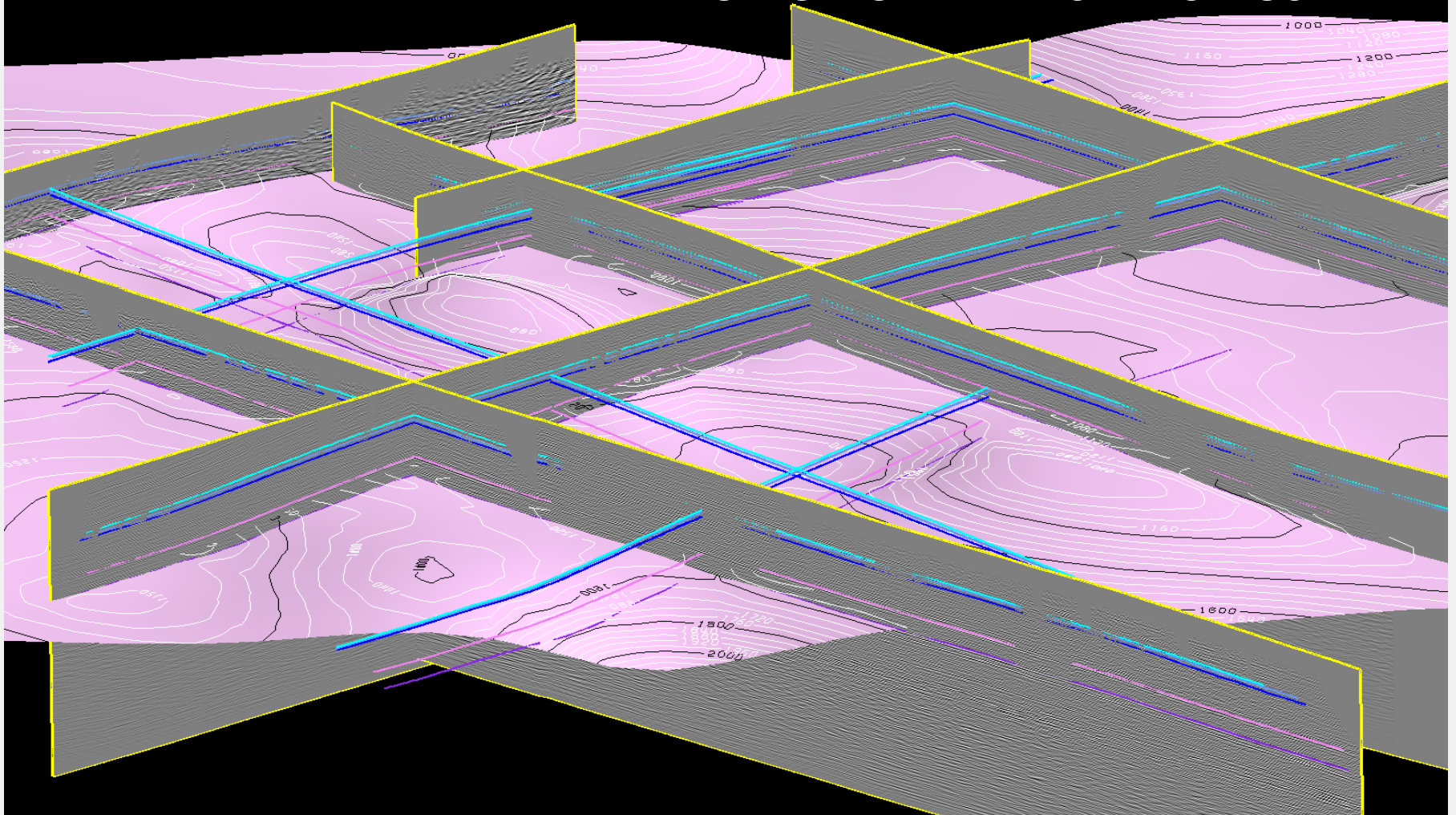


model strukturalny:

Do stworzenia modelu prędkościowego wykorzystano wartości prędkości średnich uzyskanych w trakcie badań karotażowych w 6 otworach wiertniczych (Budziszewice IG-1, Buków-2, Buków-1, Zaosie-1, Zaosie-2, Zaosie-3).



STRUKTURALNY MODEL CZASOWY



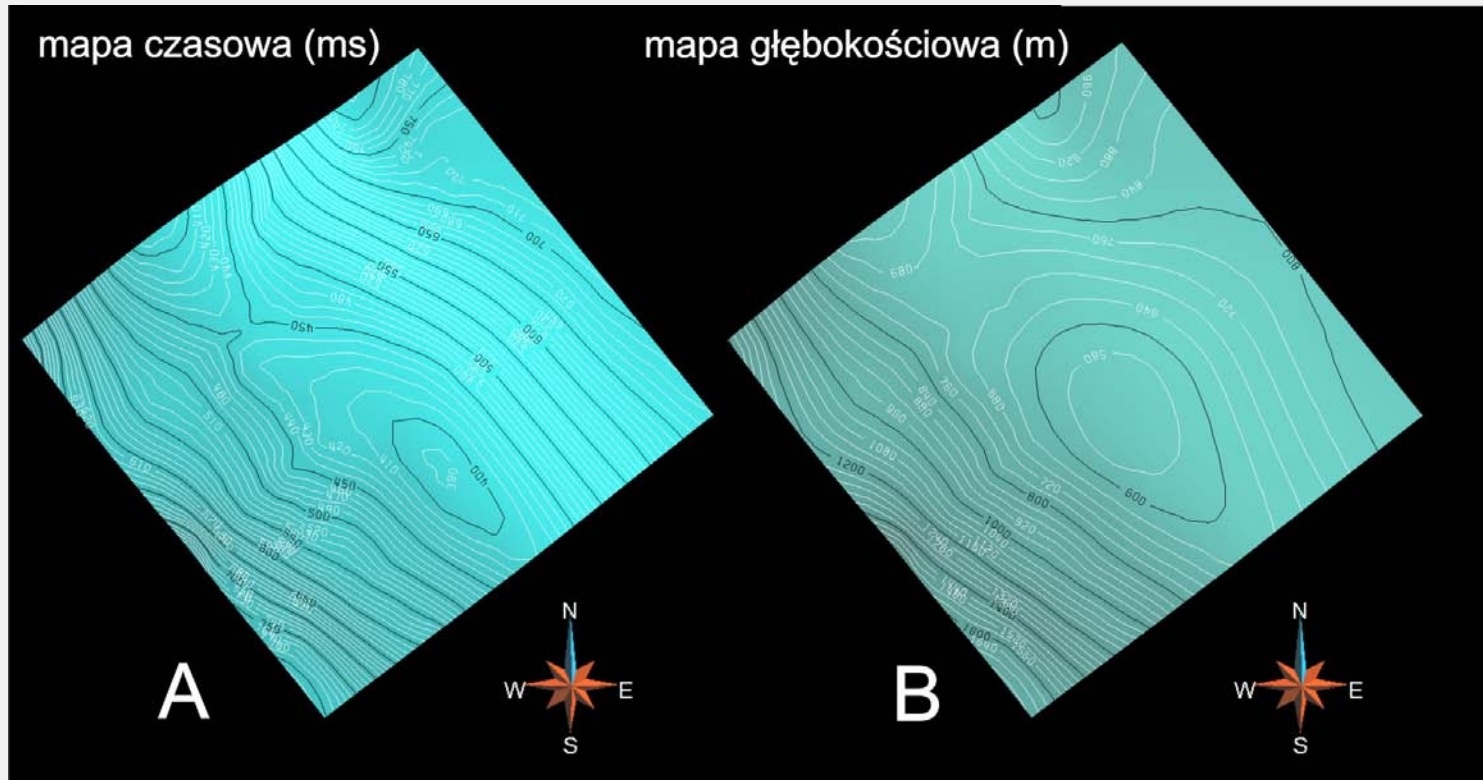
Model powstał na podstawie interpretacji 9 czasowych profili sejsmicznych - GoCAD



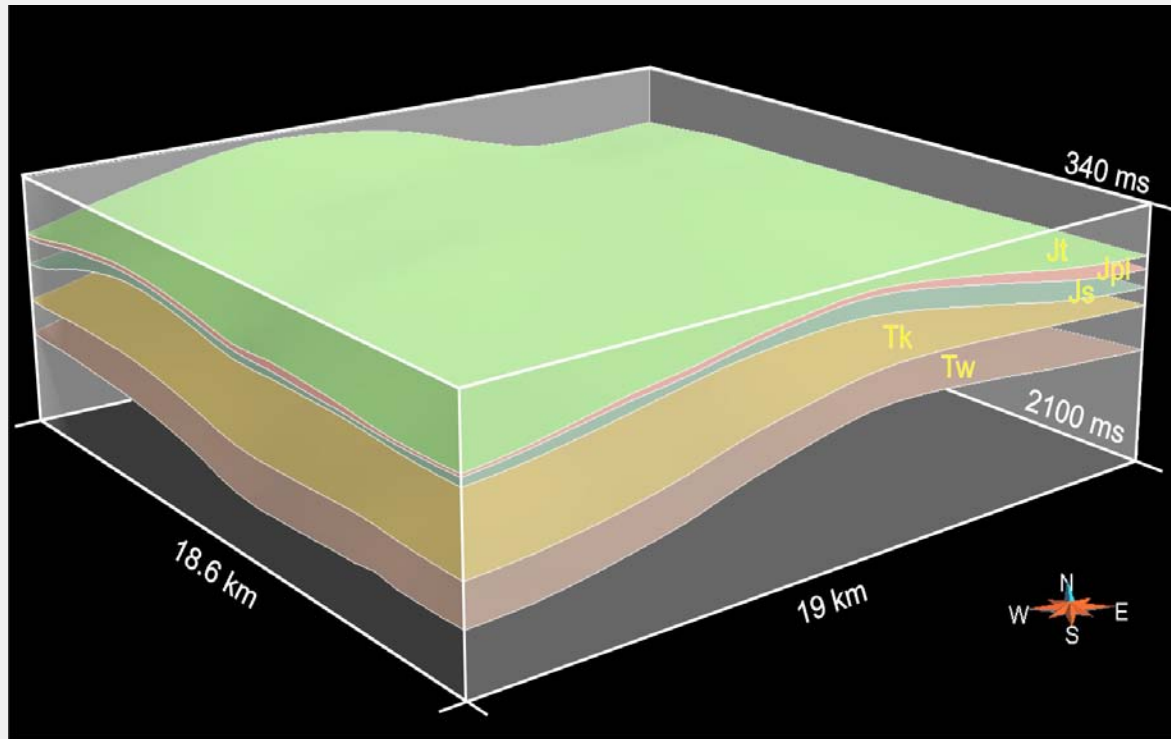
KONWERSJA POSZCZEGÓLNYCH ELEMENTÓW MODELU Z DOMENY CZASU (ms) NA DOMENĘ GŁĘBOKOŚCI (m).

Ograniczenia modelu czasowego:

- Brak możliwości szczegółowej analizy zależności pomiędzy poszczególnymi elementami struktury, gdyż model w domenie czasu nie pozwala na rzeczywiste odzwierciedlenie jej architektury.
- niemożliwe jest przeprowadzenie dokładnych obliczeń wolumetrycznych i miąższości poszczególnych warstw.



KONWERSJA CZASOWO-GŁĘBOKOŚCIOWA

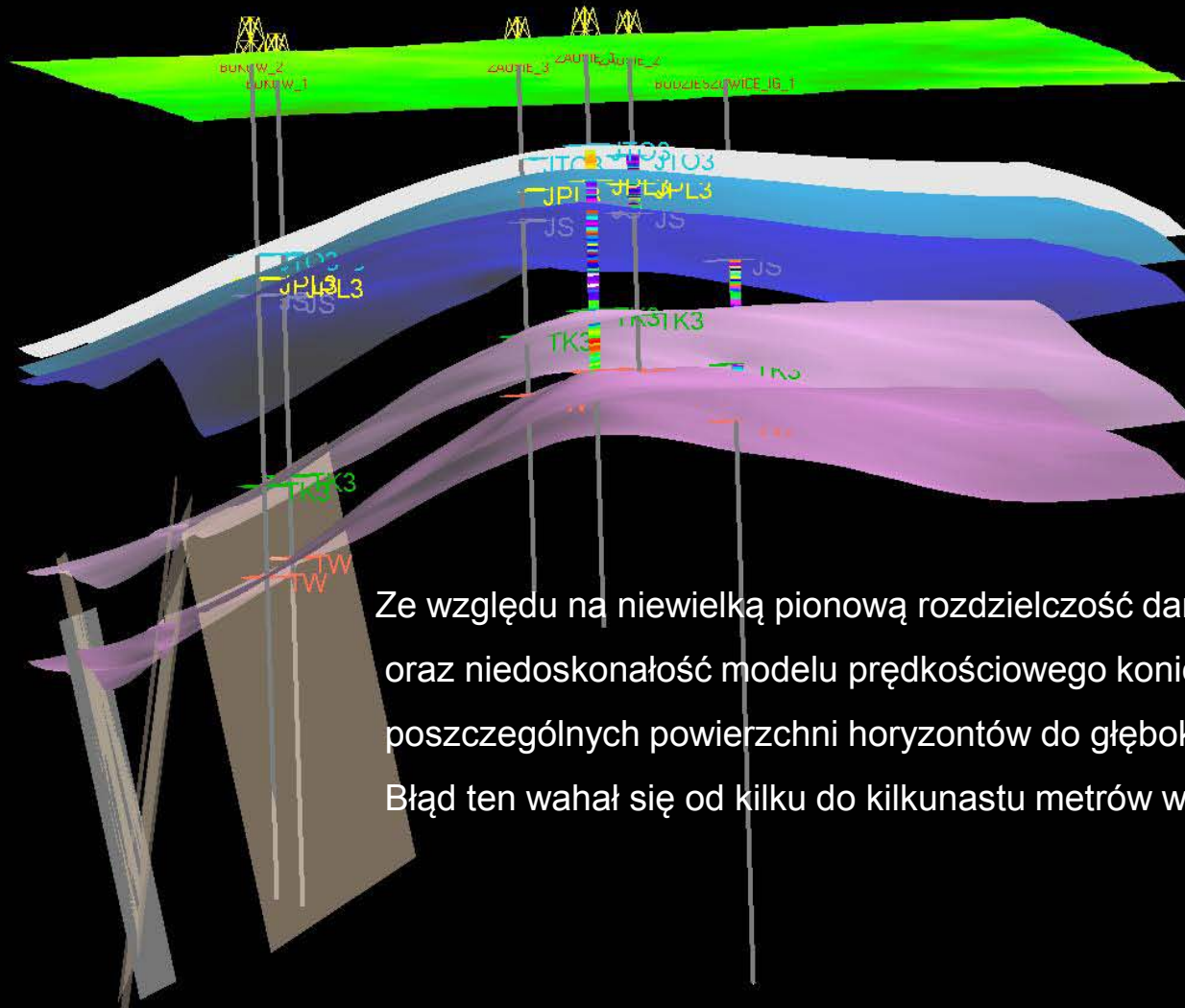


Konwersja czasowo-głębokościowa polega na przeliczeniu czasu podwójnego przejścia fali sejsmicznej (punkt wzbudzenia fali na powierzchni – reflektor – geofon) na rzeczywistą głębokość w metrach. W tym celu wykorzystuje się znane wartości prędkości fali w poszczególnych ośrodkach – warstwach skalnych. Do stworzenia modelu prędkościowego wykorzystano wartości prędkości średnich uzyskanych w trakcie badań karotażowych w 6 otworach wiertniczych .

Konwersje przeprowadzono w module „velocity” programu Gocad.

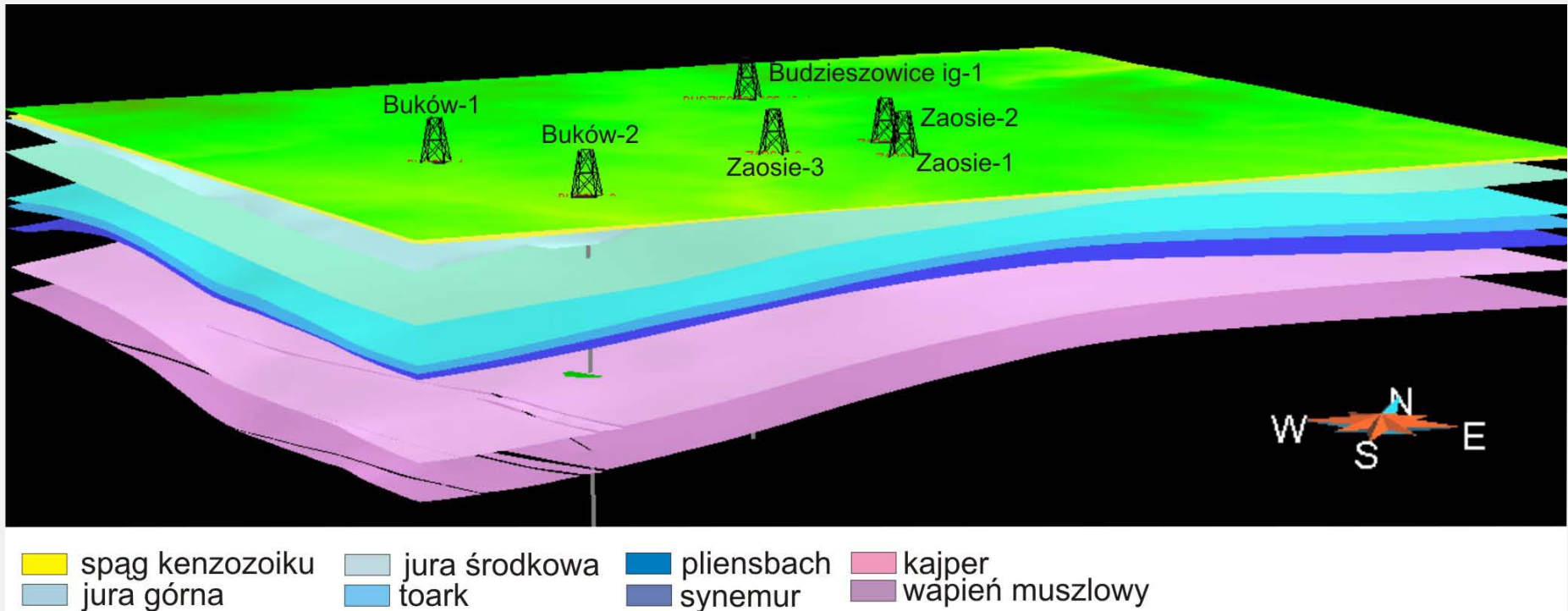


STRUKTURALNY MODEL GŁĘBOKOŚCIOWY



Ze względu na niewielką pionową rozdzielczość danych sejsmicznych, oraz niedoskonałość modelu prędkościowego konieczne było dopasowanie poszczególnych powierzchni horyzontów do głębokości z otworów wiertniczych. Błąd ten wahał się od kilku do kilkunastu metrów w zależności od otworu

STRUKTURALNY MODEL GŁĘBOKOŚCIOWY

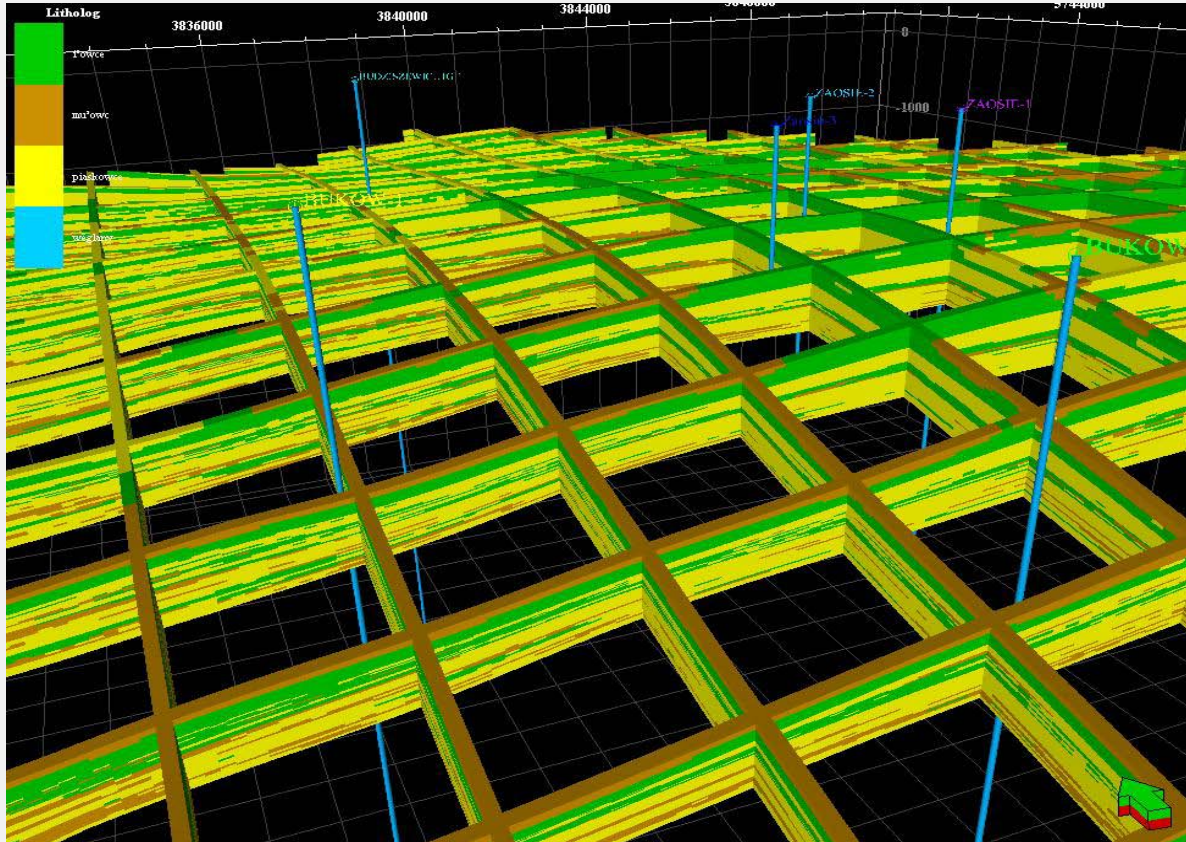


Model został uzupełniony o 3 horyzonty uzyskane w wyniku cyfrowego przetworzenia danych archiwalnych (stropy jury górnej i środkowej, spąg powierzchni podkenozoicznej), jak również stworzono powierzchnie 4 uskoków zlokalizowanych w południowej części obszaru.



OSNOWA STRATYGRAFICZNA

Wykorzystując dane wejściowe opracowano zmodyfikowaną wersję osnowy geometrycznej modelu 3D. Powstały model obejmuje pięć sekwencji stratygraficznych podzielonych na zmienną ilość proporcjonalnych warstw:



Toark górny (5 warstw)

Toark dolny (Fm. Ciechocińska, 6 warstw)

Pliensbach (15 warstw)

Synemur - hetang (20 warstw)

Retyk (10 warstw)

Model finalny obliczono w wyniku selekcji najczęściej występującej litologii

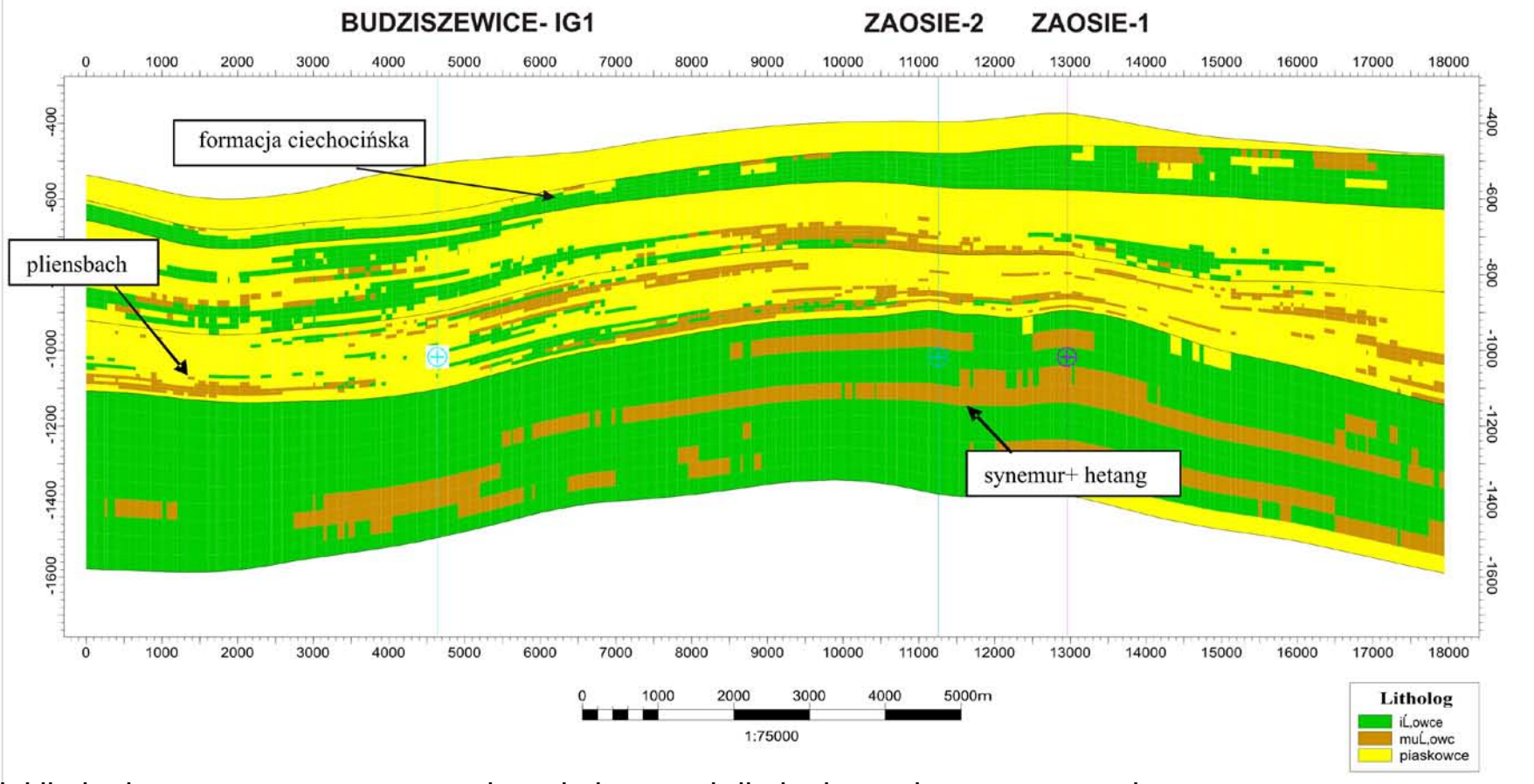
- Uzyskany ten sposób model można uznać za wysoce reprezentatywny.

- Jego istotną zaletą jest zachowanie wysokiej ciągłości lateralnej warstw.

Model w całości składa się z 1 942 121 komórek



MODEL LITOLOGICZNY



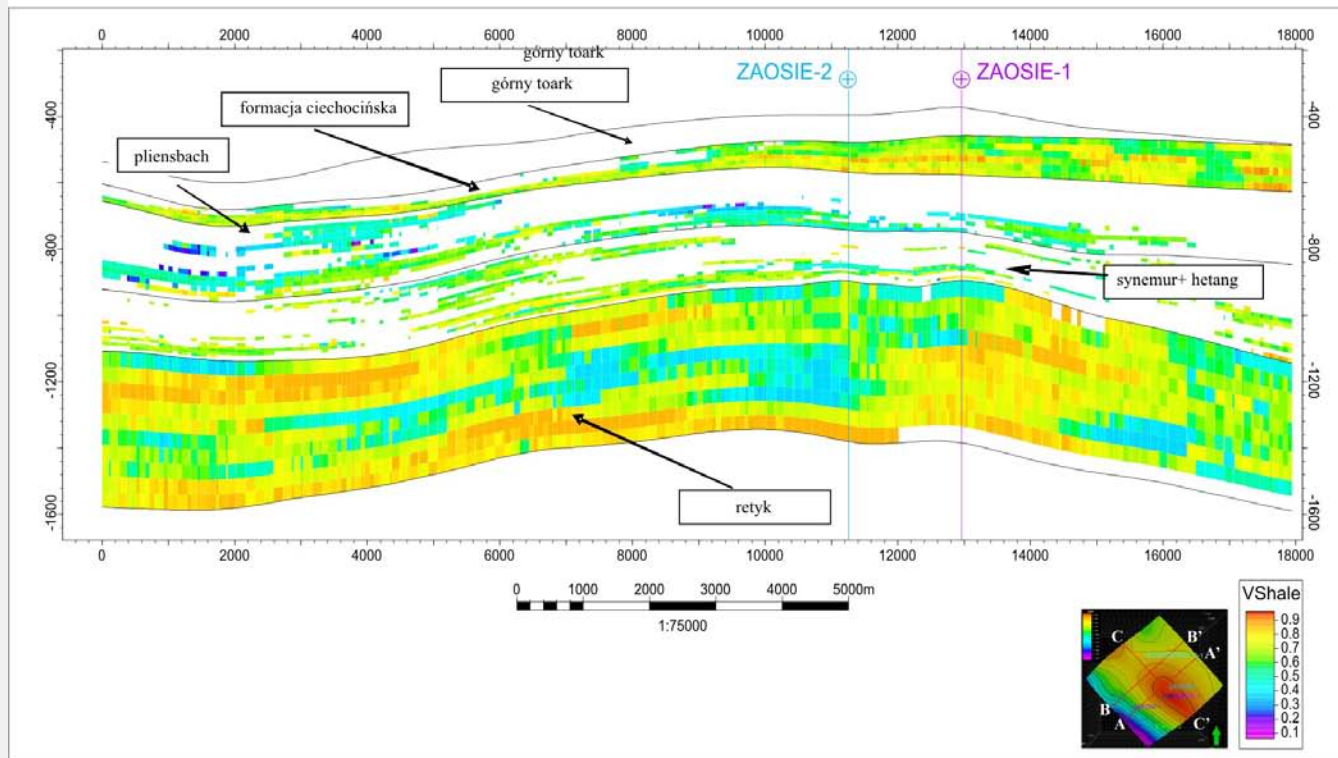
Model litologiczny opracowano na podstawie krzywych litologicznych opracowanych przez J. Szewczyka w odwiertach Budziszewice IG-1, Buków-1 oraz Zaosie-2.

Do opracowania wykorzystano sekwencyjny algorytm stochastyczny *Sequential Indicator Simulation* (Deutsch, Journel 1992).

Symulacje przestrzennego rozkładu litologii wykonano pięciokrotnie uzyskując równie prawdopodobne warianty modelu litologii.

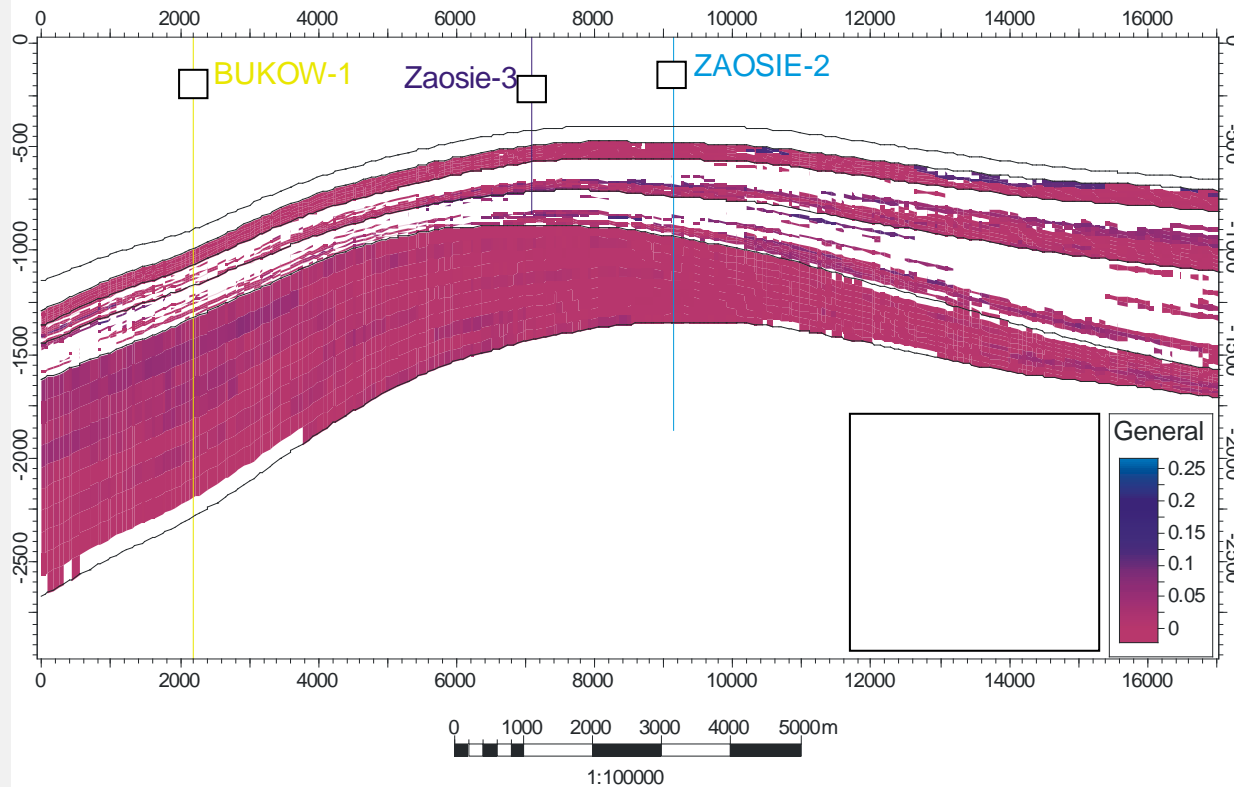


MODEL ZAILENIA



Obliczono 5 równie prawdopodobnych wariantów modelu zailenia (Vsh),
oraz 6 porowatości efektywnej (Pe).

MODEL POROWATOŚCI EFEKTYWNEJ KOMPLEKSÓW ILASTO-MUŁOWCOWYCH WARIANT OPTYMISTYCZNY PRZEKRÓJ A - A'



Modelowanie każdego wariantu modelu Vsh i Pe wykonano warunkując symulację przestrzennym rozkładem litologii zarejestrowaną w wynikowym modelu litologicznym. Przekazany do symulacji modele finalne VSH oraz Pe są średnią arytmetyczną modeli wariantowych.



