

# wolumetrycznego modelu 3D

## podłoża na potrzeby modelowania migracji zanieczyszczeń

**GRZEGORZ RYŻYŃSKI** [grzegorz.ryzynski@pgi.gov.pl], **MICHAŁ JAROS** [michal.jaros@pgi.gov.pl], **ZBIGNIEW FRANKOWSKI** [zbigniew.frankowski@pgi.gov.pl], **ADAM ROGUSKI** [adam.roguski@pgi.gov.pl], **ELIZA DZIEKAN-KAMIŃSKA** [edzi@pgi.gov.pl]

Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy - Państwowa służba geologiczna;  
Program Bezpieczna Infrastruktura i Środowisko; ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

## WPROWADZENIE

Prezentujemy metodykę sporządzania wolumetrycznych modeli 3D podłoża na potrzeby modelowania migracji zanieczyszczeń. Metodyka opiera się o zastosowanie narzędzi do zarządzania bazą danych otworów badawczych i sondowań geotechnicznych (CPTU, DMT, BAT, DP) oraz wyników badań laboratoryjnych (współczynnik filtracji, uziarnienie, konsystencja, wytrzymałość na ścinanie z badań w komorze trójosiowej, badania edometryczne, etc...) w postaci programów **GeoStar** i **GeoLab**.

Do dalszego trójwymiarowego modelowania budowy geologicznej wykorzystano o pakiet **GEOSCENE 3D**. Sporządzane modele 3D wykorzystywane są do odwzorowania systemu wodonośnego na potrzeby wykonania obliczeń i modelowania komputerowego migracji zanieczyszczeń w programach typu **ModFlow**, **FeFlow** lub **Tough2**. Przyjęto metodykę zakładającą w pierwszej kolejności wykonanie modelu warstwowego (powierzchniowego) a następnie jego reklasyfikację do postaci modelu wokselowego o zdefiniowanym wymiarze woksela (typowa wielkość - 10x10x0,5m).

Stosowane kryteria wydzielenia warstw modelu, kompleksów litologiczno-stratygraficznych, oparto o parametry wiodące takie jak: **litologia**, **geneza**, **współczynnik filtracji**, **gęstość objętościowa gruntu** oraz **porowatość**. Wykorzystano metody statystyczne do weryfikacji jednorodności wydziałonych warstw modelu.

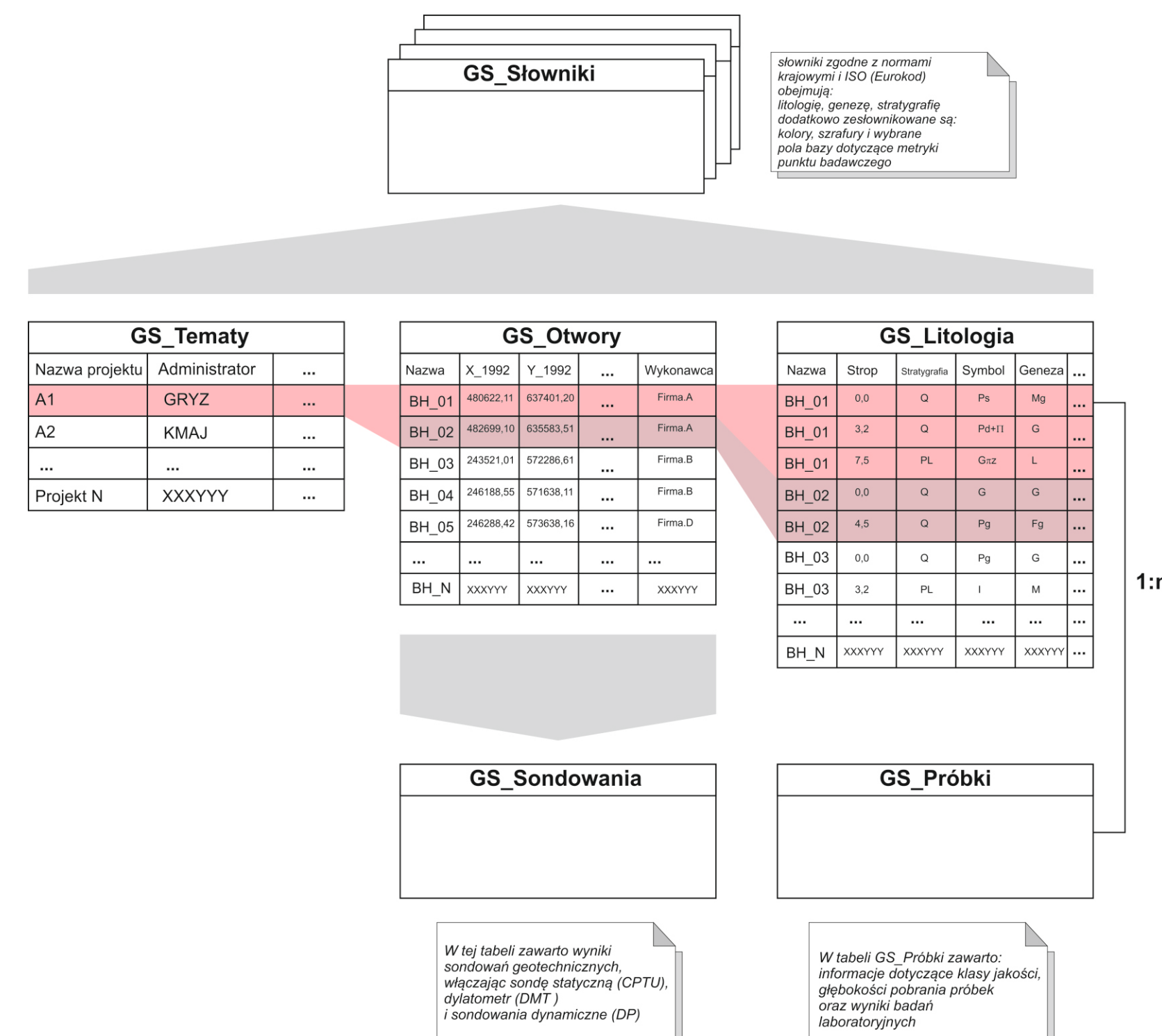


Fig. 1. Schemat tabel bazy danych GeoStar z uwzględnieniem sposobu przechowywania informacji o lokalizacji i profilach otworów badawczych, sondowaniach i wynikach badań laboratoryjnych

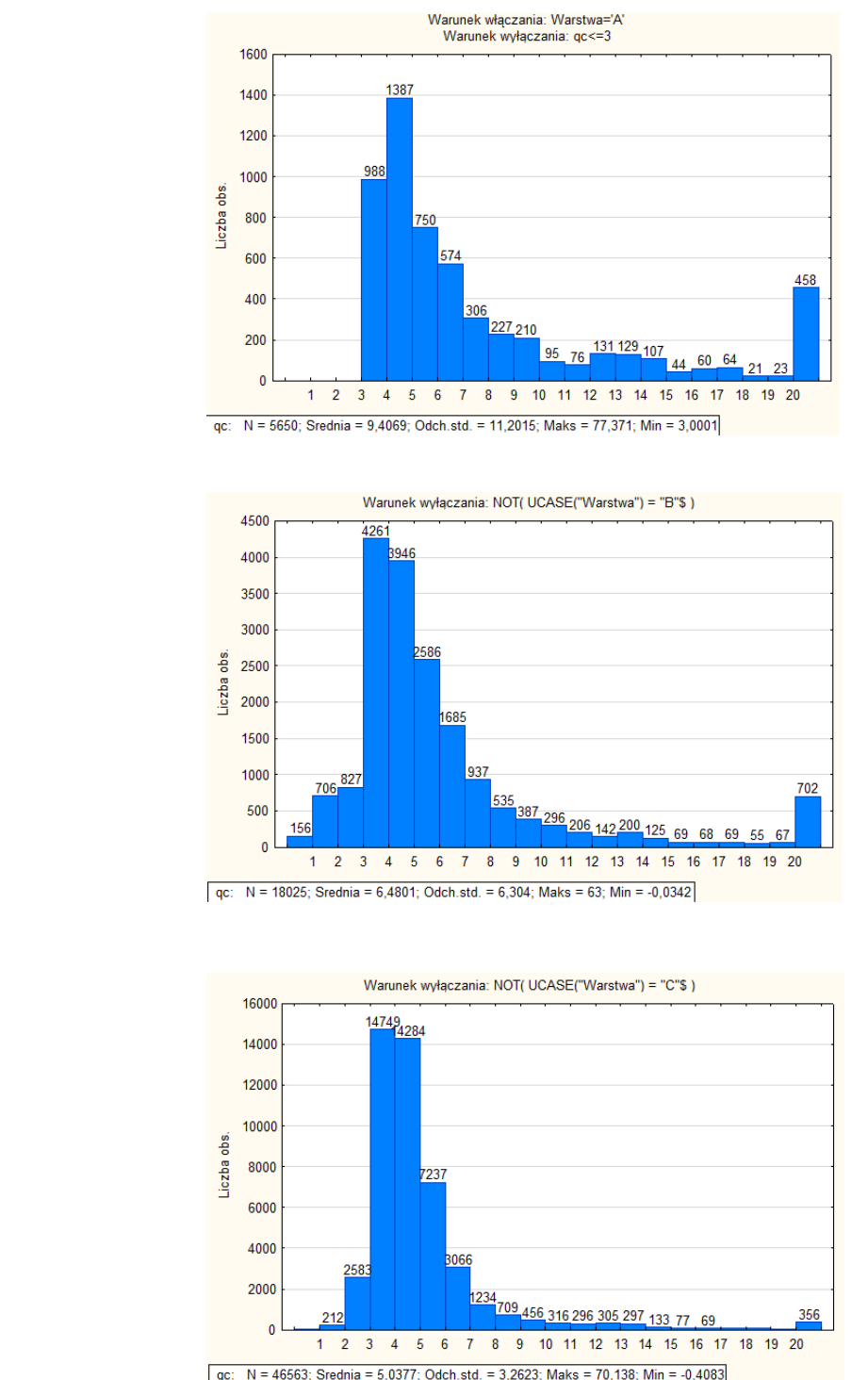


Fig. 2. Histogramy rozkładu oporu podłoża CPTU (qc) dla każdego z wydziałonych kompleksów litologiczno-genetycznych modelu

## METODYKA I STOSOWANE NARZĘDZIA

Wykonywanie modeli geologicznych 3D opiera się o wykorzystanie i integrację wszystkich dostępnych danych o podłożu 1D (baza otworów i sondowań geotechnicznych, wyniki badań laboratoryjnych i geofizycznych), oraz 2D (przekroje geologiczne i geofizyczne, warstwy przestrzenne GIS) wraz z cyfrowym modelem terenu (dane lidar), dostępnymi mapami topograficznymi i mapą do celów projektowych. Punktem startowym do modelowania 3D jest wykonanie sieci statych przekrojów geologicznych przechodzących przez wszystkie otwory badawcze oraz dwóch dodatkowych, prostopadłych do siebie, dynamicznych przekrojów interpretacyjnych.

Istnieje cała gama specjalistycznego oprogramowania do geologicznego modelowania 3D (np. gOcad, Petrel, GRASS, GSI3D, GeoModeller, Voxler). Jednym z nich jest pakiet Geoscene3D, stosowany w Programie Bezpieczna Infrastruktura i Środowisko. Jest on przeznaczony specjalnie do modelowania płytkiej geologii, bez możliwości odwzorowania złożonej tektoniki (uskoki, fałdy). Pakiet ten został dostosowany do pracy bezpośrednio na strukturze Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) w schemacie ORACLE. Modele sporządzone tym narzędziem są przydatne do prowadzenia obliczeń migracji zanieczyszczeń metodami numerycznymi (np. ModFlow, FeFlow lub Tough2).

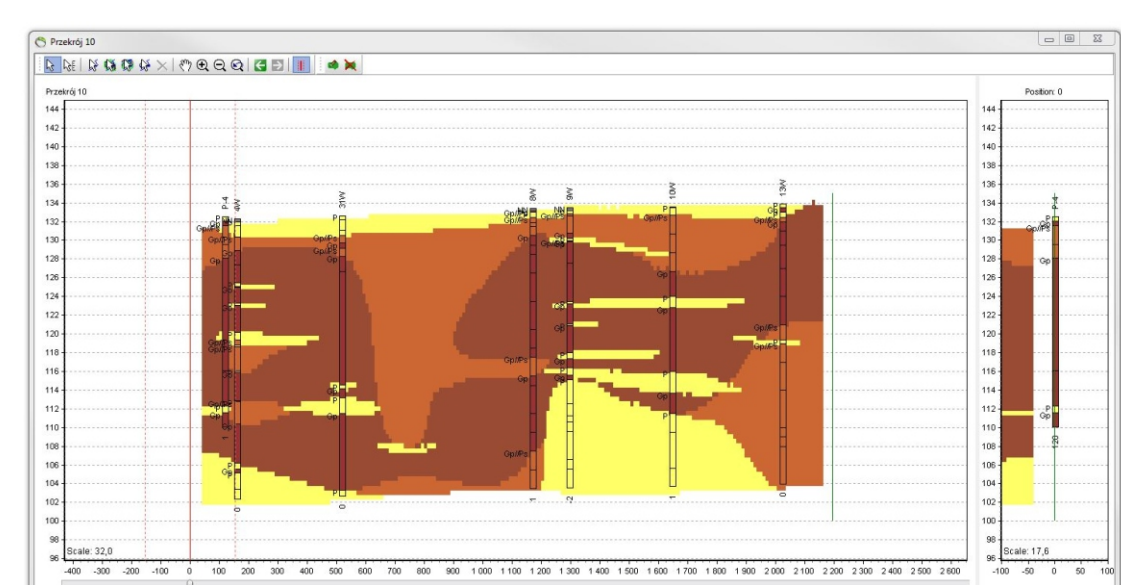


Fig. 3. Wizualizacja budowy geologicznej na przekrojach interpretacyjnych - widok 2D w pakiecie Geoscene 3D

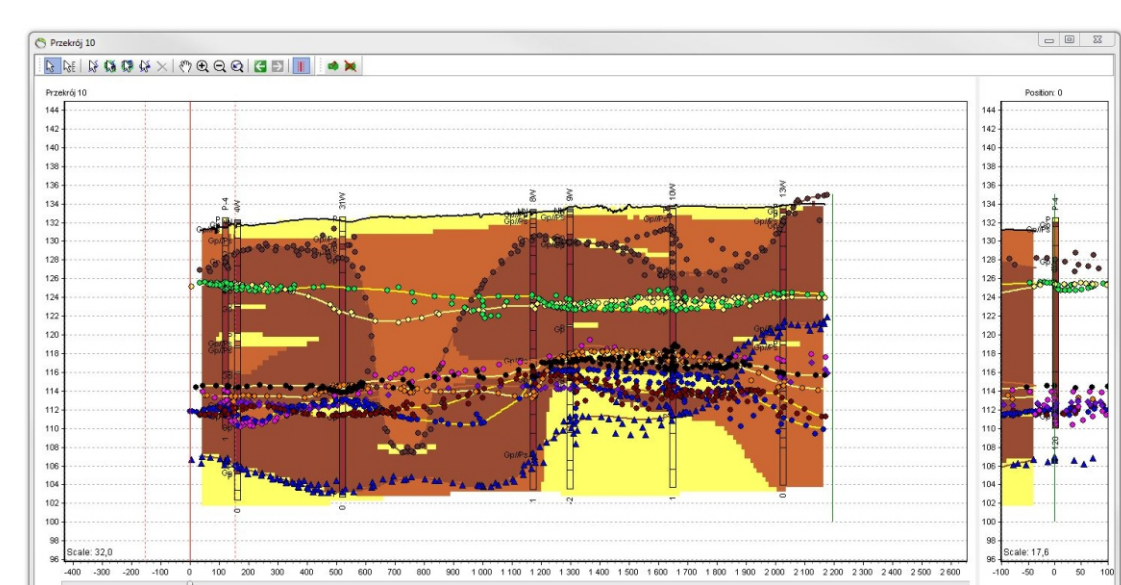


Fig. 4. Wprowadzanie punktów do bazy interpretacyjnej powierzchni stropowych modelu warstwowego. Do powierzchniowego modelowania 3D zastosowano metody interpolacji przestrzennej - kriging 3D

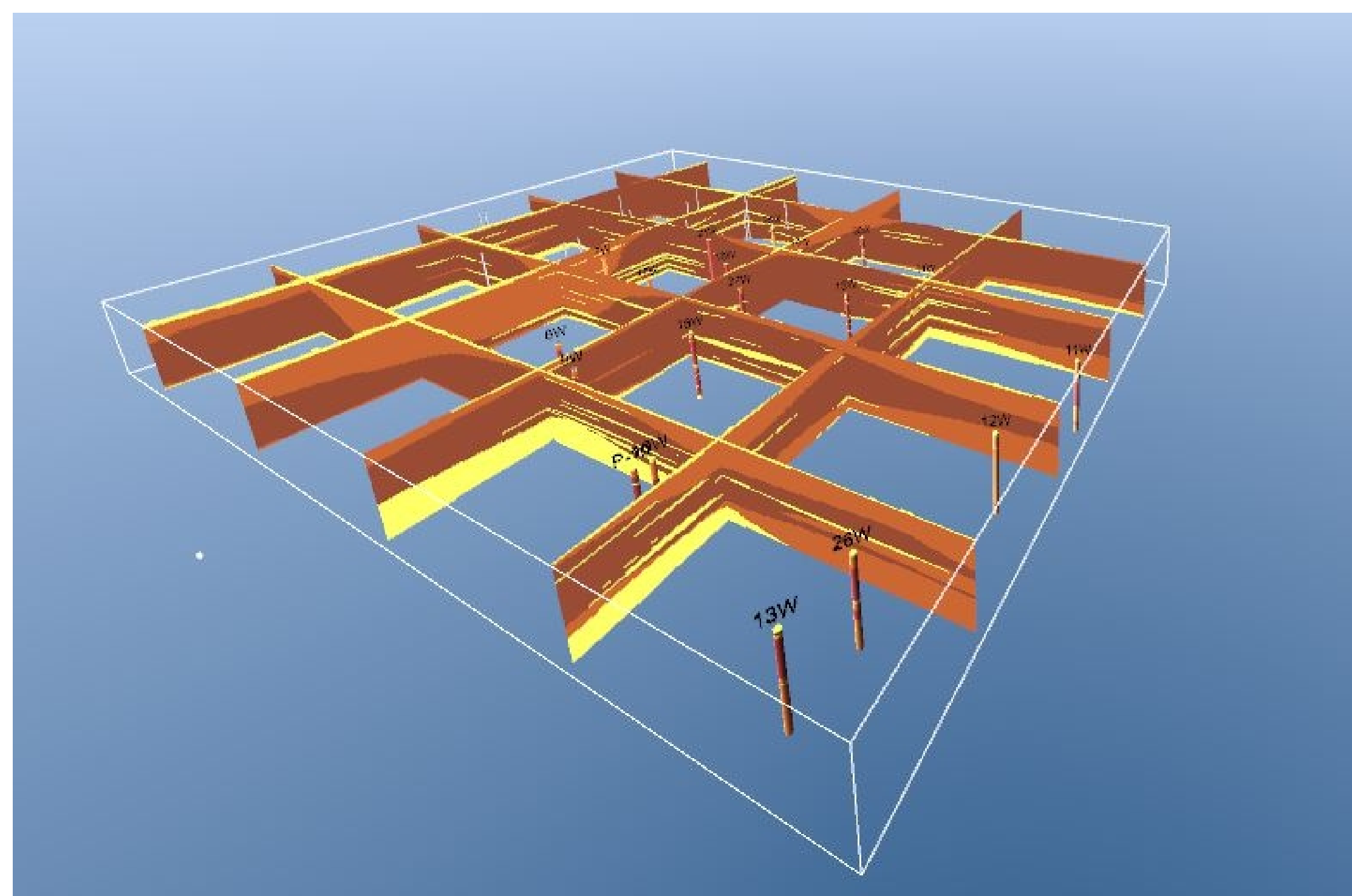


Fig. 5. Sieć prostopadłych przekrojów interpretacyjnych (Pakiet Geoscene 3D). W opracowywaniu modelu wykorzystywano metodę „krosowania” powierzchni dwóch warstw stropowych, w celu wyznaczenia zasięgu struktur nieciągłych (soczewki piaszczyste, kluczowe dla modelowania migracji zanieczyszczeń) oraz przewarstwień gruntów spoiwych kompleksu liologiczno-genetycznego B

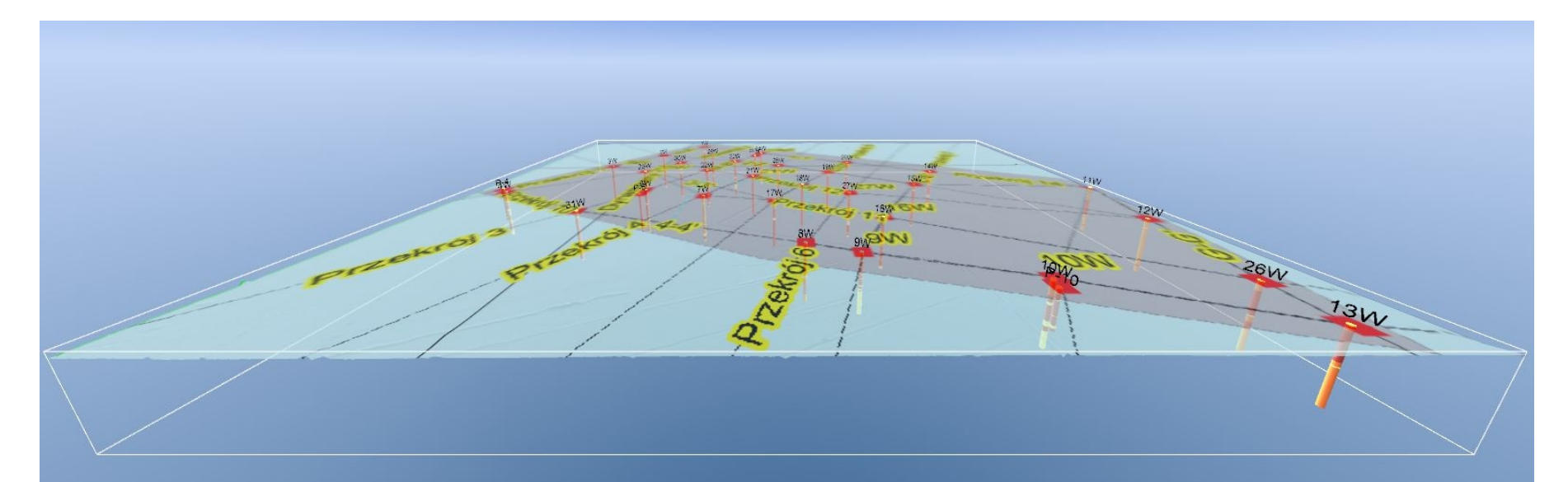


Fig. 6. Otwory z bazy GeoStar, zaimportowane do przestrzeni roboczej modelu

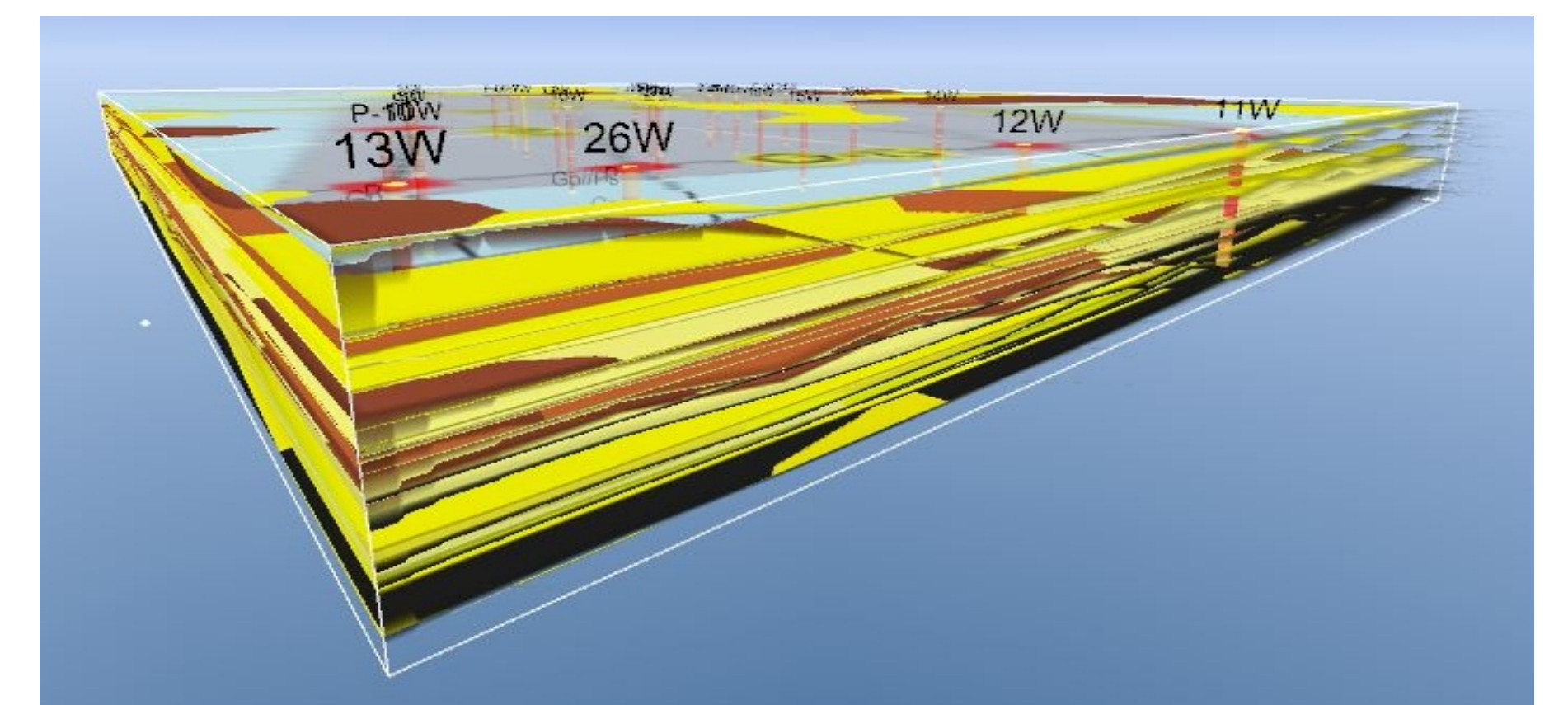


Fig. 7. MODEL WARSTWOWY. Utworzono 30 roboczych powierzchni stropowych i/lub spągowych. 4 powierzchnie dla gruntów spoiwych jednorodnych, 6 powierzchni dla gruntów spoiwych niejednorodnych, przewarstwionych gruntami niespoistymi, 18 powierzchni dla gruntów niespoistych, 2 powierzchnie techniczne nie związane z wydzieleniami geologicznymi

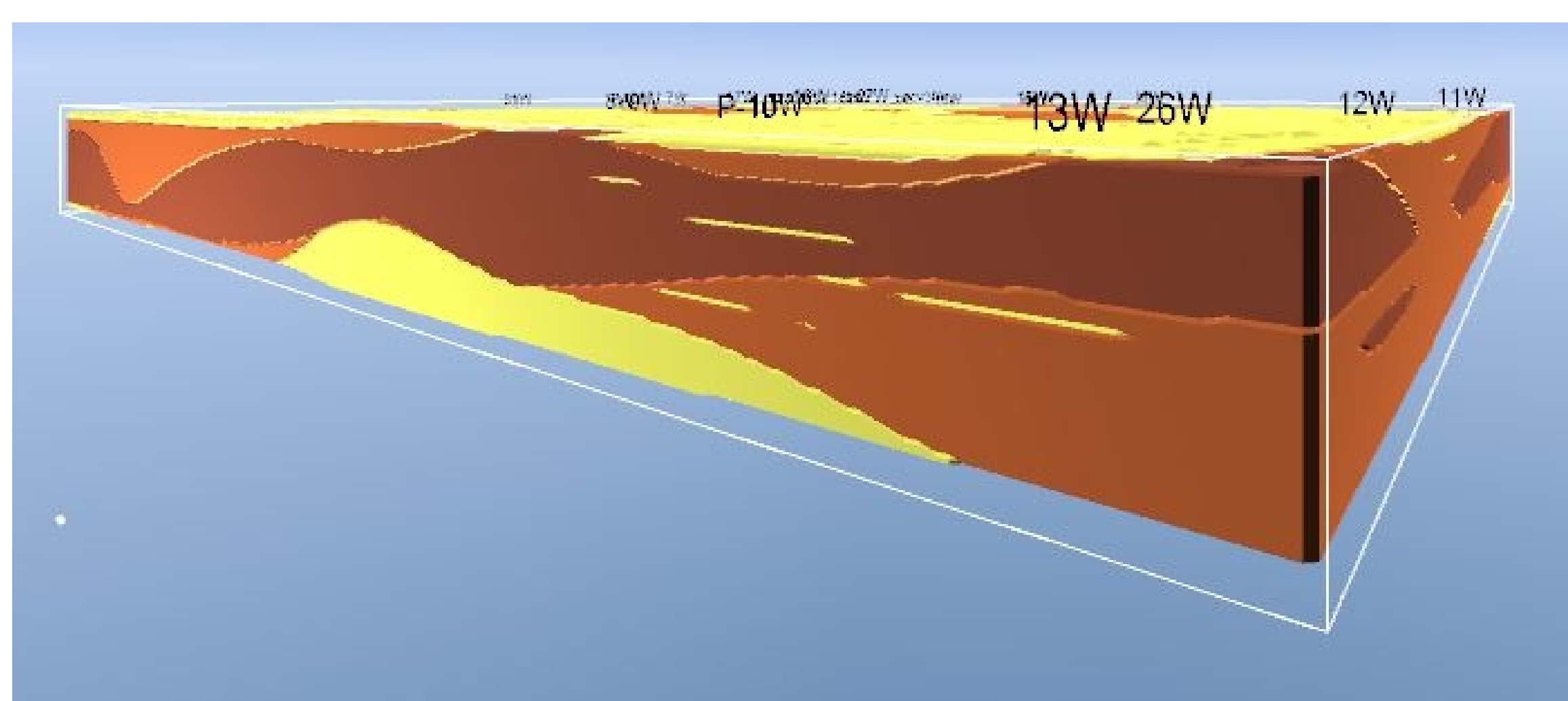


Fig. 8. MODEL WOKSELOWY. Wielkość woksela: 10x10x0,5 m

W modelu wydzielono 3 kompleksy litologiczno-genetyczne:  
**Kompleks A** - grunty niespoiste (kolor żółty)  
**Kompleks B** - grunty spoisne niejednorodne, przewarstwione piaskami i żwirami (kolor jasno-brązowy)  
**Kompleks C** - grunty spoisne jednorodne (kolor ciemno-brązowy)

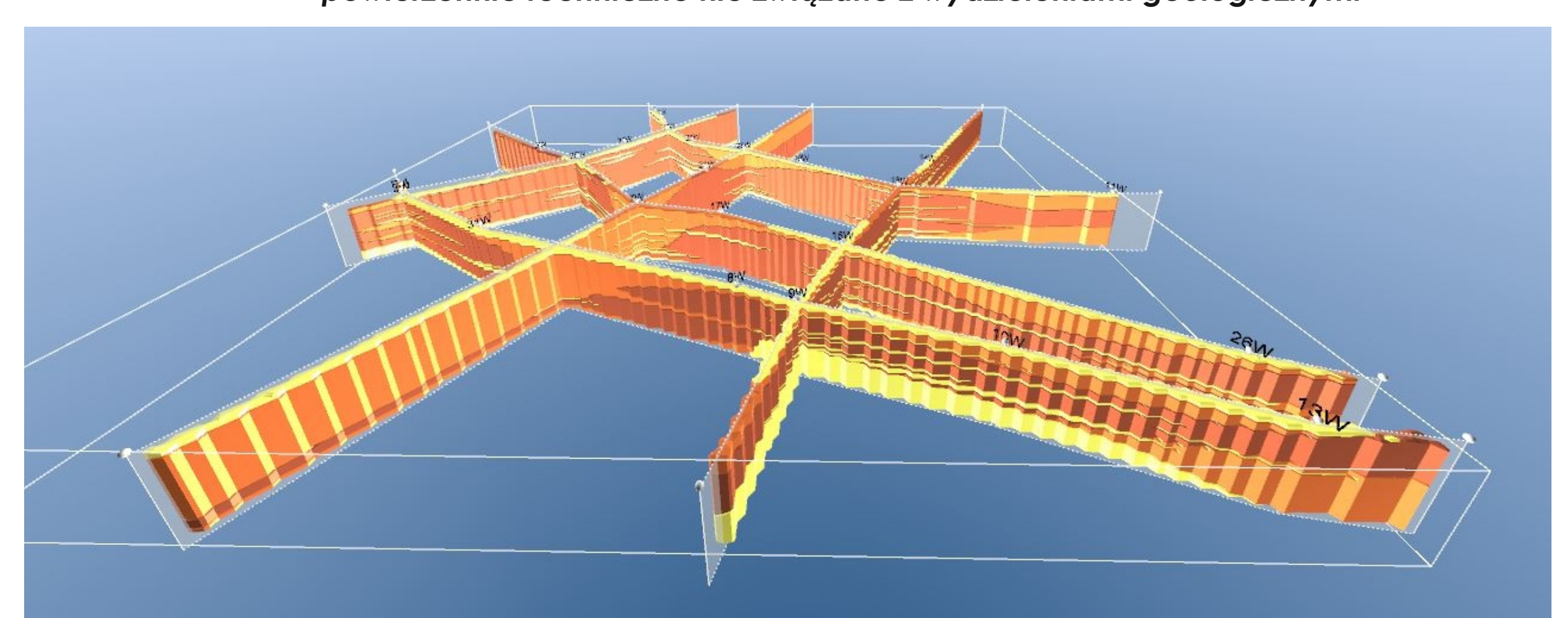


Fig. 9. Przekroje geologiczne wygenerowane z modelu wokselowego

## WYKORZYSTANIE WOLUMETRYCZNEGO MODELU 3D

Przygotowany model wokselowy 3D jest zapisywany w formacie macierzystym \*.gsmo oraz eksportowany do pliku tekstowego (ASCII), w którym każdy z woksela modelu ma przypisaną współrzędną X i Y, rzędną Z oraz wartość określającą jego przynależność do jednego z typów litologiczno-genetycznych lub wartość „0” określającą woksela w przestrzeni modelu, które powinny zostać wyeliminowane z dalszych analiz.

Wykorzystanie przedstawionego modelu 3D, który w sposób dokładny odwzorowuje procesy i struktury geologiczne (przewarstwienia piaszczyste) odpowiedzialne za transport i retardację kontaminantów, umożliwia uwzględnienie tempa migracji w strefie aeracji i saturacji oraz modelowanie zróżnicowanych scenariuszy uwalniania zanieczyszczeń.