

Kartografia geologiczna 3D – rozwój internetowych metody wizualizacji

Dominik SZREK, Zbigniew MAŁOLEPSZY

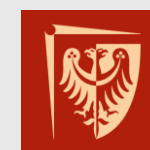
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Kielce, Sosnowiec 2026



V Akademia Kartografii i Geoinformatyki
„POLSKA KARTOGRAFIA I GEOINFORMATYKA
NA ARENIE MIĘDZYNARODOWEJ”

Wrocław, 21-22 maja 2026r.



Politechnika
Wrocławska



Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii

Dlaczego **kartografia geologiczna 3D**, a nie **modelowanie geologiczne 3D**?

Termin

model geologiczny

jest niejednoznaczny.



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Dlaczego **kartografia geologiczna 3D**, a nie **modelowanie geologiczne 3D**?

Termin
model geologiczny
jest niejednoznaczny.



W skrajnych przypadkach,
laikowi może się kojarzyć
z tym...



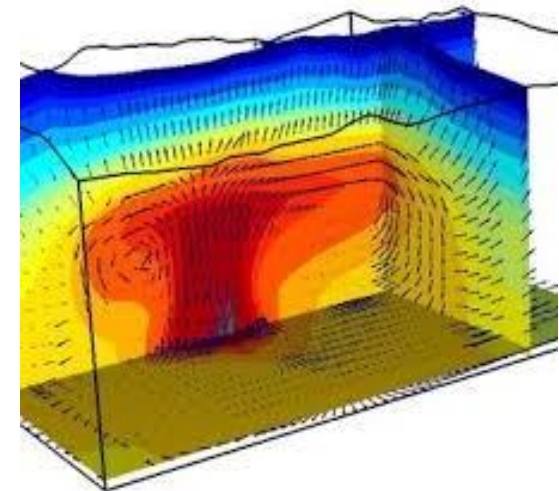
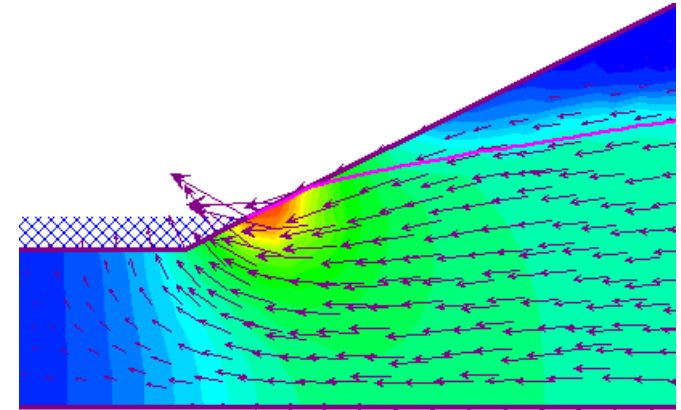
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

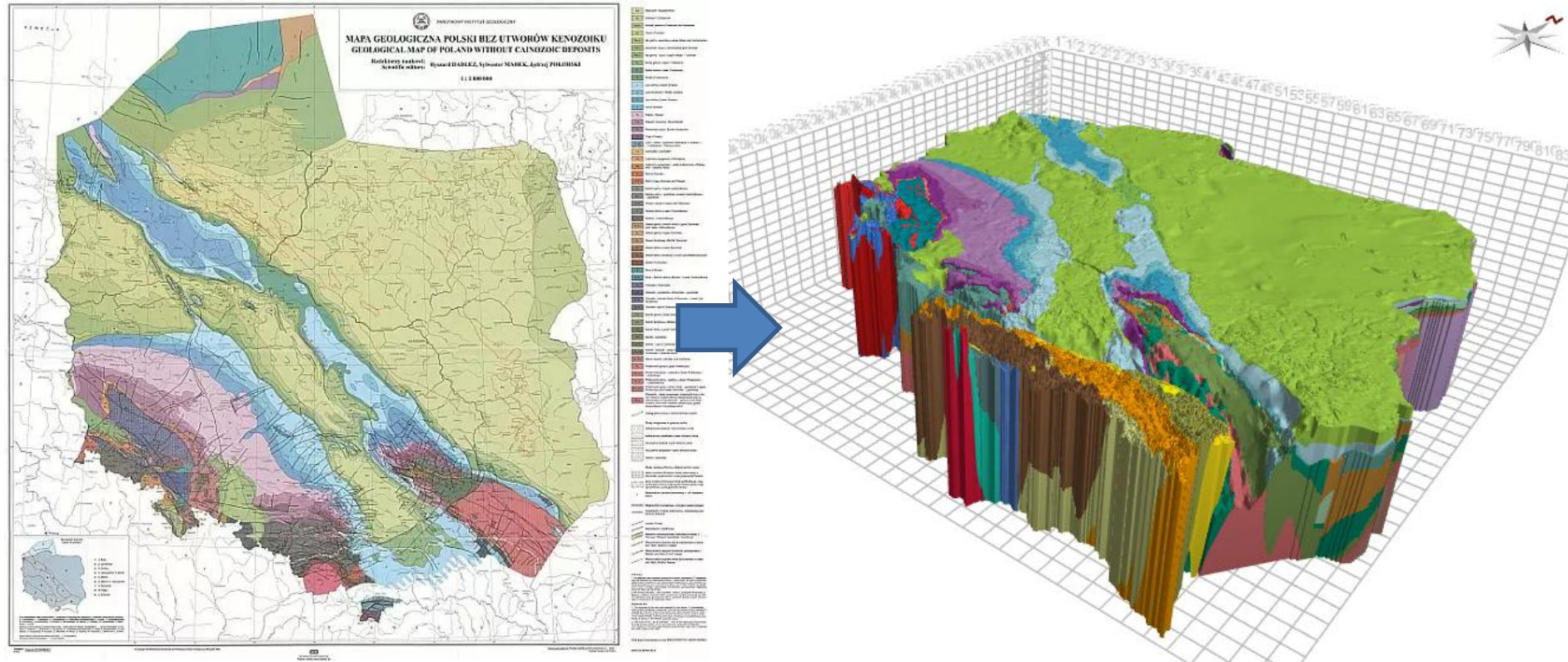
Dlaczego **kartografia geologiczna 3D**, a nie **modelowanie geologiczne 3D**?

Termin **model** w naukach o Ziemi jest niemal zarezerwowany dla **modelowania procesów dynamicznych**, np. symulacji przepływu wód podziemnych.

W tym kontekście używanie tego samego określenia do opisu **statycznej budowy geologicznej** wprowadza dezorientację. Kartografom wgłębnym, którzy charakteryzują skały zarówno jakościowo jak i ilościowo z pewnością jest bliżej do map niż do modeli procesów dynamicznych.



Dlaczego **kartografia geologiczna 3D**, a nie **modelowanie geologiczne 3D**?

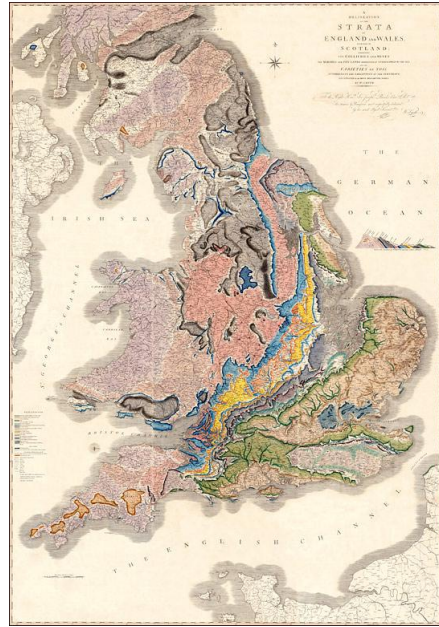


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

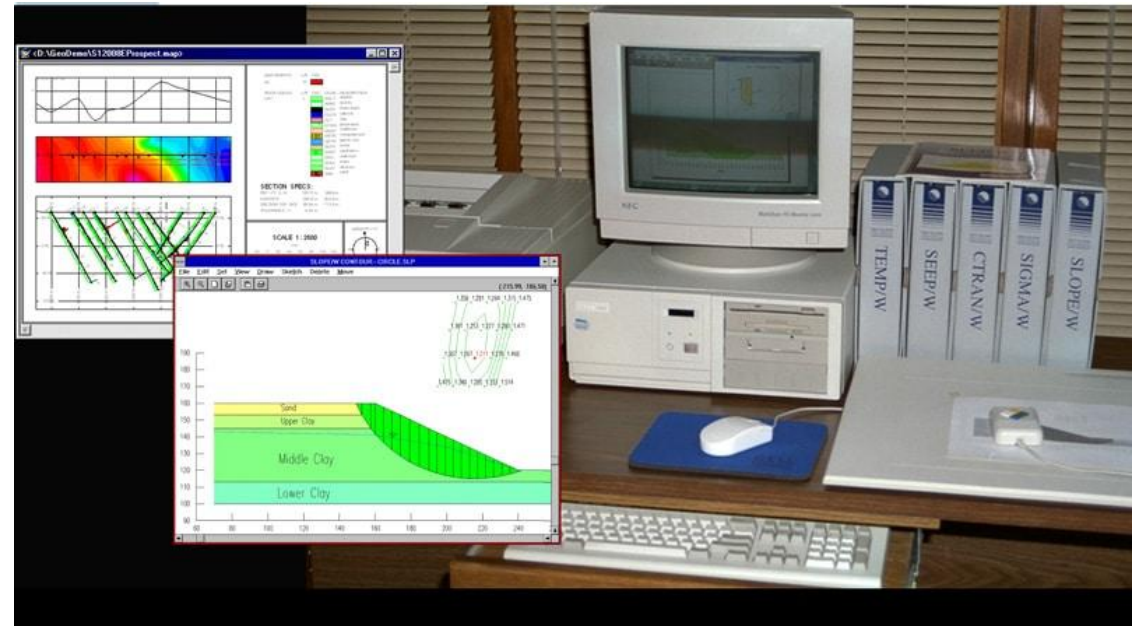
pgi.gov.pl

Każda mapa geologiczna prezentuje budowę geologiczną 3D sprowadzoną do rzutu na płaszczyznę poziomą arkusza i wykreśloną z użyciem barw i symboli umownych.

Dlaczego **kartografia geologiczna 3D**, a nie **modelowanie geologiczne 3D**?



William Smith (1769-1839) – jeden z pionierów kartografii geologicznej, wykreślił mapę geologiczną Anglii, Walii i części Szkocji w 1815 roku.



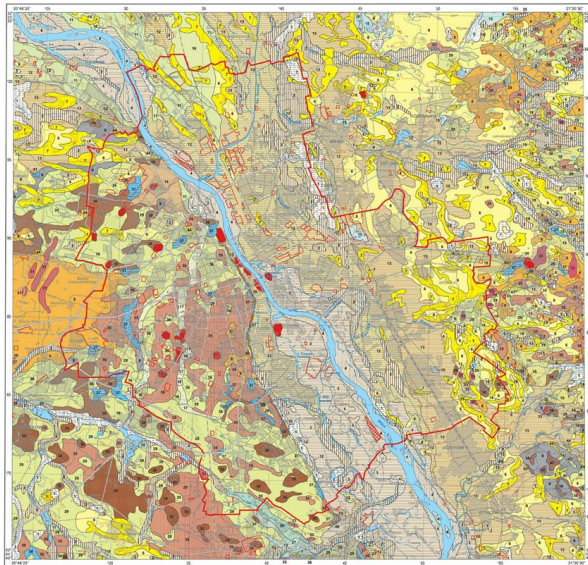
Kartografowie włąbni w przemyśle poszukiwawczym ukuli 40 lat temu termin **modelowanie geologiczne 3D** tak, aby ich praca z zastosowaniem komputerów wyróżniała się od tradycyjnych metod.



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

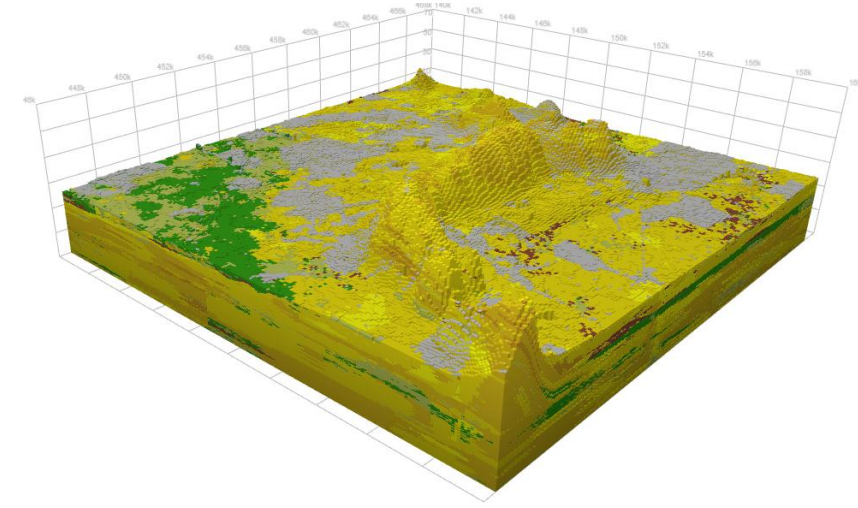
Produktem kartografii geologicznej 3D jest mapa geologiczna 3D.



Mapa 2D



Mapa 2,5D



Mapa 3D



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Jak dostarczyć **mapę geologiczną 3D** do odbiorcy?



1. Nie możemy wymagać od odbiorcy instalowania specjalistycznego, kosztownego oprogramowania.
2. Aby mapa była ogólnie dostępna, powinna być wyświetlana w przeglądarce internetowej.
3. Powinna być czytelna i intuicyjna w użyciu. Celem jest połączenie dwóch światów: z jednej strony – przyzwyczajień i wygody korzystania z tradycyjnej mapy geologicznej, a z drugiej – wykorzystania pełnych możliwości medium cyfrowego: jego interaktywności i dynamiki.

Te trzy fundamenty – dostępność, czytelność i interaktywność – stały się podstawą dla stworzenia **przeglądarki struktur i danych geologicznych Geo3D**.

Wydarzyło się to prawie 20 lat temu, a od 10 lat przeglądarka jest rozwijana w PIG-PIB.



Geo3D

Internetowa przeglądarka geologicznych map 3D



<https://geo3d.pgi.gov.pl>

46 map z **12** krajów/służb geologicznych

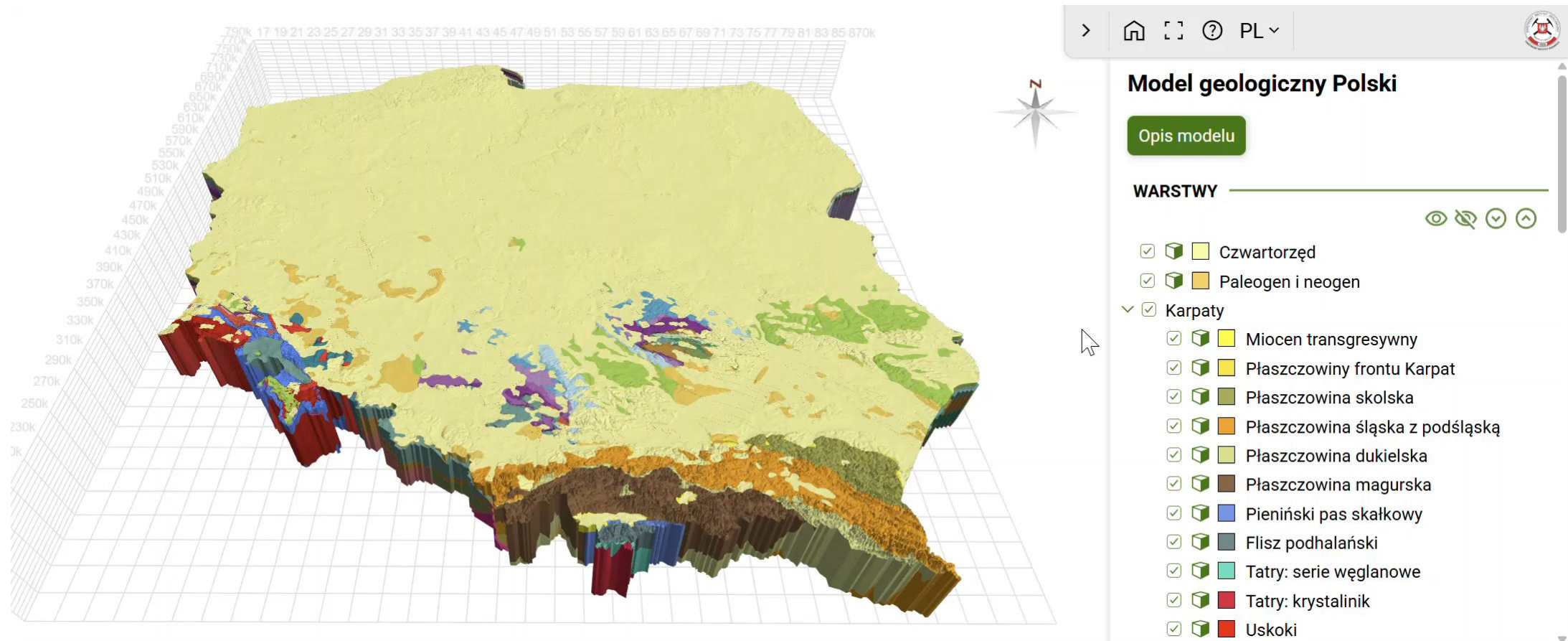
Dodatkowo, pokazujemy mapy z **12 innych przeglądarek:**
116 map z **16** krajów/służb geologicznych



Dofinansowano ze środków
**NARODOWEGO FUNDUSZA
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ**

The screenshot displays the Geo3D website interface. At the top, there is a navigation bar with a search icon, language options for POLSKI and ENGLISH, and a logo for the Polish Geological Institute. Below the navigation bar is a menu with options: GLOBE VIEW (highlighted), STRONA GŁÓWNA, MODELE, PUBLIKACJE, POBIERZ, DLA UCZNIÓW, and KONTAKT. The main content area is titled "GLOBE VIEW" and features a central globe with various geological basins and regions labeled, such as WCSB Saskatchewan, Upper C, Far, Pineland, Northumberland & Solway Basin, Nappe de morcies, and Urucua Basin Sui Catarinense. To the left of the globe is a legend and a list of "Other viewers" including AIST 3D, AuScope 3D, Czech 3D, EGD1 3D, GeoAus 3D, GEO-IT3D, GST, swissgeol.ch, TNO BRO 3D, VITO 3D, and USGS 3D. To the right of the globe is a list of "3D Geological Models" with eye icons for each, including: Framework geological model of Poland, 3D geological and geophysical model of the Suwałki Anorthosite Massif, 3D geological model of Koszalin – Chojnice tectonic zone and adjacent areas, 3D geological model of E2 block in Koszalin area, 3D geological model of St. Anne's Mountain Geopark, 3D geological model of Krynica area, 3D geological model of Gorzów Block, 3D geological model of Chęciny area of the Holly Cross Mountains, Northumberland and Solway Basin 1:250 000 geological model, New Zealand Community Fault Model, Hydrostratigraphic model of southern Ontario, Geostreaming of bedrock model, Geostreaming of surface sediment model, and 3D Modeling of the Urucua Basin. The bottom of the interface includes a footer with the Polish Geological Institute logo and the text "Polish Geological Institute National Research Institute".

Zarządzanie zawartością – włączanie/wyłączanie warstw geologicznych i innych obiektów

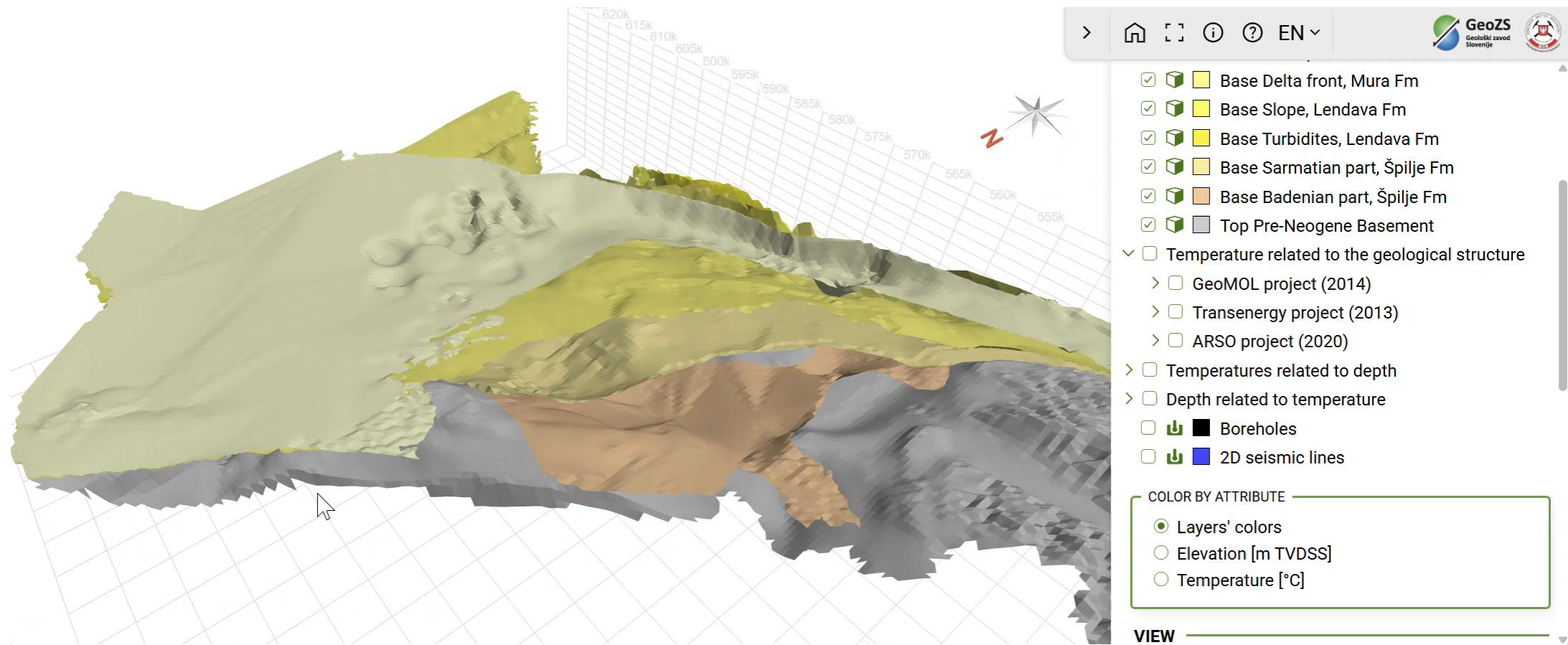


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

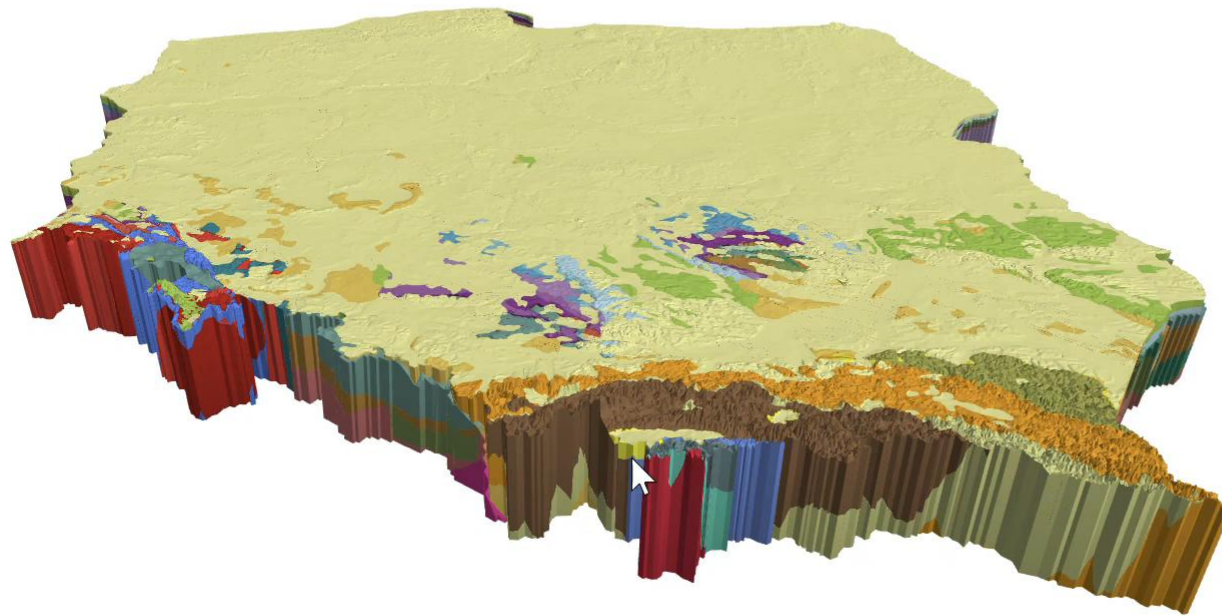
pgi.gov.pl

Podstawowe funkcje Geo3D

Identyfikacja obiektów, punktowe wskazywanie właściwości, rozkład parametrów na powierzchniach za pomocą skali barwnej



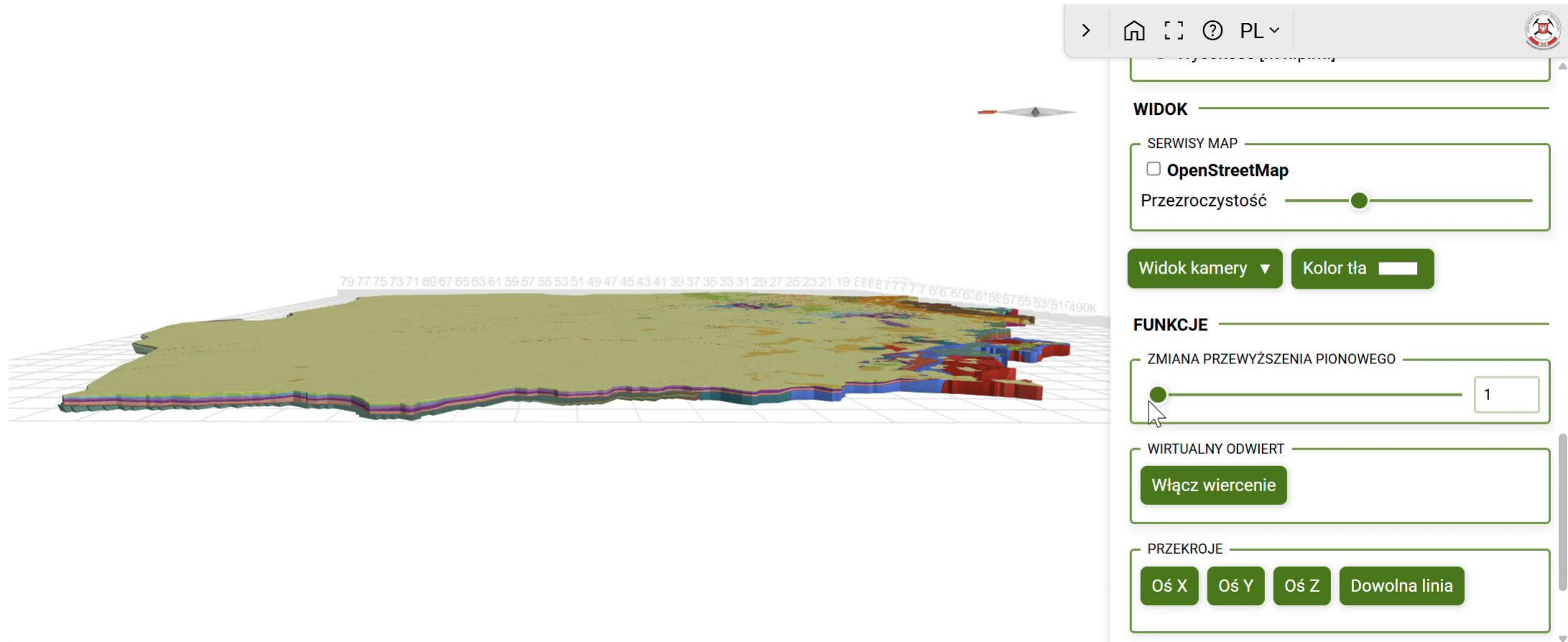
Wyświetlanie map 3D na tle siatki współrzędnych i podkładu mapowego (WMS/WMTS)



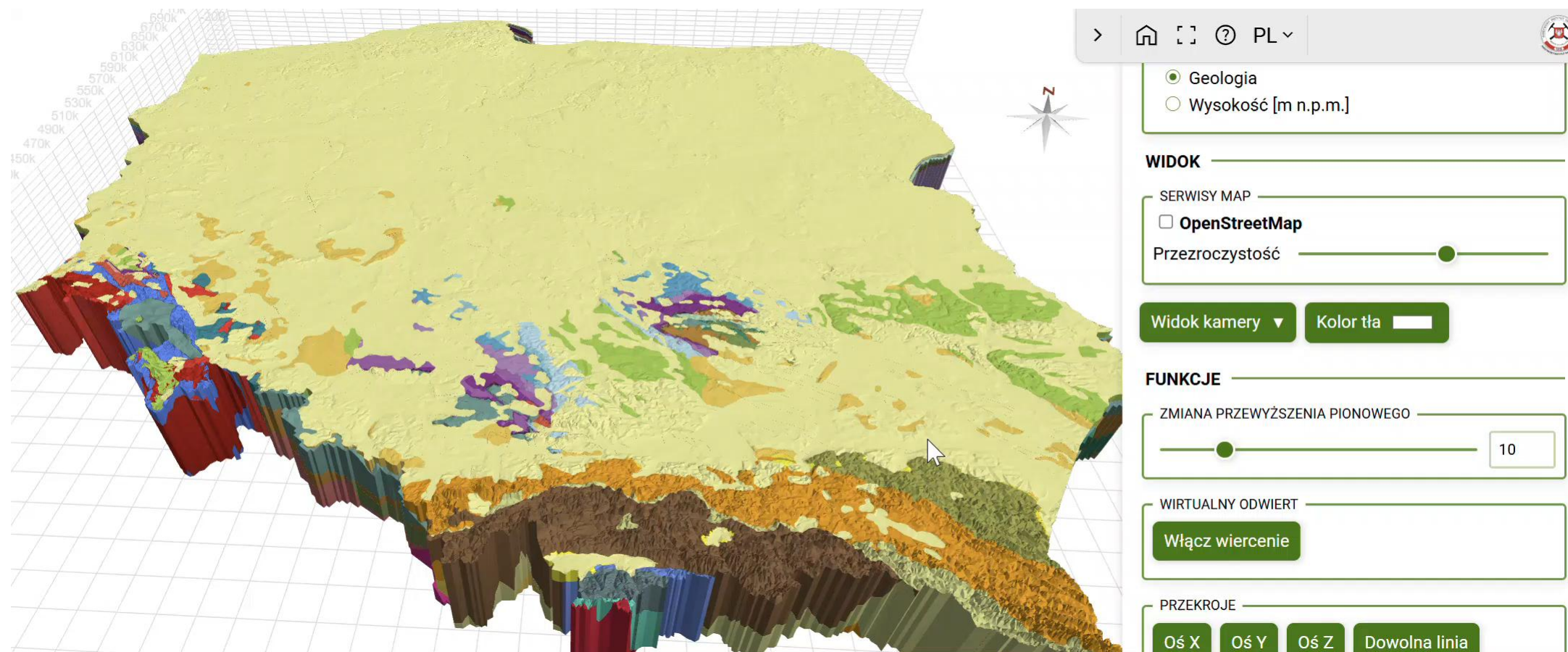
A navigation and control panel for the 3D map. It includes a search bar with the text "Przeźroczystość", a home icon, a full-screen icon, a help icon, and a language dropdown set to "PL". Below the search bar are two buttons: "Widok kamery" (Camera view) and "Kolor tła" (Background color). The "FUNKCJE" (FUNCTIONS) section contains a slider for "ZMIANA PRZEWYŻSZENIA PIONOWEGO" (Vertical elevation change) set to 10, and a button "Włącz wiercenie" (Turn on drilling). The "PRZEKROJE" (CROSS-SECTIONS) section has buttons for "Oś X", "Oś Y", "Oś Z", and "Dowolna linia" (Arbitrary line). The "PODNOSZENIE WARSTW" (LAYER ELEVATION) section has buttons for "Tryb podnoszenia warstw" (Layer elevation mode) and "Reset". At the bottom are buttons for "Siatka współrzędnych" (Coordinate grid), "Izolnie" (Isolines), and "Screenshot".



Zmiana przewyższenia pionowego



Wykonywanie wirtualnych odwiertów

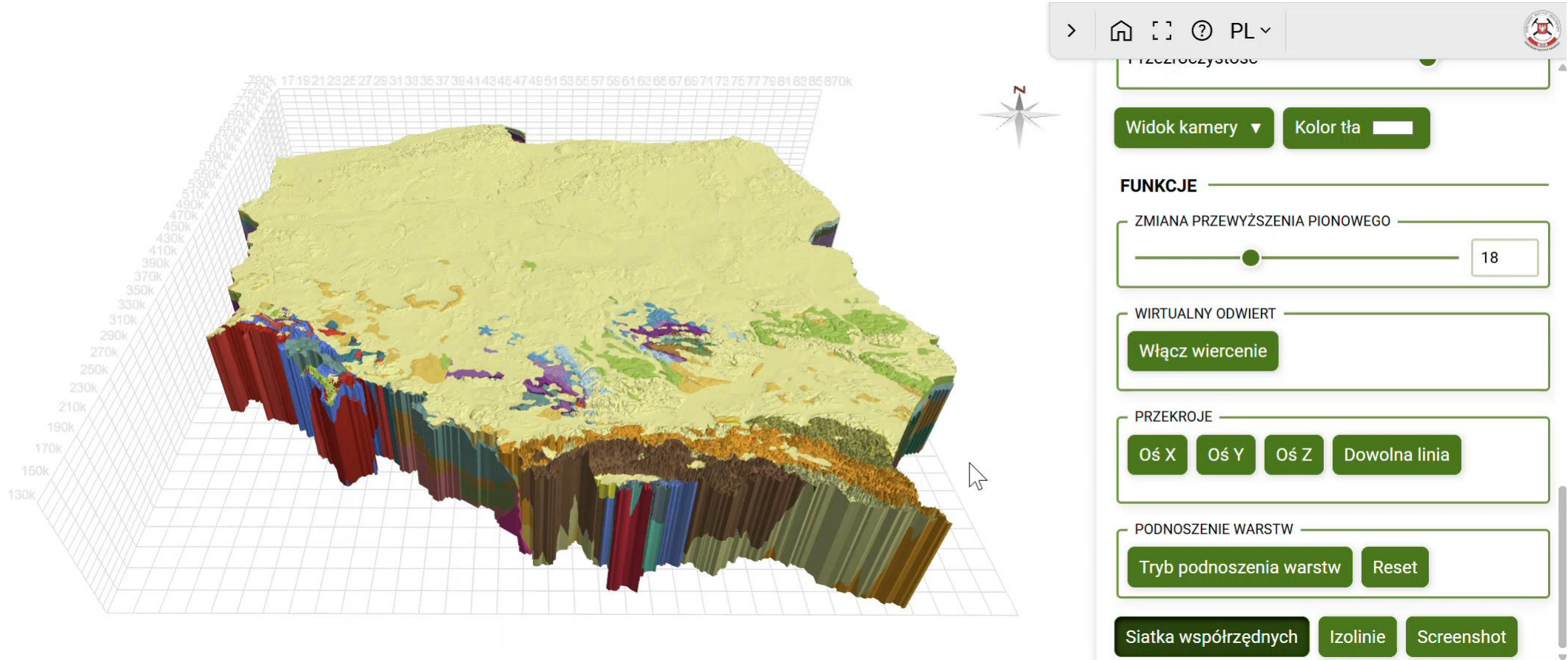


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Podstawowe funkcje Geo3D

Krojenie mapy wzdłuż osi XYZ

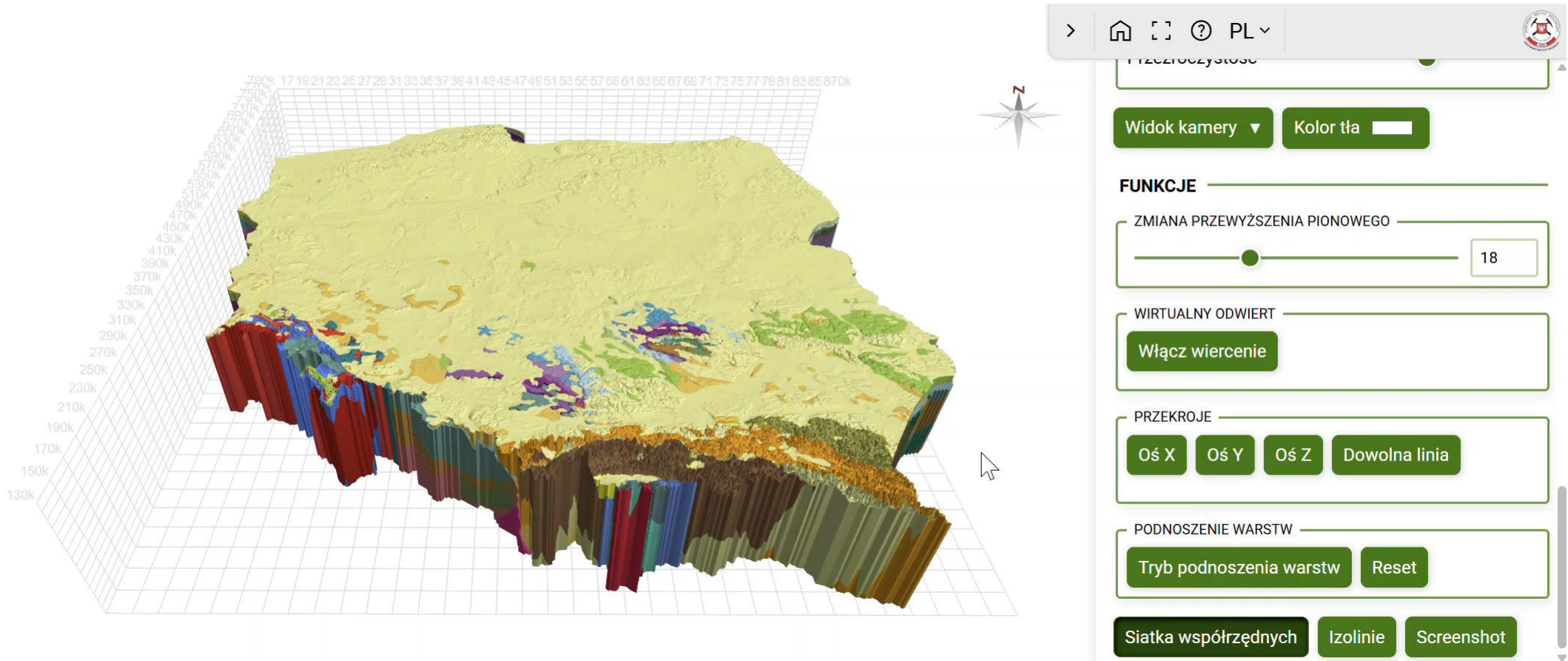


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

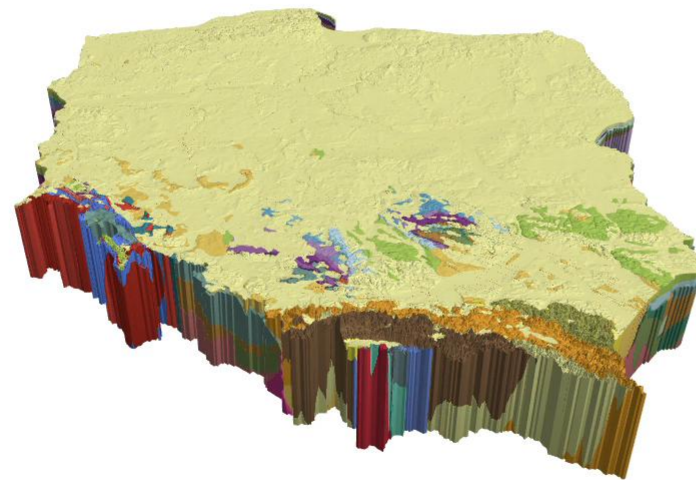
pgi.gov.pl

Podstawowe funkcje Geo3D

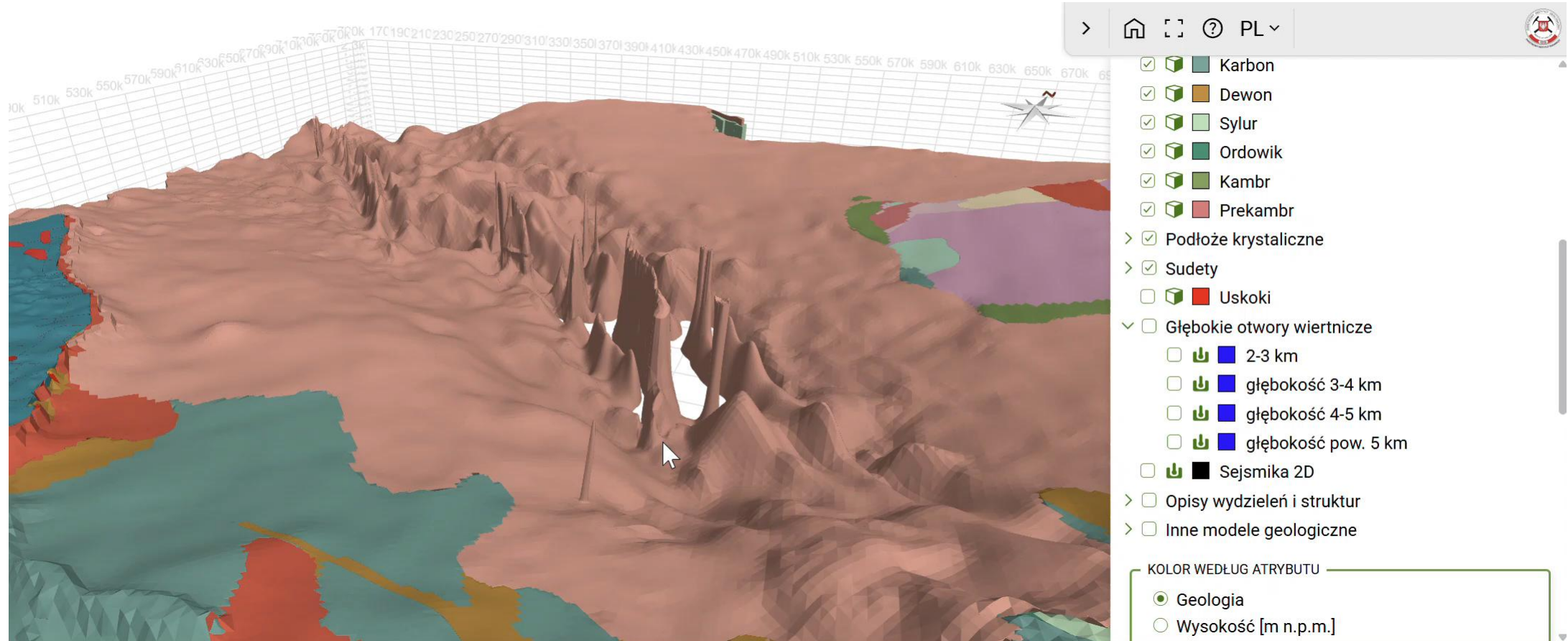
Wykonywanie przekrojów geologicznych o dowolnym przebiegu



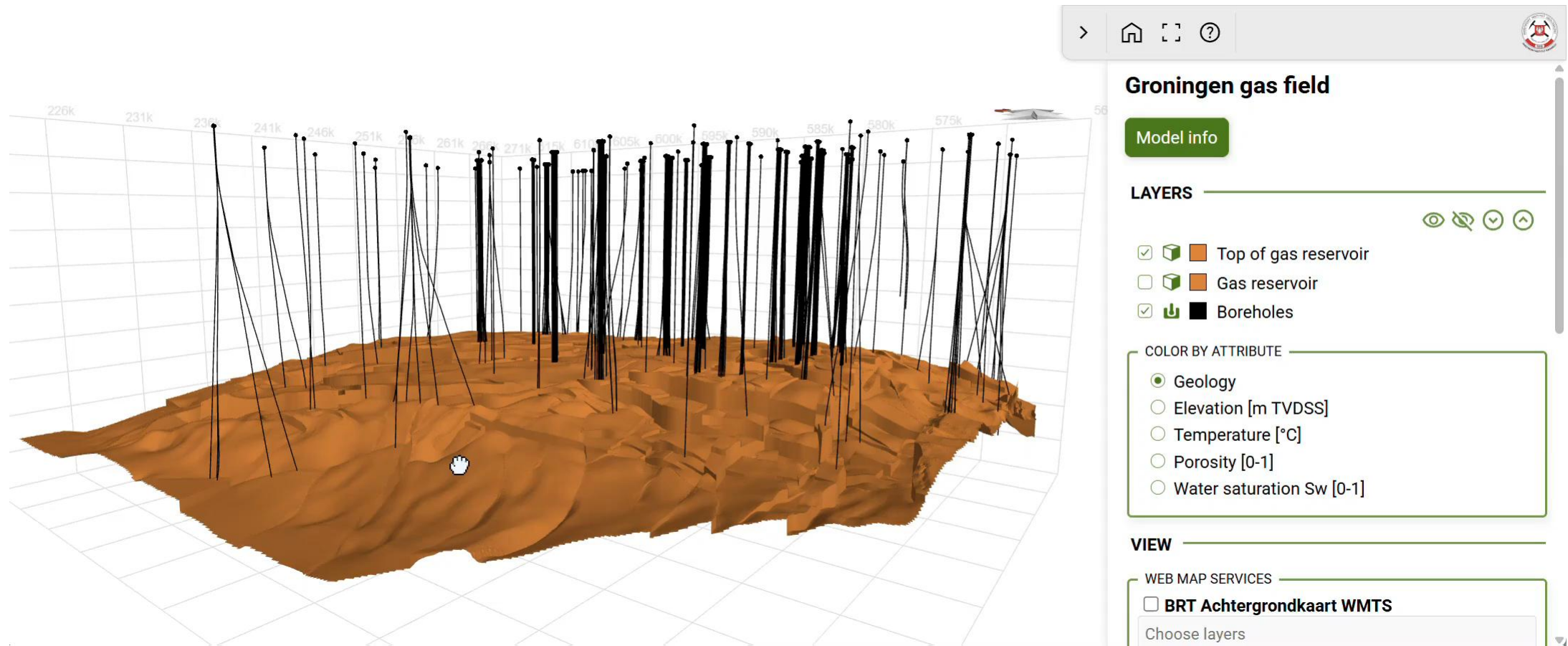
Podnoszenie warstw geologicznych



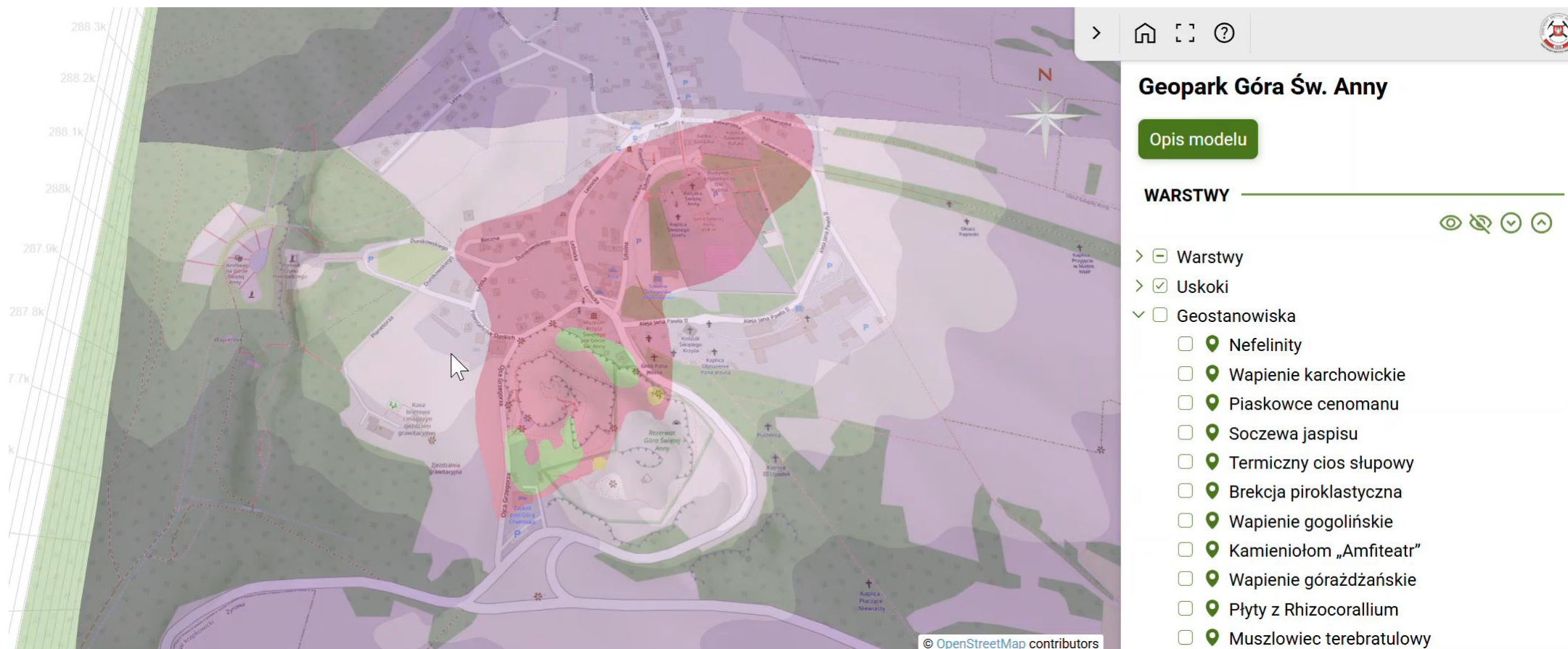
Wyświetlanie trajektorii otworów wiertniczych z pełnym profilem krzywizny, tabelarycznego zestawu atrybutów wraz z linkiem do źródłowej bazy danych



Wyświetlanie trajektorii otworów wiertniczych z pełnym profilem krzywizny, tabelarycznego zestawu atrybutów wraz z linkiem do źródłowej bazy danych



Dodatkowe obiekty opisowe – flagi informacyjne

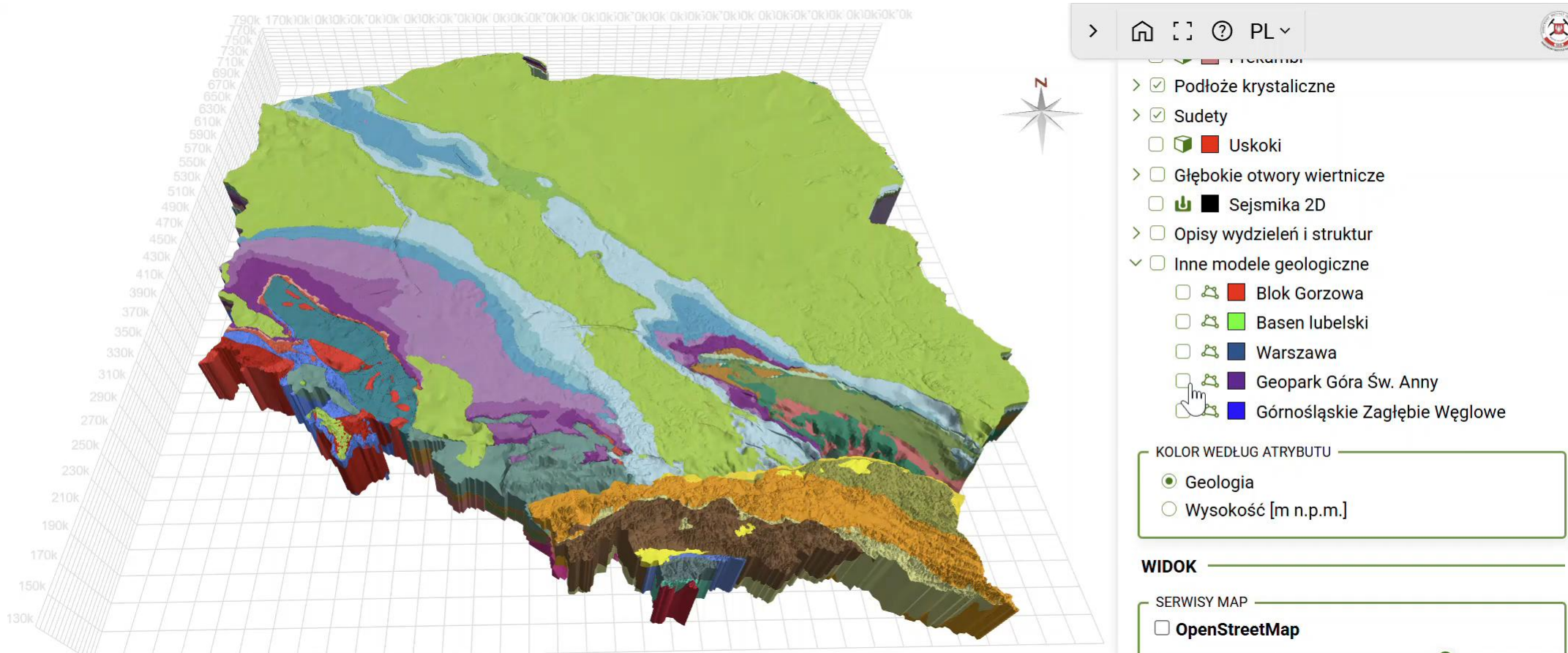


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

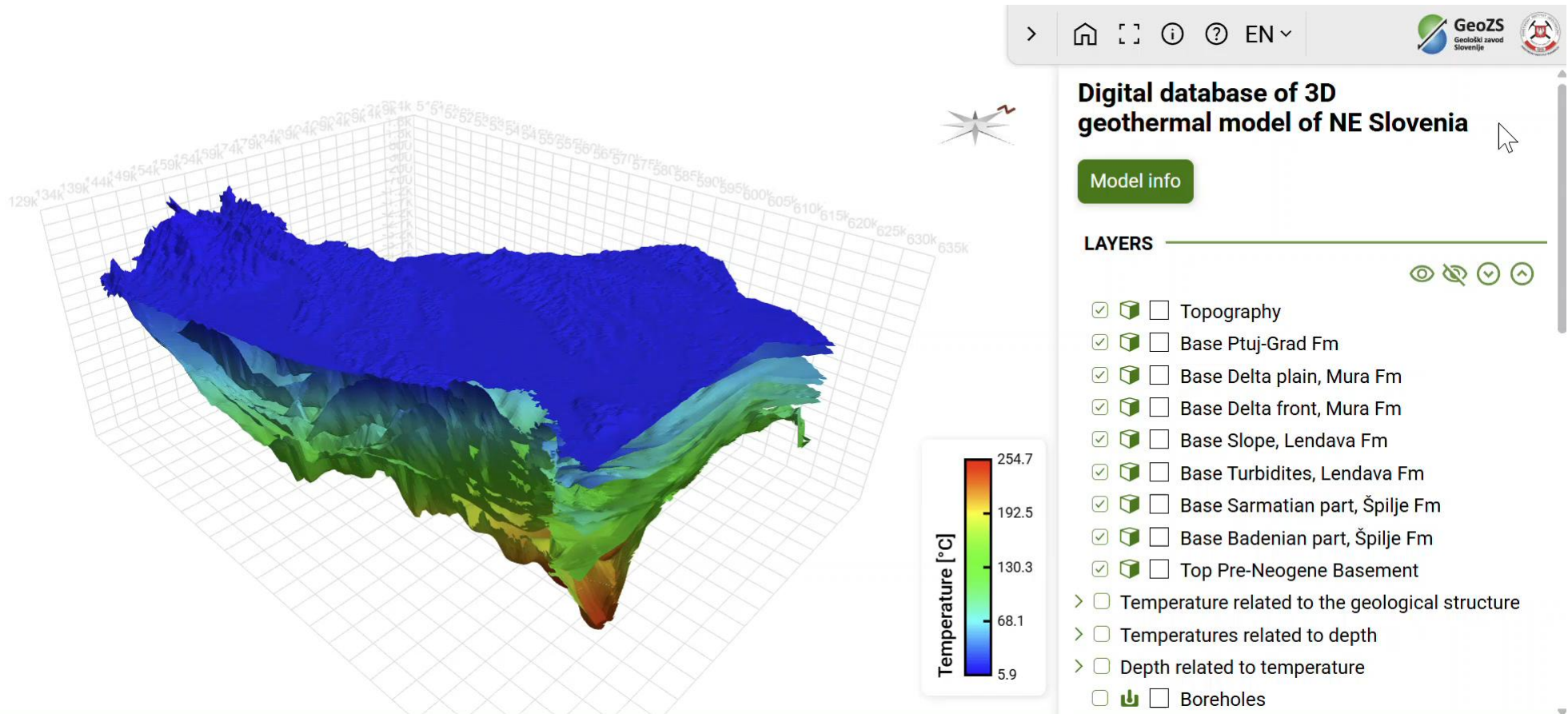
Podstawowe funkcje Geo3D

Dodatkowe obiekty opisowe – oznaczenie granic obszarów



Pełna wielojęzyczność*

* tłumaczymy nie tylko interfejs, ale również całą zawartość merytoryczną

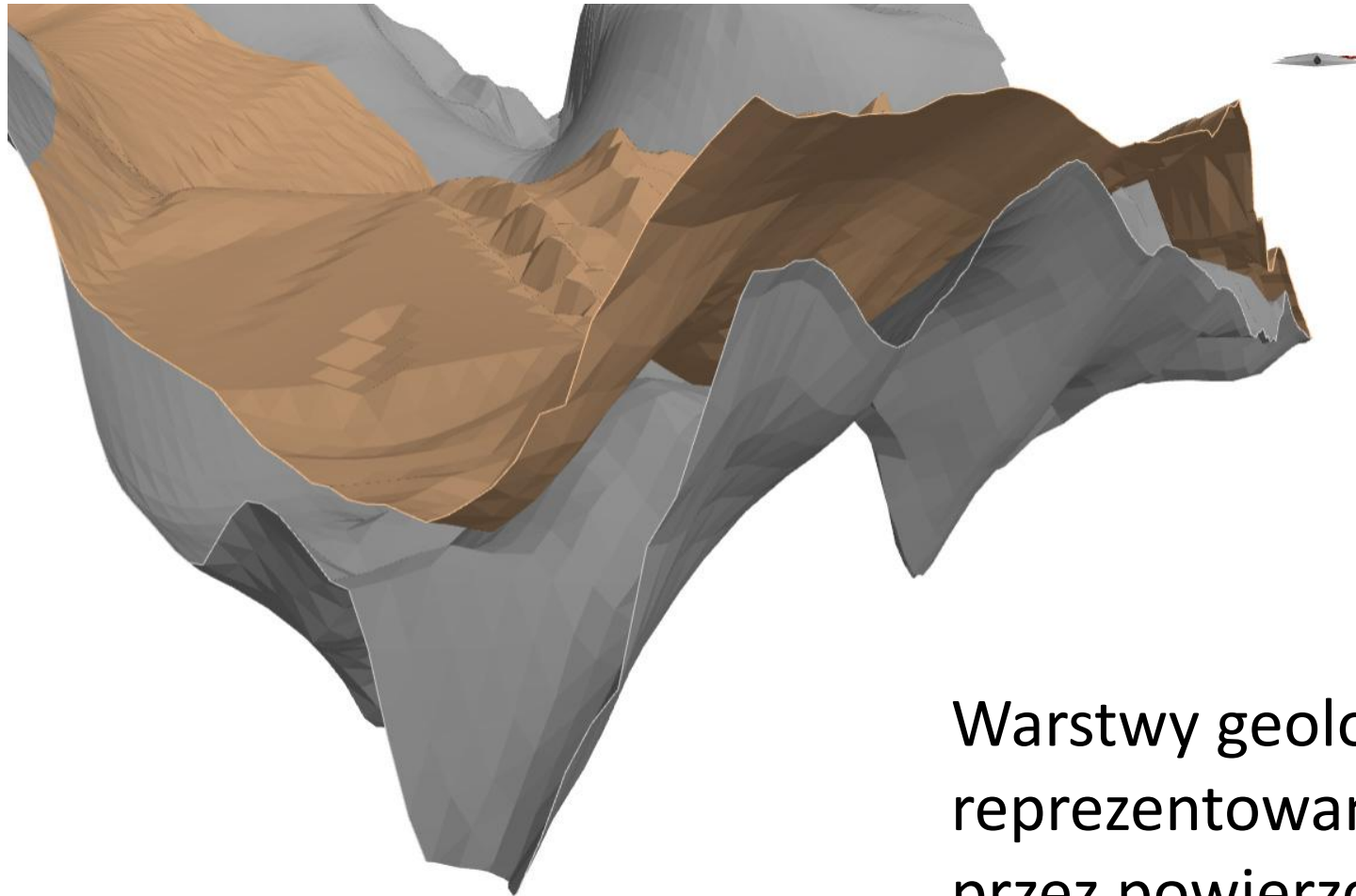


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Podstawowe funkcje Geo3D

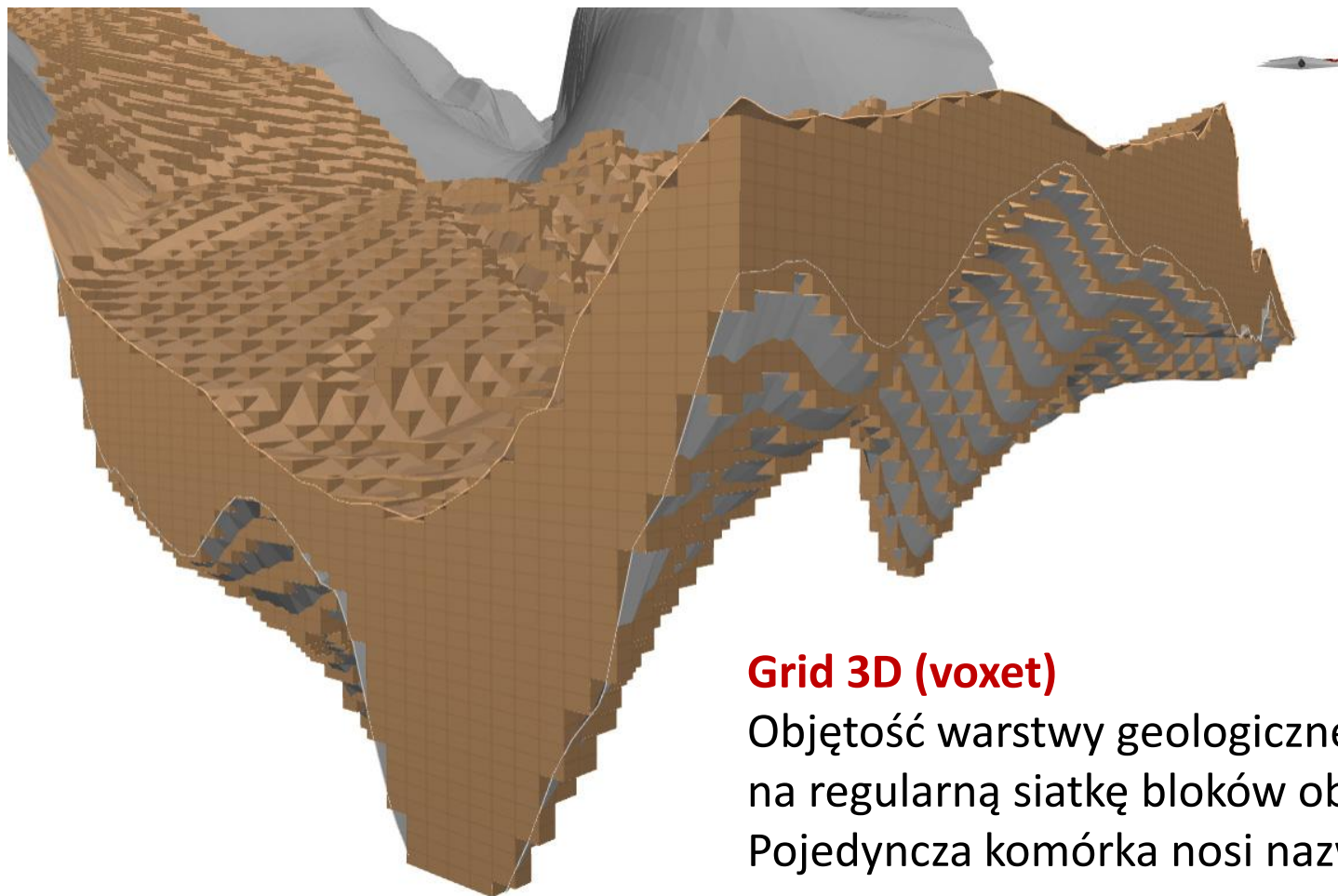
Strukturalne mapy 3D (jakościowe)



Warstwy geologiczne
reprezentowane są
przez powierzchnie.



Parametryczne mapy 3D (ilościowe)

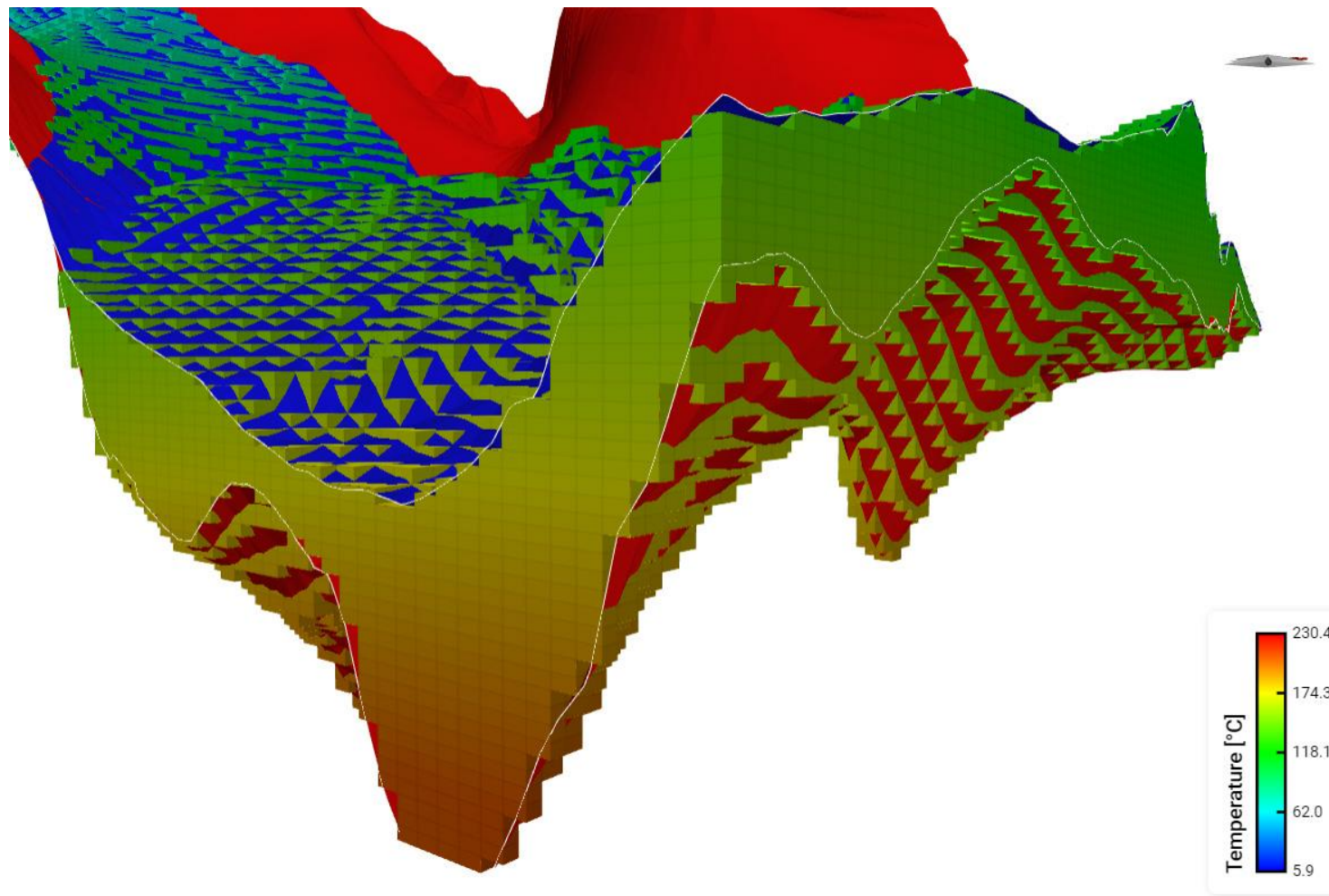


Grid 3D (voxet)

Objętość warstwy geologicznej została podzielona na regularną siatkę bloków obliczeniowych. Pojedyncza komórka nosi nazwę **voxel** (pixel 3D).



Parametryczne mapy 3D (ilościowe)



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Przykład wykorzystania parametrycznej mapy 3D na dużą skalę

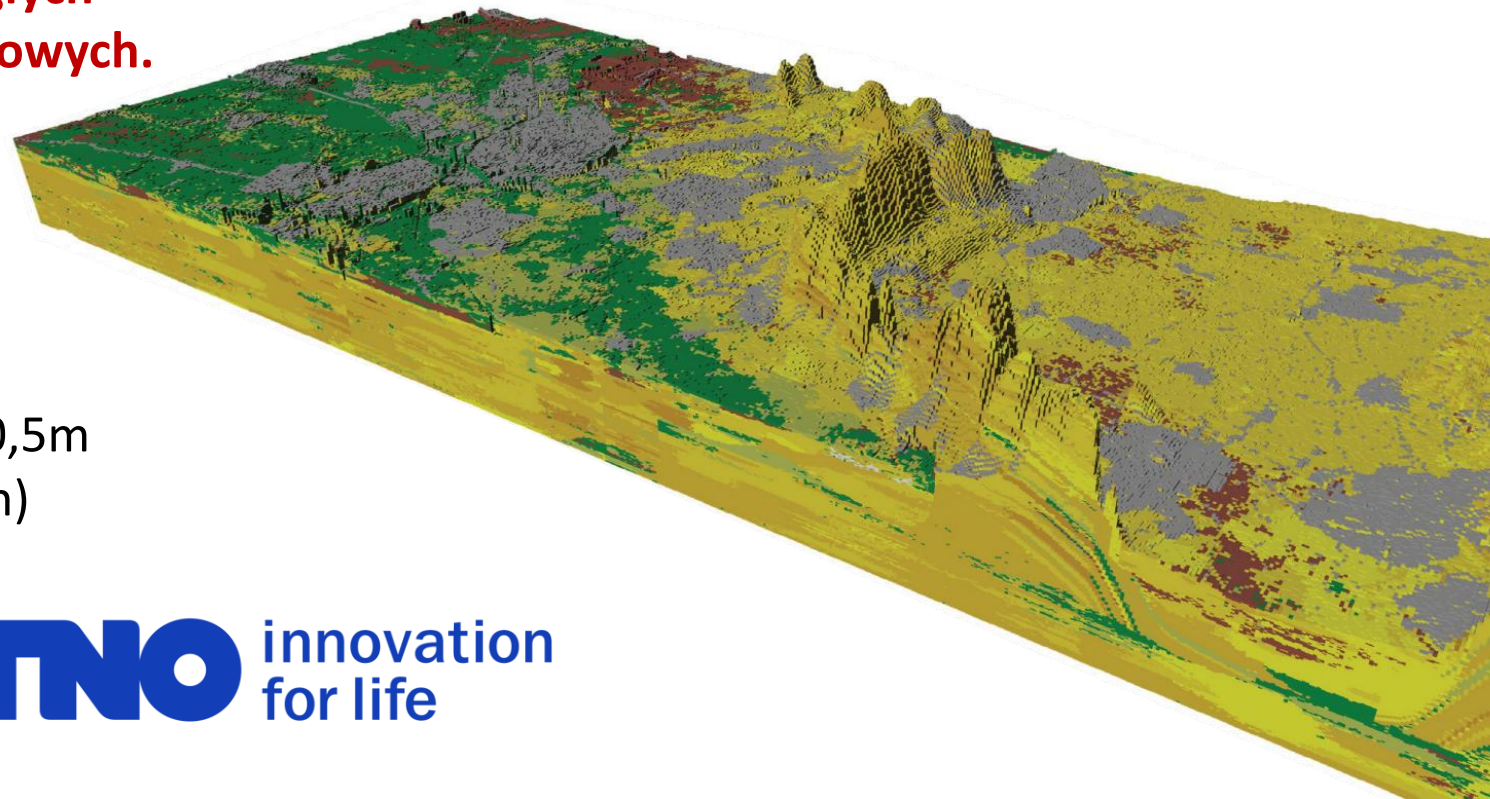
GeoTOP to parametryczna mapa geologiczna 3D prezentująca przypowierzchniową budowę geologiczną Holandii do głębokości 50 m p.p.t.

Kluczowa dla budownictwa, gospodarki wodnej oraz planowania urbanistycznego.

Wykorzystywana jako podstawa opinii biegłych w postępowaniach administracyjnych i sądowych.

Decydenci oraz obywatele potrzebują łatwego dostępu do tych danych — bez barier technicznych.

- Grid 3D o wymiarach voxelu 100 x 100 x 0,5m
- 12 parametrów (2 dyskretne i 10 ciągłych)



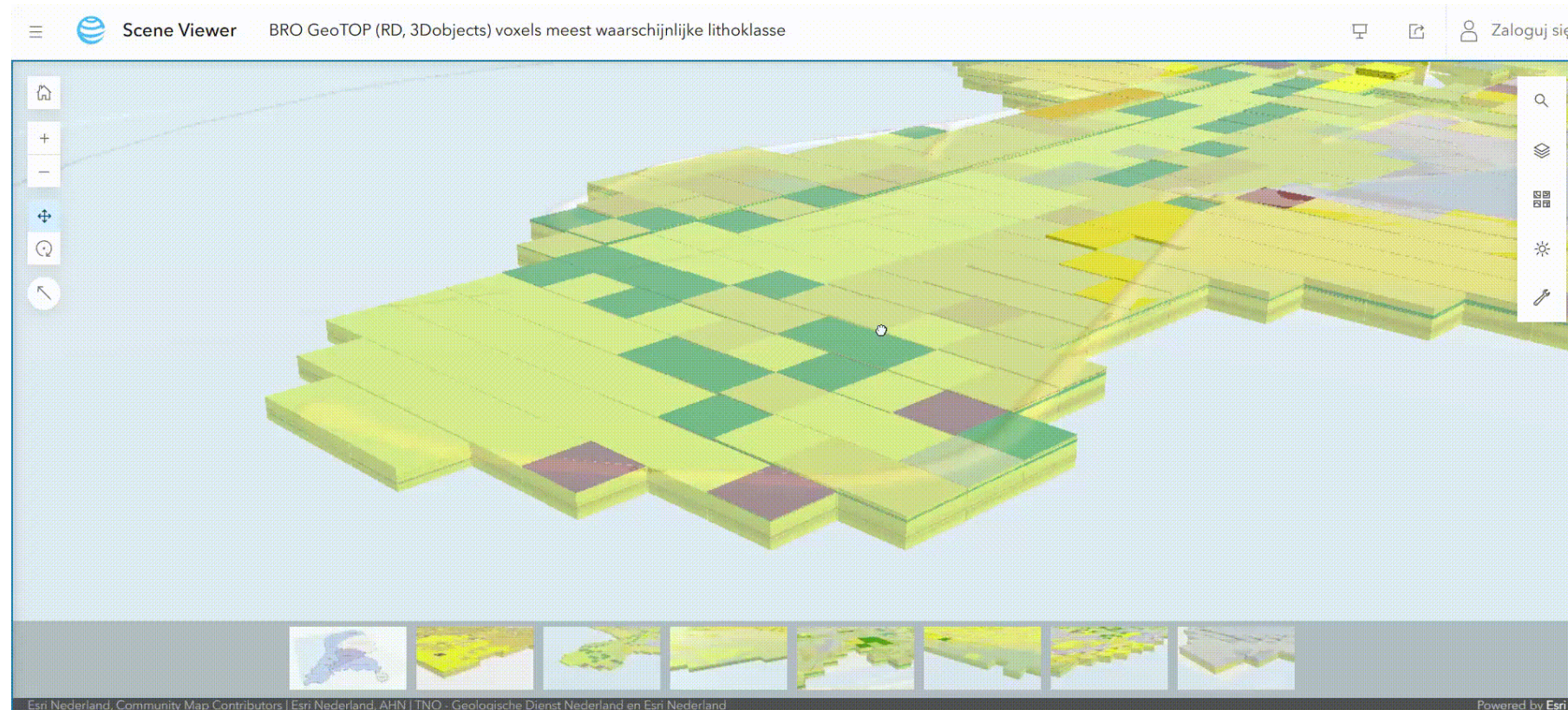
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

TNO innovation
for life

Tworzenie internetowego rozwiązania dla GeoTOP

Współpraca TNO z Esri Nederland



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](https://www.pgi.gov.pl)

<https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=4aa87e16e2e543ca86e21ec988fce0ec>

Tworzenie internetowego rozwiązania dla GeoTOP

Współpraca TNO z Esri Nederland



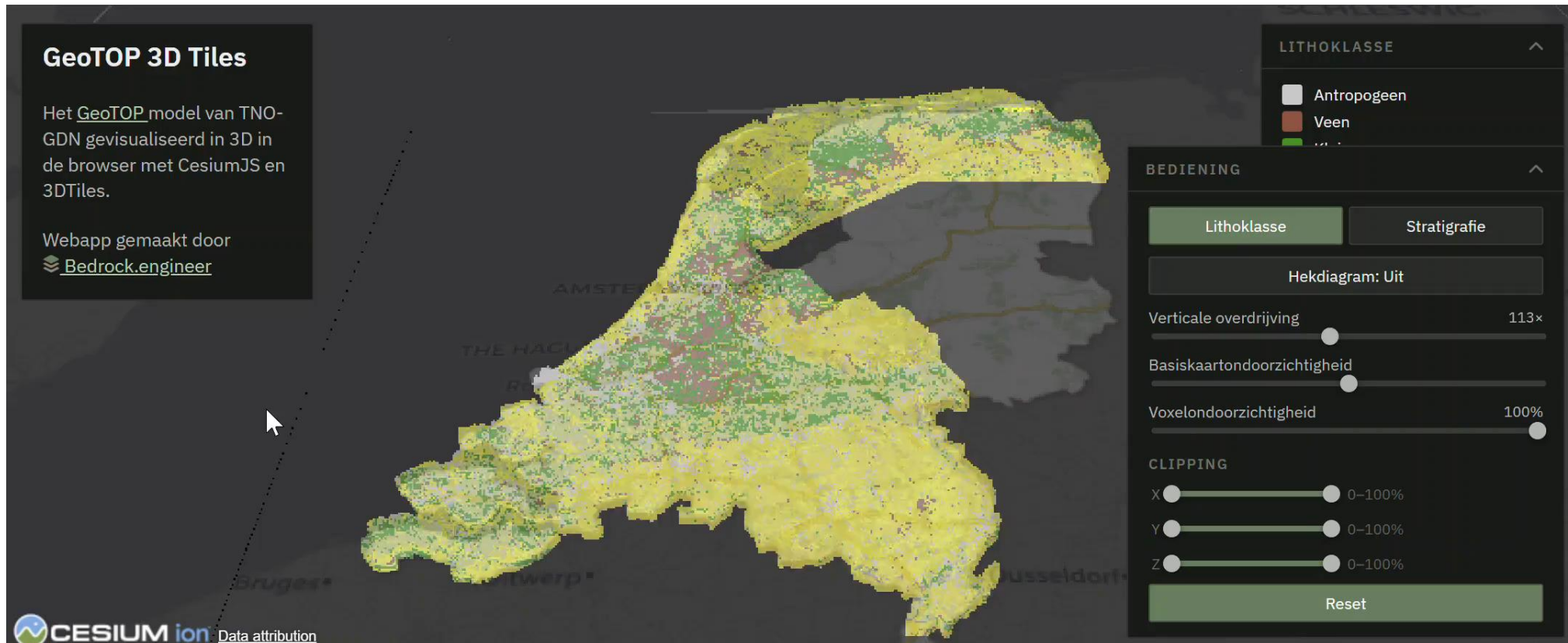
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

<https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=33c72b21be874195a21eba944b3b5191>

Tworzenie internetowego rozwiązania dla GeoTOP

Wyświetlenie całego voxetu w technologii 3D Tiles Voxels w CesiumJS



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

<https://geotop.bedrock.engineer>

GeoTOP w Geo3D

Region Almere

Liczba voxelów: **4.1 mln**

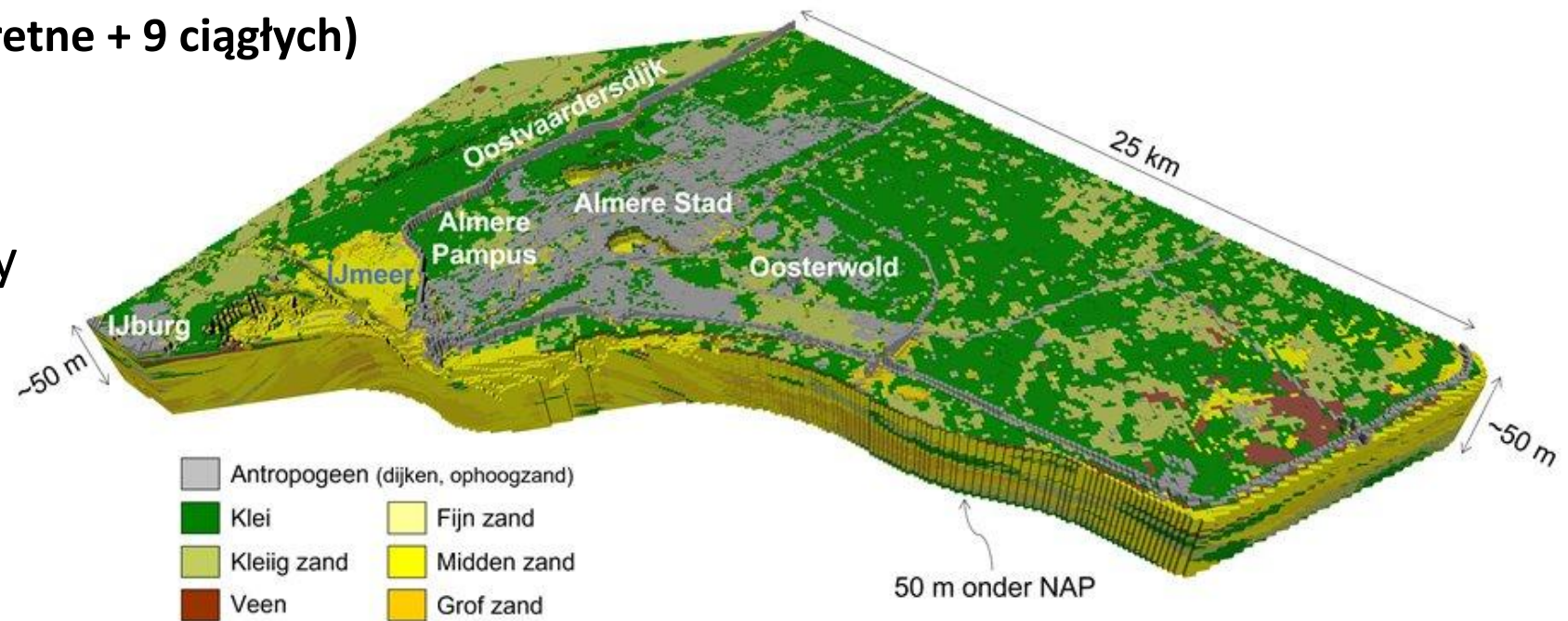
Rozdzielczość pozioma: **100 x 100 m**

Rozdzielczość pionowa: **0.5 m**

Liczba parametrów: **11 (2 dyskretne + 9 ciągłych)**

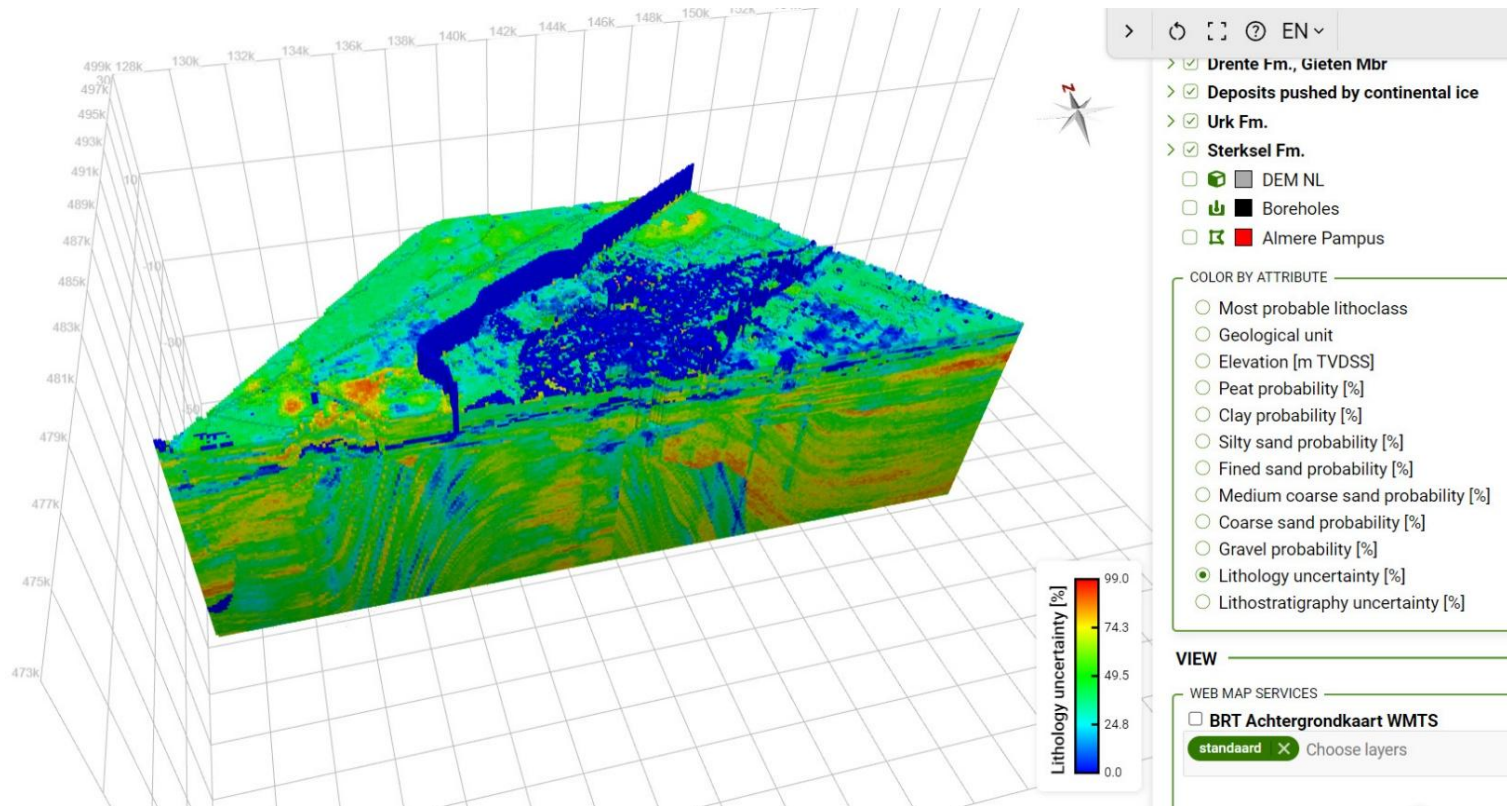
Cel:

Pokazać wszystkie parametry
w jednym projekcie



GeoTOP w Geo3D

Testy wyświetlenia fragmentu GeoTOP
w naszej przeglądarce zakończone sukcesem!



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

https://geo3d.pgi.gov.pl/geotop_almere/index.html

GeoTOP w Geo3D

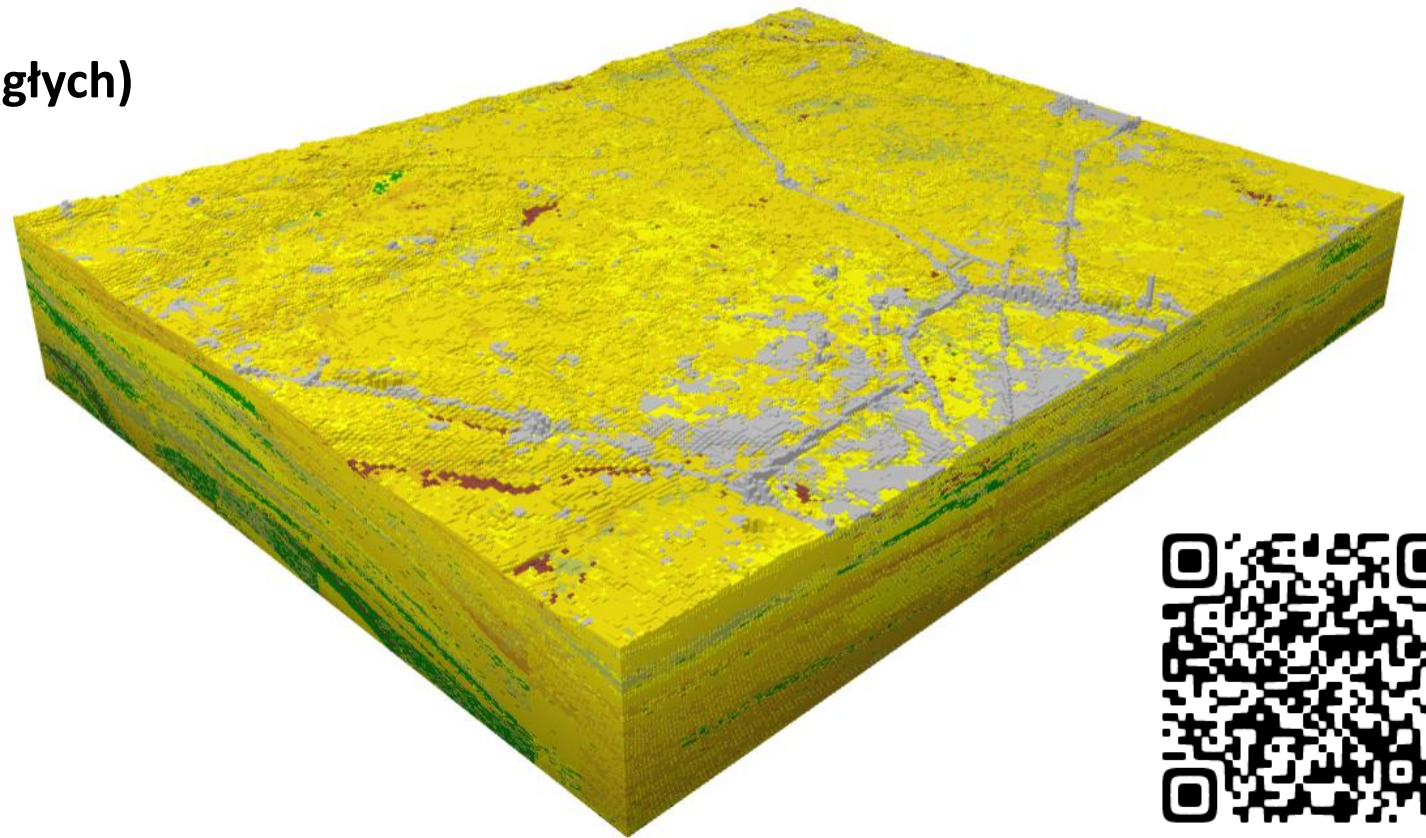
Brabant-Limburg (51)

Liczba voxelów: **6.8 mln**

Rozdzielczość pozioma: **100 x 100 m**

Rozdzielczość pionowa: **0.5 m**

Liczba parametrów: **11 (2 dyskretne + 9 ciągłych)**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



<https://geo3d.pgi.gov.pl/geotop51/index.html>



Kurza twarz!

Podczas wyświetlania strony wystąpił błąd.

Kod błędu: Out of Memory

[Dowiedz się więcej](#)

Przepełnienie pamięci na starszych komputerach i urządzeniach mobilnych

Architektura systemu wymagała **pełnego załadowania danych do pamięci** przed rozpoczęciem wizualizacji.

Wypełnialiśmy „szklankę pamięci”, która prędzej czy później musiała się przelać — niezależnie od tego, jak bardzo optymalizowaliśmy kod...



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl



Silnik voxetowy ver 2.0

- Przystajemy ładować pliki, zaczynamy streamować dane.
- Dzielimy voxet na fragmenty – tzw. chunki.
- Tworzymy nowy format plików, który spełnia dwa wymagania:
 - wysoka kompresja (udało się uzyskać do 92 % kompresji danych),
 - szybkie przetwarzanie (dane uporządkowane w tzw. streamy).
- Szybki transfer z pamięci RAM do VRAM karty graficznej – w poprzedniej wersji 1 voxel zajmował 128-768 bajtów, w nowej tylko 10-12 bajtów (optymalizacja 75x).
- Wprowadzamy LOD – poziomy szczegółowości.
- Wprowadzamy 4-poziomowy cache danych – pliki są ściągane z serwera tylko raz, im dłużej pracujemy z mapą, tym szybciej działa.



Pierwsze testy nowego silnika

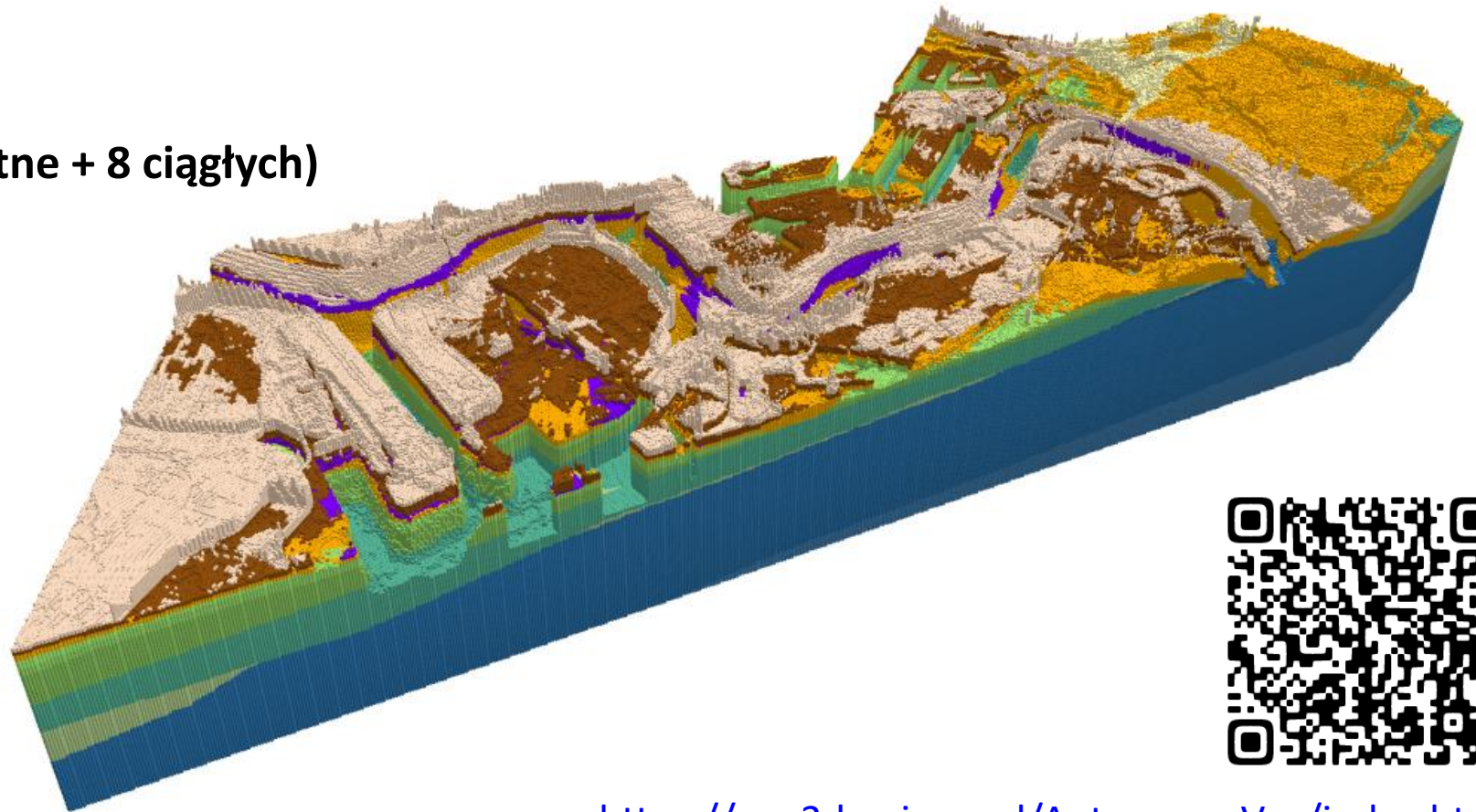
Antwerpen

Liczba voxelów: **21.3 mln**

Rozdzielczość pozioma: **25 x 25 m**

Rozdzielczość pionowa: **0.5 m**

Liczba parametrów: **10 (2 dyskretne + 8 ciągłych)**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna



<https://geo3d.pgi.gov.pl/AntwerpenVox/index.html>

Pierwsze testy nowego silnika

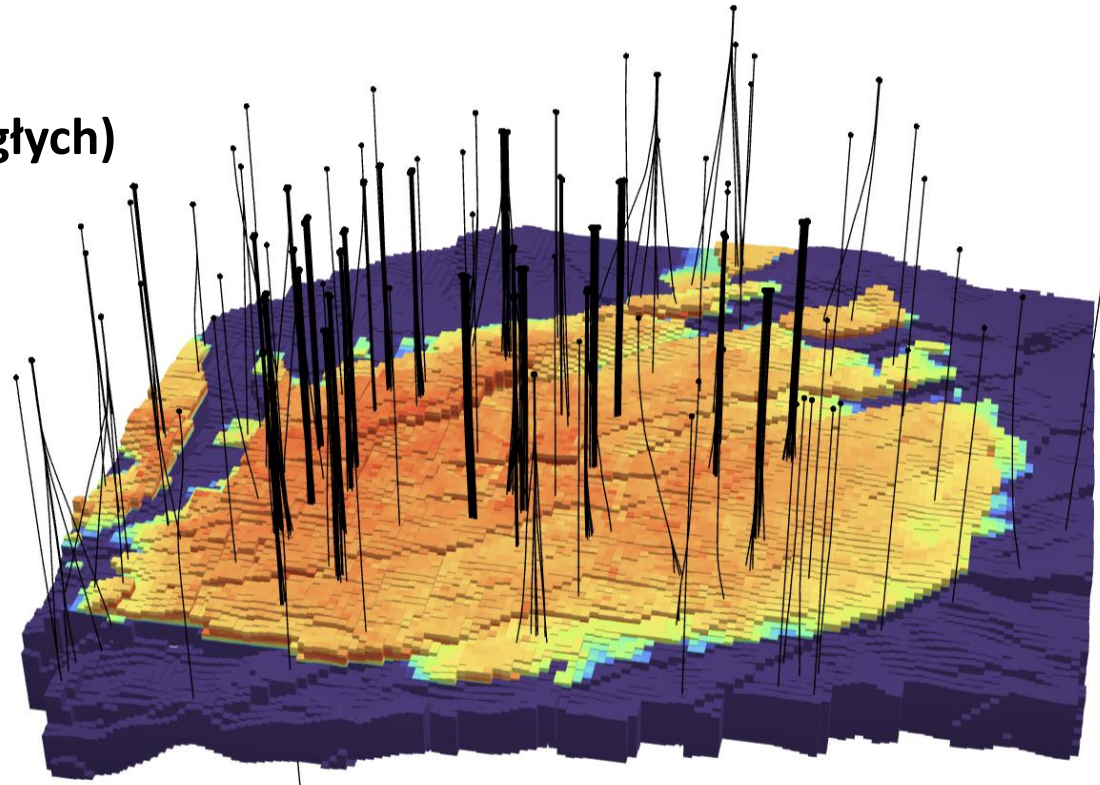
Groningen

Liczba voxelów: **44 mln**

Rozdzielczość pozioma: **100 x 100 m**

Rozdzielczość pionowa: **2.5 m**

Liczba parametrów: **7 (1 dyskretny + 6 ciągłych)**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

https://geo3d.pgi.gov.pl/groningen_hires/index.html

Test ostateczny: cały GeoTOP w Geo3D

Czy nasz silnik rzeczywiście nie ma ograniczeń?

Wyzwanie w liczbach:

315 mln voxeli

12 parametrów

24.5 GB danych wejściowych

Zadanie:

Zwizualizowanie całego podłoża geologicznego Holandii w jednym, spójnym środowisku.
Zachowanie pełnej funkcjonalności analitycznej (przekroje, wiercenia, filtrowanie)
przy tak ogromnej skali danych.



Misja zakończona sukcesem!



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pqi.gov.pl

<https://geo3d.pqi.gov.pl/geotop/index.html>

Szybkie wczytywanie danych dzięki zastosowaniu poziomów szczegółowości (LOD)

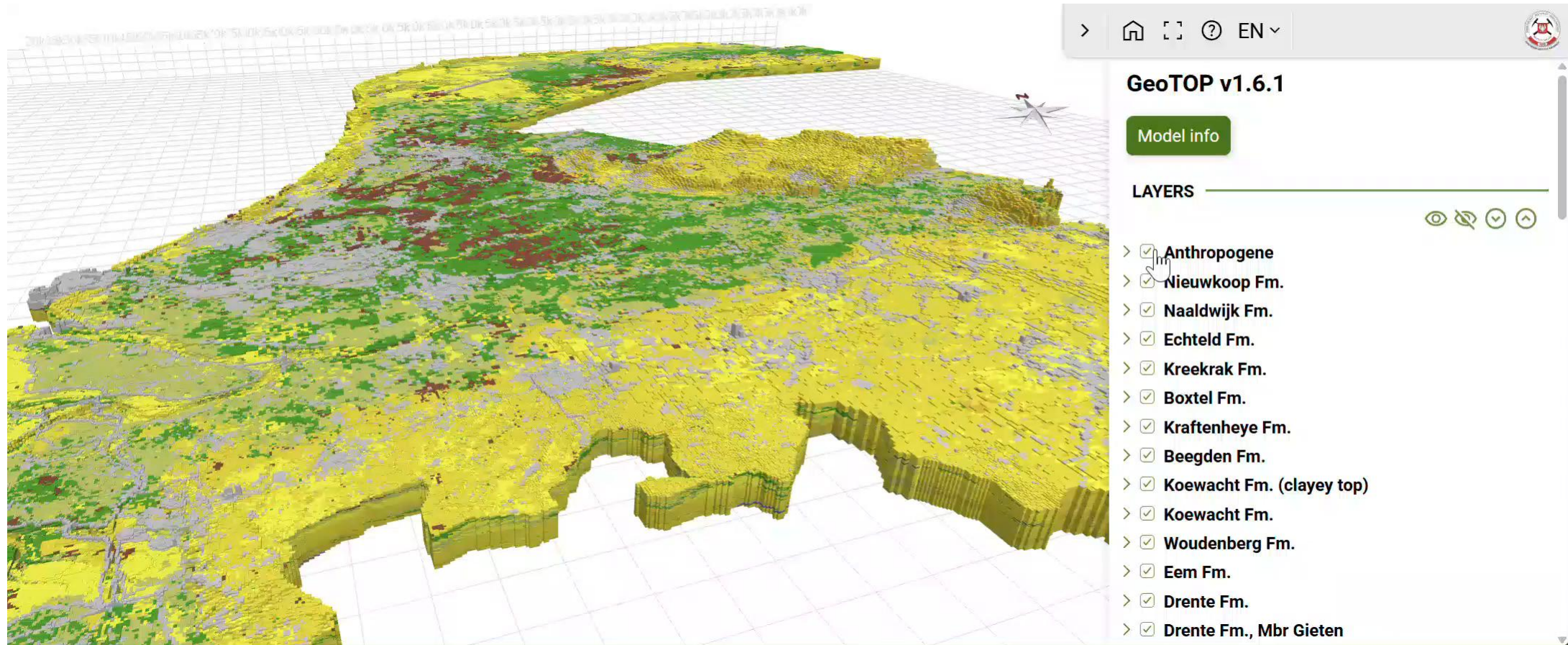


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

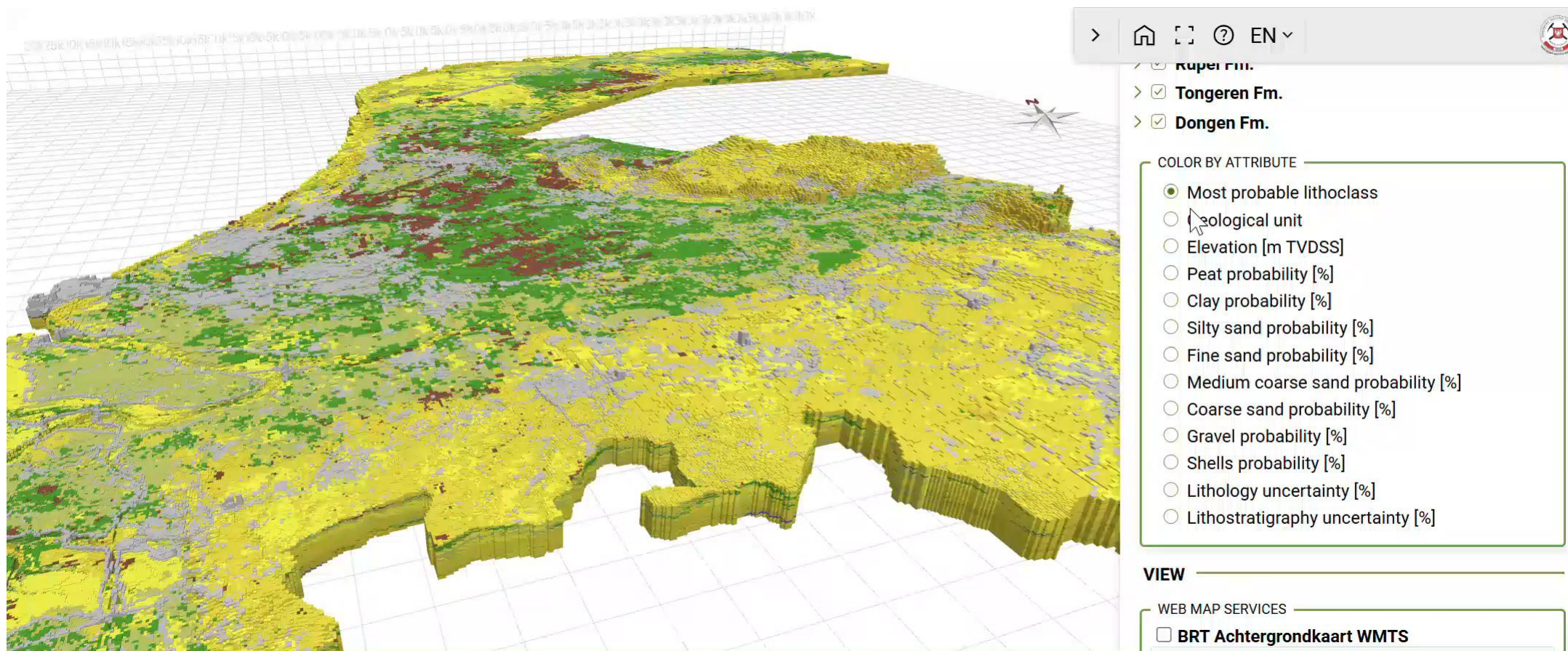
pgi.gov.pl

Prezentacja nowego silnika voxetowego

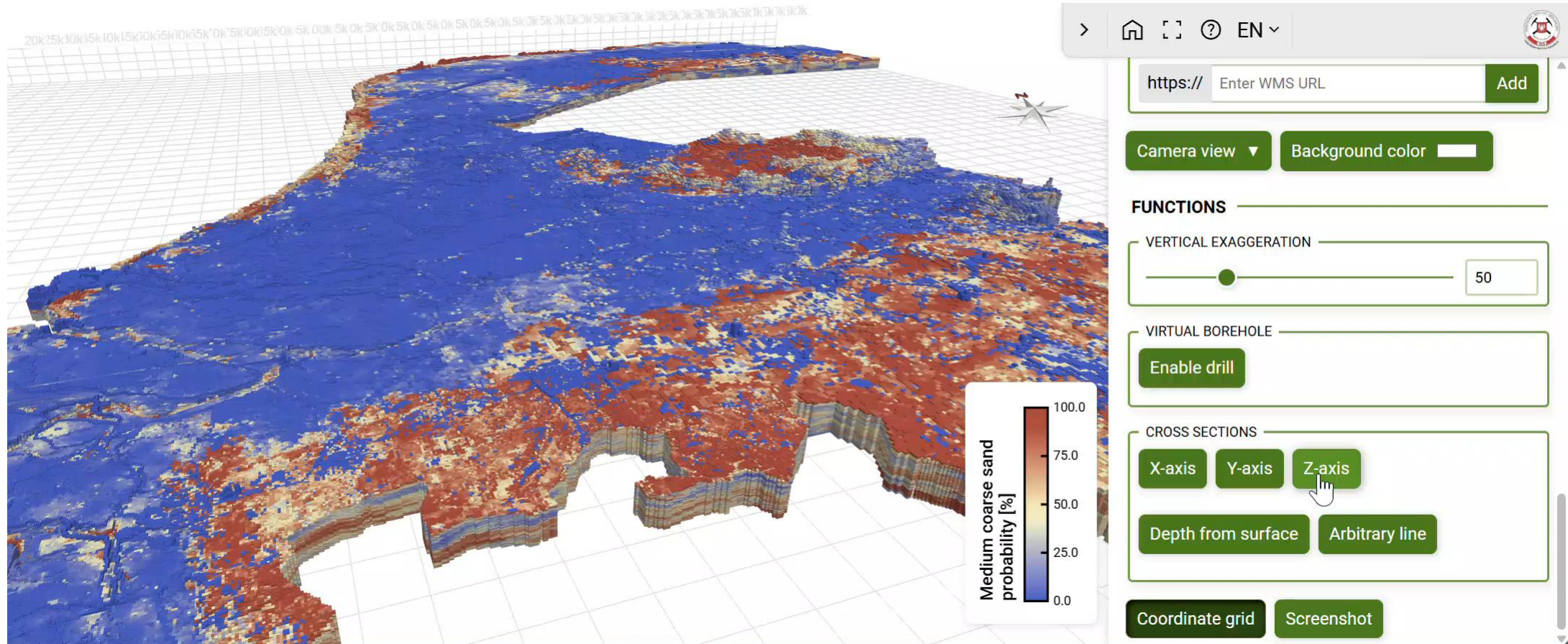
Filtrowanie warstw geologicznych



Obsługa nieskończonej ilości parametrów



Błyskawiczne krojenie w osi XYZ

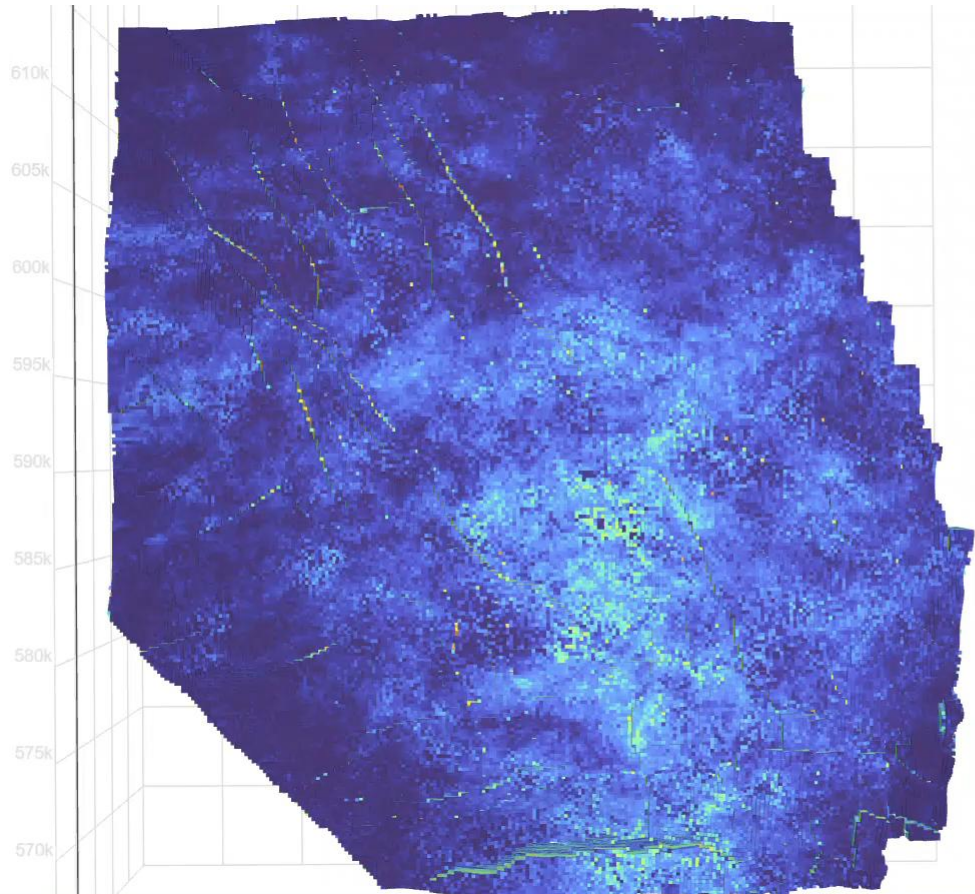


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

Prezentacja nowego silnika voxetowego

Błyskawiczne krojenie w osi XYZ



> Home Full Screen Help

FUNCTIONS

VERTICAL EXAGGERATION

VIRTUAL BOREHOLE

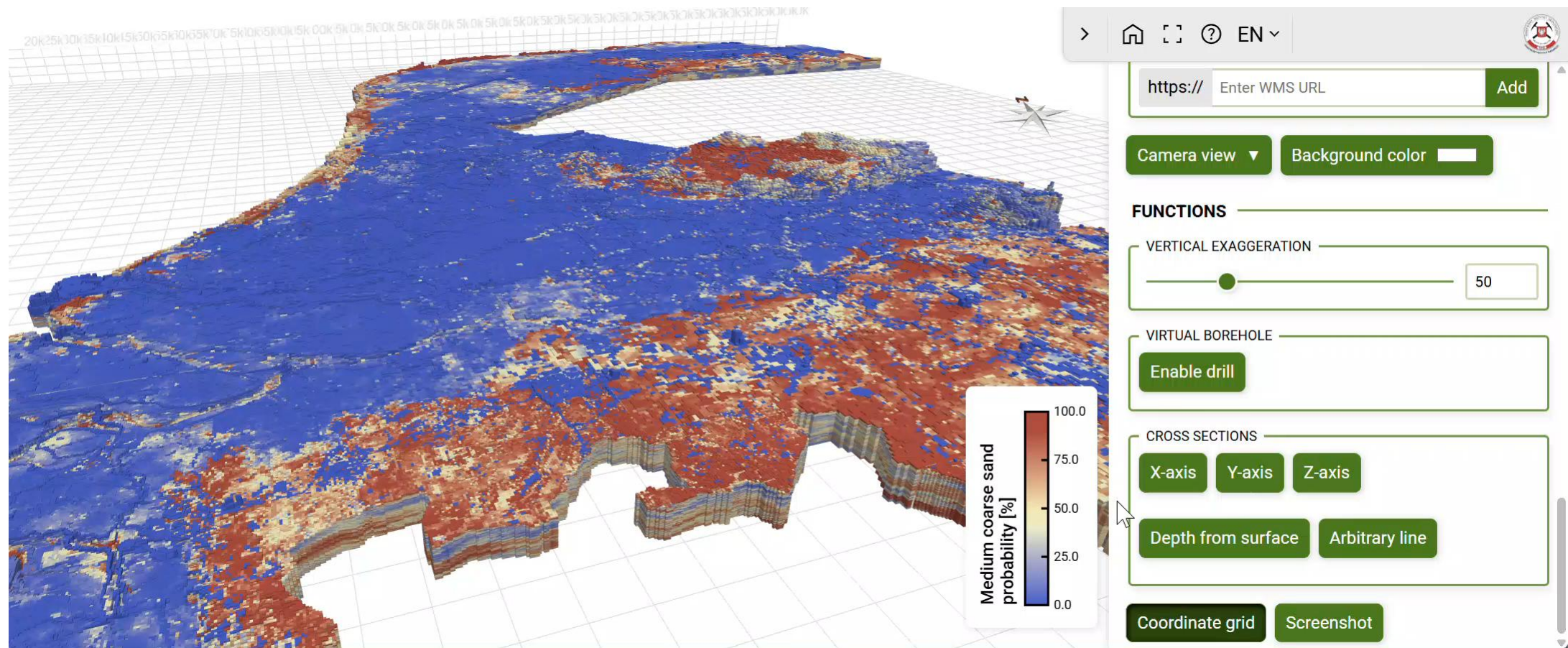
CROSS SECTIONS

Porosity [%]

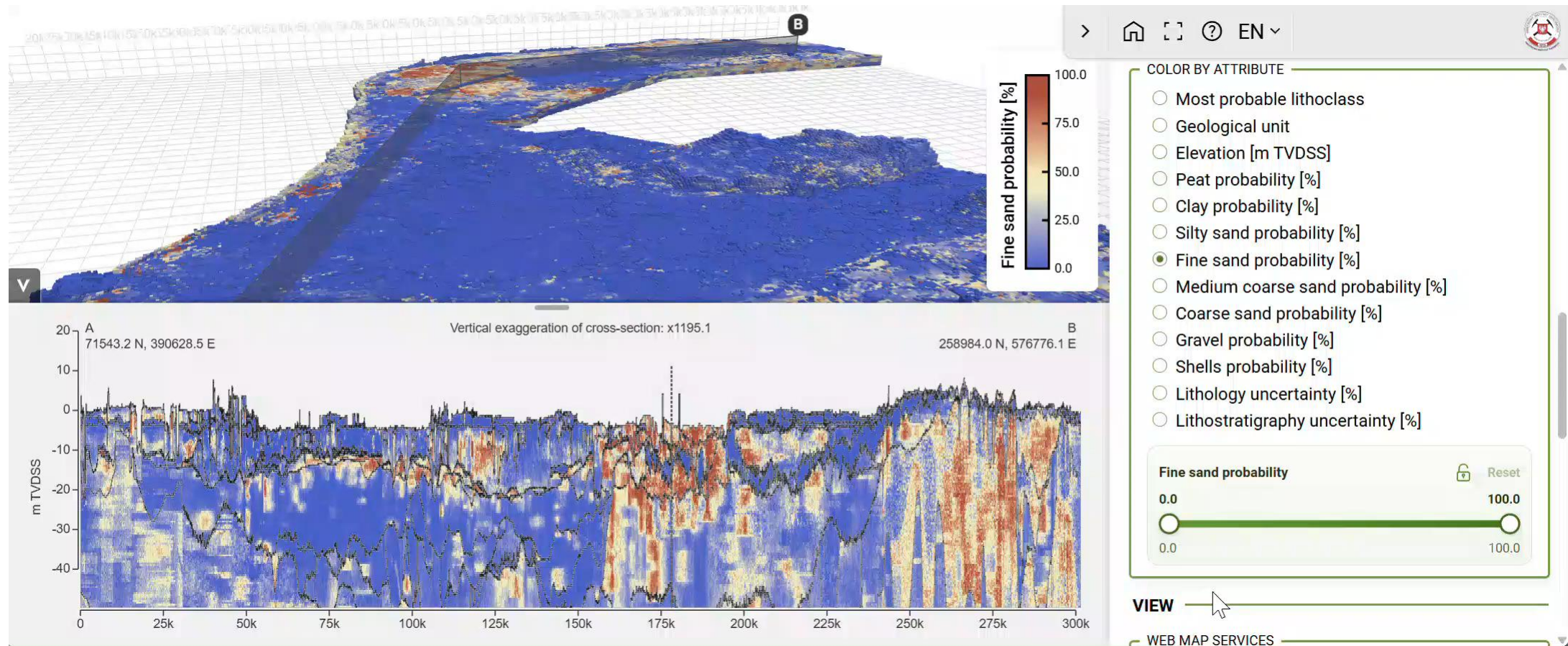
28.0
22.0
16.0
10.0
4.0
NO DATA



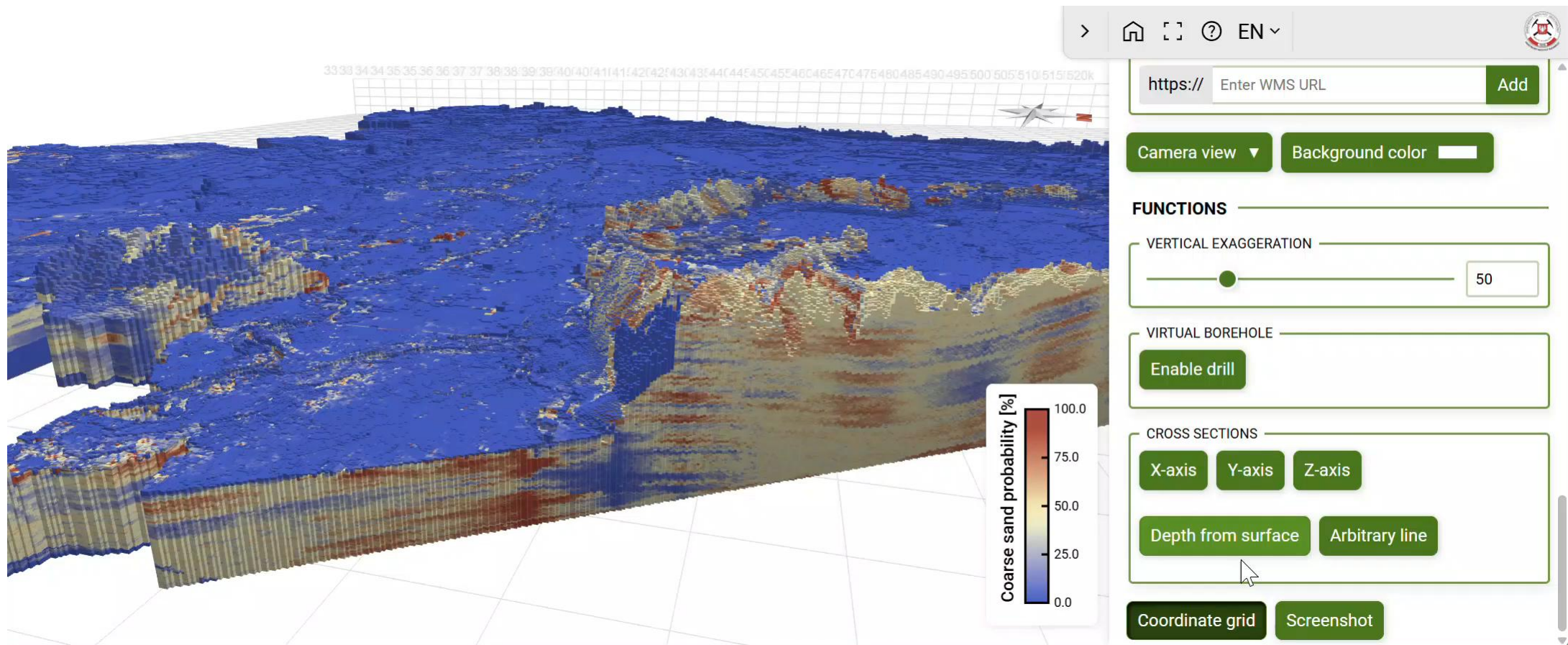
Wyświetlanie rozkładu wartości parametru na przekrojach



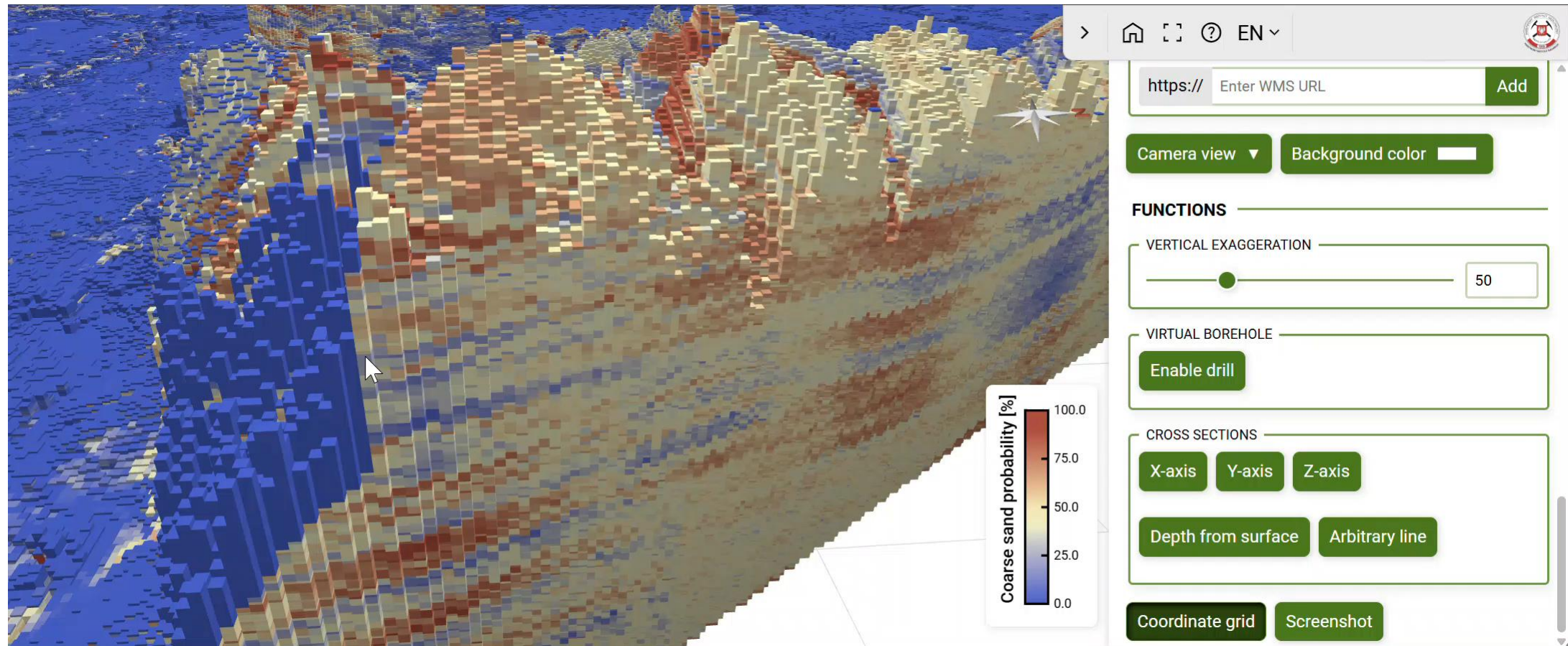
Filtrowanie po zakresie wartości parametru



Krojenie w odniesieniu do głębokości od powierzchni terenu



Dostęp do informacji o poszczególnych voxelach

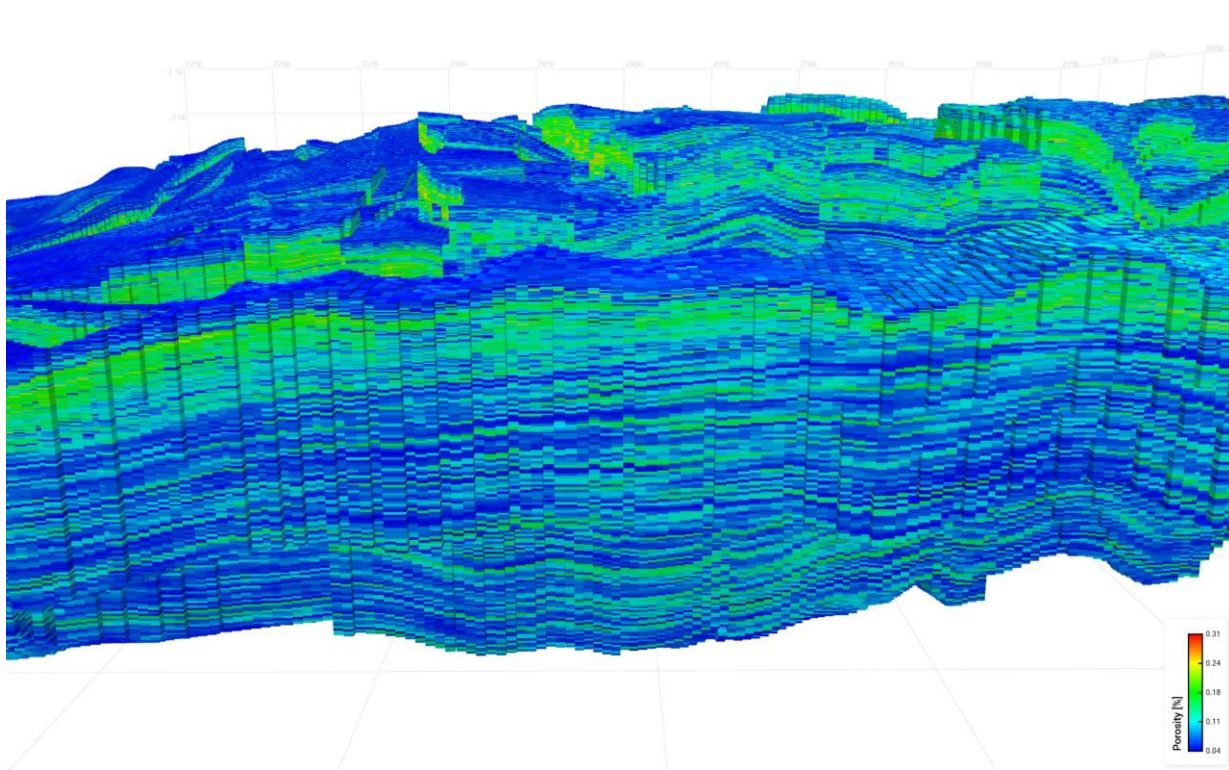


Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

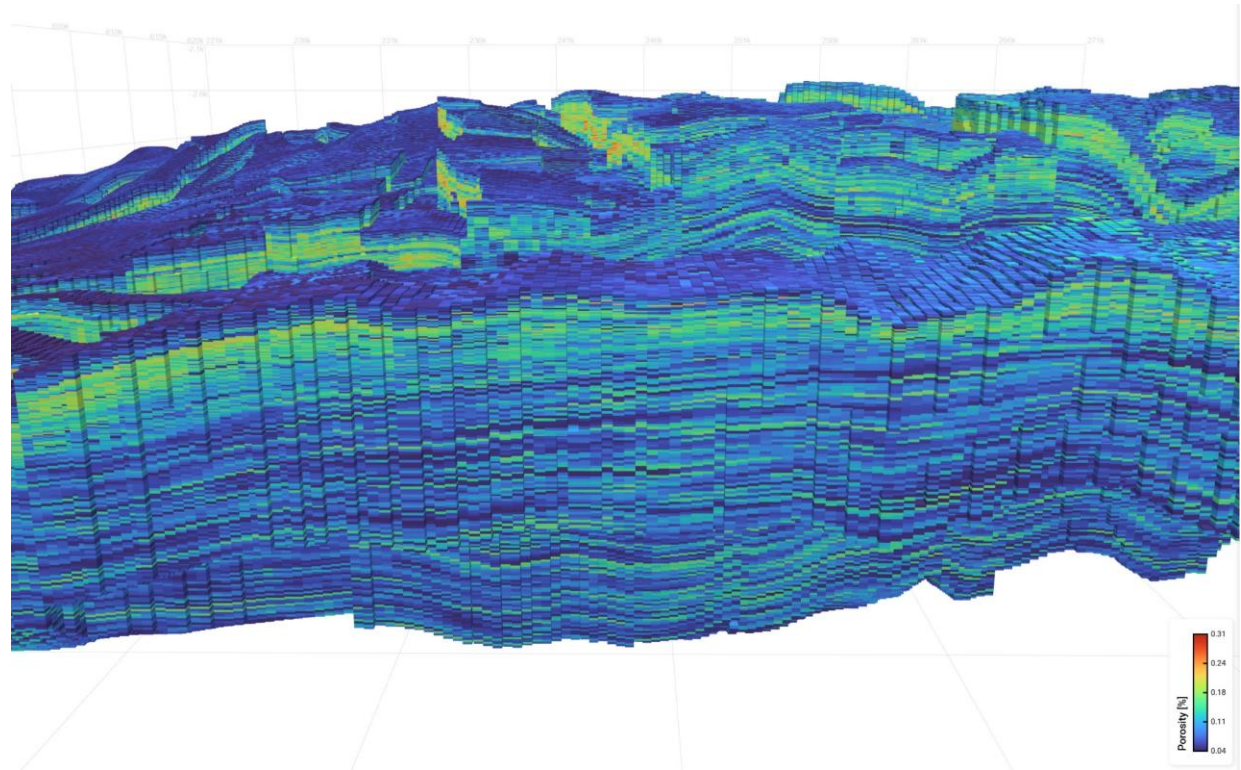
pgi.gov.pl

Prezentacja nowego silnika voxetowego

Bonusowy slajd dla prof. Gołębiowskiej



Skala barwna: Rainbow



Skala barwna: Turbo



Więcej o **kartografii geologicznej 3D** w klipie YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=yNWIumgWYf4>



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

pgi.gov.pl

e-mail: dominik.szrek@pgi.gov.pl

zbigniew.malolepszy@pgi.gov.pl