

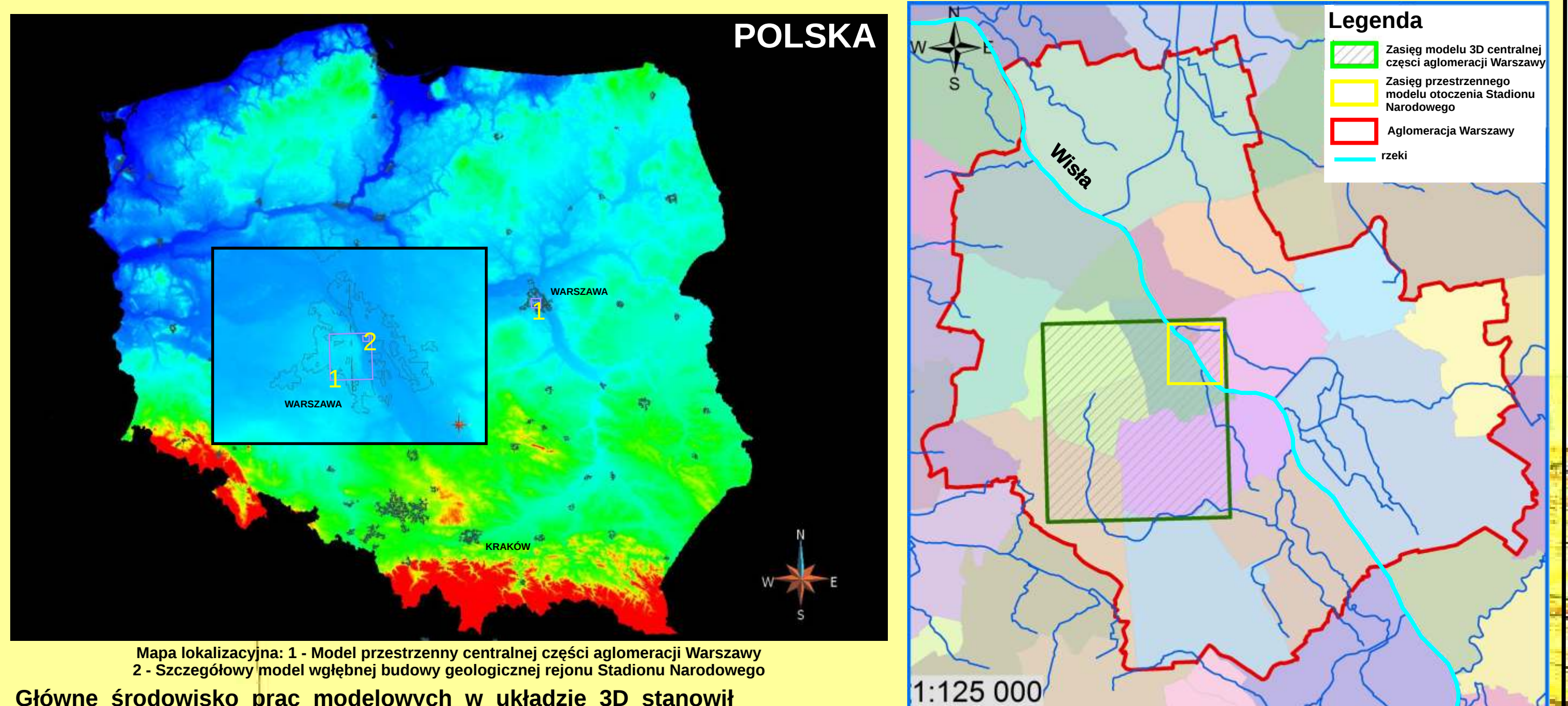
SZCZEGÓŁOWY NUMERYCZNY MODEL WŁĘBNEJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ OBSZARU AGLOMERACJI MIEJSKIEJ NA PRZYKŁADZIE FRAGMENTU WARSZAWY - METODYKA I IMPLIKACJE

Jacek CHEŁMIŃSKI, Krzysztof CZURYŁOWICZ, Wojciech MORAWSKI, Łukasz NOWACKI, Urszula STĘPIEŃ, Ewa SZYNKARUK, Maciej TOMASZCZYK, Marcin ŻARSKI

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy

jacek.chelminski@pgi.gov.pl; krzysztof.czurylowicz@pgi.gov.pl; wojciech.morawski@pgi.gov.pl; lukasz.nowacki@pgi.gov.pl; urszula.stepien@pgi.gov.pl; ewa.szynkaruk@pgi.gov.pl; maciej.tomaszczyk@pgi.gov.pl; marcin.zarski@pgi.gov.pl

Przestrzenny model centralnej części Warszawy jest pierwszą próbą zobrazowania wglębnej budowy geologicznej obszarów miejskich i jednocześnie kompleksową bazą przy powierzchniowej informacji geologicznej. Przedstawiono wizualizację charakterystycznych elementów budowy geologicznej tj. dolina rynnowa Żoliborz-Szczęśliwice, pokłady mioceńskiego węgla brunatnego. Model 3D stanowi element niezbędny do zbudowania zintegrowanego systemu informacyjnego obejmującego dane geologiczne i planistyczne aglomeracji Warszawy. Dostępna duża ilość danych otworowych oraz pochodzących z kartowania powierzchniowego wymagała wstępnej reinterpretacji oraz syntezy, tak aby mogła być wykorzystana do opracowania modelu 3D, aby stanowić w dalszej kolejności użyteczne źródło informacji na potrzeby zintegrowanego systemu zarządzania obszarem miejskiej aglomeracji Warszawy. Jednocześnie model zachowuje wartość edukacyjną i popularyzacyjną, jako że jego lokalizacja pokrywa się z dobrze znanym i identyfikowanym, zarówno przez mieszkańców i turystów fragmentem miasta - charakterystycznym architektonicznie oraz związanego z historią.



Główne środowisko prac modelowych w układzie 3D stanowił program GOCAD. Możliwość integracji oraz interpretacji danych pochodzących z różnych źródeł jest zapewniona dzięki interoperacyjności aplikacji służącej do tworzenia przestrzennych modeli wglębnej budowy geologicznej. Analiza ilościowa oraz jakościowa zebranych danych została natomiast przeprowadzona przy użyciu aplikacji ESRI ArcMap. Oprogramowanie GSI 3D zostało wykorzystane do opracowania szczegółowego modelu wglębnej budowy geologicznej otoczenia Stadionu Narodowego w oparciu o dane pozyskane w trakcie prac geotechnicznych przed rozpoczęciem jego budowy.

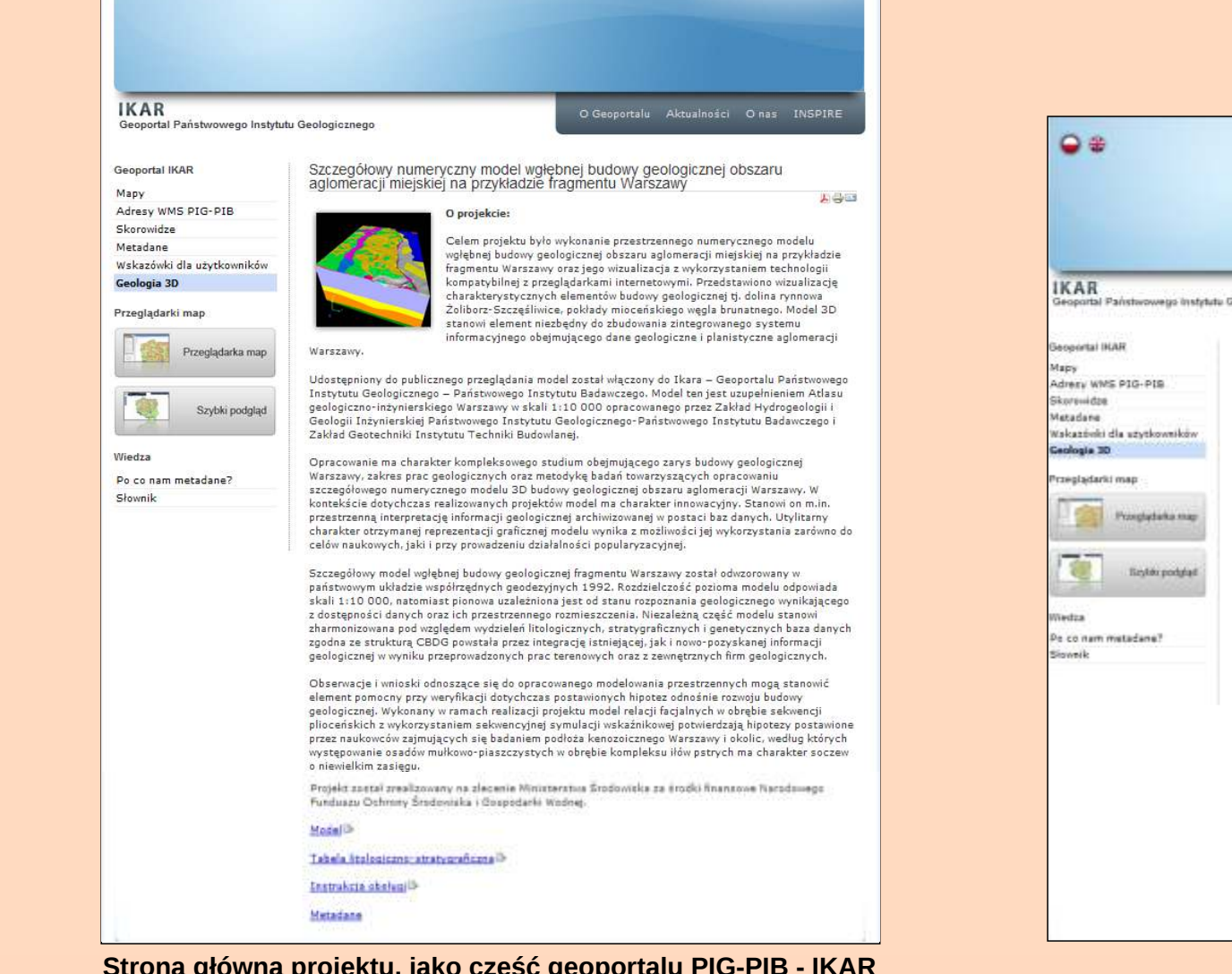
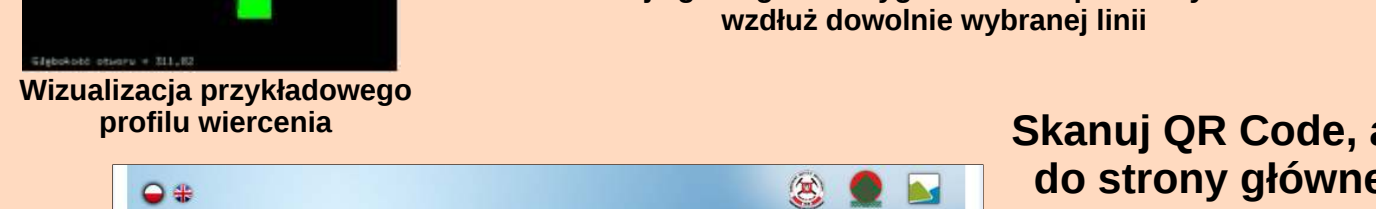
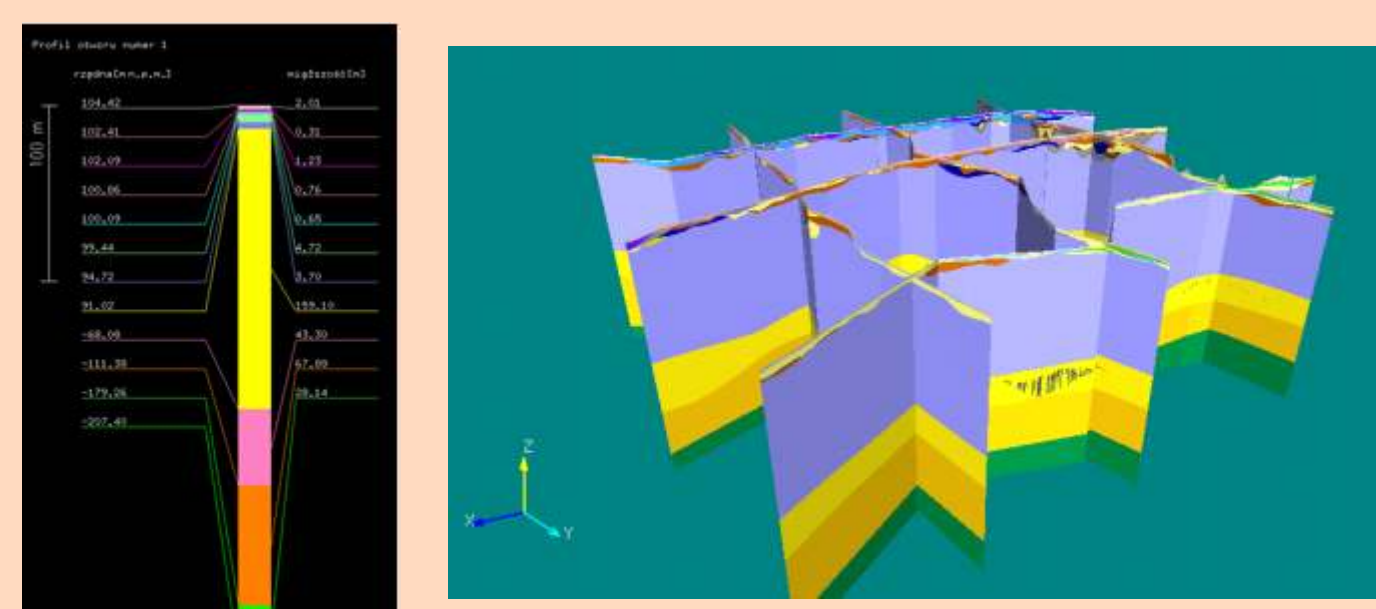
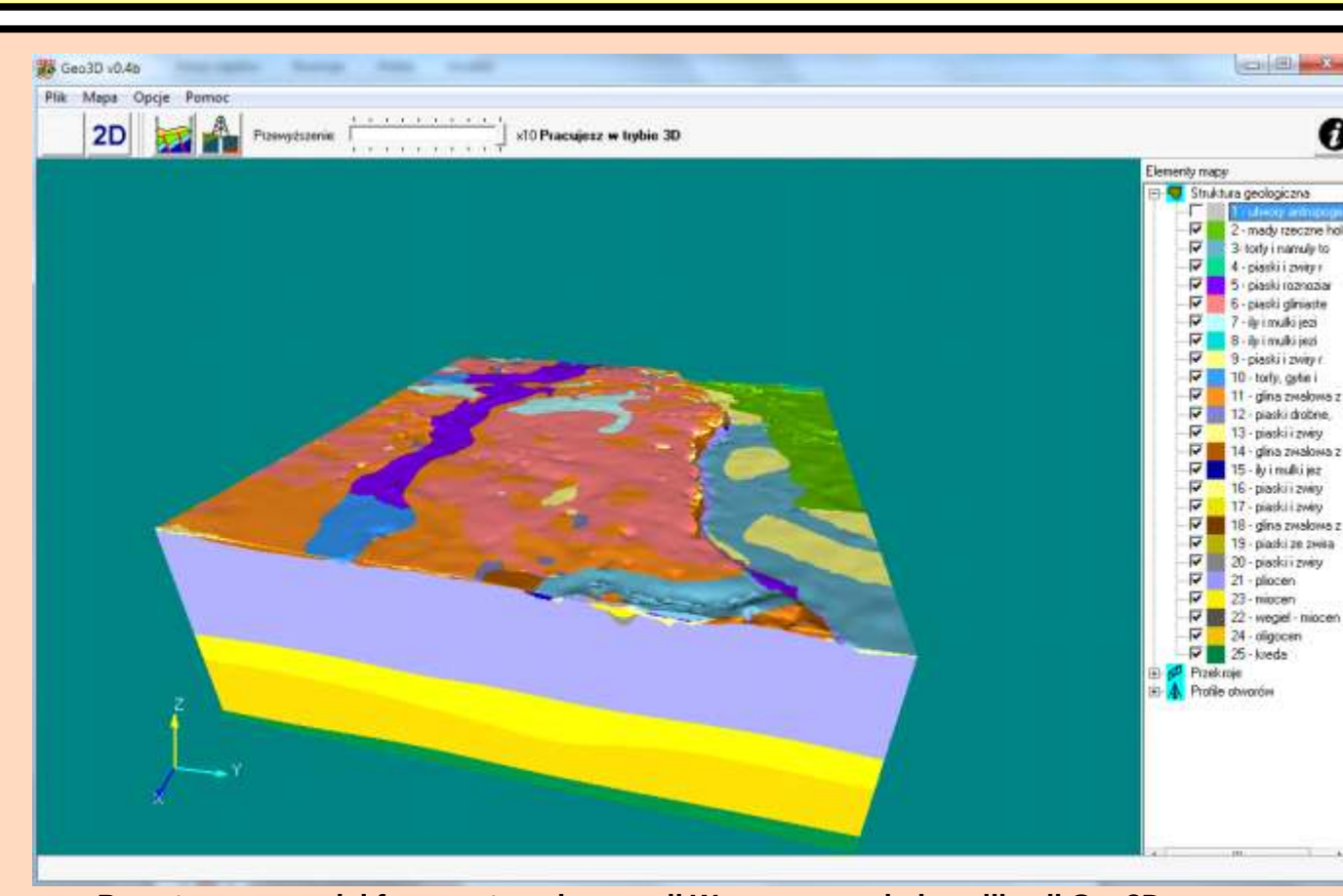
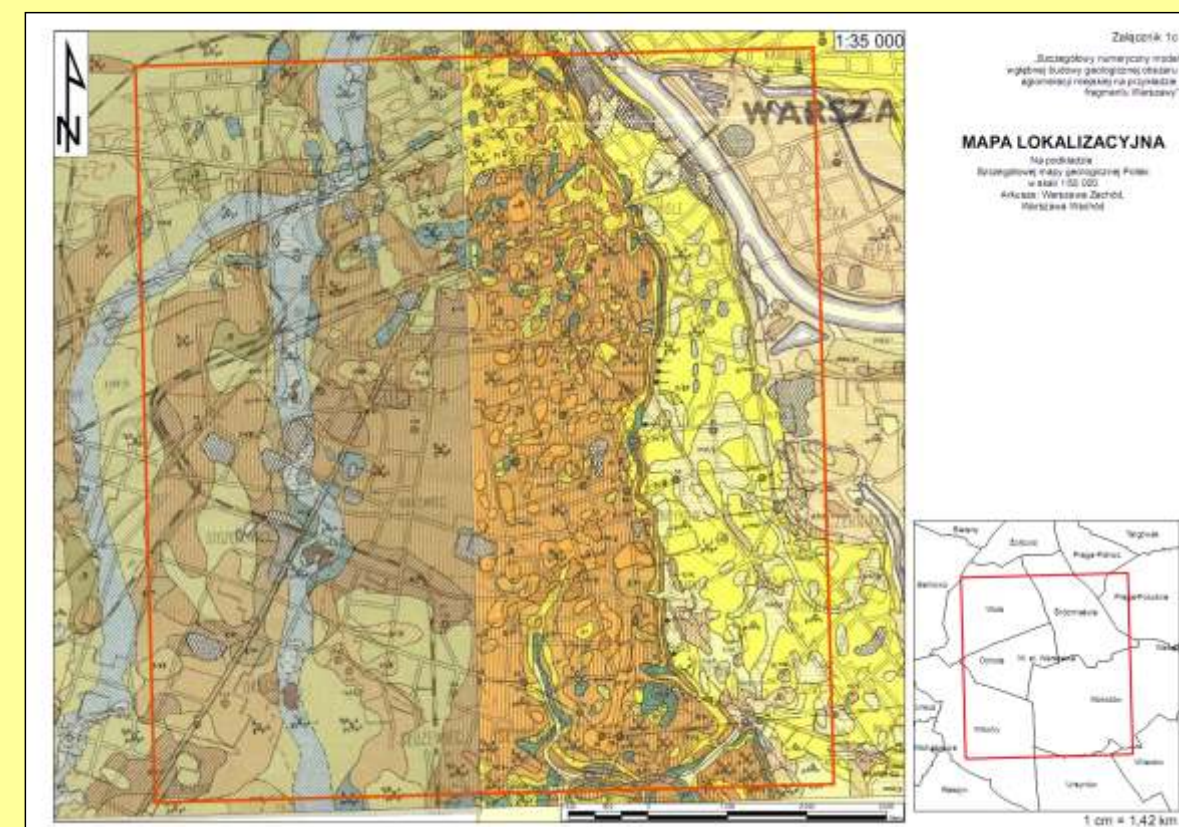


GSI^{3D} Research Consortium

Projekt został wykonany na zlecenie Ministra Środowiska i sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Celem projektu było wykonanie przestrzennego numerycznego modelu wglębnej budowy geologicznej obszaru aglomeracji miejskiej na przykładzie fragmentu Warszawy.

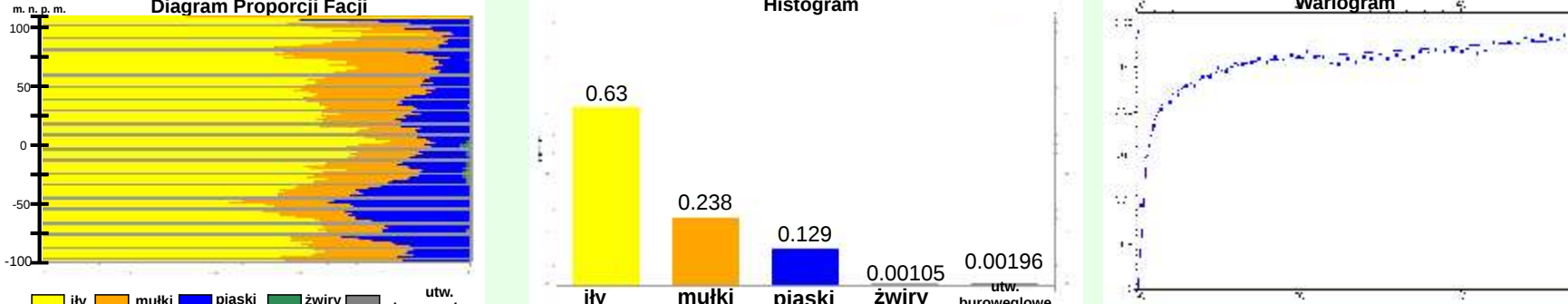
Efekt końcowy - model 3D uzupełniony o dane topograficzne jest udostępniony do publicznego przeglądania i włączony do infrastruktury geoinformacyjnej IKaR - Geoportalu Państwowego Instytutu Geologicznego - Państwowego Instytutu Badawczego. Interaktywna forma reprezentacji modelu przestrzennego podkreśla jego użyteczność wynikającą z możliwości przedstawienia problemów związanych z geologią w sposób bardzo przystępny i zrozumiały dla szerokiego grona odbiorców.

Pomyślne ukończenie projektu było możliwe dzięki doświadczeniu zdobytym w trakcie realizacji projektów sekwencjacji CO₂ i poszukiwania struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermalnych.

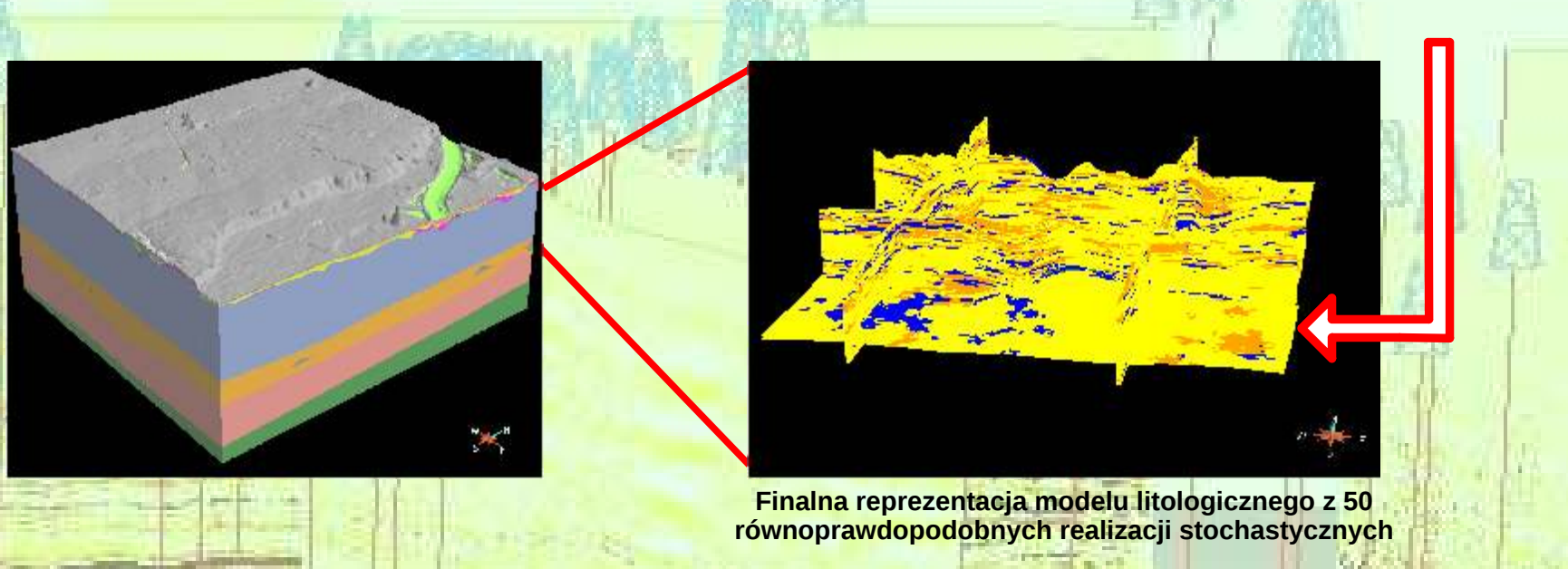


STOCHASTYCZNE MODELOWANIE FACJI

Algorytmy stochastycznych symulacji zostały zaimplementowane w celu zobrazowania przestrzennych relacji litofacyjnych jeziornych utworów miocenu górnego. Spośród wielu metod zdecydowano się na Sekwencyjną symulację wskaźnikową, jako najodpowiedniejszą dla badanego środowiska sedimentacji. Z powodu braku map zasięgu litofacji nie było możliwe zbudowanie 3D pól prawdopodobieństw. W związku z czym lokalny rozkład prawdopodobieństwa budowany w trakcie symulacji przez algorytm kriginu wskaźnikowego był uaktualniany jedynie przez prawdopodobieństwa pochodzące z diagramu proporcji facji

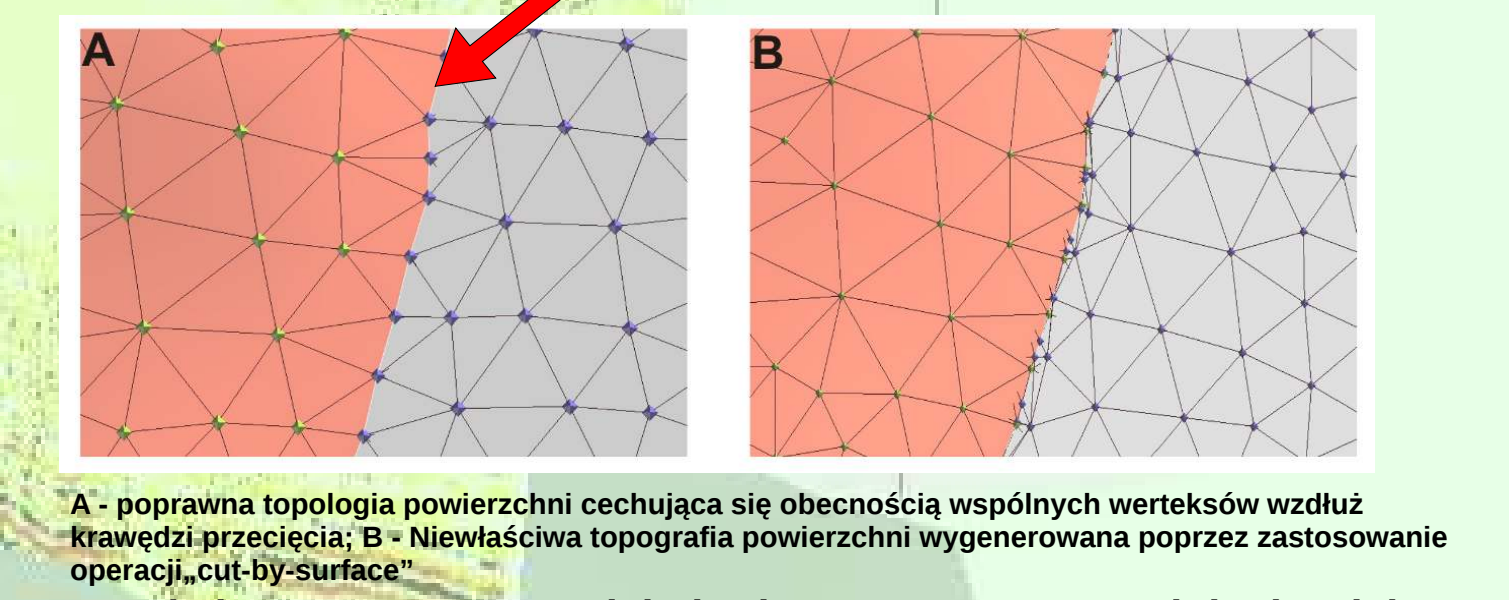
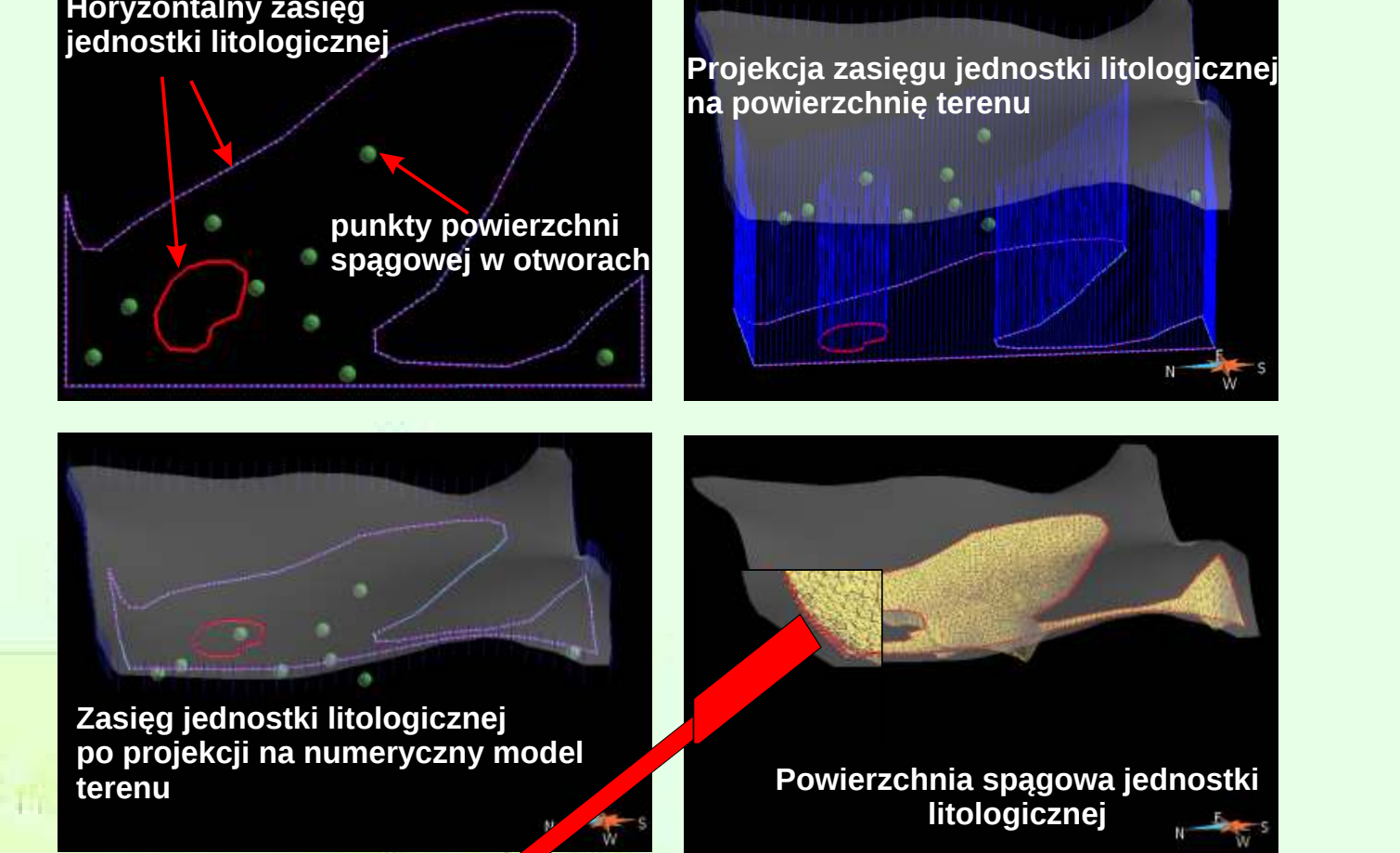


SEKWENCYJNA SYMULACJA WSKAŹNIKOWA (SISim)



MODELOWANIE TYPU SURFACE-BASED

Stworzenie przestrzennego modelu utworów czwartorzędowych wymaga iteracyjnego podejścia, zhierarchizowanego zgodnie z przygotowaną tabelą stratygraficzną. Konieczne jest rozpoczęcie procedury opracowania powierzchni spagowych od najmłodszych jednostek litologicznych. W pierwszej kolejności zasięg jednostki jest rzutowany na DEM, jak przedstawiono na figurze poniżej. W następnych etapach zasięgi starszych wydziałów podlegają projekcji na sumaryczną powierzchnię spagową jednostek młodszych i numerycznego modelu terenu.



Konstrukcja poprawnego modelu bryłowego wymaga spełnienia wielu wymagań topologicznych dotyczących powierzchni. Najważniejszym jest obecność wspólny wierzchołków siatki triangulacyjnej wzdłuż krawędzi przecięcia powierzchni

SCHEMAT OPRACOWANIA MODELU 3D W APLIKACJI GSI 3D

Baza danych GIS jest uzupełniona o dostępne dane otworowe istniejące mapy zasięgu jednostek litologicznych i numeryczny model terenu.

Rysowanie brakujących horyzontalnych zasięgów jednostek geologicznych w oparciu o istniejące dane oraz wiedzę zebraną w trakcie prac kartografii powierzchniowej.

Wyrysowanie jak największej liczby przekrojów geologicznych przechodzących przez zebrane dane otworowe, aby uzyskać możliwie jak najwierniejszy obraz wglębnej budowy geologicznej

Generowanie modelu bryłowego w oparciu o powierzchnie spagowe interpolowane bezpośrednio w aplikacji lub także importowane z aplikacji Paradigm GOCAD/SKUA

Lokalizacja terenu badań oraz ogólne informacje

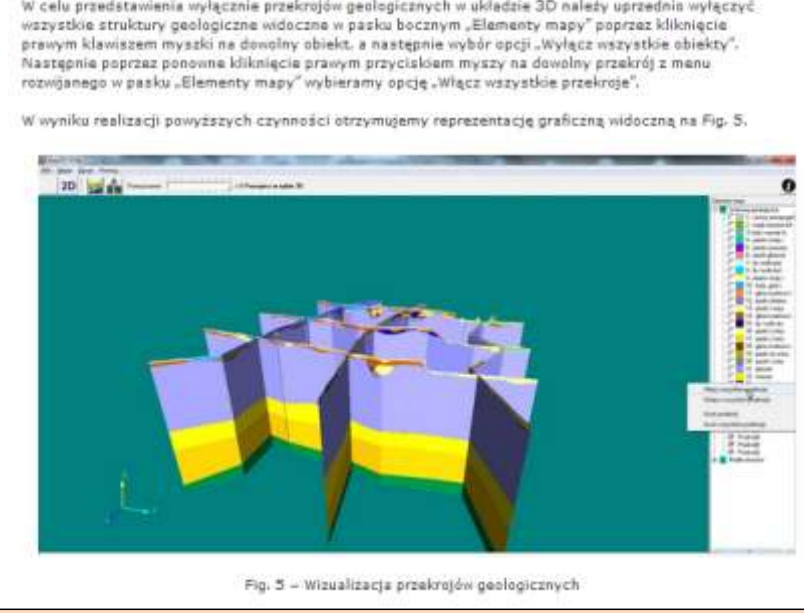
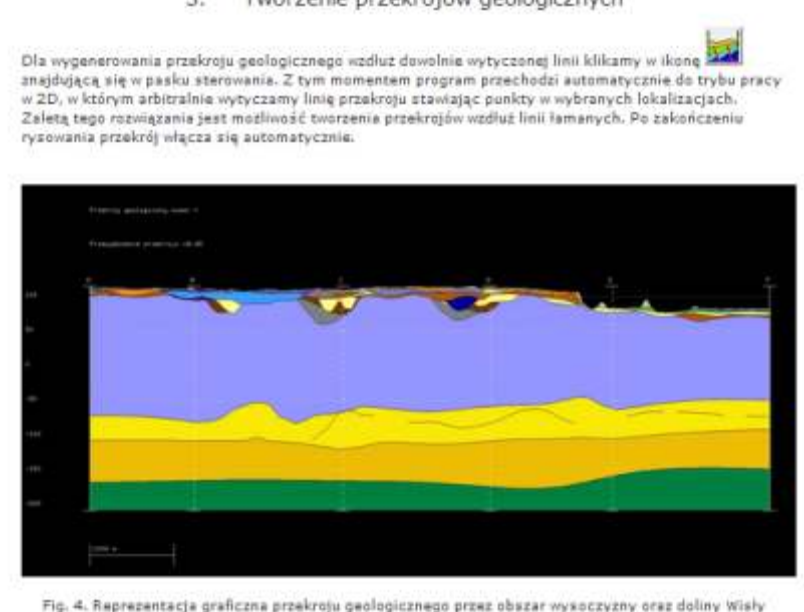
Metodologia

On-line model

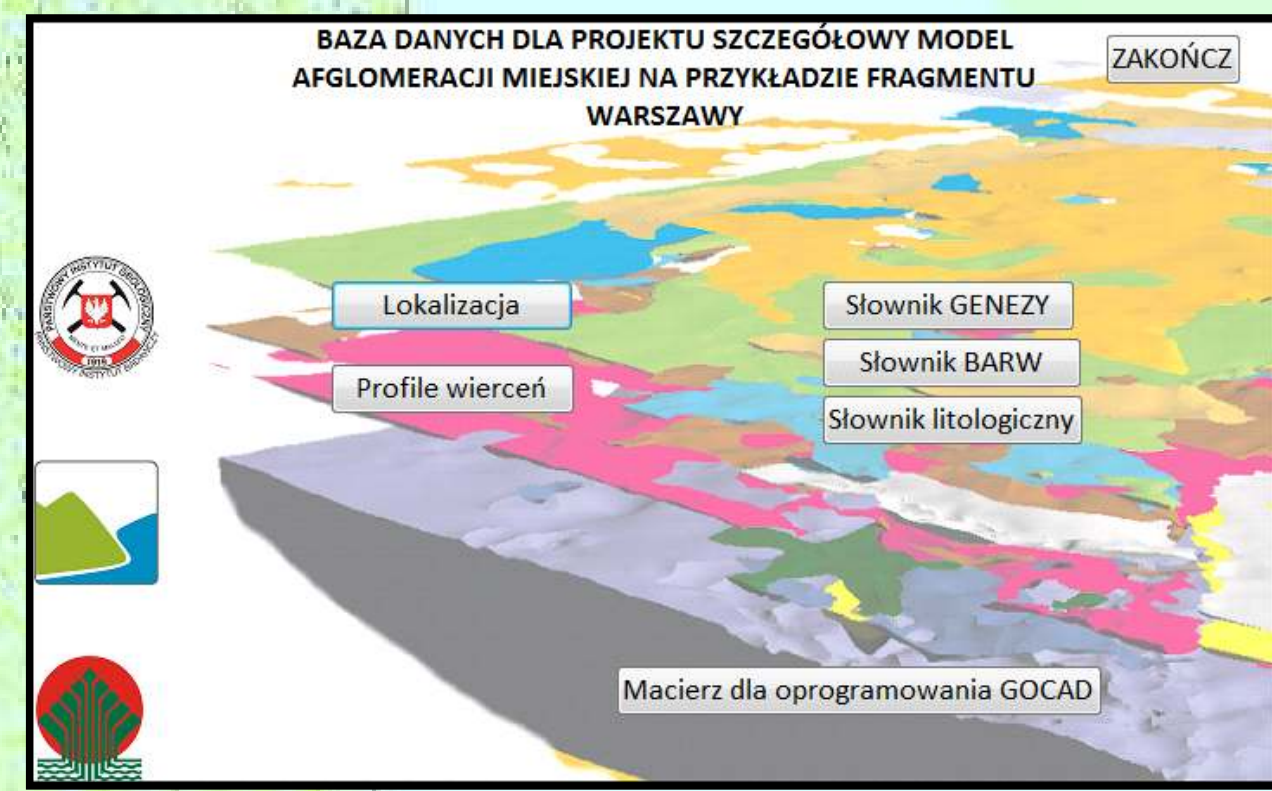
Baza danych

Jednym z głównych celów była popularyzacja nauk o ziemi i ułatwienie dostępu do zasobów wiedzy o budowie wglębnej budowie Warszawy zarówno dla geologów, jak i dla społeczeństwa. Szczególną uwagę przywiązano do znalezienia łatwego w obsłudze narzędzia wizualizacji. Taką cechą posiada oprogramowanie wolnego dostępu Geo3D autorstwa Z. Małolepszego i K. Wójcika z Uniwersytetu Śląskiego.

Podstawową zaletą programu jest bardzo przyjazny interfejs umożliwiający prezentację modeli w formie trójwymiarowych brył oraz generowanie przekrojów i profili geologicznych w dowolnie wybranych lokalizacjach w oparciu o model typu surface-based opracowany w aplikacji Paradigm GOCAD. Oprogramowanie posiada wszystkie standardowe narzędzia interaktywne i jest stabilne przy pracy na komputerach o niewielkiej mocy obliczeniowej. Kolejną zaletą jest instrukcja, która przeprowadza użytkownika przez proces tworzenia przekrojów geologicznych. Szczegółowe informacje o jednostkach litologicznych uwzględnionych w modelu są dostępne na stronie projektu, w tabeli stratygraficznej.



Instrukcja opisująca procedurę generowania przekrojów geologicznych



Dedykowana baza danych integruje prawie 8000 profili wiercení oraz dane geofizyczne pochodzące z istniejących tematycznych baz Państwowego Instytutu Geologicznego z nowo-pozyskanymi danymi od prywatnych firm. Jej struktura jest zgodna z Centralną Bazą Danych Geologicznych. Baza danych jest niezależną aplikacją zawierającą zharmonizowaną klasyfikację wydziałów litologicznych, genetycznych oraz stratygraficznych.

Wnioski

Aby przedstawić wizualizację przestrzennych relacji litologicznych utworów piętra kenozoicznego, wykorzystano dwie metody: modelowanie typu „surface-based” oraz sekwencyjną symulację wskaźnikową (SISim). W ostatnim etapie modelu geologicznego został zintegrowany z wybranymi warstwami miejskiej infrastruktury tj. drogi i trakcja kolejowa, aby zwiększyć jego analityczne zastosowanie. Złożona architektura relacji litologicznych utworów czwartorzędowych wymagała odmiennego podejścia w stosunku do procedur stosowanych przy analizach struktur wglębnych pod kątem analizy basenów naftowych. Zarówno w aplikacji GSI 3D, jak i Paradigm GOCAD wykorzystano informację z wielu opracowanych przekrojów geologicznych, aby zebrać możliwie kompletny zestaw danych o opracowania powierzchni spagowych. Przestrzenny model centralnej części aglomeracji Warszawy daje możliwość dokonywania szerokiego spektrum interaktywnych obserwacji. Ilość danych pozyskanych z przestrzennego modelu jest nieporównywalnie większa niż w przypadku klasycznych 2D reprezentacji kartograficznych. Są to takie dane jak kubatura, kształt, horyzontalny zasięg, morfologia stropu i spagu wydziałów geologicznych. Dodatkowo stochastyczne symulacje pozwalają ilościowo określić niepewność geologiczną otrzymanych modeli litofacyjnych, co z kolei znacząco poprawia ich wartość merytoryczną. Zaprezentowane wyniki dowodzą, że zaproponowana metodologia jest odpowiednia, kiedy utwory czwartorzędowe są obiektem badań. Doświadczenia zdobyte podczas opracowania modelu wglębnej budowy geologicznej fragmentu Warszawy oraz opracowana metodyka przygotowania, weryfikacji i publikacji wyników stanowią doskonałe podstawy dla realizacji zbliżonych tematycznie projektów badawczych z wykorzystaniem narzędzi przestrzennego modelowania przez Państwową Służbę Geologiczną.



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4
00-975 Warszawa, Polska
Tel. 48 22 45 92 000, Fax 48 22 45 92 001
sekretariat@pgi.gov.pl

www.pgi.gov.pl