

Uczenie maszynowe w szacowaniu wartości parametrów termicznych gruntów na podstawie danych archiwalnych PIG-PIB

Od danych geotechnicznych do wiarygodnej parametryzacji przewodności cieplnej

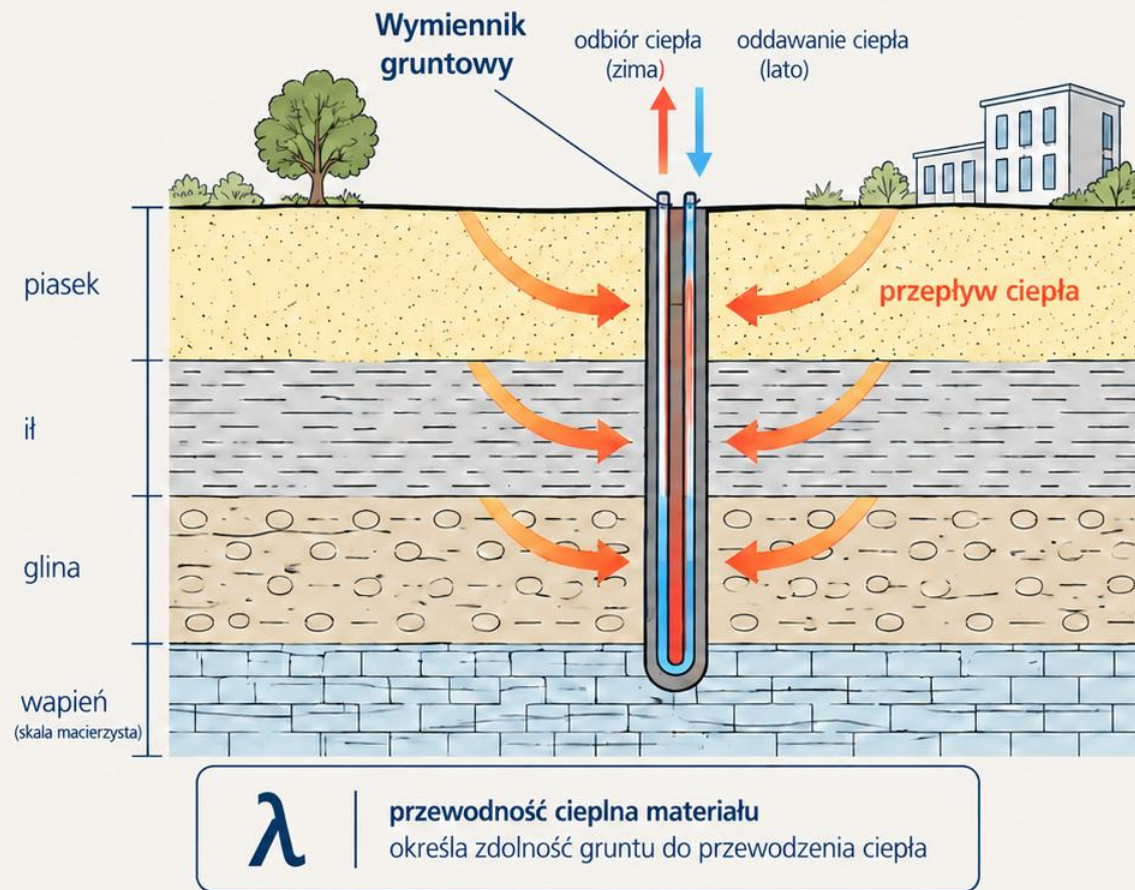
Mateusz Żeruń, Ewa Jagoda, Edyta Majer



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

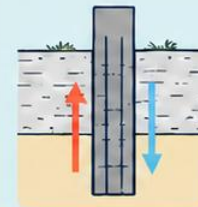


Znaczenie przewodności cieplnej w opisie i modelowaniu podłoża



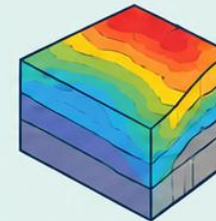
Geotermia płytka

Gruntowe wymienniki ciepła wykorzystują 'stabilną' temperaturę podłoża.



Konstrukcje termoaktywne

Pale, ściany szczelinowe i płyty fundamentowe mogą wymieniać ciepło z podłożem.



Modelowanie przepływu ciepła

Przewodność cieplna jest kluczowym parametrem w modelach cieplnych podłoża (profile, modele przestrzenne, bilanse cieplne).

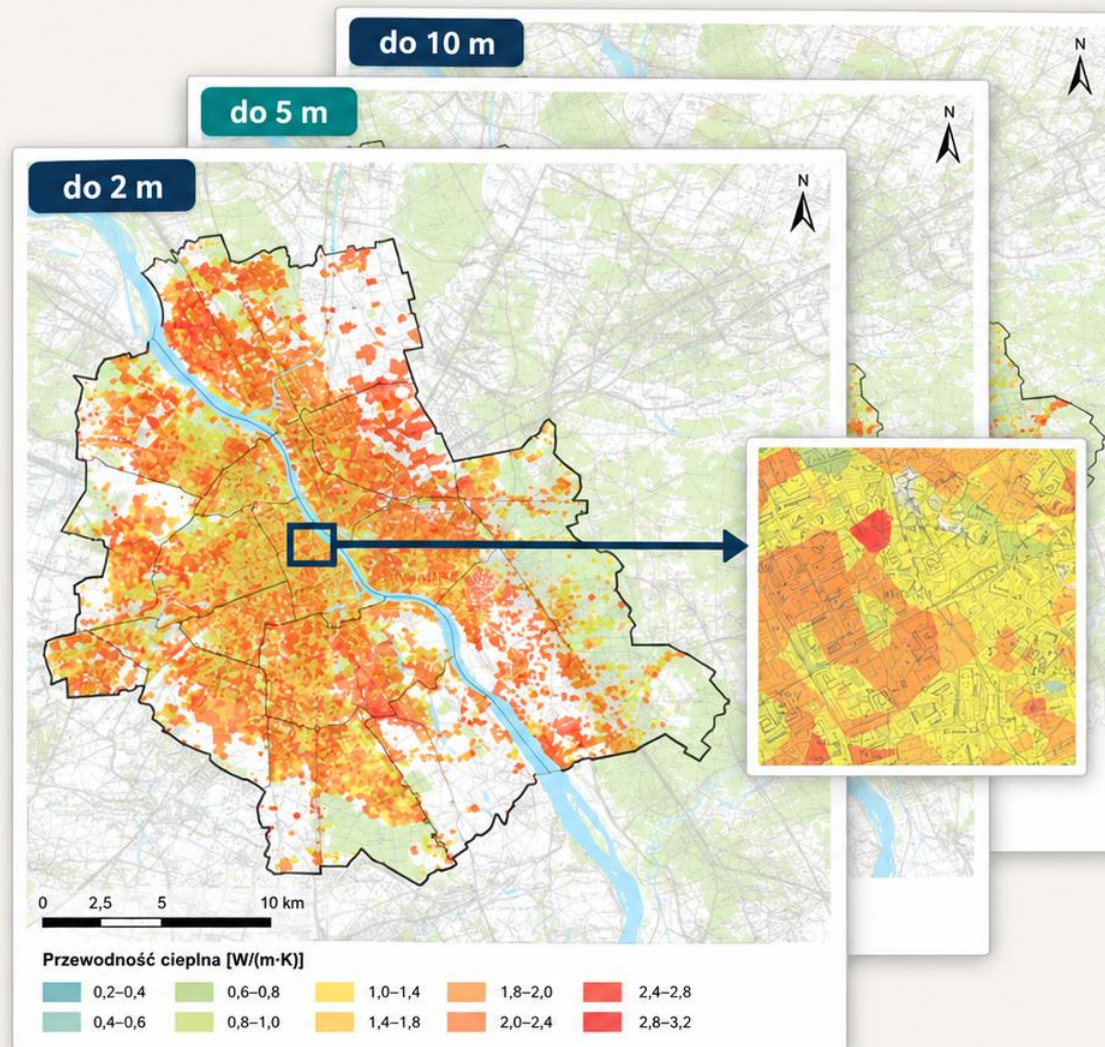


NARODOWY
OCHRONA
I GOSPODARSTWO

Przewodność cieplna jest potrzebnym parametrem materiałowym, ale jej bezpośrednie oznaczenie jest znacznie rzadsze niż podstawowe rozpoznanie geotechniczne.



Dane archiwalne jako podstawa parametryzacji właściwości termicznych podłoża



>35 000

otworów geologiczno-inżynierskich



≈166 000

wydziałów litologicznych

Od danych do produktu przestrzennego



profil otworu



parametryzacja
warstw



produkt
przestrzenny

*Wartości parametryzowane na podstawie danych archiwalnych –
nie są to bezpośrednie pomiary λ w każdym otworze.*



NAROI
OCHRO
i GOSP



Kompletność danych archiwalnych ogranicza poziom możliwej parametryzacji



Brak λ nie jest jedynym ograniczeniem — często brakuje również danych potrzebnych do jej wiarygodnego oszacowania.

Stan materiału wymaga opisu wykraczającego poza litologię



NAROI
OCHRO
i GOSP

Litologia określa rodzaj materiału,
a w i ρ_b opisują jego osiągnięty stan.



w i ρ_b są powiązane,
ale nie są redundantne.



Ilościowy opis stanu pozwala modelować zmienność przewodności cieplnej

1716

próbek w zbiorze
źródłowym

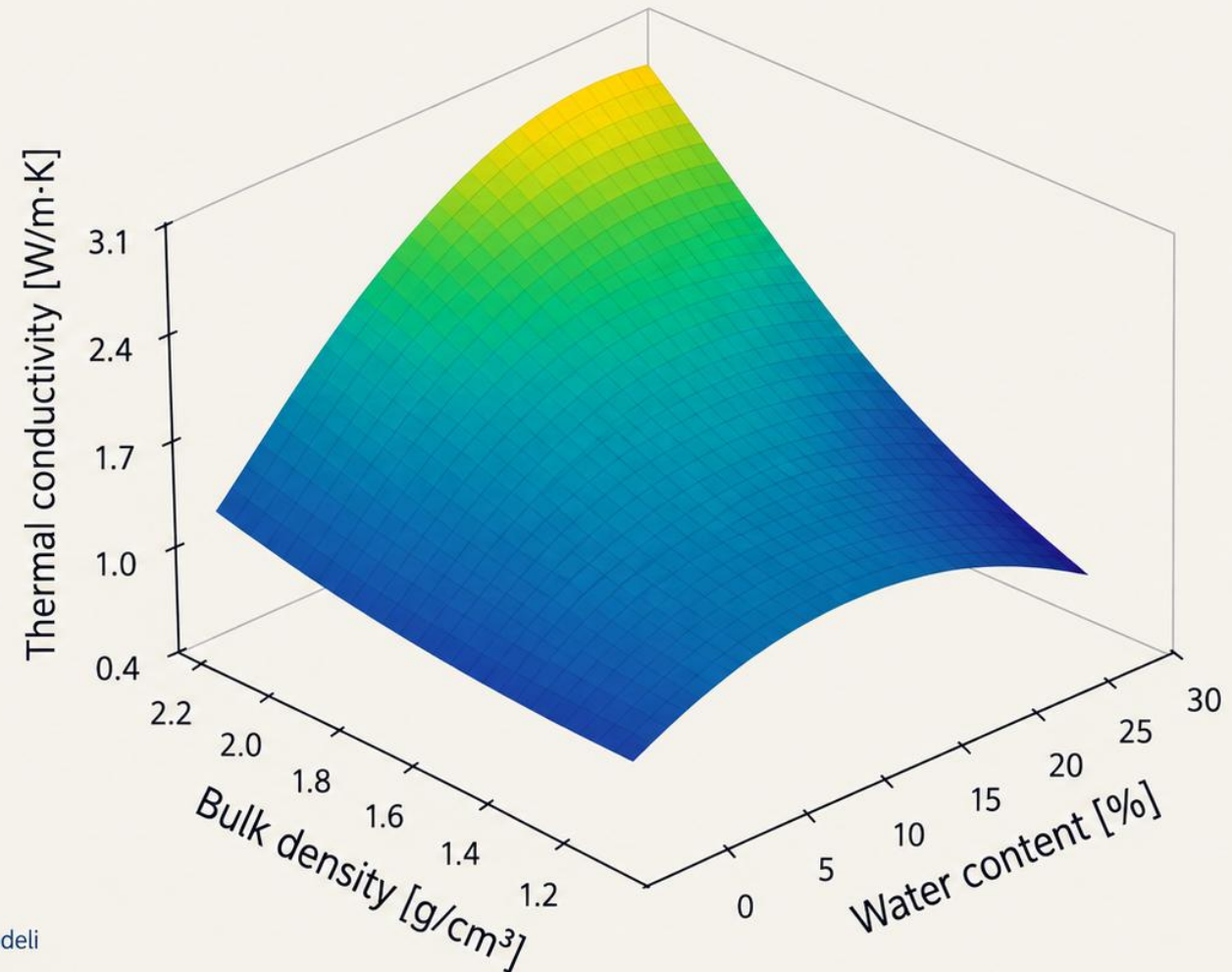
1455

pomiarów wykorzystanych
w modelowaniu
po wyłączeniu stanów powietrzno-suchych

$$\lambda = f(w, \rho_b)$$

Empiryczna powierzchnia odpowiedzi
w zakresie reprezentowanym przez dane.

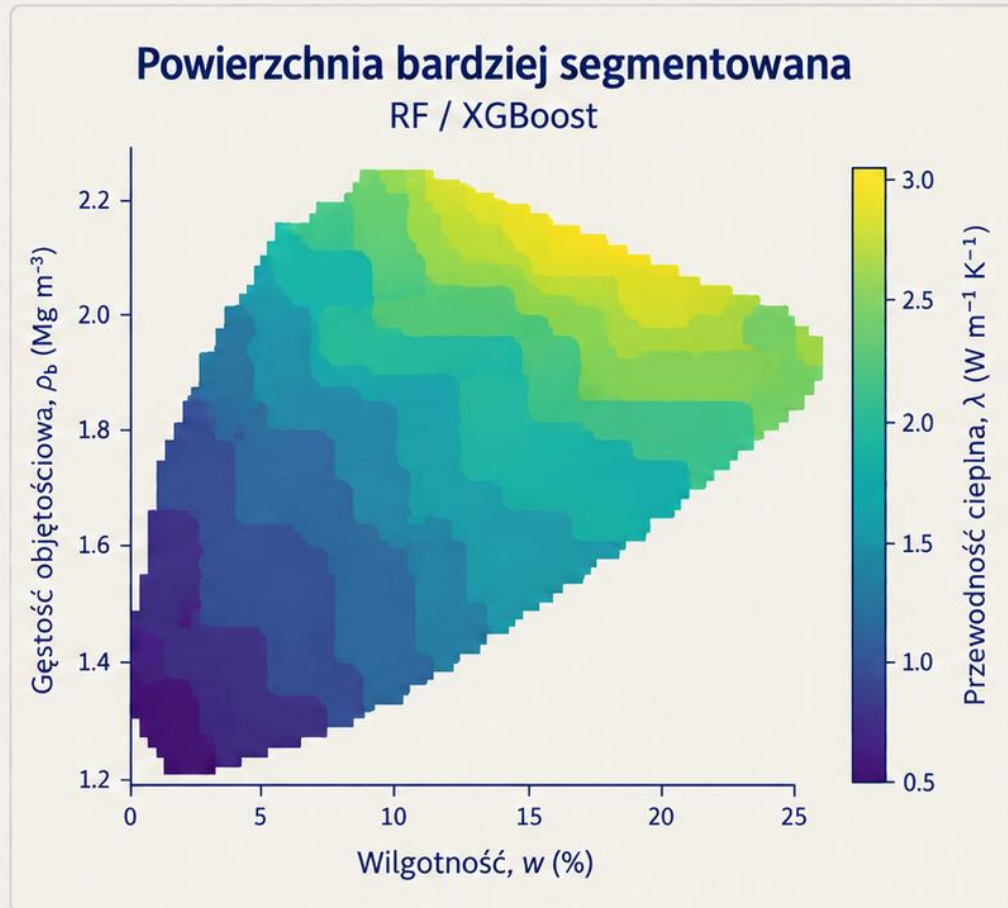
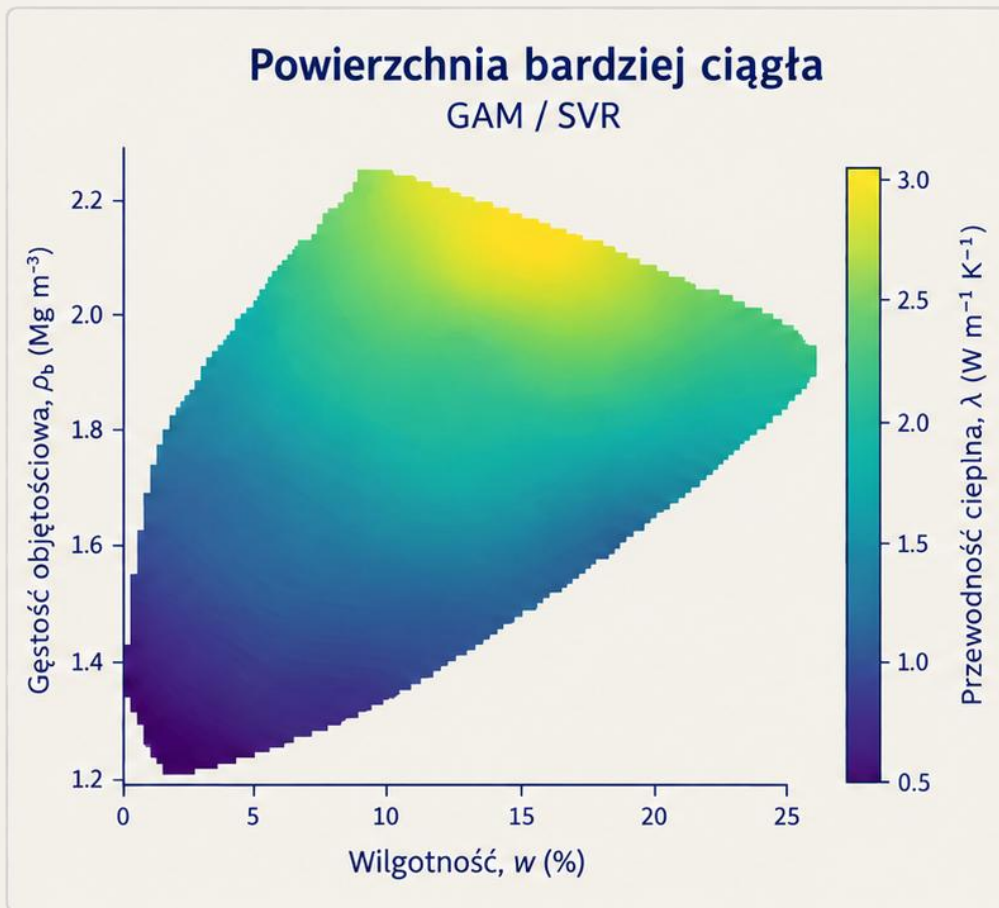
Etap wstępny: pierwsze próby sformalizowanej oceny modeli
także po kształcie powierzchni.
Od koncepcji PCI do późniejszych rozwinięć: FI i finalnie RSCI.



NARO
OCHR
i GOSI

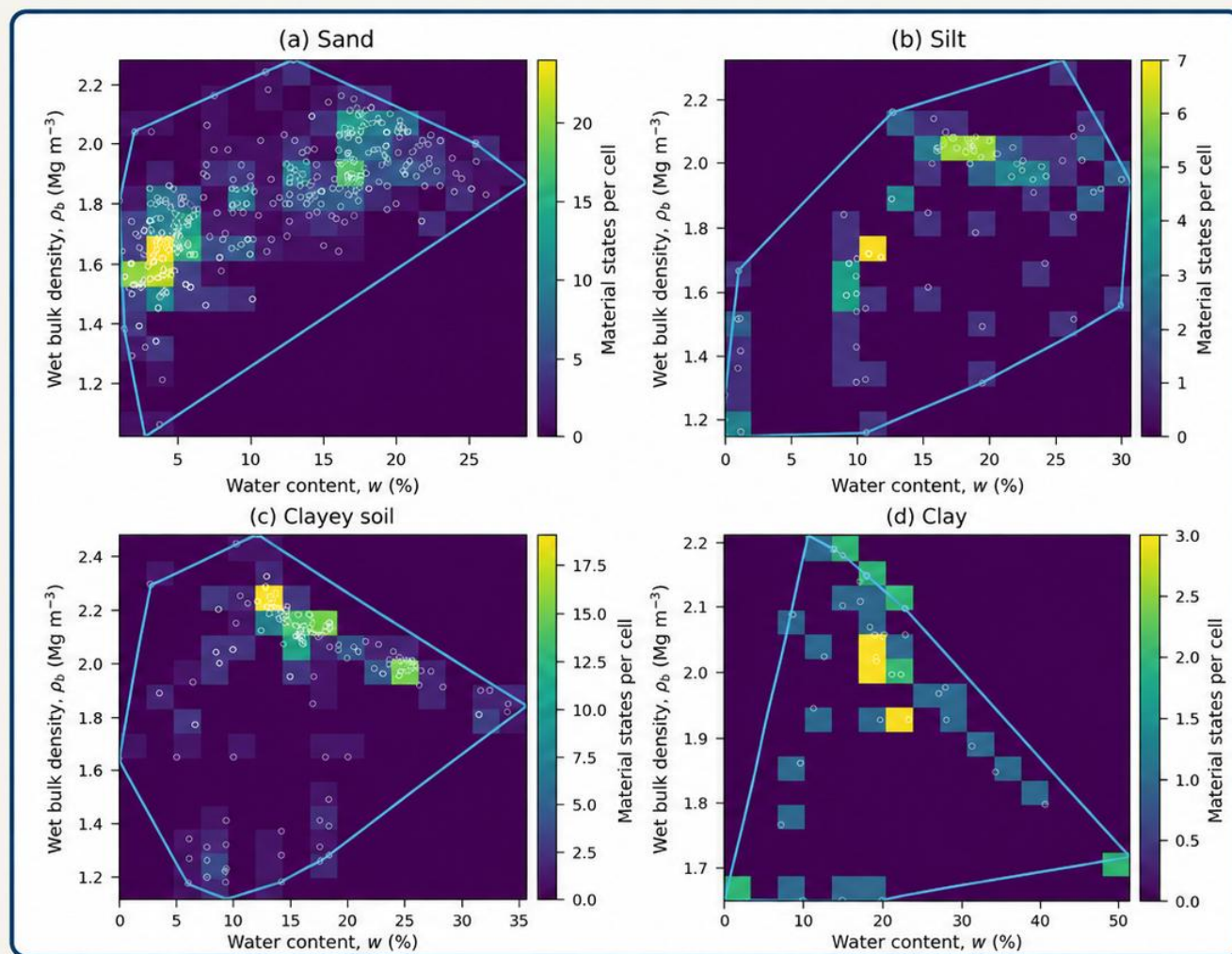


Podobny wynik statystyczny może ukrywać odmienne zachowanie modelu



Te same dane wejściowe mogą prowadzić do odmiennego wypełnienia przestrzeni między obserwacjami.

Litologie zajmują odmienne zakresy stanu materiału



Objaśnienia elementów wykresów

- punkty — obserwowane stany materiału
- tło — lokalne zagęszczenie danych
- obwiednia — zakres interpolacji

2242

obserwacje źródłowe

703

unikalne stany materiału

235

grup materiałów



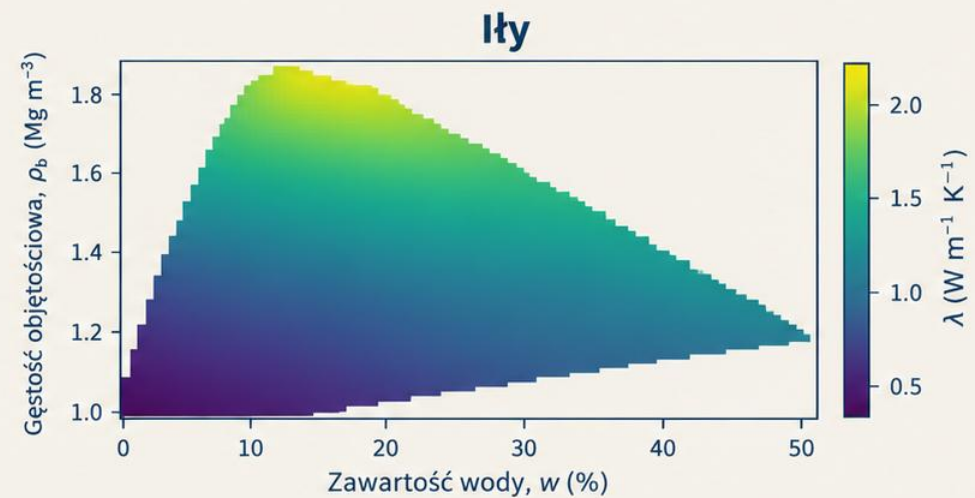
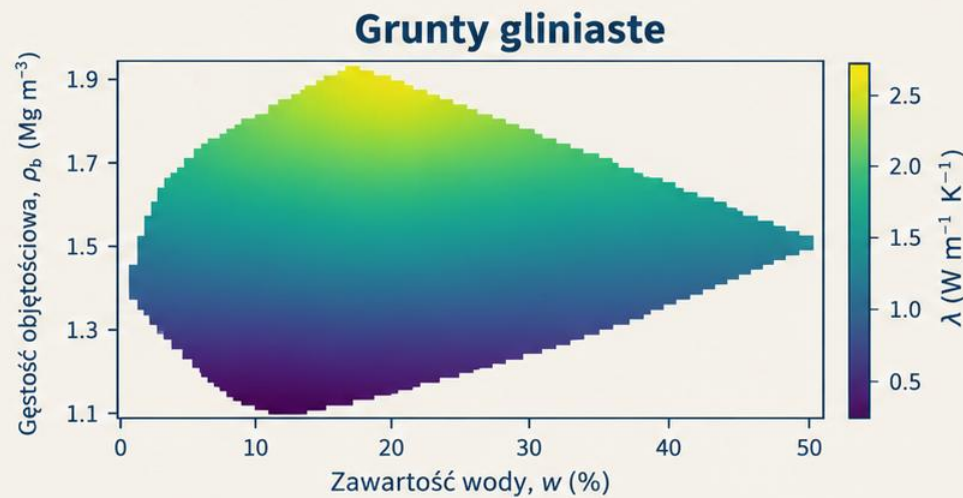
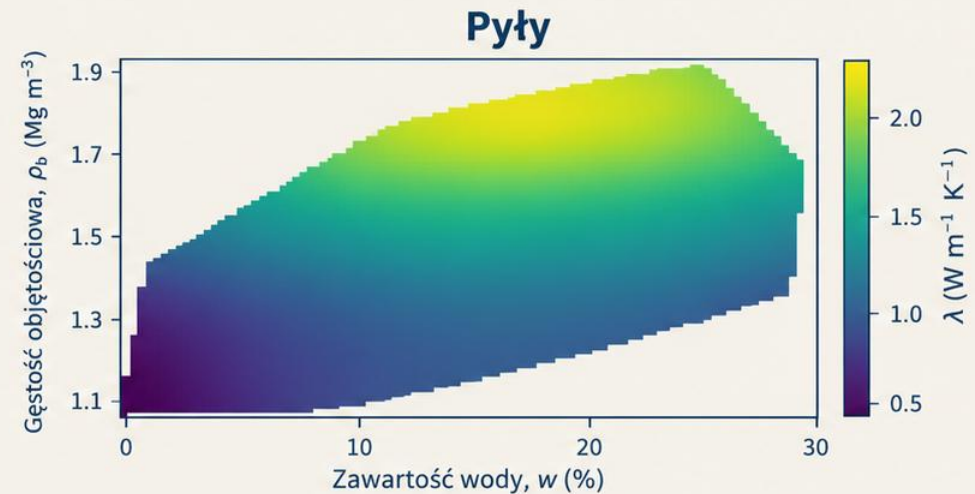
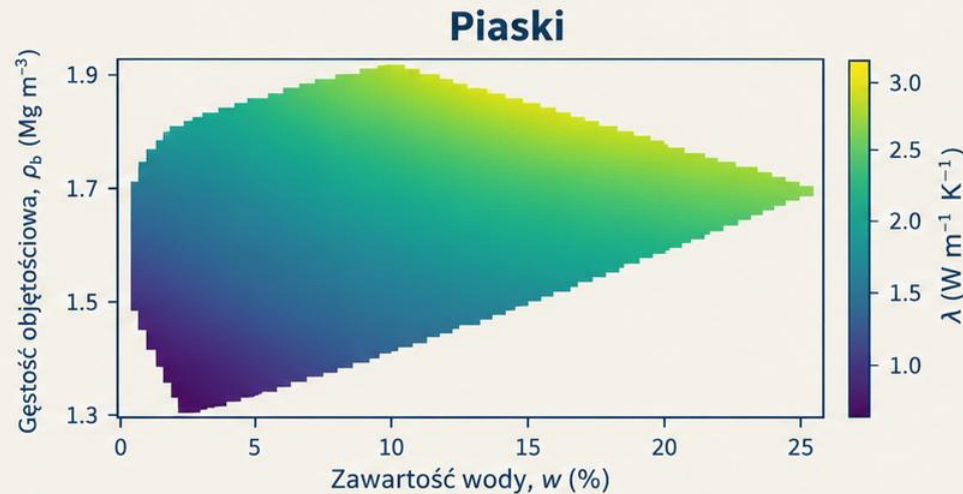
NAROI
OCHRO
i GOSP



Różne litologie zajmują odmienne zakresy wilgotności i gęstości objętościowej.



Przebieg przewodności cieplnej zależy od litologii i stanu materiału



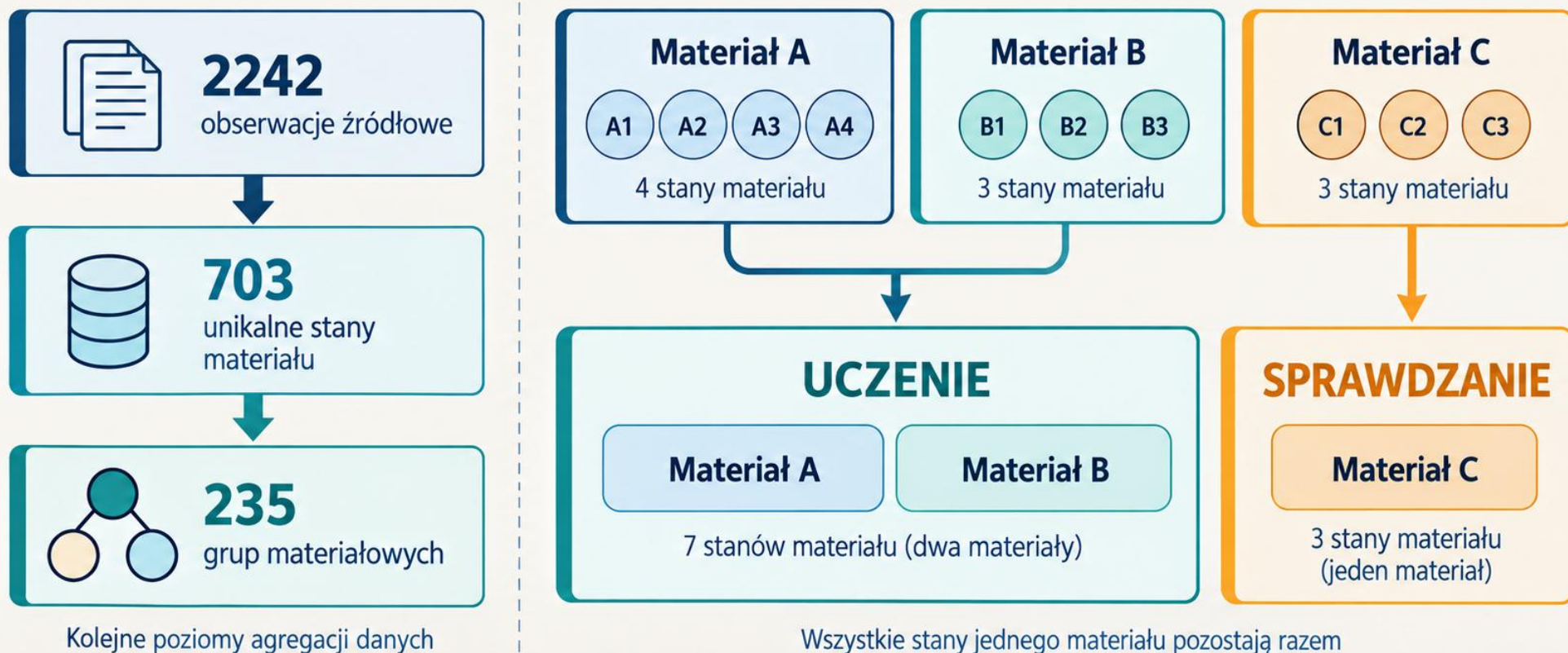
NAROI
OCHRO
i GOSP

Powierzchnie predykcyjne $\lambda = f(w, \rho_b)$ — modele z rodzin SVR lub GAM

Porównujemy geometrię odpowiedzi między litologiami.



Walidacja musi uwzględniać powiązania między próbkami tego samego materiału



NARODOWY
OŚRODEK
GEOLGICZNY



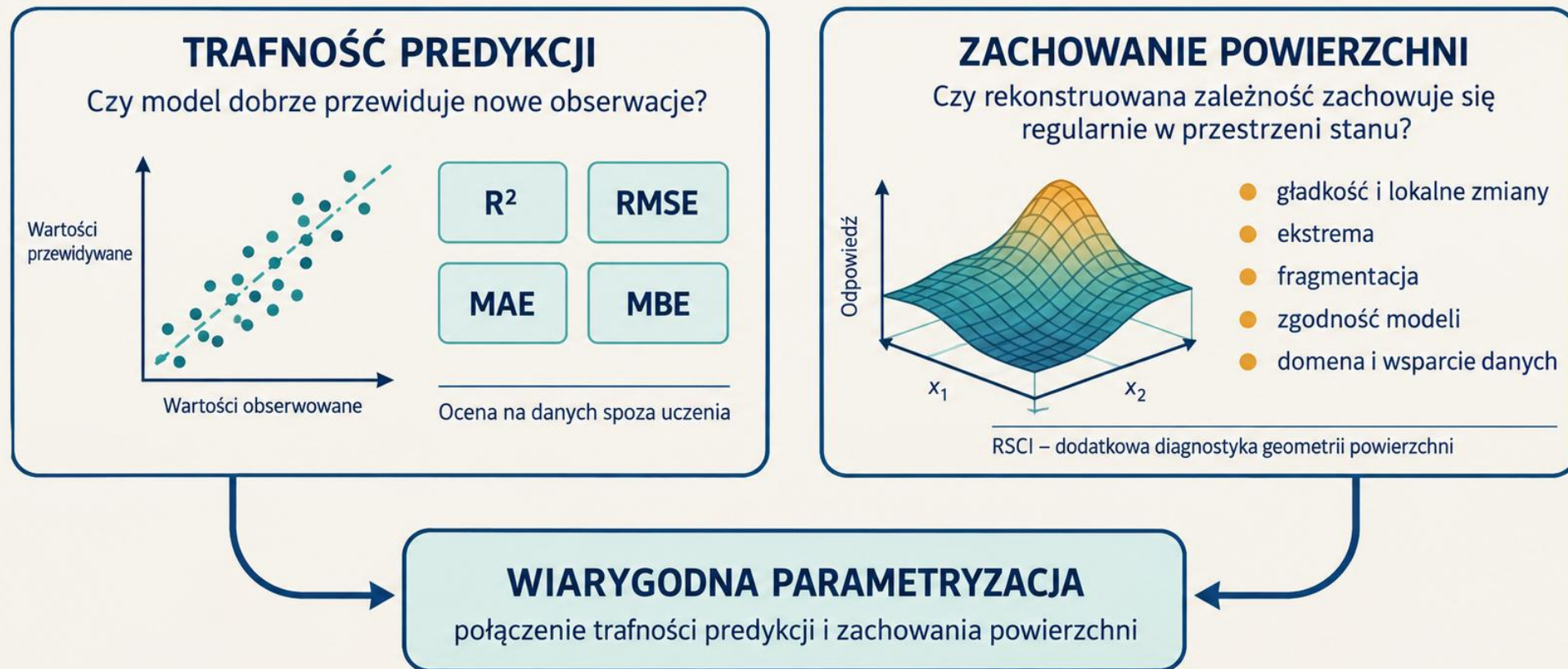
Wiele pomiarów nie oznacza wielu niezależnych gruntów

Model powinien być sprawdzany na materiałach, których nie widział podczas uczenia



Ocena modelu wymaga połączenia trafności predykcji i zachowania powierzchni

Ocena modelu wymaga dwóch uzupełniających się perspektyw

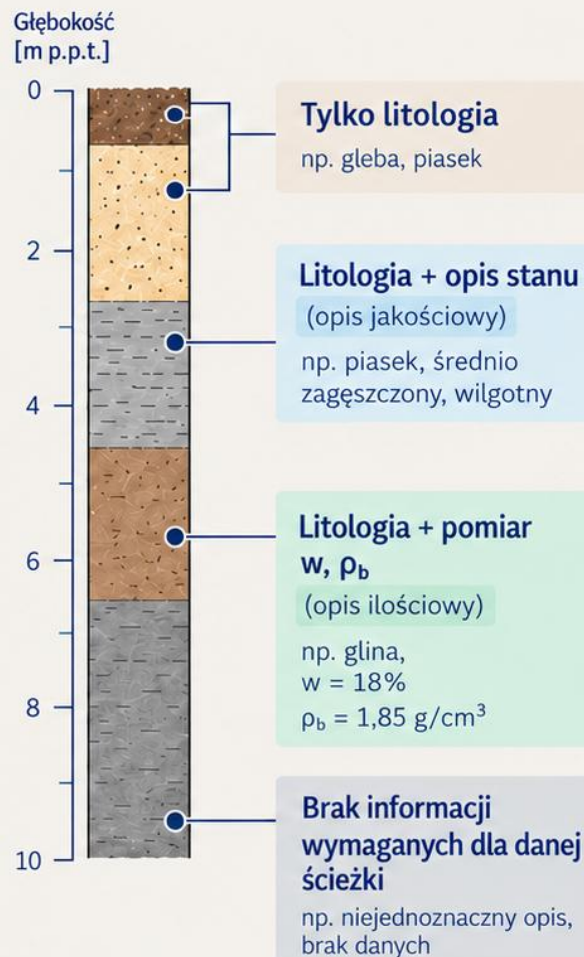


Dobra predykcja punktowa nie gwarantuje jeszcze odpowiedniej funkcji do ciągłej parametryzacji.

Poziom parametryzacji powinien odpowiadać jakości i kompletności danych wejściowych

1. INFORMACJA O WARSTWIE

Dostępne dane w profilu otworu.



2. ŚCIEŻKA PARAMETRYZACJI

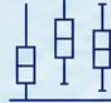
Dobór metody zgodnie z dostępną informacją.

V0 – poziom referencyjny



Wartość oparta głównie na klasyfikacji litologii.
Punkt odniesienia.

V1 – parametryzacja empiryczna



Wykorzystanie informacji archiwalnej o stanie materiału.
Rozwinięcie podejścia atlasowego.

V2 – parametryzacja zależna od stanu



Wykorzystanie powierzchni $\lambda = f(w, \rho_b)$ właściwej dla litologii.

DIRECT w i ρ_b dotyczą tego samego stanu warstwy.

LIMITED / TRANSFER stan rekonstruowany lub przenoszony z informacji archiwalnej.

V2-P / V2-B wybór powierzchni ze względu na cel: predykcja (P) lub ocena zachowania (B).



Brak zaawansowanej predykcji

Stosujemy metodę adekwatną do dostępnej informacji.

3. OD WARSTWY DO PRODUKTU PRZESTRZENNEGO

Kolejne etapy propagacji wyników.

λ dla warstwy

np. $1,72 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$



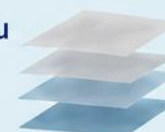
Profil otworu z wartościami λ



$\lambda_1 = 0,82$
 $\lambda_2 = 1,56$
 $\lambda_3 = 1,72$
 $\lambda_4 = 1,25$
[$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$]

Agregacja dla zadanego poziomu głębokości / przedziału

np. 1–2 m, 2–3 m, 3–5 m ...

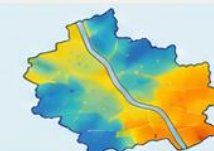


Punkty przestrzenne (atlas Warszawy)



- otwory archiwalne
- węzły siatki
- przypisane wartości λ

Mapa rozkładu λ (atlas Warszawy)



[$\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$]
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5

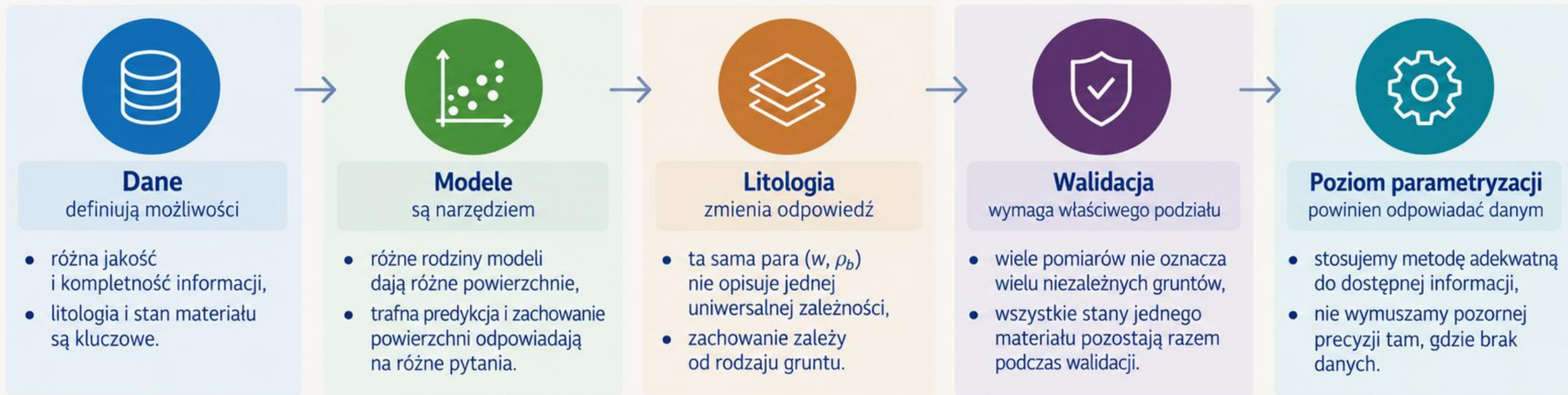


NA
OCI
i G

Od warstwy do mapy musi być zachowana informacja o sposobie wyznaczenia każdej wartości λ .



Wiarygodna parametryzacja przewodności cieplnej zaczyna się od informacji o gruncie.



WSPÓLNY CEL
WIARYGODNA PARAMETRIZACJA
wsparta danymi | świadomie modelowana | odpowiedzialnie stosowana



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ

PSG
PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA



Dziękuję za uwagę!

Uczenie maszynowe w szacowaniu wartości parametrów termicznych gruntów na podstawie danych archiwalnych PIG-PIB

Od danych geotechnicznych do wiarygodnej parametryzacji przewodności cieplnej

Mateusz Żeruń, Ewa Jagoda, Edyta Majer
e-mail: mateusz.zerun@pgi.gov.pl



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

