

# Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego



**7. WPGI**  **2021**

**JĘDRZEJ WIERZBICKI**

Instytut Geologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
jwi@amu.edu.pl



# Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego

*Jędrzej Wierzbicki*

## PLAN PREZENTACJI

1. Model geologiczno-inżynierski a geostatystyka
2. Niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego
3. Interpolacyjne metody analizy
4. Grupowanie danych dyskretnych
5. Grupowanie danych ciągłych
6. Podsumowanie

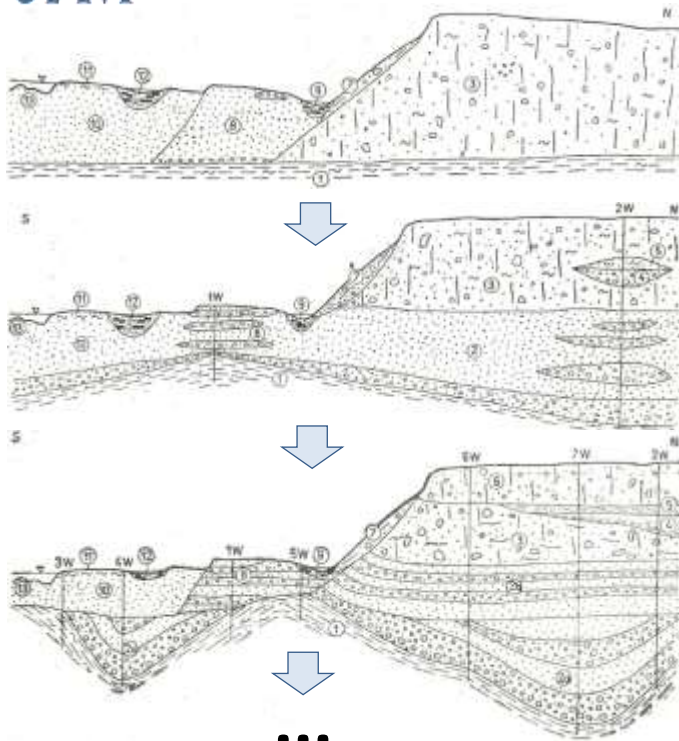


### Model geologiczno-inżynierski:

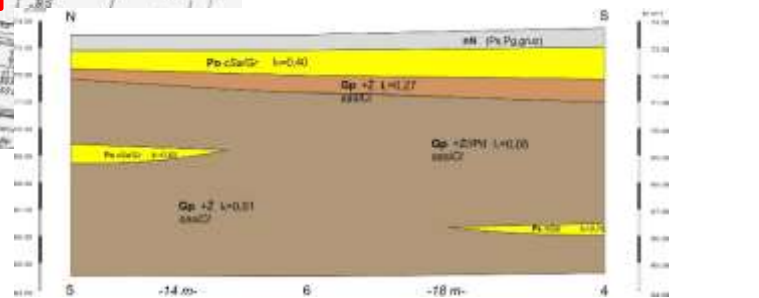
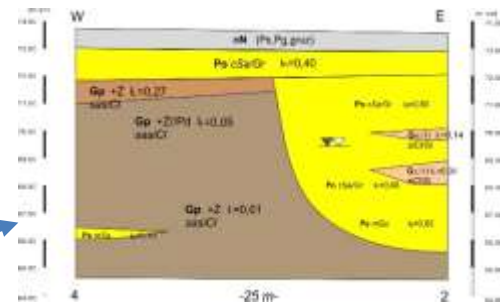
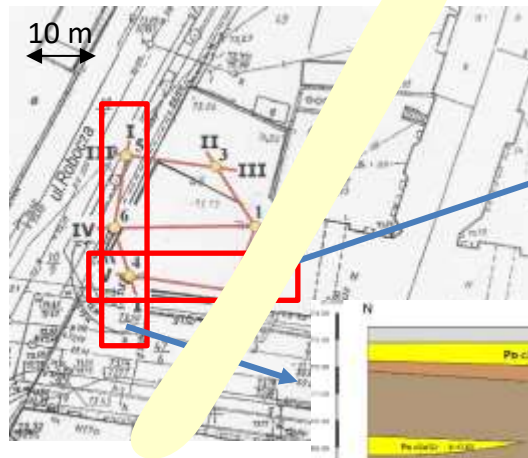
- model budowy podłoża, w którym wyznacznikiem struktury modelu są cechy geologiczne (litologia, tektonika...) oraz właściwości geotechniczne,
- jest pochodną wiedzy o układzie warstw geologicznych (zwykle w kontekście litologiczno-stratygraficznym) oraz wiedzy o zmienności właściwości geotechnicznych podłoża. Informacje te mogą się pokrywać, lecz nie muszą.

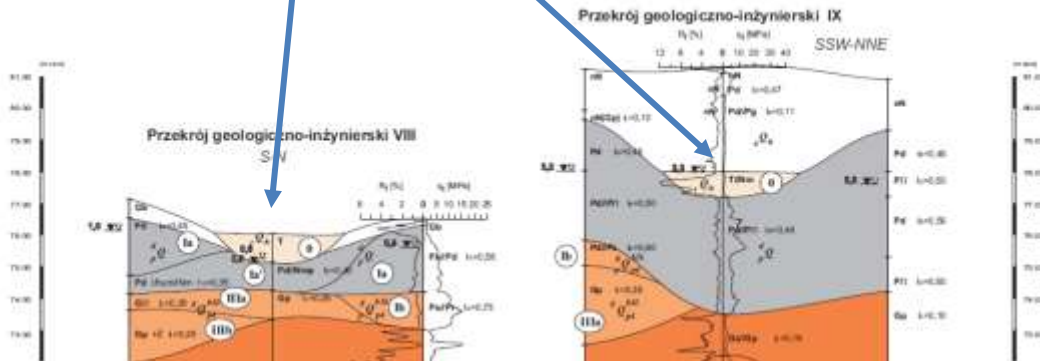
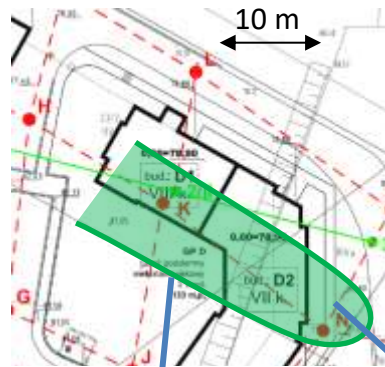
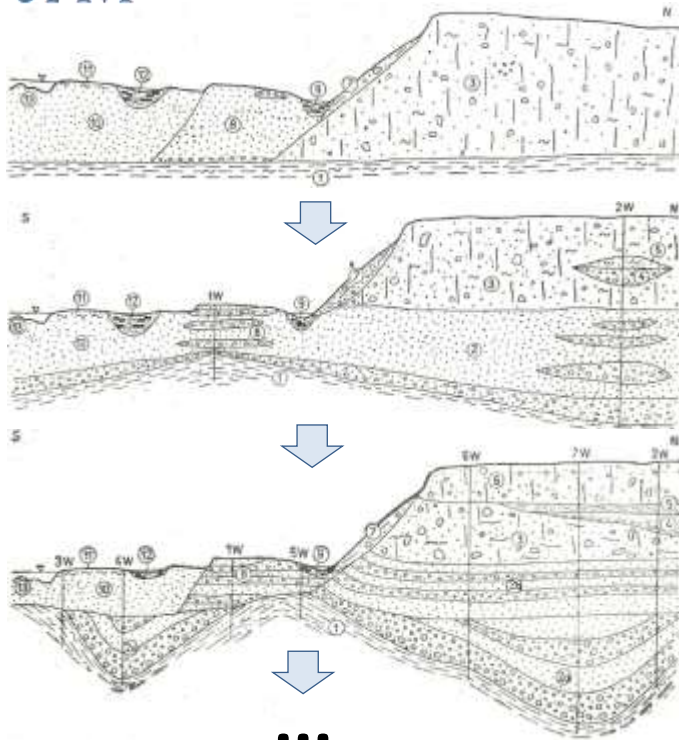
Statystycznie możemy analizować dane (dyskretne lub ciągłe) – w geostatystyce mogą to być bardzo różne cechy, np. głębokość zalegania lub własność materiałowa utworu (gruntu).

## Przykład Poznań-Wilda (2001)



(Kowalski; 1987)





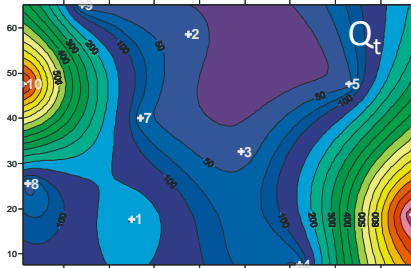


# Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego

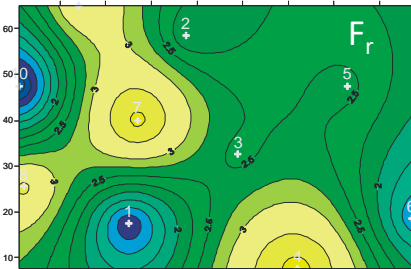
Jędrzej Wierzbicki

Interpolacja 2D - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2005)

Kriging



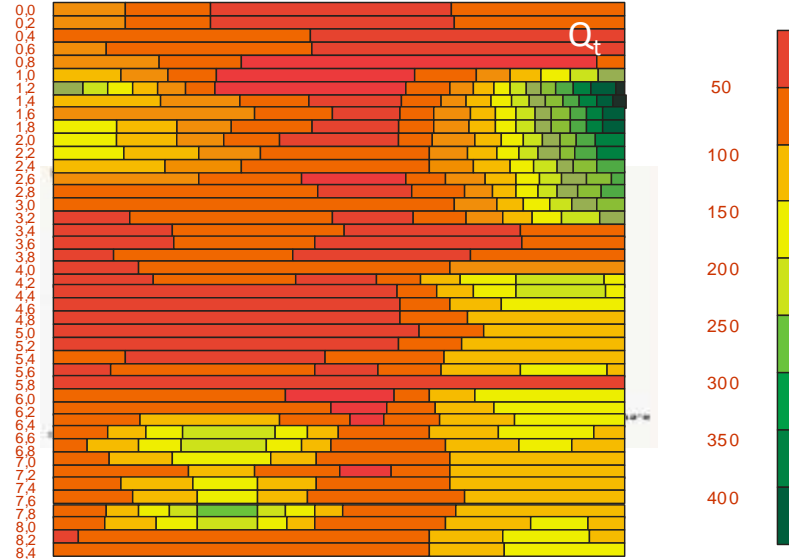
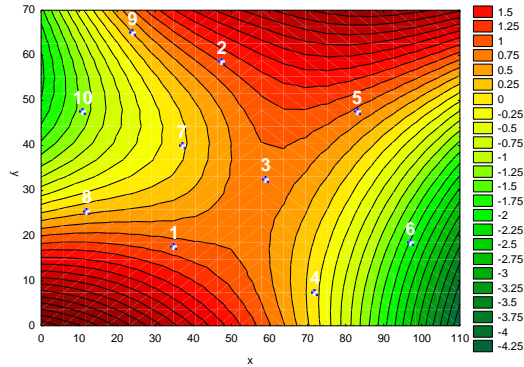
2,0 m



2,0 m

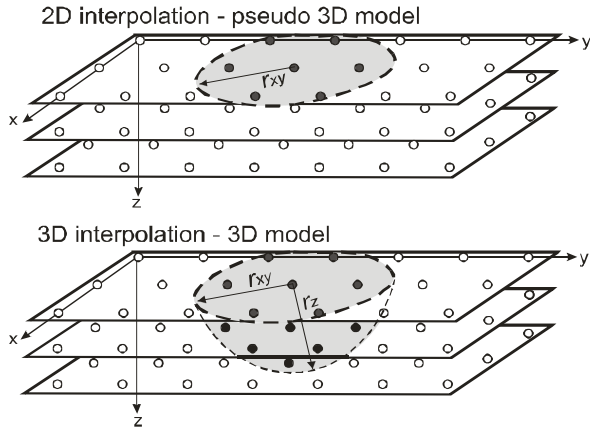
+ Korelacje kanoniczne

$Q_t + F_r$  na głębokości 2m



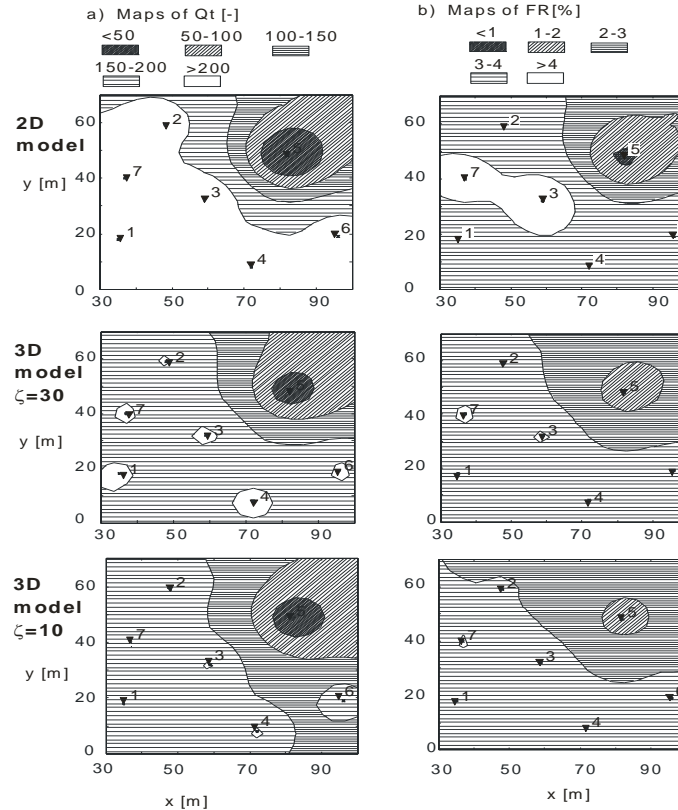


Interpolacja 3D - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2007)

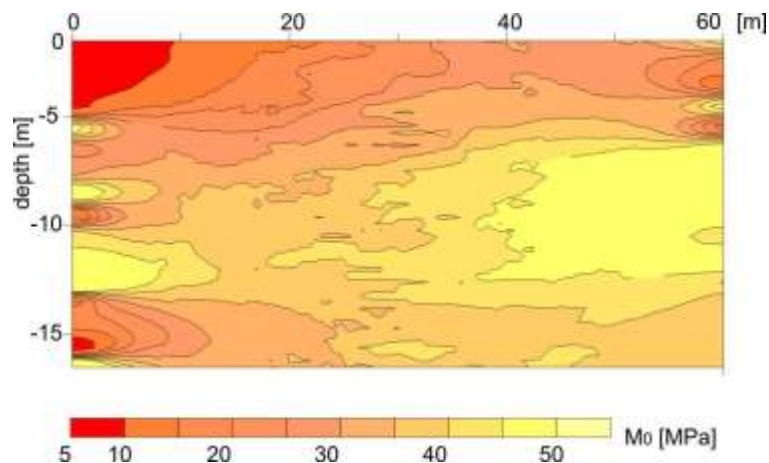
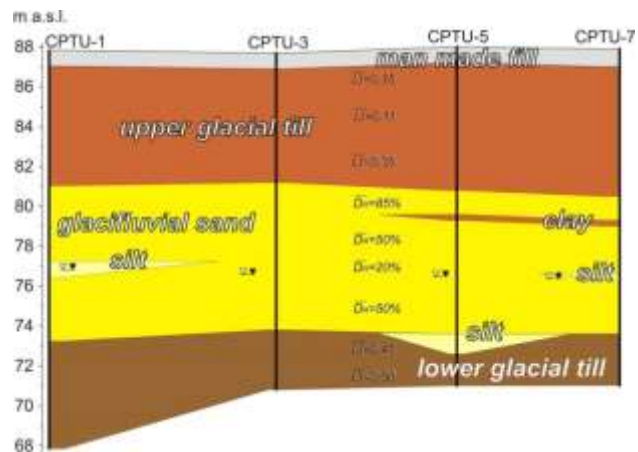


$$v_0 = \frac{\sum_{i=1}^{|N(v_0)|} w_i v_i}{\sum_{i=1}^{|N(v_0)|} w_i}, \quad w_i = \frac{1}{(d_i + s)^p}$$

$$d_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2 + \zeta(z_0 - z_i)^2}$$



Właściwa metoda? - (Tumay, Karasulu, Młynarek, Wierzbicki; 2011)



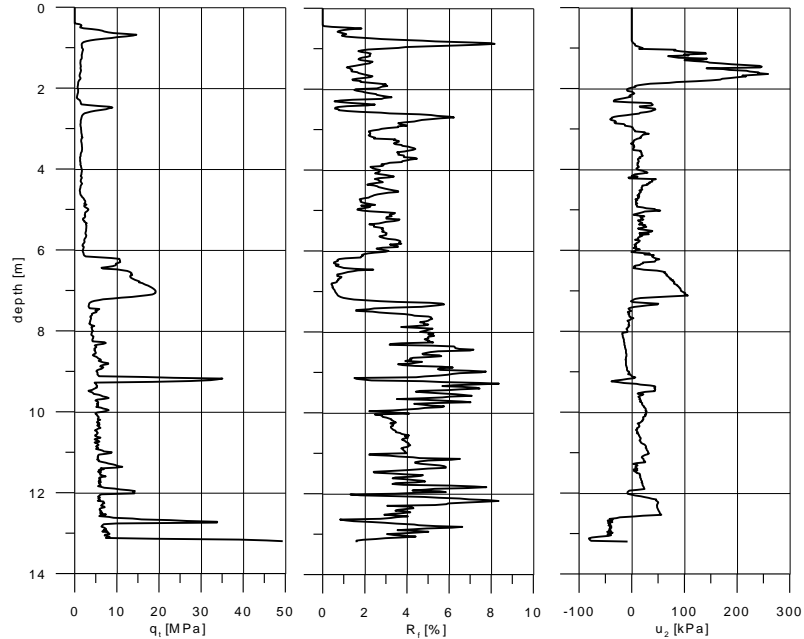
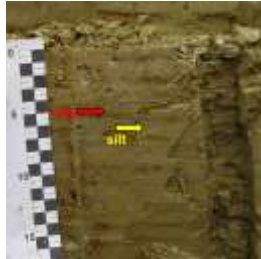
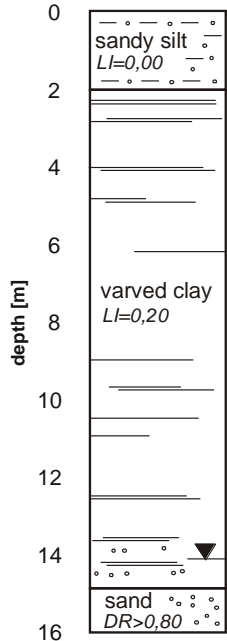




# Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego

Jędrzej Wierzbicki

Jak grupować? - (Wierzbicki; 2007)



model generalny

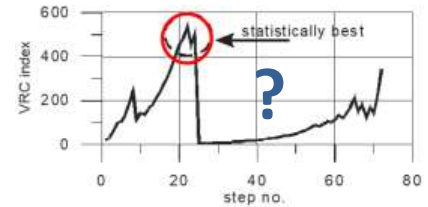
?

model serii

$\bar{X}$  - co 0,2 m

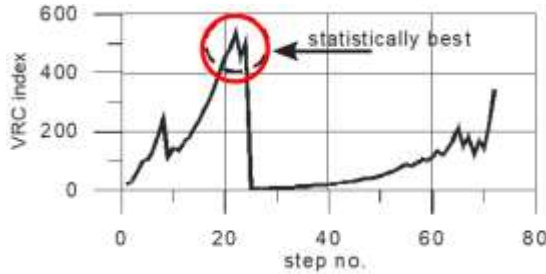
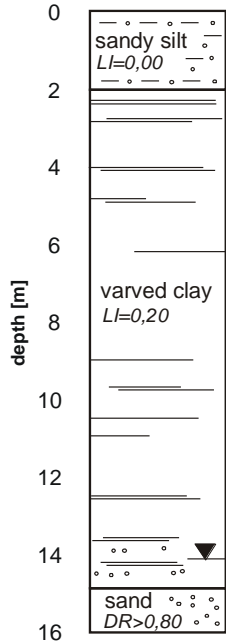
?

$\bar{X}$  - co 0,1 m



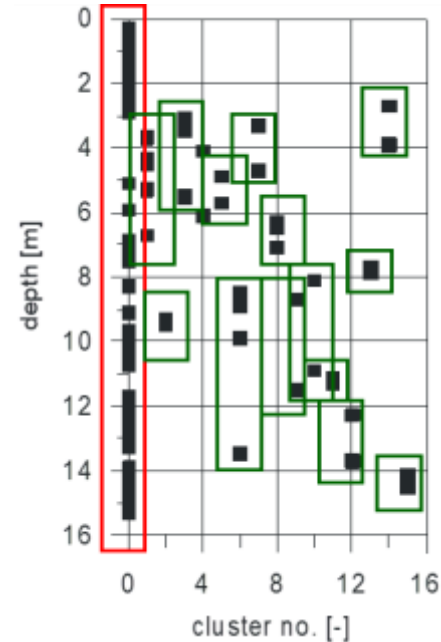
Caliński i Harabasz (1974)

## Jak grupować? - (Wierzbicki; 2007)



$$VRC = CH(K) = \frac{tr(B(C_K))/(K-1)}{tr(W(C_K))/(n-K)}$$

Caliński i Harabasz (1974)

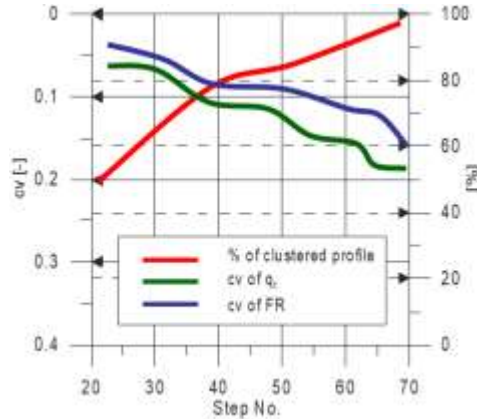
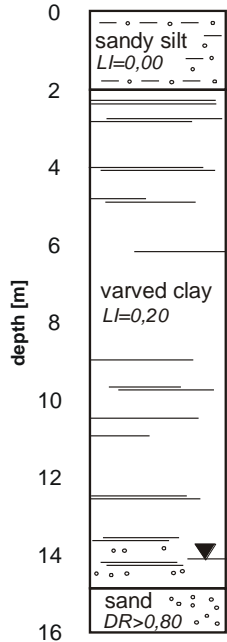




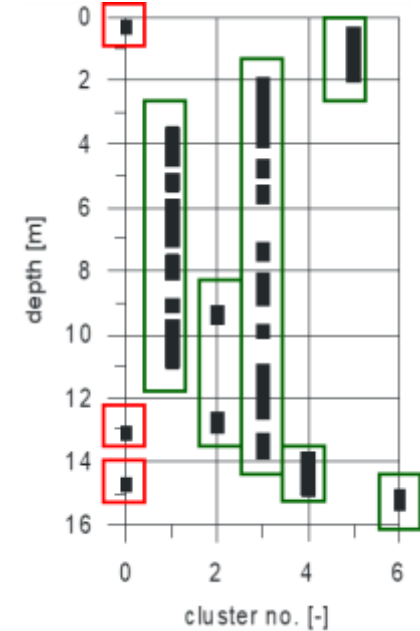
# Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego

Jędrzej Wierzbicki

Jak grupować? - (Wierzbicki; 2007)

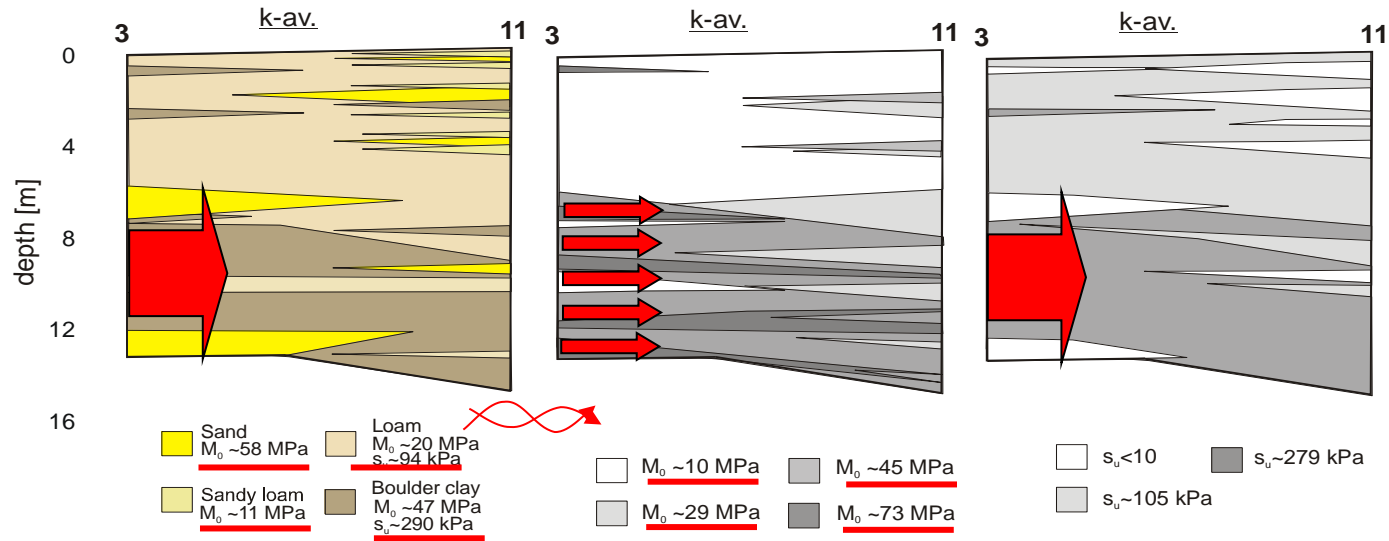


$$CV_{aw,m} = \frac{\sum_1^n (l_m CV_m)}{n_m}$$

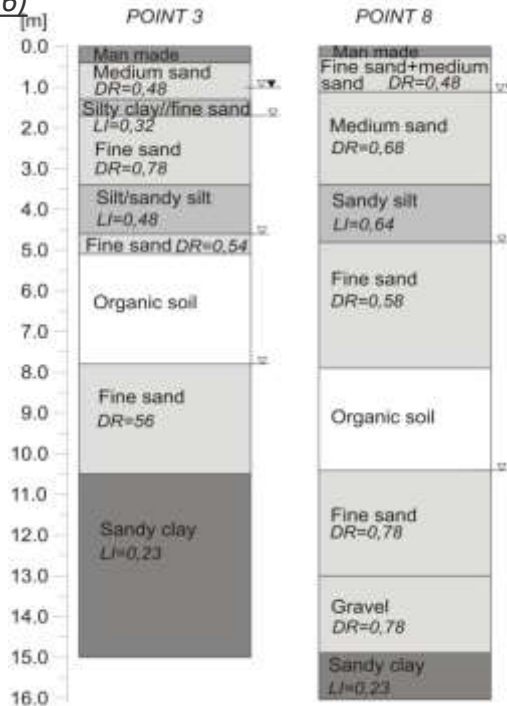
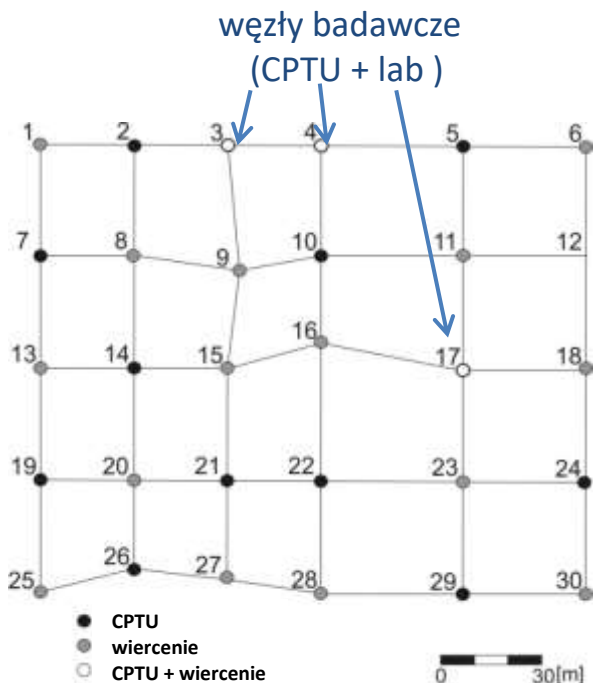




Jak grupować? - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2007)



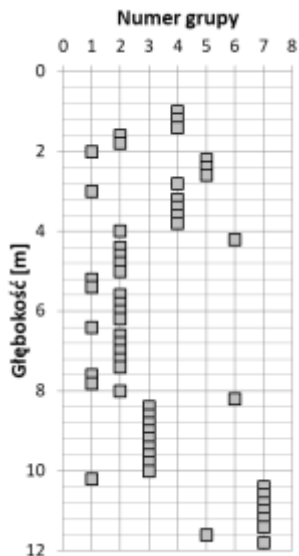
## Model łączony - (Wierzbicki, Stefaniak, Smağa, Wołyński; 2016)





## Model łączony - (Wierzbicki, Stefaniak, Smağa, Wołyński; 2016)

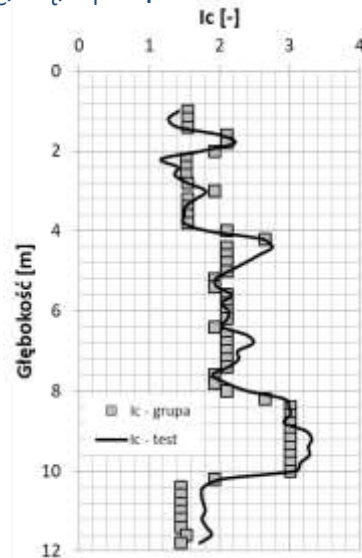
Profil pogrupowany



Obliczenie wartości reprezentatywnych  $I_c$ ,  $Q_{\tau}$ ,  $F_r$  w każdej grupie

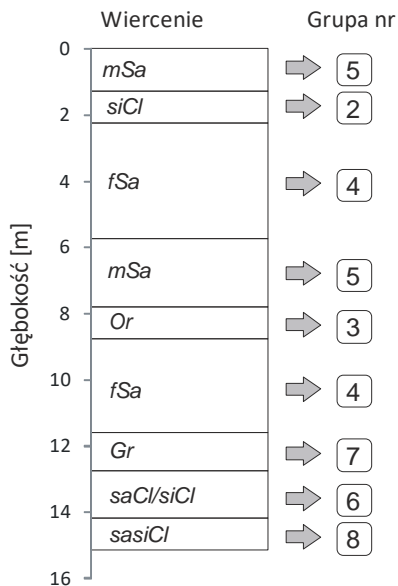


Wartości reprezentatywne  $I_c$ ,  $Q_{\tau}$ ,  $F_r$  w profilu CPTU



**Model łączony** - (Wierzbicki, Stefaniak, Smağa, Wołyński; 2016)

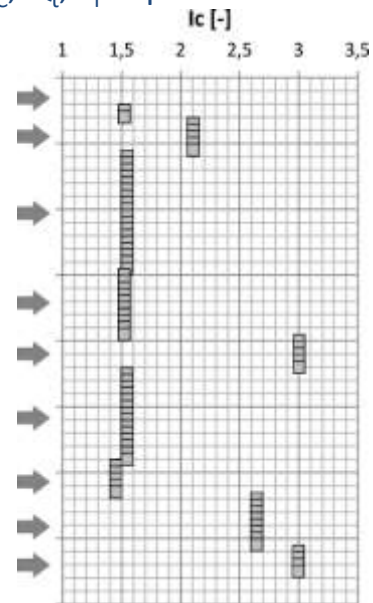
Przyporządkowanie grup wyników wiercenia



Baza wartości  
 $I_C, Q_{t^*}, F_r$   
z badań CPTU

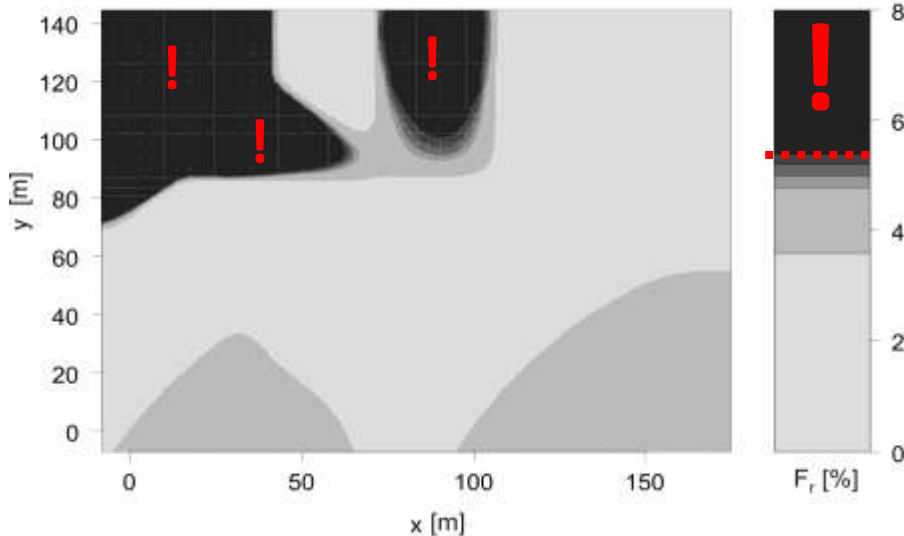


Wartości reprezentatywne  
 $I_C, Q_{t^*}, F_r$  w profilu wiercenia

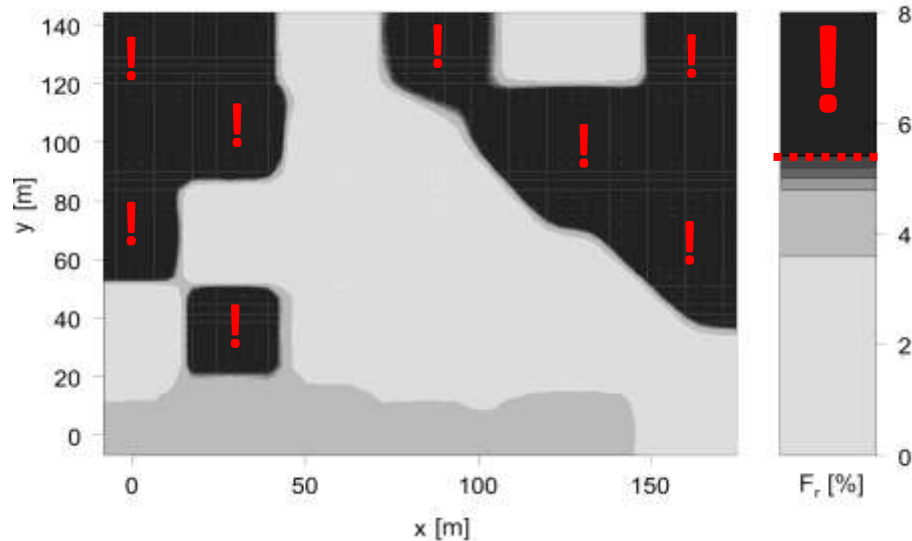


## Model łączony - (Wierzbicki, Stefaniak, Smała, Wołyński; 2016)

Tylko badania CPTU

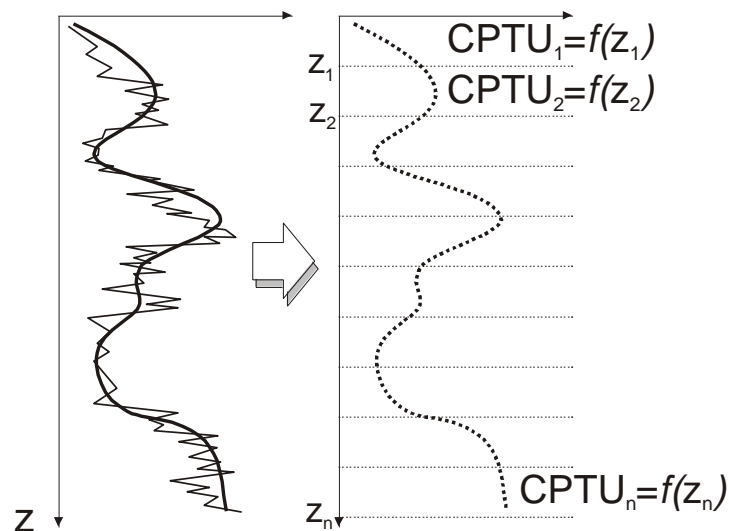
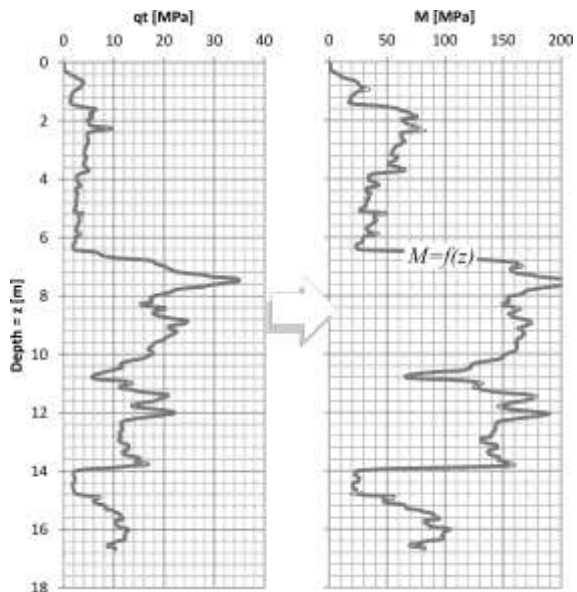


Model łączony (CPTU + wiercenia)



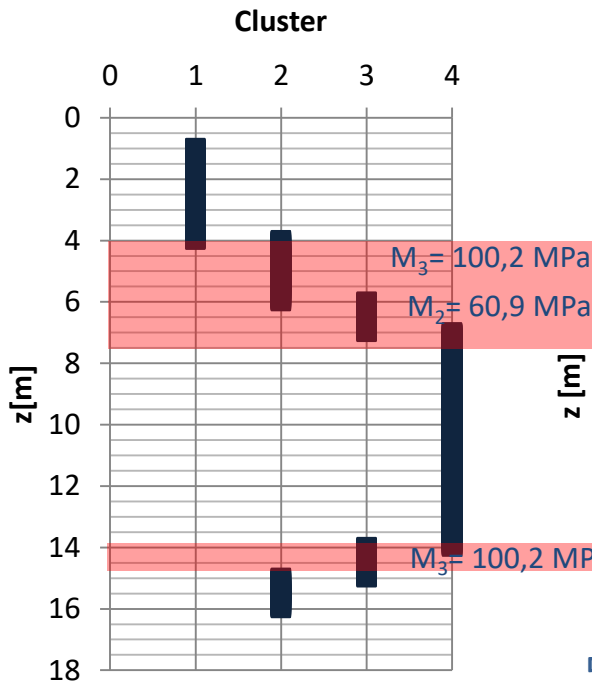
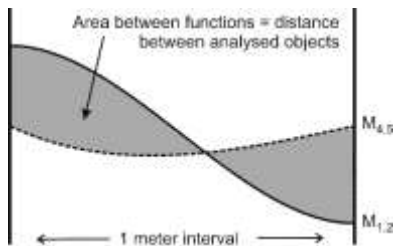
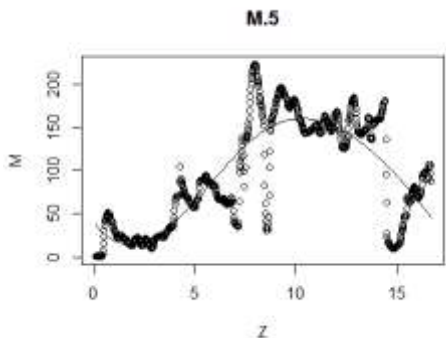
$F_r > 5,3$  wskazuje obecność warstwy organicznej – grupa nr 3

## Funkcja własności gruntu - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2018)

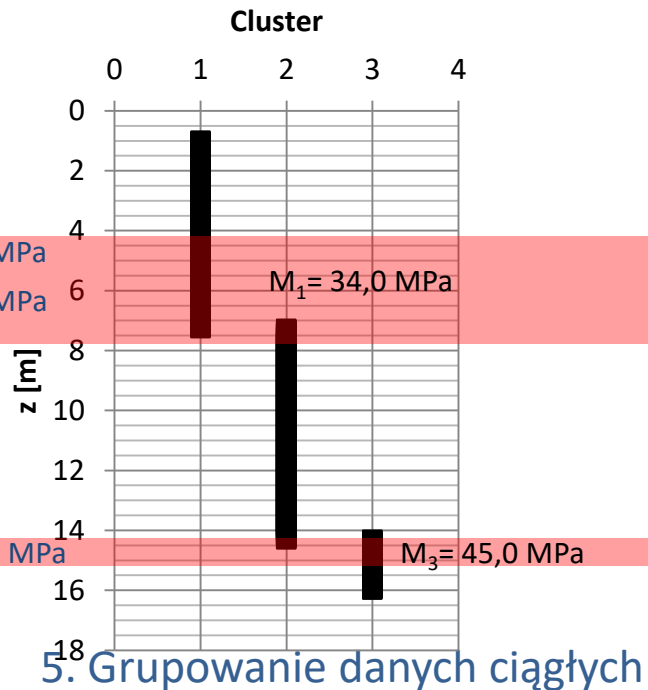


## Funkcja własności gruntu - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2018)

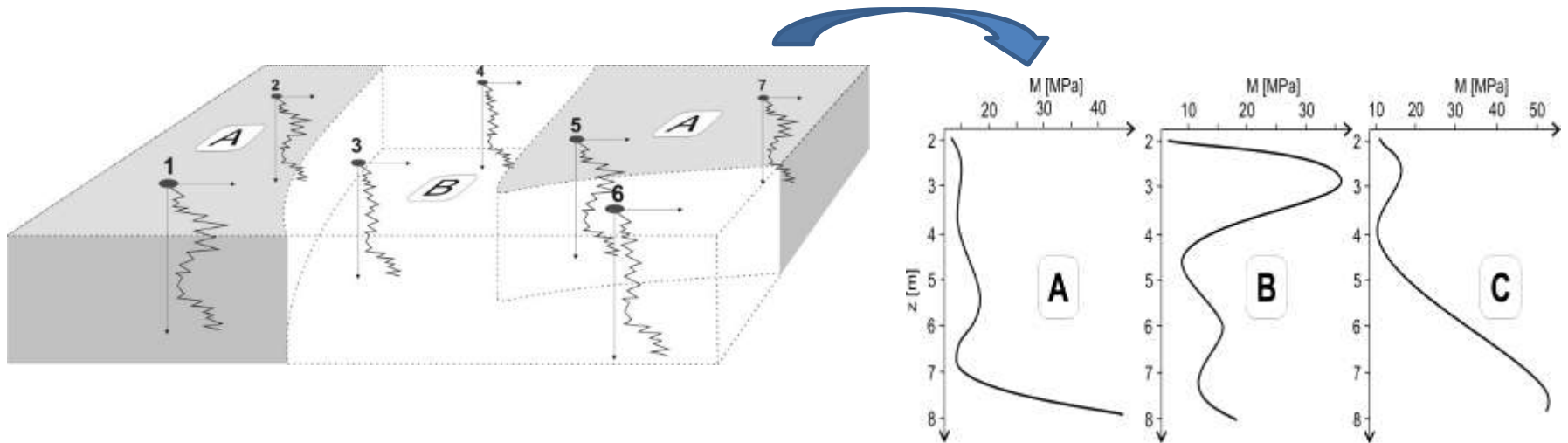
grupowanie danych w postaci funkcji



grupowanie danych dyskretnych



## Funkcja własności gruntu - (Młynarek, Wierzbicki, Wołyński; 2018)







## Geostatystyczne modelowanie podłoża a niepewności modelu geologiczno-inżynierskiego

*Jędrzej Wierzbicki*

- 1 – Zastosowanie metod interpolacyjnych daje interesujące efekty wizualne, jest jednak wątpliwe z punktu widzenia statystycznej „kontroli” własności gruntu, a tym samym wykorzystania w analizie ryzyka.
- 2 – Większe możliwości w tym względzie daje wykorzystanie analizy skupień, szczególnie w kontekście budowy modeli łączonych (geotechnika + geologia + analiza skupień + interpolacja).
- 3 – Problem „strefy przejściowej”.
- 4 – Szerokie możliwości wykorzystania analizy danych ciągłych, wymagają jednak zmiany podejścia obliczeniowego w projektowaniu geotechnicznym.

