



Branschsamverkan i Grunden

# BIG Seminarium

## Branschsamverkan | Grunden

Effektiv parameterutvärdering



# Projektorganisation



*Stefan Larsson, KTH*



*Rasmus Müller, Tyréns*



*Anders Prästings, KTH/Tyréns*



# Projektets mål

*”Syftet med projektet är att undersöka hur geotekniska undersökningar kan utformas för att på ett effektivt sätt ligga till grund för utvärdering av geotekniska egenskaper.”*  
*([www.big-geo.se](http://www.big-geo.se))*

# Publikationer (urval)

Müller, R., Larsson, S., & Spross, J. (2014). Extended multivariate approach for uncertainty reduction in the assessment of undrained shear strength in clays. *Canadian Geotechnical Journal*, 51(3): 231–245.

Lingwanda, M. I., Prästings, A., Larsson, S., & Nyaoro, D. L. (2016). Comparison of geotechnical uncertainties linked to different soil characterization methods. *Geomechanics and Geoengineering*, pp. 1–15.

Hov, S., Prästings, A., On empirical correlations for normalized shear strength from fall cone and direct simple shear tests in soft Swedish clay, Submitted to Geotechnical and Geological Engineering.

Prästings, A., Spross, J., Müller, R., Larsson, S., Bjureland, W., Johansson, F. (2017). Implementing the extended multivariate approach in design with partial factors for a retaining wall in clay. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 3(4): 04017015.

Prästings, A., Müller, R., & Larsson, S. (2017) Optimizing geotechnical site-investigations. *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul*, pp. 639-642.

Prästings, A., Spross, J., & Larsson, S. (2019). Characteristic values of geotechnical parameters in Eurocode 7. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical Engineering, 172(4): 301-311.

**Prästings, A. (2019). Managing uncertainties in geotechnical parameters: From the perspective of Eurocode 7. Doctoral thesis at KTH: TRITA-ABE-DLT-1924, Stockholm.**



# Disposition

## Metod:

- Vilka är de osäkerheterna och vad har vi använt för metod för att analysera dessa (Bayes/multivariat analys).

## Resultat:

- Hur beror de olika osäkerheterna av antalet mätpunkter och kombinationen av olika undersökningsmetoder?
- Erfarenheter från en fallstudie
  - Är det utförda undersökningsprogrammet "effektivt"?

## Diskussion:

- Hjälpmedel för att utforma effektiva undersökningsprogram via val av  $\eta$ -faktorn?
- De viktigaste lärdomarna för praktisk tillämpning – vad ska vi tänka på när vi utformar våra borrhprogram?

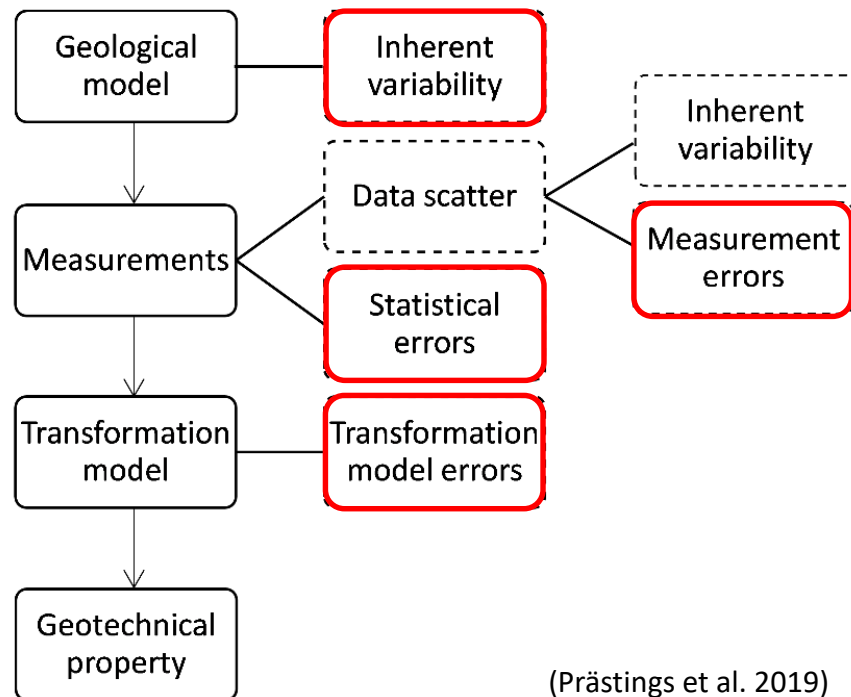
# Geotekniska osäkerheter

## Karakteristiskt värde ska beakta (från Eurocode 7):

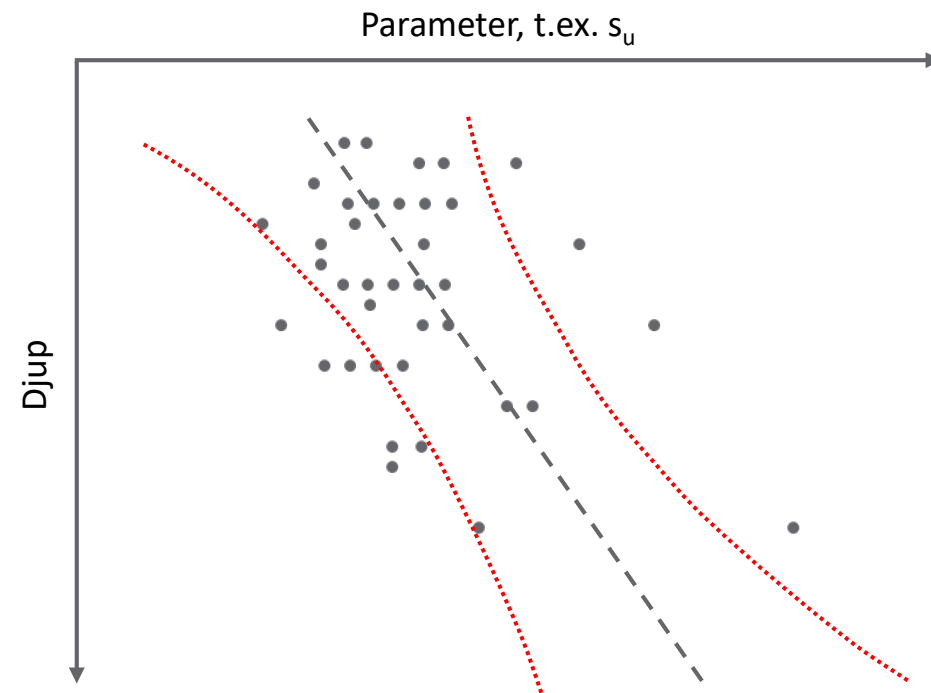
- geologisk och annan bakgrundsinformation, såsom data från tidigare projekt;
- spridningen hos de uppmätta egenskapsvärdena och annan relevant information, t. ex. befintlig kunskap;
- omfattningen av fält- och laboratorieundersökningen;
- typ av och antal prover;
- omfattningen av den del av marken som bestämmer beteendet hos geokonstruktionen i det betraktade gränstillståndet;
- geokonstruktionens förmåga att överföra laster från veka till fasta delar i marken.

# Geotekniska osäkerheter

## Vad vi kan hantera statistiskt:

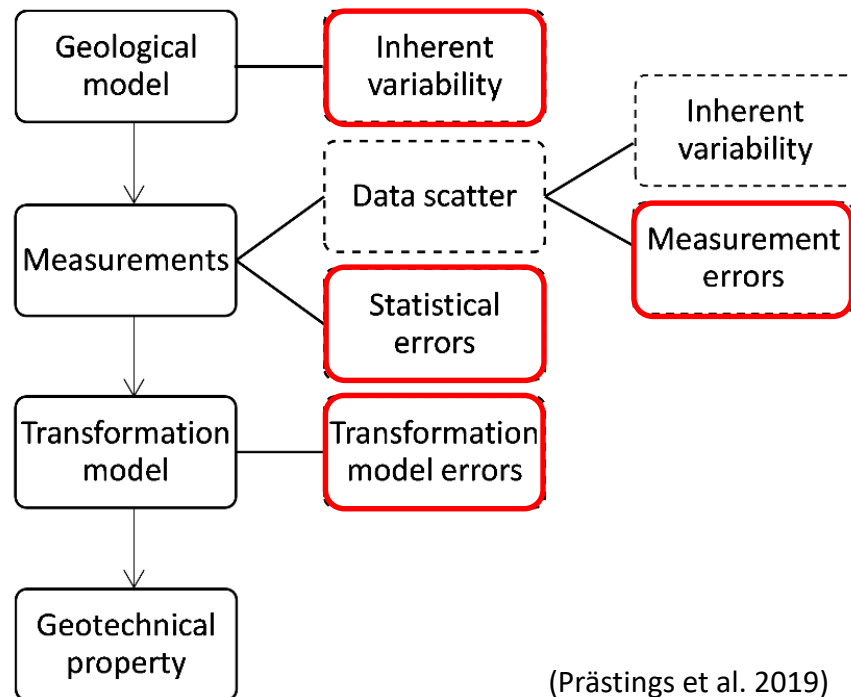


(Prästings et al. 2019)



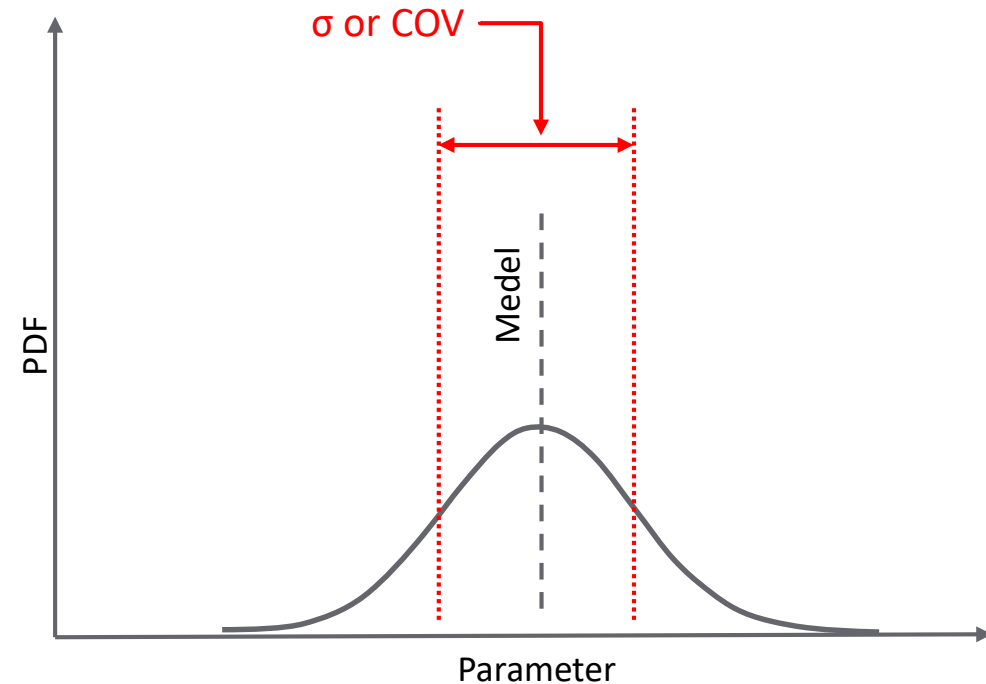
# Geotekniska osäkerheter

## Vad vi kan hantera statistiskt:



(Prästings et al. 2019)

## Spridning/osäkerhet

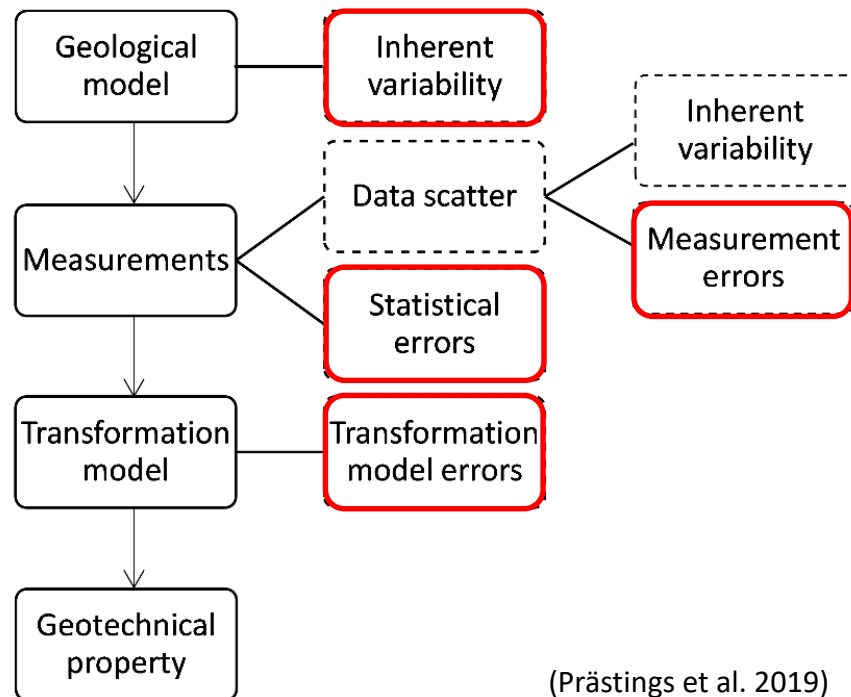


Mått på osäkerheten/spridningen – e.g., variationskoefficient (COV), standardavvikelse ( $\sigma$ )



# Geotekniska osäkerheter

## Vad vi kan hantera statistiskt:



## Osäkerheten beror av:

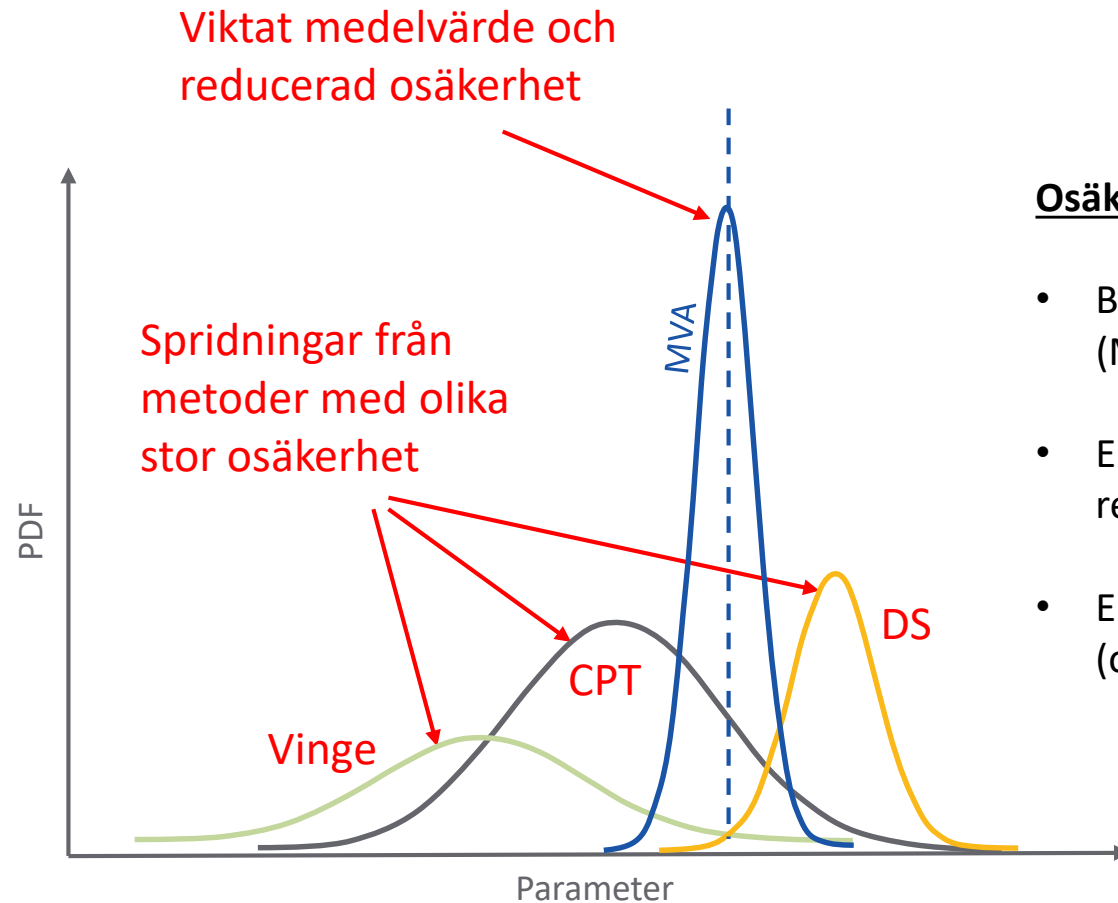
**Naturlig spridning** – potentiell brottzon och fluktuationsavstånd

**Mätfel** – kvaliteten i utförandet och antal mätningar

**Statistiskt fel** – antal mätningar

**Transformationsfel** – kvaliteten i transformationsmodellen

# Geotekniska osäkerheter

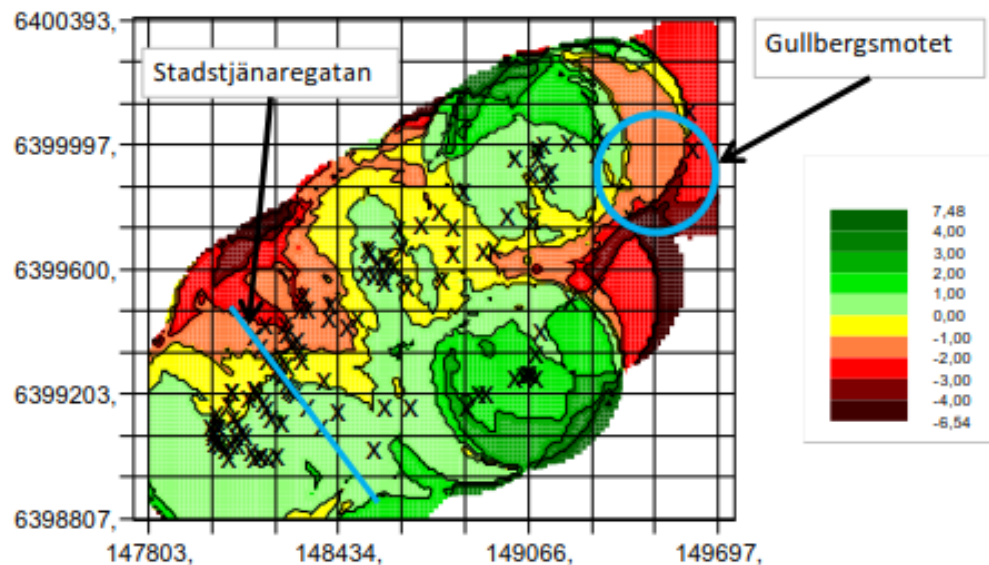


## Osäkerheten i medelvärdet för en parameter har utvärderats med:

- Bayesiansk statistik och en metod kallad multivariat analys (MVA) (Ching et al. 2010, Müller et al. 2014).
- En metod som utvärderar ett viktat medelvärde baserat på den relativa osäkerheten i respektive metod.
- En metod som kan reducera systematiska osäkerheter (osäkerheten i transformationen).

## Erfarenheter från fallstudier

### Grov analys av geologiska lokaler (E45:an):



TR Geo "viktigt att de härledda värdena är belägna inom område med samma geologiska bildningssätt och geologiska historia"

### Vad har vi gjort:

- Utvärderat osäkerheterna i  $s_{u, medel}$  för ett antal fallstudier.
- Studerat transformationsfelet för en databas med fallkon och direkta skjuvförsök från olika lokaler i Sverige.
- Studerat olika metoder för att bestämma fluktuationsavstånd i jord.

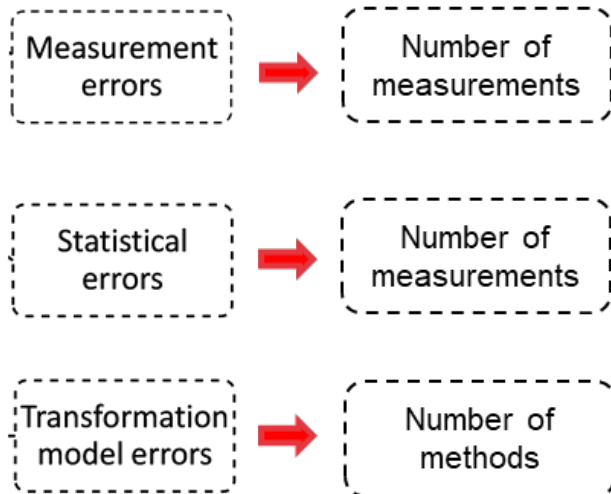
### Viktigaste erfarenheterna:

- Viktigt med hygienfaktorer för data enligt TK/TR Geo!
- Transformationsfelet är ofta den stora osäkerheten!
- Den viktigaste komponenten för att reducera osäkerheterna (särskilt transformationsfelet) är att kombinera olika metoder snarare än att göra många punkter av en och samma metod.

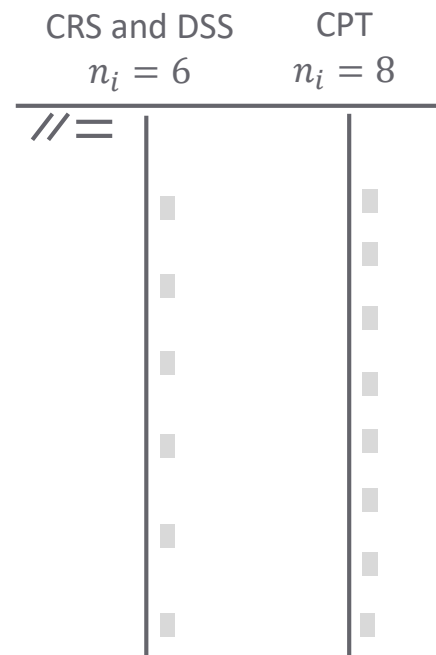
# Erfarenheter från fallstudier

## Hur kan vi veta detta?

- Bedömer "potentialen" i det geotekniska underlaget.
- Simulerat borrhåll baserat på förutsättningarna som vi utvärderade i ett av våra case (E45:an Göteborg).



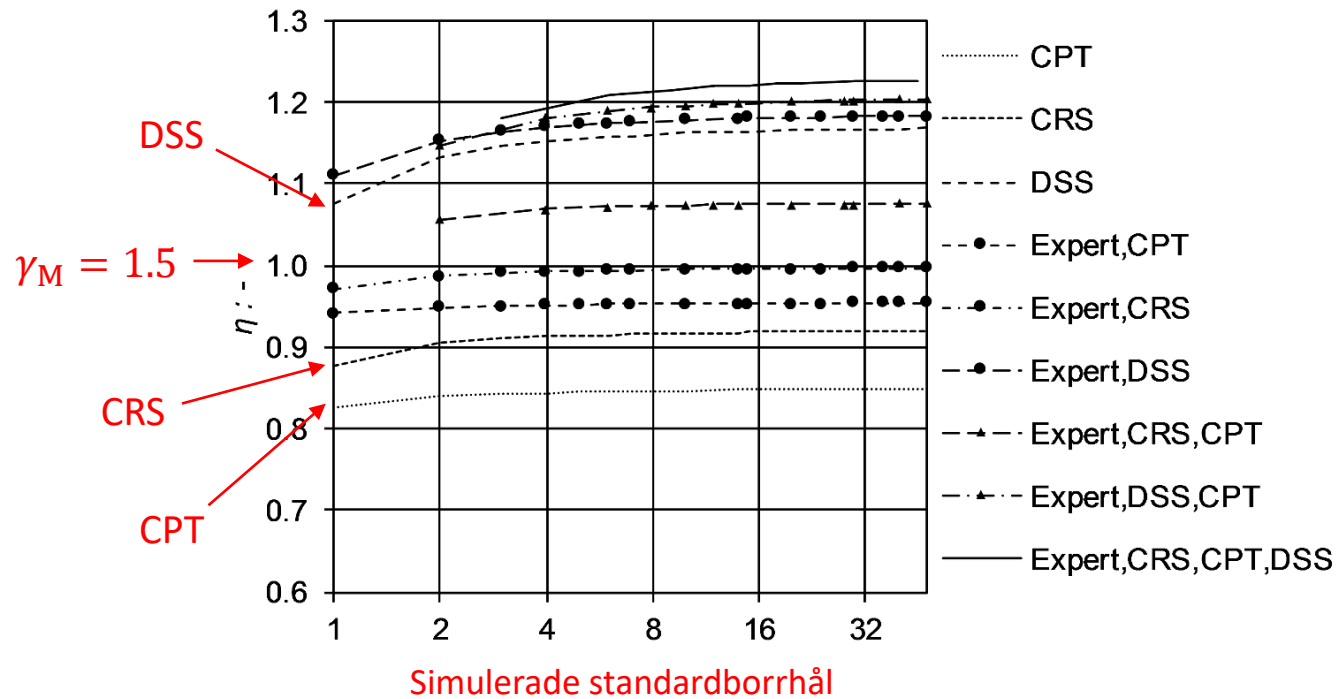
Simulerade borrhål med  $n$  antal mätningar:



# Erfarenheter från fallstudier

$\eta$ -faktorn som funktion av osäkerheten:

$$\eta = \frac{\gamma_M}{e^{\alpha \times \beta \times COV_{MVA}}}$$



(Prästings et al. 2017)

## Hur kan vi veta detta?

- Bedömer "potentialen" i det geotekniska underlaget.
- Simulerat borrhåll baserat på förutsättningarna som vi utvärderade i ett av våra case (E45:an Göteborg).
- Slumpmässiga osäkerheterna – mätfel och statistisk osäkerhet – reduceras till ett minimum med ett fåtal undersökningspunkter.
- Systematiska osäkerheterna – transformationsfel – kan enbart reduceras genom att kombinera olika typer av undersökningsmetoder.
- I fallet E45:an Göteborg hade den mest "effektiva" undersökning varit att göra färre CPT och istället lägga pengarna på mer avancerade labbförsök.

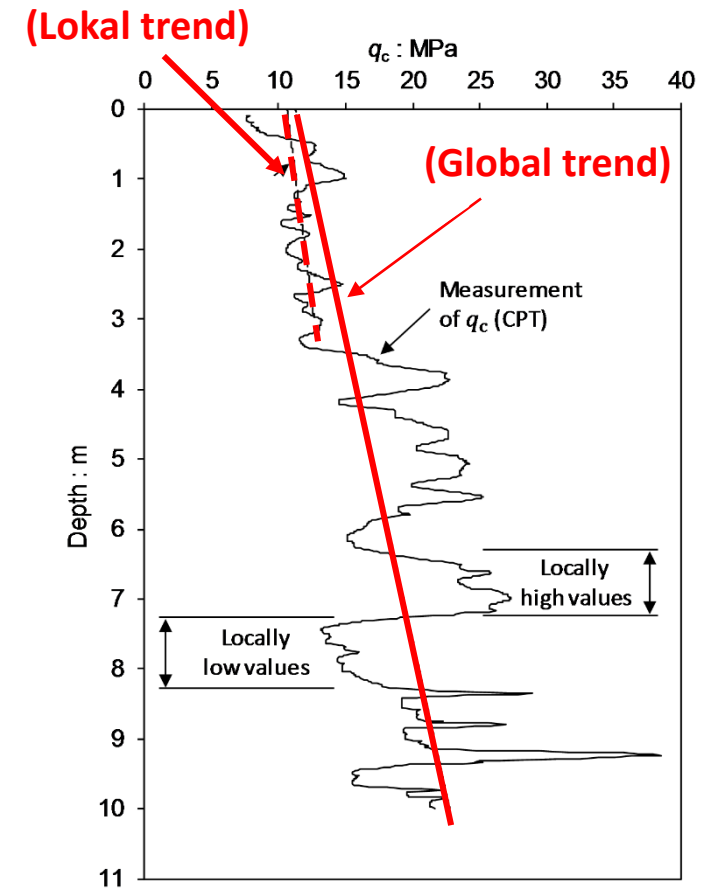
# Diskussion

## Hur omsätter vi resultaten till praktiken?

- Stärka rekommendationer och råd angående utvärderingen av  $\eta$  baserat på antal mätpunkter och kombinationen av olika metoder?
- Höja kunskapsnivån i branschen kring osäkerheterna i våra geotekniska parametrar

## Att tänka på vid utformning av geotekniska undersökningar!

- Kvalitet snarare än mängd.
- Kombinera olika metoder för att reducera de systematiska osäkerheterna.
- Osäkerheten från naturlig spridning beror av fluktuationsavståndet i jorden och dess förhållande till storleken på konstruktionen (och det potentiella brottet).
- Storleken på det potentiella brottet styr om vi ska utforma våra undersökningar för att leta efter den "lokala" trenden eller den "globala" trenden.

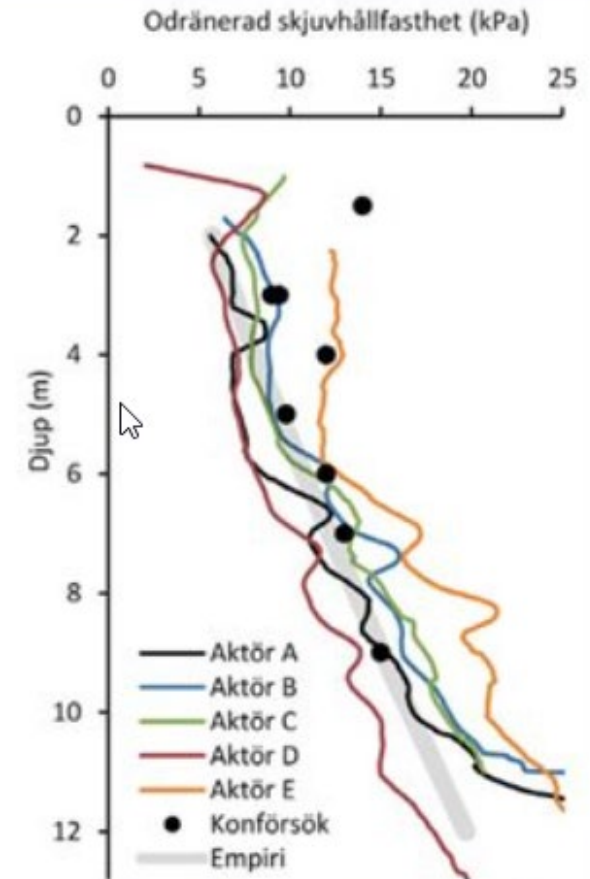


(Lingwanda et al. 2016, Prästings 2019)

# Diskussion

## Vi nådde inte hela vägen fram...

- Går det att utforma generella föreskrifter för hur vi bör utforma borrhprogram – antal mätningar, avstånd mellan punkter etc.?
- Vi har analyserat de osäkerheterna som vi kan hantera statistiskt men det finns alltid osäkerheter som vi inte kan hantera...
- Om jag hade jag gjort detta igen... systematiska mätfel...



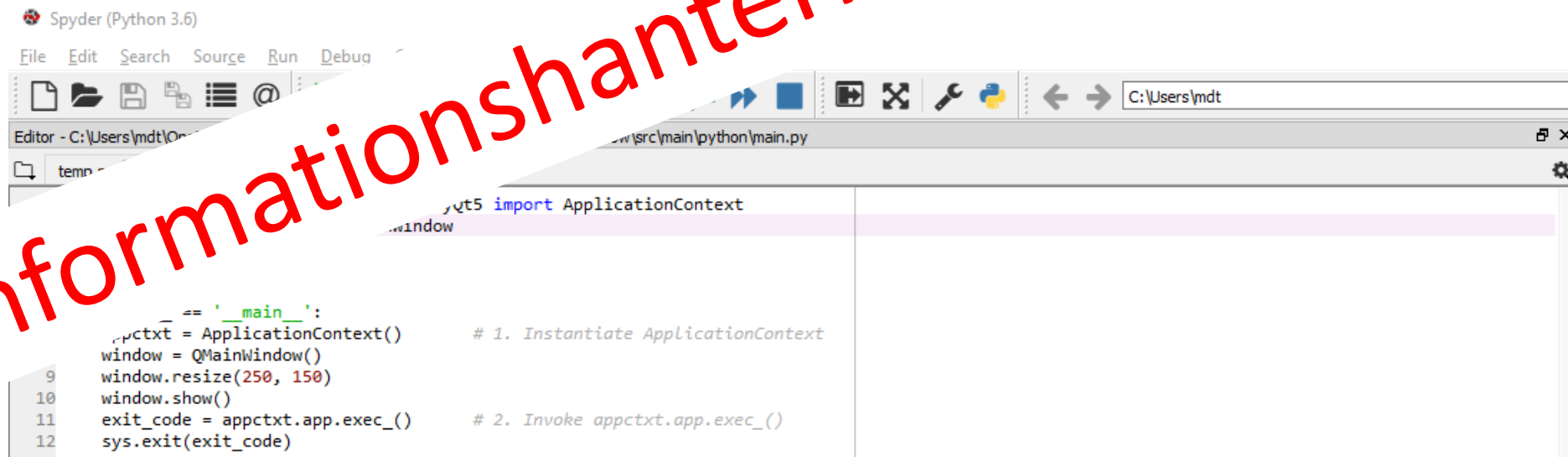
(Kardan et al 2015)

# Framtid

## Vad händer nu (nästa BIG-projekt)

- Program för utvärdering av osäkerheter och fluktuationsavstånd i jorden (KTH/Tyréns), programmering pågår...

Informationshanteringsystem

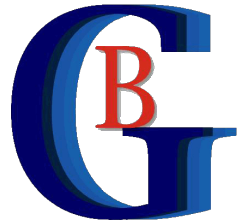


```
Python 3.6
File Edit Search Source Run Debug
C:\Users\mdt
Editor - C:\Users\mdt\OneDrive\Documents\src\main\python\main.py
temp
Python 3.6
import sys
from PyQt5 import QtWidgets, QtCore
from PyQt5.QtCore import Qt
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow

class MainWindow(QMainWindow):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setWindowTitle("Main Window")

if __name__ == '__main__':
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)
    window = MainWindow()
    window.resize(250, 150)
    window.show()
    exit_code = app.exec_()
    sys.exit(exit_code)
```





Tack!

