Branschsamverkan i Grunden

BIG
Branschsamverkan I Grunden

Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Projektets syfte



Litteraturstudie och analys av möjligheten till utveckling av såväl fält- som laboratoriemetoder för framtiden.

Exempelvis:

- Geofysiska provningsmetoder i fält & labb.
- Dynamisk sondering såsom HfA och SPT (DPSH-A samt DPSH-B) tillsammans med stötsvågsmätning under utförande.
- CPT-sondering med tilläggsmetoder såsom seismisk, resistivitet eller annan tilläggsutrustning.
- Provtagningsutrustning i grovkorniga jordar för kvalitativa provningar i labb.

Mål



- Finna **bas för utveckling** av framtida fält- och laboratorie-metoder **som kan öka kunskapen** om jordmaterial och förbättra underlaget till geomodeller.

- Metoder som kan implementeras som:
  – kvalificerade fältundersökningar eller laboratorieanalyser

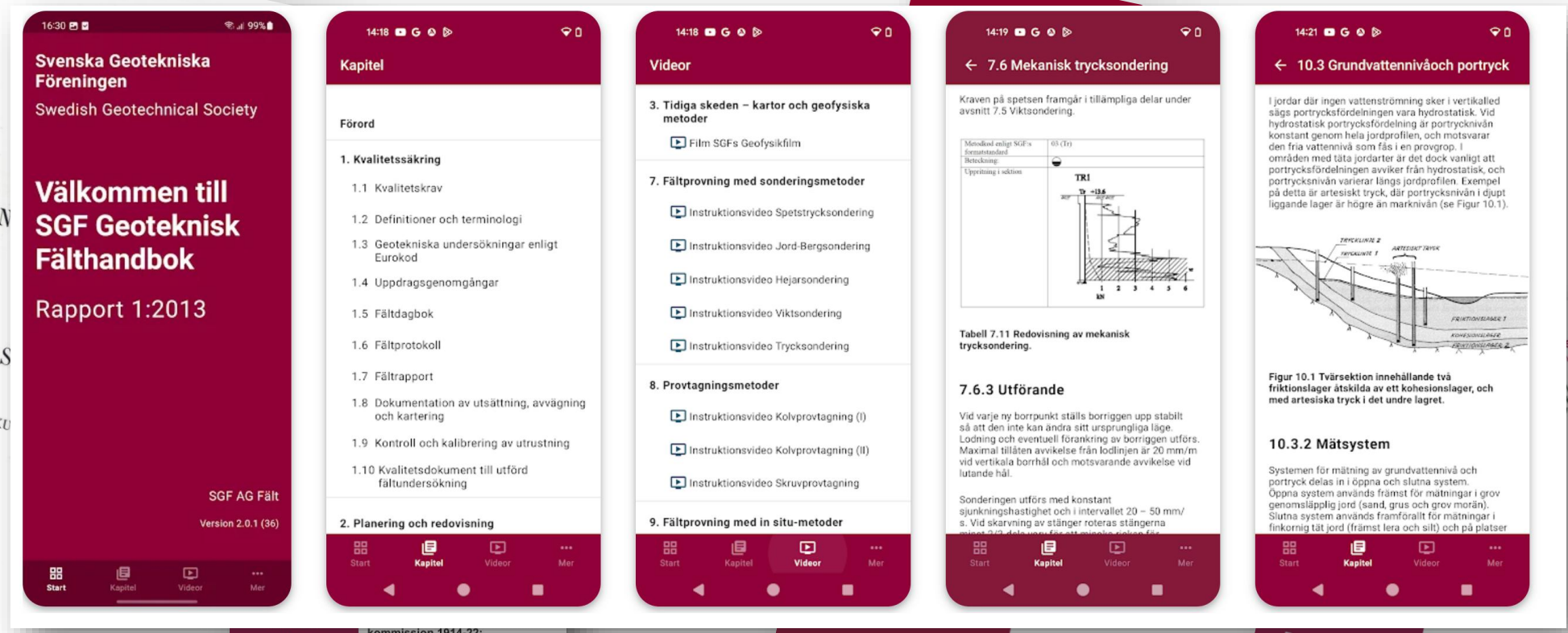
  – antingen vara en komplettering av befintliga undersökningsmetoder
  eller
  – vara en fristående ny undersökningsmetod.

Vem är vi?



- Håkan Garin, GeoVerkstan
- Torleif Dahlin, LTH
- Jan Laue, LTU
- David Gaharia, LabMind
- Jonas Strand, Trafikverket

Hur långt har vi kommit?

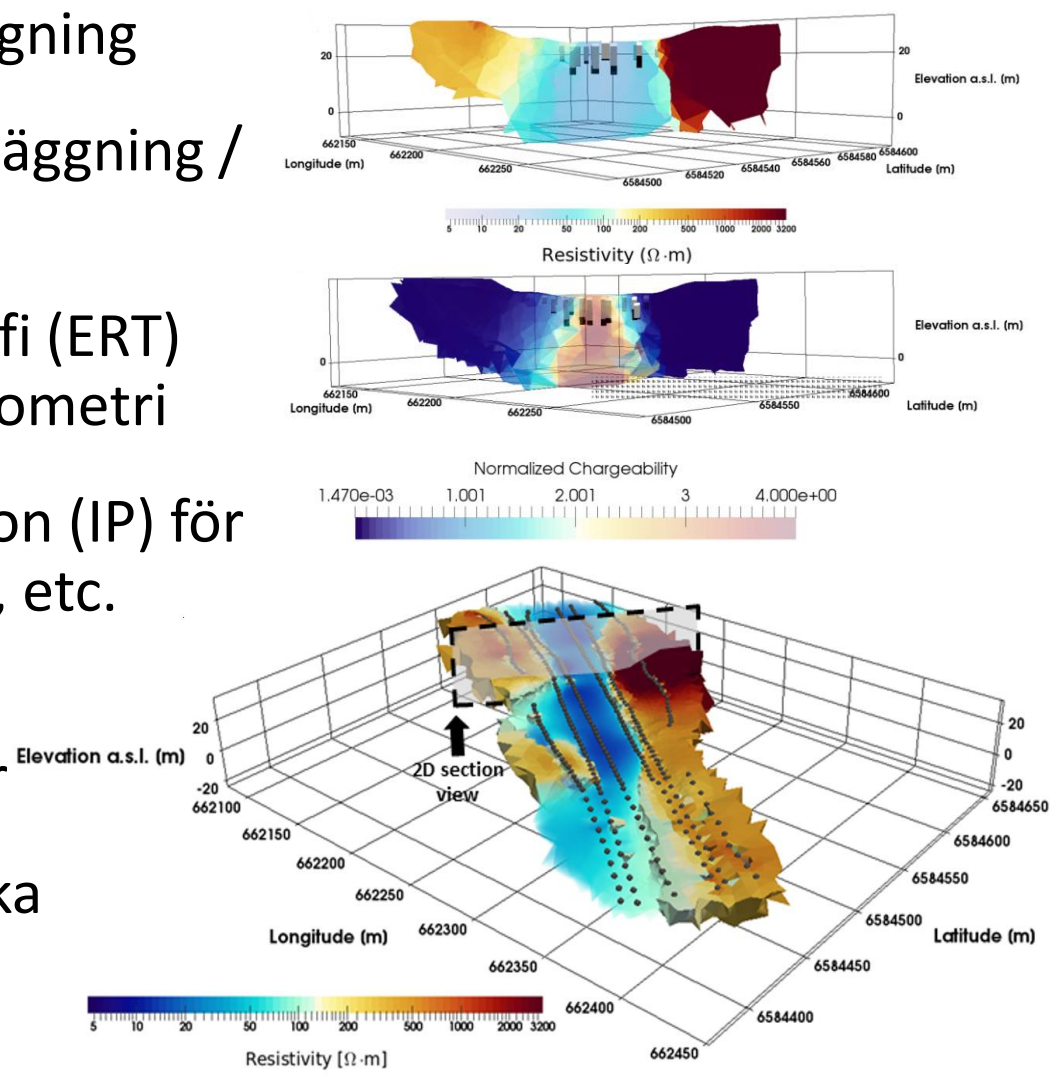


Geofysik i geoteknikens tjänst inkl. hydrauliska egenskaper

Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Ytgeofysiska mätningar

- ❖ Georadar för kartläggning
- Induktiv EM för kartläggning / geometri
- ❖ Resistivitetstomografi (ERT) för kartläggning / geometri
- Inducerad polarisation (IP) för permeabilitet, kemi , etc.
- Magnetresonans för magasinsegenskaper
- ❖ Seismik för mekaniska egenskaper



Fördelar

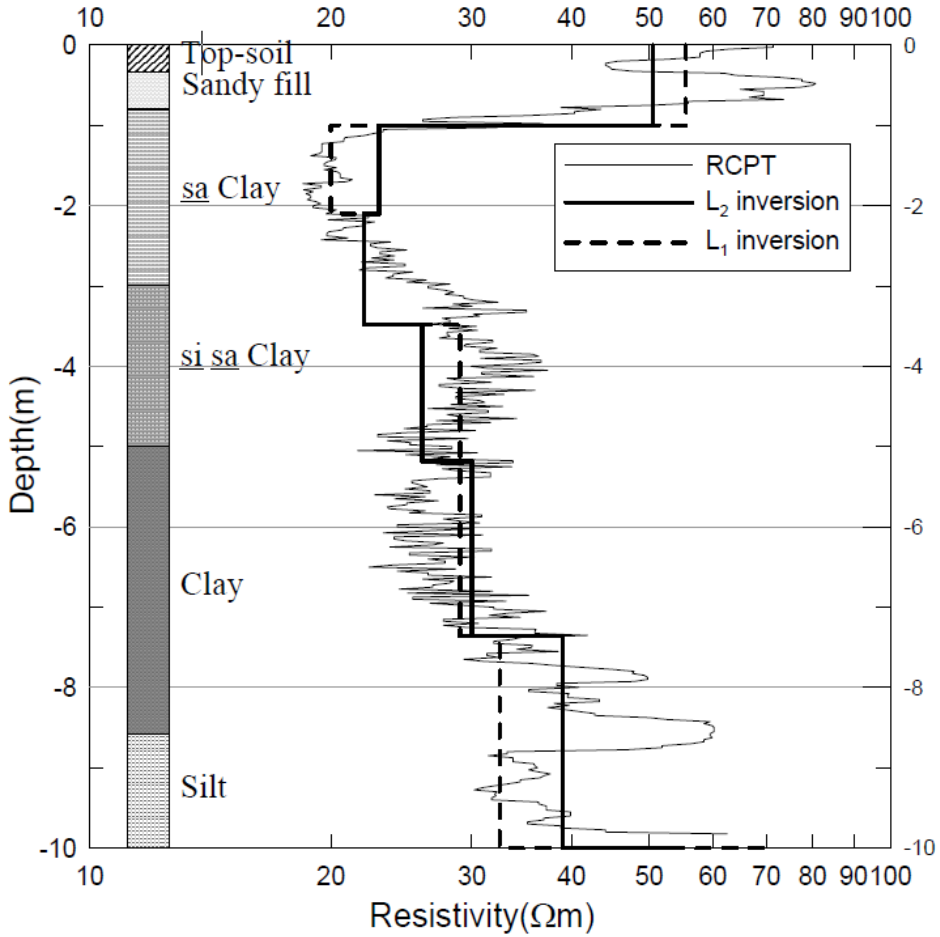
- Ytäckning
- Möjlighet till 3D
- Underlag för sondering, borrning, provtagning, etc.

Begränsningar

- Upplösning minskar mot djupet
- Osäkerhet ökar mor djupet
- Referensdata viktigt för tolkning

CPT-Resistivitet

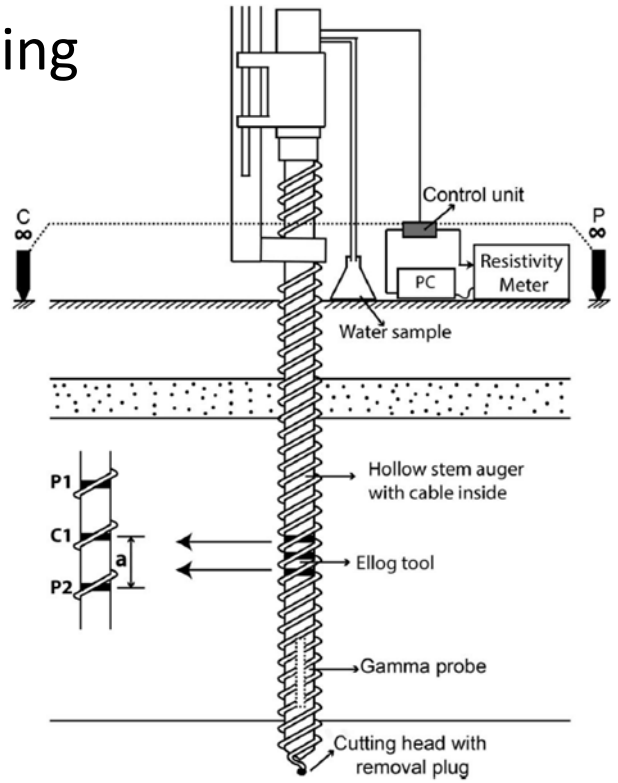
- Hög upplösning – detektering av tunna lager
- Störd zon - fler elektrodavstånd behövs för resultat från ostörd zon
- Referens och tolkningsnyckel för ERT,
- men olika mätfrekvens kan ge olika resultat:
  - CPT-R: 200 Hz fyrkantvåg
  - ERT/DCIP: 1 – 10 s pulser (0,05 – 0,5 Hz)

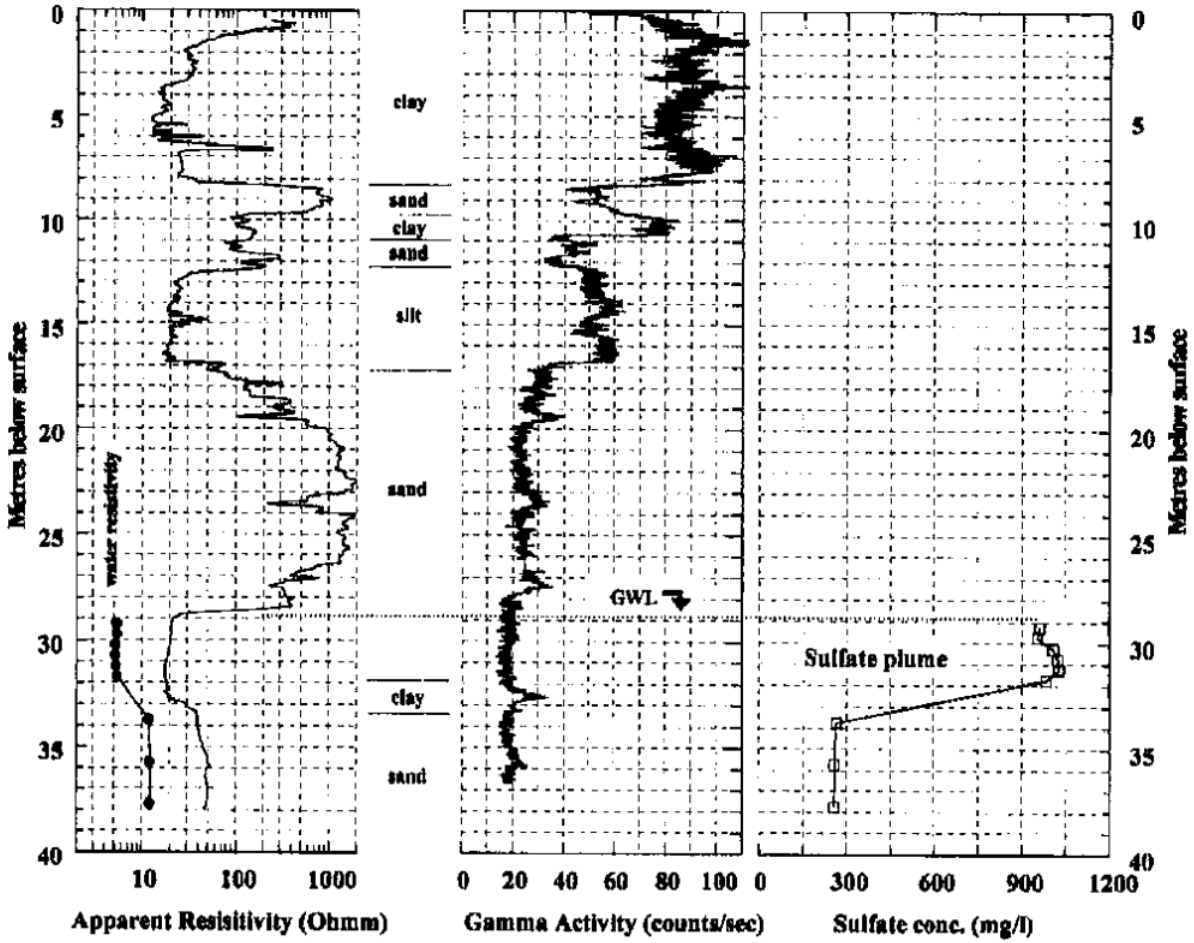




Ellog

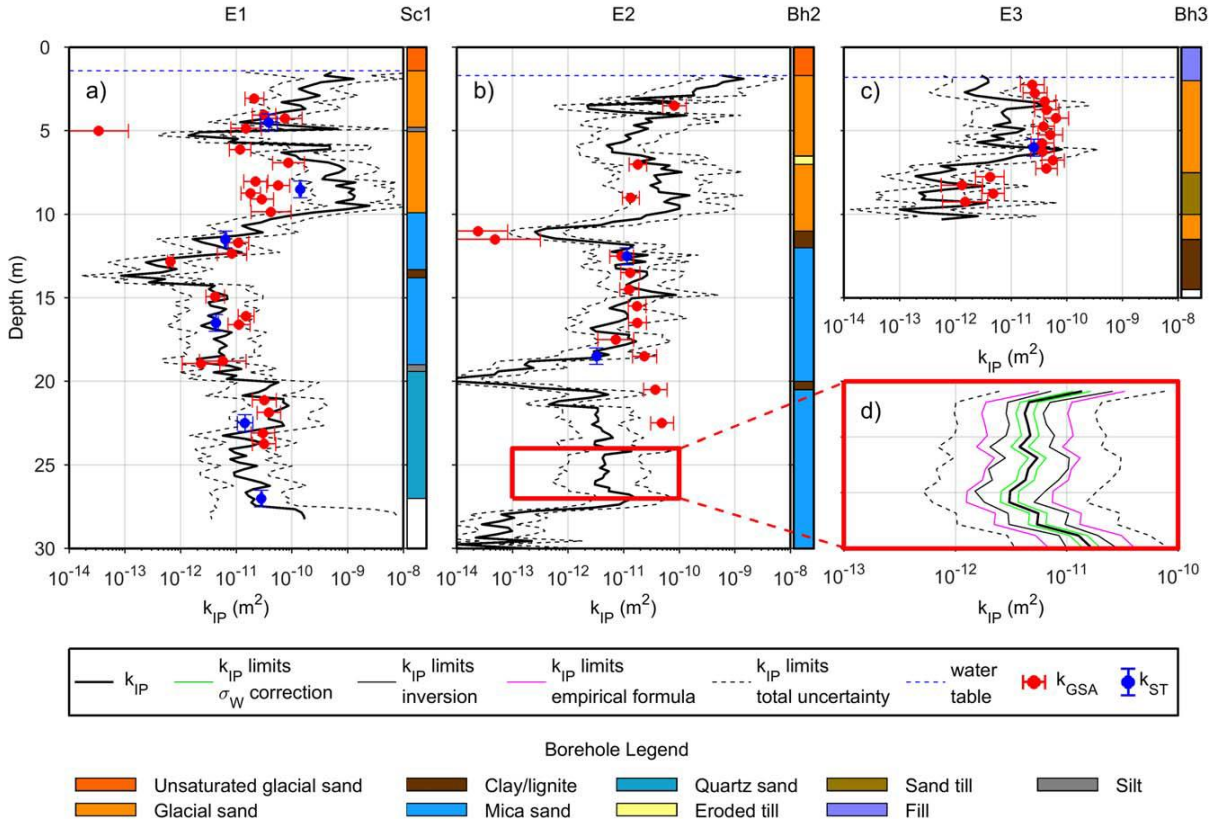
- Liknar CPT-R men skruvborr
- Resistivitet och inducerad polarisation (IP)
- Naturlig gammastrålning visar lerlager
- Möjlighet att provta porvatten
- Möjlighet att pumpa ut vatten och mäta tryck





Hydraulisk permeabilitet från DCIP[1]

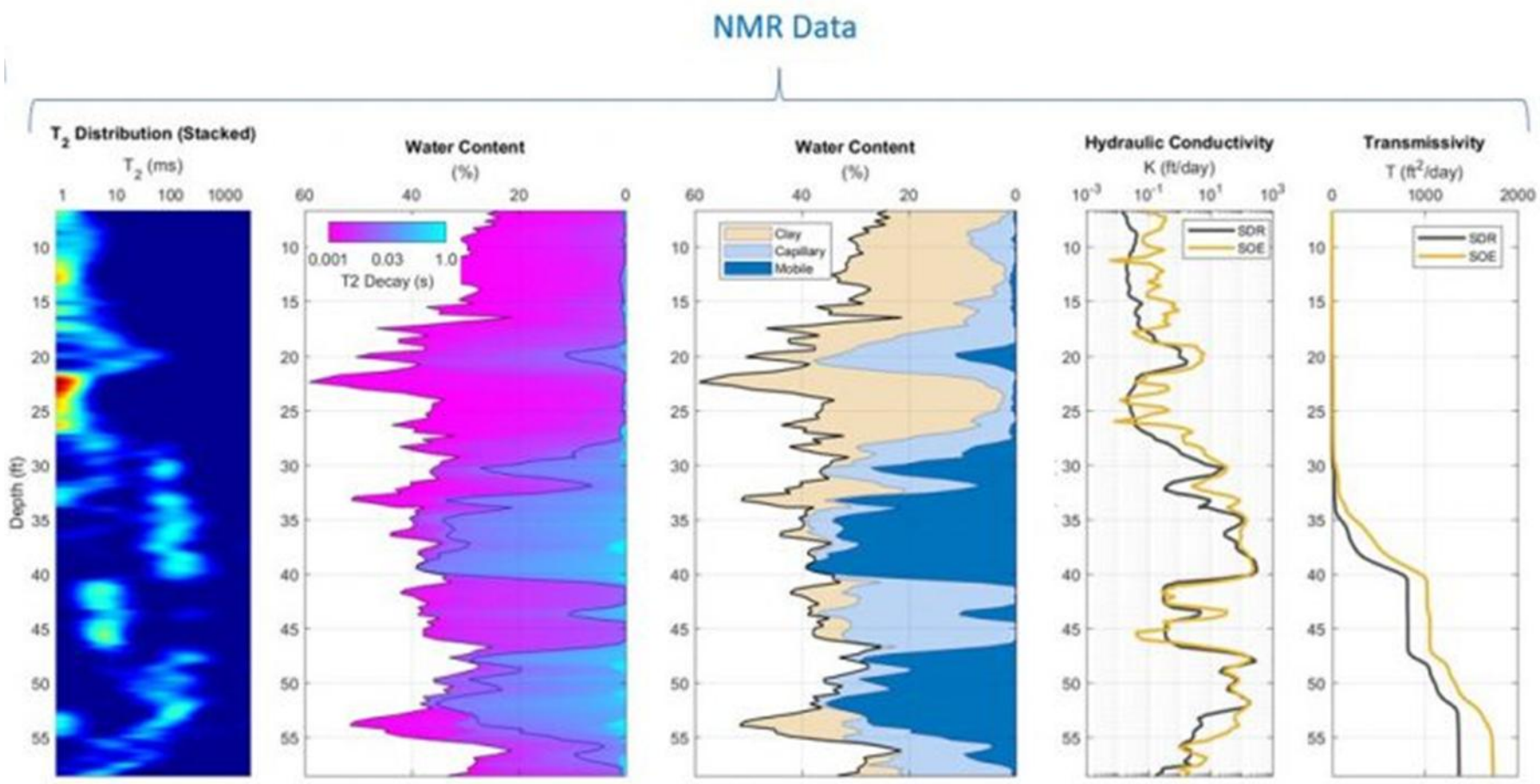
- Högre bandbredd ger möjlighet att beräkna hydraulisk permeabilitet
- Kräver längre pulser (t.ex. 4 s) och hög samplingsfrekvens (t.ex. 4 kHz)
- Har demonstrerats med ERT/DCIP
- Har demonstrerats med Ellog
- Borde fungera med CPT-R



[1] DCIP = DC resistivitet och inducerad polarisation

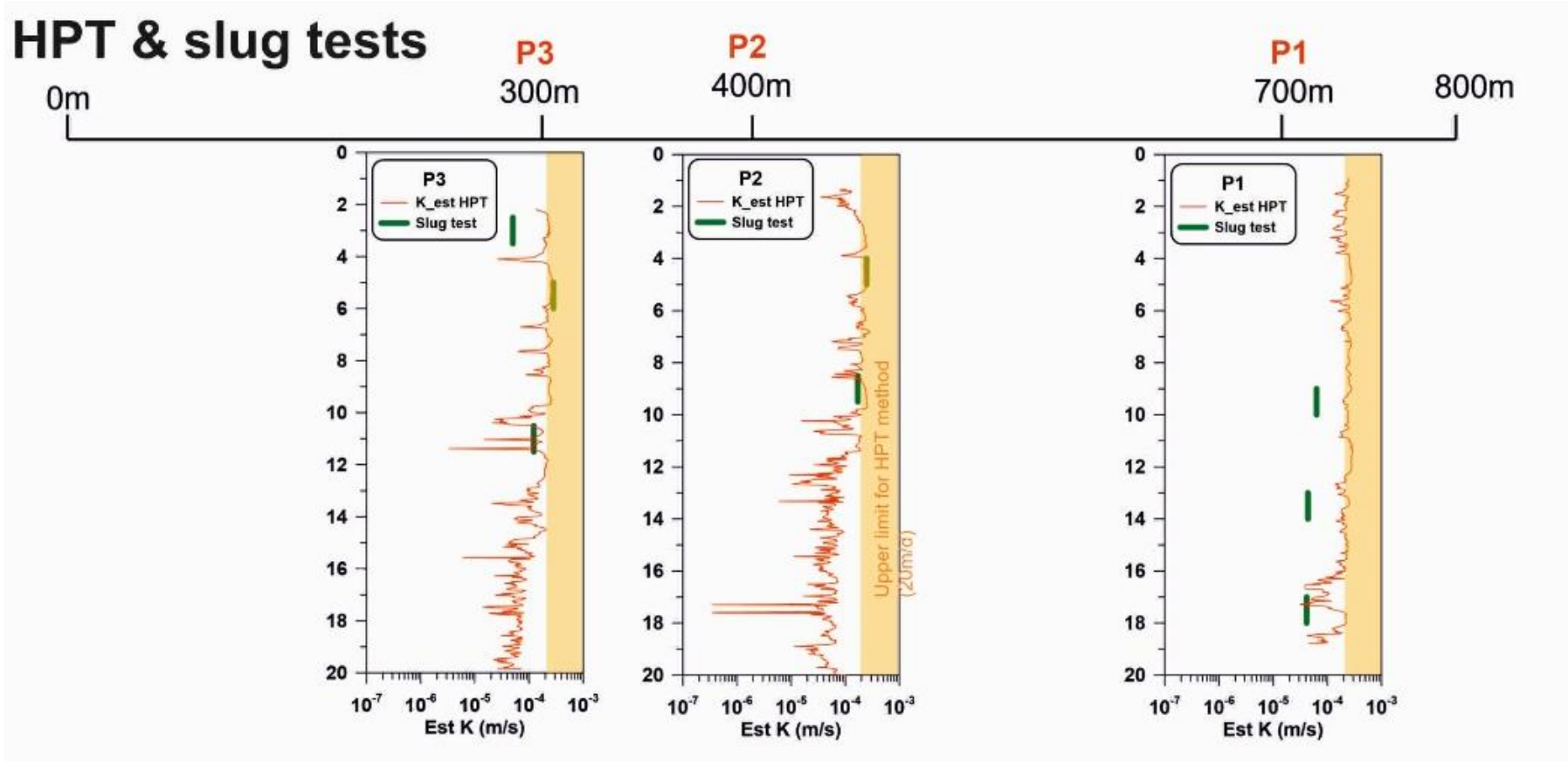
Magnetresonans

- Mätning från markyta, CPT/”direct push” och i borrhål (ej stålfoderrör)
- Vatteninnehåll
- Hydraulisk konduktivitet / transmissivitet
- Störkänsligt från markyta



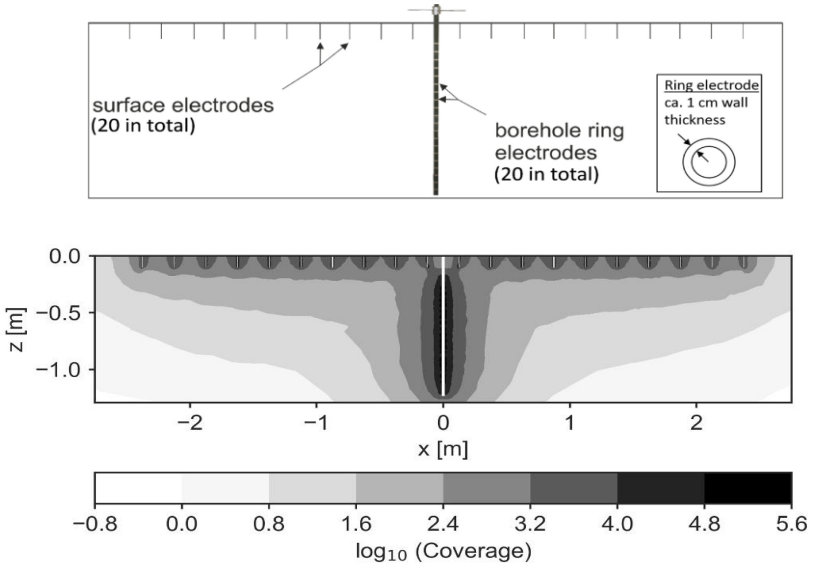
Hydraulic Pressure Test - HPT

- Mätning från markyta, CPT/”direct push”
- Hydraulisk genomsläpplighet
- Begänsat mätintervall (“slår i taket “)
- Kombineras med slug test

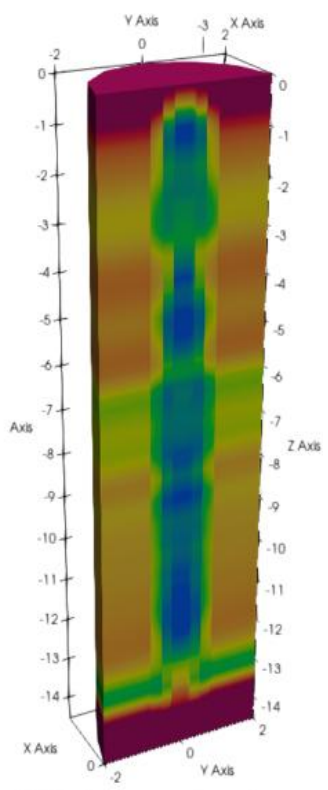


Mätning i borrhål och borrhål-till-yta resistivitet

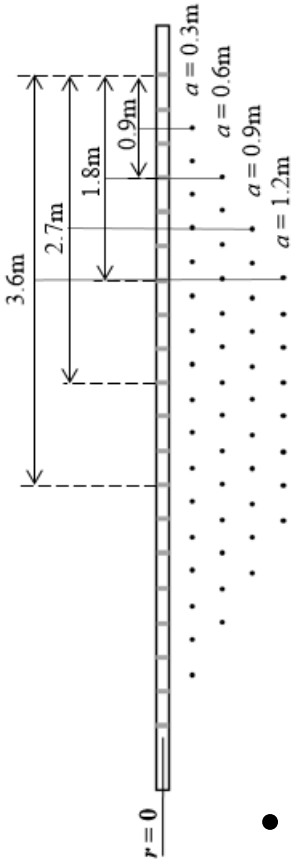
- Upplösning avtar och osäkerheten ökar med djupet
- Mätning i borrhål eller med installerade elektroder

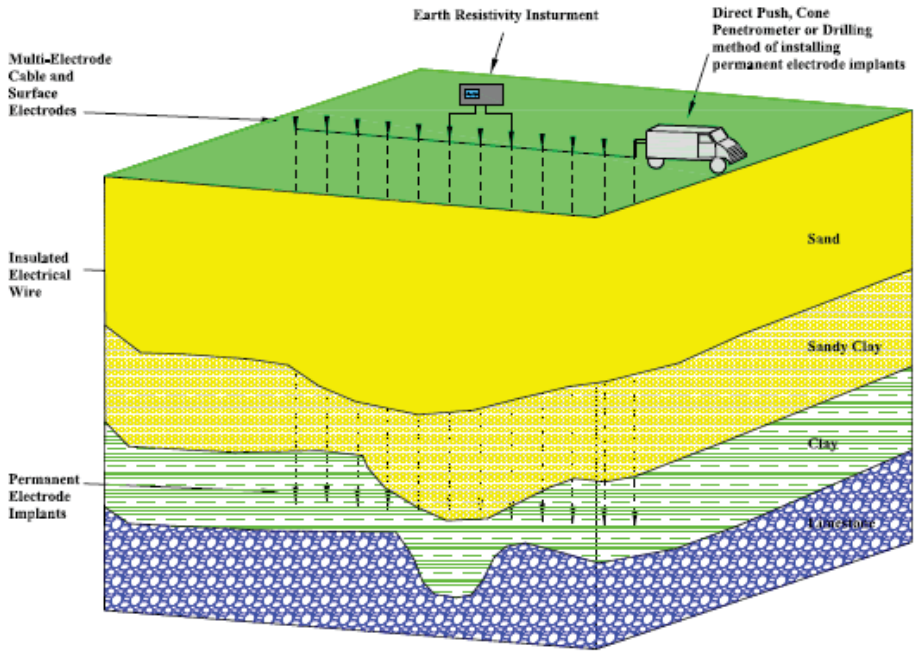


Jetpelare



33 dygn

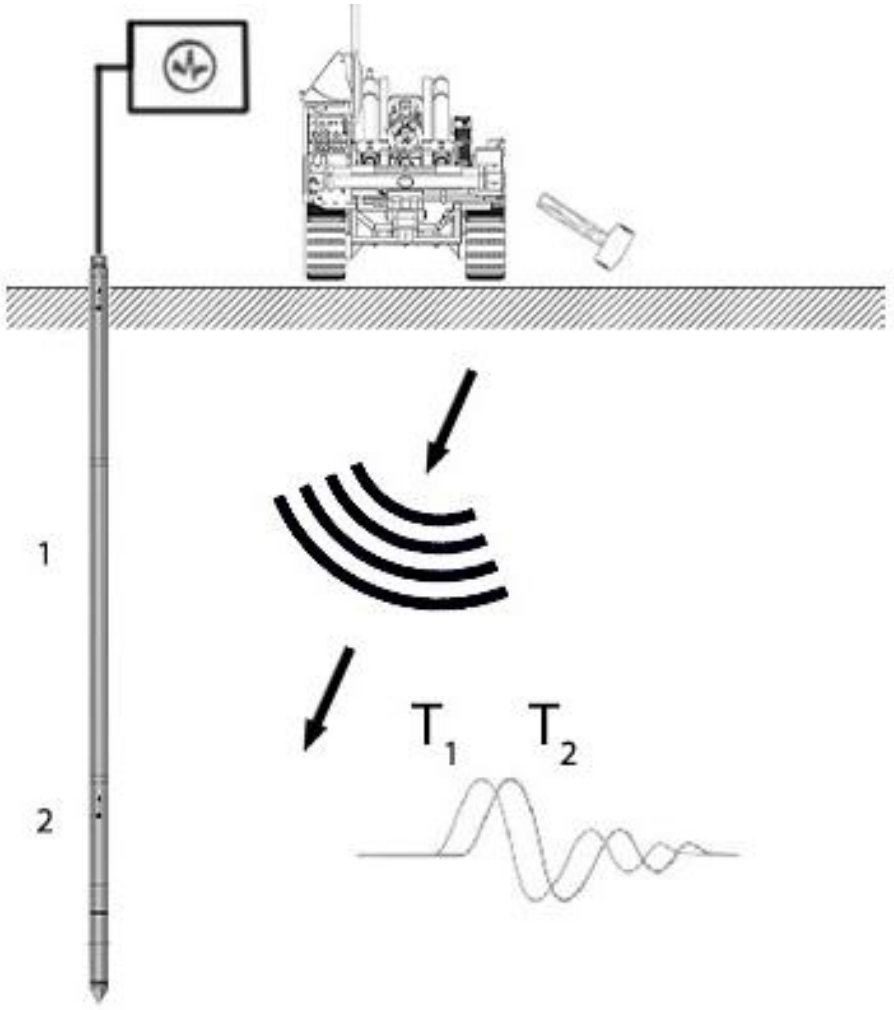




- Möjlighet att förbättra upplösningen mot djupet

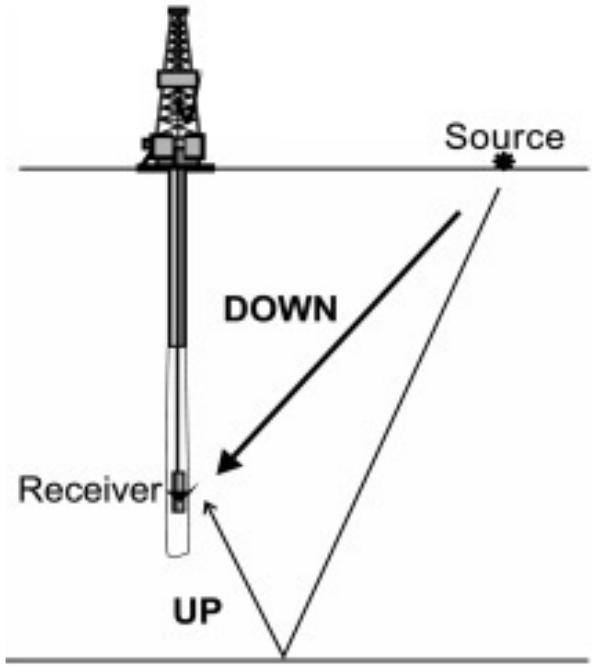
SCPT

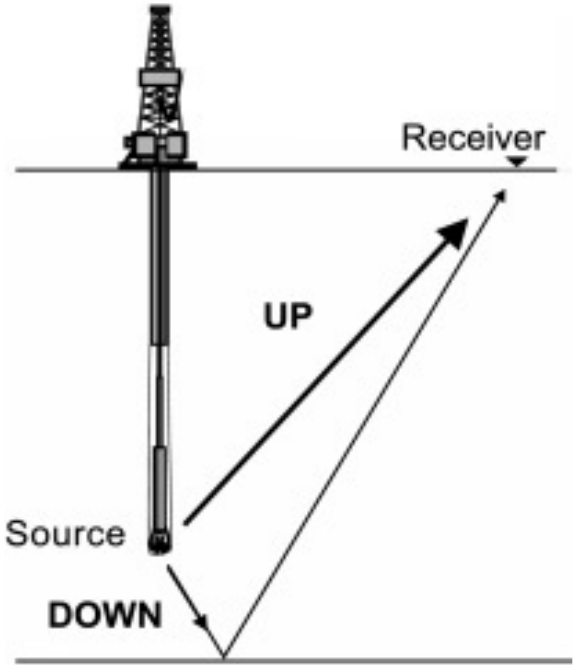
- Signal från slägga på träbalk
- Skjuvvågshastighet (S-våg)
- Ej tryckvåg



Vertical Seismic Profile (VSP)

- Mottagare på olika djup och signalkälla på marken
- Kan göras omvänt
- Tryckvågshastighet (P-våg)
- Skjuvvågshastighet (S-våg)





"Provpålning" med dynamisk sondering

Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Dynamisk sondering – HfA/DPSH



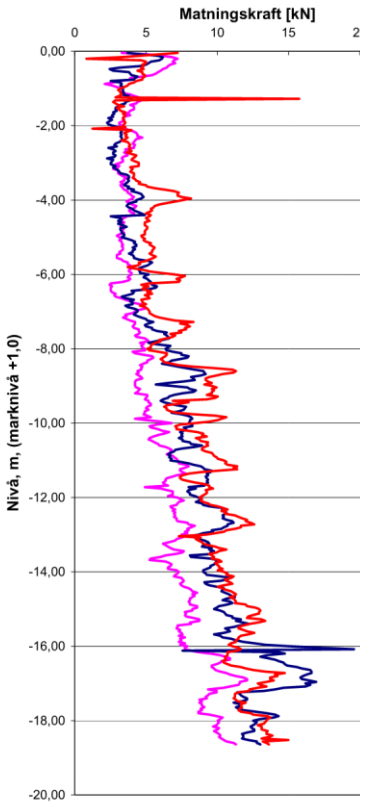


Samma metod – samma utförande – ”lite” uppdaterad utrustning

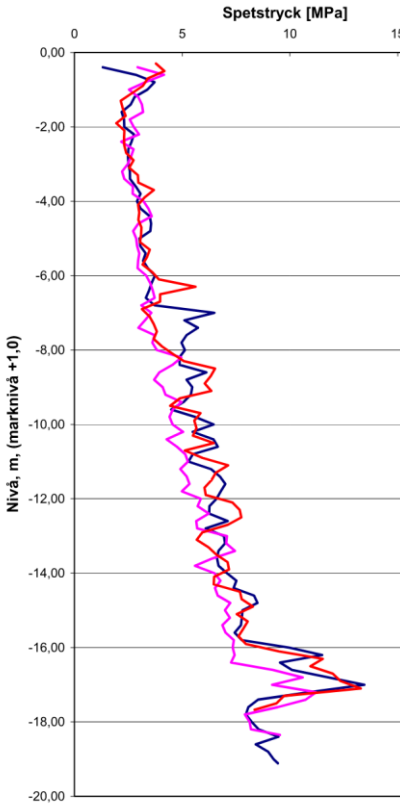
63,5 kg som faller 50 cm

Jb_{Tot} vs. CPT vs. HfA

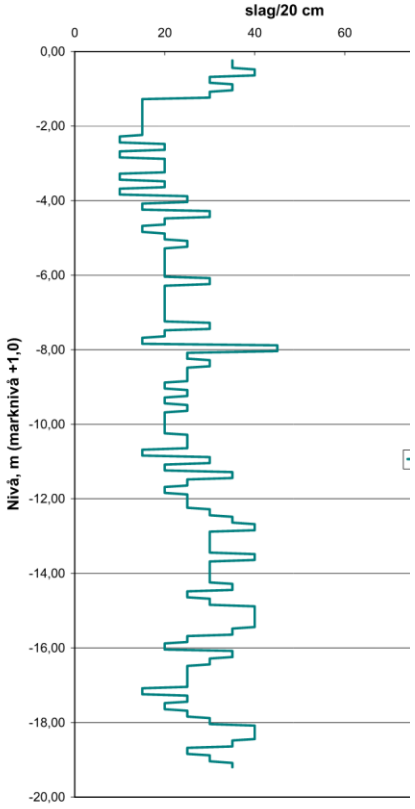
SGF projekt 2009, Gunnar Nilsson & Hjördis Löfroth



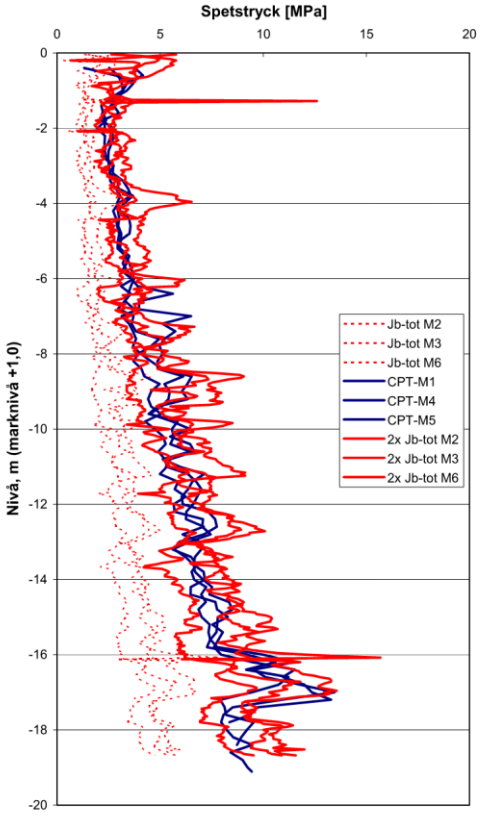
Figur 21 Masmo - Jb-totalsonderinga



Figur 22 Masmo CPT-sonderingar



Figur 24 Masmo - Hejarsondering

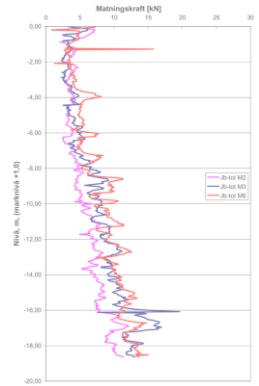


Figur 28: Masmo, spetstryck från CPT-sondering jämfört med spetstrycket från Jb-totalsondering multiplicerat med faktor 2

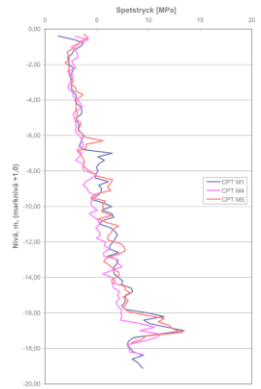


Jb_{Tot} vs. CPT vs. HfA

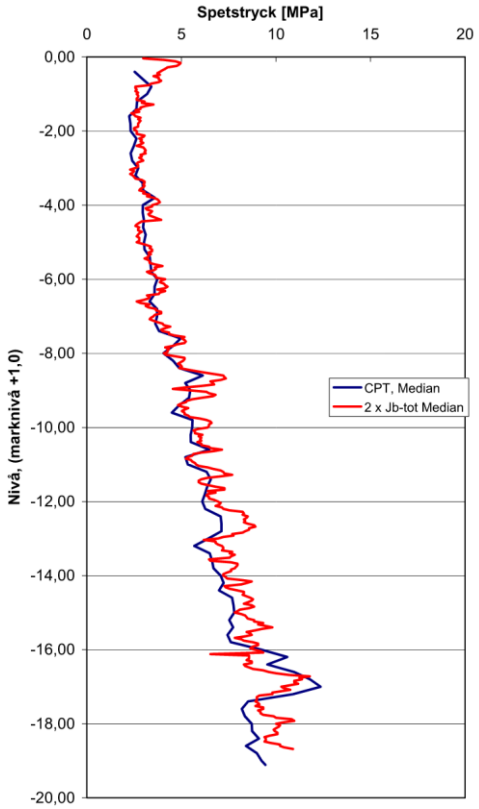
SGF projekt 2009, Gunnar Nilsson & Hjördis Löfroth



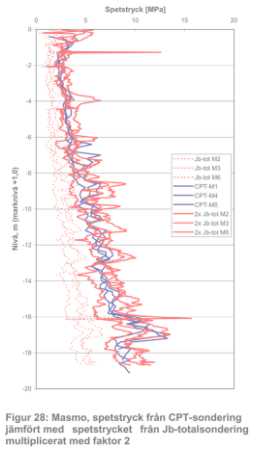
Figur 21 Masmo - Jb-totalsonderingar



Figur 22 Masmo CPT-sonderingar



Figur 30: Masmo, medianvärdet från CPT-sonderingar och Jb-totalsonderingarnas "spets-tryck" multiplicerat med 2



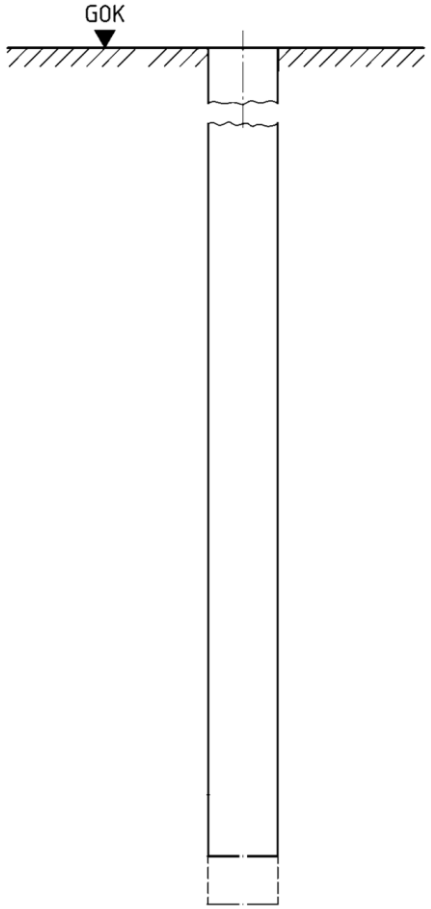
Figur 28: Masmo, spetstryck från CPT-sondering jämfört med spetstrycket från Jb-totalsondering multiplicerat med faktor 2



Dynamisk sondering i borrhål

Geoteknisk undersökning och provning –
Fältprovning –
Del 14: Dynamisk sondering i borrhål

SS-EN ISO 22476-14:2020



Key

1	rope	8	drain plug
2	packing box	9	borehole base
3	lifting rod	10	cone
4	automatic releasing device	11	borehole depth
5	hammer	12	test range
6	hollow cylinder, water tight	13	penetration under the weight of the device
7	anvil	*l*	probe length

Figure 1 — Device for borehole dynamic probing

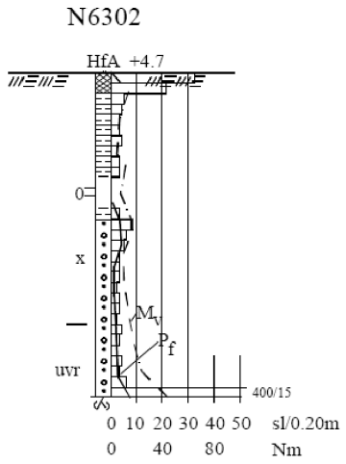
Dynamisk sondering – i morgon?

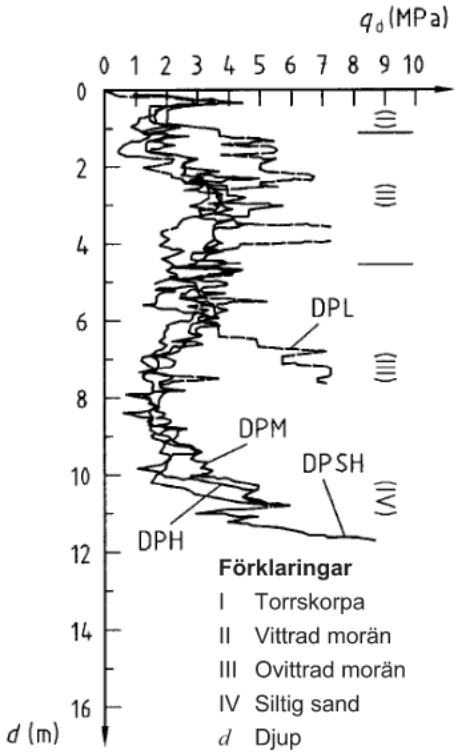


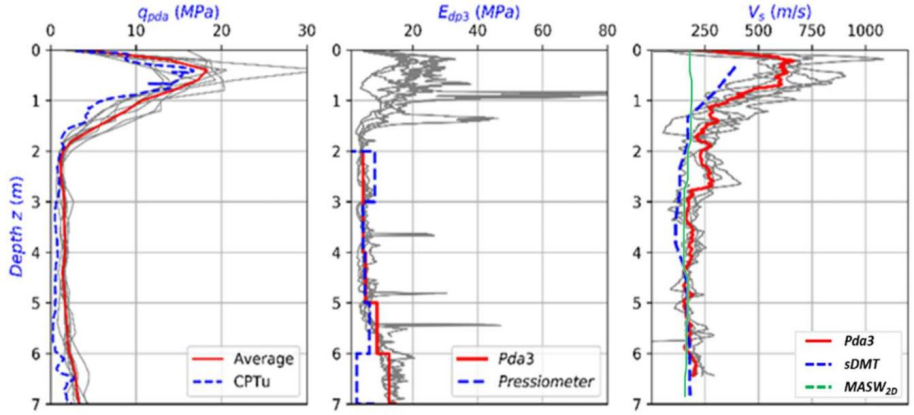
- Arbeta med variabel energimängd vid sondering
  - Mät energin som tillförs – inte som idag 63,5 kg & 50 cm
- Registrera/redovisa dynamiskt sonderingsmotstånd i stället för sl/0,2 m
  - Redan möjligt enligt SS-EN 22476-2
- Registrera stötvågens utseende som vid stötvågsmätning vid pålning

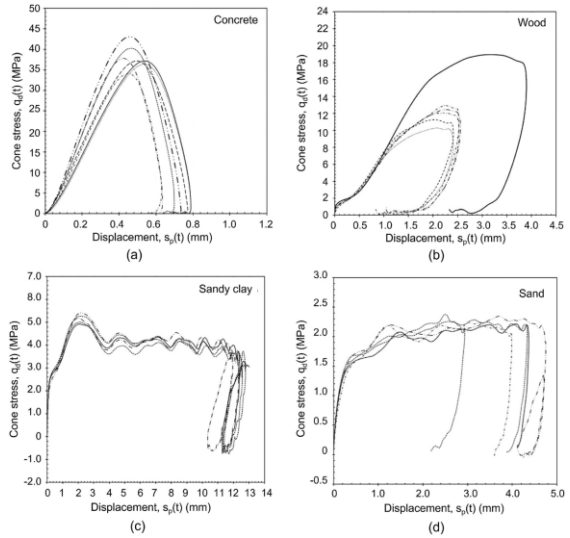


Dynamisk sondering – mätning, redovisning & signalanalys

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	**108** för DPSH-A (supertung), tidigare svensk HfA 108A för DPL (lätt) 108B för DPM (medium) 108C för DMH (tung) 108D för DPSH-B (supertung)
Beteckning i plan	◓
Uppritning i sektion	

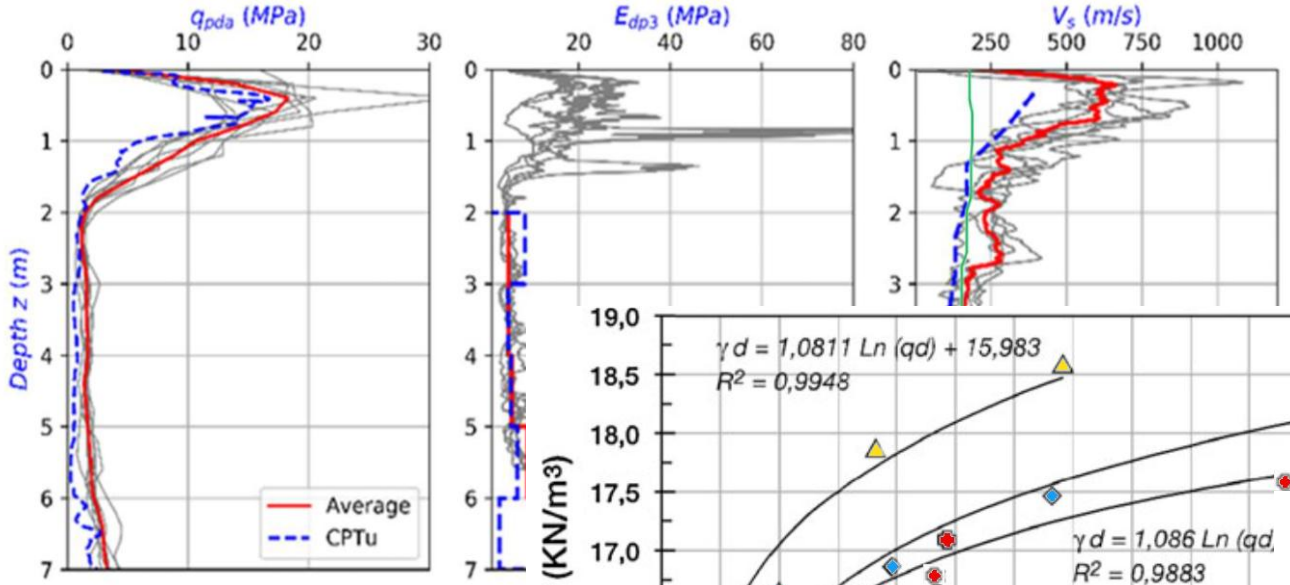


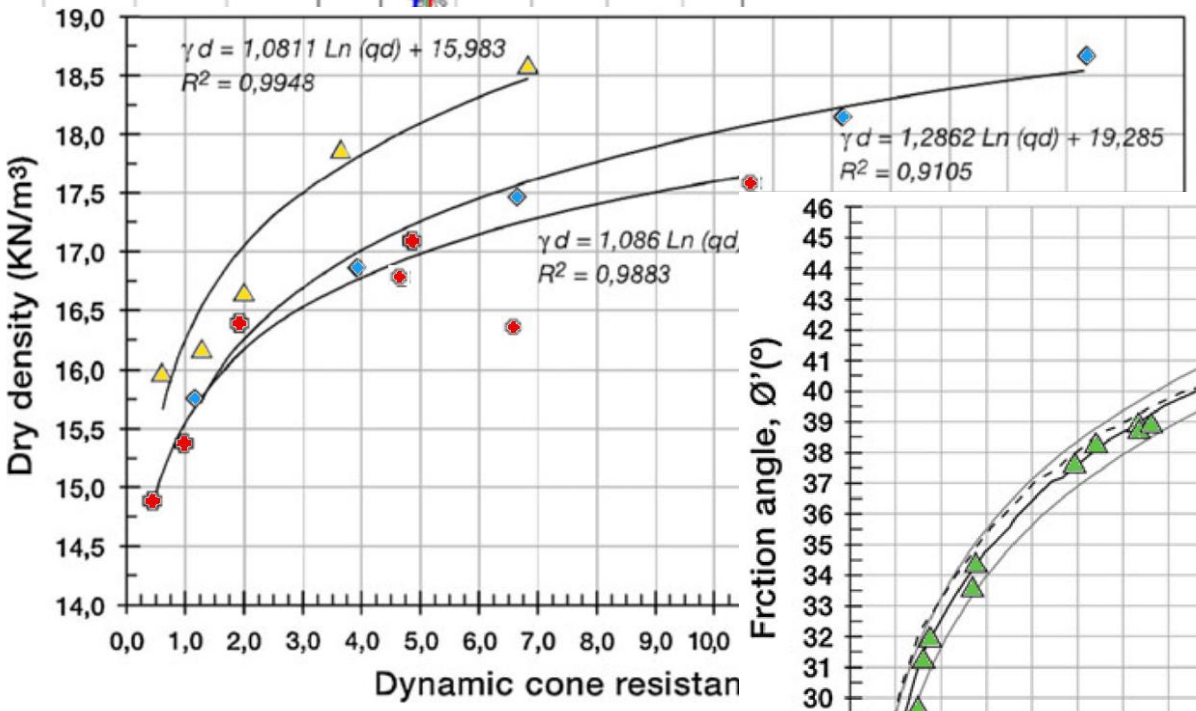


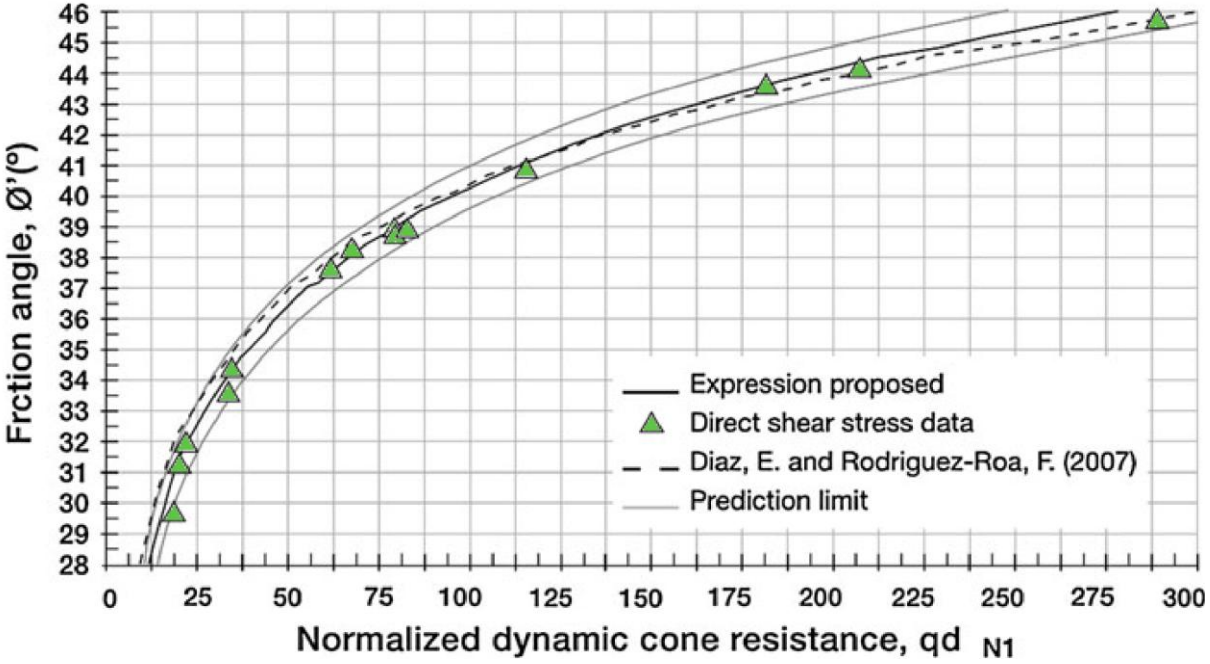


Utvärderingsmöjligheter - exempel









Penetrerande provning/sondering

Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Penetration testing - possibilities

Use of site-specific adapted tips and designs like:

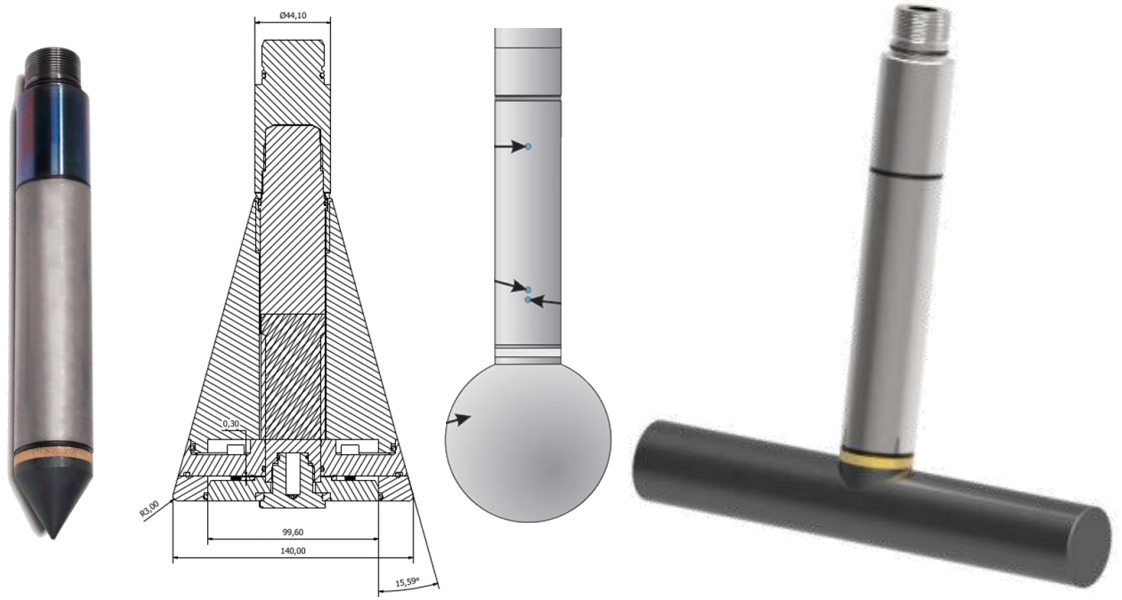
Vesteberg et al. 2025. CiPPT – A new in situ method for sounding and strength determination in peat. Under revision, AIMS Geosciences.

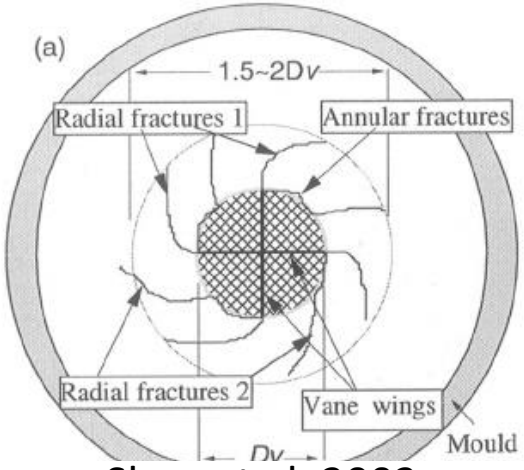
Varying “tip” using other shapeslike e.g. T-Bar, balls, or even small shallow plates

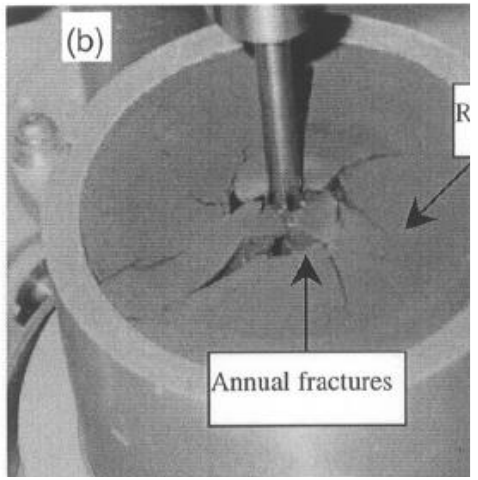
Peuchen & Terwindt 2016. Critical appraisal of T-bar penetration tests

Vane Tests
unknown pore pressure development
choice of velocity
assumptions correct (shear band)

Meng & Laue (2024). The use of vane shear tests in granular materials for shear strength measurement

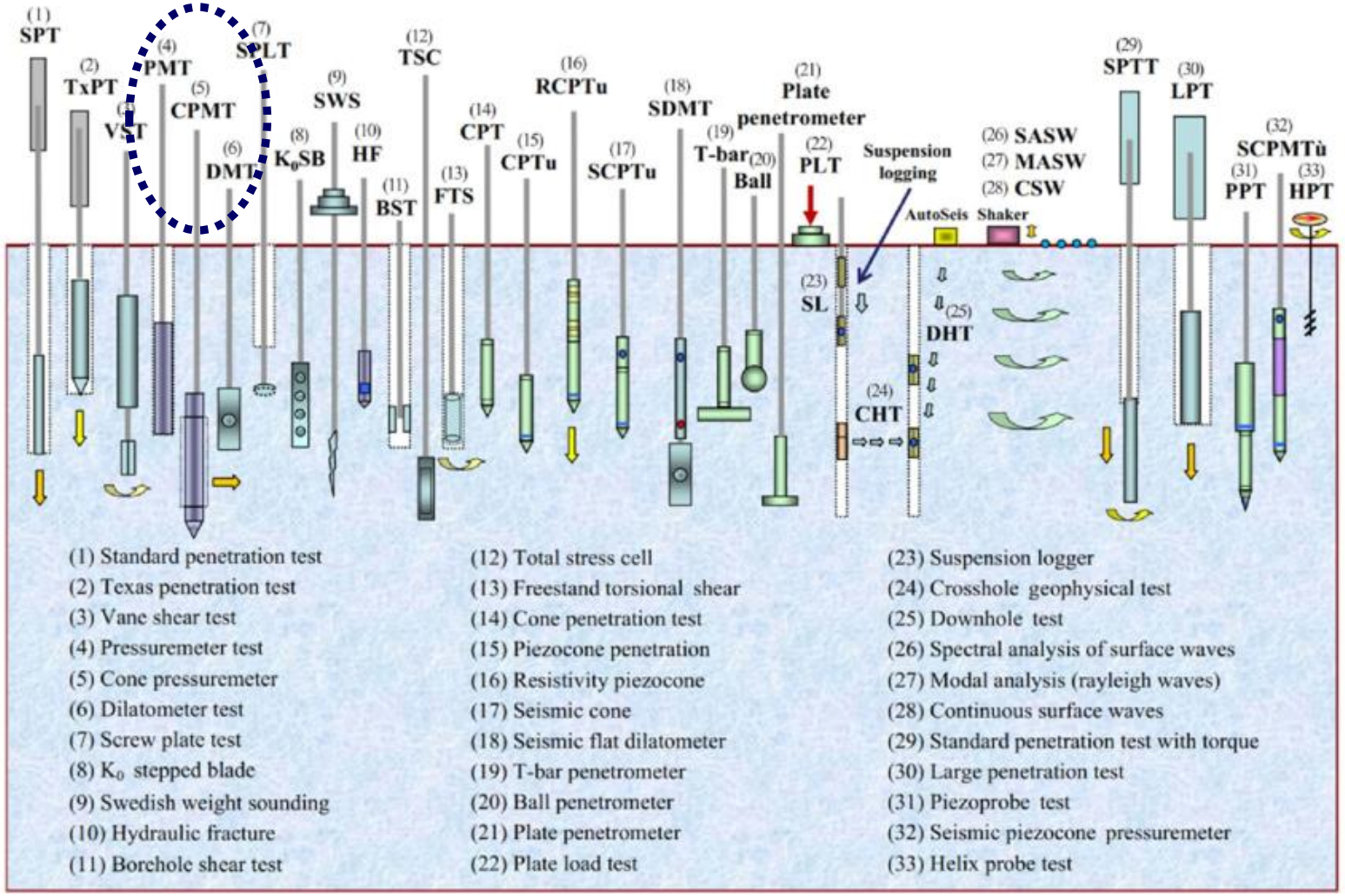






Shen et al. 2003:

In-situ testing methods – an overview

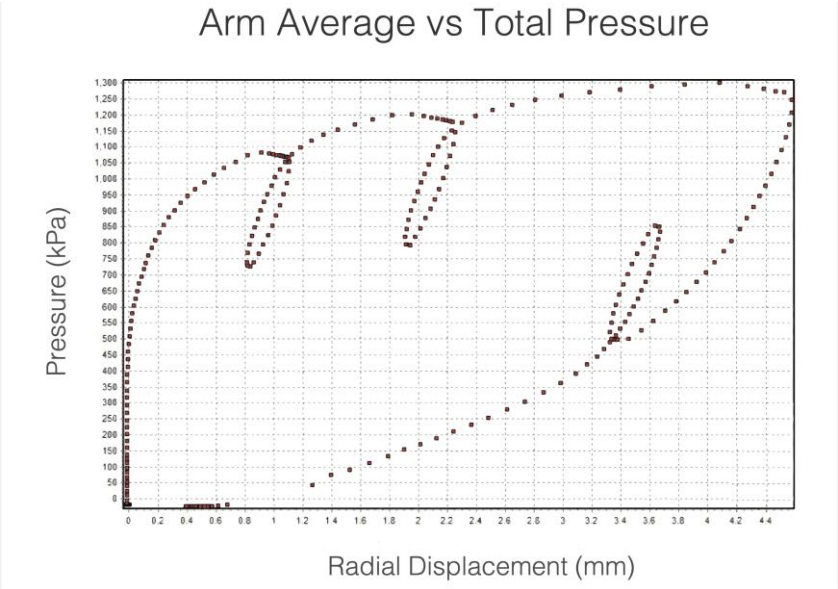


Mayne at al. 2009. Geomaterial Behaviour and Testing

<u>Horizontal stiffness testing</u>

Pressuremeter (Menard, 1955)

Flat Dilatometer (Marchetti)



Icke "kontaminerad" provtagning i friktionsjord

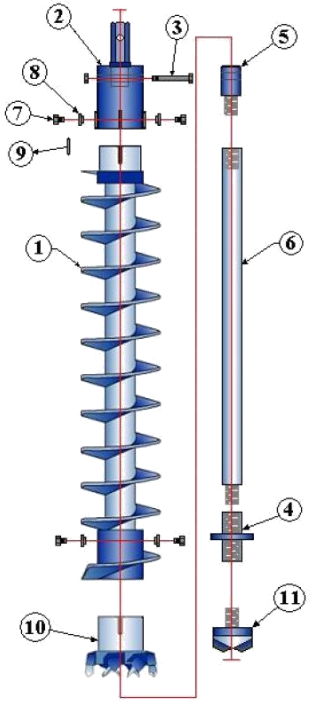
Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Filosofi - Inte ”kontaminera proverna” med jordmaterial över provtagningsnivå

- Klassisk provtagningsskruv
  - Prov med provtagningsskruv riskerar kontamineras



- Provtagningsskruv i foderrör:
  - Klassiskt foderrör, luft/vatten
  - Hollow stem auger, utan spolning



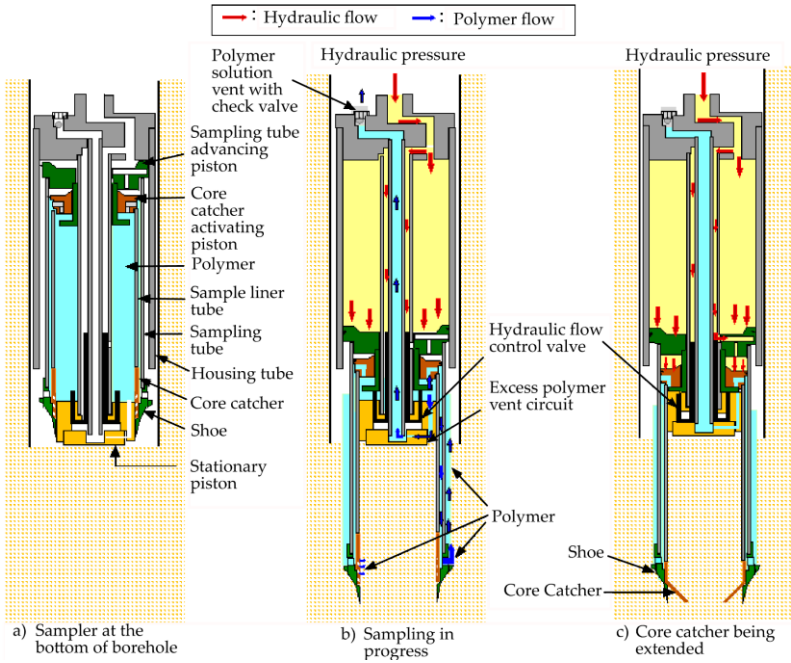
- Provtagninsspets
  - Mejselprovtagare
  - m.fl



Kvalitativ provtagning - Gel-Push sampler

- Gel stabiliserar provets väggar - polymer
- Gelen tränger inte in i provet
- Provtagning av:
  - Lös sand
  - Grus
  - Sten
  - Blandjord
  - Fyllning
- Olika kon-figureringar







SAMPLED BY GP-R (300mm dia.)
FILL MATERIAL FOR A ROAD

SAMPLED BY GP-R (300mm dia.)
VERY HARD GRAVELS WITH LOOSE SANDS

SAMPLED BY GP-R (300mm dia.)
GRAVELS AND FINES

Sulfidjord - framtidens möjligheter

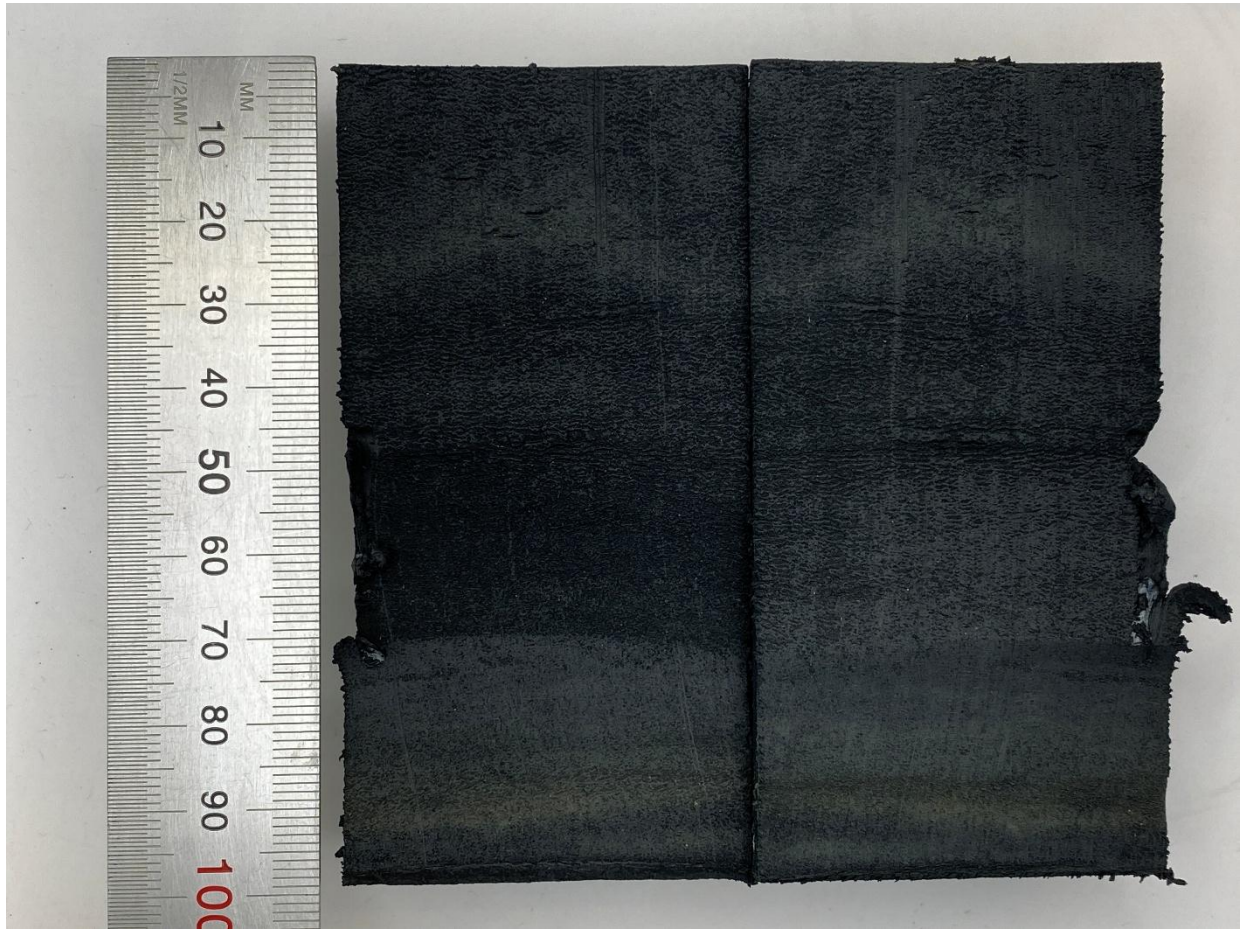
Möjlighetsanalys - befintliga och nya undersökningsmetoder i andra jordar än lera

Sulfidjord

- Tidigare arbete och andra BIG-projekt.
  → BIG D2024-3: Stabilisering av sulfidjord med hjälp av kemiska tillsatser.

- Hur borde sulfidjord klassas?
  → Okulärt eller gränsvärden för svavelhalt?
  → Geotekniska konsekvenser, korrigeringar.

- Framtiden provtagningsmetoder.
  → Är kolvprovtagning ”good enough”?




Tack