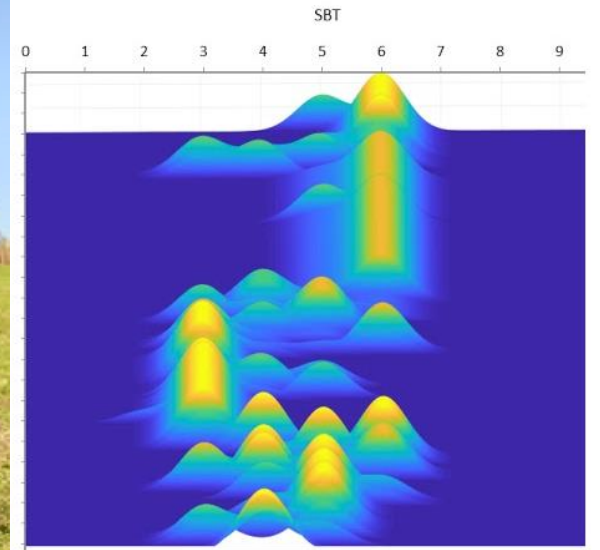


Luotettavat pohjatutkimus- menetelmät ja niiden tulkinta

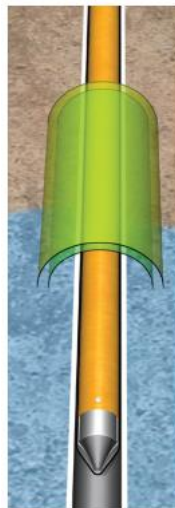
Tim Länsivaara



Esityksen sisältö

Muodonmuutosominaisuudet
jatkuvana syvyyden suhteen

1. Motivointi
2. CPTU kairaus
 - Uudet tulkinnot saviille – entistä luotettavampi
 - Tulkinnot nyt myös silteille
3. Näytteenotto
 - Entistä parempia näytteitä
4. Dilatometri DMT
 - Voisiko tästä olla apua?
5. Magneettikuvantaminen NMR
 - Uusia mahdollisuuksia
 - Vesipitoisuus, vedenläpäisevyys...
 - Mitä muuta tulevaisuudessa?



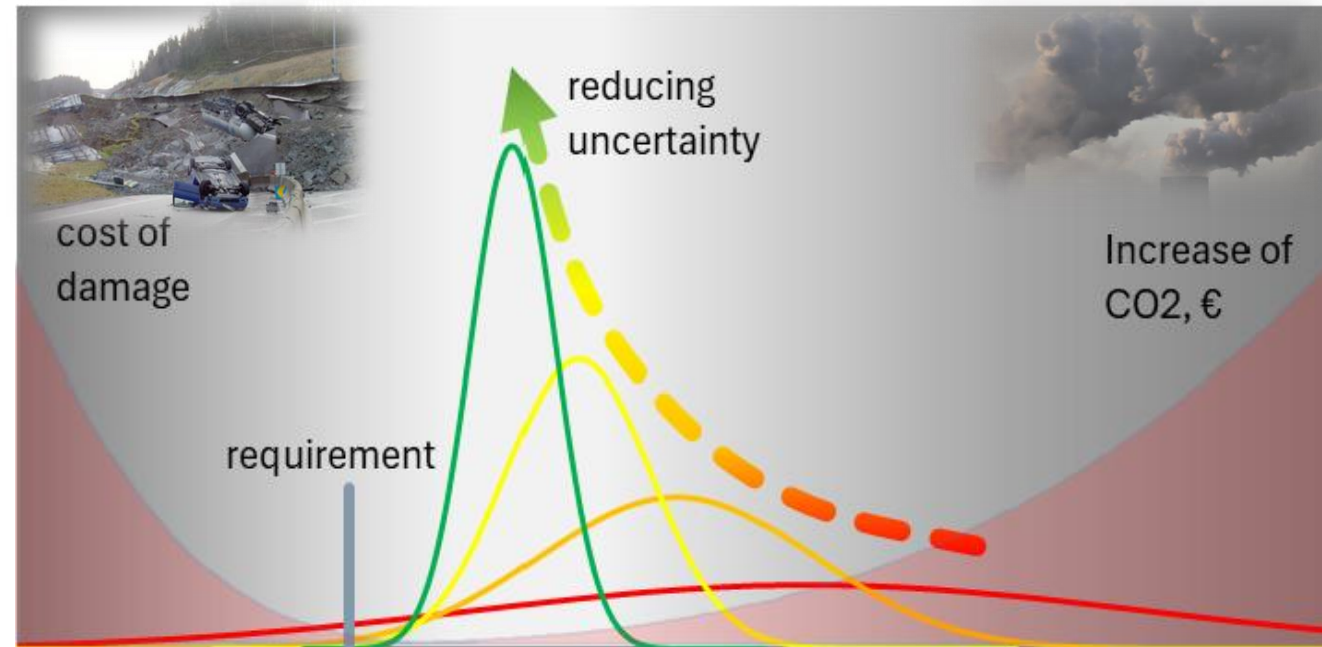
Miksi?

yhteisenä nimittäjänä maan ominaisuuksiin ja geotekniseen laskentaan liittyvien epävarmuuksien pienentäminen, jotta:

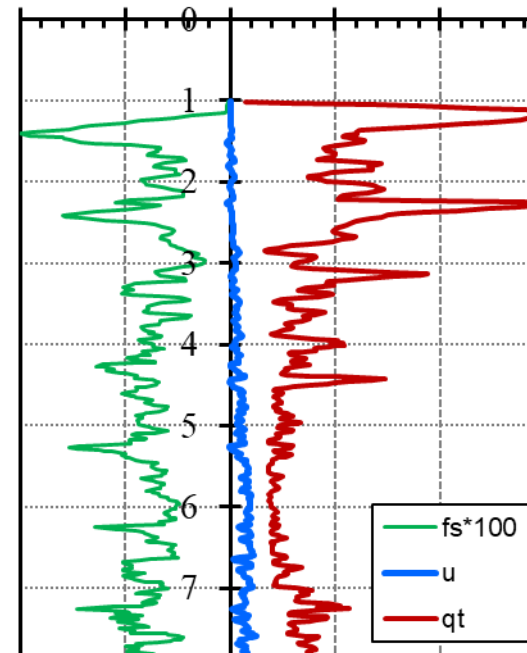
1. Jotta ei tapahtuisi murtumia tai haitallisia siirtymiä
2. Jotta ei tuhlattaisi/aiheutettaisi turhia CO₂ päästöjä

Miten?

Hyödynnetään uusinta teknologiaa,
Pyritään jatkuvaan luotettavaan dataan



-2000 -1000 0 1000 2000 3000



CPTU kairaus ja sen tulkinta

Tutkimukset/väitökset

Bruno DiBuo, 2020

Juha Selänpää, 2021

Mohammad Farhadi tulossa 2026

Fincone 1 (DiBuo, Selänpää) keskittyi saveen.

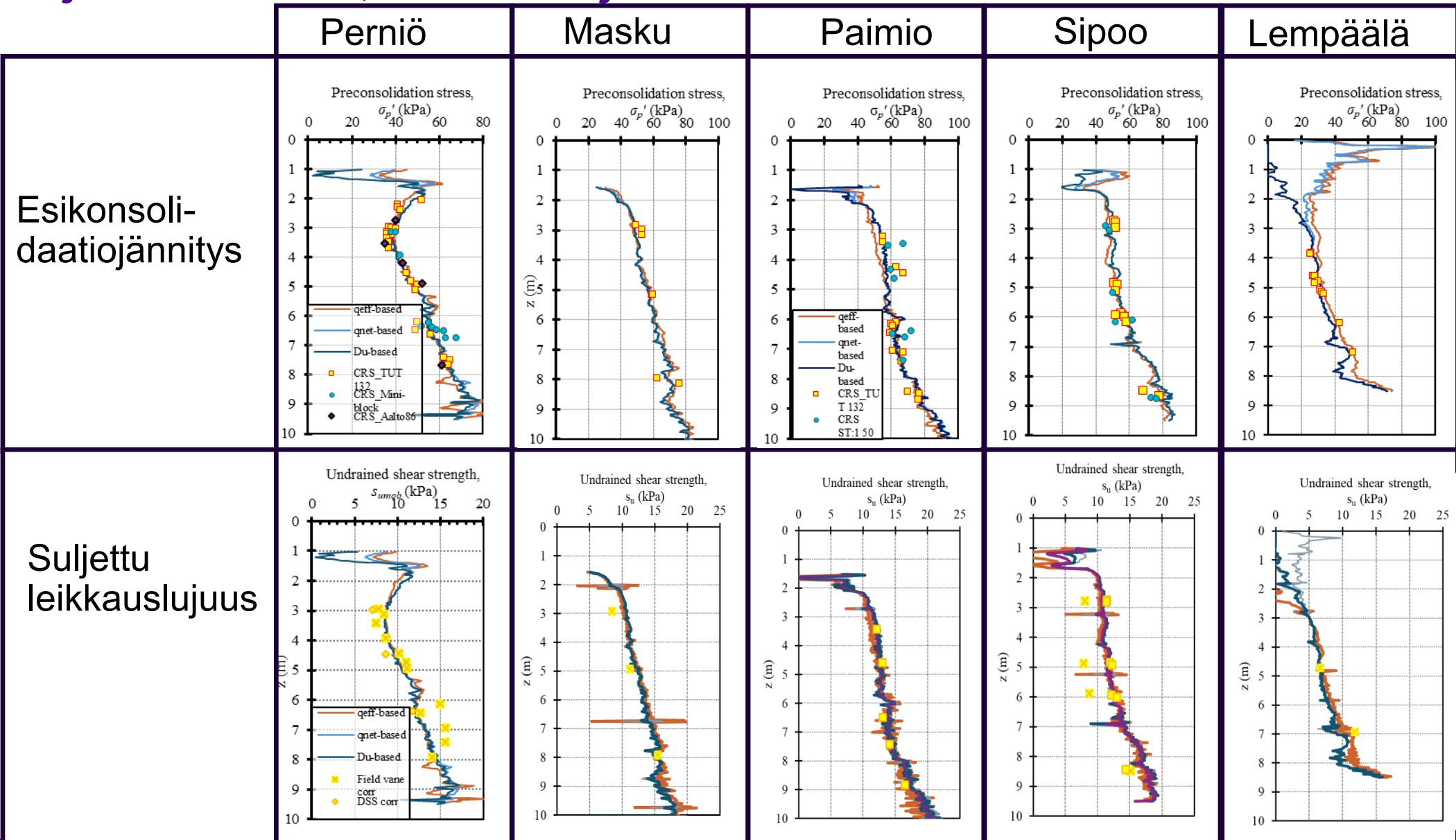
Tulkintoja on edelleen kehitetty ja parannettu

Fincone 2 (Farhadi) silttimaat, sekä maan karakterisointi yleensä, muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen savelle.



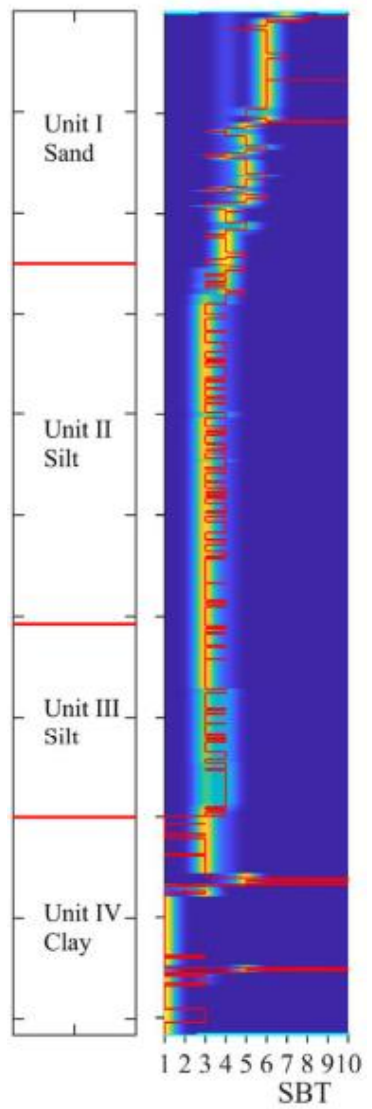
CPTU kairaus ja sen tulkinta, esimerkkejä savikohteet

Sama
yhdenmukainen
tulkinta joka
kohteessa

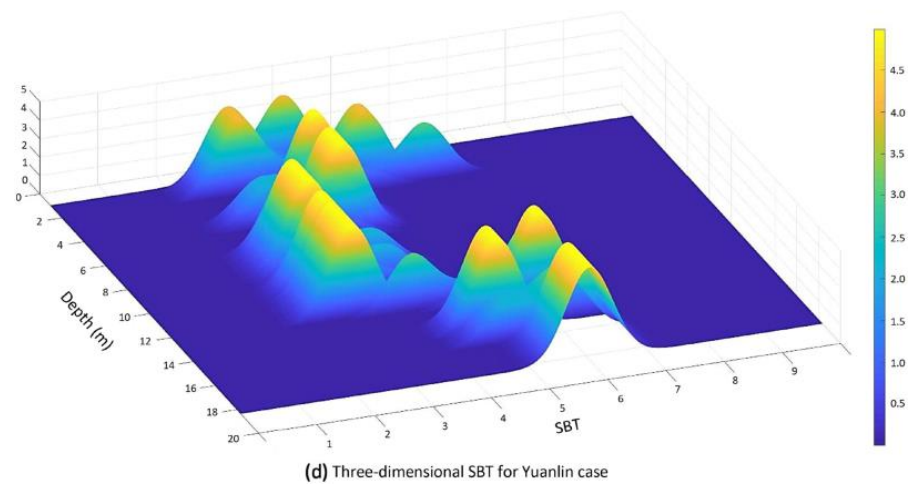
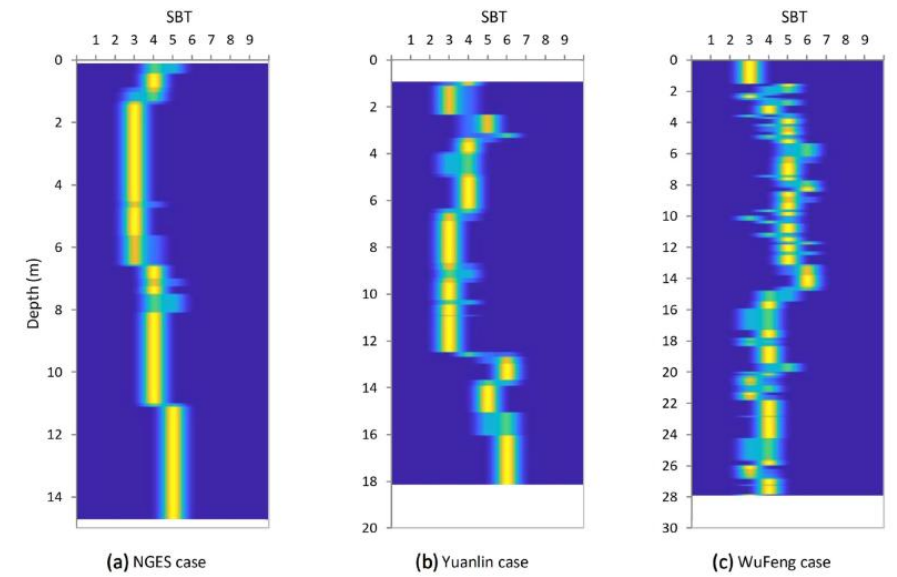
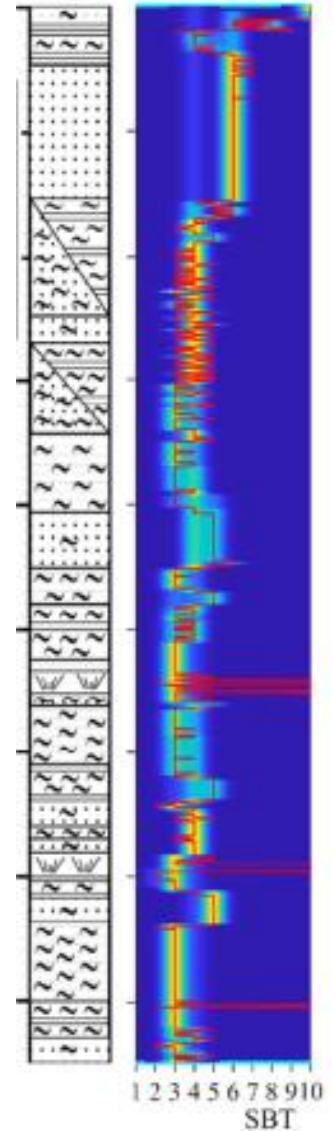


CPTU kairaus ja sen tulkinta, maan karakterisointi

Halden,
Norway

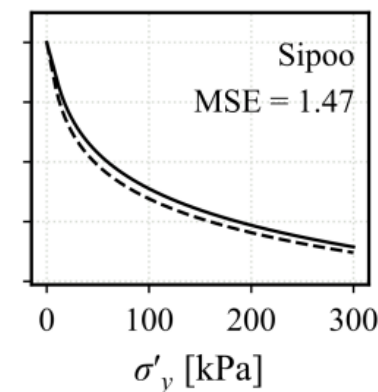
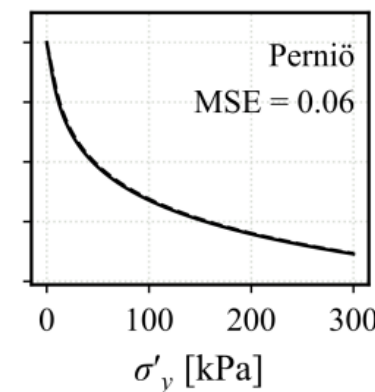
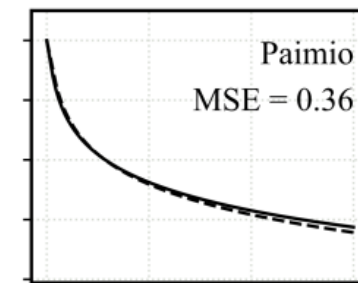
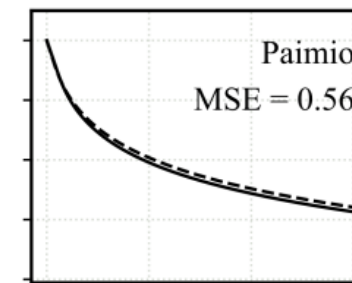
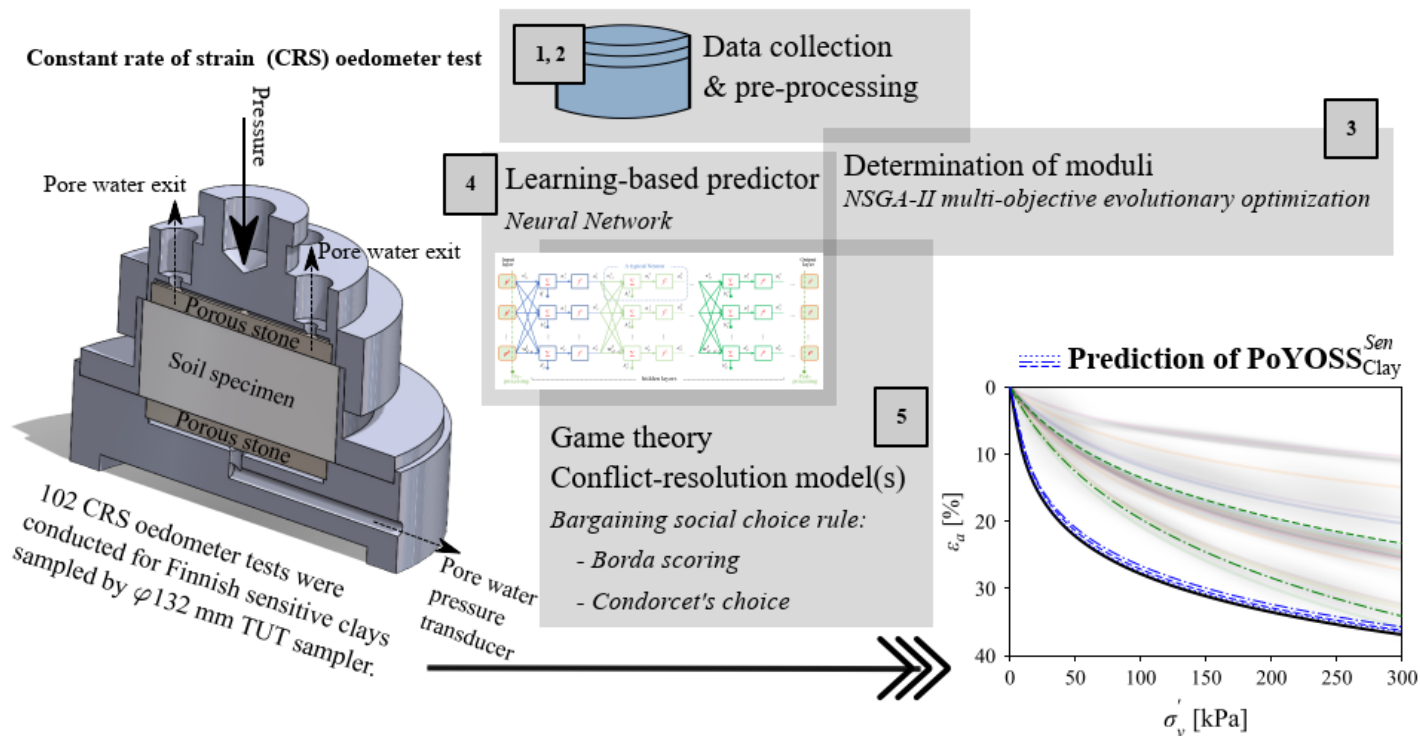


Venetian
Lagoon, Italy



Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana

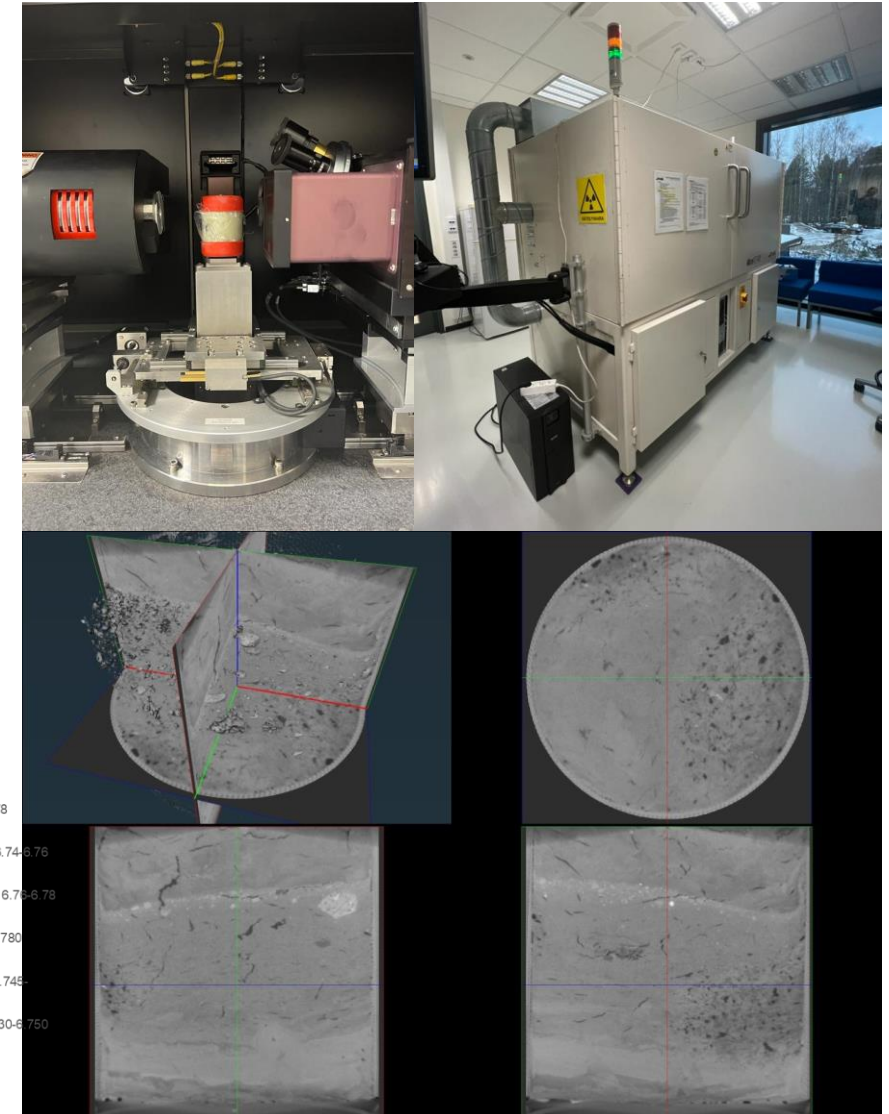
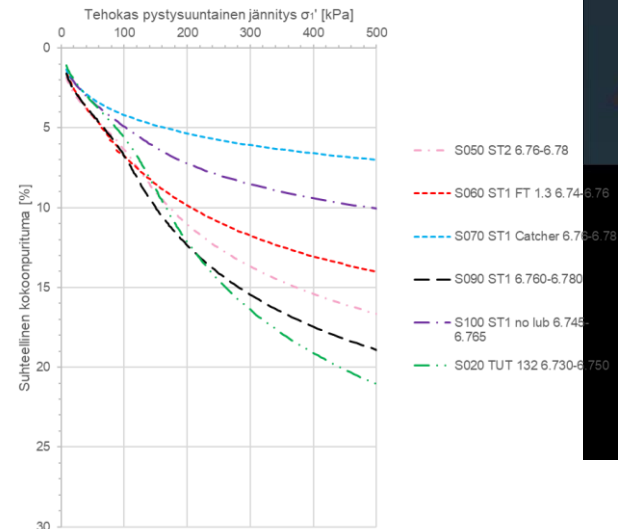
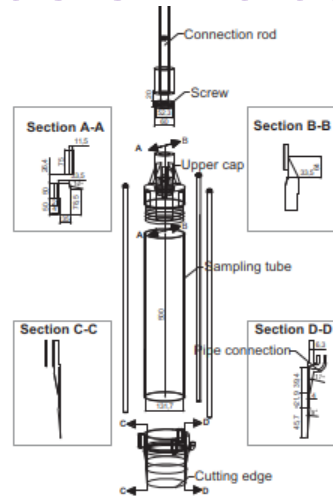
osa 1, määrittäminen indeksiominaisuuksien avulla



Häiriintymätön näytteenotto

Viimeaikaiset innovaatiot;

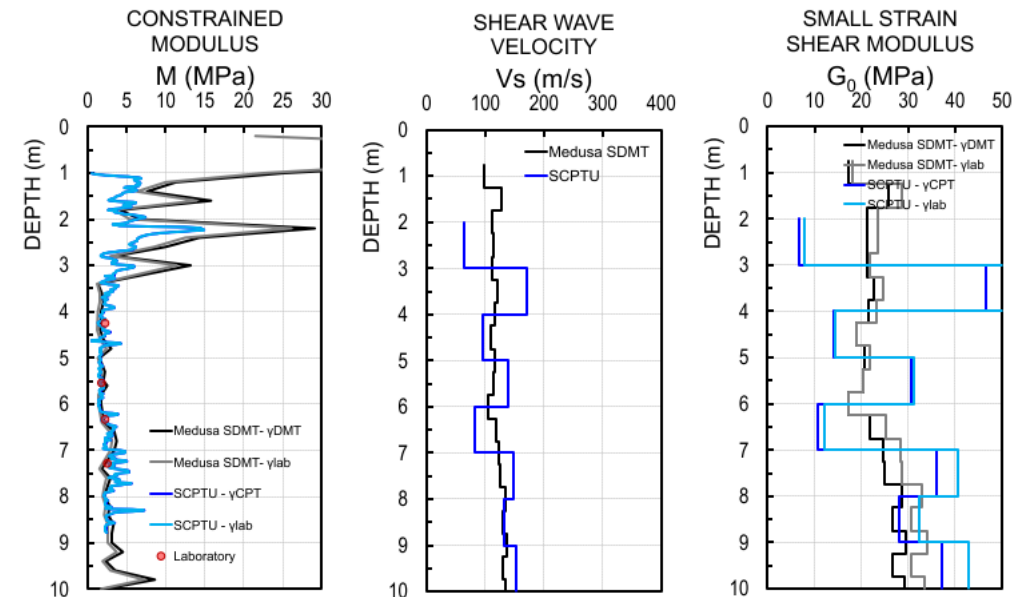
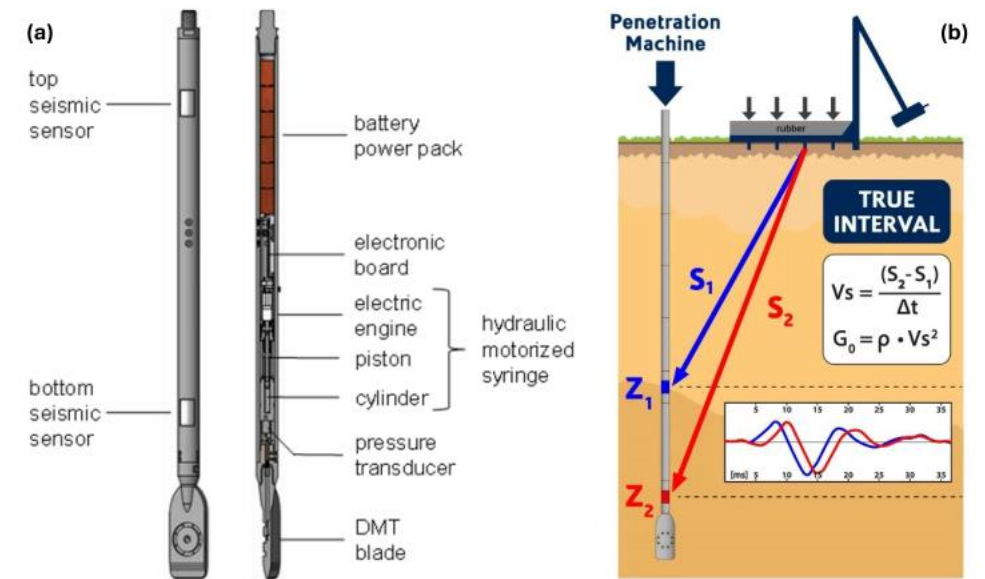
- TUNI132 Näytteenotin:
 - Näytehalkaisija 132 mm
 - Näytteen leikkaaminen vaijerin avulla
 - Mahdollisuus syöttää vettä/ilmaa leikkauskohtaan
 - Tulppaantumisen estäminen silttimailla
 - Liukasteen käyttö
 - Näytteen putoamisen ja venymisen estäminen ylösnostovaiheessa
 - Kitkateipit
 - Näytteen paineistaminen
 - In-situ jännitystilän säilyttäminen



Pöyry et al. 2024

Dilatometri DMT

- Uusi Medusa SDMT jossa paineyksikkö kairasondissa ja anturia leikkausaallon mittausta varten
- Yhteistyö University of Chieti-Pescara, Università degli Studi dell'Aquila, Studio Prof. Marchetti
- Tutkimuksia tehty Finnimäessä, Haistilassa ja Perniössä, tulokset hyvin lupaavia.



Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana osa 2, mutta mistä sitten indeksiominaisuudet jatkuvana?

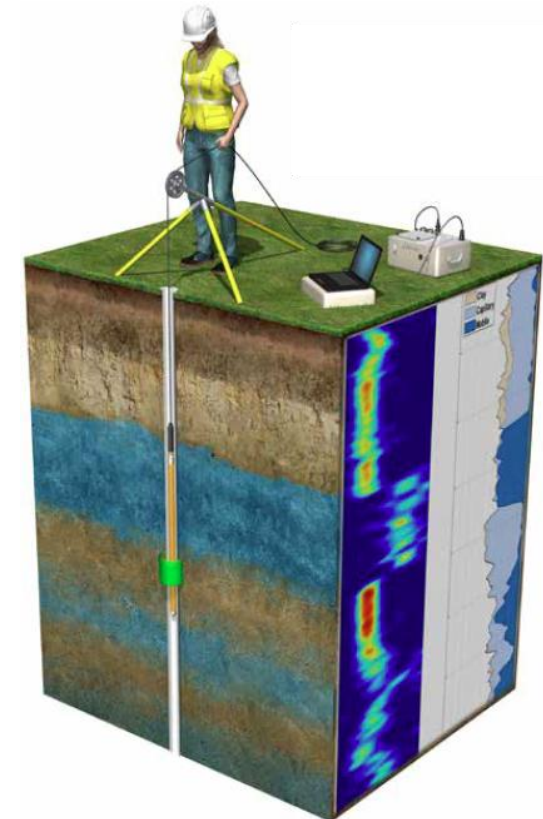
CPTU

- esikonsolidaatiojännitys
- Suljettu leikkauslujuus
- M_0
- Kitkakulma
- Maalajityyppi
-
- **sensitiivisyys**



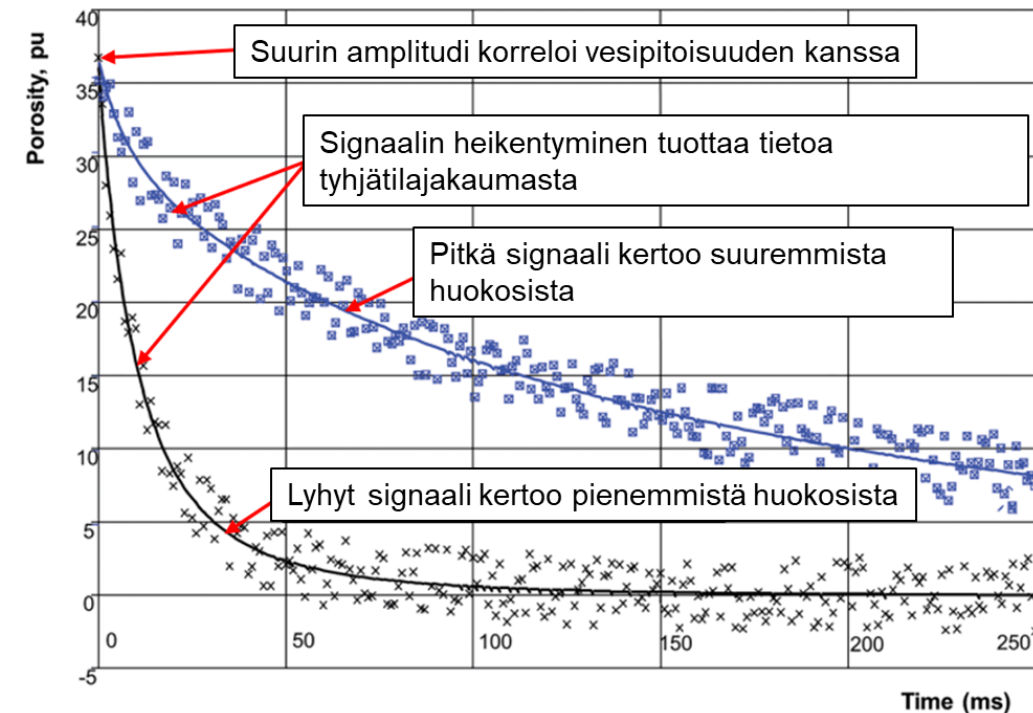
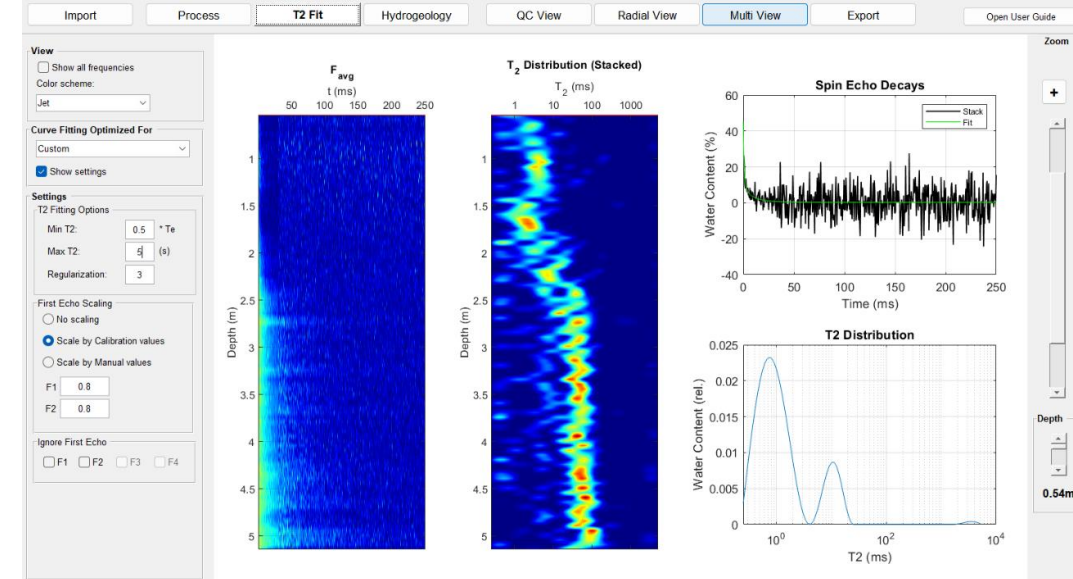
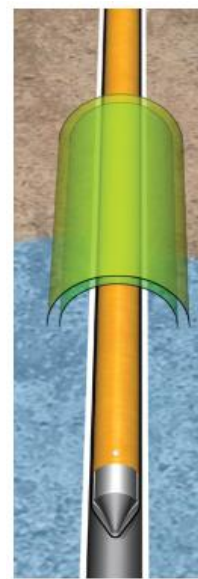
NMR

- **Vesipitoisuus**
- (josta tilavuuspaino)
- Vedenläpäisevyys
- rakeisuus



NMR lyhyesti

- NMR – Nuclear Magnetic Resonance, eli atomin ytimen magneettinen resonanssi (myös käytetty MRI, BMR)
- Perustuu vedyn ytimen magneettisiin ominaisuuksiin
- **Mittaa suoraan vetyatomien määrää maassa – ja tästä saadaan suoraan vesipitoisuus**
- PVP alapuolella tästä huokoisuus ja tilavuuspaino
- T2-jakaumasta saadaan arviota maan rakeisuudesta



Kuva: Coates 1999

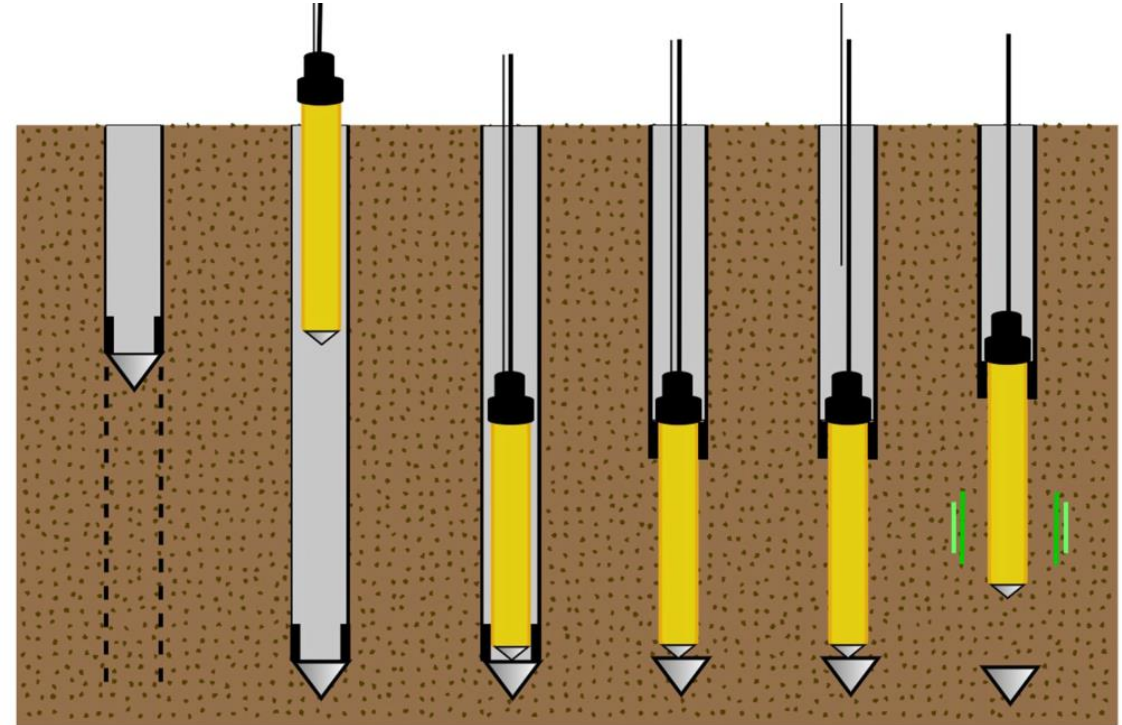
Joona Tuisku D-työ, Mittaustavat:

Pohjavesiputkesta



- Mitattava alue on reiän ulkopuolella
- Mittaus voidaan suorittaa joko painamalla NMR-luotain maahan tai pohjavesiputkesta
- Mittauskalusto on nopea asentaa ja mittaus on nopea

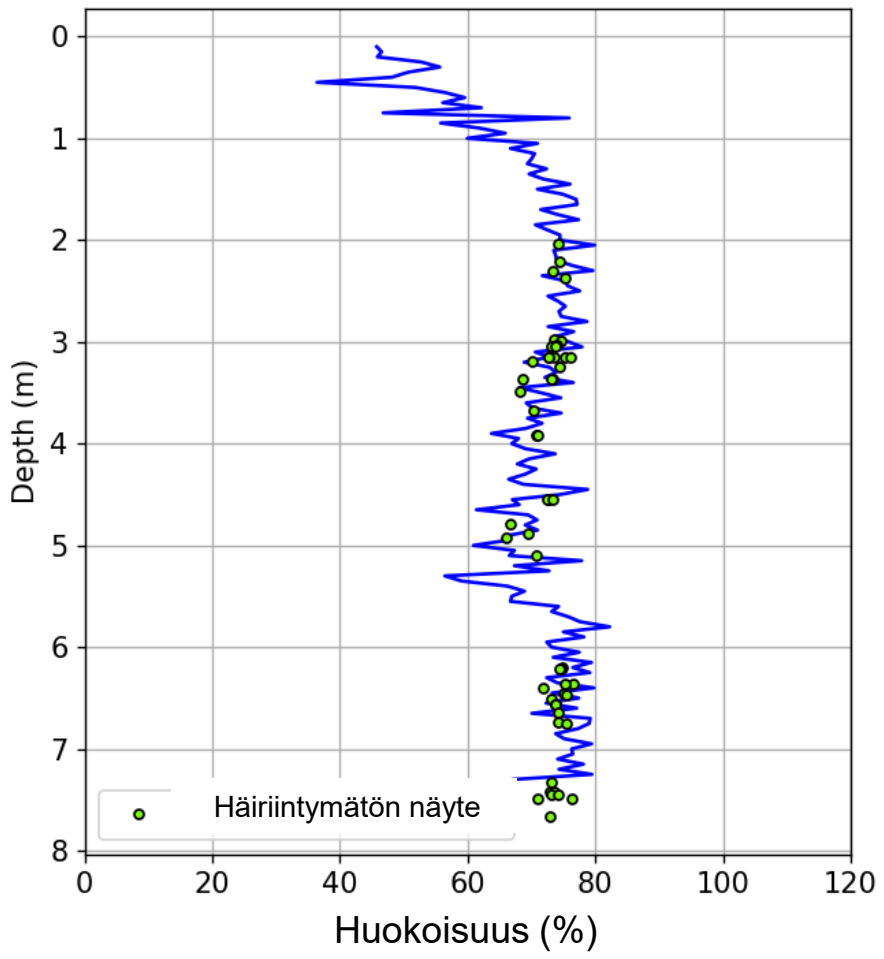
Kairavaunulla painamalla



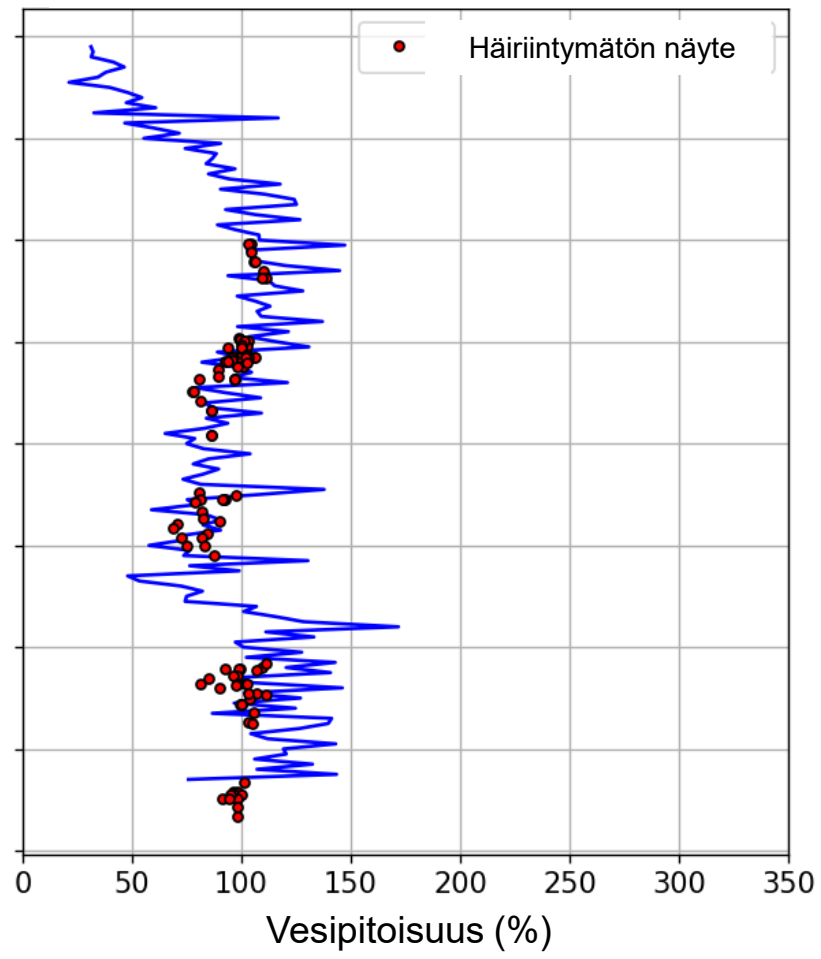
Kuva: Morozov et al. 2024

Esimerkki, Perniö (Joona Tuisku D-työ)

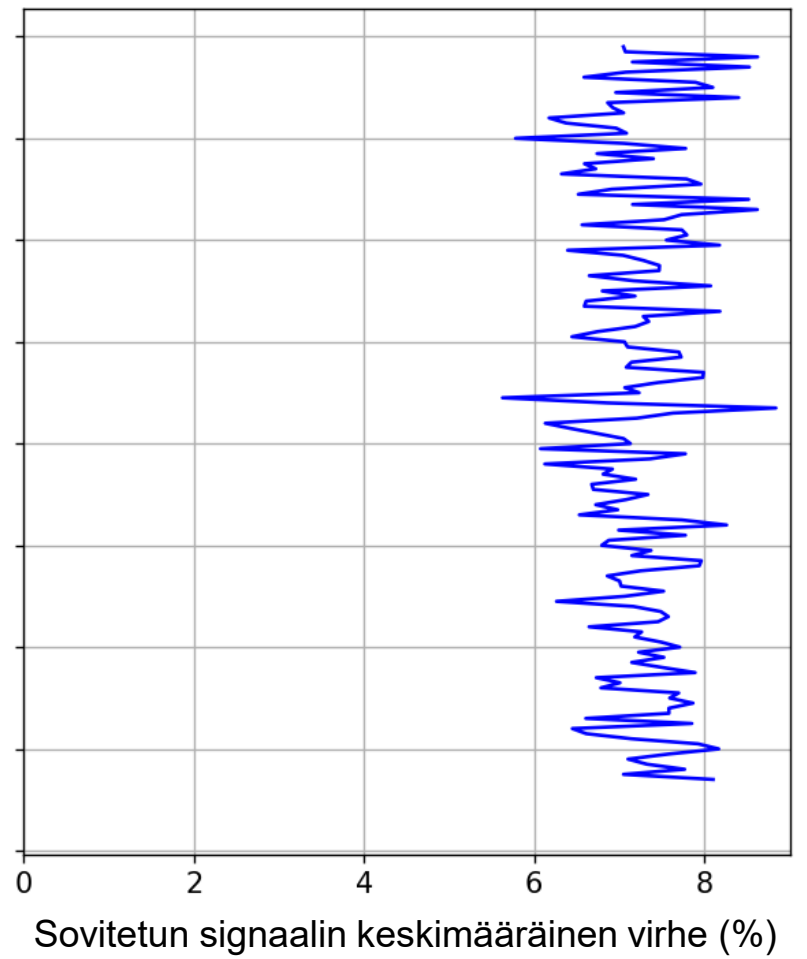
Huokoisuus



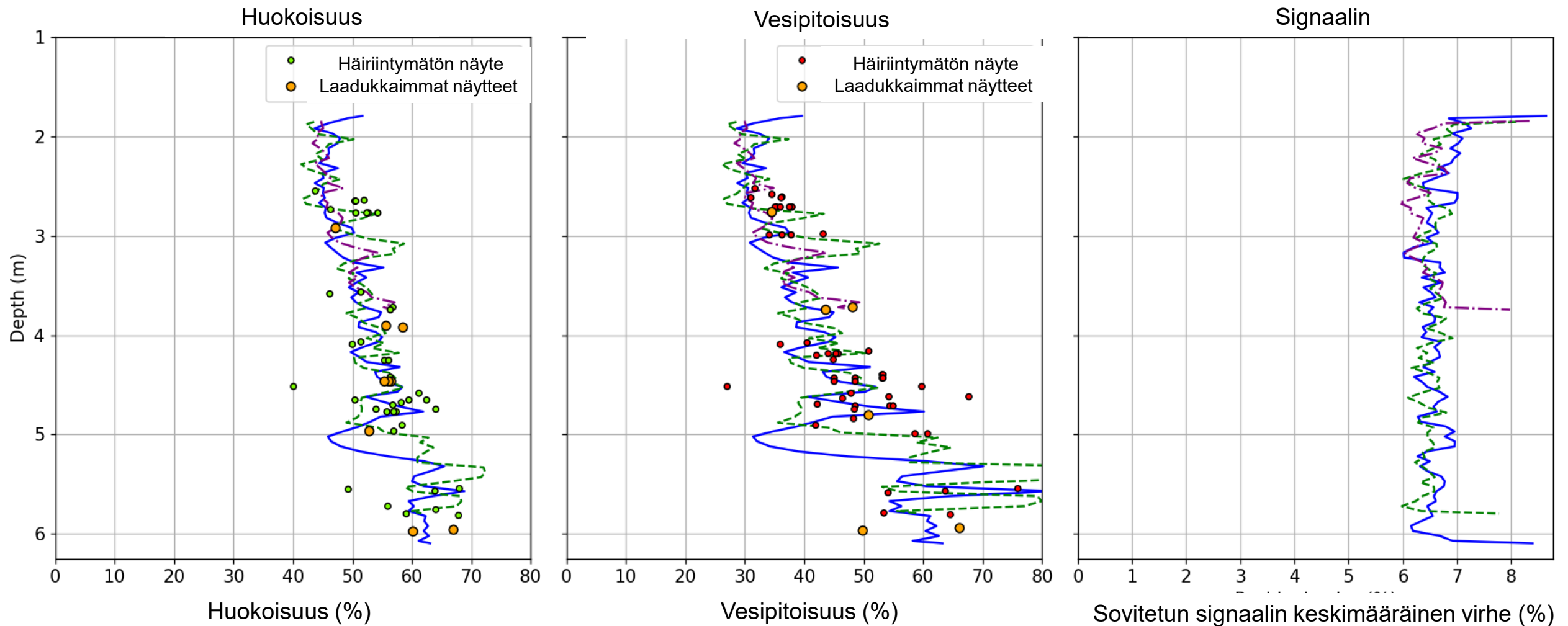
Vesipitoisuus



Signaalin kohina



Esimerkki, Haistila (Joona Tuisku D-työ)



Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana

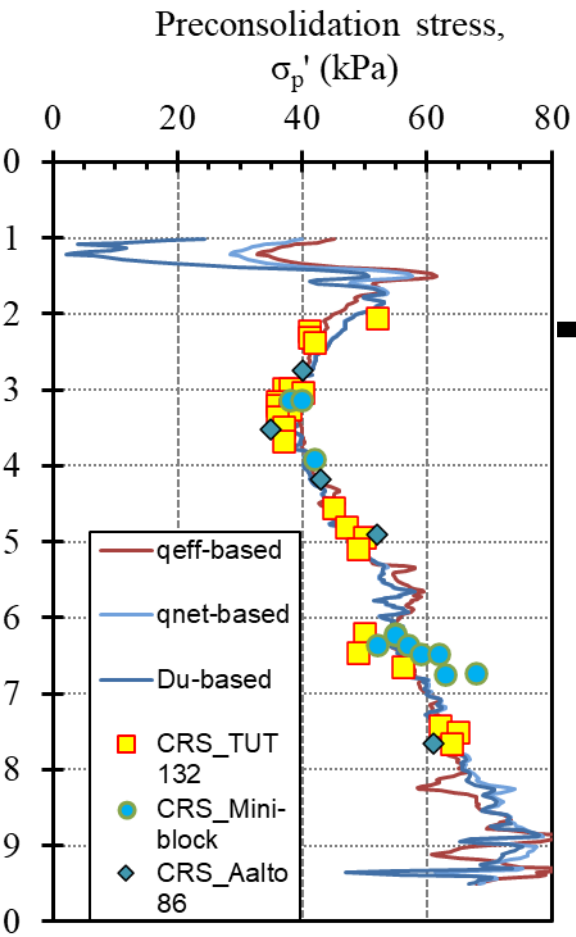
osa 3, seuraavaksi tarkoitus yhdistää CPTU ja NMR

FINCONE 1 (ja sen jälkeen) FINCONE 2 osatulokset:
muodonmuutuskäyttäytymisen
estimointi (w, St)

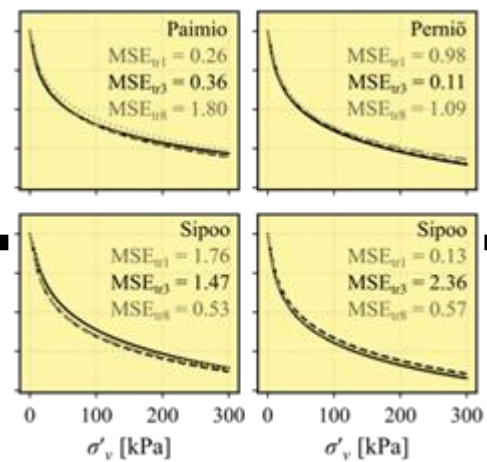
NMR

Siltti kohde

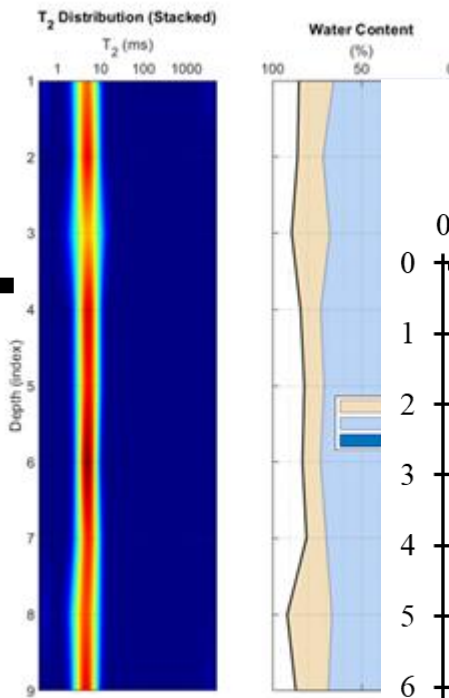
HAISITLA (SILTTEI)
 q_t , u ja $f_s \cdot 100$ (kPa)



+

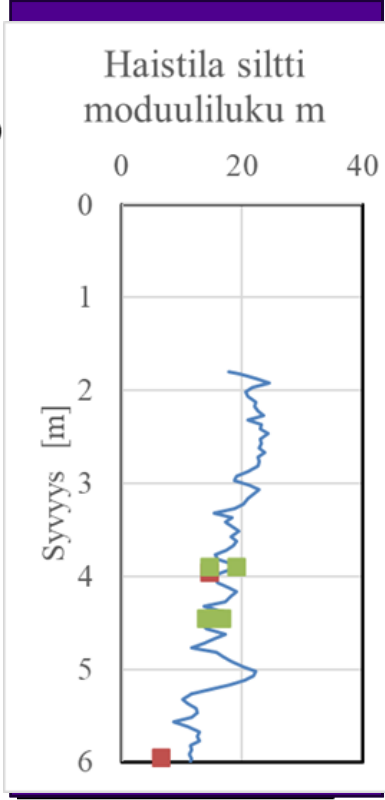
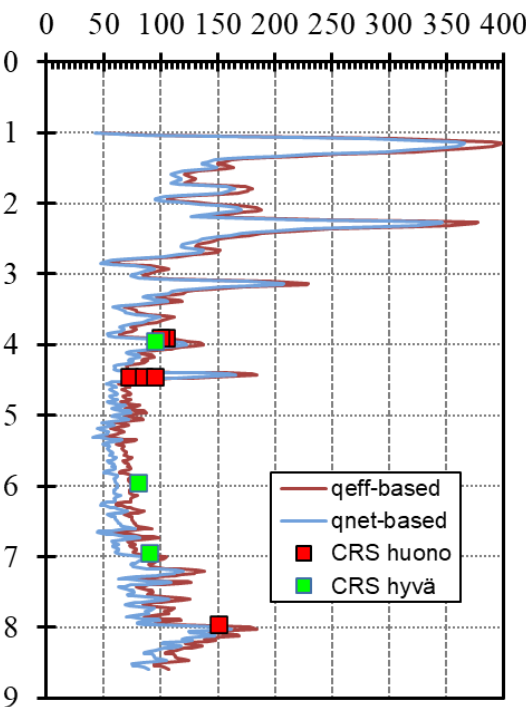


Tässä vielä laboratorio
vesipitoisuus ja
sensitiivisyys



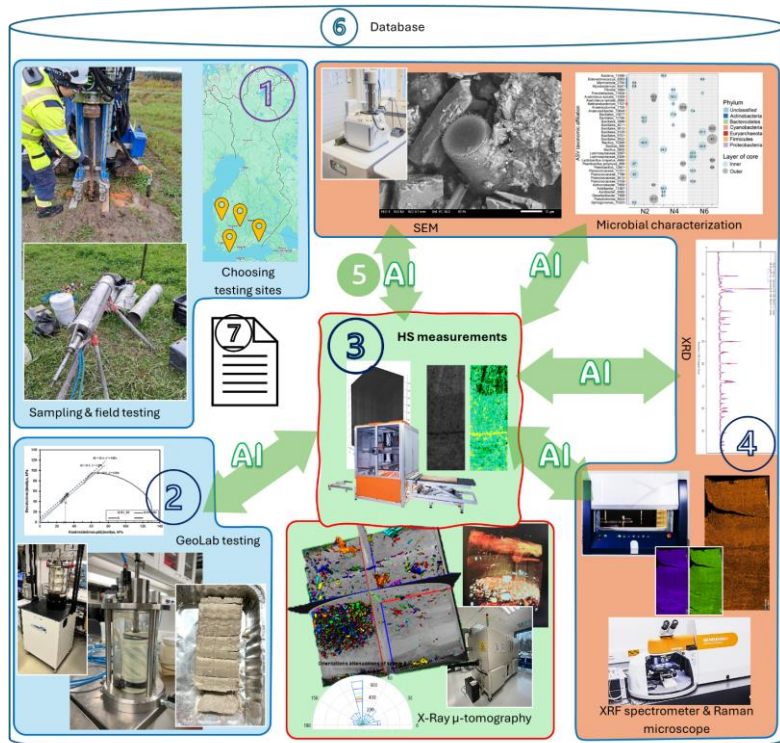
Vesipitoisuus
jatkuvana in-situ
määrittäksenä

HAISITLA (SILTTEI)
 σ_p' (kPa)



Ja vielä jotain ihan muuta...

Suomen Akatemia haku AI2Geo



TERRA
GTK
TMC
CIVIT

Taas yksi tutkija
toivoo Suomen
Akatemian
lahjaa

Tarkoituksena selvittää
hyperspektrikuvantamisen mahdollisuuksia
parantaa maan kerroksellisuuden, rakeisuuden
ja mekaanisten ominaisuuksien
määrittystarkkuutta (jatkuvana syvyysprofiilina)

