

Merisedimenttien lujuusmittaukset Free Fall (FF) – CPT:llä

22.9.2022 Maarit Saresma

Yleistä

- Merenpohjaa tutkitaan lisääntyvässä määrin rakentamisen tarpeisiin, mm.
 - *Merituulivoimarakentaminen*
 - *Kaapelireitit*
 - *Väylät*

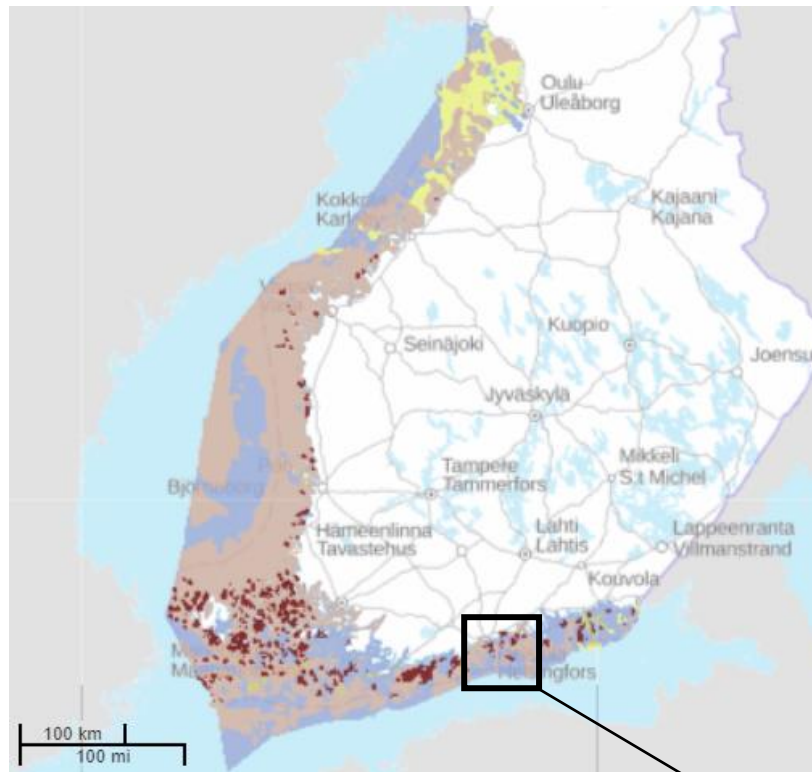


Kuva Suomen Hyötytuuli Oy

Suomen merialueiden pohjaolosuhteet

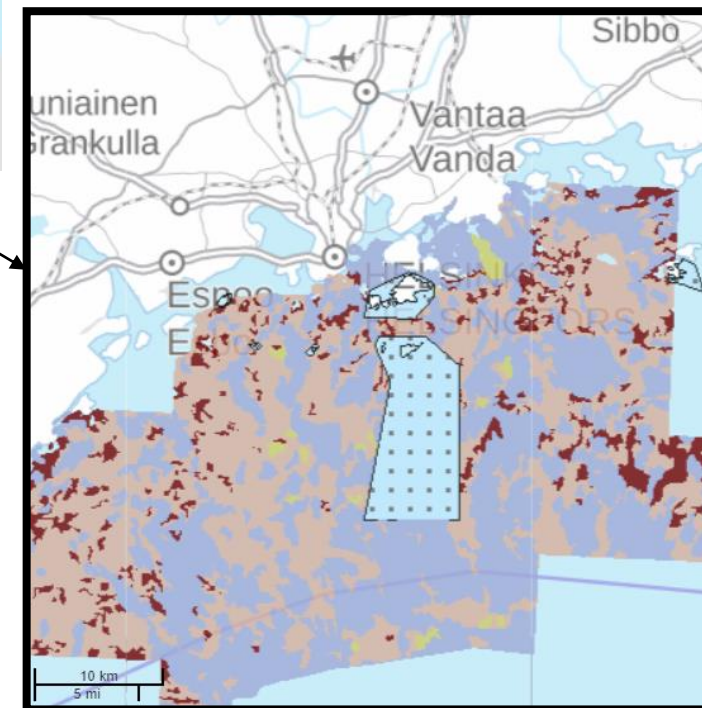
- Suomen merialueiden merenpohja on vaihteleva, kalliot, moreenit, hiekka- ja sorapohjat ja liejuiset savikot vuorottelevat pienipiirteisesti (GTK, merigeologinen karttoitus)

- *Kallio- ja moreenipohjat matalassa vedessä (<60 m), erityisesti jos <10 m*
- *Syvässä vedessä (>60 m) pehmeät paksut savipohjat ovat yleisimpiä*
- *Suomenlahti ja Saaristomeri paikoin > 50 % alueista savea*



Merenpohjan maalajit 1:1 000 000 © GTK (haku.gtk.fi)

- 1. Savi ja savinen hiekka
- 2. Hiekka
- 3. Karkearakenteinen sedimentti
- 4. Sekasedimentti
- 5. Kallio
- 9. Luvanvarainen

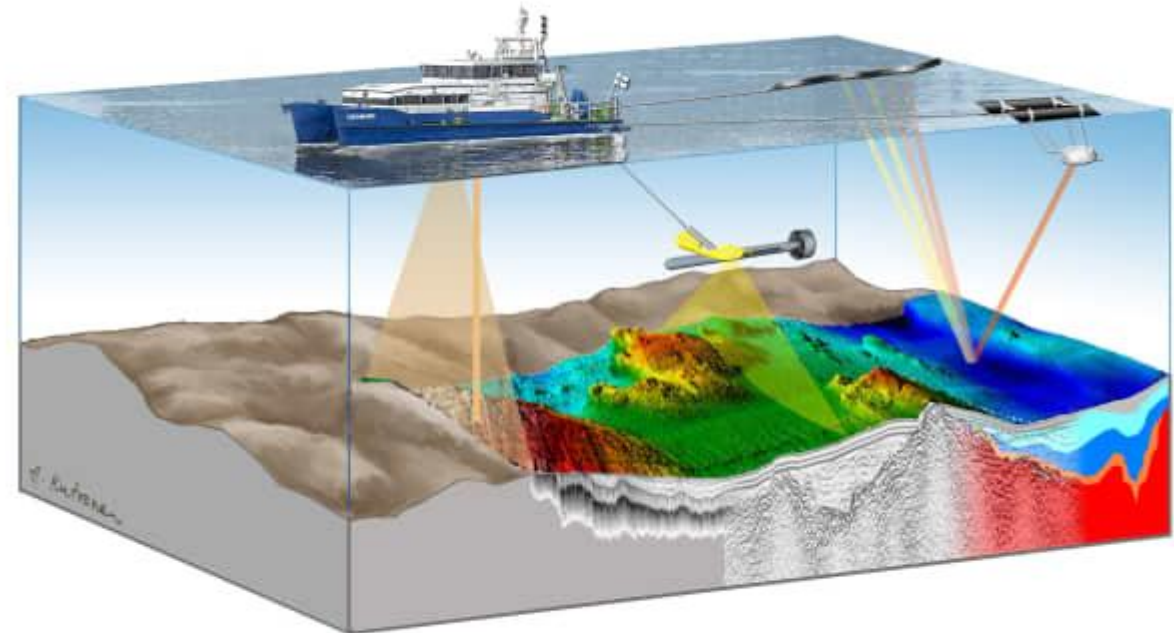


Merenpohjan maalajit 1:250 000 © GTK (haku.gtk.fi)

Merenpohjan tutkimuksia

- Merenpohjan rakenteen tutkiminen akustis-seismisin luotauksin
 - *GTK Geomari*
 - *Monikeila- ja viistokaikuluotaimet*
 - *Chirp*
 - *Reflektioluotain*
 - vedensyvyys, merenpohjan kuvaus, pehmeiden ja kovien maakerrosten paksuus, kallion pinnan syvyys

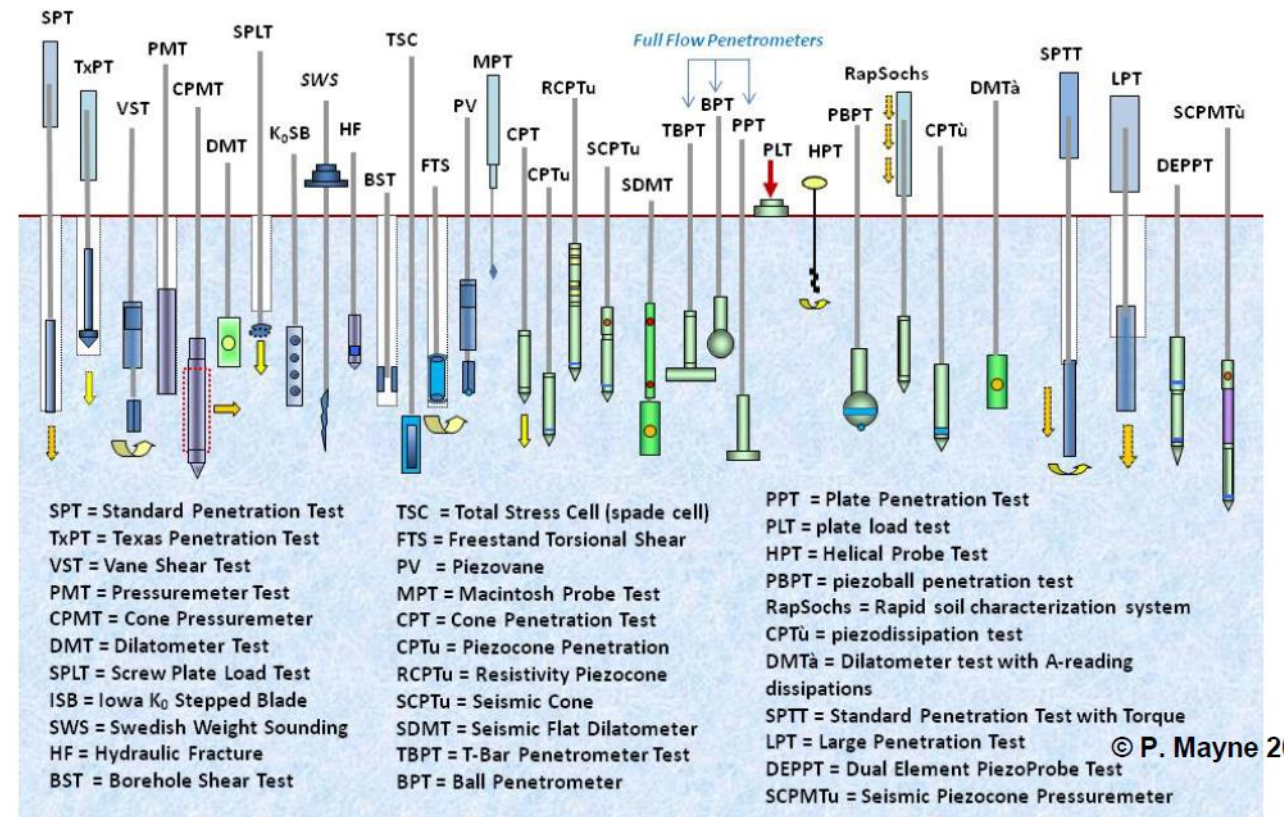
- Merenpohjan ominaisuudet
 - *Näytteenotto*
 - *Esim. Kullenberg-näytteenottimella syvät jatkuvat savisarjat*
 - *Geologiset ja geotekniset ominaisuudet laboratoriossa*



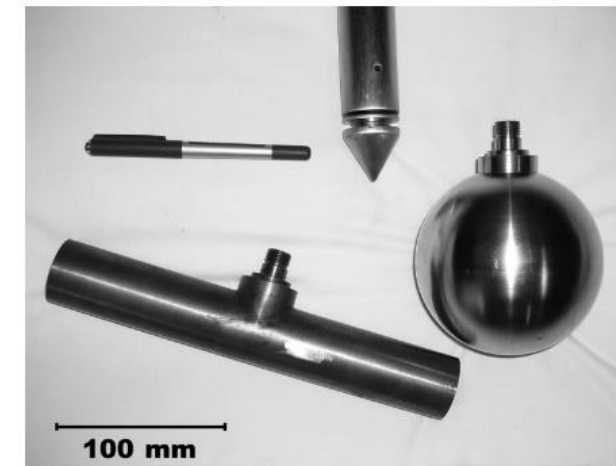
Akustis-seismiset luotaukset. Kuva GTK

Merenpohjan lujuuden määrittäminen *in situ*

- Vapaapudotuskairoja kansainvälisesti kartiokärki, harvinaisemmat kärjet tanko (T-bar), pallo (ball)
 - Kehitystyötä tehty mm. Australiassa (White et al. 2010) ja Norjassa (mm. Stegmann et al. 2006, Lunne et al. 2011)
 - Jatkuvaluonteinen tunkeutumismittauksen (q_m) mittaus syvyyden suhteen, voidaan johtaa suljettu leikkauslujuus S_u
 - Tanko- ja pallokärkeä voidaan käyttää myös maalla hyvin pehmeässä orgaanisissa maassa tai turpeessa (Boylan et al. 2011, Jannuzzi et al. 2012)



Kuva W. Solowski: Advanced Soil Mechanics, Numerical Methods in Geotechnics, Aalto-yliopisto



© Boylan et al. 2011

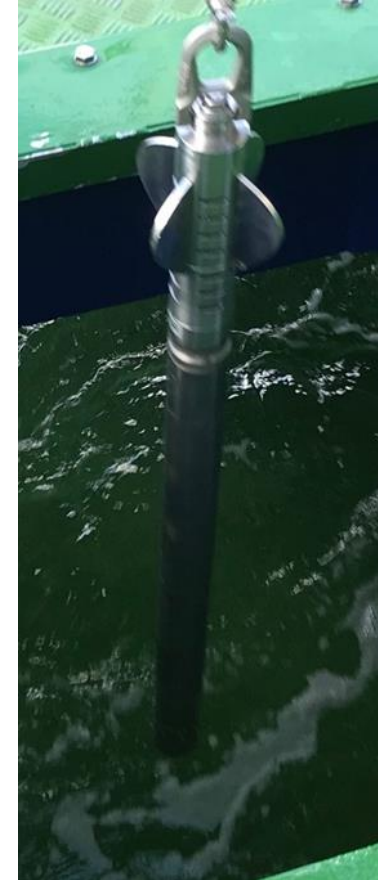
Free Fall Cone Penetrometer (FF-CPT)

- dotOcean GraviProbe 2.0
<https://www.dotocean.eu/products/sediment-profilers/graviprobe/>
- Käytetään GTK:n tutkimusalus Geomarilta
- Vapaapudotus operoidaan vinssin avulla, myös manuaalinen käyttö mahdollinen (kevyt)
- Mitat: pituus 96 cm, halkaisija 5 cm, paino 8 kg, kärkikartion A = 20 cm²
 - *Variaatioita mm. pidennetty malli (paino yht. 20 kg) ja erillisiä jatkopaloja*

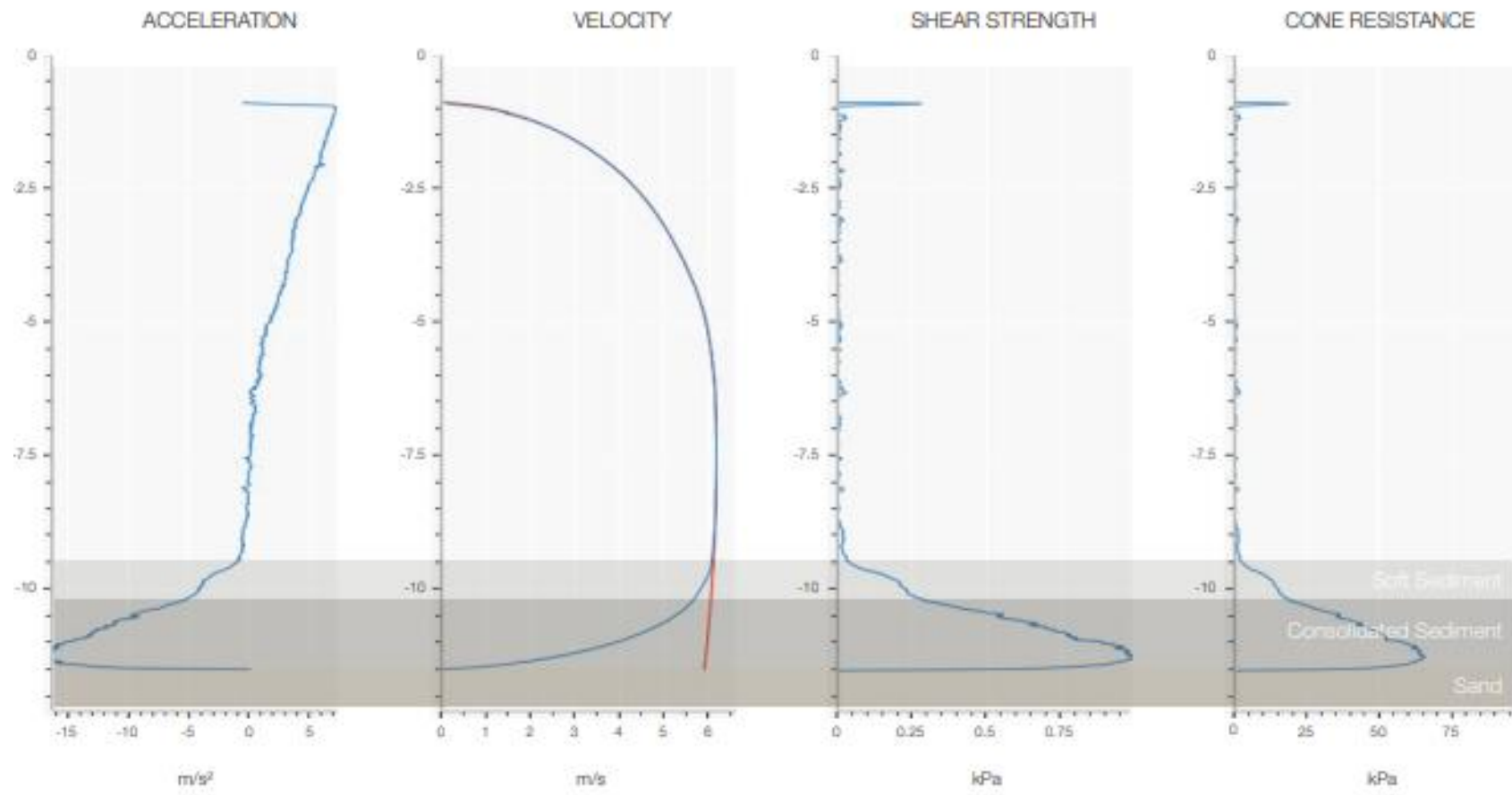


Mittaus FF-CPT:lla (GraviProbe 2.0)

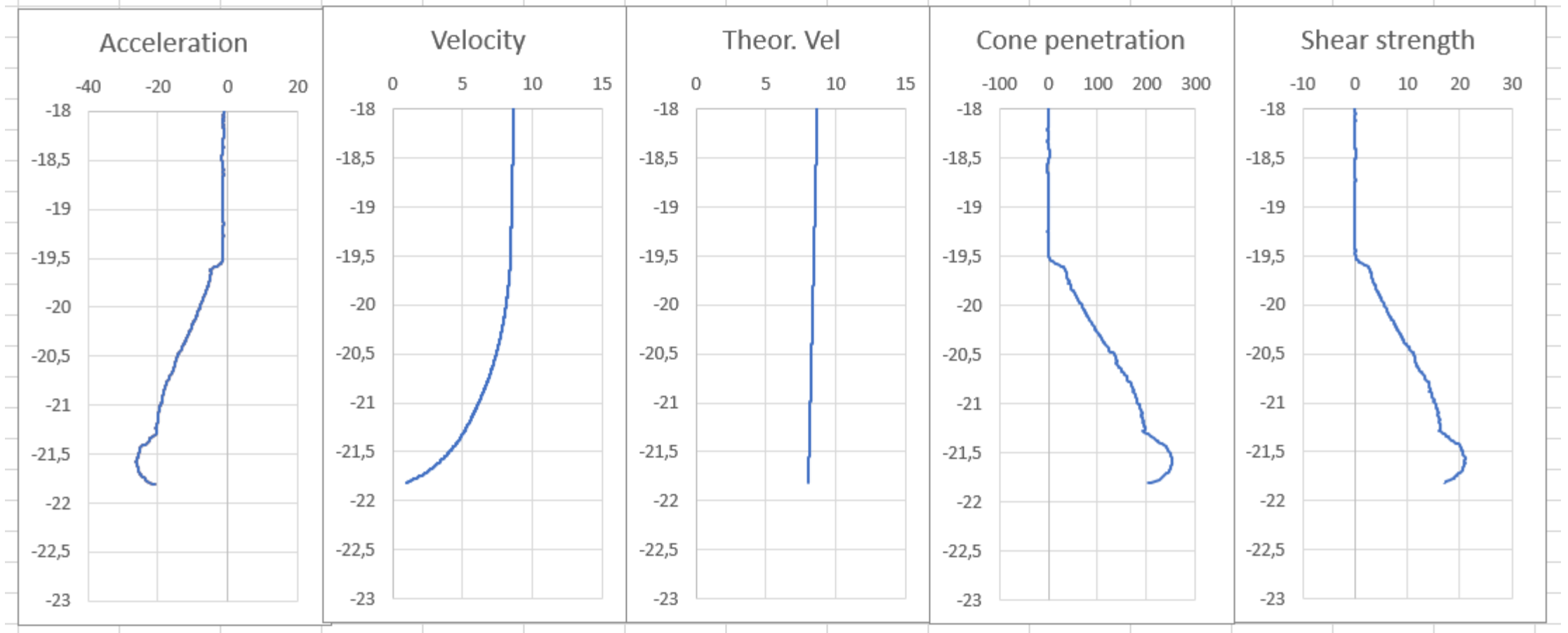
- Vapaapudotuksessa vedensyvyyden mittaus 5 cm tarkkuudella
- Kiihtyy omalla painollaan ja tunkeutuu sedimenttiin
- Paineanturit kärjen takaosassa ja kairan häntäpäässä
- Jatkuvaluonteinen kiihtyvyyden, nopeuden ja tiheyden mittaus sekä kärki- ja vaippavastus syvyyden suhteen, joista johtaa dynaamisen suljetun leikkauslujuuden s_u
- toimii pehmeiden maalajien erotteluun ja kerrosjärjestyksen- ja paksuuden määrittämiseen meriolosuhteissa (Geirnaert 2013)
 - *Tiheys- ja vastusparametrit*
 - *Akustis-seismisten luotausten ja näytteenoton tukena*
- Nopea ja ketterä tapa saada tietoa merenpohjan geoteknisistä ominaisuuksista
 - *Mittaustulokset siirtyvät koneelle tai tabletille langattomalla yhteydellä*



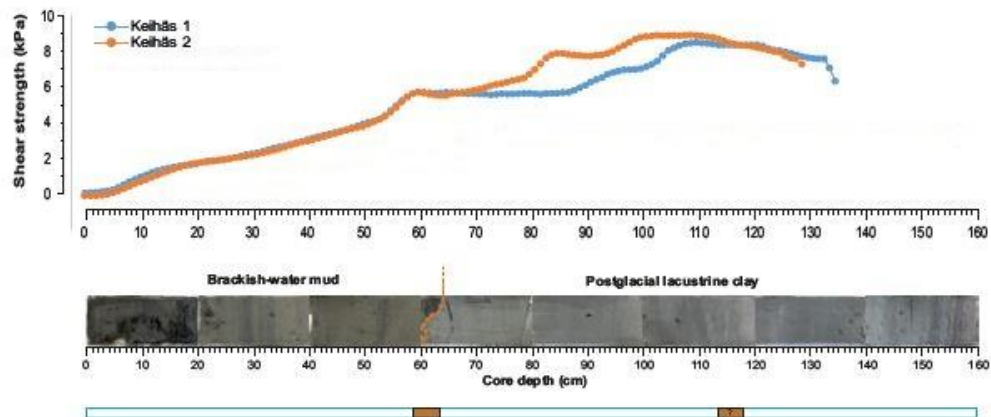
Example output



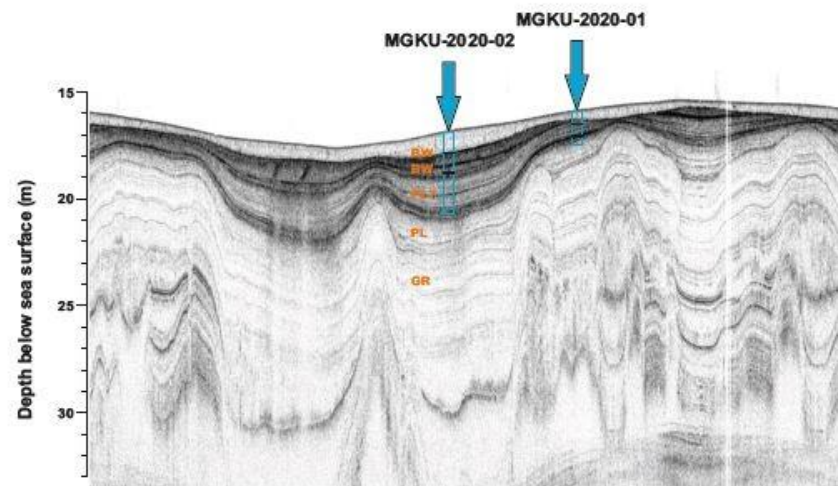
© .Ocean



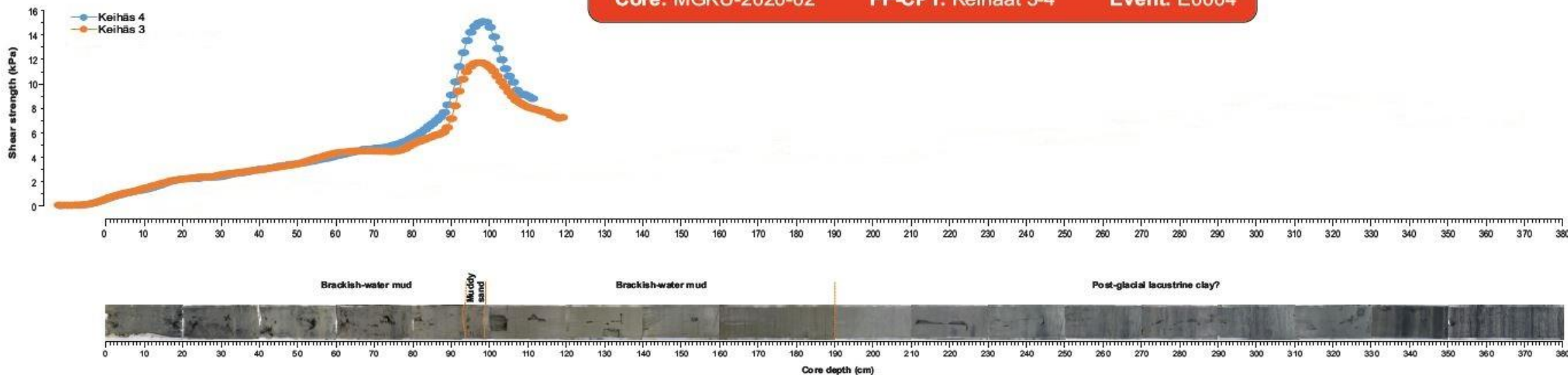
Core: MGKU-2020-01 FF-CPT: Keihäät 1-2 Event: E0002



Pinger profile



Core: MGKU-2020-02 FF-CPT: Keihäät 3-4 Event: E0004



Geomeasure

- SA projekti (Perusta vihreälle offshore-energiantuotannolle Suomessa: merenpohjan kerrosrakenteen tutkimuksista suljetun leikkauslujuuden numeeriseen arviointiin syklisen kuormituksen aikana)
 - *Aalto, GTK*
 - *GTK*
 - luotaukset, FF-CPT, näytteenotto, geologiset tutkimukset
 - *Aalto*
 - Laboratoriotutkimukset: geotekniset indeksiominaisuudet, kolmiaksaali- ja ödometritestit, kartiokokeet
 - Korrelaatiot FF-CPT- ja laboratoriotulosten välillä
 - Numeerinen mallinnus, Material Point Method

Kirjallisuusviitteet

- Boylan N. Long M. and Mathijssen F. A. J. M. 2011. In situ strength characterization of peat and organic soil using full-flow penetrometers. Canadian Geotechnical Journal 48(7):1085-1099. <https://doi:10.1139/T11-023>
- Geirnaert K. Staelens P. Deprez S. Noordijk A. and Van Hassent A. 2013. Innovative Free Fall Sediment Profier for Preparing and Evaluating Dredging Works and Determining the Nautical Depth. In: WODCON XX: The Art of Dredging, Brussels, Belgium.
- Lunne T. Andersen K. H. Low H. E. Randolph M. and Sjursen M. A. 2011. Guidelines for offshore in situ testing and interpretation in deepwater soft clays. Canadian Geotechnical Journal 48(4): 543-556. <https://doi:10.11.39/t10-088>
- Jannuzzi G. M. F. Danziger F. A. B. and Martins I. S. M. 2012. Cyclic T-Bar Tests to Evaluate the Remoulded Undrained Shear Strength of the Sarapuí II Soft Clay. Soils and Rocks 35(3): 279-294. <https://doi:10.28927/SR.353279>
- Stegmann S. Mörz T. Kopf A. 2006. Initial Results of a new Free Fall-Cone Penetrometer (FF-CPT) for geotechnical in situ characterization of soft marine sediments. Norwegian Journal of Geology 86: 199-208.
- White D. J. Gaudin C. Boylan N. and Zhou H. 2010. Interpretation of T-bar penetrometer tests at shallow embedment and in very soft soils. Canadian geotechnical Journal 47(2):218-229. <https://doi:10.1139/t09-096>

Maarit Saresma
maarit.saresma@gtk.fi
gtk.fi

