Mitattavien parametrien korjaus

Juha Selänpää
Tampereen teknillinen yliopisto

18.11.2015

Kärkivastuksen korjaaminen

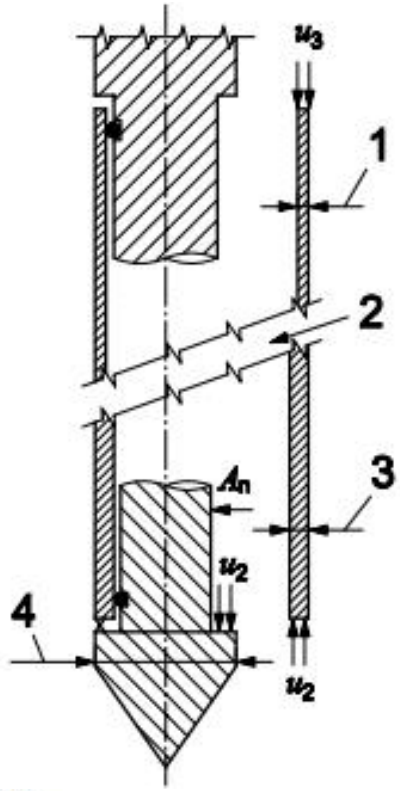
- Kärjen rakenteesta johtuen mitatut arvot eivät ole täysin riippumattomia toisistaan
  - Kärkeä puristettaessa maahan, kärjen ympärille kehittyvä huokosvedenpaine vaikuttaa kärkivastukseen ja vaippavastukseen suotimen sekä rakojen kautta
  - Kärkivastusta ja vaippavastusta voidaan korjata jälkikäteen huokospainevaikutuksella
  - Kärkivastuksen korjaaminen tehtävä aina pehmeissä maissa, joissa kehittynyt huokosvedenpaine suuri ja kärkivastus pieni. Kitkamaalajeissa virhe jää suhteellisen pieneksi, vaikkei korjausta tehtäisi.
  - Vaippavastuksen korjaaminen suositeltavaa, muttei pakollista sillä huokosvedenpainetta vaippahylsyn yläpäässä ei tiedetä (ellei kärjessä ole myös u_3 huokospainemittaus)

Kärkivastuksen korjaaminen

- Kärkivastuksen korjauskertoimen arvo määräytyy pääosin CPTU-kärjen varren (suotimen kohdalta) ja kartion poikkipinta-alojen suhteesta **a** (A_n / A_c)
  - Valmistaja määrittää korjauskertoimen tarkemmin kalibrointisellissä muiden vaikutusten huomioonottamiseksi
  - Huokospaine pienentää todellista kärkivastuksen arvoa
  - Kärkivastuksen korjauskaava:

$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a)$$

  - Mitattu kärkivastus q_c, korjattu kärkivastus q_t
    - a suuruus luokkaa 0,59 - 1 riippuen kärjen rakenteesta



Selite

1 kitkahylsyn poikkipinta-ala (yläosan) A_{st}
2 kitkahylsyn pinta-ala A_s
3 kitkahylsyn poikkipinta-ala (alaosan) A_{sb}
4 kartion pohjan poikkipinta-ala A_c

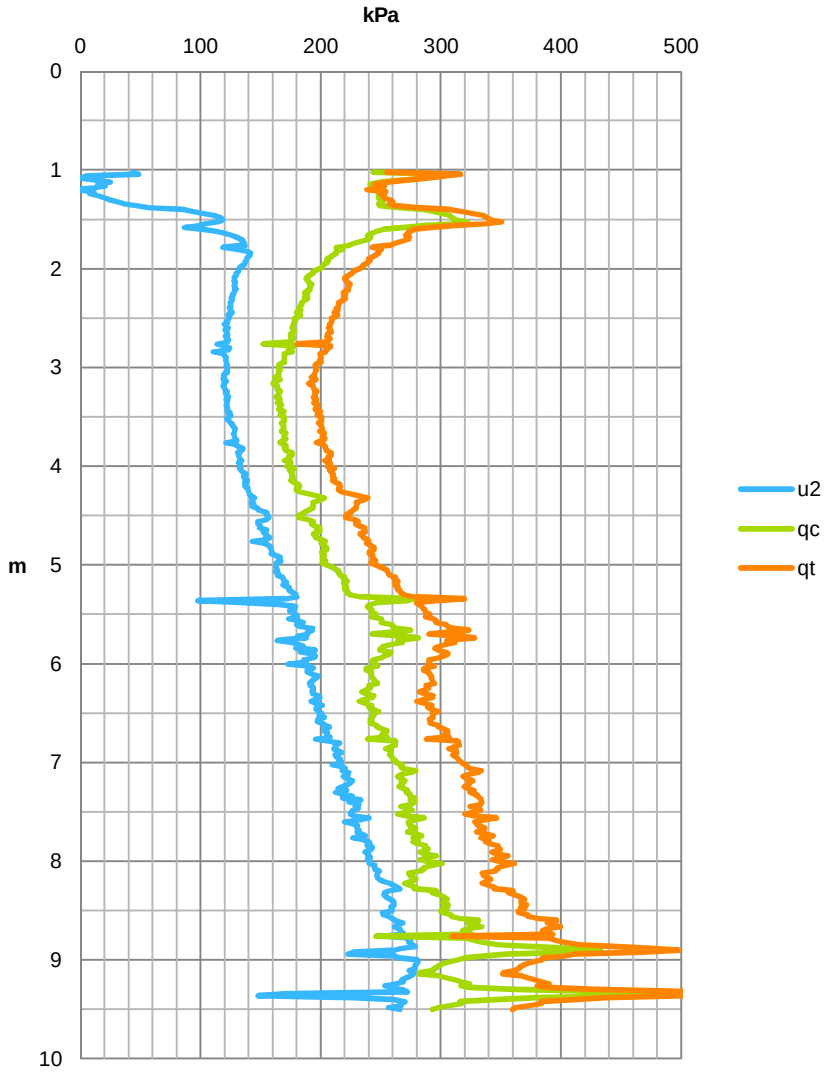
Kuvalähde: EN, ISO 22476-1

Kärkivastuksen korjaamisen esimerkki 1

- Kärkivastuksen korjaus a=0,75 kerroin

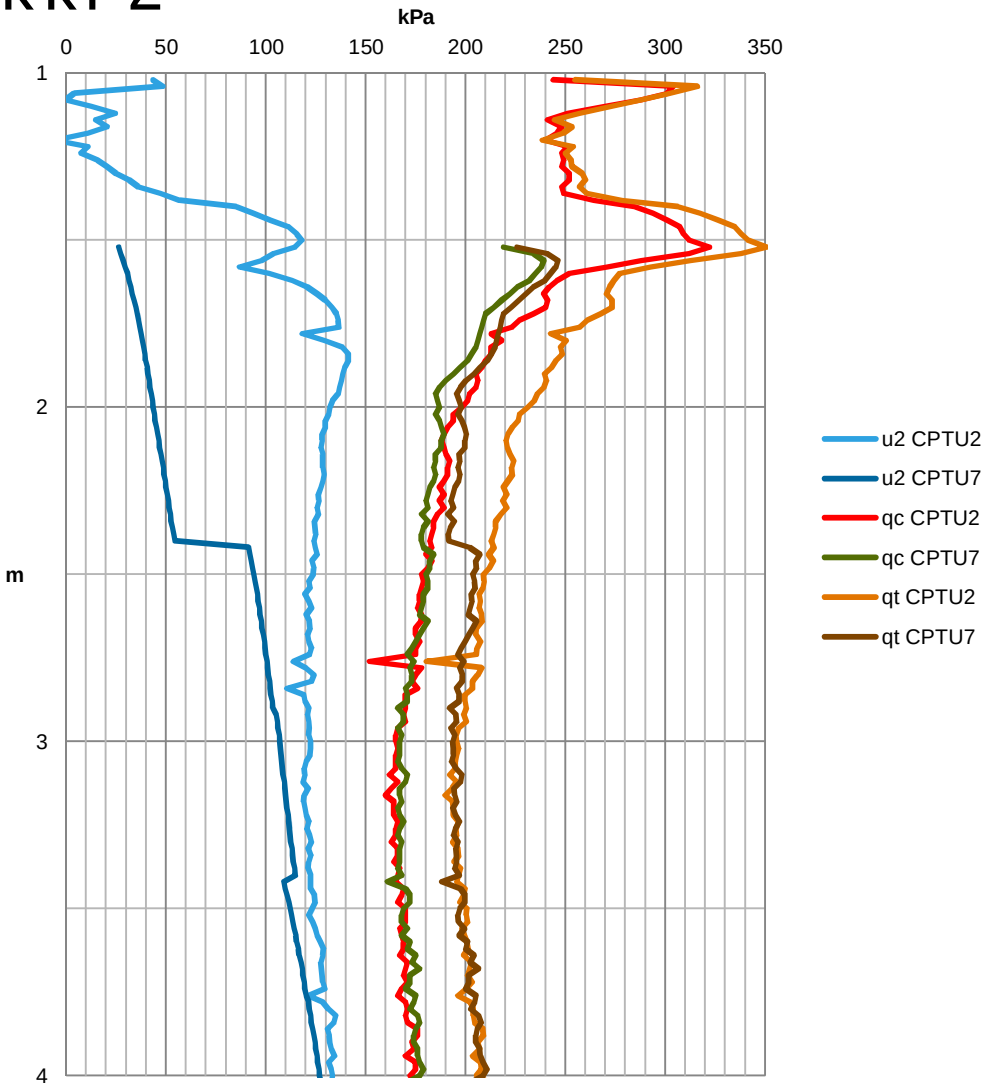
$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a)$$

- Kaavan mukaisesti huokospaineesta u_2 lisätään 25% (1-0,75=0,25) kärkivastukseen huokospainevaikutuksen korjaamiseksi.
  - Kuvassa qc korjaamaton kärkivastus, qt korjattu kärkivastus, u2 mitattu huokosvedenpaine



Kärkivastuksen korjaamisen esimerkki 2

- Kärkivastuksen korjaus onnistuneella ja epäonnistuneella huokospainemittauksella
  - Tarkastellaan syvyysväliä 1-4 m
  - Korjaamattomassakin kärkivastuksessa eroa
  - Ero korostuu korjauksen jälkeen kärkivastuksissa
  - Sama pykälä korostuu korjattuun kärkivastukseen, mikä myös huokospainemittauksessa
- **Kuitenkin korjattu kärkivastus huonolla huokospainemittauksella aina parempi kuin ilman!**



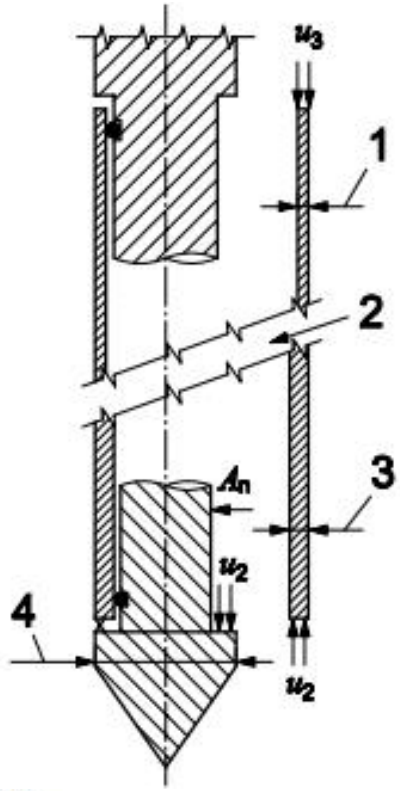
Vaippavastuksen korjaaminen (vapaaehtoista)

- ”Fiksusti” suunnitellussa kärkirakenteessa kitkahylsyn ylä- ja alapään poikkipinta-alasuhde on 1
  - Tällöin vaippavastuksen arvoon vaikuttaa ”vain” huokospaineen muutos kitkahylsyn ylä- ja alapään välillä (u_2 -> u_3)
    - Sisäisellä kitkalla pieni vaikutus
  - Vaippavastuksen korjauskaava:

$$f_t = f_s - (u_2 \cdot A_{sb} - u_3 \cdot A_{st}) / A_s$$

  - Huokospainetta u_3 voidaan arvioida kaavalla (Larsson 2007):

$$u_3 \approx 0{,}7 \cdot (u_2 - u_0) + u_0 = 0{,}7 \cdot \Delta u_2 + u_0$$



Selite

1 kitkahylsyn poikkipinta-ala (yläosan) A_{st}
2 kitkahylsyn pinta-ala A_s
3 kitkahylsyn poikkipinta-ala (alaosan) A_{sb}
4 kartion pohjan poikkipinta-ala A_c

Kuvalähde: EN, ISO 22476-1

Vaippavastuksen korjaaminen (vapaaehtoista)

- Lunnen tietojen pohjalta laadittu taulukko kitkahylsyn pinta-alasuhteen vaikutuksesta kitkavastukseen
  - Tiedot kerätty vuosina 2000 ja 2001
  - Nykyisin kärkien rakenteen suosituksena on kitkahylsyn osalta yhtä suuren päiden pinta-alat (A_{sb}/A_{st}=1)
  - Mikäli pinta-alasuhde eri kuin 1 olisi suositeltavaa tehdä vaippavastuksen korjaus

Cone	cone size (cm^2)	A_{sb} (mm^2)	A_{st} (mm^2)	A_{sb}/A_{st}	Δf_s (kPa) (u_2 = 400 kPa) (u_3 = 300 kPa)	Error % (for f_s = 10 kPa)
Fugro	10	326	259	1.26	-3.51	35%
Fugro	15	388	343	1.13	-2.33	23%
v.b. Berg	10	263	263	1.00	-1.75	18%
Pagani	10	437	214	2.04	-7.37	74%
Envi	10	305	170	1.79	-4.73	47%
Gregg	15	150	150	1.00	-0.66	7%

Kuvalähde: Boggess&Robertson 2010, Lunnen aineiston mukaan

Tunkeutumispituuden korjaus tunkeutumissyvyydeksi

a vaakasuora vertailutaso

b kärkikartion pohja

l tunkeutumispituus

z tunkeutumissyvyys (**kartion pohjan** etäisyyspystysuunnassa suhteessa vaakasuoraan vertailutasoon)

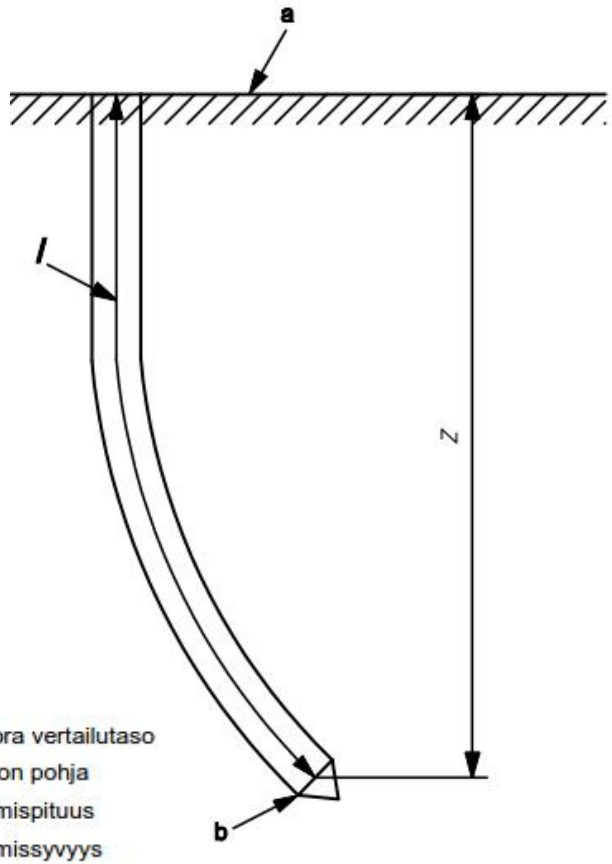
α kaltevuuskulma (voidaan laskea β_1 ja β_2 suhteen)

β_1, β_2 kaltevuuskulmat pystysuoran suhteen x,y-suunnassa

- Tunkeutumispituuden ja kaltevuuden avulla lasketaan kairauskokeen todellinen tunkeutumissyvyys

$$z = \int_0^l C_{\text{inc}}\, \mathrm{d}l \qquad C_{\text{inc}} = \cos\alpha$$

$$C_{\text{inc}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2\beta_1 + \tan^2\beta_2}}$$



Selite

a vaakasuora vertailutaso

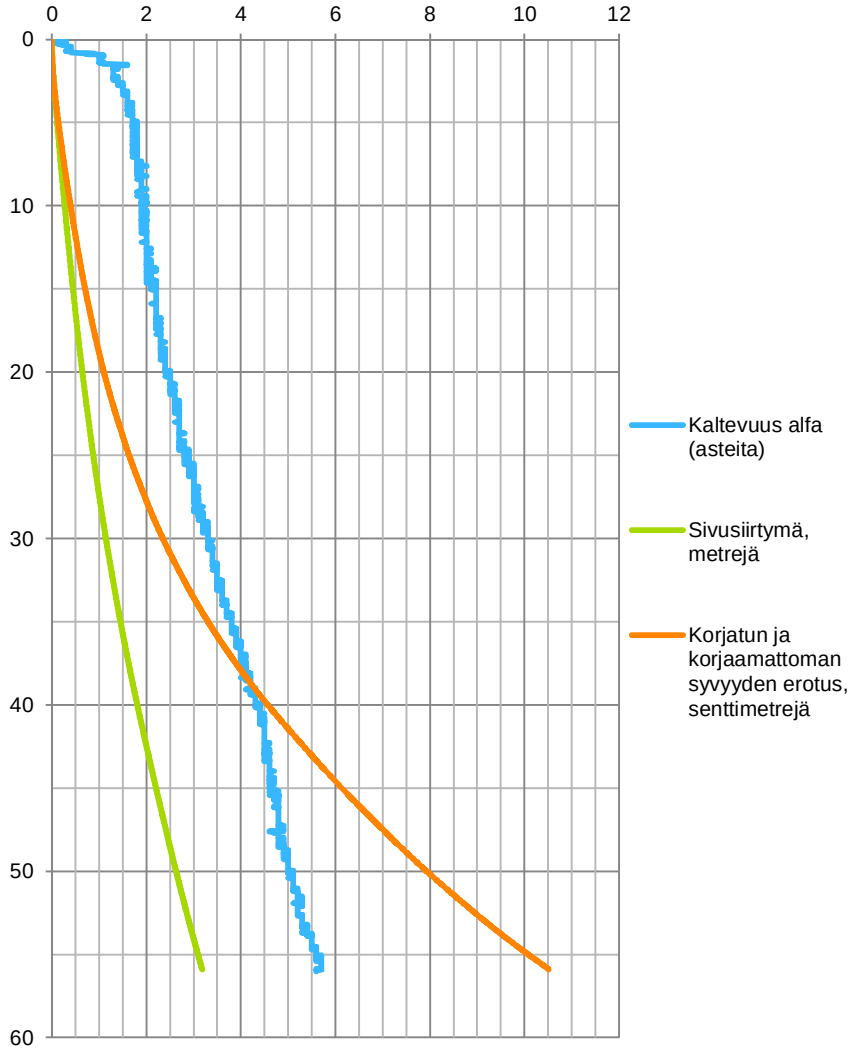
b kärkikartion pohja

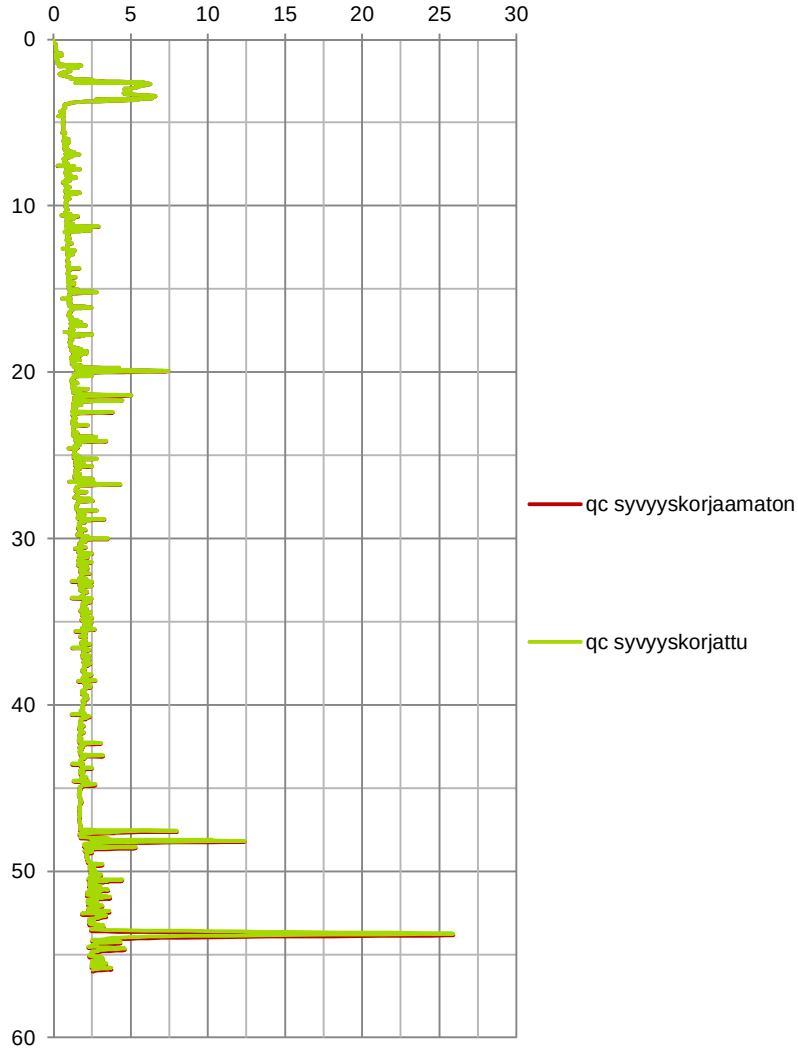
l tunkeutumispituus

z tunkeutumissyvyys

Kuvalähde: EN, ISO 22476-1

Kaltevuuden vaikutuksia kärjen asemaan





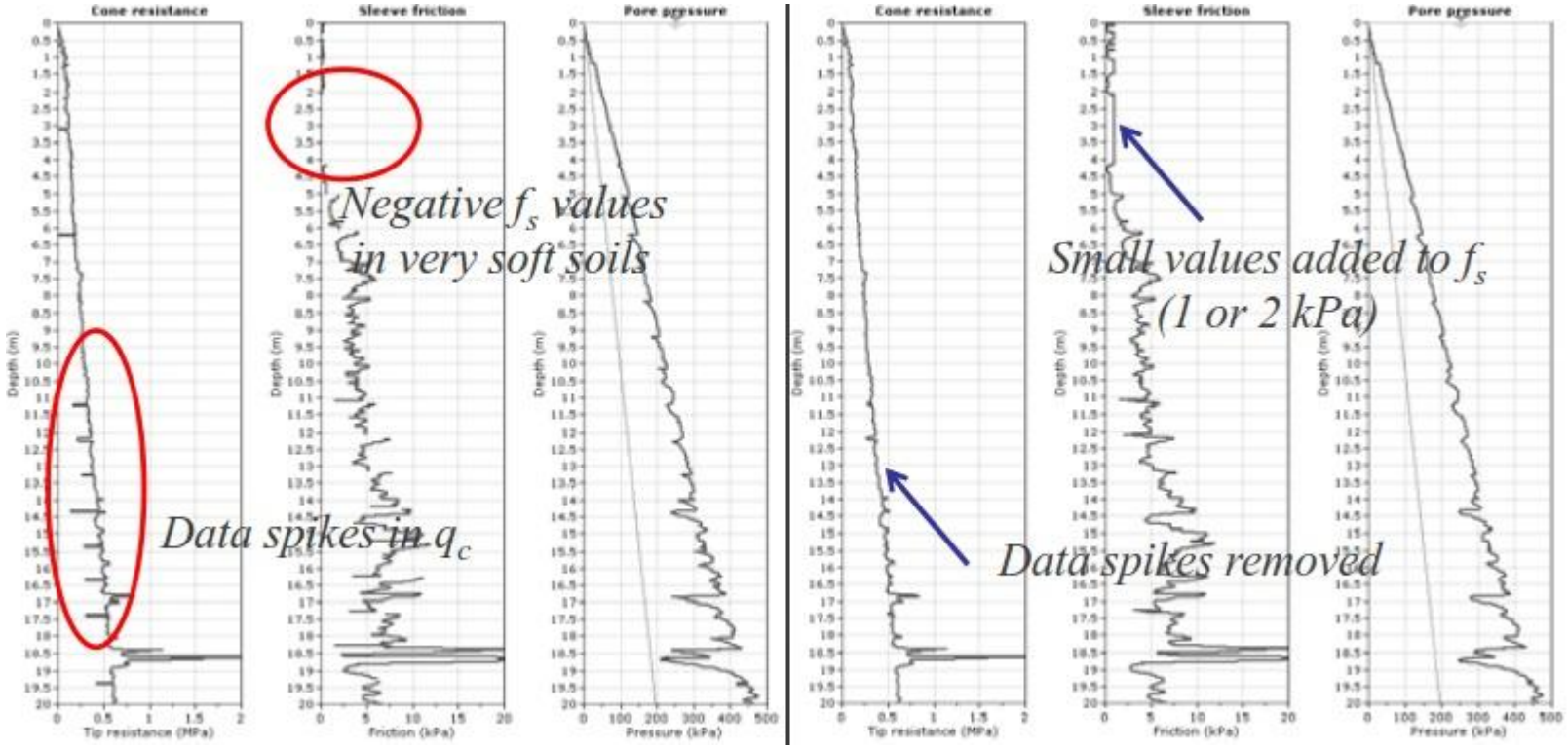
Mittausdatan käsittely jatkotulkintaa varten (ei pakollista)

- Tulkintaa varten mittausdataa voidaan muokata esim.
  - Poistetaan kairatankojen lisäyksestä johtuvat piikit
  - Poistetaan negatiiviset vaippavastuksen arvot
    - Negatiiviset huokospaineen arvot eivät ole virhe vaan maan ominaisuudesta johtuvia
    - Voidaan merkitä f_s=1kPa (**tulkintoja varten! Ei alkuperäiseen dataan**!)
  - Tasalaatuistetaan dataa (”vähennetään” arvojen vaihtelua)

- Muokkauksen avulla poistetaan kokeen aikana syntyviä ”virheitä”
  - Älä koske mittausdataan ellet tiedä, mistä ”virheet” johtuvat

Mittausdatan käsittely jatkotulkintaa varten (ei pakollista)

- Datan siistiminen piikkien poistolla ja negatiivisten vaippavastusten korjaaminen positiivisiksi



Kuvalähde: Robertsonin esityksiä

Lähteet

- ISO, E. 22476-1.2007. Geotechnical investigation and testing-field testing–part, 1
- Larsson, R. 2007. CPT-sondering. Swedish Geotechnical Institute, Information, (15).
- Boggess, R. & Robertson, P. K. 2010, CPT for soft sediments and deepwater investigations. 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, California, 2010