

Turvemaan pintakerroksen lujuuden mittalaite piikkisiipikaira

Jari Ala-Ilomäki

Luonnonvarakeskus, Tuotantojärjestelmät,

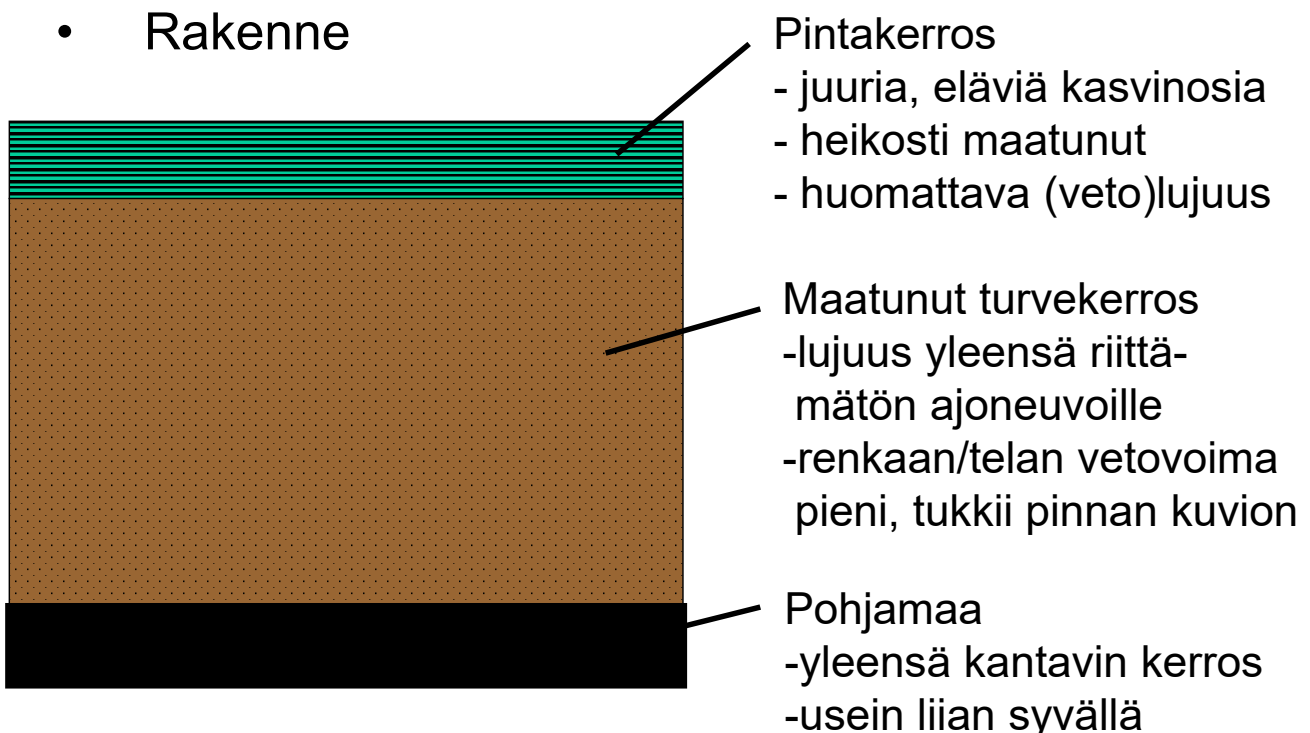
Maarintie 6, 02150 Espoo

jari.ala-ilomaki@luke.fi

Metsätieteen päivä, 26.11.2018

Turvemaat

- Rakenne



Turvemaiden lujuuden mittausmenetelmiä

–Kenttätutkimukseen tavoitteena käsikäyttöinen menetelmä

•Penetrometri eli tunkeutumismavastusmittari

–Kartion maahantunkeutumista vastustava voima sekä tunkeutumissyvyys mitataan

–Käsikäyttöisyys mahdollinen

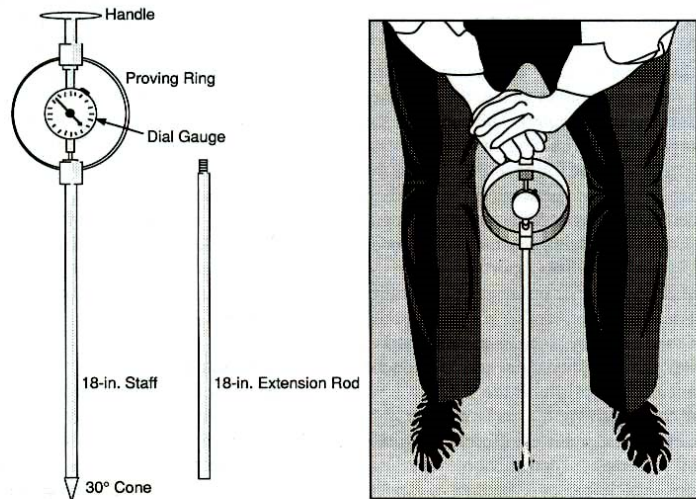
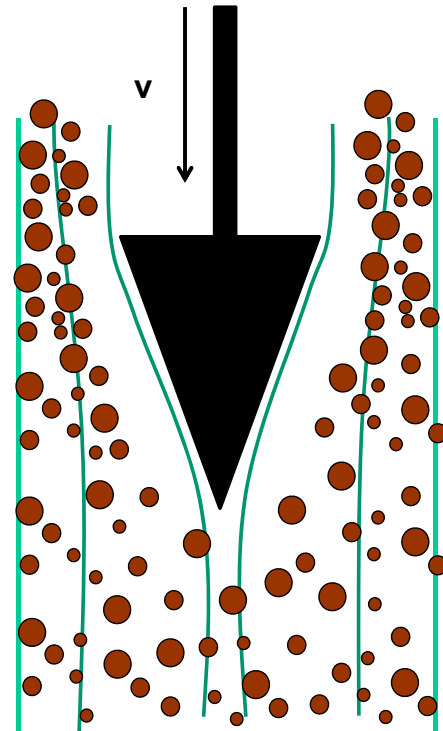


Figure 1. Hand-held cone penetrometer (after ASAE 1985, SAE 1967).

–Mittaustulos voima kartion pohjan pinta-alaa kohden eli paine

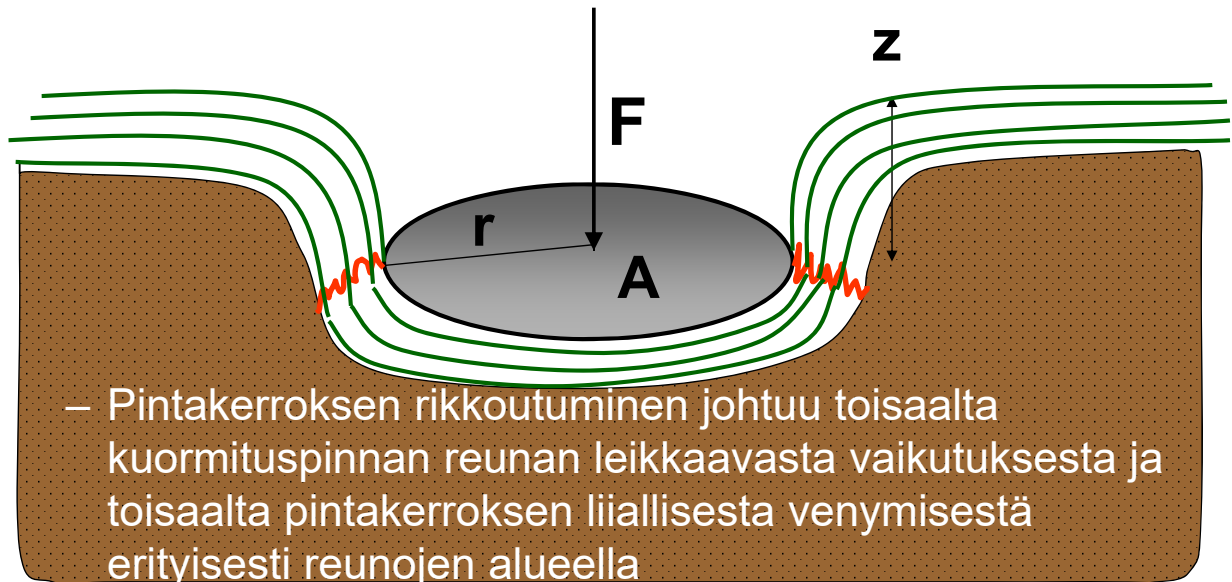
–Tulokseen vaikuttavat useat maaperän lujuusominaisuudet: leikkaus-, kokoonpuristus- ja jännityslujuus sekä lisäksi maaperän ja metallikartion välinen kitka → tulos ei suora fysikaalinen suure, jonka perusteella voisi laskea kantavuutta

–Penetrometrin kärki väistää turvemaan lujuutta muodostavat kasvinosat, joten se ei kovinkaan hyvin mittaa lujuutta



• Levykuormituskoee

- Levykuormituskokeessa suon pintaa vasten painetaan levyä, jonka uppoama suohon sekä sitä vastaava painamiseen käytettävä voima mitataan. Voimasta ja pinta-alasta lasketaan vastaava paine.



- Kimmokertoimen laskenta levykuormituskokeen avulla
 - aloitetaan tarkastelu pehmeän pintakerroksen tiivistyttyä $z(P=0)$

- lineaarisella nousevalla alueella: $p = b \cdot z$

- Wu 1966: $E = \frac{1,5 \cdot p \cdot r}{z} \rightarrow E = 1,5 \cdot b \cdot r$

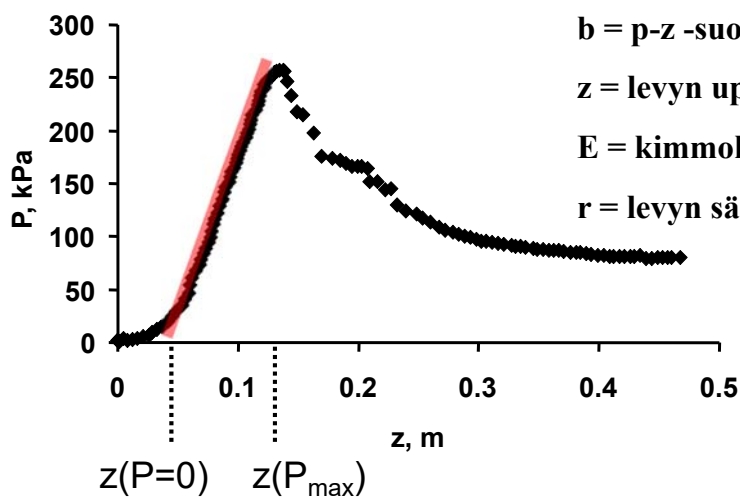
p = paine levyn alla

b = p - z -suoran kulmakerroin

z = levyn uppoama

E = kimmokerroin

r = levyn säde



- Yleinen periaate: kuormituspinnan koon tulisi olla ajoneuvon mittojen mukainen
- Levyk. laitteen tapauksessa isokokoiset levyt edellyttävät suuria voimia, ei käsikäyttöinen menetelmä
- Käsikäyttöisen laitteen levykoko pieni, tyypillisesti $r = 0,025 \dots 0,035 \text{ m}$



•Siipikaira (Shear vane)

–Vääntömomentti → leikkauslujuus, joko maksimi yhden kierroksen aikana tai kulman funktiona

–Katkaisee turpeeseen asetettaessa rakenneosat, soveltuu maatumeneen turpeen mittaamiseen

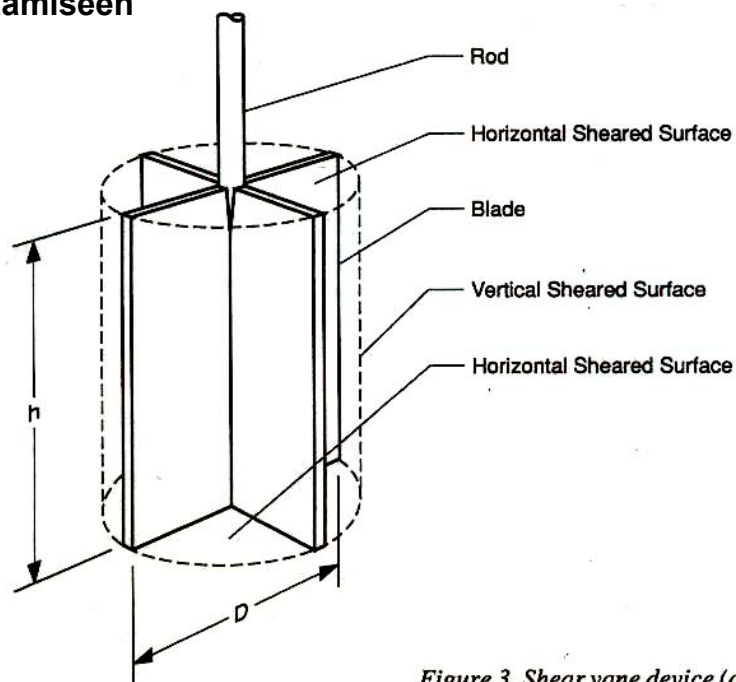


Figure 3. Shear vane device (after Kogure et al. 1988).

METLAn kehittämä piikkisiipikaira

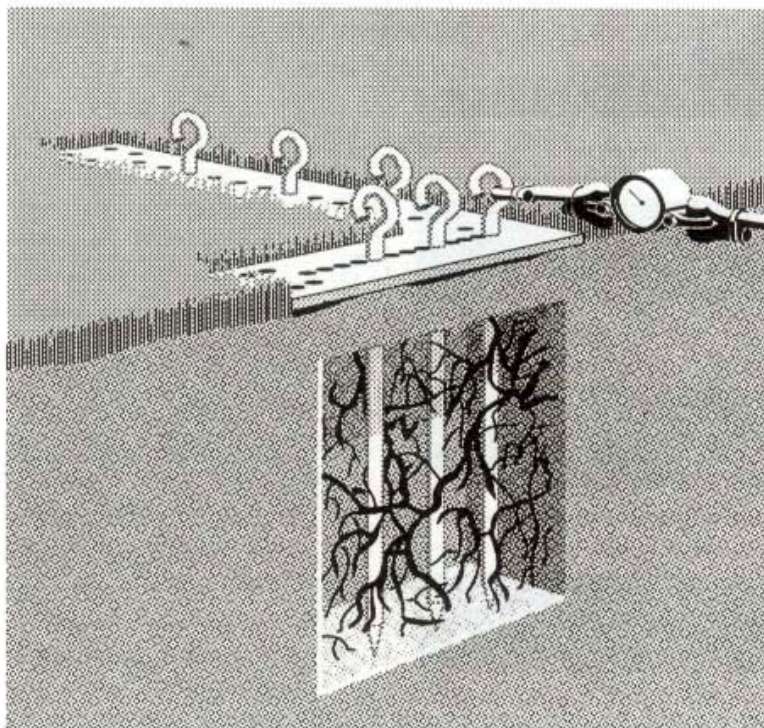
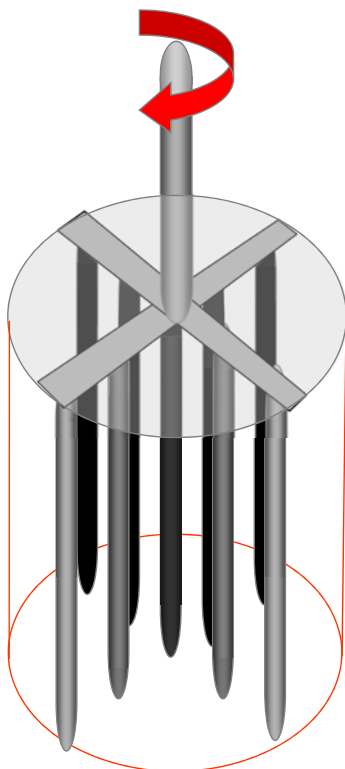
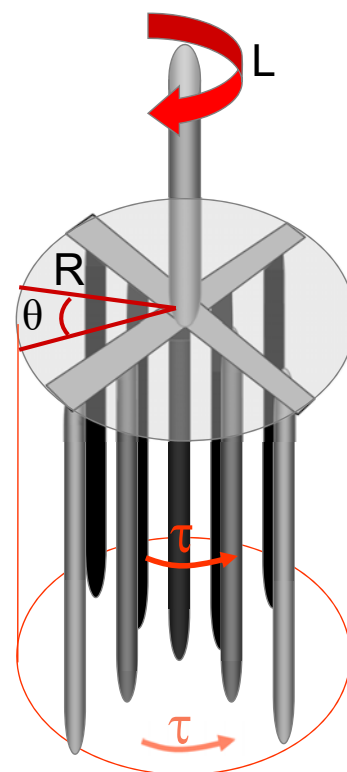


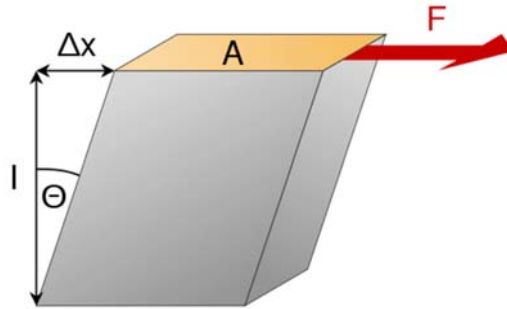
Figure 16. The muskeg fluke (from MacFarlane 1969).

- Kierto kaupallisella momenttiavaimella, jossa sähköinen momentin ja *kulman* mittaus



Leikkausmoduli, Shear Modulus, G

- Palautuvan muodonmuutoksen alueella, näytettä ei tarvitse murtaa
→ piikkisiipikairan mittoja voidaan suurentaa: $d=200\text{ mm}$ $h=170\text{ mm}$
- Suhteellisen muodonmuutoksen määrittely kulman avulla



$$G = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta x}{l}} = \frac{\tau}{\frac{\Delta x}{l}} = \frac{\tau}{\tan \theta}$$

- Piikkisiipikairan tapauksessa laskennassa käytetään mitatun kiertokulman tangenttia.
- Tarvittava kiertokulma tyypillisesti 5...15 astetta

Leikkausmodulin ja kimmokertoimen yhteys

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

ν = suppeuskerroin

arvoja, kun vesi pääsee poistumaan
puristuksessa

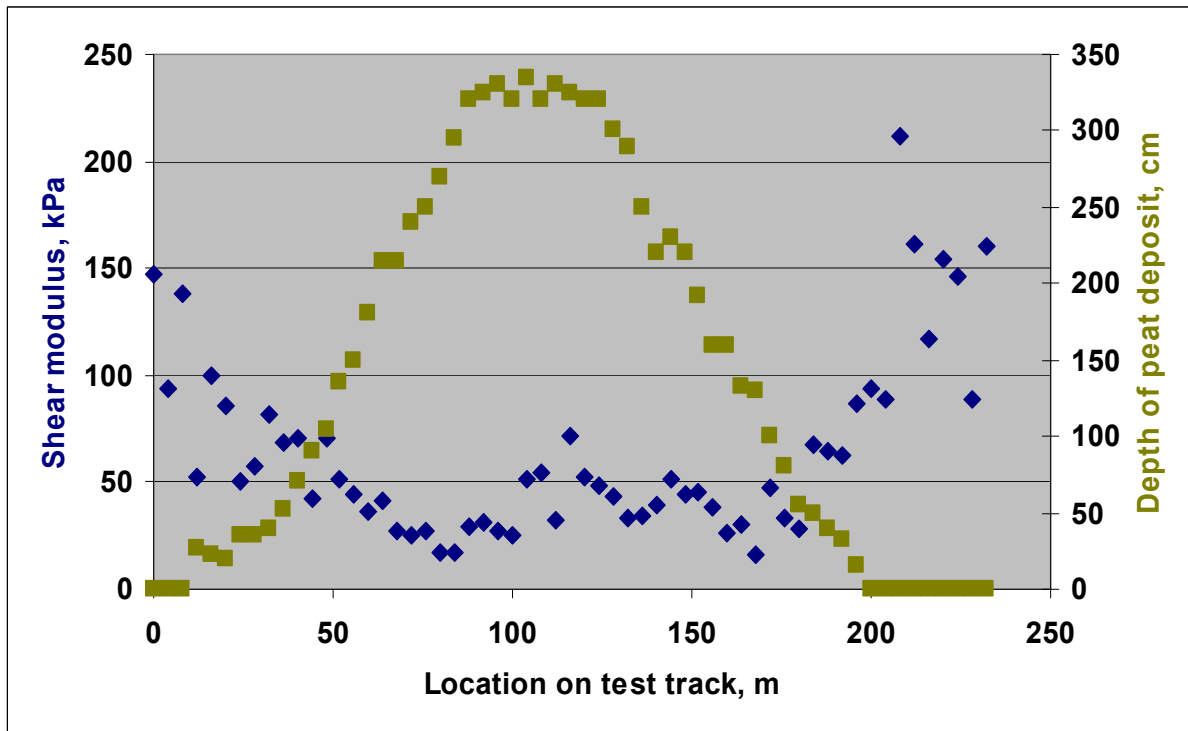
turve 0...0,1

hiekkä 0,1...0,4 (tiheyden mukaan)

savi 0,2...0,4

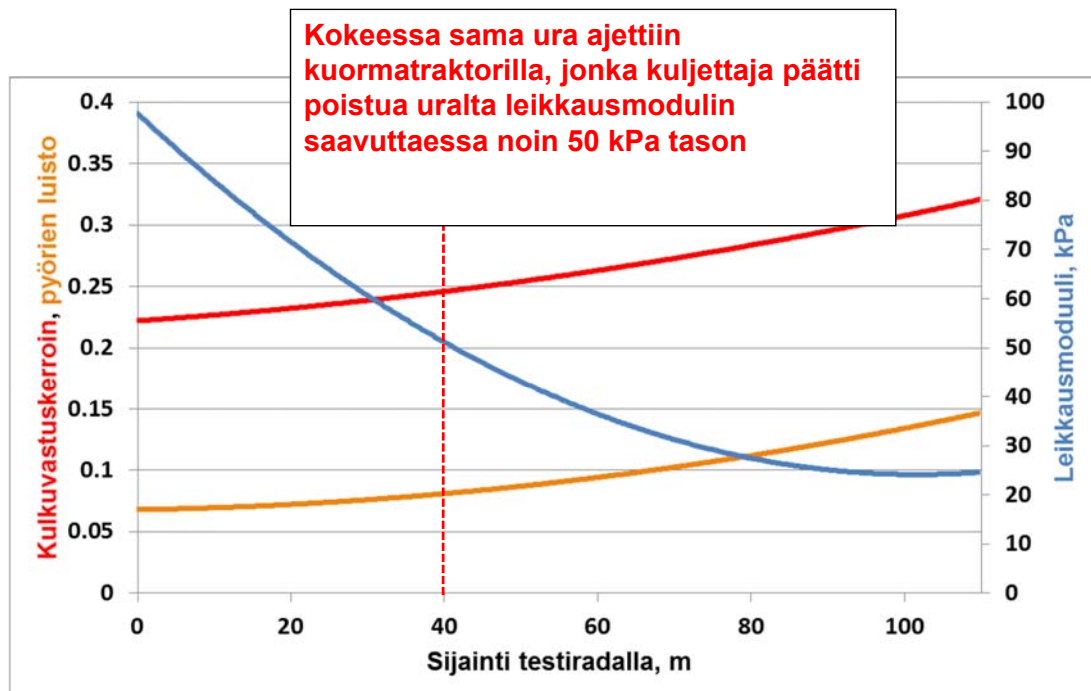
(täysin kyllästynyt maa, josta vesi ei pääse
pois 0,5 eli kokoonpuristumaton)

Koe turpeensyvydeltään vaihtelevalla radalla



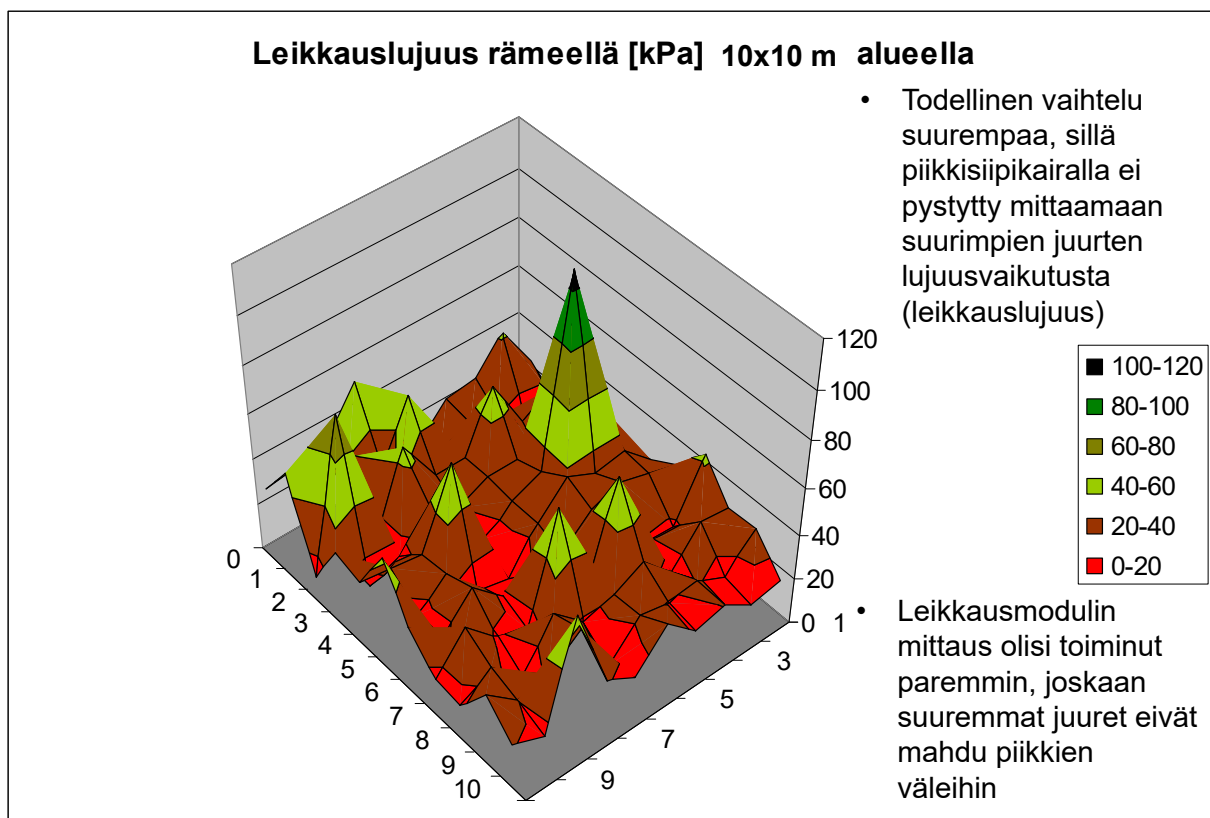
Ajo hakkuukoneella testiradalla

Liikkuvuustunnusten määrittäminen hakkuukoneen CAN-väylästä

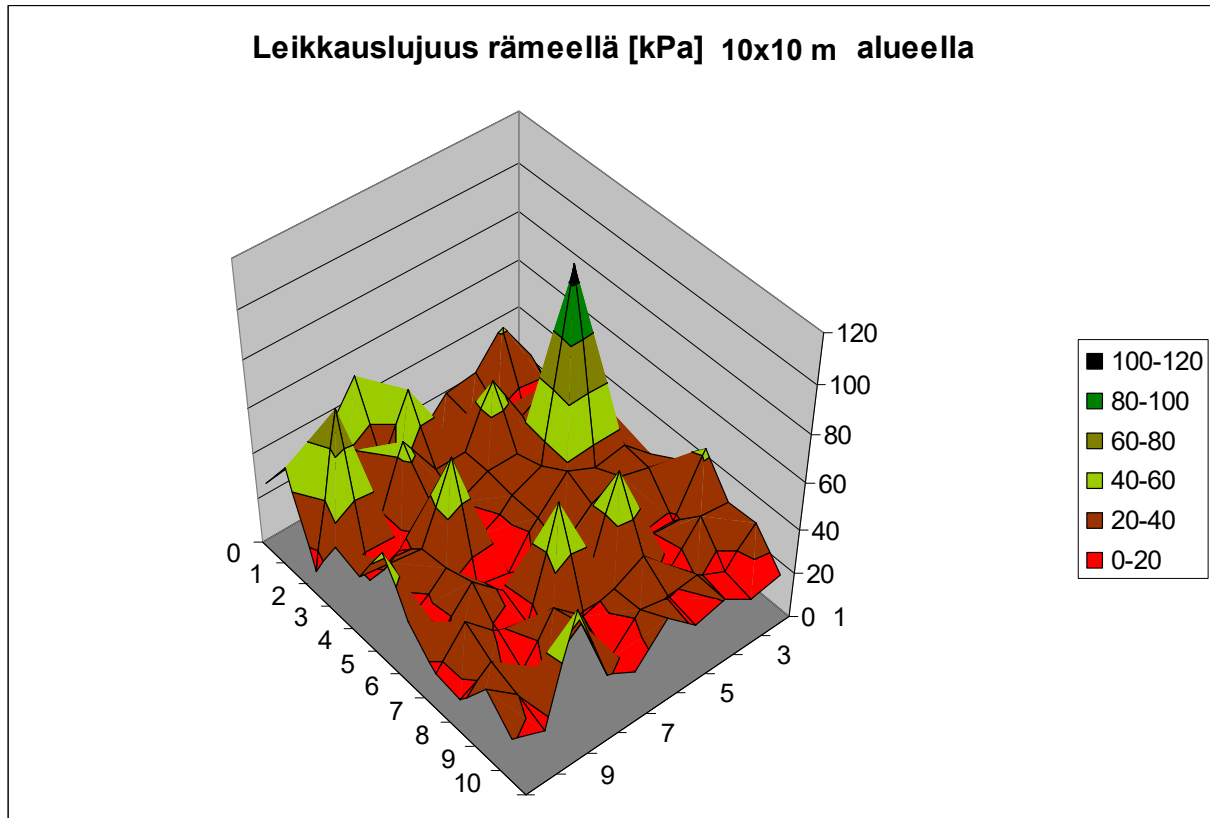


- Toisella saman alueen koeradalla leikkausmoduli selitti 48 % harvesterin yhden ajokerran jälkeisestä raiteensyvyudesta turpeensyvyyden vaihdellessa 0...335 cm.
- Toisessa kokeessa mitatulla leikkausmodulilla oli tilastollisesti merkitsevä 0,58 suuruinen korrelaatio koealan turvenäytteestä mitattujen elävien juurten määrän kanssa.
- Kivennäismaalla piikkisiipikaira ei useinkaan saa kunnan otetta maaperästä, toimii parhaiten turvemaalla. Kivennäismaalla maan rakenteen särkyminen mittalaitteen asettamisen yhteydessä on usein ongelma.

- Turvemaan kantavuuteen oleellisesti vaikuttava kasvillisuus vaihtelee suuresti, joten kantavuuden vaihtelu etenkin puustoisella suolla voi olla huomattavaa pienelläkin alueella



- Lujuuden aukoton selvittäminen mahdoton tehtävä
- Kyseessä tutkimukseen sopiva työkalu
- Kuitenkin ainoa tapa selvittää lujuus, tiukan paikan tullen myös käytännössä



- Piikkisiipikairasta lisätietoa

Ala-Illomäki, J. 2013.

Spiked shear vane - a new tool for measuring peatland top layer strength

Piikkisiipikaira - uusi väline turvemaan pintakerroksen lujuuden mittaukseen.

Suo - Mires and Peat 64(2-3): 113-118.