

Sovellutusohje:

Kartiokoe Suomessa

Tämän ohjeistuksen on kirjoittanut Nuutti Vuorimies Tampereen yliopistosta ja sen ovat tarkistaneet Monica Löfman ja Leena Korkiala-Tanttu Aalto-yliopistosta. Sovellutusohje on hyväksytty suositukseksi Suomen geoteknillisen yhdistyksen (SGY) ry Pohjatutkimustoimikunnan kokouksessa 28.8.2020.

OHJEEN TARKOITUS

Tämän ohjeen on tarkoitus opastaa, miten kartiokoe tehdään Suomessa standardeja SFS-EN ISO 17892-6:2017 ja SFS-EN ISO 17892-12 noudattaen ja niitä täydentäen Suomessa perinteisesti käytetyn GLO-85 (Geotekniset laboratorio-ohjeet sekä myös CEN ISO/TS 17892-6:fi2004 ja CEN ISO/TS 17892-12:fi2004) mukaan. Tämä ohje ei poista standardien SFS-EN ISO 17892-6:2017 ja SFS-EN ISO 17892-12 tarvetta. GLO-85 pohjautui Tie- ja vesirakennushallituksen Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita osaan. Tarkoituksena on säilyttää kartiokoe Suomessa kustannustehokkaana tiedontuottajana maan kerrosten luokitteluun ja säilyttää myös yhteys häiriintymättömien näytteiden kartiokokeilla määritettyjen suljettujen leikkauslujuuksien välillä. Kartiokokeessa koekappale on tarkoitus ensisijaisesti testata luonnontilaisessa vesipitoisuudessa.

Voimassa olevan standardin mukaan suljettu leikkauslujuus on tehtävä standardin SFS-EN ISO 17892-6:2017 mukaisesti ja kokeen tulos on aina ilmoitettava sen mukaisena. Standardi antaa mahdollisuuden myös sen lisäksi ilmoittaa ja tehdä koe alueellisesti muulla perinteisellä ja yleisesti hyväksytyllä tavalla. Tämän vuoksi kartiokokeen suljettu leikkauslujuus voidaan ilmoittaa myös GLO-85 mukaisesti. *(GLO-85 taulukot on aikoinaan tehty vastaamaan samalle koheesiomaalle tehtyjen siipikairausten suljettuja leikkauslujuuksia. Kirjallinen lähde puuttuu ja tämä perustuu aikoinaan kuultuun tai joskus luettuun tietoon. NV)*

Juoksurajan määrittäminen kartiokolaitteella tehdään SFS-EN ISO 17892-12 mukaan niin sanotulla monipistemenetelmällä eli juoksuraja määritetään 60 tai 80 g kartiolla usean painuman ja vesipitoisuusarvon yhdistelmän perusteella. Standardin mukaan juoksurajan voi määrittää myös Casagranden koputuskokeella. Nämä ovat hitaita ja työläitä tapoja määrittää juoksuraja ja siten myös hintavia testejä. Standardi SFS-EN ISO 17892-12 ei estä (tai antaa mahdollisuuden) alueellisesti käyttää yksipistemenetelmää (yksi vesipitoisuus ja yksi painuma) juoksurajan määrittämiseen, jos käytetään tunnettuja ja hyväksi todettuja muuntotaulukkoja tai kertoimia. On kuitenkin huomioitava, että yksipistemenetelmä ei anna yhtä tarkkaa määrittämistä juoksurajalle kuin monipistemenetelmä ja sitä olisi käytettävä ennemmin maan luokitteluun kuin tarkan arvon määrittämiseen. Yksipistemenetelmän tarkkuus pienenee,

- mitä kauempana painuma-arvo on 60 g/60° kartion 10 mm painumasta
- maa-aines sisältää tavallisuudesta poikkeavia ”kemikaaleja”, kuten esim. runsaasti sulfaatteja

Koetulokset on ilmoitettava tavalla, jolla eri standardien tai ohjeiden perusteella määritetyt erilaiset arvot ei sekoiteta keskenään. Esimerkiksi yksipistemenetelmällä määritetty juoksuraja olisi juoksuraja/hienousluku tai juoksuraja yksipistemenetelmällä. Standardein mukaisia lyhenteitä käytetään standardin mukaan määritetyille arvoille.

Termit ja ei SFS-EN ISO 17892 standardien mukaiset symbolit

Sensitiivisyydellä tarkoitetaan luonnontilaisen maakerroksen ja häirityn maakerroksen suljettujen leikkauslujuuksien suhdetta esimerkiksi $S_t = S_k / S_{kr}$

S_t	sensitiivisyys,
S_k	GLO-85:n mukainen häiriintymättömän näytteen suljettu leikkauslujuus
S_{kr}	GLO-85:n mukainen häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus
F	juoksuraja yksipistemennetelmällä eli hienousluku

Välineet ja laitteet

Kartiokoe tehdään ohjeiden SFS-EN ISO 17892-6:2017 ja SFS-EN ISO 17892-12 mukaisilla välineillä.

Häiriintymättömän ja häirityn näytteen leikkauslujuus ja sensitiivisyys

Yksittäinen pudotus tehdään standardin SFS-EN ISO 17892-6:2017 mukaisesti.

Suomessa suositeltava tapa on tehdä viisi pudotusta samalle pinnalle. Tällöin ensimmäisen keskelle tehdyn pudotuksen jälkeen uusi pudotuskohta valitaan siten, että se on mahdollisimman kaukana näytteen reunasta ja edellisestä pudotuskohdasta. Viidellä pudotuksella lähes poikkeuksetta täyttyy standardin SFS-EN ISO 17892-6:2017 vaatimukset, jolloin voidaan ilmoittaa sen mukainen suljettu leikkauslujuus c_{ufc} . Kun viidestä pudotuksesta suurin ja pienin painuma hylätään, voidaan kolmen jäljelle jääneen pudotuksen painuman keskiarvon ja taulukon 1 avulla laskea suljettu leikkauslujuus s_k (GLO-85, CEN ISO/TS 17892-6:fi 2004). Mikäli koekappale häiriintyy viiden pudotuksen aikana häiriintynyttä painuma-arvoa ei käytetä ja seuraava koe tehdään sen jälkeen, kun näytteestä on katkaistu pois pala, jonka pituus on vähintään 1,5 kertaa kartion painuma. Kartionpainuma luetaan 0,1 mm tarkkuudella. Taulukossa 1 kartio valitaan pääsääntöisesti siten, että painuma on 4...13 mm.

Sensitiivisyys saadaan määritettyä, kun samalle koekappaleelle, jonka vesipitoisuus säilyy ennallaan, tehdään häirittynä kartiokoe. Koe toistetaan mieluiten 5 kertaa, mutta vähintään 3 kertaa välillä sekoittaen. Peräkkäisissä kokeissa on saatava likimain sama tulos. Tällöin voidaan laskea SFS-EN ISO 17892-6:2017 mukainen häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus c_{urfc} ja standardin SFS-EN ISO 17892-6:2017 mukaisesti tehdyn häiriintymättömän suljetun leikkauslujuuden välinen suhde eli sensitiivisyys.

GLO-85 mukainen häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus olisi selkeintä laskea poistamalla viidestä painumasta pienin ja isoin ja kolmen keskimmäisen painuma-arvon keskiarvon ja taulukon 1 perusteella määrittää häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus s_{kr} . Taulukossa 1 ei ole häirityn näytteen leikkauslujuutta 400 g ja 100 g kartioille. Mikäli kartion painuma ei ole määritetyllä alueella, ilmoitetaan painuman suuruusluokka ja oliko kyseessä 400 g, kun painuma ei ollut riittävän suuri, vai 10 g kartio, kun painuma ylittää taulukon arvot.

Lopuksi määritetään vesipitoisuus. Mikäli koekappaleesta on määritettävä vielä juoksuraja yksipistemenetelmällä ja luonnontilaisella vesipitoisuudella häirityn näytteen painumat eivät ole taulukossa 1 ilmoitetuilla alueilla ota vain pieni osa koekappaleesta vesipitoisuusmääritykseen ja säästä loput juoksurajan määrittämiseen.

Juoksurajan (hienousluvun) määrittäminen kartiokokeella

Tarkka juoksuraja määritetään standardin SFS-EN ISO 17892-12 mukaan monipistemenetelmällä.

Hieman epätarkempana juoksuraja eli hienousluku on määritetty Suomessa tyypillisesti ns. yksipistemenetelmänä häiriintymättömän näytteen suljetun leikkauslujuuden ja sensitiivisyyden määrityksen yhteydessä. Tällöin tulos määritetään sensitiivisyyden määrityksestä saatujen painumien ja taulukon 1 avulla (kartioiden 10 g/60°, 60 g/60°, 100 g/30° ja 400 g/30°).

Juoksuraja/hienousluku, F , lasketaan yksipistemenetelmän tuloksista taulukon 1 ja kaavan (2) avulla. Huomattavaa on, että kertoimen a perusteella pitäisi päätyä sen F -arvon vaihtelualueelle.

$$F = a \cdot w_i \quad (2)$$

F	juoksuraja yksipistemenetelmällä eli hienousluku (%)
w_i	käytetyn kartion painumaa i mm vastaava vesipitoisuus
a	kerroin, jonka suuruus riippuu kartion painumasta (taulukko X1)

Mikäli sensitiivisyys määrityksen yhteydessä ei saada suoraan määritettyä juoksurajaa yksipistemenetelmällä, lisätään tai kuivataan vettä näytteestä standardin SFS-EN ISO 17892-12 mukaisesti, siten että uudella vesipitoisuudella painumat voidaan mitata 60 g kartiolla ja siten juoksuraja määritettyä yksipistemenetelmällä. Kartiokoetuloksista on käytävä selkeästi ilmi, mitkä määritykset on tehty luonnontilaisessa vesipitoisuudessa ja missä on vesipitoisuutta muutettu. Yksipistemenetelmällä määritettyjen tulosten yhteydessä olisi ilmoitettava millä kartiolla, painumalla ja vesipitoisuudella juoksuraja on määritetty.

Karkea kartiokokeen teko-ohje

1. Laitteet ja välineet täyttävät vähintään SFS-EN ISO 17892-6 ja SFS-EN ISO 17892-12 vaatimukset. Yksi pudotus tehdään myös SFS-EN ISO 17892-6 ja SFS-EN ISO 17892-12 mukaisesti. Painuma pitäisi kuitenkin lukea 0,1 mm tarkkuudella.
2. Tehdään viisi pudotusta häiriintymättömään näytteeseen
 - a. Määritetään SFS-EN ISO 17892-6 mukainen suljettu leikkauslujuus c_{ufc} (jos ei toteudu, poikkeama merkintä).
 - b. Määritetään taulukoista perinteisesti Suomessa käytetty suljettu leikkauslujuus s_k .
3. Häiritään näyte ja mitataan painuma. Tarkista, että painumat ovat taulukon 1 painuma-alueilla eli valitse sopivin kartio. Jokaisen painuman jälkeen uusi näytteen sekoitus ja painuman mittausta. Vähintään viisi painuman mittausta (Jos kartion painuma alle 4 mm 400 g kartiolla tai yli 13 mm 10 g kartiolla ei tarvita kuin 1-2 painumamittausta).
 - a. Määritetään SFS-EN ISO 17892-6 mukainen häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus c_{urfc} (jos ei toteudu, poikkeama merkintä).
 - b. Määritetään taulukosta 1 perinteisesti Suomessa käytetty häirityn näytteen suljettu leikkauslujuus s_{kr} .
 - c. Lasketaan sensitiivisyydet c_{ufc} / c_{urfc} ja s_k / s_{kr} .
 - d. Jos kartion painuma alle 4 mm 400 g kartiolla tai yli 13 mm 10 g kartiolla ota näytteestä osa alkuperäisen/luonnontilaisen vesipitoisuuden määrittämiseksi ja säästä loput hienousluvun määrittämistä varten.
 - e. Jos kartion painuma sallituissa rajoissa, määritä koko näytteen vesipitoisuus
4. Tarkista, että painumat ovat taulukossa 1 olevien kartioiden painuma-alueilla.
 - a. Jos ovat lasketaan vesipitoisuuden ja painuman perusteella ns. yksipistemenetelmällä hienousluku/juoksuraja taulukosta 1.
 - b. Jos eivät ole, niin sovita vesipitoisuus sellaiseksi, että 60 g kartiolla painuma on 4 - 13 mm välillä ja määritä uuden vesipitoisuuden ja painuman perusteella ns. yksipistemenetelmällä hienousluku/juoksuraja taulukosta 1.

Kirjalliset lähteet:

- SFS-EN ISO 17892-6:2017
- SFS-EN ISO 17892-12:2018
- CEN ISO/TS 17892-6:fi2004
- CEN ISO/TS 17892-12:fi2004
- Geotekniset laboratorio-ohjeet (GLO-85) 1. Luokituskokeet. Suomen geoteknillinen yhdistys ry ja Rakentajain kustannus Oy 1985
- Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita osa II. Tie- ja vesirakennushallitus 1973