

PANK

RAKEISUUSMÄÄRITYS, HYDROMETRIKOE

PÄÄLLYSTEALAN NEUVOTTELUKUNTA

Hyväksytty:

17.4.2002

Korvaa menetelmän:

20.3.1995

1. MENETELMÄN TARKOITUS

Menetelmällä määritetään hienorakeisten maalajien tai karkearakeisten maalajien hienomman osan rakeisuusjakautuma. Menetelmässä esitetään myös seulonta- ja hydrometrikäyrien yhdistäminen.

2. MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Menetelmä soveltuu savi-, siltti- ja moreenimaa-aineksille.

3. VIITTEET

1989 Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.08 Soil and Rock, Building Stones; Geotextiles, D 422 - 63 Standard Method for Particle-Size Analysis of Soils

4. MÄÄRITELMÄT

Rakeisuudella tarkoitetaan maalajin erikokoisten rakeitten suhteellista määrää, joka esitetään raekoon summakäyränä.

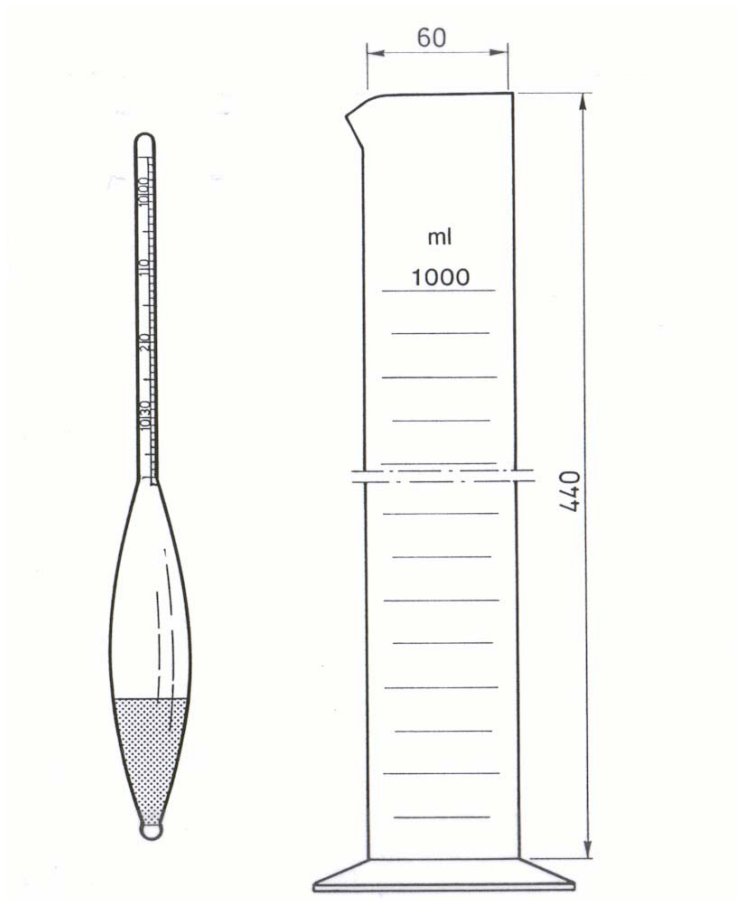
5. KOEMENETELMÄ

5.1 Periaate

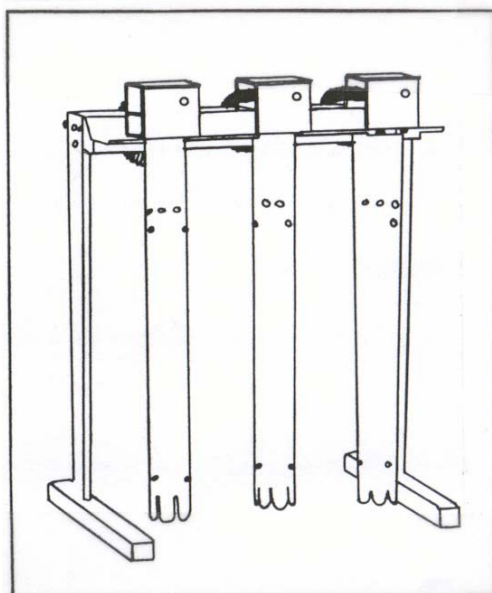
Raekoostumus saadaan selville mittaamalla hydrometrin avulla lietteen tiheyttä eri ajankohtina. Hydrometrilukemat muutetaan rakeisuusarvoiksi ja läpäisyprosentteiksi nomogrammien avulla. Nomogrammit voivat olla myös tietokoneohjelmamuodossa.

5.2 Laitteet ja tarvikkeet

- a) Hydrometri, mitta-alue 1,000...1,050 (soveltuu maa-aineksille)
- b) Sekoitin
- c) Mittalasi, 1000 ml (sisähalkaisija 60 mm, korkeus 440 mm)
- d) Vaaka, OIML:n luokka II:n mukainen laboratoriovaaka, jonka lukematarkkuus on 0,01 g (kalibroitu)
- e) Kuivauskaappi
- f) Lämpömittari
- g) Laskunomogrammit tai tietokoneohjelmat
- h) Natriumpyrofosfaattia ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$)
- i) Tislattua vettä
- j) Propyyli- tai amyylialkoholia (tarvittaessa vaahdon poistoon mittalasisista)
- k) Vetyperoksidia (H_2O_2) (tarvittaessa humuksen poistoon)
- l) Koeseula 2 mm



Kuva 1. Hydrometri ja mittalasi.



Kuva 2. Hydrometrisekoitin

5.3 Näytteen esivalmistelu

Hienorakeisella maa-aineksella (savi ja siltti) tarvittava näytemäärä on 50 g kuivaa maa-ainesta. Tutkittavan maa-aineksen kosteusprosentti (W_k) määritetään punnitsemalla ja kuivaamalla (105 °C) osa näytteestä. Kosteusprosentin määrittämisen aikana tulee huolehtia, että varsinaisen näytteen kosteus ei pääse muuttumaan. Kun kosteusprosentti on selvitetty, lasketaan tarvittavan näytteen koko seuraavalla tavalla: Esim. jos $W_k=6\%$, kosteaa maa-ainesta punnitaan $53,0\text{ g} (=50\text{g}\times 1,06)$.

Näyte voidaan punnita myös kuivatusta maa-aineksesta (50 g), mutta silloin kuivattu näyte joudutaan hienontamaan, jolloin voi tapahtua mineraalirakeiden murskaantumista. Määrittämällä näytteen koko ilman maa-aineksen kuivaamista, vältetään hienojen rakeiden toisiinsa liimautumiselta ja siitä seurautavalta hienontamiselta. Moreenia ja muuta karkeampaa ainesta punnitaan vastaavasti 100 g.

Jos näytteessä on mukana karkeita rakeita (yli 2 mm), oikean lopputuloksen saamiseksi hydrometrikoe on täydennettävä pesuseulonnalla (PANK 2102) ja tulokset yhdistettävä.

Sarjatyötä varten valmistetaan tavallisesti väkevä liuos, jossa 44,6 g natriumpyrofosfaattia liuotetaan vajaaseen litraan vettä ja kiteiden liuettua täydennetään liuosmäärä litraksi. Tätä peptisaattoriliuosta käytetään kuhunkin hydrometrikokeeseen 50 ml ja siihen lisätään loppumäärä (noin 950 ml) tislattua vettä. Yhtä koetta varten näyteliuos valmistetaan punnitsemalla 2,23 g natriumpyrofosfaattia ja liuottamalla se litraan tislattua vettä.

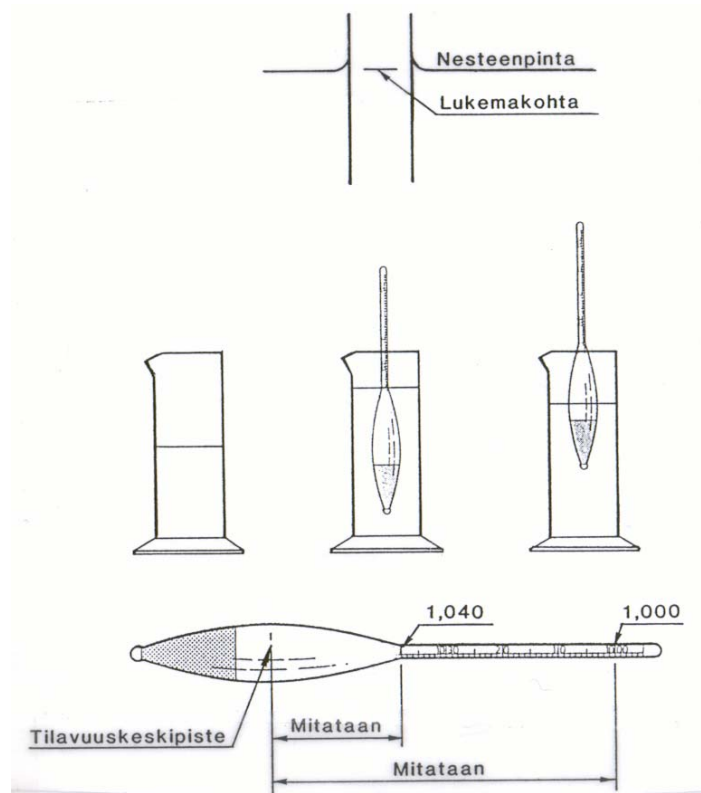
5.4 Koemenettely

Mittalasiin kaadetaan peptisaattoriliuos ja suurin osa vedestä, tämän jälkeen tarkoin punnittu näytemäärä ja lisää tislattua vettä niin, että sekoitettavan lietteen kokonaismääräksi tulee 1000 ml. Lietettä sekoitetaan vähintään 15 minuuttia, jonka jälkeen liete saa seistä yli yön (astia on suojattava pölyltä ja haihtumiselta). Välittömästi seuraavana aamuna aloitetaan seuraava sekoitusvaihe, joka kestää myös vähintään 15 minuuttia.

Lietesekoittimen on sekoitettava näyte ja liuos niin, ettei syntyvään lietteeseen pääse sekoittumaan ilmaa eikä liete lajitu, vaan pysyy homogeenisena.

Hetki, jolloin sekoittaminen lopetetaan on kokeen alkamishetki, joka merkitään työlomakkeeseen. Kun lietteen pyörteily on päätynyt (noin 1,5 min.), lasketaan hydrometri varovasti mittalasiin. Hydrometri luetaan arvioimalla astiassa olevan nesteen pinnan taso (ei siis kapillaarivoimien vaikutuksesta kaareutuneen nestepinnan ylätasoa, kts kuva 3) hydrometrin mitta-asteikolta. Ensimmäinen mittaus suoritetaan silloin kun sekoittimen nostamisesta lietteestä on kulunut kaksi minuuttia. On katsottava, ettei hydrometri kosketa mittalieriön seiniin. Hydrometri nostetaan varovasti lietteestä ja huuhdotaan kasta-

malla se tislattuun veteen. Seuraavat mittaukset suoritetaan sen jälkeen kun kokeen alkamisesta on kulunut 6 minuuttia, 1 tunti, 5 tuntia, 1 vuorokausi ja 4 vuorokautta.



Kuva 3. Hydrometrin lukeminen ja tilavuuskeskipisteen määrittäminen (kts. liite 1.)

Mittauksessa käytettävän hydrometrin tulee olla maa-ainesten mittaukseen soveltuva eli sen kärkeä tulee olla sukkelamallinen, jonka päälle ei voi kertyä maa-ainesta.

Hydrometrilasiin ei saa koskea kokeen aikana ja sitä on suojeltava tärinältä. Lietteen lämpötilan mittaus suoritetaan kokeen alkamishetkellä sekä jokaista hydrometrimittausta tehtäessä. Lämpötilan mittaus on tehtävä varovasti lietettä sekoittamatta sen pintaosasta. Vaihtoehtoisesti lämpötilan mittaus voidaan suorittaa liettemittalasin vieressä olevasta vastaavanlaisesta mittalasista, jossa on vettä. Näin vältetään lietteen sekoittumiselta. On kuitenkin huolehdittava, että molemmat mittalasiset ovat samoissa oloissa.

Saadut lukemat merkitään liitteessä esitettyyn työlomakkeeseen ja raekoot määritetään raekonomogrammista, jossa on jokaista havaintoaikaa vastaava käyräparvi. Jokaisessa parvessa on kolme käyrää, jotka vastaavat lietteen lämpötiloja +17, +20 ja +23 °C. Raekokoja vastaavat läpäisyprosentit määritetään omasta nomogrammista, jossa myös on huomioitu lämpötilan vaikutus. Nomogrammit kalibroidaan kullekin hydrometrille erikseen. Kalibrointimenettely on esitetty tämän mene-

telmän liitteessä. Saatujen läpäisyprosenttien ja vastaavien raekokojen perusteella piirretään rakeisuuskäyrä lomakkeen käyräpohjalle.

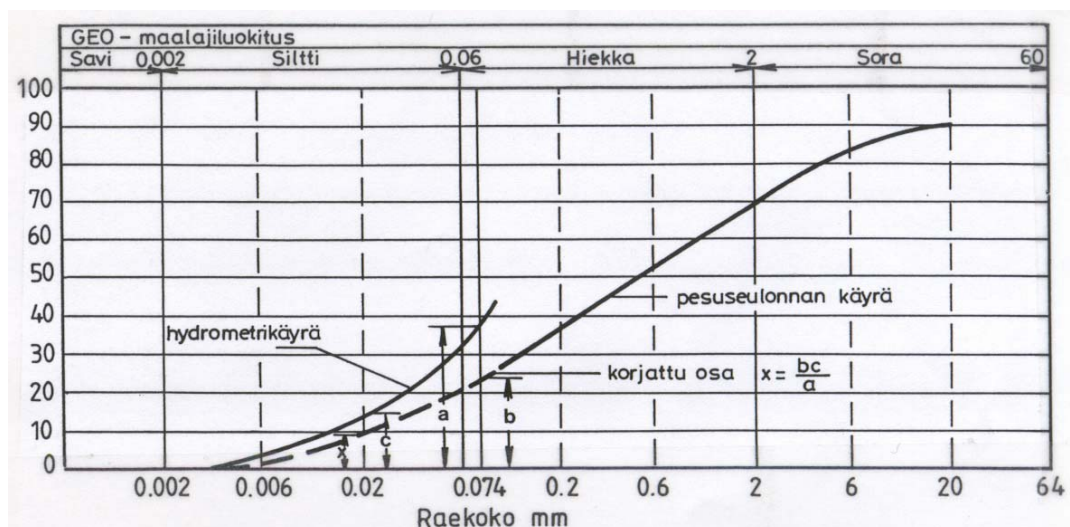
Tietokoneelle voidaan laatia ohjelma, joka laskee valmiiksi korjatun rakeisuuskäyrän annettujen lämpötila- ja hydrometрилukemien perusteella. Tällöin nomogrammien käyttö poistuu kokonaan. Ohjelmaa voi kehittää niin, etteivät annettavat lukemat ole sidottu ennalta määrättyihin mittausajankohtiin, vaan ne olisivat vapaammin valittavissa.

Jos näyte sisältää runsaasti humusta (sekoituksen aikana syntyy vaahtoa ja neste muuttuu ruskehtavaksi), täytyy humus poistaa ennen koetta esimerkiksi vetyperoksidin (H_2O_2) avulla. Tavallisesti käytetään noin 15...20 ml 35 %-vetyperoksidiliuosta pienissä erissä kosteaan näytteen lisättynä.

5.5 Tulosten esittäminen

Kun samasta näytteestä on tehty varsinainen pesuseulonta (PANK 2102) ja hydrometrikoe (PANK 2103) ja kun tulokset on laskettu ja piirretty, todetaan usein, etteivät rakeisuuskäyrät sijaitse toistensa jatkeilla. Rakeisuuskäyrien yhdistäminen suoritetaan tällöin seuraavasti:

Hydrometrikokeen perusteella piirrettyä käyrää jatketaan kunnes se leikkaa raekokoa 0,074 mm vastaavan pystysuoran viivan. Tätä hydrometrikäyrän prosenttiarvoa merkitään kirjaimella a. Sitä prosenttiarvoa, jossa pesuseulontan käyrä leikkaa raekoon 0,074 mm, merkitään kirjaimella b. Valitaan hydrometrikäyrältä jokin mielivaltainen raekoko ja merkitään sen läpäisyprosenttia kirjaimella c. Tällöin kaavan $x = bc/a$ mukaan voidaan laskea x:n arvo, joka on pesuseulontakäyrän jatkeen prosenttiarvo lukemaa c vastaavan raekoon kohdalla. Näin menetellen valitaan hydrometrikäyrältä useampia raekokoja, ja saatujen pisteiden kautta piirretään pesuseulontakäyrälle jatke (kuva 4).



Kuva 4. Hydrometrilla ja pesuseulonnalla saatujen rakeisuuskäyrien yhdistäminen.

5.6 Tarkkuus ja toistettavuus

Hydrometrimenetelmä perustuu Stokesin lakiin, jossa laskeutuvat mineraalirakeet otaksutaan pallonmuotoisiksi. Hienorakeisten maalajien rakeet muodostuvat kuitenkin yleensä suomukkaisista mineraaleista, joilla on pienempi laskeutumisenopeus kuin pallonmuotoisilla rakeilla. Tästä aiheutuu ns. menetelmävirhe.

Lietteen lämpötilan vaihtelu sekä lietteeseen kohdistuva värinä saattavat myös vaikuttaa kokeen tarkkuuteen.

NOMOGRAMMIN KALIBROINTI

Nomogrammi on kalibroitava jokaiselle hydrometrille erikseen. Kalibrointia varten otetaan mittalieriöön vettä, jonka määrä luetaan asteikosta. Hydrometri asetetaan lieriöön niin syväälle, että sukkula juuri peittyy kokonaan veteen, jonka jälkeen otetaan uusi lukema lieriön asteikolta. Lukemien erotus on sukkulan tilavuus (kts. kuva 3).

Tämän jälkeen hydrometri asetetaan sellaiselle korkeudelle, että veden pinta asettuu mittalieriössä edellä havaittujen lukemien puoliväliin. Tällöin veden pinta osoittaa kohdan, missä hydrometrin sukkulan tilavuuskeskipiste sijaitsee (kts. kuva 3).

Seuraavaksi lasketaan uppoumavirhe, joka johtuu nestepatsaan pitenemisestä astiassa, kun hydrometri asetetaan siihen. Se saadaan kaavasta:

$$\text{Uppoumavirhe} = 0,64 \times V/d^2$$

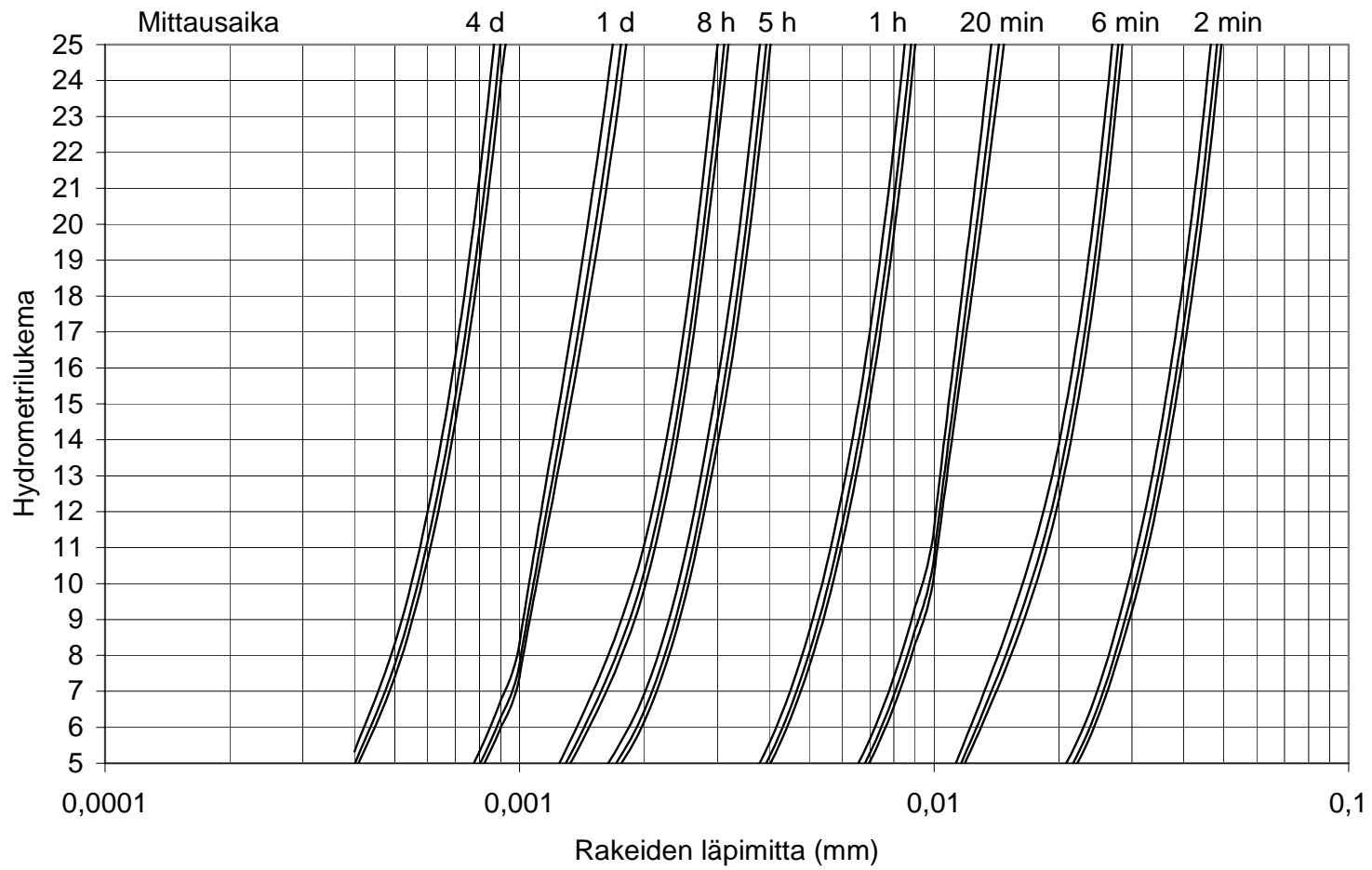
missä

V on hydrometrin sukkulan tilavuus [cm³]

d mittalieriön läpimitta [cm]

Hydrometrin sukkulan tilavuuskeskipisteestä mitataan etäisyydet lukemaviivoihin 1,000 ja 1,040 (kts. kuva 3). Saaduista etäisyyksistä vähennetään laskettu uppoumavirhe. Korjattuja etäisyyksiä vastaavat pisteet haetaan nomogrammin vasemmassa reunassa olevalta asteikolta (liite 2). Näille kohdille asteikon ja kuvan väliin merkitään vastaavat lukema-arvot ja näistä kohdista vedetään vaakasuorat viivat nomogrammin yli. Näin saadaan hydrometrilukemia 1,000 ja 1,040 vastaavat viivat. Viivoitusta täydennetään jakamalla väli vielä neljään yhtä suureen osaan, jolloin saadaan lisäksi hydrometrilukemia 1,010, 1,020 ja 1,030 vastaavat viivat.

Mikäli hydrometriä vaihdetaan tai mittauksissa käytettävän mittalasin koko muuttuu, on nomogrammin kalibrointi suoritettava uudelleen.



Mittalasin halkaisija 60 mm

Mittalasin korkeus 430...450 mm

