

MEKAANISESTA MAA-ANALYYSISTÄ

REIJO HEINONEN

Maatalouskoelaitos, maatutkimusosasto, Helsinki

Saapunut 15. 10. 1952

V. 1946 ilmestyneessä maantutkimusoppaassa (1) on esitetty mm. mekaanisen maa-analyysin menetelmä, jota on käytetty ainakin Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosastolla viime vuoteen saakka. Menetelmä on pääpiirtein seuraava:

1. osa. Yli 2 mm:n fraktiot seulotaan kuivana noin $\frac{1}{2}$ —1 kg:n suuruisesta näytteestä, josta kivet on yleensä poimittu pois jo kentällä. 2 mm:n seulan läpäissyttä ainesta punnitaan 100 g ja siitä seulotaan vedellä ja kuivana 0.6 mm, 0.2 mm ja 0.06 mm fraktiot. Kaikki nämä fraktiot ilmaistaan painoprosentteina ilmakuivasta maasta.

2. osa. 0.06 mm seulan läpäissyt, 1—2 litran vesimäärään liettynyt aines koaguloidaan HCl:lla, dekantoidaan ja kuivataan. 10 g tätä ainesta käsitellään H_2O_2 :lla ja HCl:llä ja pestään suodattimella. Sakka huuhdotaan 1 l:n pulloon, täytetään 400 ml:aan ja lisätään 4 ml 1-n NaOH ja huiskutetaan koneellisesti 6 tuntia.

Sen jälkeen pullot tyhjennetään sylintereihin, täytetään 500 ml:aan, sekoitetaan ja otetaan pipetillä 10 cm:n syvyydestä erät 50 sek., 4 min. 48 sek., 1 t. ja 8 t. kuluttua (20° C).

Pipetointierät haihdutetaan kuiviin ja kuivataan 105°:ssa. Eri fraktioiden painot saadaan peräkkäisten erien painojen erotuksina ja vastaavat prosenttiluvut jakamalla 2. osan yhteinen %-määrä ilmakuivasta painosta eri fraktioiden osalle niiden painojen suhteessa.

Tällä menetelmällä on analysoitu etupäässä vähän humusta sisältäviä pohjaimaita. Kun eräessä tutkimuksessa jouduttiin analysoimaan ruokamultanäytteitä, kävi ilmeiseksi, että menetelmää on tarkistettava ainakin humuspitoisuuden huomioonottamisessa. Tällöin todettiin menetelmässä seuraavat heikkoudet:

1. Sorafraktiot ilmaistaan prosentteina rinnan hienompien fraktioiden kanssa, vaikka näytteiden suuruus ei ole riittävä niiden määrittämiseen ja yleensä mekaaninen maa-analyysi suoritetaan vain 2 mm:n seulan läpäisseestä aineksestä.

2. H_2O_2 -käsittelyssä poistunutta humusta, HCl-käsittelyssä liennuttua ainetta ja ilmakuivan kosteutta ei oteta huomioon erikseen, vaan niiden määrä jakautuu 2. osan fraktioiden kesken. Täten 1. osan %-määrät tulevat liian pieniksi ja 2. osan vastaavasti liian suuriksi.

3. Kokemus on osoittanut, että 0.06 mm:n seulan läpi pääsee ainakin hieta- maista säännöllisesti sellaista ainesta, joka laskeutuu analyysiä jatkettaessa seisotus- lieriössä ennen ensimmäisen pipettinäytteen ottamista, mikä ilmenee siinä että pipe-

tillinen painaa vähemmän kuin suspensio keskimäärin. Käytetyn laskutavan johdosta erotus, joka aiheutuu HHT- ja KHT-fraktioiden välimaillosta olevasta aineksestä, tulee jaetuksi tasan analyysin toisen osan fraktioiden kesken.

4. Käytetyistä laskeutumisajoista 50 sek. (0.06 mm) ja 1 tunti (0.006 mm) ovat ATTERBERGIN (2) järjestelmän mukaiset, mutta näiden välissä oleva saman järjestelmän mukainen aika 7 min. 30 sek. on muutettu Kansainvälisen Maantutkimusseuran sopiman ajan 4 min. 48 sek. mukaiseksi. Noudattamalla samaa logaritmista asteikkoa, johon laskeutumisajat 4 min. 48 sek. ja 8 t. kuuluvat, saadaan jälempänä esitetyn asetelman mukaan alifraktioiden laskeutumisajoiksi 50 sek:n asemesta 29 sek. ja 1 tunnin asemesta 48 min. Esiintyvä epäjohdonmukaisuus aiheuttaa HHT-fraktion jäämisen liian pieneksi (vrt. asetelmaa sivulla 7). Liian pitkä laskeutumis aika ennen ensimmäisen pipettinäytteen ottamista lisää samalla edellisessä kohdassa selostettua virhettä.

Selostetut virheellisyydet on vältetty seuraavassa menetelmässä, joka otettiin maantutkimusosastolla käytäntöön v. 1951:

Punnittu maanäyte, jonka paino on tavallisesti $\frac{1}{2}$ —1 kg, seulotaan 2 mm:n verkkoseulalla ja seulalle jääneen soran ja kivien määrä ilmaistaan varsinaisen analyysituloksen ulkopuolella prosentteina ilmaisevan maan kokonaispainosta. — Sora- ja moreenimaiden raekokoomuksen selvittäminen myös 2 mm:iä karkeampien lajitteiden osalta edellyttäisi suurempia, edustavia näytteitä ja näiden seulonnan mahdollisine pesuineen iskostuneen hienon aineksen irroittamiseksi.

Varsinainen analyysi suoritetaan 2 mm:n seulan läpäisseeistä aineksestä, jota punnitaan dekantterilasiin maalajista riippuen seuraavat määrät: savimaata 10 g, hietamaata 15 g, hiekkamaata 20 g. Lämpölevyllä olevaan dekantterilasiin lisätään annoksittain 6 % H_2O_2 :a, kunnes humuksen palamisreaktio on päättynyt. Tavallisesti tähän kuuluu 30—50 ml H_2O_2 . Ylikuohuminen voidaan hillitä kätevästi sumuttamalla vaahtoon hiukan vaahtonsammutusainetta (sekundääristä oktyyl-alkoholia), jonka vetyperoksidi kuitenkin nopeasti hajottaa. Jäähdyttyä lisätään 20 ml 1-n HCl ja laimennetaan suspensio 100 ml:ksi tislattulla vedellä. Sekoitellaan 3—4 kertaa tunnin kuluessa, suodatetaan imusuppilossa ja pestään tislattulla vedellä, kunnes suodoksessa ei enää ole klooria. Liukenemistappio (pääasiassa Fe- ja Al-hydroksideja) voidaan selvittää haihduttamalla suodos kuiviin ja kuivaamalla ja punnitsemalla jäte.

Pääosa suodattimelle jääneestä tahtaasta kaavitaan posliinimaljaan. Savimaiden täydellisen dispergoitumisen varmistamiseksi hierotaan tahtaasta sormella voimakkaasti n. 5 min. ajan. Mainittakoon, että on esiintynyt tapauksia, joissa vuorokausienkaan raju heilutus ei ole voinut korvata hieromista. Suodatinpaperiin jäänyt maa-aines irroitetaan siitä kuumalla vesisuihkulla ja saatetaan yhdessä hierotun tahtaan kanssa 1 l:n pulloon. Lisätään 4 ml 1-n NaOH, täytetään n. 400 ml:aan ja pannaan huiskutuskoneeseen 8 tunnin ajaksi. Sen jälkeen suspensio huuhdotaan seisotuslieriöön ja täytetään 500 ml:aan. Ylösalaisin kääntämällä suoritettujen sekoittamisten jälkeen otetaan 10 cm:n syvyydestä 20 ml:n erikoispipetillä taarattuihin upokkaisiin näytteet 4 min. 48 sek., 48 min. ja 8 tunnin seisotusaikojen kuluttua (lämpötila 20°C). Suspension pinnalle noussut vaahto ei aina ehdi hävitä ennen

hienon hiedan %-määrä *very fine sand* = 100 — muiden fraktioiden %-lukujen summa *sum of the percentages of other fractions*.

H₂O₂- ja HCl-käsittelyn sekä ilmakeivän kosteuden poistumisen aiheuttama painohäviö, analyysiin punnittu maamäärä — K, ilmoitetaan prosentteina ilma-kuivasta maasta. Määrittämällä erikseen ilmakeivän kosteus ja liuenneet aineet saadaan selville H₂O₂-käsittelyssä palaneen humuksen määrä, joka kuitenkin yleensä on n. 10—20 % pienempi kuin kaliumbikromaatti-poltossa saatu eloperäisen aineksen määrä, etenkin maatumattomien juurenkappaleiden palaessa vaillinaisesti.

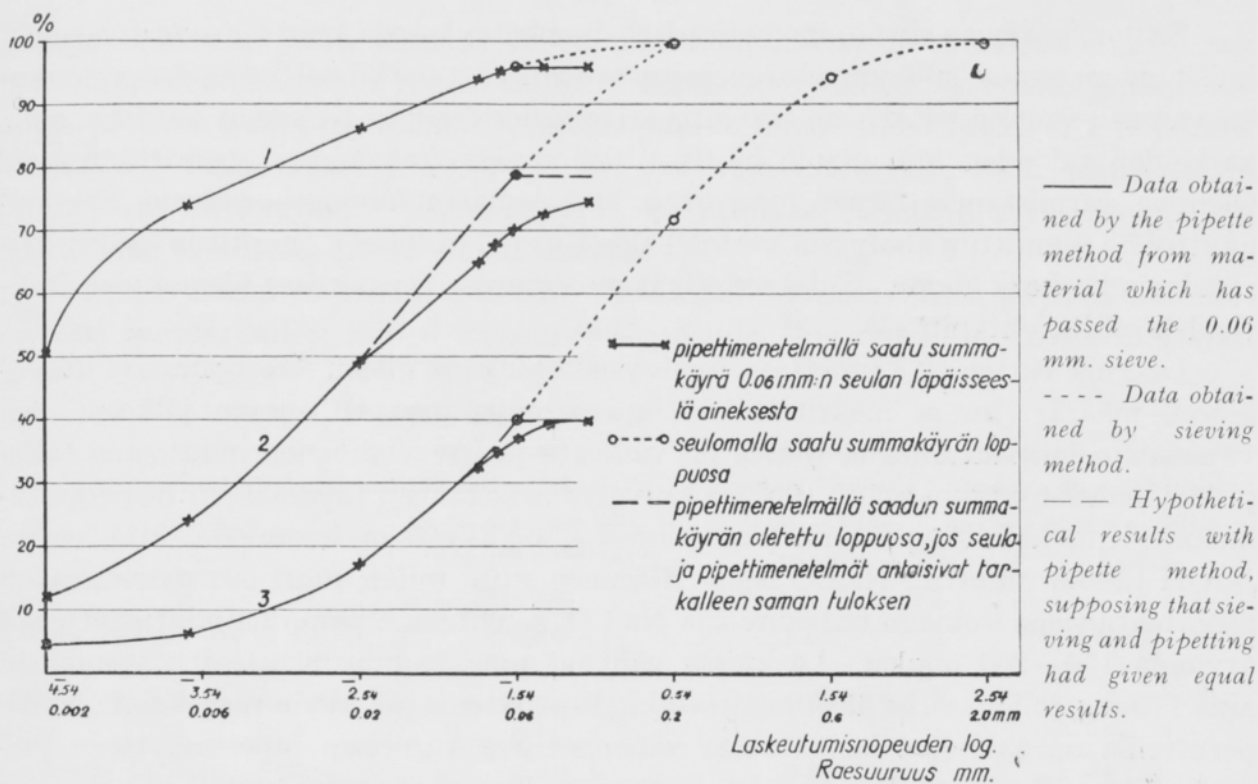
Analyysin jatkaminen savifraktioon. Välistä esiintyy tapauksia, joissa normaali analyysi ei riitä antamaan oikeata käsitystä maan raekokoomuksesta. Ainakin Pohjois-Karjalassa on tavattu maita, joita silmävaraisen tarkastelun perusteella on pidettävä selvästi hiesuvaltaisina, mutta joissa mekaaninen maa-analyysi osoittaa olevan saviainesta jopa yli 60 %, mikä on aitosaven raja. Tällöin on analyysiä jatkettu savifraktioon ottamalla vielä yksi pipettinäyte hiukkasista, joiden laskeutumisnopeus on 10 kertaa pienempi kuin kansainvälisesti määritellyn (7, p. 305) saven (kolloidisavi, <0.0006 mm). Tällöin on käytetty 32 tunnin seisotusaikaa ja 4 cm:n näytteenottosyvyyttä (20° C).

Seuraava esimerkki osoittaa miten vasta tämä viimeinen fraktiointi ratkaisevasti erottaa Pohjois-Karjalan »aitosaven» tyypillisestä Lounais-Suomen aitosavesta. Molemmissa näytteissä saviaineksen määrä on korkea, mutta karkean ja hienon saven %-lukujen suhteet ovat päinvastaiset.

Lajite <i>Grain classes</i> mm	Aitosavi <i>Heavy clay</i> Paimio <i>SW Finland</i> %		Aitosavi <i>Heavy clay</i> Liperi <i>East Finland</i> %	
2 —0.2	0.1		1.2	
0.2 —0.06	0.4		0.7	
0.06 —0.02	1.7		8.1	
0.02 —0.006	3.1		8.1	
0.006—0.002	3.7		16.8	
0.002—0.0006	14.4	} 91.0	42.6	} 65.1
<0.0006	76.6		22.5	
	100.0		100.0	
Painohäviö <i>Loss of weight</i>	6.2		1.8	

Tarkastelua

Kansainvälisen Maantutkimusseuran metodiehdotus (7, p. 305) käsittää vain neljän raekoon erottamisen (Hk, Ht, Hs, S), joista Hs ja S määritetään pipetoimalla, Ht dekantoinnalla ja Hk seulomalla. Tällainen fraktiointi ei ainakaan hiedan kohdalla ole meille riittävä, sillä hienon ja karkean hiedan ominaisuudet eroavat suuresti toisistaan. Sitäpaitsi dekantointi on runsaasti aikaa vaativa työ ja sellai-



Piirros 1. Mekaanisen maa-analyysin summakäyriä. 1. Hiesusavi. 2. Hiesuinen hietä. 3. Hietamoreenin alle 2 mm:n aines.

Fig. 1. Summation curves of mechanical soil analysis. 1. Silt clay. 2. Silty finesand. 3. Material < 2 mm. from a finesand moraine.

sena sopii huonosti sarja-analyysiin, joka pyritään järjestämään siten, että yksi henkilö voi viikossa saada valmiiksi 10 kpl:n sarjan. Senvuoksi päävaikeus on esiintynyt hietafraktioiden määrittämisessä ja vanhan metodin suurimmat virheet olivatkin siinä. Juuri Ht-fraktion sisällä on seulomiseen ja laskeutumisnopeuteen perustuvien fraktiointien raja. KHt voidaan määrittää suoraan seulomalla, mutta ei liettämällä, HHt:a taas ei voi määrittää seulomalla (3), mutta laskeutumisnopeuteen perustuva määrittäminen on mahdollinen (29 sek. ja 4 min. 48 sek. pipettinäytteiden erotus).

Käytännössä on kuitenkin osoittautunut mahdottomaksi saada toisaalta seulomiseen ja toisaalta liettämiseen perustuvat fraktiointit liittymään saumattomasti toisiinsa (ks. oheinen piirros)¹. Erotus kuuluu hietafraktioon eikä sitä voi viedä koevirheeksi. Näyttää siten välttämättömältä laskea jompikumpi hietafraktio erotuksena (100— muiden fraktioiden %-lukujen summa), ellei haluta käyttää suuritoista dekantoimista. KHt:n suora määrittäminen on luotettavampi kuin HHt:n, joten päätimme laskea viimeksimainitun erotuksena.

¹ Tie- ja vesirakennushallituksen geologi, tri URPO SOVERI, joka ystävällisesti on tutustunut tämän julkaisun käsikirjoitukseen tehden sen johdosta arvokkaita huomautuksia, kertoi tehneensä saman havainnon. Hän mainitsi myös, että eräissä teknillisissä laboratorioissa on yritetty saada summakäyrän pipetoimalla saatu osa liittymään saumattomasti seulomalla saatuun osaan muuttamalla laskeutumisnopeuden perusteella saatujen hiukkaskokojen laskuperusteita.

Seulomisvaiheen siirtäminen viimeiseksi on kätevämpää kuin sen suoritus ennen huiskumaan panoa, sillä viimeksi mainitussa vaiheessa pyrkii nestemäärä muutenkin kasvamaan suuremmaksi kuin 500 ml:n seisotuslieriö sallii. Kokemus osoittaa, ettei karkeiden rakeiden mukanaolo häiritse hienempien fraktioiden määrittämisessä. Olemme varmistaneet tämän mm. siten, että samasta homogenisoidusta aitosavi-näytteestä punnittiin analyysiä varten kaksi 5 g erää ja toiseen punnittiin lisäksi 10 g puhdasta karkeaa hietaa. Tulokset olivat molemmissa tapauksissa hienempien fraktioiden osalta yhtäpitävät.

Laskuja varten on tunnettava analyysissä mukana olleen epäorgaanisen kuiva-aineen määrä. Jos se määritettäisiin kuivaamalla maa HCl-pesun jälkeen, olisi vähemmän haihduttamista, mutta on vaikeata ja irreversiibelien muutosten takia joskus mahdotontakin saada 105°:ssa kuivattu maa jälleen täydellisesti dispergoitumaan. Kun haihdutus suoritetaan viimeksi, on otettava huomioon, että vapaa NaOH tällöin muuttuu Na₂CO₃:ksi. Riippuen siitä, miten suuri osa natriumia on adsorboituneena voidaan natriumin ja Na₂CO₃:n yhteinen paino haihdutusjätteissä arvioida 150—200 mg:ksi. Laskuissa vähennämme haihdutusjätteiden summasta aina 175 mg, jolloin virhe äärimmäisessäkin tapauksessa jää hyvin pieneksi. Samoilla perusteilla on savi-%:a laskettaessa vähennettävä viimeisen pipettinäytteen painosta 7 mg, mutta muihin fraktioihin tämä seikka ei vaikuta, koska ne lasketaan peräkkäisten pipettinäytteiden painojen erotuksina.

Jos seulominen suoritettaisiin ennen liettämistä, olisi ehkä mahdollista laskea suspension paino ottamalla siitä pipettinäyte sekoittamisen jälkeen ja täten säästyä pitkällisestä loppuhaihdutuksesta. Tämä edellyttäisi kuitenkin suurempien seisotuslieriöiden käyttöä, koska seuloessa nestemäärä kasvaa. Jos seula ja STOKESIN kaava antaisivat rajatapauksessa tarkoin saman tuloksen, pitäisi suspension painon 10 cm:n syvyydessä pysyä tällöin samana 29 sek. ajan, koska ne rakeet, joiden laskeutumisenopeus on tätä suurempi, on seulottu pois. Suorittamamme tutkimus (ks. piirros) osoitti kuitenkin, että pipettinäytteen paino voi tässäkin tapauksessa olla jo 10 sek. kuluttua pienempi kuin suspension keskipaino. Poikkeaman suuruuteen voi vaikuttaa osaltaan myös se, että seulassa on ilmoitetun koon ylittäviä reikiä. Tämän perusteella näyttää siltä, että lietetyn aineksen kokonaispaino voidaan määrittää luotettavimmin kuivaamalla jäte.

Hienoimman seulan laatuun on kiinnitettävä erityistä huomiota, ja jos mikro-skooppien tarkastus osoittaa reijissä tapahtuneen hiukankin venymistä tai kulumista, vaihdetaan seula uuteen. Määrättyjen seulakokojen saannissa on joskus vaikeuksia, mutta reikien suuruus voi olla myös fraktiorajasta hiukan poikkeava, sillä laatimalla analyysin tuloksesta summakäyrä, jossa on toisella akselilla prosentit 0—100 ja toisella hiukkaskoot, voidaan riittävällä tarkkuudella ilmaista tulos vakiofraktioina, jos fraktiorajan läheisyydessä on kiintopiste.

Hiukkaskokojen asemesta käytetään summakäyrää laadittaessa ja yleensäkin täsmälliseen ilmaisuun pyrittäessä mieluummin vastaavia laskeutumisenopeuden logaritmeja, sillä kansainvälisesti (7, p. 305) on nimenomaan määritelty savifraktio laskeutumisenopeuden nojalla ja sovittu samalla siitä, että karkeimmat fraktiot aina 0.2 mm:iin saakka määritellään STOKESIN yhtälön avulla käyttämällä siinä

samoja vakioita, jotka antavat 0.002 mm:n läpimittaisille hiukkasille 20° C:ssa vedessä laskeutumisenopeuden 10 cm/8 t. Hiukkasten vaihteleva muoto ja ominaispaino ja saven osalta myös eräät fysikokemialliset ilmiöt aiheuttavat, että tietomme hiukkasten tosiasiallisesta koosta ovat sitä vajavaisemmat, mitä pienemmistä hiukkasista on kysymys. Summakäyrää laadittaessa oletetaan myös seulottujen fraktioiden noudattavan STOKESIN kaavaa.

Seuraavassa asetelmassa esitetään rinnakkain kansainvälisen järjestelmän mukaisesti raesuuruudet, niiden laskeutumisenopeuden logaritmit ja laskeutumisajat.

Fraktio <i>Fraction</i>	Rakeiden halkaisija mm. (fraktion yläraja) <i>Grain diameter mm.</i> (upper limit of the <i>fraction</i>)	Laskeutumis- nopeuden log. <i>Log. settling</i> <i>velocity</i>	10 cm laskeutumiseen kuluva aika 20° C:ssa <i>Time needed to settle</i> <i>10 cm. at 20° C.</i>
Karkea hiekka KHk <i>Coarse sand</i>	2.0	2.54	(0.03 sek.)
Hieno hiekka HHk <i>Sand</i>	0.6	1.54	(0.3 sek.)
Karkea hieta KHt <i>Fine sand</i>	0.2	0.54	(3 sek.)
Hieno hieta HHt <i>Very fine sand</i>	0.06	1.54	29 sek.
Karkea hiesu KHs <i>Coarse silt</i>	(0.02)	2.54	4 min. 48 sek. (= 288 sek.)
Hieno hiesu HHs <i>Fine silt</i>	(0.006)	3.54	48 min. (= 2880 sek.)
Savi S <i>Clay</i>	(0.002)	4.54	8 t. (= 28800 sek.)
Kolloidisavi <i>Colloidal clay</i>	(0.0006)	5.54	80 t.

Esitetty menetelmä on suoraan verrattavissa monissa laboratorioissa käytettyihin menetelmiin (5,6) ja sillä saadut tulokset voidaan helposti muuntaa kansainvälistä tai brittiläistä menetelmää vastaaviksi (4, 7).

KIRJALLISUUTTA

- (1) AARNIO-KIVEKÄS. 1946. Maantutkimusopas. Helsinki.
- (2) ATTERBERG, H. 1912. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Int. Mitt. Bodenk. 2: 312—342. Wien—Berlin—London.
- (3) BAVER, L. D. 1948. Soil Physics, 2. Ed. New York.
- (4) KEEN, B. A. 1931. The Physical Properties of the Soil. London.
- (5) KILMER, V. J. & ALEXANDER, L. T. 1949. Methods of Making Mechanical Analyses of Soils. Soil Sci. 68: 15—24. Baltimore.
- (6) VIRO, P. J. 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus. Comm. Inst. Forest. Fenniae 35: 2. Helsinki.
- (7) INT. SOC. SOIL SCI. 1934. Trans. Ist Comm. (Physique du Sol). Versailles.

SUMMARY:

ON MECHANICAL SOIL ANALYSIS

REIJO HEINONEN

Agricultural Research Centre, Department of Soil Science

The method of mechanical soil analysis so far used at the department of soil science is briefly described. The author then points out some imperfections of the method, discusses possible analysis procedures by which the errors could be avoided and introduces a new method which in the main follows the international method (7). The special features in which the new procedure, now adopted at the department, differs from the international method are as follows:

After HCl treatment the soil paste is rubbed with the finger. In some clays this has proved to be the only way to destroy the small flocs. Each international fraction is divided into two subfractions. Pipette samples are taken after 4 mins. 48 secs., 48 mins. and 8 hrs. After the pipette samples have been taken, the suspension is washed through the 0.6, 0.2 and 0.06 mm sieves. The residue is evaporated to dryness, dried at +105° C, and weighed. The results are given on a dry matter basis, and the loss on treatment with H₂O₂ and with HCl, and the air-dry moisture are given separately. Calculations are given on p. 3.

Sometimes the extension of analysis into the clay fraction (4 cm./32 hours for particles <0.0006 mm.) gives very valuable information on the nature of the soil. An example on p. 4 illustrates the fact that only this last fractionation distinguishes clearly between two soils, both of which are classified as heavy clays by the ordinary analysis (over 60 % clay). In the first sample the greater part of the clay is colloidal, in the second the ratio is reversed. By visual examination the second sample was classified as clayey silt.

Most difficulties arise in the determination of fine sand fractions, because the sieving and pipette methods must be tied up, and they never fit together exactly. The difference cannot be regarded as an experimental error of the whole analysis because it is inside the finesand fraction anyway. So it was decided to determine fraction 0.2—0.06 by sieving and fraction 0.06—0.02 by difference. Decantation would probably give the best approach to the problem, but it is too time-consuming to fit into the routine, in which one person carries out a series of 10 analyses in 6—7 days. As we use only 500 cc. settling cylinders, and the sieving greatly increases the volume of the suspension, it is best not to sieve until after the pipettings. Experience shows that this does not cause errors in the pipetted fractions.

If the total amount of soil inorganic dry matter were determined by drying the soil paste immediately after HCl treatment (as is done in many laboratories) it would be very difficult, and sometimes impossible, to redisperse it properly. As the suspension is dried last, the weight of the peptisator, the free part of which is in the form of Na₂CO₃, must be taken into account. An average value of 175 mg is subtracted from the residue and 7 mg from the pipette samplings, respectively.

Lastly the author gives examples of summation curves, in which the use of the logarithm of settling velocities is to be preferred to apparent size classes. The tying-up of pipetted and sieved fractionations is thereby illustrated.