

Näytteenotto metsämaan ominaisuuksien määrittämistä varten

Pekka Tamminen ja Eino Mälkönen (toim.)



02.06.99

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 729, 1999

Näytteenotto metsämaan ominaisuuksien määrittämistä varten

Pekka Tamminen ja Eino Mälkönen (toim.)

Tamminen, P. & Mälkönen, E. (toim.) 1999. Näytteenotto metsämaan ominaisuuksien määrittämistä varten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 729. 54 s. ISBN 951-40-1676-9. ISSN 0358-4283.

Kirjoittajat: Oppaan kirjoittamiseen ovat osallistuneet Pekka Tamminen, Eino Mälkönen, John Derome, Hannu Fritze, Heljä-Sisko Helmisaari, Juha Heiskanen, Teuvo Levula, Taina Pennanen, Anna Saarsalmi, Aino Smolander ja Michael Starr.
Sähköpostiosoitteet: etunimi.sukunimi@metla.fi

Avainsanat: kasvupaikan kuvaus, maaperän kuvaus maannoskuvaus, maanäytteet, näytteenotto, näytteiden esikäsittely.

Julkaisija: METLA, Vantaan tutkimuskeskus. Hanke 3209. Hyväksytty 22.3.1999

Tekstinkäsittely, piirroksot ja taitto: Anne Siika ja Sari Elomaa.

Kansikuva: Maannoksen kuvaus näytealalla. Valok. Erkki Oksanen.

Painopaikka: Tampereen Tekstifilmi Ky, 1999

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puhelin (09) 8570 5721, telekopio (09) 8570 5717

Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa. Puhelin (09) 857 051, telekopio (09) 8572 575

Copyright: Metsäntutkimuslaitos

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Kasvupaikan kuvaus	7
2.1 Sijainti	7
2.2 Topografia	7
2.3 Geologinen muodostuma	9
2.4 Kalliot, lohkat, maaperän paksuus	9
2.5 Vesitalous	10
2.6 Maaperän homogeenisuus	11
2.7 Maaluokka, kasvupaikan päätyyppi, kasvupaikkatyyppi	12
3. Otanta	13
3.1 Otoksen poiminta	13
3.2 Otoksen koko	14
3.3 Näytepisteiden sijoitus	16
3.4 Näytteenottoaika	17
4. Maaperän kuvaus ja mittaukset maastossa	19
4.1 Kivisyyden määrittely painamismenetelmällä	19
4.2 Orgaanisen kerroksen laatu	20
4.3 Orgaanisen kerroksen paksuus	21
4.4 Maan raakoostumus	21
4.5 Maannoksen kuvaus	23
5. Maanäytteen otanta	29
5.1 Maanäytteen tekninen määrittely	29
5.2 Näytteet fysikaalisiin määrittelyihin	30
5.3 Näytteet kemiallisiin määrittelyihin	32
5.4 Juurinäytteet	35
5.5 Näytteet mikrobiologisiin määrittelyihin	36
6. Näytteiden esikäsittely ja varastointi	37
7. Maanäytteen analysoinnin periaatteet	40
7.1 Fysikaaliset määrittelyt	40
7.2 Kemialliset määrittelyt	40
7.3 Juurinäytteen analysointi	41
7.4 Mikrobiologiset määrittelyt	42
Kirjallisuus	44
Liitteet	48

I. Johdanto

Useimmat maaperän fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia ominaisuuksia kuvaavista tunnuksista määritetään maastosta otetuista näytteistä laboratoriossa. Näytteenoton tarkoituksena on saada luotettavaa tietoa kulloinkin tarkasteltavasta kohteesta, joten näytteiden tulisi edustaa sitä mahdollisimman hyvin. Jos näytteiden edustavuus on heikko tai näytteet on otettu ja käsitelty huonosti, aineistolla ei ole mainittavaa arvoa laboratoriomääritysten jälkeenkään. Asiantuntemattomasti kerätyt näytteet voivat suorastaan vaikeuttaa tarkasteltavan ilmiön tai ongelman ratkaisemista, samalla kun niiden analysoinnista aiheutuu turhia kuluja. Ilmeisesti näytteenotto on monien kenttätutkimusten heikoimpia kohtia.

Maanäytteitä voidaan ottaa maassa vallitsevan tilan selvittämiseksi (kartoitus, inventointi), joistakin toimenpiteistä tai ympäristöstä aiheutuvien muutosten selvittämiseksi (seuranta) sekä maassa tapahtuvien ilmiöiden kuvaamiseksi. Yleensä tutkimuksen tarkoitus tai asetetut tavoitteet määräävät, mitä tunnuksia on mitattava ja mitä menetelmiä pitää käyttää. Yksityiskohtaisia joka tilanteeseen sopivia ohjeita ei voida antaa.

Maanäytteiden otossa on perusongelmana se, että maaperän ominaisuudet vaihtelevat suuresti sekä vaaka- että syvyys suunnassa, minkä vuoksi edustavuuden vaatimusta on vaikea täyttää. Esimerkiksi viljavuustutkimuksissa maanäytteet on useimmiten otettu tietyistä senttimetrikerroksista. Maannostumista tutkittaessa geneettiset horisontit puolestaan muodostavat luonnollisia näytteenottoluokkia. Lisäksi varsinkin maan biologisissa ominaisuuksissa voi luonnonoloista johtuen olla suurta ajallista vaihtelua, mikä myös hankaloittaa näytteenottoa. Tiiviistä ja kivisestä maasta näytteiden ottaminen on teknisestikin vaikeaa, varsinkin kun näytteenottimien kehittämiseen ei ole tunnettu riittävää mielenkiintoa.

Vaikka näytteenotto on suunniteltava tutkimuskohtaisesti, on kuitenkin hyödyllistä pyrkiä mahdollisuuksien mukaan käyttämään standardoituja tai yleisesti käytettyjä menetelmiä. Näin menetellen tulosten vertailukelpoisuus muihin tutkimuksiin nähden paranee, ja eri aineistojen yhdistämismahdollisuudet laajempia tarkasteluja varten kasvavat.

Varsinaisen näytteenottovaiheen lisäksi näytteiden käyttökelpoisuuteen vaikuttavat myös näytteiden säilytys ja esikäsittely ennen määrittelyä. Säilytys- ja käsittelytapojen vaikutuksista maanäytteisiin ja niistä määritettäviin tunnuksiin on toistaiseksi tehty niukasti vertailevia tutkimuksia.

Tämän julkaisun tarkoituksena on kiinnittää tutkijoiden huomiota maanäytteiden ottomenetelmiin ja pyrkiä mahdollisuuksien mukaan yhdenmukaistamaan nykyisin vallitsevaa kirjavaa käytäntöä.

2. Kasvupaikan kuvaus

Kun kasvupaikalta päätetään ottaa maanäytteitä, on kasvupaikkaa kuvattava riittävästi, jotta analyysituloksia voidaan tulkita oikein ja jotta kasvupaikasta ja maasta saadaan ravinteisuuden ja happamuuden lisäksi tietoa mm. maaperän paksuudesta, kivisyydestä ja vesitaloudesta. On myös olennaista tuntea tutkimuskohteen tarkka sijainti.

2.1 Sijainti

Yhtenäiskoordinaatit P ja I sekä korkeus merenpinnasta

Jotta näyteala on mahdollista löytää myöhemmin tai jotta muita tietoja, esim. ilmasto-, laskeuma- tai geologisia tietoja voidaan liittää havaintoaineistoihin jälkikäteen, on havaintopaikan sijainti tunnettava. Siksi sijainti on pyrittävä arvioimaan mahdollisimman tarkasti peruskartalta tai GPS-laitteen avulla.

2.2 Topografia

Topografisilla tiedoilla pyritään kuvaamaan havaintokohdan sijaintia lämpö- ja tuuliolojen sekä vesitalouden kannalta.

Makrotopografinen asema määritetään peruskartan ja maastoarvioinnin perusteella 50–100 m:n säteellä näytealan keskipisteestä seuraavalla luokituksella:

- 1 Tasamaa: Kaltevuus $<2,5\%$, vaakaetäisyys rinteeseen >25 m.
- 2 Notko: Korkeusero mäen lakeen >5 m, vaakaetäisyys rinteeseen <25 m.
- 3 Rinne: Kaltevuus $\geq 2,5\%$.
- 4 Mäen laki: Korkeusero mäen korkeimpaan kohtaan <5 m ja tasamaan >5 m, vaakaetäisyys rinteeseen <25 m.
- 5 Muu: Ei kuulu luokkiin 1–4.

Korkeusero paikan vesitalouteen vaikuttavan mäen lakeen arvioidaan 10 m:n tasaavin luokin: 0 = 0–4 m, 1 = 5–14 m, ..., 9 = 85–94 m, 10 = 95–104 m, jne. Korkeuserolla kuvataan yläpuolisen valuma-alueen kokoa.

Mesotopografinen asema kuvaa näytealan suhteellista sijaintia maaston suhteen 10–20 m:n säteellä näytealan keskipisteestä. Maanpinnan muotoa arvioidaan seuraavin luokin: 1 Tasamaa, 2 Notko, 3 Rinne, 4 Kumpu ja 5 Muu.

Makro- ja mesotopografinen asema voivat olla esim. tasamaa + kumpu, tasamaa + notko, rinne + notko tai mäen laki + notko. Kun kaikki makro- ja mesotopografiset tunnuksot otetaan huomioon, voidaan erottaa useita hydrologisesti ja mikroilmastollisesti eriarvoisia tapauksia.

Kaltevuus mitataan näytealan yli suurimman kaltevuuden suunnassa korkeusmittarin 20 m:n asteikolla 1 m:n (5 %) tasaavalla luokituksella. Luokat ovat 0 = 0–0,5 m, 1 = 0,5–1,5 m, 2 = 1,5–2,5 m, jne.

Mikäli kaltevuus ylittää 2,5 % ($>0,5$ m/20 m), rinteiden **kaltevuussuunta** mitataan bussolilla 10 asteen tarkkuudella (1–36/40) tai kompassilla jako-osan tarkkuudella (1–60). Suunnan mittauslaite ja samalla yksikkö on merkittävä ohjeisiin ja lomakkeelle ennen kenttätöitä.

Topografinen asema voidaan kuvata analyttisesti mittaamalla maaston kaltevuus 20 m:n säteellä näytealan keskipisteestä suurimman kaltevuuden suunnassa ja sitä vastaan kohtisuoraan. Kaltevuus mitataan siis neljään suuntaan korkeusmittarilla 20 m:n asteikolla 1 m:n tarkkuudella etumerkkeineen mittaajan silmäkorkeuden tasossa. Lukemat voisivat olla sivusuuntaan koverassa rinteessä +2 m, -2 m, +1 m ja +1 m tai notkossa +3 m, 0 m, +1 m ja 0 m. Lukemista voidaan määrittää laskennallisesti (meso)topografinen asema, kaltevuus ja kaltevuuden suunta. Lomakkeelle merkitään suurimman kaltevuuden suunta eli ensimmäisen mitatun halkaisijan suunta alarinteeseen päin ja neljä kaltevuushavaintoa.

2.3 Geologinen muodostuma

Tunnus voidaan arvioida maastossa tai ottaa maaperäkartalta.

- 0 Turvekerrostuma
- 1 Moreenit ja moreenimuodostumat (pohja- ja pintamoreeni, reuna- ja kumpumoreenit, drumliinit)
- 2 Jäätikköjoki- ja rantakerrostumat (karkea hieta...sora, kivet)
- 3 Hienorakeiset kerrostumat (savi...hieno hieta)
- 4 Tuulikerrostumat eli dyynit (hieta...hiekkä)
- 5 Joki- ja tulvakerrostumat (hiesu...hiekkä)
- 6 Kalliomaat, kivikot

2.4 Kalliot, lohkarreet, maaperän paksuus

Sijaintitunnusten lisäksi suositellaan maastossa arvioitaviksi kasvu- paikkaa kuvaavia maaperätunnuksia. Maastohavaintoihin perustuvia muuttujia käytetään kuvailevina taustamuuttujina, luokittelemaan näytealat homogeenisiin ryhmiin ja selittämään mm. puus- tomuuttujia.

Avokallioiden tai isojen lohkarreiden (läpimitta yli 2 m) osuus näytealan tai kuvion alasta.

- 0 Ei esiinny
- 1 Alle 1 %
- 2 1–10 %
- 3 11–25 %
- 4 26–50 %
- 5 Yli 50 %

Kivennäismaan keskimääräinen paksuus arvioidaan kallio- paljastumien tai murtopintojen, topografian, kivirassin painumien ja maanäytekuoppien perusteella.

- 0 Ei kivennäismaata. Kallion päällä enintään orgaaninen kerros.
- 1 1–10 cm
- 2 11–30 cm
- 3 31–70 cm
- 4 Yli 70 cm

2.5 Vesitalous

Suosammalien – rahkasammalen ja korpikarhunsammalen – **peittävyys** katsotaan mittaavan ns. ylimääräisen veden määrää.

- 0 Ei esiinny
- 1 Alle 1 %
- 2 1–10 %
- 3 11–25 %
- 4 26–50 %
- 5 Yli 50 %

Keskimääräinen, ei arviointihetken, **kosteus** arvioidaan itsenäisesti, kasvupaikkatyypistä (lehto, lehtomainen, tuore, kuivahko, kuiva, karukko kangas) riippumatta. Kosteus arvioidaan 1) näkyvän ja kaivettuihin kuoppiin tulevan veden, 2) maannoksen ominaisuuksien (orgaanisen kerroksen laatu ja paksuus, kivennäismaa-horisonttien luonne), 3) raekoostumuksen, 4) kasvillisuuden koostumuksen ja 5) suokasvillisuuden yleisyyden perusteella.

- 1 **Hyvin kuiva:** Lajittuneet hiekka-, sora- ja kalliomaat, jotka edustavat kangasmaiden kasvupaikkatyyppejä kuiva tai karukkokangas. Kaivettuihin kuoppiin (0–80 cm) ei tule pohjavettä. Maannos ei voi olla humuspodsoli eikä turve- tai pohjavesimaannos. Orgaaninen kerros on ohut ja pintakasvillisuus vähälajista, kuivuutta sietävää. Kasvilajeista mainittakoon erityisesti poronjäkälät ja sianpuolukka (Nieppola 1993).
- 2 **Kuiva:** Keskiraekoko on karkea hieta tai karkeampi ja kasvupaikkatyyppejä voi olla mikä tahansa, mutta harvoin lehto. Kaivettuihin kuoppiin (0–80 cm) ei tule pohjavettä. Maannos ei voi olla humuspodsoli eikä turve- tai pohjavesimaannos.
- 3 **Tuore:** Voi esiintyä kaikilla maalajeilla. Savi- ja hiesumailla ruostetäpliä ja -viiruja voi esiintyä syvemmillä kuin 50 cm, karkeammilla maalajeilla syvemmillä kuin 80 cm. Kasvupaikkatyyppejä voi olla lehto – kuiva kangas. Kaivettujen kuoppien (0–80 cm) pohjalle voi tulla vettä, kun pohjavesi on korkealla. Maannos voi olla mikä tahansa paitsi turve- tai pohjavesimaannos.
- 4 **Kosteahko:** Maalaji ja maannos voi olla mikä tahansa paitsi kalliomaat. Kaivettuihin kuoppiin (0–80 cm) tulee usein vettä. Maannoksen alaosassa, 50–80 cm:n syvyydellä kivennäismaas-

sa, esiintyy usein ruostetäpliä ja -viiruja. Suosammalien peittävyys on yleensä 1–25 %. Kasvupaikkatyyppi voi olla lehto - kuiva kangas, joskus ojitettu suo.

- 5 **Kostea:** Pohjavesi on keskimäärin 30–80 cm:n syvyydessä ja vettä näkyy monesti painanteissa tai kivenkoloissa. Suosammalien peittävyys on vähintään 10 %. Orgaaninen kerros on yleensä turvetta ja maannos on yleensä humuspodsol, turvetta tai pohjavesimaannos. Kivennäismaassa näkyy ruostetäpliä tai viiruja 30–80 cm:n syvyydellä ja pohjaveden hapettomuuden aiheuttama harmaa Cg-horisontti viimeistään 80 cm:n syvyydellä. Puut kasvavat monesti kohoumilla. Kasvupaikat ovat soita tai eriasteisesti soistuneita kankaita.
- 6 **Märkä:** Pohjavesi on 0–30 cm:n syvyydessä. Suokasvillisuus on yleensä valitseva. Kasvupaikka on turvemaata tai luhta. Maannos on turve- tai pohjavesimaannos, jossa harmaa Cg-horisontti alkaa 0–30 cm:n syvyydestä kivennäismaan pinnasta.

2.6 Maaperän homogeenisuus

- 1 **Homogeeninen:** Orgaaninen kerros on näytealalla samaa tyyppiä ja paksuus vaihtelee vain hiukan. Kivennäismaan paksuus, kivisyys, raakoostumus ja maannostyyppi vaihtelevat vain vähän. Näytealaa ei voi jakaa erillisiin maaperäkuvioihin.
- 2 **Melko homogeeninen:** Kangashumuskerroksen ja kivennäismaan ominaisuudet poikkeavat näytealan eri puolilla tai osalla näytealaa niin paljon, että näyteala voidaan jakaa erillisiin kuvioihin, mutta näytteenottoa ei tarvitse yleensä rajoittaa.
- 3 **Haitallisen heterogeeninen:** Näyteala on jaettava erillisiin maaperäkuvioihin, joista (vain) yhdeltä voidaan ottaa näytteet. Heterogeenisuus voi aiheutua poikkeavien maankäyttöluokkien – pelto, oja, ojan penkka, tie, tien penkka, ajoura, sorakuoppa tms. – esiintymisestä näytealalla, soistuneisuudesta, kallioiden, loh-kareiden tai kivien esiintymisestä, humuslajin, humuksen tai turpeen paksuuden tai kivennäismaan keskiraakoon vaihtelusta.
- 4 **Heterogeenisuuden vuoksi hylättävä:** Näytealalta ei saada ohjeiden mukaan yksiselitteisiä näytteitä. Heterogeenisuuden vuoksi hylättäviltä näytealoilta täytetään kuviolomake, jossa selitetään hylkäämisen syy.

2.7 Maaluokka, kasvupaikan päätyyppi, kasvupaikkatyyppi

Havaintoaineiston yleistettävyyden ja vertailtavuuden parantamiseksi on hyödyllistä määrittää lisäksi seuraavat kasvupaikkaa koskevat tunnuksat, joita käytetään mm. VMI:ssä.

Maaluokka

- 1 Metsämaa: Puuston vuotuinen keskikasvu yli 1 m³/ha
- 2 Kitumaa: Puuston vuotuinen keskikasvu 0,1–1 m³/ha
- 3 Joutomaa: Puuston vuotuinen keskikasvu alle 0,1 m³/ha
- 4 Muu metsätalouden maa: metsäautotiet, varastopaikat
- 5 Maatalouden maa
- 6 Rakennettu maa
- 7 Liikenneväylät: tiet, rautatiet, lentokentät ojineen
- 8 Voimansiirtolinjat: sähkö-, kaasu- ja vesijohtolinjat

Kasvupaikan päätyyppi

- 1 Kangas
- 2 Korpi
- 3 Räme
- 4 Avosuo

Kasvupaikkatyyppi

- 1 Lehdot sekä lehtomaiset ja lettosuot ja lehtoturvekankaat
- 2 Lehtomaiset kankaat sekä ruohoiset suot ja turvekankaat
- 3 Tuoreet kankaat ja suursaraiset ja mustikkaiset suot ja turvekankaat
- 4 Kuivahkot kankaat ja piensaraiset ja puolukka- ja puolukka- ja turvekankaat
- 5 Kuivat kankaat ja tupasvillaiset sekä isovarpuiset suot ja turvekankaat
- 6 Karukkokankaat ja rahkaiset suot ja turvekankaat
- 7 Kalliomaat ja hietikot ja vesijättömaat
- 8 Lakimetsät ja tunturit

3. Otanta

3.1 Otoksen poiminta

Maanäytteiden otannassa on otettava huomioon tutkimuksen tavoitteet. Kartoitustyyppisessä tutkimuksessa tarkastellaan tilastollisesti esim. alueellisia ja kasvupaikoittaisia keskiarvoja ja riippuvuuksia. Siinä pyritään kohtuulliseen otantavirheeseen ottaen huomioon alueellinen ja ajallinen vaihtelu. Seurantatutkimuksissa etsitään tunnusten mahdollisia muutoksia, ja pyritään muutamien tärkeimpien muuttujien osalta niin pieneen virheeseen, että olennaiset muutokset muuttujissa havaittaisiin. Kartoitustutkimuksissa on siis tärkeintä yleensä alueellinen edustavuus. Sen sijaan seurantatutkimuksissa ja järjestetyissä kokeissa tärkeintä ei yleensä ole edustavuus, vaan mahdollisuus havaita muuttujien muutokset havaintokertojen ja eri käsittelyjen välillä.

Kartoitustutkimuksissa ensiasteen otosyksiköiden, otos- eli näytealojen valinta on ensiarvoisen tärkeää. Valinnan on täytettävä tilastollisen otannan vaatimukset, jotta saadaan koko perusjoukkoa oikein kuvaavia tuloksia. Samalla on päätettävä, mikä on tutkimuksen perusjoukko: esim. kaikki Suomen metsämaat tai kaikki metsämaat, joilla orgaanisen kerroksen paksuus on enintään 30 tai 20 tai 10 cm tai kaikki soistuneet kankaat jne. VMI:n näytealat muodostavat erinomaisen otantakehikon kartoitustyyppisessä maantutkimuksessa. Systemaattisen otannan seurauksena VMI-aineisto on sekä alueellisesti että eri kasvupaikka- ja puustomuuttujien suhteen edustava. Jos VMI-näytealoja käytetään toisen asteen otantaan, puhdas systemaattinen otanta johtaa edustavaan aineistoon, jossa on toisaalta hyvin vähän harvinaisempia, mutta riippuvuustarkasteluissa hyödyllisiä muuttuja-arvoja. Jos harvinaisia havaintoja halutaan saada mukaan aineistoon, on käytettävä luokiteltua systemaattista otantaa. Pienissä luokissa otantasuhteen on oltava keskimääräistä suurempi, joistakin luokista on ehkä poimittava kaikki näytealat. Näin saadaan sekä keskilukujen ja kokonaismäärien estimointiin että riippuvuuksien tarkasteluun sopiva aineisto.

Seurantatutkimuksissa ja järjestetyissä kokeissa tutkimusalat tai koepaikat valitaan yleensä subjektiivisesti, mutta niin, että ympäristö-, kasvupaikka- ja puustotunnukset ovat keskimääräisiä tai

kattavat riittävän vaihteluvälin. Havaintopaikkojen vähäisyyden takia tilastollista edustavuutta ei ole järkevää tavoitella.

3.2 Otokoko

Näytealakohtaista otantatapaa ja otoskokoa määritettäessä rajoituksina ovat suurin hyväksyttävissä oleva virhe, harhattomuusvaatimukset, käytettävissä oleva aika ja muut resurssit, joita ovat mm. näytteenotto- ja laboratoriovälineet, maasto- ja laboratoriohenkilöstö sekä rahoitus. Optimaalisen otantatavan ja otoskoon määrittäminen ei käytännössä ole yleensä mahdollista, koska mm. maasto- ja laboratorioskustannuksia ei tunneta riittävän tarkasti ja koska eri maatunnuksille optimiotoskoot ovat yleensä erilaisia (ks. kuitenkin Mroz ja Reed 1991).

Maanäytteiden otanta on hankalaa, koska ei voida määritellä yksiselitteisesti selvärajaisia otosyksiköitä, jotka ovat käytännössä tietyllä näytteenottimella otettuja osanäytteitä, ja toisaalta kyseessä on lähes aina monen muuttujan tilastollisten tunnuslukujen estimointi. Käytännössä on parasta määrittää aluksi 2–3 tärkeintä muuttujaa ja niiden osa- tai/ja kokoomanäytteiden keskimääräiset variaatiokerroimet sekä em. muuttujien suurimmat hyväksyttävissä olevat otantavirheet (%). Otokoko arvioidaan sitten karkeasti kaavalla:

$$n = (t \cdot CV / d)^2 \quad (1)$$

missä t -arvo on esim. 2 (5 %:n merkitsevyystaso), CV on variaatiokerroin (%) ja d on suurin sallittu virhe (% keskiarvosta) (Pahkinen ja Lehtonen 1989).

Suhteellisen virheen sijasta voidaan otoskokoa estimoidaessa käyttää absoluuttista virhettä ja keskihajontaa, mikä erityisesti pienillä muuttuja-arvoilla, esim. typpipitoisuus syvemmillä kivennäismaassa, johtaa järkevämpiin otoskokoihin. Kun otoskoot on estimoitu tärkeimpien muuttujien suhteen, arvioidaan niiden realiteisuus ottaen huomioon näytteenottoerosten lukumäärä ja otannan kertautuminen tulevaisuudessa. Otokokoa määritettäessä voidaan joutua nostamaan suurinta sallittua otantavirhettä, mutta tällöin on muistettava, että pitkälle viety kompromissi voi johtaa turhaan tutkimukseen.

Kartoitustyyppisessä tutkimuksessa voidaan tyytyä yhteen kokoomänäytteeseen näytetyyppejä ja kerrosta kohti. Seurantatutkimuksissa on otantavirheen madaltamiseksi – mitä pienempi virhe sitä pienemmät muutokset voidaan havaita – ja kunkin otantakerran varianssin estimoimiseksi otettava vähintään kaksi koko näytealaa edustavaa kokoomänäytettä kerrosta kohti (esim. Falck 1973).

Metsämaiden suuren ja pienialaisen (Troedsson ja Tamm 1969, Grigal ym. 1991) vaihtelun takia kovin pieniin otantavirheisiin ei yleensä kannata pyrkiä. Esimerkiksi metsänarvioinnissa tavallinen maksimivirhe 10 % luottamustasolla 95 % tulee kyseeseen metsämaantutkimuksessa yksittäisellä näytealalla vain muutamien muuttujien osalta: pH ja osa humuskerroksen pääravinteiden pitoisuuksista. Muiden muuttujien tavoitevirheeksi on asetettava 20–30 % tai luottamustasoksi 67 %. Osalla muuttujista, esim. monet kivennäismaan tunnuksat ja erityisesti biologiset muuttujat, vaihtelu on niin suurta, variaatiokerroin yli 75 %, ettei rutiinotannalla (5–30 osanäytettä) päästä edes alle 30 %:n virheisiin.

Taulukossa 1 on esitetty otoskokoja muutamille muuttujaryhmille. Taulukko on laadittu sekä kotimaisten (Ilvesniemi 1991, Tamminen 1991) että ulkomaisten tutkimusten (Troedsson ja Tamm 1969, Falck 1973, Alban 1974, Carter ja Lowe 1986, Nykvist ja Skyllberg 1989, Johnson ym. 1990, Grigal ym. 1991) avulla. Osanäytteiden koot vaihtelivat tutkimuksissa, mutta tulokset soveltuvat parhaiten humuskerrokselle, kun näytteenotossa käytetään sylinteriä, jonka läpimitta on n. 58 mm, ja kivennäismaalle, kun näytteenotossa käytetään lapiota.

Taulukko 1. Otokoko¹⁾ eli osanäytteiden lukumäärä variaatiokertoimen, otantavirheen ja luottamustason funktiona.

		Luottamustaso					
		67 %			95 %		
Muuttujat ²⁾	CV, %	Otantavirhe, % keskiarvosta					
		10	20	30	10	20	30
pH, C, tiheys _k	10	1	1	1	4	1	1
N _{toth}	20	4	1	1	16	4	2
P _h , K _h , Ca _h , Mg _h , hienot lajitteet	30	9	2	1	36	9	4
P _k , K _k , Ca _k , Mg _k	40	16	4	2	64	16	7

1) Otokoko n on arvioitu kaavalla (1), missä $t=1$ luottamustasolla 67 % ja $t=2$ luottamustasolla 95 %, CV on variaatiokerroin (%) ja d =otantavirhe % keskiarvosta.

2) Muuttujia, joiden variaatiokerroin on keskimäärin enintään ko. CV. Alaindeksi h viittaa humuskerrokseen ja k kivennäismaahan 0–30 cm.

Otoskoko ratkaistaan paitsi tilastollisten tunnusten myös käytännön näkökohtien perusteella. Voidaan määritellä minimi- tai/ja maksiminäytetilavuus, jolloin humuskerroksen osanäytteiden lukumäärä ratkaistaan esim. humuskerroksen keskipaksuuden tai näytteenottimella (sylinteri, kaira, lapio) saatavan näytetilavuuden perusteella. Kartoitustutkimuksissa voidaan soveltaa keskimääräisiin oloihin, useimmille muuttujille ja nopeaan työrytmiin sopivia otoskokoja, mutta intensiivisemmissä seurantatutkimuksissa otantaa voidaan tarkentaa työn kuluessa saaduilla vaihtelutunnuksilla. Otoskoko määritettäessä on otettava huomioon, että tulosten tarkkuuteen vaikuttavat aina myös muut tekijät kuin yhtenä ajankohdasta todettava alueellinen vaihtelu eli otantavirhe, esim. näytteenoton ajankohta, näytteenottaja, näytteiden esikäsittely ja analysointi. Kokonaisvirheen hallinta edellyttääkin, että kaikki työvaiheet maasto-otannasta analysointiin suunnitellaan tasapainoiseksi kokonaisuudeksi.

3.3 Näytepisteiden sijoitus

Näytealalla maan ominaisuuksien tulisi vaihdella niin vähän, että osanäytteet voidaan yhdistää sellaisiksi kokoomanäytteiksi, joiden analyysiarvoilla on järkevä tulkinta. Maaperäkuvioiden heterogeenisuus voi aiheutua poikkeavien maankäyttöluokkien – oja ja tie penkkoineen, ajoura, sorakuoppa tms. – esiintymisestä näytealalla, soistuneisuudesta, kallion, lohkareiden tai kivien esiintymisestä, orgaanisen kerroksen tai kivennäismaan paksuuden tai maalajin vaihtelusta. Esimerkkejä hylättävistä kuviopareista: entinen pelto ja metsämaa, orgaanisen kerroksen paksuus 1–5 cm ja 20–25 cm tai maalaji hiesu ja hieno hiekkamoreeni. Jos näytealaa ei voi rajoittaa homogeeniseen paikkaan (esim. VMI-alat) on näytteenotto kohdistettava vain sille maaperäkuviolle, jonka osuus on suurin. Maanäytteenoton kannalta hyväksyttävä heterogeenisuus on vaikea määritellä yksiselitteisesti. Ei pidä kuitenkaan sekoittaa selvästi erilaisia maaperäkuvioita, esim. kankaita ja turvemaita, hienoja ja karkeita, lajittuneita ja moreenimaita tai kivisiä ja kivettämiä maita.

Miten näytepisteet sitten tulisi sijoittaa näytealalle? Käytännön toteutuksen kannalta systemaattinen sijoitus on helpoin. Sen lisäksi systemaattinen otanta on lähes aina tehokkaampi kuin yk-

sinkertainen satunnaisotanta ja tehokkaampi kuin ositettu satunnaisotanta, jos näytealalla esiintyy selvä muutos jossain olennaisessa tunnuksessa – esim. jos toinen reuna on soistunut. Systemaattisen otannan haittana on mahdollinen periodinen vaihtelu, jos se sattuu yksiin otantavälin kanssa ja lisäksi todellisen varianssin ja otantavirheen estimoinnin vaikeus. Jos näiden tunnuslukujen estimointiin käytetään yksinkertaisen satunnaisotannan kaavoja, kuten tavallisesti tehdään, saadaan yleensä liian suuri varianssi ja otantavirhe. Toisin sanoen taulukon 1 otoskoot ovat lievästi yliarvioituja käytettäessä systemaattista otantaa. Systemaattisen otannan etuna on myös tasainen alueellinen kattavuus. Yksinkertaista satunnaisotantaa ei kivisillä ja heterogeenisillä metsämaillamme tulisi käyttää kuin poikkeustapauksissa.

3.4 Näytteenottoaika

Maanäytteenotossa on otettava huomioon alueellisen vaihtelun lisäksi myös ajallinen vaihtelu. Ainoastaan intensiivisissä seuranta-tutkimuksissa aikaan liittyvä vaihtelu voidaan ottaa huomioon toistamalla otanta riittävän usein. Yleensä näytteet otetaan vain kerran tai muutaman vuoden välein. Tällöin näytteiden oton ajankohta määräytyy ei-tilastollisin, maan tai kasvien tilaan tai käytännön työhön liittyvin perustein.

Maan vesipitoisuus on keskimäärin suurin aikaisin keväällä ja myöhään syksyllä. Pohjavesipinta on alimmillaan ja maan pintaosat kuivimmillaan keskimäärin loppukesällä (Sutinen ym. 1996). Yksittäiset sateet kastelevat vain orgaanisen kerroksen, ehkä hiukan kivennäismaata. Tällaisesta maan kosteuden keskimääräisestä kasvukautisesta kehityskulusta ilmenee kuitenkin suuria poikkeuksia. Maan vesipitoisuuden myötä muuttuvat monet kemialliset ja biologiset tunnuksot.

Metsämaan kemiallisissa tunnuksissa ei ole havaittu selviä vuodesta ja kasvupaikasta riippumattomia, systemaattisia eroja kasvukauden sisällä (Mälkönen 1974, Lehtonen ym. 1976, Lehtonen 1977, Makkonen 1986, Lundell 1987, Niskavaara ym. 1997). Toukokuu ja syys-lokakuu edustavat maan muuttuvan vesipitoisuuden, voimakkaan karikepulssin (Mälkönen 1974, Huang ja Schoenau 1997, Mälkönen ym. 1997, Mälkönen ym. 1998, Saarsalmi 1998) ja kasvien alkavan tai loppuvan veden ja ravinteiden oton takia

ajanjaksoja, jolloin maan kemialliset ominaisuudet muuttuvat selvimmän (Niskavaara ym. 1997). Lisäksi maa voi olla keväällä pitkään jäässä erityisesti varjoisissa kuusikoissa ja turvemilla. Vaikka maan kemiallisten tunnusten vaihtelun säännöttömyydestä johtuen ei voida osoittaa ehdottomasti parasta tai vakainta ajanjaksoa kasvukaudelta, lienee loppukesä edullisin näytteenottoaika. Tällöin kasvien ravinteiden otto ja mikrobitoiminta on tasaantunut, maan päällä on vähän uutta kariketta ja maa on keskimäärin kuivimmillaan.

Vuosien välinen vaihtelu on monesti yhtä suuri kuin kasvukausien sisäinen vaihtelu (Lundell 1987, Starr 1998). Kemiallisten tunnusten vuosittaiseen vaihteluun vaikuttanevat mm. lämpötilojen, sademäärien sekä karikemäärien suuret vuosittaiset erot. Esimerkiksi männikössä vuosittaisen karikemäärän maksimi voi olla jopa 10-kertainen minimiin verrattuna (Kouki ja Hokkanen 1992).

Näytteenoton ajankohta vaikuttaa ehkä eniten maan biologisten tunnusten arvoihin. Kasvien ravinteiden otosta vastaavien hienojuurten syntyminen, kasvaminen ja kuoleminen riippuvat kasvukauden etenemisestä ja maan vesipitoisuudesta (Heikurainen 1955, Kalela 1955). Hienojuurten kehitys riippuu paitsi puustosta ja kasvupaikasta myös kasvukauden edistymisestä (kumulatiivinen kehitys) ja säistä (kasvu ja kuolleisuus). Hienojuurten määrä lienee keskimäärin suurimmillaan keski- ja loppukesällä (Kalela 1955, Helmisaari ym. 1998), jolloin myös kasvupaikkojen väliset erot lienevät suurimmat. Mikrobiaktiivisuustunnuksiin vaikuttaa myös kasvukauden eteneminen, mutta erityisesti näytteenottoa edeltänyt sää. Lähes kaikkien biologisten tunnusten estimoinnissa näytteenoton ajankohta on ongelma, jota yritetään voittaa mm. toistamalla näytteenotto kasvukauden aikana ja peräkkäisinä vuosina, tekemällä näytteillä standardoituja laboratoriokokeita ja pidentämällä havaintoaikaa (juurten havaintoseinämät, juurisukat, karikkeenhajotustutkimukset karikepussimenetelmällä).

4. Maaperän kuvaus ja mittaukset maastossa

4.1 Kivisyyden määrittäminen painamismenetelmällä

Kivien (lpm 2–20 cm), lohcareiden (yli 20 cm) ja kallion osuus 0–30 cm:n kivennäismaakerroksessa mitataan painamalla kivrassi (läpimitta 10 mm, pituus 900 mm) vähintään 30 cm:n syvyyteen kivennäismaahan ja arvioimalla painuma orgaanisen kerroksen pinnan tasalta (Viro 1952, 1958). Kivisyys-% arvioidaan rassin keskipainuman (cm) perusteella käyttäen Viron empiiristä yhtälöä (Viro 1952, Tamminen 1991):

$$\text{kivien tilavuus-\%} = 83 - 2,75 \cdot \text{rassin keskipainuma} \quad (2)$$

Orgaanisen kerroksen paksuus mitatetaan samalta kohdalta, ja painuma kivennäismaahan saadaan vähentämällä orgaanisen kerroksen paksuus alkuperäisestä painumasta (cm). Rassin tulisi pysähtyä kiveen, jonka läpimitta on 2 cm tai enemmän.

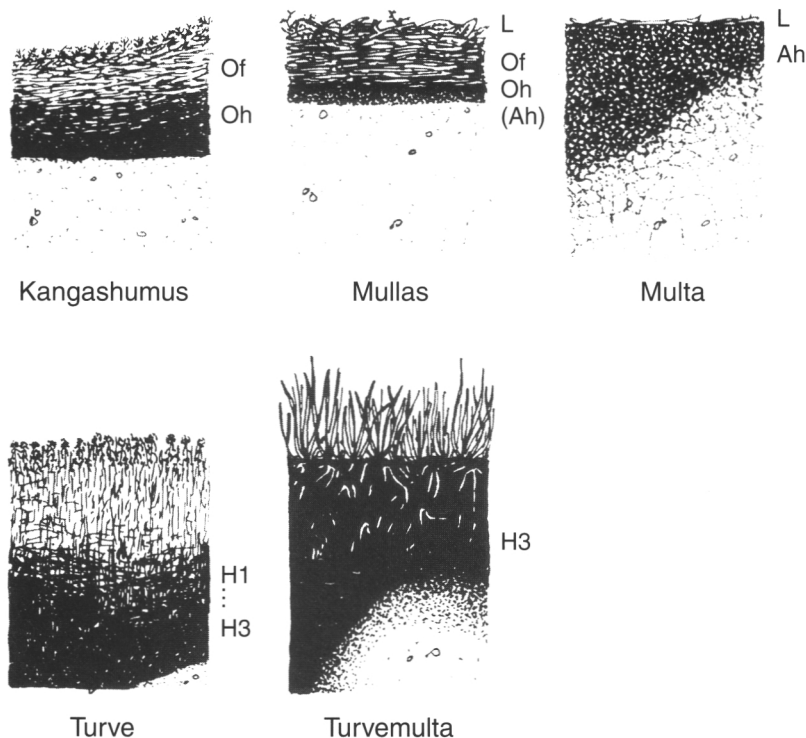
Kun mitataan kivennäismaakerroksen 0–30 cm kivisyyttä, ja kun orgaanisen kerroksen paksuus on alle 10 cm, rassi pyritään painamaan aina 40 cm:n syvyyteen orgaanisen kerroksen pinnasta. Tällöin painuma kivennäismaahan on aina vähintään 30 cm. Kovilla savi- ja hiesumailla, joilla tavallisesti ei ole kiviä, rassi ei painu yleensä riittävän syväälle. Tällöin painumaksi merkitään kuitenkin maksimi eli 40 cm, mikäli maaperä on varmuudella kivetön. Jos orgaanisen kerroksen paksuus on 10–20 cm, rassi on pyrittävä painamaan aina 50 cm:n syvyyteen. Jos turvekerroksen paksuus on 20–30 cm, kivisyys mitataan 0–20 cm:n kivennäismaakerroksesta painamalla rassi 50 cm:n syvyyteen turpeen pinnasta. Tässä tapauksessa yllä esitetty yhtälö ei sovellu kivisyys-%:n estimointiin. Tällöin ja miksei muulloinkin kivisyyden mittana käytetään vain rassin keskipainumaa.

Toinen mahdollisuus kivisyyden määrittämiseen on arvioida kivien ja lohcareiden osuus profiilikuoppien seinämistä esim. 10 %:n luokin: 0, 1, 2, ..., 9.

4.2 Orgaanisen kerroksen laatu

Orgaanisen kerroksen laatu ja paksuus määritetään useasta pisteestä yleensä näytteenottimella otettujen osanäytteiden perusteella. Laatu eli humustyyppi on jokin seuraavista (kuva 1).

- 0 Orgaaninen kerros puuttuu tai on hyvin ohut (alle 1 cm).
- 1 Kangashumus: Yleisin humuslaji havumetsissä. Huopamainen, hyvin selvä raja kivennäismaahan.
- 2 Mullas: Viljavien kasvupaikkojen, biologisesti aktiivinen humuslaji. Yleensä melko ohut ja alaosastaan kivennäismaapitoinen, raja kivennäismaahan monesti vähittäinen. Maaeläinten sekoi-tustyön seurauksena alaosassa heikkoa muruisuutta.
- 3 Multa: Mullalla tarkoitetaan tässä mururakenteista ns. Ah-horisonttia, joka ei ole varsinainen orgaaninen kerros – orgaanista ainetta alle 30 %. Enintään karikekerroksen peittämä kuohkea



Kuva 1. Humustyyppit (Bates ym. 1982).

multakerros vaihtuu vähitellen puhtaaksi kivennäismaaksi. Multaa ei oteta yleensä humusnäytteeksi.

- 4 **Turve:** Muodostunut pääasiassa suokasvillisuudesta (rahkasammat) märissä ja hapettomissa olosuhteissa. Luonnontilainen tai sitä muistuttava, maatuneisuuden suhteen kerroksellinen turvemuodostuma.
- 5 **Turvemulta:** Ojituksen, laiduntamisen tai muokkauksen seurauksena kerroksellisuutensa menettänyt, rakenteeltaan yhtenäinen, pitkälle maaton turvemuodostuma. Turvemulta voi sisältää runsaastikin kivennäisainesta. Se muistuttaa nimensä mukaisesti usein multaa.

Humustyyppi määritetään sen mukaan, mitä humuslajia on eniten. Jos esim. turvetta on 10 cm ja sen päällä kangashumusta 4 cm, orgaanisen kerroksen laatu on turve.

4.3 Orgaanisen kerroksen paksuus

Paksuus mitataan yleensä näytteenottimella otetuista osanäytteistä tai turpeesta ns. suorassilla. Osanäyte työnnetään ulos sylinteristä, asetetaan kevyesti puristamalla oletettuun luonnontilaiseen muotoonsa ja paksuus saadaan kahden mittauksen keskiarvona. Näytteenottimilla saatu orgaanisen kerroksen paksuus voi poiketa lapiolla tehdyistä leikkauksista tai suorassilla mitatuista paksuuksista. Saman tutkimuksen sisällä on siksi syytä käyttää samaa mitaustapaa.

4.4 Maan raekoostumus

Kivennäismaan raekoostumus voidaan varsin luotettavasti arvioida maastossa (Tamminen 1998b). Perinteisen maalajimäärityksen sijasta suositellaan arvioitavaksi keskiraekoko ja lajittuneisuusaste, jotka vastaavat yksiselitteisemmin analyttisiä, intervallisteikon tunnuksia. Raekoostumus olisi hyödyllistä arvioida mahdollisimman monesta pisteestä ja mahdollisimman monesta maakerroksesta, jotta saataisiin käsitys tutkittavan kuvion tai näytealan raekoostumuksen vaihtelusta. Aistinvarainen raekoostumusarvio on syytä tehdä ainakin kaikista kerroksittain kootuista kokoomanäytteistä.

Keskiraekoko (kivennäismaahorisontit)

- 1 Savi (lpm <0,002 mm): Kivetön, lajittunut maalaji. Muovailtavaa, rullattavissa alle 3 mm paksu rihma. Sitkeää, kuivana erittäin kovaa, halkeilevaa.
- 2 Hiesu (0,002–0,02 mm): Lähes aina kivetön, lajittunut maalaji. Ei muovailtavaa, rullattavissa 3–4 mm paksu rihma. Kuivana melko kovaa, savea vaaleampaa. Moreenina harvinainen.
- 3 Hieno hietä (0,02–0,06 mm): Rakeet eivät näy, mutta tuntuvat sormenpäissä. Rullattavissa 4–6 mm paksu rihma. Kuivat kokkareet hajoavat melko helposti, vaaleanharmaata. Moreenina melko harvinainen.
- 4 Karkea hietä (0,06–0,2 mm): Yksittäiset rakeet näkyvät. Ei voi rullata rihmaa, mutta kosteana muovailtavissa löyhä kuutio. Kuivana löyhää ja pölyävää. Lajittuneena kellanharmaata. Karkea hietamoreeni on erittäin yleinen maalaji.
- 5 Hieno hiekka (0,2–0,6 mm): Yksittäiset rakeet näkyvät selvästi. Lajittuneena kellertävää, ei pölyä. Hieno hiekkamoreeni on yleisin maalaji Suomessa.
- 6 Karkea hiekka (0,6–2 mm): Yksittäiset rakeet näkyvät selvästi. Lajittuneena punertavaa. Karkeasta hiekkamoreenista on huuhtoutunut runsaasti hienoa ainesta (suhteistunutta). Toisaalta sora- ja kivilajitetta on yleensä runsaasti.
- 7 Sora (2–20 mm): Sorasta ja soramoreenista on hieno aines huuhtoutunut pois. Kiviä on runsaasti, joten kaivaminen on yleensä vaikeaa. Suoraseinäistä kuoppaa on hankala saada aikaan. Lajittuneena punertavaa ja kerroksellista. Kivennäismaahorisontit yleensä heikosti kehittyneitä.
- 8 Kivet (2–20 cm) ja lohkarieet (lpm yli 20 cm): Soraa hienompia lajitteita ei juuri esiinny. Tulee harvoin kyseeseen kuvattaessa maaperän kerroksia ja otettaessa maanäytteitä.

Lajittuneisuus (kivennäismaahorisontit)

- 1 Lajittumaton kivennäismaa eli moreeni: Sisältää lähes kaikkia lajitteita, kivet teräväsärmäisiä ja ainakin osittain hienojen lajitteiden peittämiä.
- 2 Hiukan lajittunut kivennäismaa eli huuhtoutunut moreeni tai sekamaalaji esim. savensekainen moreeni
- 3 Selvästi lajittunut kivennäismaa: Savi-, hiesu- ja hietamaat ovat lähes kivettömiä, ja karkeita lajitteitakin on hyvin vähän. Karkeista lajittuneista maalajeista puuttuvat hienot lajitteet, myös

pyöristyneiden kivien pinnalta. Keskikarkeista lajittuneista maa-lajeista (karkea hieta ja hieno hiekka) puuttuvat savi- ja sora-lajitteet.

4 Rapakivisora.

4.5 Maannoksen kuvaus

Maannoksen kuvaus antaa tietoa paitsi maannostyyppistä ja maannostumisen voimakkuudesta niin myös kasvupaikan kosteudesta ja viljavuudesta. Kansainväliset maannosten luokitusjärjestelmät vaativat yleensä vähintään metrin syvyisen maaprofiilin, jotta kaikki olennaiset piirteet tulevat näkyviin. Maannos voidaan kuitenkin kuvata matalistakin kuopista. Puuston kasvun ja metsätalouden toimenpiteiden kannalta olennaiset piirteet ilmenevät jo tarkastelemalla orgaanista ja 40 cm:n kivennäismaakerrosta.

Maannoshorisontit

Päähorisontit

- L** Tuoreen karikkeen muodostama kerros maan pinnalla.
- O** Kangasmaan kasvillisuudesta muodostunut orgaaninen horisontti, jossa voidaan erottaa Of- ja Oh-alahorisontit. O-horisontit voidaan merkitä yhdessä muodossa Ofh.
- H** Suokasvillisuudesta muodostunut orgaaninen horisontti, jossa voidaan tavata maatuneisuudeltaan erilaiset H1, H2 ja H3 alahorisontit. H1 = von Post 1–4 eli maatumaton–heikosti maatunut, H2 = von Post 5–6 eli jonkin verran–kohtalaisesti maatunut, H3 = von Post 7–10 eli vahvanlaisesti–täysin maatunut.
- A** Kivennäismaan humuspitoinen pintakerros, jossa esiintyy murisuutta.
- E** Vaalea huuhtoutumiskerros. Vaaleampi ja värittömämpi kuin alla oleva B-horisontti.
- B** Huuhtoutumiskerrosta ja pohjamaata tummempi ja/tai värikäämpi rikastumis- tai paikallaan muuttunut horisontti.
- C** Muuttumaton pohjamaa.
- K** Iso, kallioon verrattava, kaivamisen estävä lohkar.
- R** Kallio.
- W** Pohjavesi.

Alahorisontteja kuvaavat indeksit:

- f** Orgaanisen kerroksen maatumaton multautumiskerros (Of).
- h** Orgaanisen kerroksen maaton humusainekerros tai orgaanisen aineen rikastama kivennäismaahorisontti (Oh, Ah, Bh).
- s** Rauta- ja alumiiniyhdisteiden (seskvioksidien) rikastama horisontti (Bs). Tuoreena value- ja chroma-arvot¹⁾ ovat ≥ 4 .
- hs** Horisonttiin rikastunut sekä orgaanista ainetta että seskvioksidgeja. Tuoreena value- ja chroma-arvot¹⁾ ovat ≤ 3 .
- g** Sinertävän harmaa, usein ruostetäpläinen pohjavedestä tai maan tiiviyydestä johtuvan hapettomuuden aikaansaama glei-horisontti (Cg).
- w** Väriltään ja/tai rakenteeltaan muuttunut, hienorakeinen (savi...hieno hieta) horisontti. Muutokset johtuvat vain vähäisessä määrin rikastumisesta (Bw).
- p** Muokattu kerros (Ap).
- m** Kovettunut horisontti eli ns. ortstein (Bm).
- 1** Turpeen maatumaton pintaosa (von Postin asteikolla 1–4) tai kivennäismaahorisontin maalajiltaan poikkeava yläosa tai ylempi näytteenottokerros (H1, Bs1,...)
- 2** Heikosti maaton turvekerros (von Postin asteikolla 5–6) tai kivennäismaahorisontin maalajiltaan poikkeava alaosa tai alempi näytteenottokerros (H2, Bs2,...).
- 3** Voimakkaasti maaton turvekerros (von Postin asteikolla 7–10) (H3).

Horisonttimerkintä voi sisältää päähorisonttia kuvaavan kirjaimen lisäksi 1–3 apuindeksiä. Ohessa käytettyjä horisonttimerkintöjä:

Orgaaniset horisontit: Of, Oh, Ofh, H1, H2, H3

Kivennäismaahorisontit: Ah, Ap, E, Eh²⁾// B³⁾, Bh, Bhs, Bm, Bs, Bw, BC // C, Cg // K, R, W.

1) Kaikkien kuvattujen, ohuimpienkin kivennäismaahorisonttien väri arvioidaan maastossa tuoreena (luonnollinen kosteus) Munsellin värikarttojen avulla (Munsell Soil Color Charts 1994). Väri arvioidaan koko kerrosta edustavasta, hyvin sekoitetusta ja tasoitetusta näytteestä. Isoja, ruosteisia glei-täpliä sisältävien kerrosten väri on pyrittävä määrittämään harmaasävyisen pääaineksen mukaan. Värikoodi koostuu kolmesta osasta: värisävystä (**hue**), vaaleudesta tai varjostuksesta (**value**) ja värikylläisyydestä (**chroma**). Värisävy eli **hue** koodataan seuraavasti: 1 = 10R, 2 = 2.5YR, 3 = 5YR, 4 = 7.5YR, 5 = 10YR, 6 = 2.5Y ja 7 = 5Y. Vaaleus eli **value** koodataan Munsell-merkinnöin 2–8 siten, että arvo 2.5 muunnetaan arvoksi 2. Värikylläisyys eli **chroma** koodataan suoraan Munsell-merkinnöin 0–8.

2) Runsaasti hiiltä sisältävä, kaskimaille tyypillinen, tummahko huuhtoutumiskerros.

3) B-horisontti, jota ei voida tarkemmin määritellä.

FAO:n maannosluokitus

Ohessa esitellään Suomessa todennäköisesti esiintyviä FAO:n luokituksen mukaisia maannoksia (FAO Soil Units) (FAO – Unesco. Soil map of the world. Revised legend 1988).

Suomessa esiintyvät FAO:n maannokset voidaan jakaa esim. seuraaviin pääryhmiin:

1. Maannokset, jotka eivät ole sidoksissa ilmastovyöhykkeisiin: **Fluvisolit, Gleysolit, Regosolit ja Leptosolit.**
2. Maannokset, joissa maannostumiseen vaikuttaa lähtöaines: **Arenosolit.**
3. Maannokset, joissa monenlaiset maannostumisilmiöt ovat alkuvaiheessaan: **Cambisolit.**
4. Maannokset, joissa orgaanista ainetta ja seskvioksideja rikastuu pintakerroksen alle: **Podzolit.**
5. Orgaaniset maannokset: **Histosolit**

Pääryhmiä voidaan kuvata seuraavasti: Fluvisolit ovat tulvamaita, Gleysolit ovat pohjavesimaannoksia, Regosolit ovat kehitymättömiä tai heikosti kehittyneitä maannoksia, Leptosolit ovat kallioperäisiä, ohuita tai hyvin kivisiä maannoksia, Arenosolit ovat karkeita hiekka-soramaita, Cambisolit ovat hienorakeisia, huuhtoutumattomia maita, joissa on pinnalla multaa, Podzolit ovat keskikarkeita maita, joissa näkyy huuhtoutumis- ja rikastumiskerrokset ja Histosolit ovat paksuturpeisia turvemaita.

Diagnostiset ominaisuudet, joita tarvitaan maannosten luokituksessa.

Gleyic ja stagnic-ominaisuudet aiheutuvat seisovasta vedestä ja hapettomuudesta. Gleyic viittaa seisovaan pohja- ja stagnic pintaveteen. Maa-aines on väriltään 95 %:sti valkoisesta mustaan tai sinisestä vihreään. Ruostetäpliä esiintyy vain hapekkaammissa paikoissa eli juurikanavissa tai sekundäärirakenteiden sivuissa tai sisällä. Ominaisuuksien syntyä edistää maan tiiviys, esimerkkinä savi- ja hiesumaat. Ominaisuudet näkyvät harvoin käsin kaivetuiissa kuopissa korkealla olevan pohjaveden takia.

Diagnostinen horisontti, jota käytetään luokituskriteerinä, ja se voi olla kokonainen horisontti, osa jotain horisonttia tai muodostua kahdesta tai useammasta horisontista. Diagnostisen horisontin on täytettävä tietyt fysikaaliset (paksuus, raekoostumus,

rakenne, väri ym.) ja kemialliset (pH, emäskyllästysaste, hiili-, rauta-, fosfori-, karbonaatti- tms. pitoisuus) ominaisuudet.

Albic E -horisontti on menettänyt savea ja vapaita rauta-yhdisteitä niin, että horisontin väri määräytyy maahiukkasten alkuperäisen värin eikä niiden peitteiden perusteella. Kosteana horisontin value on 4 tai kuivana value on 5. Jos value_{koste} on 6 tai value_{kuiva} on 7, niin chroma 3. (Värit Munsellin värikartasta).

Cambic B ei täytä Spodic B-horisontin vaatimuksia. Savea on alle 2 mm:n aineksesta yli 8 %, ja keskiraekoko on yleensä savi...hieno hietä. Paksuus on vähintään 15 cm ja alareuna on vähintään 25 cm:n syvyydessä. Sekundäärirakenne on vähintään kohtalaisesti kehittynyt. Chroma on suurempi, hue punaisempi ja savespitoisuus on yleensä korkeampi kuin C-horisontissa.

Histic H on turvekerros, jonka paksuus on 20–40 cm. Orgaaninen pintakerros, joka on ohuempi kuin 25 cm, voi olla Histic H, jos se muokattuna 25 cm:n syvyyteen sisältää vähintään 8–16 % orgaanista hiiltä savipitoisuudesta riippuen eli vähintään noin 15–30 % orgaanista ainetta.

Ochric A on selvä multakerros eli Ah-horisontti.

Spodic B on rikastumiskerros, jonka paksuus on vähintään 2,5 cm ja joka sisältää vähintään 85 % ns. Spodic-aineksia, jotka määritellään seuraavasti:

1. vesi-pH < 5,9 ja hiilipitoisuus > 0,6 % (o.a. > 1 %) ja
2. toinen tai molemmat seuraavista ehdoista:
 - a) yläpuolella yli 50-%:sti Albic E ja välittömästi sen alla horisontti, jonka väri kosteana on 1) hue 5YR tai 2) hue = 7.5YR, value 5, chroma 4 tai 3) hue = 10YR, value 2, chroma 2 tai 4) hue = 10YR, value = 3, chroma = 1 tai/ja
 - b) jokin em. väreistä tai hue = 7.5YR, value 5, chroma = 5–6 ja yksi tai useampi seuraavista: 1) kovettunut horisontti (Bm) tai 2) halkeilleita peitteitä yli 10 %:ssa hiekkarakeita.

Suomessa tavattavia maannoksia

Suomessa esiintyy todennäköisesti seuraavia FAO:n luokituksen mukaisia maannoksia:

Histosol -maannokset ovat turvemaita, joilla turpeen paksuus on vähintään 40 cm. Jos turve on kevyttä rahkaturvetta, paksuuden tulee olla vähintään 60 cm.

Anthrosol -maannokset ovat ihmisen toiminnan muuttamia, häiriintyneitä maannoksia. Ryhmään kuuluvat ojat ja tiet penkkoineen, hiekkakuopat, auranpalteet yms., mutta eivät viljelysmaat. Jos A-, E- ja B-horisontit on leikattu pois, maannos on yleensä Areno- tai Regosol eli kehittymätön maannos.

Leptosol -maannokset ovat ohuita – kivennäismaan paksuus on alle 30 cm – tai hyvin karkearakeisia – hienomaan osuus on alle 20 %.

Fluvisol -maannoksissa esiintyy fluvic-ominaisuuksia, ts. maa muodostuu tulvakerroksista ja diagnostisista horisonteista esiintyy enintään Ochric A (multa) tai Histic H (ohut turvekerros).

Gleysol -maannoksissa esiintyy gleyic-ominaisuuksia – sinertävän harmaa väri, seisova pohjavesi ja hapettomat, pelkistävät olosuhteet suuren osan vuotta – 0–50 cm:n syvyydessä. Gleysol-maannoksissa esiintyy enintään diagnostiset horisontit Histic H, Ochric A tai Cambic B. Keskiraekoko vaihtelee yleensä savesta hienoon hietaan.

Arenosol -maannokset ovat heikosti kehittyneitä karkearakeisia (hiekkasora) maannoksia, joissa ei ole muita diagnostisia horisontteja kuin Ochric A tai Albic E, esimerkkinä Pohjanmaan rannikon nuoret podsolit. Meillä tavataan seuraavat Arenosol-maannokset, joita ei tarvitse yksilöidä maastossa:

Gleyic Arenosol [H–E–BC–Cg] (Hakasuluissa yleinen horisonttijärjestys). Karkearakeinen gleimaannos, jossa gleyic-ominaisuuksia näkyy alle 1 m:n syvyydessä.

Cambic Arenosol [Ah–BC–C]. Karkearakeisen maan, nuori ruskomaannos, jonka pinnalla Ochric A eli multakerros ja sen alla BC.

Haplic Arenosol [E–BC–C]. Heikosti kehittynyt rautapodsoli. Enintään Albic E- ja BC-horisontti.

Regosol -maannoksissa on enintään Ofh/H- tai A-horisontti. Ne ovat hienojen maiden (savi...hieno hieta) heikosti kehittyneitä maannoksia.

Podzol -maannoksilla on Spodic B-horisontti, jonka keskiraekoko on hieno hieta...sora. Maastossa on tarkkailtava erityisesti E:tä, B:n erottumista kokonaisuutena ja sen ominaisuuksia sekä Bh:ta.

Gleyic Podzol [H–E–Bh–BC–Cg]. Mikä tahansa podsoli, jossa gleyic-ominaisuuksia näkyy alle 1 m:n syvyydessä. Ei tarvitse erottaa maastossa muista podsoleista.

Carbic Podzol [H/Ofh–E–Bh–Bhs–C]. Humuspodkoli, jossa ainakin yksi B-osahorisontti ei muutu punaisemmaksi hehkutettaessa eli yleensä tummanruskea Bh-horisontti. Gleyic-ominaisuuksia ei näy alle 1m:n syvyydessä. Tuoreilla tai kosteilla paikoilla.

Ferric Podzol [Ofh–E–Bs–BC–C]. Rautapodkoli, jonka kaikki B-osahorisontit muuttuvat hehkutettaessa punaisemmiksi. Punertava Bs.

Cambic Podzol [(Ofh)–Ah–(Eh)–Bs–C]. Puuttuvan E-horisontin tilalla tai heikon E-horisontin yläpuolella on Ah. Ei ole orgaanisen aineen rikastamaa Bh-horisonttia.

Haplic Podzol [Ofh–E–Bhs–(BC)–C]. Rauta- ja humuspodsolin välimuoto. B-horisontit muuttuvat hehkutettaessa punaisemmiksi. Yhtenäinen ja 2 cm:ä paksumpi Albic E-horisontti ja Bs-horisonttia tummempi Bhs. Voidaan yhdistää maastossa Ferric Podzolin kanssa.

Cambisol-maannoksilla on Cambic B-horisontti ja sen yläpuolella Ochric A-horisontti. Cambisolit ovat hienorakeisia maita (savi...hieno hietä), sillä Cambic B-horisontin savespitoisuuden on oltava vähintään 8 % alle 2 mm:n aineksesta.

Maannosten analyttinen luokittelu yksittäisten muuttujien perusteella

Jos maaperän ominaisuudet kuvataan maastossa monipuolisesti ja otetaan ja analysoidaan horisonttinäytteitä, kasvupaikan maaperä ja maannos voidaan luokitella eri tarkoituksiin jälkikäteen. Tällöin ei sitouduta mihinkään kiinteään luokitukseen, vaan voidaan itse laatia tiettyihin ominaisuuksiin perustuva luokitus. Jotta maannokset voidaan tarvittaessa luokitella myös esim. FAO:n tai vaikkapa U.S. Soil Taxonomyn järjestelmällä (Soil Survey Staff 1992), kuvaukseen on liitettävä diagnostisia tunnuksia, joiden perusteella luokitus voidaan tehdä.

Maannosten kuvauksessa on hyvä pyrkiä riippumattomiin ja absoluuttisiin mittauksiin ja arvioihin eikä pitäytyä vain tietyn luokituksen mukaisiin horisonttityyppeihin. Sama koskee horisonttien rajoittamista. Rajataan vain riittävän selvästi toisistaan erottuvat horisontit. Tietyn järjestelmän mukaan nimettyjä maannosryhmiä on vaikeampi hyödyntää maantutkimuksessa kuin kasvupaikan maaperää kuvaavia yksittäisiä muuttujia. Käyttäessämme FAO:n maannosluokitusta Suomen metsämaiden luonne selviää kansainvälisellekin foorumille.

5. Maanäytteet

5.1 Maanäytteiden tekninen määrittely

Yleisnäyte otetaan kivennäismaasta esim. raakoostumuksen määrittämiseksi, maalajimääritystä tai kemiallista analyysia varten, standardinäytteeksi tai muun syyn takia. Analysoidaan tai käytetään muutoin kuivattuna.

Kerrosnäyte otetaan kivisistä metsämaistamme useimmiten T-putkikairalla (lpm 22–23 mm) tai lapiolla määrätystä kerroksesta. Useasta (4–30) osanäytteestä kootaan kerroksittain kokoomanäytteet. Lapiota käytettäessä on tärkeää rajata näytteenottomerkos oikein ja ottaa joka kerta yhtä paljon ja koko kerrosta tasaisesti edustava näyte. Maannoshorisonteista näyte otetaan yleensä tasaisesti koko kerroksesta tai 10 cm horisontin yläosasta.

Määräalainen näyte otetaan yleensä sylinterillä (lpm 50–80 mm) alle 10 cm:ä paksusta orgaanisesta kerroksesta. Yleensä mitataan myös kerroksen paksuus, jolloin saadaan samalla tilavuus ja voidaan laskea humuskerroksen ainemäärät pinta-alaa kohti. Kokoomanäyte kootaan esim. 10, 20 tai 30 osanäytteestä sylinterin koosta ja orgaanisen kerroksen paksuudesta riippuen. Humuskerroksen massa (t/ha = Mg/ha) on:

$$M_h = 100 \cdot m_h / (n \cdot A) \quad (3)$$

missä m_h on kokoomanäytteen massa (g), n on osanäytteiden lukumäärä, ja A on näytesylinterin poikkipinta-ala (cm²).

Määrätilavuinen näyte otetaan sylinterillä (lpm 30–80 mm) tai suorakaiteen muotoisella näytteenottomella ("turvelaatikko") määrätystä, yleensä 5 tai 10 cm paksusta kivennäismaa- tai turvekerroksesta. Näytteenottimen todellinen poikkileikkauspinta-ala (mm²) on aina merkittävä lomakkeelle. Näytealakohtaiseen edustavuuteen pyritään ottamalla 3–10 osanäytettä kustakin kerroksesta. Maakerroksen ainemäärät voidaan laskea pinta-alaa kohti. Osanäytteeseen ei saisi tulla kiviä, jos kivien tilavuusosuus arvioidaan muulla tavalla, esim. painamismenetelmällä.

Häiriintymätön näyte otetaan sylinterillä 5–10 cm paksusta maakerroksesta. Kunkin näytteenottimen mitat on tunnettava tarkasti. Koska näyte säilytetään ja mitataan yleensä siinä sylinterissä, jolla näyte on otettu, näytteitä otetaan enintään 1–4 näytealaa ja

kerrosta kohti. Näyte suljetaan sylinteriinsä muovikansin ja kuljetaan varovasti, rakennetta rikkomatta laboratorioon. Häiriintymättömistä näytteistä mitataan esim. maakerroksen vedenpidätyskyky ja -johtavuus.

Kokoomanäytteen minimi- ja tavoitetilavuus arvioidaan mm. raekoostumuksen, tehtävien analyysien ja säilytystarpeen perusteella. Näytteenottoa suunniteltaessa on arvioitava pienin hyväksyttävissä oleva näytetilavuus tai -massa. Jauhettua orgaanista tai seulottua alle 2 mm:n kivennäismaanäytettä pitää olla yleensä vähintään 0,3–0,5 l. Analysoitavan näyteaineksen tavoitetilavuus on noin 1 l. Näytettä on otettava maastossa sitä enemmän, mitä karkeampaa maa on, mitä useampia analyysejä tehdään ja mitä enemmän näytettä on tarkoitus varastoida.

5.2 Näytteet fysikaalisiin määrittäksiin

Raekoostumus

Maanäyte on pyrittävä ottamaan tutkittavan ilmiön kannalta tärkeimmästä kerroksesta, esim. puuntuotoksen tai metsänuudistamisen osalta juuristokerroksesta tai maa- tai pohjaveden osalta painopistekerroksesta jne. Kun otetaan huomioon se, että orgaaninen aine vaikeuttaa raekoostumuksen määrittystä ja että pintamaan ominaisuudet ovat merkityksellisimpiä kasvillisuudelle, raekoostumus on syytä määrittää mahdollisimman läheltä maanpintaa, mutta kuitenkin niin syvältä, että orgaanisen aineen pitoisuus on laskenut. Sopiva syvyys on 10–40 cm. Maaperäkartoissa määrittäisyvyys on kuitenkin yleensä 1 m, joskin pintamaan raekoostumus on kartoitettu selvästi kerroksellisten maaperämuodostumien osalta. Eri-tyistapauksissa raekoostumus määritetään monesta kerroksesta, esim. geneettisistä päähorisonteista.

Raekoostumusnäytteen edustavuus taataan ottamalla näytettä riittävästi (yli 0,3 l), sitä enemmän mitä karkeammasta maasta on kyse. Jos näyte analysoidaan seulomalla ja liettämällä (pipetointi tai areometrimäärittäminen), karkeaa hiekka- tai soramaata on otettava yleensä vähintään 2 l, jotta analysoitavaa ainesta jää riittävästi muutama analyysiin ja varastoitavaksi. Näytteeseen pitää ottaa kaikki aines, jonka raekoko on alle 20 mm. Yli 20 mm:n läpimittaiset kivet eivät kuulu näytteeseen. Jos niitä tulee mukaan, ne pitää poimia yksitellen tai seuloa pois ennen 2 mm:n seulalla tehtävää alku-

seulontaa. Jos kuopassa on vettä, näytettä ei pitäisi ottaa ainakaan lapiolla vesipinnan alapuolelta, koska vesi huuhtoo hienoa aineesta vääristäen näin lajitesuhteita.

Raekoostumus kannattaa yleensä arvioida jo maastossa eri kerroksista ja eri kohdista näytealaa ja ottaa mahdollisimman vähän näytteitä laboratoriossa tehtävään raekoostumusanalyysiin, koska raekoostumus voidaan arvioida varsin luotettavasti aistinvaraisesti, toisin kuin kemialliset tunnuksot (Tamminen 1998b). Aistinvaraiseen arvioon voi kuulua esim. maalaji: hieno (savi, hiesu, hieno hieta), keskikarkea (karkea hieta, hieno hiekka) tai karkea (karkea hiekka, sora) lajittunut maalaji tai moreeni tai keskiraekoko ja lajituneisuus. Maannosluokituksiin voidaan tarvita myös alle 2 mm:n aineksen savipitoisuus (esim. luokituksella 0, 1–5, 6–10, 11–20, 21–30 ja yli 30 %) tai hienoainespitoisuus (savi + hiesu + hieno hieta) (esim. 0, 1–10, 11–25, 26–50, 51–75 ja yli 75 %).

Tiheys

Tiheyden määrittäminen on usein vaikeaa, jopa mahdotonta kivisillä metsämailla. Kuitenkin maan tiheys pitää tuntea, mikäli halutaan estimoida pinta-alakohtaisia ainemääriä. Kivisiä ja karkeimpia maita lukuunottamatta määrätilavuudella terässylinterillä otetusta näytteestä saadaan hyvä arvio maan tiheydestä. Sylinterin sisäläpimitan tulisi olla 50–75 mm (Costantini 1995), jotta sylinterin reunojen aiheuttama tiivistyminen ei johtaisi todellista suurempiin tiheyksiin. Määrätilavuisten näytteiden oton yhteydessä sylinterin todelliset mitat on mitattava määräväleillä ja kirjattava lomakkeelle eikä luotettava sylinterin alkuperäisiin nimellismittoihin. Osanäytteitä olisi virheiden välttämiseksi koottava aina yhtä monta näytealalta. Kokoomanäytteen yhteistilavuuden tulisi olla 0,3–1,0 l. Tiheys voidaan myös arvioida kohtalaisen tarkasti (Tamminen ja Starr 1994).

Vedenpidätyskyky ja vedenjohtavuus

Näytteiden otossa on tärkeä saada mahdollisimman häiriintymättömiä tilavuustarkkoja näytteitä (Heiskanen 1990, Heiskanen ja Tamminen 1992, Klute 1986). Hyvät näytelieriöt saadaan esim. ruostumattomasta putkesta, joita voidaan sorvata määrätilavuuteen (korkeus 30–100 mm, sisähalkaisija 58–70 mm) (Heiskanen 1993, Laurén ja Heiskanen 1997). Toinen pää teroitetaan, jotta lieriön maahan painaminen olisi helpompaa. Lieriöihin on hankittava muovihatut, joihin porataan yksi n. 0,5 mm:n reikä, jotta lieriöön

ei synny ali- tai ylipainetta hattuja laitettaessa tai poistettaessa. Lieriöt numeroidaan juoksevasti tussilla tai uurtamalla.

Näytelieriöt voidaan vielä koodata erikseen vedenkestävällä tussilla teippiin ennen näytteenottoa. Näytteet on hyvä ottaa lieriöittäin ja näytealoittain numerojärjestyksessä. Näyte otetaan porrastetun kuopan halutusta kerroksesta mahdollisimman häiriintymättömästi. Lieriö painetaan maahan pystysuunnassa teroitettu reuna alaspäin käsin kiertäen tai jalalla varovasti painaen. Näytteeseen ei saa tulla satunnaisia kiviä (lpm yli 20 mm), elleivät ne edusta maata yleensä. Näyte irroitetaan metallilastan avulla maasta. Reunojen yli ulottuva osa maasta poistetaan varovasti veitsellä ja laitetaan muovihatut tiivisti lieriön molempiin päihin. Lieriöt pakataan kuljetuslaatikkoon ja kuljetetaan varovasti, jottei näytteiden rakenne häiriinny.

Näytteet säilytetään viileässä (n. $+5^{\circ}\text{C}$) ennen mittauksia, jotta maatumisprosessin vaikutus fysikaaliseen koostumukseen ja rakenteeseen olisi mahdollisimman vähäistä. Näytteitä ei saa pakastaa, jottei näytteiden rakenne muutu näytteiden jäätymisen ja sulamisen aikana.

Väri

Horisonttien väriä käytetään luokituskriteerinä maannosluokituksissa. Horisontin väri arvioidaan maastossa tai laboratoriossa Munsell -värikartan (Munsell Soil Color Charts 1994) avulla tai laboratoriossa myös värimittarilla. Värinäyte otetaan koko horisontista tasaisesti tai esim. B- tai C-horisontin yläosasta 10 cm:n matkalta. Näytettä otettaessa vältetään isoja ja selviä, taustasta poikkeavia täpliä tai raitoja, ja pyritään ottamaan näytteeksi mahdollisimman yhtenäistä perusainesta.

5.3 Näytteet kemiallisiin määrittelyksiin

Kemiallisilla maa-analyyseillä arvioidaan mm. maan ravinteisuutta, happamuutta, haitallisten aineiden pitoisuuksia tai esim. maannostyyppiä ja -maannostumisastetta. Lisäksi maan kemialliset ominaisuudet vaikuttavat maa- ja pohjaveden ominaisuuksiin. Toisin kuin pääosa maan fysikaalisista ominaisuuksista monet maan kemialliset ominaisuudet vaihtelevat ajan suhteen. Kokonaispitoi-

suudet ovat kuitenkin varsin pysyviä. Kemialliset ominaisuudet muuttuvat yleensä nopeasti myös syvyyssuunnassa.

Viljavuustutkimuksissa, joissa mitataan maan ravinne- ja happamuustunnuksia, näytteenotto kannattaa keskittää maan pintakerrokseen, joihin kasvien juuret ovat keskittyneet. Syvemmillä kerroksilla on olennaisesti heikompi yhteys kasvupaikan viljavuuteen (Tamminen 1998a). Monet metsämaan ominaisuudet – esim. orgaanisen aineen osuus, happamuus ja ravinnetunnukset – muuttuvat käyräviivaisesti syvyyden suhteen. Haluttaessa selvittää biologisesti aktiivisimman maakerroksen ominaisuuksia näytteenoton tulisi keskittyä orgaaniseen kerrokseen ja paksuilla turpeilla ja kivennäismaassa aivan pintaosaan. Jos halutaan selvittää paksusumman maakerroksen ominaisuuksia, näytteenottosyvyydet on edullista sijoittaa logaritmisesti, ts. tiheään maanpinnan lähellä ja syvemmillä harvempaan esim. sarjan 0–10, 10–20, 30–40, 70–80 cm tapaan. Tällaisessa epäjatkovassa eli intervallinäytteenotossa väliin jäävien maakerrosten arvot interpoloidaan. Intervallinäytteenotto kannattaa toteuttaa mahdollisimman pitkälle määrätalavuisin näyttein, koska väliin jäävien maakerrosten pitoisuudet lasketaan tutkittujen kerrosten tiheyksillä painotetuilla arvoilla.

Näytteenottokerrokset määräytyvät joissakin tutkimuksissa kansainvälisten ohjeiden mukaan. Eurooppalaisessa ICP-Forests -ohjelmassa (Manual on methods... 1994) kivennäismaanäytteet suositeltiin otettavaksi kerroksista 0–10, (tai 0–5 ja 5–10), 10–20, 20–40 ja 40–80 cm. Yhdennetyssä ympäristön seurannassa otetaan kivennäismaanäytteet kerroksista 0–5, 5–20, 20–40 ja 60–80 cm. Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimuksen lannoitus-, muokkaus- ym. kokeilta näytteitä on kerätty kivennäismaakerroksista 0–30 cm ja 0–10 cm.

Kangashumus- ja mullaskerros otetaan yleensä sellaisenaan näytteeksi. Kangashumuskerros jaetaan tarvittaessa kahtia: Of eli maatumattomampi ja löyhempi pintaosa sekä Oh eli maatumampi ja tiiviimpi alaosa. Mullaksen ja ohuiden kangashumuskerrosten jakaminen on vaikeaa ja epävarmaa. Paksuista orgaanisista kerroksista eli turpeista, näytteet otetaan tavallisimmin kerroksista 0–10, 10–20, 20–30, 30–40 ja 40–50 cm. Jos paksuus on esim. 16 cm, otetaan kaksi näytettä, 0–10 cm ja 10–16 cm. Turvekankailla turpeen pinnalle syntynyt selvä kangashumuskerros (paksuus yli 2,5 cm) voidaan lisäksi erottaa näytteenotossa varsinaisesta turpeesta.

Mikäli maanäytteiden perusteella tarkastellaan tietyn paksuisen maakerroksen pitoisuuksia ja ainemääriä, otetaan näytteet likimain

symmetrisesti orgaanisesta kerroksesta ja kivennäismaasta taulukon 2 tapaan. Kaavio on laadittu 50 cm:n maakerrosta varten. Tutkittava kerros voi 50 cm:n sijasta olla 40 tai 30 cm.

Tarkasteltaessa paksumpia maakerroksia näytteet on otettava 20 cm:n kerroksissa tai em. intervallimenetelmällä, jotta näytteiden lukumäärä pysyisi kohtuullisena. Tällainen näytteenottotapa sopii erityisesti otantatutkimuksiin, joiden aineistoon sisältyy kangasmaita, soistuneita kankaita, ohutturpeisia soita ja turvemaita.

Näytteenottokerrosten valinnassa on syytä ottaa huomioon aiempien tutkimusten käytäntö vertailtavuuden ja tulosten yleistettävyyden varmistamiseksi. Valitaanko näytteenottokerroksiksi kiinteät ns. cm-kerrokset vai geneettiset horisontit, riippuu tutkimuksen tavoitteista ja vertailuaineistoista. Ohuiden, alle 1 cm:n orgaanisten ja alle 5 cm:n kivennäismaakerrosten näytteenottoa tulisi välttää kerrosten rajoittamiseen liittyvän suhteellisen virheen kasvamisen takia. Vakiopaksumisten eli cm-kerrosten käyttöä puoltaa mm. se, että 1) niistä on Suomessa eniten vertailuaineistoja, 2) niiden rajoittamiseen ei liity horisonttien tunnistamiseen ja erotamiseen liittyvää virhelähdettä ja 3) erilaisilta mailta ja kasvu-paikoilta kerättyjä näytteitä voidaan verrata keskenään.

Tutkittaessa maannostumista geneettiset horisontit ovat luontaisia näytekeroksia. Tällöin orgaanisella kerroksella on yleensä vähäinen merkitys analyysissä. Näytteeksi otetaan selvästi erotuva horisontti tai 10 cm horisontin yläreunasta. Eri päähorisontteja

Taulukko 2. Kaavio maanäytteiden ottamiseksi 50 cm:n maakerroksesta.

Kerros	Orgaanisen kerroksen paksuus, cm						
	0	I-10	II-20	2I-30	3I-40	4I-50	yli 50
Org. krs	0-10 ¹⁾	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
		10-20	10-20	10-20	10-20	10-20	10-20
			20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
				30-40	30-40	30-40	30-40
					40-50	40-50	40-50
Kiv.maa	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	-
	10-20	10-20	10-20	10-20	10-20		
	20-30	20-30	20-30	20-30			
	30-40	30-40	30-40				
	40-50	40-50					
Osuus, % ²⁾	2,7	61,7	5,2	3,3	3,0	2,3	21,8

1) Merkintä 0-10/20 cm jne. Tarkoittaa, että näytteeksi otetaan orgaanisen kerroksen alin osa kivennäismaahan asti.

2) Luokan osuus VMI 8:n pysyvien näytealojen perusteella.

ei oteta samaan näytteeseen. Sen sijaan ohuet (1–2 cm) alahorisontit voidaan yhdistää samaan näytteeseen. Maannosten luokituksessa riittää yleensä, kun otetaan näytteeksi ylin kivennäismaahorisontti (E, Ah, Ap), seuraava eli yleensä B-horisontti kokonaan tai 10 cm:n näyte paksun (yli 20 cm) B-horisontin tai sen puuttuessa C-horisontin yläreunasta ja kolmas näyte syvyydeltä 60–80 cm BC- tai C-horisontista. Erilaisten podsolimaannosten luokittelemiseksi tarkemmin otetaan näytteet kaikista vähintään 2,5 cm paksuista, riittävän selvistä B-horisonteista (Bh, Bhs, Bs, BC).

Kemiallisiin analyysieihin otettavat näytteet eivät saisi kontaminoitua näytteenoton yhteydessä edellisistä näytteistä (muistivaikeus), näytteenottajan käsistä tai näytteenottovälineistä. Käyttöön otettavista lapioista ja sylintereistä on poistettava ennen näytteenottoa maali-, öljy- ja ruostelaikut sekä metallipurseet sekä aina ennen kutakin osanäytteenottoa näytteenottimessa näkyvä maaines.

5.4 Juurinäytteet

Elävien ja kuolleiden hienojuurten kokonaismäärän vaihtelua selvitetään yleensä maakairalla otetuista juurinäytteistä. Hienojuurten kasvua ja kuolemista (uusiutumismoheutta) selvitetään joko maakairalla otettavista näytteistä tai metsämaahan sijoitettavien juurikolonniin eli juurisukkien ("ingrowth cores") avulla. Juurikolonnit ovat nylonverkon ympäröimiä määrättilavuisia maapatsaita, jotka valmistetaan samankokoisella kairalla maahan tehtyyn reikään. Reikään lasketaan seulotulla, tasajakoisella ja juurettomalla kivennäismaalla täytetty verkkopussi, johon hienojuuret kasvavat.

Hienojuurinäytteet otetaan sylinterimäisellä maakairalla (lpm 35–50 mm) yleensä 30–40 cm:n paksuisesta maakerroksesta. Valtaosa puiden ja aluskasvillisuuden hienojuurista sijaitsee aivan maan pintakerroksessa. Pääpuulajeistamme pinnallisin juuristo on kuusella. Kun hienojuurten (lpm alle 1 mm) määrä ilmaistaan tiheytenä (esim. g/dm³) eri maakerroksissa, on kuusella eniten hienojuuria humuskerroksessa, ja hienojuurten tiheys vähenee nopeasti kivennäismaassa. Kuusen hienojuuristo on pinnallisempi Pohjois-Suomen äärevässä ilmastossa kuin Etelä-Suomessa (Helmisaari ym. 1998). Maan happipitoisuus on lämpötilan ja ravinteisuuden ohella tärkeimpiä kuusen hienojuurten syvyysjakaumaan vaikuttavia tekijöitä. Kuusen hienojuurten sijoittumiseen lähelle maan pintaa

vaikuttaa varsinkin se, että maan pintakerroksissa ilmanvaihto on turvattu. Männyn hienojuurista suurin osa on humuskerroksessa ja kivennäismaan pintaosassa (Kalela 1955, Helmisaari ym. 1998). Koivun juuret sijaitsevat keskimäärin syvemmällä kuin kuusen ja männyn juuret.

Hienojuurinäytteet jaetaan maastossa joko horisonttinäytteisiin tai yleisimmin tiettyjä cm-kerroksia edustaviin näytteisiin. Horisonttinäytteenottoa ei suositella tutkimuksissa, joissa on useita peräkkäisiä näytteenottoja, koska horisonttien alueellinen paksuusvaihtelu vaikeuttaa peräkkäisten tulosten vertailua. Näytteistä erotetaan ensin humuskerros, jonka paksuus mitataan, ja sen jälkeen kivennäismaa jaetaan 5–10 cm:n välein, siis esim. seuraavasti: humuskerros ja 0–10, 10–20, 20–30 cm:n kivennäismaakerrokset. Näytteet sijoitetaan ilmatiiviisiin muovipusseihin ja pakastetaan, ellei niitä ole mahdollista heti käsitellä. Muutaman päivän jääkaappisäilytys on myös mahdollinen.

5.5 Näytteet mikrobiologisiin määrityksiin

Maan biologinen aktiivisuus vähenee hyvin nopeasti maan pinnasta syvemmälle siirryttäessä, koska valtaosa mikrobeista on heterotrofisia eli saa energiansa orgaanisesta hiilestä. Usein metsämaan mikrobiologiset tutkimukset rajoittuvatkin vain humuskerroksen tutkimiseen, mutta esim. nitrifikaatio voi olla joissain oloissa merkittävää myös kivennäismaan ylimmissä kerroksissa. Koska mikrobitoiminnat riippuvat voimakkaasti orgaanisen aineen laadusta, on usein mielekäästä jakaa orgaaninen kerros horisontteihin (L-, Of- ja Oh-horisontit), mikäli mahdollista (Skjellberg 1990).

Monille biologisille maaperätunnuksille on ominaista voimakas kasvukauden aikainen vaihtelu, joka aiheutuu esim. maan kosteus- ja lämpötilavaihtelusta ja kasvillisuuden kehittymisestä. Joitakin vuorokausia sateen jälkeen maa on usein biologisesti hyvin aktiivista, kun taas pitkät poutajaksot vähentävät aktiivisuutta. Näytteenottoajankohta riippuu tutkimuksen kysymyksenasettelusta. Jos on mahdollisuus vain kerranäytteenottoon, loppukesä tai alkusyksy ennen lehtien varisemista on suositeltavin aika. Näytteenottoa edeltävät viikot eivät saisi olla sääoloiltaan poikkeuksellisia.

6. Näytteiden esikäsittely ja varastointi

Näytteiden säilytys ja esikäsittely voi vaikuttaa ratkaisevasti analyysituloksiin (Lundmark 1978, Ross ym. 1994). Siksi fysikaalisesti tai kemiallisesti analysoitavat näytteet kuivataan useimmiten mahdollisimman nopeasti $+30 - +40^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa. Kun näytteistä halutaan määrittää ottohetken kosteus, ne on suljettava ilmatiiviisiin muovipusseihin ja punnittava ennen kuivumaan laittamista. Maanäytteet kuivuvat ilmakeiiviksi 5–14 vrk:ssa, karkeat kivennäismaat nopeimmin ja hienoisimmat kivennäismaat ja turvenäytteet hitaimmin. Isot näytteet, 2–4 l, eivät kuivu pussissa riittävän nopeasti, vaan ne on levitettävä laakeisiin astioihin ja niitä on käännettävä 2–3 kertaa kuivumisen aikana. Hiesu- ja erityisesti savinäytteitä on hienonnettava käsin kuivumisen aikana. Kuivatut orgaaniset näytteet punnitaan ilmakeiivinä ja jauhetaan sen jälkeen myllyllä, jossa on 2 mm:n pohjaseula. Paksut juuret poistetaan näytteestä ennen jauhamista. Jos juuria on paljon, niiden massa vähennetään ilmakeiivan näytteen massasta. Kivennäismaanäytteet punnitaan ilmakeiivinä, seulotaan 2 mm:n seulan läpi mennyt osa punnitaan. Seulalle jääneet sora ja juuret, heitetään pois. Kivennäismaanäytteeseen sisältyvät yli 20 mm:n rakeet eli kivet pitäisi poistaa ilmakeiivasta näytteestä ennen punnitusta. Kivien massa pitää vähentää myös tuoreen näytteen massasta, jos se määritetään.

Kivennäismaanäytteet eivät yleensä mene 2 mm:n seulan läpi ilman hienontamista. Karkeita maita hierotaan esim. muovilapiolla, seulotaan ja hierotaan uudestaan, seulotaan jne, kunnes hieno jae on mennyt seulan läpi. Saviset ja hiesuiset näytteet kovettuvat kuivuessaan koviksi kokkareiksi. Kokkareet pyritään hienontamaan jo näytepussissa pussin seinän läpi ja seulan päällä muovilapiolla. Kovimmat kokkareet hienonnetaan huumareella. Hienonnettaessa pyritään kaikin tavoin välttämään näytteen hävikkiä käyttämällä riittävän korkeareunaisia astioita ja alusmuoveja tai papereita, joilta hukkaan joutunut näyteaines saadaan kaadettua takaisin muun näytteen joukkoon.

Kivennäismaanäytteistä voidaan esikäsittelyn yhteydessä arvioida aistinvaraisesti raakoostumus. Tällöin on mahdollista hyödyntää sekä alkuseulontaa, josta saadaan soran osuus, että tunnet-

tuja mallimaanäytteitä. Määritys on ainakin yhtä tarkka kuin maastossa tehty. Keskiraekoon ja lajittuneisuuden lisäksi voidaan arvioida mm. savi-lajitteen ja hienojen lajitteiden osuudet.

Punnitusten nopeuttamiseksi näytteet pannaan maastossa aina samankokoisiin ja -painoisiin pusseihin, esim. kahteen sisäkkäiseen 5 tai 3 litran muovipussiin. Pussit suljetaan maastossa kumilenkillä, muovipäällysteisellä metallilangalla tai löyhällä solmulla niin, että pussit saadaan laboratoriossa helposti auki pussia rikkomatta. Rikkinäiset pussit vaihdetaan välittömästi ehiin.

Ilmakuivat näytteet säilytetään tavallisesti muovipusseissa tai muovirasioissa pahvilaatikoihin pakattuna huonelämpötilassa, 15–20°C. Kuivissa näytteissä ei tapahtune suuria muutoksia, jos pussit tai rasiat suljetaan hyvin, mutta asiaa ei ole tutkittu riittävästi. Kuivat näytteet eivät saisi kostua eivätkä kontaminoitua muista näytteistä irronneesta pölystä.

Häiriintymättömiä näytteitä ei esikäsitellä. Niitä vain säilytetään jääkaappilämpötilassa analyysiin asti.

Tuoreena kemiallisesti tai mikrobiologisesti analysoitavat näytteet toimitetaan laboratorioon mahdollisimman nopeasti, mieluiten jäädytettynä. Orgaaniset näytteet survotaan käsin 2,8–4 mm:n seulan läpi ja kivennäismaat 2 mm:n seulan läpi. Kemiallisesti analysoitavat näytteet säilytetään lyhytaikaisesti jääkaapissa ja pitempään pakasteessa. Tuoreinäytteet punnitaan seulonnan jälkeen. Analysoitavien näyte-erien kosteuden pitäisi pysyä tasaisena, jotta kertaalleen tehty kosteuden määrittäminen riittäisi kaikille analyyseille.

Tuoreiden mikrobiologisten näytteiden on hyvä antaa tasaantua esim. viikon ajan jääkaappilämpötilassa (4°C) tai jopa tutkittavassa lämpötilassa ennen varsinaisia mittauksia, koska seulonnan on todettu lisäävän mikrobiologista aktiivisuutta, joka tasoituu lyhytaikaisessa säilytyksessä. Määritys on kuitenkin syytä tehdä mahdollisimman nopeasti silloin, kun maasta halutaan analysoida jonkin yksittäisen organismin määrä.

Maanäytteitä ei seulota, kun halutaan esim. säilyttää maan rakenne mahdollisimman muuttumattomana. Merkittävä osa maan biologisesta aktiivisuudesta on keskittynyt juuria lähellä olevaan maakerrokseen eli ritsosfääriin, josta osa jää seulalle. Toisaalta juurten läsnäolo tutkittavissa näytteissä häiritsee useita mikrobiologisia määrittämenetelmiä. Juurten poistaminen on ratkaistava tapauskohtaisesti.

Biologiset maanäytteet on syytä tutkia mahdollisimman pian, koska säilytyksen vaikutus tunnetaan huonosti. Jos näytteitä jou-

dutaan säilyttämään pitempiä aikoja, on harkittava onko pakastaminen vai jääkaappisäilytys parempi vaihtoehto. Kun säilytysaika on todella pitkä (kuukausia) tai kun näytteitä on niin paljon, että niitä joudutaan analysoimaan erissä, on pakastaminen suositeltavampaa, koska voidaan olettaa, että muutokset pakastetuissa näytteissä ovat vähäisempiä kuin jääkaapissa säilytetyissä näytteissä. Molemmat em. säilytystavat lienevät turvallisia, kun määritetään mikrobibiomassaa humusnäytteistä fumigaatio-uuttomenetelmällä, koska mikrobibiomassan määrän muuttuminen (aleneminen) ei ole merkitsevää. Pitempiaikainen säilytys vaikuttaa mikrobiaktiivisuuksiin enemmän kuin kokonaismääriin. Säilytyksen vaikutus voi olla hyvin erilainen erilaisista maista otetuissa näytteissä, joten se pitäisi tarvittaessa määrittää erikseen joka kerta.

Hienojuurinäytteet esierotellaan pesemällä hienojuuret vesilet-kun avulla puhtaaksi maasta esim. 0,5 mm:n seulan päällä ja nyp-pimällä pestyt hienojuuret pinseteillä petrimaljoille. Tutkimuksen tarkoituksesta riippuen myös kuivaerottelu pinseteillä on mahdollinen. Esierotellut hienojuurinäytteet säilytetään kannellisissa petrimaljoissa, joihin on lisätty tilkka vettä, joko jääkaapissa tai pakastettuna säilytysajan pituudesta riippuen.

7. Maanäytteiden analysoinnin periaatteet

7.1 Fysikaaliset määritykset

Esikäsittelyn yhteydessä määritetään tuoreen näytteen kosteus ja ilmakehävistä jauhetuista tai seulotuista näytteistä määritetään **kosteus** ja **orgaanisen aineen osuus**. Määrittäminen tehdään joko lämpökaappia (105°C / vähintään 6 h) ja uunia (550°C /3 h) tai Leco TGA-uunia käyttäen.

Kivennäismaanäytteiden **raekoostumus** määritetään laboratoriossa pesuseulonnalla, pipetointi-seulonta- tai areometri-seulontamenetelmillä (Elonen 1971, Heiskanen ja Tamminen 1992).

Vedenpidätyskyky ja **vedenjohtavuus** on Metsäntutkimuslaitoksessa määritetty toistaiseksi vain Suonenjoen tutkimusasemalla (Heiskanen ja Tamminen 1992).

7.2 Kemialliset määritykset

Näytteiden **happamuus** ilmaistaan tavallisimmin pH:lla. pH mitataan maa-vesisuspensiosta sekoitussuhteella 15 ml näytettä ja 25 ml vettä. ICP Forests-ohjelmassa pH mitataan 0,01 M CaCl_2 -liuoksesta sekoitussuhteella 1:5. Vaihtuva happamuus määritetään uuttamalla näyte joko 1 M KCl:lla tai 0,1 M BaCl_2 :lla ja titraamalla suodosta 0,05 M NaOH:lla pH 7,0:aan.

Ravinteet uutetaan yleisimmin happamalla (pH 4,65) ammoniumasetaatilla uuttosuhteella 15 ml näytettä ja 150 ml uuttonesettä. Uutteesta määritetään alkuaineiden (Al), Ca, (Fe), K, Mg, Mn, Na, P, S ja Zn pitoisuudet ICP-laitteella. Näyte seisoo uuttoneesteessä yön yli, minkä jälkeen suspensiota sekoitetaan koneellisesti 1 h ja suodatetaan paperisuodattimen läpi muovipulloon.

Toinen yleinen uuttoneeste on 0,1 M BaCl_2 , jolla uutetaan **vaihtuvat kationit** uuttosuhteella 15 ml näytettä ja 150 ml uuttonesettä. Kationit Al^{3+} , Ca^{2+} , Fe^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} ja Na^+ määritetään ICP-laitteella ja vaihtuva happamuus (H^+) titraamalla 50 ml suodosta

0,05 M NaOH:lla pH 7,0:aan. Pitoisuuksista lasketaan edelleen tehokas kationinvaihtokapasiteetti ja emäskyllästysaste. Kationinvaihtokapasiteetti on maahiukkasten negatiivisesti varautuneiden ns. vaihtopaikkojen määrä, johon kationit eli positiivisesti varautuneet ionit sitoutuvat. Emäskyllästysaste on ns. emäksisten kationien osuus kaikista kationinvaihtopaikoista:

$$100 \cdot (Ca^{2+} + K^{+} + Mg^{2+} + Na^{+}) / (H^{+} + Ca^{2+} + K^{+} + Mg^{2+} + Na^{+}) \quad (4)$$

Ravinnepitoisuuksien ja potentiaalisen happamuuden määrittämiseen käytetään neutraalia ammoniumasettaattia aivan samoin kuin hapanta asetaattia. Alkuainepitoisuudet Ca, K, Mg, Mn, Na, P ja S määritetään uutteesta ICP-laitteella ja happamuus titrataan 0,2 N NaOH:lla pH 7,0:aan. Pitoisuuksista lasketaan potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti ja emäskyllästysaste.

Hiilipitoisuus määritetään Leco CHN-laitteella, joka polttaa näytteen 900°C:ssa tai muuntamalla ns. hehkutushäviö eli orgaanisen aineen osuus hiilipitoisuudeksi regressioyhtälöillä.

Typpipitoisuus määritetään yleensä kokonaispitoisuutena Kjeldahl-menetelmällä tai Leco CHN-laitteella.

Kokonaisrikkipitoisuus määritetään joko Leco S-laitteella tai märkäpoltolla ja ICP-laitteella.

Alkuaineiden (mm. Al, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Zn) **kokonaispitoisuudet** määritetään polttamalla orgaanisen kerroksen näyte uunissa ja liuottamalla tuhka suolahappoon tai hajottamalla näyte typpihapossa tai kuningasvedessä (3 osaa HCl, 1 osa HNO₃) tai perkloorihapossa. Laimennuksen jälkeen pitoisuudet määritetään ICP-laitteella.

7.3 Juurinäytteiden analysointi

Esikäsittelyn jälkeen hienojuuret erotellaan mikroskooppia apuna käyttäen tutkimuksen tavoitteen mukaan esim. eri puulajien ja aluskasvillisuusryhmien (varvut, heinät) eläviin ja kuolleisiin juuriin läpimittaluokittain. Hienojuurista voidaan määrittää myös pituuksia esim. SRL:n ("specific root length"; esim. elävät alle 1 mm, 1–2 mm, 2–5 mm ja yli 5 mm, kuolleet alle ja yli 2 mm). Kuivamassan lisäksi näytteistä voidaan myös tarkastella mm. mykorritsallisten ja mykorritsattomien juurenkärkien lukumääriä, mykorritsalajistoa ja hienorakennetta.

Hienojuuret erotellaan pinsettejä apuna käyttäen petrimaljoille tai suoraan pieniin paperipusseihin, joissa näytteet lopuksi kuivataan (70°C/48 h) kuivamassan määrittämiseksi. Koska hienojuuria on usein mahdoton pestä täysin puhtaaksi kivennäismaasta, on tar- kan kuivamassan selvittämiseksi näytteistä vielä määritettävä tuh- kapitoisuus. Näytteistä voidaan määrittää myös ravinnepitoisuu- det hienojuuriin sitoutuneiden ravinnemäärien laskemiseksi.

7.4 Mikrobiologiset määritykset

Mikrobibiomassan sisältämä hiili ja typpi määritetään fumigaatio- uuttomenetelmällä (Smolander ja Mälkönen 1994). Maanäytteitä kaasutetaan kloroformilla, joka hajottaa mikrobisoluja. Tämän jäl- keen näytteet ja vastaavat kaasuttamattomat näytteet uutetaan K₂SO₄-liuoksella ja liuennut hiili mitataan hiilianalysaattorilla ja typpi esim. FIA-laitteella. Mikrobibiomassan hiilen tai typen las- kemiseen käytetään aiemmin määritettyjä muunnoskertoimia.

Mikrobien hengitysaktiivisuutta seurataan mittaamalla kaasutiiviisiin pulloihin punnittujen maanäytteiden tuottamaa hiilidiok- sidia kaasugromatograafisesti (Smolander ym. 1994). Mikäli hen- gitystä halutaan seurata pitempiä aikoja, pullot on välillä ilmas- tettava. Tulokset kuvastavat hiilen mineralisaatiota, kun CO₂-hiilen tuotto lasketaan maan orgaanista hiiltä kohti.

Typen nettomineralisaatiota ja nettonitrifikaatiota tutkitaan in- kubaatiokokeissa seuraamalla maanäytteiden ammonium- ja nit- raattitypen tuottoa (Smolander ym. 1995). Ammoniumtypen ja nit- raattitypen pitoisuudet mitataan maanäytteistä tehdyistä KCl-uut- teista esim. FIA-laitteella. Inkuboitujen maanäytteiden pitoisuuk- sista vähennetään maanäytteiden alkuperäiset pitoisuudet. Nitri- fikaation pH-riippuvuutta tutkitaan kokeissa, joissa maanäytettä ravistellaan jatkuvasti ammoniumsuolaliuoksessa, ja pH pidetään koko ajan haluttuna (Paavolainen ja Smolander 1998).

Denitrifikaatiota mitataan kaasukromatograafisesti seuraamalla kaasutiiviisiin pulloihin punnittujen maanäytteiden dityppioksidin eli typpioksiduulin (N₂O) tuottoa (Priha ja Smolander 1995). Tie- tyillä asetyleenin osapaineilla voidaan toisaalta estää N₂O:n muun- tuminen N₂-muotoon ja toisaalta erottaa nitrifikaation sivutuot- teena mahdollisesti muodostuva N₂O. Denitrifikaatioentsyymiak- tiivisuutta arvioidaan lisäämällä maanäytteisiin nitraattityppeä ja glukoosia ja vaihtamalla ilmakehä typpi-kaasuksi.

Mikrobiyhteisön rakennemuutoksia mitataan määrittämällä maanäytteestä fosfolipidirasvahappojen (PLFA) pitoisuudet. Maanäytteistä uutetaan ensin kaikki mahdolliset lipidit (Bligh ja Dyer 1959), minkä jälkeen erotetaan polaariset lipidit (fosfolipidit) muista lipideistä kromatograafisesti. Rasvahapot irroitetaan lipidirungostaan alkaalisella metanolyysillä, jonka jälkeen niistä on saatu erillisiä rasvahapon metyyliestereitä. Erityyppiset rasvahapot erotetaan toisistaan kaasukromatograafilla ja tunnistetaan siihen liitettyllä massaselektiivisellä detektorilla (Bååth ym. 1994).

Kirjallisuus

- Alban, D.H. 1974. Soil variation and sampling intensity under red pine and aspen in Minnesota. USDA Forest Research Paper, North-Central Experiment Station 106. 10 s.
- Bates, D.N., Belisle, J.M., Cameron, B.H., Evans, L.J., Jones, R.K., Pierpoint, G. & van den Broek, B. 1982. Field manual for describing soils. 2. painos. Ontario Institute of Pedology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 46 s. ISBN 0-88955-008-5.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911–917.
- Bååth, E., Frostegård, Å., Pennanen, T. & Fritze, H. 1994. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. *Soil Biology & Biochemistry* 27: 229–240.
- Carter, R.E. & Lowe, L.E. 1986. Lateral variability of forest floor properties under second-growth douglas-fir stands and the usefulness of composite sampling techniques. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 1128–1132.
- Costantini, A. 1995. Sampling soil bulk density in the Coastal Lowlands of South-East Queensland. *Australian Journal of Soil Research* 33: 11–18.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis. *Seloste: Maan raekoostumuksen määrittäminen. Acta Agriculturae Fenniae* 122. 122 s.
- Falck, J. 1973. En metod för bestämning av humusskiktets innehåll av växtnäringsämnen. *Rapporter och Uppsatser, Institutionen för Skogsskötsel, Skogshögskolan* 1. 129 s.
- FAO – Unesco 1988. Soil map of the world. Revised legend. *World Soil Resources Report* 60. 79 s.
- Grigal, D.F., McRoberts, R.E. & Ohmann, L.F. 1991. Spatial variation in chemical properties of forest floor and surface mineral soil in the north central United States. *Soil Science* 151(4): 282–290.
- Heikurainen, L. 1955. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände auf Moorböden im Laufe des Jahres. *Selostus: Rämemänniköiden juuriston vuodenajoittaisista muutoksista. Acta Forestalia Fennica* 65(2). 70 s.
- Helmisaari, H-S., Lehto, T. & Makkonen, K. 1998. Hienoituksen ja maan ominaisuudet. *Julkaisussa: Mätkönen, E. (toim.). Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 691: 161–170.
- Heiskanen, J. 1990. Näyteliierön täyttötavan vaikutus kasvuturpeen vedenpidätyskykyyn. *Summary: The effect of sample handling on the water retention of growth peat substrate. Suo* 41: 91–96.

- 1993. Variation in water retention characteristics of peat growth media used in tree nurseries. Tiivistelmä: Taimitarhoilla käytettyjen kasvuturpeiden vedenpidätystunnusten vaihtelu. *Silva Fennica* 27: 77–97.
- & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 424. 32 s.
- Huang, E.Z. & Schoenau, J.J. 1997. Seasonal and spatial variations in soil nitrogen and phosphorus supply rates in a boreal aspen forest. *Canadian Journal of Soil Science* 77: 597–612.
- Ilvesniemi, H. 1991. Spatial and temporal variation of soil chemical characteristics in pine sites in southern Finland. *Silva Fennica* 25(2): 99–108.
- ISO 7150/1. 1984. Water quality – Determination of ammonium – Part 1: Manual spectrometric method. 1st ed. 7 s.
- Johnson, C.E., Johnson, A.H. & Huntington, T.G. 1990. Sample size requirements for the determination of changes in soil nutrient pools. *Soil Science* 150(3): 637–644.
- Kalela E. K. 1955. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. *Selostus: Männikön juurisuhteiden kasvukautisesta vaihtelusta*. *Acta Forestalia Fennica* 65(1). 42 s.
- Klute, A. (toim.) 1986. Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical methods. 2nd ed. *Agronomy 9*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisc. 1188 s.
- Kouki, J. & Hokkanen, T. 1992. Long-term litterfall of a Scots pine (*Pinus sylvestris*) stand: relation to temperature factors. *Oecologia* 89: 176–181.
- Kubin, E. 1978. Kasvimateriaalin typpipitoisuuden määrittämisestä. *Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita* 7. 21 s.
- Laurén, A. & Heiskanen, J. 1997 Physical properties of the mor layer in a Scots pine stand. I Hydraulic conductivity. *Canadian Journal of Soil Science* 77: 627–634.
- Lehtonen, I. 1977. Ravinteiden kierto eräässä männikössä: III Maaperän, kasvillisuuden ja sadeveden ravinnepitoisuuksien vaihtelu kasvukauden aikana. *Silva Fennica* 11(3): 184–194.
- , Westman, C.J. & Kellomäki, S. 1976. Ravinteiden kierto eräässä männikössä: Kasvillisuuden ja maaperän ravinnepitoisuuksien vaihtelu kasvukauden aikana. *Silva Fennica* 10(3): 182–197.
- Lundell, Y. 1987. Nutrient variation in forest soil samples due to time of sampling and method of storage. *Plant and Soil* 98(3): 363–375.
- Lundmark, J.-E. 1978. Exempel på hur jordprovshanteringen kan påverka de kemiska analysresultaten. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*. Supplement 12: 76–80.
- Makkonen, K. 1986. Metsämaan kasvukautinen ravinteisuuden vaihtelu. *Pro gradu*. Joensuun yliopisto, biologian laitos. 49 s.

- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 1994. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Programme Coordinating Centre West, Federal Research Centre for Forestry and Forest Product (BFH), Hamburg, Germany and Programme Coordinating Centre East, Forestry and Game Management Research Institute (VULHM), Praha, Czech Republic. 177 s.
- Mroz, G.D. & Reed, D.D. 1991. Forest soil sampling efficiency: Matching laboratory analyses and field sampling procedures. *Soil Science Society of America Journal* 55: 1413–1416.
- Munsell Soil Color Charts 1994. Revised edition. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, New Windsor, New York, USA.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5). 87 s.
- , Derome, J., Kukkola, M., Kytö, M., Saarsalmi, A. & Vuorinen, M. 1997. Imbalanced forest nutrition – vitality measures. Final report. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksessa. 58 s.
- , Derome, J., Fritze, H., Helmisaari, H.-S., Kukkola, M., Kytö, M., Saarsalmi, A. & Salemaa, M. 1998. Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. (painossa)
- Niskavaara, H., Reimann, C., Chekushin, V. & Kashulina, G. 1997. Seasonal variability of total and easily leachable element contents in topsoils (0–5 cm) from eight catchments in the European Arctic (Finland, Norway and Russia). *Environmental Pollution* 96(2): 261–274.
- Nykvist, N. & Skjellberg, U. 1989. The spatial variation of pH in the mor layer of some coniferous forest stands in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4(1): 3–11.
- Paavolainen, L. & Smolander, A. 1998. Nitrification and denitrification in soil from a clear-cut Norway spruce (*Picea abies*) stand. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 775–781.
- Pahkinen, E. & Lehtonen, R. 1989. *Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi*. Gaudeamus. 286 s.
- Priha, O. & Smolander, A. 1995. Nitrification and denitrification and microbial biomass N in soil from two N-fertilized and limed Norway spruce forests. *Soil Biology & Biochemistry* 27: 305–310.
- Ross, D.S., Wilmot, T.R. & Larsen, J. 1994. Testing sugarbush soils: Effects of sample storage and drying. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25(17–18): 2899–2908.
- Saarsalmi, A. 1998. Neulaskarikkeen määrä eräässä OMT-kuusikossa vuosina 1994 ja 1995. Ennakkotieto. Metsäntutkimuslaitos.
- Skjellberg, U. 1990. Correlation between pH and depth in the mor layer of a *Picea abies* (L.) Karst. stand on till soils in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5(2): 143–153.

- Smolander, A. & Mälkönen, E. 1994. Microbial biomass C and N in limed soil of Norway spruce stands. *Soil Biology & Biochemistry* 26(4): 503–509.
- , Kurka, A., Kitunen, V. & Mälkönen, E. 1994. Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil of repeatedly limed and N- and P-fertilized Norway spruce stands. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 957–962.
- , Kitunen, V., Priha, O. & Mälkönen, E. 1995. Nitrogen transformations in limed and nitrogen fertilized soil in Norway spruce stands. *Plant and Soil* 172: 107–115.
- Soil Survey Staff 1992. Keys to soil taxonomy. SMSS technical monograph No. 19. Pocahontas Press Inc., Blacksburg, Virginia, USA. 5th ed. ISBN 0-936015-39-X. 556 s.
- Starr, M. 1998. Ympäristön yhdenntetyn seurannan aineistot. Metsäntutkimuslaitos.
- Sutinen, R., Heiskanen, J., Hyvönen, E., Hänninen, P., Mäkitalo, K., Pulkkinen, E., Päänttjä, M. & Sutinen, M.-L. 1996. Pine-spruce composition follows till moisture and geochemistry patterns in Lapland. *EFI News* 6: 20–30.
- Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. *Folia Forestalia* 777. 40 s.
- 1998a. Maaperätekijät. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.) Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman lopuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691: 64–75.
- 1998b. Maaperätunnusten maastoarvioinnin tarkkuus. Käsikirjoitus Metsätieteen aikakauskirjaan. 30 s.
- & Starr, M. 1994. Bulk density of forested mineral soils. *Silva Fennica* 28(1): 53–60.
- Troedsson, T. & Tamm, C.O. 1969. Small-scale spatial variation in forest soil properties and its implications for sampling procedures. *Studia Forestalia Suecica* 74. 30 s.
- Viro, P.J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stoniness. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(3). 23 s.
- 1958. Suomen metsämaiden kivisyydestä. Summary: Stoniness of forest soil in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(4). 45 s.

Liite I. Maanäytteenotto lannoituskokeilta.

Maantutkimuksen pysyviltä kokeilta on otettu maanäytteitä vuodesta 1965 lähtien (humuskerros ja 0–30 cm) ja täysin säännöllisesti vuodesta 1978 lähtien (humuskerros ja 0–10 cm).

Näytteet kerätään mahdollisimman tasaisesti 15–25 pisteestä humussynterillä (lpm 56–58 mm) ja kivennäismaasta ns. T-kairalla (lpm 21–23 mm). Ensimmäisellä näytteenottokerralla määritetään myös kivisyys Viron (1952, 1958) painamismenetelmällä.

Mittauspisteiden (15–25) välit ovat esim. 30 m • 30 m:n koealalla 10 m • 6 m (15), 9 m • 5 m (20) tai 6 m • 6 m (25). Ensimmäinen mittauslinja alkaa puolen linjavälin (5, 4,5 tai 3 m) päästä koealan sivusta ja ensimmäinen näytepiste on puolen näytepistevälin (3, 2,5 tai 3 m) päässä lähtösivusta.

Humusosanäytteitä pyritään ottamaan aina vakiolukumäärä. Jos näytteenottopiste on poikkeava – esim. pystypuu, maapuu, kanto, muurahaispesä tai kuorikasa, paikkaa siirretään linjan suunnassa 0,5 m. Sen sijaan näytepisteen osuessa kiven tai polun kohdalle, jossa ei ole humuskerrosta, näytepistettä ei siirretä, vaan havainto otetaan mukaan 0-havaintona. Mikäli koealalta on otettu aikaisempia näytteitä, sijoitetaan uudet näytepisteet vähintään 0,5 m:n päähän entisistä pisteistä.

Osanäytteet kivennäismaasta pyritään ottamaan täsmälleen mitalla tai askelilla määritetystä näytepisteestä, mutta kuitenkin enintään 2 m:n säteellä tästä pisteestä. Jos T-kairanäytteitä ei kivisyyden takia saada tasaisesti koko koealalta, näytteet otetaan lapiolla esim. nettokoealan kulmista ja sivujen keskipisteistä eli 8 pisteestä, mutta vähintään 0,5 m:n päästä aikaisemmista näytepisteistä.

Liite 2. Maanäytteenotto VMI 8:n pysyviltä näytealoilta.

VMI 8:n näytealoilta otettiin maanäytteitä vuosina 1986–89 ja 1995. Näytteet otettiin vain niiltä näytealoilta, joilla orgaanisen kerroksen paksuus oli alle 15 cm, ts. mukaan tuli vain kangasmaita tai ohutturpeisia soita. Näytteet koottiin 300 m²:n näytealan ulkopuolelta 11 m:n säteellä keskipisteestä. Näytepisteet (10 kpl) määritettiin 36 asteen välein. Orgaanisen kerroksen paksuudesta riippuen kustakin näytepisteestä otettiin 1, 2 tai 3 humusosanäytettä varsinaisesta pisteestä ja 1 m:n päästä siitä tangentin suunnassa. Näytepisteestä otettiin osanäytteitä seuraavasti:

humuskerroksen paksuus, mm	1–20	21–100	yli 100
osanäytteitä/näytepiste	3	2	1

Kivisyys mitattiin aina otettaessa humusosanäyte. Kivennäismaasta näytteet koottiin 5 näytepisteeseen kaivetusta kuopasta. Vuosina 1986–89 näytteitä otettiin näistä kuopista kerroksista 0–5, 5–20 ja 20–40 cm ja vuonna 1995 kerroksista 0–5, 5–10, 10–20 ja 20–40 cm. Vuosina 1986–89 yksi kuoppa syvennettiin, ja otettiin näyte kerroksesta 60–70 cm. Samalla tästä syvästä kuopasta otettiin näytteet yli 2 cm paksuista maannoshorisonteista. Jos näyteala osui kahdelle tai useammalle maaperäkuviolle, näytteet pyrittiin kokoamaan vain pääkuviolta. Kaikkiaan 488 näytealasta 14:ltä otettiin kontrollinäytteet.

Liite 3. Maanäytteenotto ympäristön yhdennetyn seurannan aloilta.

Seuranta-alat, yleensä $40\text{ m} \cdot 40\text{ m}$, on jaettu 100 m^2 :n neliöihin (16) ja ne edelleen 1 m^2 :n ruutuihin (1600). Kullakin näytteenottokerralla poimitaan systemaattisesti n :s pikkuruutu (1 m^2) kustakin 16 neliöstä (100 m^2). Kustakin pikkuruudusta otetaan rinnakkain 4 osanäytettä humuskerroksesta ja kivennäismaakerroksesta 0–5, 5–20 ja 20–40 cm näytesylinterillä ja T-kairalla. Kullakin näytteenottokerralla otetaan siis 4 koko näytealaa edustavaa kokoomanäytettä kaikista em. kerroksista. Seuraavalla näytteenottokerralla siirrytään seuraaviin, $n+1$:s, pikkuruutuihin. Maanäytteet otetaan näin vain vähäkivisiltä seuranta-aloilta.

Liite 4. Maanäytteenotto metsäekosysteemin intensiivisen seurannan aloilta (ICP Forests Level II).

Maanäytteet otettiin seuranta-aloilta säännöllisesti sijoitettujen sadevesikeräinten (20 kpl) kohdilta ennen niiden asentamista. Sylinterillä (lpm 58 mm) otettiin 4 (ohuista 8) humusnäytettä ja yksi kivennäismaanäyte lapiolla tai näytteenottomella kerroksista 0–5, 5–10, 10–20 ja 20–40 cm. Osanäytteet yhdistettiin laboratoriossa näytealoittain seuraavasti: 1+5+9+13+17, 2+6+10+14+18, 3+7+11+15+19 ja 4+8+12+16+20, missä numerot edustavat yksittäisiä sadevedenkeräimiä. Näin muodostui neljä kokoomanäytettä. Kerroksen 40–80 cm näyte ja määrätilavuiset näytteet (0–5, 5–10 ja 40–50 cm) otettiin profiilikuopasta, josta kuvattiin myös maannos ja otettiin horisonttinäytteet.

Liite 5. Mallilomakkeita. a) Kuviolomake.

Kuviolomake	Sijainti	Topografia	Maa- ja kasvupaikka	Puusto	Näytelkm																									
Alue / Koe / Ryvä	Näyteala	Ryhmittäjä	Pv	Kk	Vs	P-koordinaatti, 10 m	I-koordinaatti, 10 m	Korkeus mpy, 10 m	Makrotopografia	Korkeusero, 10 m	Mesotopografia	Kaltevus, m/20 m	Kallsuunta, 1-60	Geol. muodostuma	Maaperän paksuus	Avokalliot	Lohkaaret (>2 m)	Suosammaleet	Kosteus	Homogeenisuus	Maaluokka	Kasvupaikkatyyppi	Kehtysluokka	Männyn paa. m ²	Kuusen paa. m ²	Lehtipuiden paa. m ²	Hunus-/urvenäyte	Kiv. maa. ei tilavuu	Kiv. maa. tilavuu	Horisonttinäytteet
					</																									

Liite 5. Mallilomakkeita. b) Näytealalomake.

Näytealalomake

AlueRyvä/Koe		Näyteala		Ryhmänjohtaja	
Nro	Rassi, cm	Humuslaji	Paksuus, mm	Lpm ¹⁾ , mm	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Näytepiste	Kerroksen nro	Humuslaji	FAOn maannos	Horisontti	Selvyys	Paksuus, cm	Keskiraekoko	Lajittuneisuus
1								
2								
3								
4								
5								
6								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Horisontti

O(fh) Kangashumus tai mullas

H1-H3 Turve, maatuneisuus

Ah Multa, Ap Muokkauskr

E Huuhtoutumis-, Eh Kaskikrs

BC Heikko B

Bh Tummanruskea B

Bm Kovettunut B eli ortstein

Bs Value>=4, Chroma>=4

Bhs Value<=3, Chroma<=3

Bw Cambic B, savea>8 %, Sa...hHt, sekundaarirakenne

C Pohjamaa

Cg Siniharmaa gleikerros

K Kivi, R Kallio, W Vesi

1,2,3 Kerrosten erottimia

Selvyys

1 Heikko

2 Melko selva

3 Selva

Keskiraekoko

1 Savi

2 Hiesu

3 Hieno hietä

4 Karkea hietä

5 Hieno hiekka

6 Karkea hiekka

7 Sora

Lajittuneisuus

1 Lajittumaton

2 Hiukan lajitunut

3 Selvästi lajitunut

4 Rapakivisora

1) Sylinterin lpm

Humuslaji

0 Puuttuu

1 Kangashumus

2 Mullas

3 Multa

4 Turve

5 Turvemulta

FAOn maannos

0 Histosol (turve>40 cm)

1 Anthrosol (hairintynyt)

2 Leptosol (kallio<30 cm)

3 Fluvisol (tulvakerrostuma)

4 Gleysol (Cg/pohjavesi<50 cm)

5 Arenosol (karkea kehittymätön)

6 Regosol (hieno kehittymätön)

7 Carbic Podzol (E+Bh)

8 Cambic Podzol (Ah+B(h)s)

9 Ferric/Haplic Podzol (E+B(h)s)

10 Cambisol (Ah+Bw)

Liite 5. Mallilomakkeita. c) Profiililomake.

Profiililomake

A/luokka/ryvä	Näyte- ala	Ryhmän- johtaja	Näytepi- stie	Humuslaji	FAOn maanos	Kuoppa	Krs	Näyte- koodi	Horisontti	Selvitys	u	Keskiraekoko	Lajittuneisuus	Kivisyys, 10 %	Kovuus	Rakenne	Ruostetäplät	Hue	Value	Chroma	Huomautukset
							1														
							2														
							3														
							4														
							5														
							6														
							7														
							8														

Humuslaji
0 Puuttuu tai alle 1 cm
1 Kangashumus
2 Mullas
3 Multa
4 Turve
5 Turvemulta

FAOn maanos
0 Histosol (turve<40 cm)
1 Anthrosol (häiriintynyt)
2 Leptosol (kallio<30 cm)
3 Fluvisol (tuivakerrostuma)
4 Gleysol (Cg/pohjavesi<50 cm)
5 Arenosol (karkea kehitymäton)
6 Regosol (hieno kehitymäton)
7 Carbic Podzol (E+Bh)
8 Cambic Podzol (Ah+B(h)s)
9 Ferric/Haplic Podzol (E+B(h)s)
10 Cambisol (Ah+Bw)

Horisontti
O(h) Kangashumus tai mullas
H1-H3 Turve, maatuneisuus
Ah Multa, Ap Muokkauksr
E Huuhtoutumis-, Eh Kaskikrs
BC Heikko B
Bh Tummanruskea B
Bm Kovettunut B eli ortstein
Bs Value>=4, Chroma>=4
Bhs Value<=3, Chroma<=3
Bw Cambic B, savea>8 %, Sa...hT, sekundaärirakenne
C Pohjamaa
Cg Siniharmaa gleikerros
K Kivi, R Kallio, W Pohjavesi
1,2,3 Kerrosten erottimia

Selvitys
(Eroittuvuus)
1 Heikko
2 Melko selvä
3 Selvä

Keskiraekoko
1 Savi
2 Hiesu
3 Hieno hietä
4 Karkea hietä
5 Hieno hiekka
6 Karkea hiekka
7 Sora

Kovuus
1 Pehmeä
2 Melko pehmeä
3 Melko kova
4 Kova
5 Erittäin kova

Rakenne
0 Ei sekund. rakennetta
1 Mururakenne
2 Muu (levy, pylväs, prisma)
3 Yksittäisiä kovettumia

Ruostetäplät
0 Ei esiinny
1 Heikkoja, pieniä tai vähän
2 Melko selviä keskikokoisia
3 Selviä, isoja tai runsaasti

ISBN 951-40-1676-9
ISSN 0358-4283