METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 308
SUONTUTKIMUSOSASTO

70 VUOTTA



SOIDEN KÄYTTÖ METSÄNKASVATUKSEEN

Suontutkimusosasto 60 vuotta

Erkki Ahti (toim.)

Vantaa 1988

Kansikuva: **MML Kimmo Paarlahti Jaakkoinsuon 75-vuotisretkeilyllä 26.9.1984. Valok. Erkki Oksanen.**

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 308
Suontutkimusosasto

SOIDEN KÄYTTÖ METSÄNKASVATUKSEEN

Suontutkimusosasto 60 vuotta

Toimittanut
Erkki Ahti

Vantaa 1988

Kirjoittajien osoitteet

Ahti, E.
Kolari, K.K.
Nousiainen, H.
Paavilainen, E.
Pätilä, A.
Reinikainen, A.
Silfverberg, K.
Veijalainen, H.
Vuollekoski, M.

Metsäntutkimuslaitos
Suontutkimusosasto
PL 18
01301 Vantaa

Kaunisto, S.
Saarinen, M.

Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema
39700 Parkano

Finer, L.
Hotanen, J.-P.
Salo, K.

Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimusasema
Yliopistokatu 7
PL 68, 80101 Joensuu

Ferm, A.
Hytönen, J.

Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44, 69101 Kannus

Issakainen, J.
Moilanen, M.

Metsäntutkimuslaitos
Muhoksen tutkimusasema
91500 Muhos

Penttilä, T.

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema
PL 16, 96300 Rovaniemi

Huikari, O.

Ruusankatu 3 A
00250 Helsinki

Päivänen, J.

Helsingin Yliopisto
Suometsätieteen laitos
Unioninkatu 40 B
00170 Helsinki

Paarlahti, K.

Kuollut 10.8.1988

SISÄLLYS

Alkusanat (Paavilainen) 4

1. SOIDEN LUOKITUS METSÄNKASVATUSTA VARTEN (Reinikainen-Hotanen) 5

2. METSÄOJITUS

21. Hydrologia ja turpeen vesitalous (Ahti) 29
22. Metsäojitusmenetelmien kehitys (Huikari) 40
23. Kunnostusojitus (Ahti-Päivänen-Vuollekoski) 46

3. TURVEMAIDEN LANNOITUS

31. Turvemaiden ravinnevarat ja ravinteiden kierto (Kaunisto-Finer) 56
32. Lannoitustarpeen määritys (Reinikainen) 68
33. Pääravinnelannoitus (Moilanen-Penttilä) 85
34. Hivenlannoitus (Veijalainen) 102
35. Tuhkalannoitus (Silfverberg) 106
36. Kalkitus (Kaunisto) 116
37. Ravinteiden huuhtoutuminen (Ahti) 120

4. SUOMETSIEN HOITO

41. Suometsien uudistaminen (Kaunisto) 125
42. Koivu ojitetuilla soilla (Ferm) 133
43. Lyhytkiertoviljely (Hytönen) 143
44. Turvetuotantoalueiden suopohjien käyttö metsätaloudessa (Saarinen) 148

5. SUOMETSIEN TILA

51. Suoekosysteemien seurantajärjestelmä (Nousiainen) 156
52. Luonnontilaisten soiden puustot (Päivänen)..... 169
53. Suopuustojen kehitys 1951-1984 (Paavilainen) 173
54. Suometsien tuotos vanhoilla kestokoe-aloilla (Paarlahti) 180

6. SOIDEN MONIKÄYTTÖ

61. Marjat ja sienet (Salo) 187
62. Riista (Issakainen) 199

7. ERITYISKYSYMYKSIÄ

71. Suopuustojen kasvuhäiriöt (Kolari) 207
72. Happamuus - suon ainekiertojen avain? (Pätilä) 214

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto on vuodesta 1928 lähtien tutkinut soiden metsätaloudellisen käytön perusteita. Kuluneiden kuuden vuosikymmenen aikana on osastolla harjoitetun tutkimustyön tuloksena syntynyt yli 500 tieteellistä julkaisua. Tutkimuksia varten perustettuja kenttäkokeita oli vuoden 1987 lopussa 1440 kpl, yhteiseltä pinta-alaltaan 5350 ha. Viime vuosikymmenen aikana ovat myös laboratorio- ja kasvihuonetutkimukset merkittävästi lisääntyneet uusien tutkimusasemien perustamisen myötä. Kansainvälistä yhteistyötä on ollut kaikkien niiden maiden kanssa, joissa soiden ja soistuneiden kankaiden metsäojitusta on edes koemielessä harrastettu.

Suontutkimusosaston tärkein tehtävä on tuottaa käytännön metsätaloudelle luotettavia tutkimustietoja. Tehtävä on vaativa pelkästään metsänparannustoiminnan laajuuden vuoksi, onhan metsäojitettujen soiden ja soistuneiden kankaiden pinta-ala Suomessa jo yli 5,7 miljoonaa hehtaaria. Ojitusalueiden vanhetessa syntyy myös uusia ongelmia. Ojastojen kunto heikkenee, metsän uudistaminen kohtaa usein vaikeuksia, ravinnetalousongelmat voivat haitata puuston kehitystä jne. Vain hyvässä yhteistyössä käytännön metsätalouden kanssa pystytään löytämään oikeat ratkaisut kulloinkin esiin tuleviin pulmiin.

Tutkimuksen ja käytännön yhteinen saavutus on, että suometsiemme vuotuinen kasvu on lisääntynyt metsänparannustoimenpiteiden vaikutuksesta tähän mennessä ainakin 7 milj. m^3:llä. Kun suontutkimusosasto nyt viettää 60-vuotisjuhlaansa, haluamme yhteistyöstä kiittäen omistaa tämän julkaisun turvemaiden metsänparannustoiminnasta vastanneille sekä sitä tällä hetkellä johtaville ja toteuttaville käytännön metsätalouden edustajille.

Vantaalla 9.8.1988

Eero Paavilainen

1. SOIDEN LUOKITUS METSÄNKASVATUSTA VARTEN

Antti Reinikainen ja Juha-Pekka Hotanen

11. Suoluokituksen kehitys

111. Varhaishistoriaa

Alkuperäinen suomenkielinen suosanasto todistaa kansan osuvista oivalluksista ympäristönsä vallitsevien luonnonelementtien jäsentelyssä. Suotieteen käsitteiksi ja oppisanoiksi on ollut helppo hyväksyä kansan kieltä, koska keskeiset sanat (esim. räme, korpi, neva, aapa, keidas, luhta jne.) ovat laajoilla alueilla olleet yksiselitteisiä. Siksi ne merkitsevät tämän päivän tieteessä edelleen jotakuinkin samaa kuin kansanperinteessä. Uudisnimien tarve tyypittelyssä on ollut vähäinen. Raivaajakansan tarkkanäköisyys luokituksessa on tietenkin ensisijaisesti palvellut hyötynäkökohtia, mutta epäilemättä suomenkielen ja sen käyttäjien luonteen yhdistelmänä syntyvä, kaikkeen kohdistuva analyyttinen nimittelyvimma on rikastuttanut tulosta. Vanhimpia systemaattisia, hyviä ja hyödyllisiä suotietoja lienee rahkasoihin ja mutasoihin jako, johon sisältyvä rajanveto yleisemminkin kuvaa etnisen suotiedon ekologista sattuvuutta.

Tieteellisen suoluokituksen alkuun saattamisesta kunnia täytynee antaa kasvimaantieteilijöille. Soiden maatalouskäytöstä kiinnostuneet piirit kehittivät tosin jo toista sataa vuotta sitten rahkasuo-mutasuo/ Hochmoor-Flachmoor/mosse - kärr -jakoa luokituskriteereinä turpeen ominaisuudet. Myös erilaisten soiden metsätaloudellisesta käyttöarvosta on Keski-Euroopassa, Skandinaviassa ja Venäjällä runsaasti varhaisia kirjoituksia, kuten esim. Tantun (1915) ja Melinin (1917) kokoamat viitteet osoittavat. Silti Fennoskandian soiden monimuotoisuus alkoi toden teolla avautua vasta kasvillisuuden ja kasviston alueellisuuden noustua tutkimuson-

gelmaksi. Mm. Hultin, Sernanderin ja eritoten Norrlinin 1870-80-luvuilla julkaistut tutkimukset helpottivat paljon matkustelleen A.K. Cajanderin näkemyksen muotoutumista. Kehitys johti "Studien über die Moore Finnlands" -teoksen ilmestymiseen 1913.

112. Löytöretkeilystä tieteeksi

Cajanderin rakentaman suoluokituksen ansiot ovat monet. Metsätalouden kannalta oli tärkeintä, että tekijä itse asetti luokitusjärjestelmän keskeiseksi tavoitteeksi soiden metsätaloudellisen käyttöarvon ilmentämisen ja ymmärsi tämän sisältävän muutakin kuin ojituksenjälkeisen tuottokyvyn. Cajanderin oma oivallus ja kiinteä yhteistyö metsätalousmiesten, erityisesti Antti Tantun kanssa johti siihen, että suotyyppijärjestelmän metsällinen soveltaminen tapahtui ilman tutkimustulosten käytäntöön siirtämiselle ominaista viivettä. Tieteellisesti ansiokasta oli luokituksen rakentaminen metsätyyppiteorian pohjalle, josta näin tuli selkäranka koko metsälliselle kasvupaikkasystematiikalle. Toisaalta Cajanderin työ johti suomalaisen suoluokituksen alusta asti omalle tielleen, eroon muista koulukunnista.

Metsä- ja suotyypittelyämme on tapana kutsua 'kasvisosiologiseksi'. Sitä se ei tarkasti ottaen ole, vaan perusteiltaan ekologinen ja metsätaloudessa tavoitteeltaan käytännöllinen luokitus, jossa kasviyhdyskuntien rakennetta ja koostumusta käytetään työvälineenä. Ekologisuus korostuu suoluokituksessa (ks. esim. Tuomikoski 1950, Eurola ja Holappa 1984). Se näkyy suotyyppien monilukuisuutena ja järjestelmän moniulotteisuutena, kun vertailukohteena on metsätyyppisarja. Cajander, joka aloitteen tehtyään jätti soiden luokituksen kehittämisen toisten tehtäväksi, ei tältä osin juurikaan syventynyt metsätyyppiteoriassa keskeisiin sukkessiokysymyksiin. Hyvin tietoisena soistumisesta ja soiden kehityksestä, johon mm. tiesi kuuluvan suotyypin muuttu-

misen toiseksi, hän hyväksyi suotyypin kasviyhdyskunnan arvoiseksi ja siten metsätyypin veroiseksi kasvupaikkansa biologisen ja taloudellisen arvon kuvastajaksi.

Cajanderin suotyyppien metsätaloudellinen testaaminen alkoi siis välittömästi, osin jo ennen suoluokituksen julkistamista. Vilppulan Jaakkoinsuon koeojitusalueen perustamisesta 1908-09 voidaan katsoa soiden metsätaloudellisen luokitustutkimuksen kokeellisen vaiheen alkaneen. Antti Tantun suunnittelema ojituskoe, johon liittyi huolellinen suon lähtötilanteen kartoitus mm. cajanderilaisten suotyyppien mukaan, kypsyi sopivasti 1920-luvulla tuottamaan mitattavaa nuorelle Metsäntutkimuslaitokselle ja siellä viriävälle suontutkimukselle. O.J. Lukkalan johdolla käynnistettiin suotyyppien ojitussukkession seuranta. Jaakkoinsuon kasvukoealat, jotka oli perustettu 1915, mitattiin Metsäntutkimuslaitoksen toimesta 1925, ja suontutkimusosaston perustamisvuonna 1928 suon kasvillisuus kartoitettiin ensi kertaa ojituksen jälkeen ja kasvillisuuden muutosten seurantaan koealoilla ryhdyttiin. 1920-luvulla muitakin metsähallinnon tutkimustarkoituksessa perustamia ojituskokeita siirtyi Metsäntutkimuslaitoksen hoitoon (mm. Vesijako, ensiojitus 1905, Yläneen Leijansuo, ensiojitus 1918-21). Näille ja laitoksen omille kokeilualueille (tärkeimpinä Ruotsinkylä 1926, Solböle 1936, Lapinjärvi 1937, Eurajoki 1933, Niinisalo 1932, Karstula 1932, Pyhäkoski 1930, Teuravuoma 1932, Kivalo 1933, mittausten aloitusvuosi mainittuna) rakennettiin pysyvien kasvukoealojen järjestelmä soiden metsänkasvatuksen perusteiden selvittämiseksi.

Myös kasvillisuuden seuranta kuului alusta asti kestokoealojen työohjelmaan. Niinpä lähes kaikki se tieto, minkä Sarasto (1952, 1957) 1950-luvulla kokosi, analysoi ja valmisti synteesiksi ojitettujen soiden luokituksesta, on peräisin suontutkimusosaston ensimmäiseltä 25-vuotistaipaleelta. Kasvillisuutta noina vuosina kuvanneiden nimilista -

N. Laine, J. Paasio, A. Hirvas, T. Välivuori, Ainikki Välivuori os. Lehmussaari, O.J. Lukkala, E.K.E. Saarinen, J. Sarasto, K.-J. Ahlsved, O. Huikari - heijastelee aihepiirin keskeisyyttä osaston tutkimusohjelmassa. Koealakortit kertovat seurantametodin yksinkertaisuudesta ja yhdenmukaisuudesta; kasvipeitekuvaukset tehtiin Norrlinin menetelmällä, käyttäen lajien runsauden 10-asteikkoa, joka perustuu yksilötiheyteen. Arviot suoritettiin koko koealalta ottaen huomioon lajien erilainen esiintyminen suonpinnan pienmuodoilla.

Kun metsätieteellinen suontutkimus 1920-1950-luvuilla seurasi ja todensi suotyyppien metsäojituskelpoisuutta sekä puustojen ja kasvillisuuden sukkessiota, kasvitieteilijät puolestaan kehittivät luonnontilaisten soiden luokitusta. Mm. Warenin, Kotilaisen ja Lumialan työt kartuttivat tietoa suokasvien ekologiasta ja suokasvillisuuden vaihtelusuunnista, ja esim. Paasio, Tuomikoski ja Heikurainen pitivät kvantitatiivisen, synekologisen kasvillisuustutkimuksen menetelmiä ajan tasalla, jopa kehityksen kärjessä. Tuomikosken (1942) ja Heikuraisen (1953) väitöskirjat sisälsivät paitsi synteesiä suotyyppijärjestelmän perusideoista myös ekologisten kasvillisuusgradienttien uudenaikaisen, korrelaatioanalyysiin perustuvan selittämisen ajatusmallin, joka myöhemmin, tietokoneiden tultua huomattavasti helpotti monimuuttujamenetelmien soveltamista suokasvillisuustutkimuksiin.

Järjestelmällisen suontutkimuksen alkuvuosikymmeninä yhteydet suometsätieteen ja -kasvitieteen välillä olivat kiinteät. Lukkalan julkaistua päätuloksensa ja niiden edellyttämät toimintaohjeet suotyyppien metsänkasvatuskelpoisuudesta (Lukkala 1929a, b, 1930, 1939) Kotilainen toi käytännön tasolle mukaan uusimman kasviekologisen tiedon (Lukkala & Kotilainen 1945). Myös maataloudellisen viljelykelpoisuuden ja metsäojituskelpoisuuden tutkimus olivat tuol-

loin pysyvässä vuorovaikutuksessa.

Suontutkimusosaston nuori assistentti Olavi Huikari oli yli-oppilaana työskennellyt soiden viljelykelpoisuuden arvioitsijana ja kouluttanut luokittajia tähän työhön. Hän tunsi tarkan kasvitieteellisen luokituksen ekologiset edut, mutta oli myös todennut järjestelmän vaikeuden käytännössä. Täsmentäen metsätaloudellisen suoluokituksen tavoitteita Huikari (1952) yhdisti kasvitieteellisiä suotyyppejä ojituksenjälkeisen tuottokyvyn mukaisiksi ryhmiksi ja pyrki määrittelemään näiden uusien kasvupaikkatyyppien tuntomerkit siten, että luokitustehtävästä suoriutui oleellisesti vähemmällä kasvintuntemuksella, mikäli tunsi soiden ekologisia vaihtelusuuntia ja osasi jäsentää niitä fysiognomian perusteella. Huikarin järjestelmä (ks. luku 33, taulukko 1), joka supisti tarvittavien kasvupaikkatyyppien määrän vähimmillään alle kahdenkymmenen, hedelmöitti soiden luokituksen kehitystä usealla tavalla. Paitsi että systeemi omaksuttiin seuraavan 30 vuoden ajaksi, soiden metsänparannuksen tärkeiksi vuosikymmeniksi, laajojen käytännön ratkaisujen ja mm. VMI:n pohjaksi (Ahti 1974) se käynnisti tieteellisen ja käytännöllisen keskustelun luokituksesta. Käyty debatti (ks. esim. Heikurainen 1953b,c, Huikari 1953) selkeytti lopulta cajanderilaisen suoluokituksen käyttötarkoituksemukaista kolmijakoa: käytännöllinen (Huikari 1952, Huikari ym. 1964), metsätieteellinen (Heikurainen 1968), kasvitieteellinen (Cajander 1913, Eurola & Kaakinen 1978, Ruuhijärvi 1983).

Ojitettujen soiden luokituksen vakiinnutti nykyisen käytännön tasolle Sarasto (1957, 1961). Hän päätyi kolmen kuivatusvaiheen (oj, mu, tkg) erottamiseen ja turvekankaiden 4-6 -portaiseen metsätyyppisarjaan osin Cajanderin (1911) ja Tantun (1915) varhaisten hypoteesien ohjaamana, mutta voittopuolisesti oman hankalan väitöskirjatyönsä pohjalta. Saraston vaikeudet olivat ennen muuta menetelmällisiä ja sel-

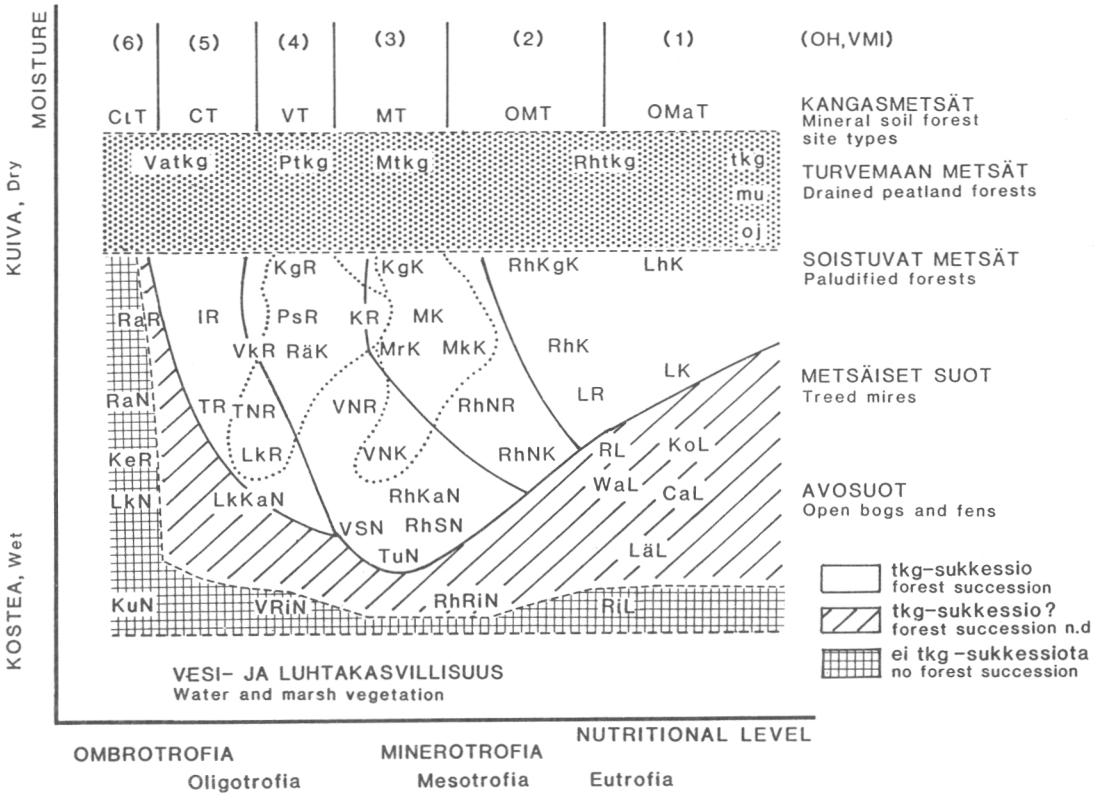
laisina aineiston käsittelyä koskevia. Hän vielä suoriutui tehtävästään varsin epämatemaattisesti noudattamalla omintakeista sovellutusta nk. Upsalan koulukunnan kasvisosiologiasta. Hän toteutti kasvustoanalyysin vallitseviin kasvilajeihin perustuvalla taulukkokorrelaatiomenetelmällä (vrt. Tuomikoski 1942, Heikurainen 1953). Työvoitto heterogeenisen aineiston ryhmittelyssä muuttuma- ja turvekangastyypeiksi kuvasti samalla koko kasvillisuustutkimuksemme menetelmällistä pysähtyneisyyttä, johon ratkaisevia lääkkeitä tuotiin maahan vasta parikymmentä vuotta myöhemmin (Kosonen 1976, Pakarinen 1976).

113. Monimuuttujamenetelmät - soiden luokituksen uudet työvälineet

Sekä soiden luokittelun perusajatus, moniulotteisen ekologisen vaihtelun pelkistäminen käytännössä hallittavaksi että tuon idean toteuttamiseen valittu työväline, lajirikas ja vaihteleva kasvillisuus johtavat laajan aineiston käsittelijän kasautuvaan tiedonhallintaongelmaan. Pienikin koeala-aineisto on kasvillisuustutkimuksissa numeerisesti suuri. Uusimmat ennen ATK-aikaa tehdyt soiden luokittelututkimukset (esim. Heikurainen 1953, Sarasto 1957) piirtävät 'manuaalisen' tiedonhallinnan ylärajaa ja havainnollistavat alan tuolloisia ongelmia. Aineistojen analyysissä joudutaan pysähtymään tasolle, joka jättää tulosten tulkinnan subjektiivisuuskomponentin liian suureksi. Esim. tulosten tilastollista luotettavuutta joko ei voida tarkastella tai yritykset tähän suuntaan jäävät perin kömpelöiksi (ks. esim. Reinikainen 1965). Kasvillisuuden avulla ekologista vaihtelua mittaava tutkimus joutuu 1950-1960 luvulla odottamaan laskentamenetelmiä, jotka vastaisivat sen perusideoiden kehitystasoa. Yhtäläisyysverranteita (ks. esim. Reinikainen 1965) ja monen muuttujan korrelaatioanalyysiä seurasivat kokeilut korrelaatioiden tulkinnasta faktorianalyysin avulla (Suomessa esim. Suominen 1969, Kärenlampi 1972). Mutta

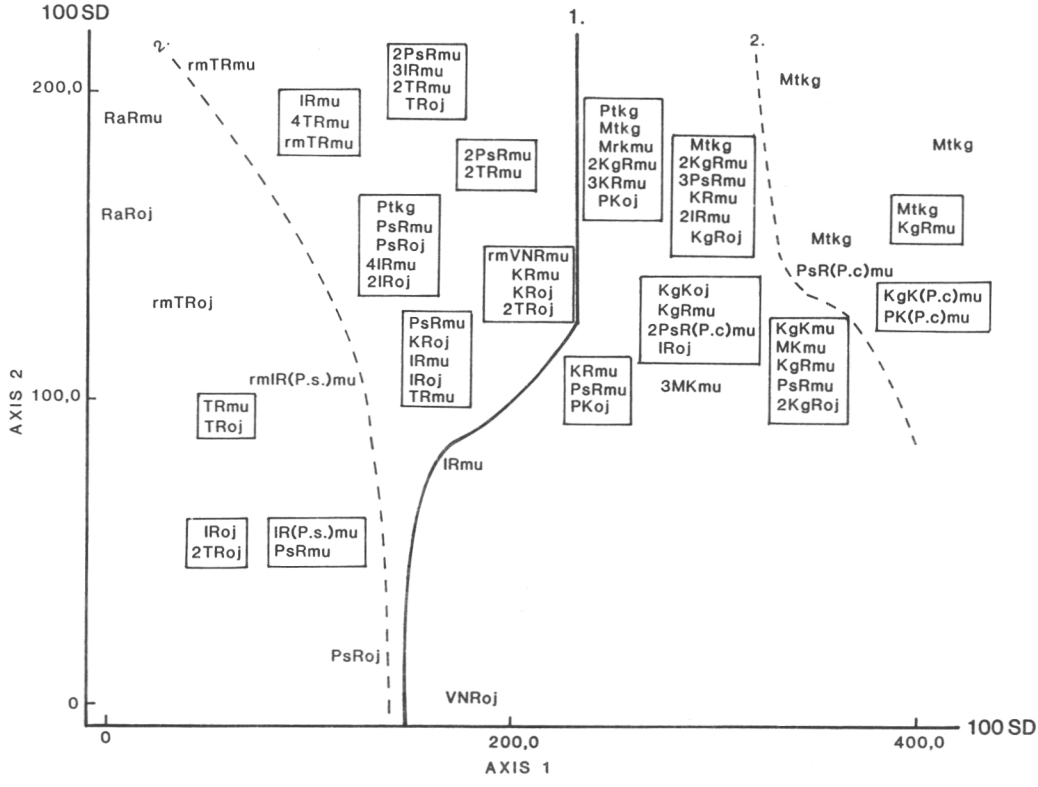
vasta ordinaatio- ja luokitusmenetelmät (ks. esim. Mikkola ym. 1984), jotka lähestyvät kasvillisuuden ja ympäristön monimuuttuja-avaruutta tilastomatemaattisesti ja ilmaisevat tuloksen tilastollisen luotettavuuden, olivat ratkaiseva edistysaskel.

Ordinaatiolla tarkoitetaan koealojen tai lajien järjestämistä yhdelle tai useammalle aineiston päävaihtelusuuntaa kuvaavalle akselille (esim. kuva 1).



Kuva 1. Metsä- ja suotyypit esitettyinä summittain kahden ekologisen päävaihtelusuunnan, ravinteisuuden (x) ja kosteuden (y) koordinaatistossa. Suotyyppien kenttään on rajattu tyyppien todennäköinen ojitustulos (tgk-sukkessio). Numerot (6)-(1) ylimmällä rivillä tarkoittavat Huikarin (1952) esittämiä, kaikkia metsäkasvupaikkoja kattavia kuutta viljavuus- (ravinteisuus)luokkaa, joita esim. VMI käyttää. Esimerkeiksi näistä kasvupaikkaluokista luonnontilaisilla soilla on kenttään rajattu pisteviivalla ne suotyypit, jotka kuuluvat 4. ravinteisuusluokan rämeisiin ('PsR') ja 3. ravinteisuusluokan korpiin ('MK', 'SK').

Useimmiten käytetään kaksi- tai kolmiulotteisia ratkaisuja ja tulokset esitetään kuvina. Samankaltaiset koealat (kuva 2) tai samoin käyttäytyvät kasvilajit tulostuvat kuviin lähekkäin, kun taas toisistaan poikkeavat yksiköt sijoittuvat etäälle toisistaan. Ordinaatiomenetelmät painottavat kasvillisuuden jatkuvan muuttumisen, kontinuumin, huomioon ottamista.



Kuva 2. Pohjoiskarjalaisen räme- ja korpiotoksen (96 näytealaa, Hotanen 1988) kasvillisuusordinaatio. Maastossa määritetyistä suotyypeistä on muodostettu TWINSPAN-luokittelulla (vrt. kuva 3) 29 ryhmää (klusteria), jotka on ordinoitu DCA:lla. 1. akselin (x) ominaisarvo on korkea (0,607) ja se on tulkittavissa 'metsällisen viljavuuden' akseliksi. Toisen akselin (y) ominaisarvo on vähemmän merkitsevä (0,225) ja kyseessä lienee kostea-kuiva- ja sukkessioakseli. TWINSPANin kaksi ensimmäistä jakotasoa on piirretty kuvaan.

Ordinaatiomenetelmillä ei saada lisätietoa maastossa havaittuun alkuperäiseen kasvillisuustaulukkoon, vaan tarkoituksena on tiivistää monimutkaisen kasviyhteisön sisältämää informaatiota hallittaviin ja tulkittaviin mittoihin. Lisäksi ordinaation avulla voidaan selvittää kasvillisuuden ja ympäristötekijöiden välisiä suhteita, sillä ordinaatioakselit voidaan useimmiten tulkita ja nimetä ympäristömuuttujien mukaan; esim. ravinteisuus-, kosteusakseli, jne. Ordinaatiolla voidaan tietenkin tutkia myös kasviyhdyskuntien sisäistä rakennetta kuten esim. lajien ja lajiryhmien välisiä suhteita.

Tärkeässä työvaiheessa, ordinaatioakseleiden tulkinnassa on kaksi päälinjaa: (1) tulkinta kasvilajien tunnettujen ekologisten vaatimusten perusteella, (2) tulkinta objektiivisesti, esim. korreloimalla koealoilla mitattuja ympäristömuuttujia ordinaatioanalyysin tulostamien nk. koealalatauspisteiden kanssa. Suositeltavinta on käyttää näitä molempia rinnan.

Objektiiviset tietokonepohjaiset menetelmät testaavat ja täsmentävät kuvaa suokasvillisuuden moniulotteisesta vaihtelusta. Ordinaatiomenetelmät ovat paljastaneet varsin selvästi sen, tosin usein myös jo maastossa havaitun asian, että suotyypit eivät ole selvärajaisia, ja ne onkin ajateltava vain kiinnekohdiksi ja frekvenssikasautumiksi suokasvillisuuden moniulotteisessa avaruudessa. Tässä yhteydessä on hyvä muistaa, että käytännön tarpeita varten tehty luokitus ei sinänsä ole ristiriidassa mahdollisen kontinuum-ajatuksen kanssa, kunhan mielletään, että luokat ja rajat ovat sopimuksenvaraisia.

Monesti suotyypit esitetään ravinteisuuden ja kosteuden kaksiulotteisessa koordinaatistossa (esim. kuva 1). On tarpeellista huomata - paitsi että tällöin suotyyppien järjestys ravinteisuus- (tai trofia) -akselilla ei edusta suoraan puustoboniteettia -, myös se, että kyseessä ei tällöin ole aito kasvillisuusordinaatio. Käytettäessä kasvillisuusaineistoa ja ordinaatiomenetelmiä soiden päämuo-

tojen eli korpien, rämeiden ja avosoiden samanaikaiseen analyysiin ei kaksiulotteinen ratkaisu riitä. Vaikka ravinteisuusgradientti muodostuukin, se ei ole yksiselitteinen, sillä esim. saman ravinteisuustason nevat ja korvet eivät sijaitse ravinteisuusakselilla samalla tasalla. Vielä vanhojen ojitusalueiden ja jopa turvekangasvaiheen ordinaatioissa kasvupaikan nevasyntyisyys usein paljastuu.

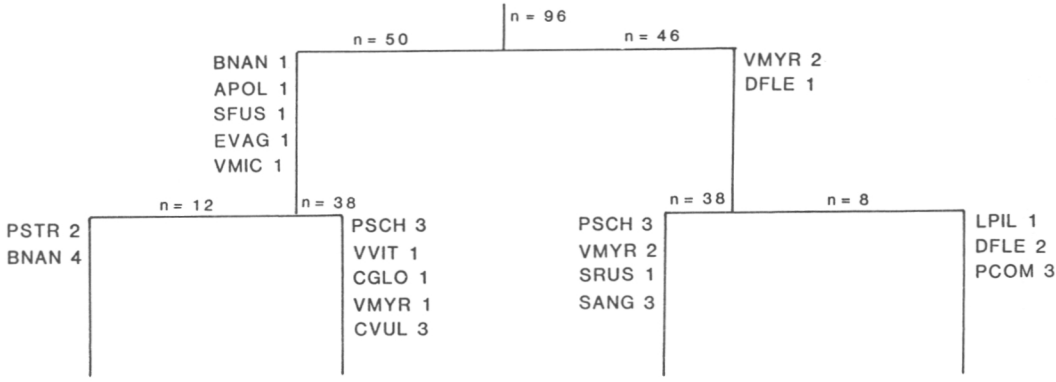
Ordinaatiomenetelmä on käyttökelpoinen myös sukkessiotutkimuksissa. Sillä voidaan mm. objektiivisesti seurata, mitä turvekangas- tai kangasmetsätyyppiä kohti alkuperäisiltä suotyypeiltään tietynlaiset ojitusalat kehittyvät. Tämä suoritetaan käyttämällä samassa analyysissä useana eri ajankohtana tehtyjä ojitusalojen kasvipeitekuvauksia sekä turvekangas- ja metsätyyppien kasvillisuusaineistoja.

Kasvillisuuteen perustuvissa kasvupaikkaluokitustutkimuksissa suositellaan käytettäväksi rinnan sekä ordinaatiomenetelmiä että varsinaisia luokittelevia menetelmiä. Tosin pelkkää ordinaatiotakin voi käyttää näytealojen ja kasvilajien ryhmittelymenetelmänä (= nk. epähierarkkinen luokittelu). Varsinaisilla luokittelumenetelmillä pyritään koealatihentymien ja mahdollisten epäjatkuvuuskohtien paljastamiseen, ts. mahdollisimman objektiiviseen luokitteluun. Luokittelumenetelmät soveltuvat hyvin myös poikkeavien havaintojen identifioimiseen. Monet niistä reagoivat ordinaatiota herkemmin kasvupaikkaluokituksessa tärkeisiin indikaattorilajeihin.

Luokittelumenetelmät voidaan jakaa kokoaviin ja jakaviin. Kokoavassa menetelmässä edetään yksittäisistä koealoista kohti laajempia yksiköitä ja jakavassa menetelmässä aletaan pilkkoa koko koeala-aineistoa pienempiin ryhmiin. Luokittelumenetelmät voidaan myös jakaa useita tuntomerkkejä käyttäviin eli polyteettisiin, esim. kasvilajeja ja niiden runsausarvoja, sekä yhtä tuntomerkkiä, esim. yhtä lajia, käyttäviin eli monoteettisiin menetelmiin. Suokasvillisuudessa polyteettiset menetelmät toimivat paremmin. Esimerkki kokoavasta polyteettisesta menetelmästä on ryväsanalyysi ja ja-

kavasta polyteettisesta menetelmästä mm. TWINSPAN (two-way indicator species analysis) eli kaksisuuntainen indikaattorilajianalyysi. TWINSPANia on käytetty viime aikoina runsaasti, ja sillä saadut tulokset ovat olleet hyvin tulkintakelpoisia.

Varsinaisiin luokittelumenetelmiin kuuluu oleellisena hierarkkisuus. Sitä voidaan tulostuksessa havainnollistaa nk. dendrogrammeilla (kuva 3).



Kuva 3. TWINSPAN -dendrogrammi kuvan 2. näyteala-aineistosta. Piirretty kaksi ensimmäistä jakoa siten, että haarautumiskohtien etäisyydet kuvaavat ryhmän (=klusterin) sijaintia DCA-ordinaation 1. akselin suhteen (vrt. kuva 2). Indikaattorilajit analyysin valitsemine runsauskynnyksineen esitetty lyhentein (esim. BNAN = Betula nana; 1 = lajin runsaus < 2 %, 2 = 2-5 %, 3 = 5-6 %, 4 = 10-20 %).

Tällainen puuta muistuttava kuvio ilmaisee varsin paljon aineiston sisäisistä rakenteista ja koealojen ja/tai lajien keskinäisistä suhteista.

Käytännön ongelmaksi esim. TWINSPANia sovellettaessa tulee helposti, kuinka monta luokkaa tai ryhmää kasvillisuuden avulla lopuksi muodostetaan. Tämä jää yleensä tulkinnan ja näin ollen tutkijan vastuulle. Se voi, ja esim. metsätalouden käytäntöä ajatellen sen tuleekin, perustua myös muihin tunnuksiin, s.o. ravinne- ja puustotunnuksiin jne. Näitä muuttujia testataan saaduissa lukumäärältään vaihtelevissa kasvillisuusluokissa. Kasvillisuusluokilta on edellytettävä, että ne voidaan helposti erottaa myös maastossa luokan keskeisten lajien ja niiden runsauksien avulla. Myös tätä käytännön seikkaa ajatellen hierarkkinen jakava menetelmä tarjoaa hyvän lähtökohdan: oikean luokittelun todennäköisyys on suurin ensimmäisessä eli tärkeimmässä jaossa, ja se vähenee kohti yksityiskohtaisempaa luokittelua.

Ordinaatio- ja luokittelumenetelmät perustuvat tilastomatematiikkaan. Koealojen välistä yhtäläisyyttä tai erilaisuutta mitataan numeerisesti mitä erilaisimmilla yhtäläisyys- ja erilaisuusindekseillä. Syöttötiedoston muodostavat koealat, kasvilajit ja yleensä niiden joku runsausluku, useimmiten peittävyys. Näitä menetelmiä on myös sovellettu käyttämällä lähtöaineistona turpeen ravinteita ja niiden pitoisuuksia (esim. Westman 1987). Näin voidaan esim. lannoitustutkimuksissa varsin helposti verrata, millainen on koekentän homogeenisuus toisaalta pintakasvillisuuden ja toisaalta ravinteisuuden perusteella analysoituna.

Kehittyneimmissäkin monimuuttujamenetelmissä on heikkouksia. Esim. DCA-ordinaatiossa harvinaiset lajit 'äärimmäisillä koealoilla' voivat vaikuttaa huomattavasti ordinaatiotulokseen eikä TWINSPANin kaksihaarainen hierarkkinen luokittelu välttämättä ole luonnollinen, vaan on mahdollista, että koko

aineisto pitäisikin aluksi jakaa kolmeen yhtä tärkeään osaan kahden asemesta. TWINSPANia on myös väitetty liian herkäksi menetelmäksi varsinkin muutoksille nk. jakotasojen lajirunsauskynnysten määrittelyssä. Yleensäkin monimuuttujamenetelmillä saatujen tulosten tulkinnassa on hyvä säilyttää mukana terve maalais- tai kaupunkilaisjärki.

Onnistuminen monimuuttujamenetelmien käytössä edellyttää paitsi pätevää otantaa maastossa myös aineiston tarkkaa tuntemista. Suomen turvemaiden luokituksessa, joka on pitkään tutkittu ja hyvin tunnettu ala, ordinaatio- ja luokittelumenetelmät voivat antaa tutkimukselle arvokkaan objektiivisuuslisän. Suurten aineistojen käsittelyssä ne nykyisin ovat välttämättömiä. Esim. suontutkimusosastolla tehtävän ojitusalueiden luokittelututkimuksen sekä valtakunnan metsien inventoinnin kasvillisuus- ja kasvupaikkatutkimusten kannalta uudet ATK-menetelmät merkitsevät usean vuosikymmenen kuluessa kertyneen tutkimuspaineen helpottumista.

12. Nykyinen luokitus ja luokitustutkimuksen haasteet

121. Luonnontilaiset suot

Metsätaloudellinen tavoite luonnontilaisten soiden kasvupaikkaluokituksessa on määritellä kasvualustan tarjoamat puunkasvatuksen edellytykset. Suometsätalouden rajaehtojen toinen pääkomponentti, ilmasto voi sekin kuvastua suotyypissä, mutta ensisijaisesti ilmastolliset edellytykset päätellään suopuolella maantieteellisen sijainnin ja siihen liittyvien tekijäin (metsäojitusvyöhyke tai leveysaste, korkeus m.p.y., lämpösumma) perusteella. Tarkimpaan ennusteeseen ojituksenjälkeisestä tuottokyvystä päästään integroimalla näitä komponentteja metsäojitusboniteeteiksi (Lukkala 1929, Heikurainen 1980) tai viljavuusindekseiksi (Heikurainen 1973, 1980).

Suotyypittely on prosessi, jossa kasvupaikka kasvillisuutensa perusteella sijoitetaan oikealle kohdalleen soiden ekologisten vaihtelusuuntien koordinaatistossa (kuva 1). Päävaihtelusuuntia on kolme (Eurola & Kaakinen 1978): (1) suhde ravinteisuuteen (ombrotrofia) -> (minerotorofia: oligotrofia -> mesotrofia -> eutrofia); (2) suhde pohjaveden korkeuteen (kuiva pinta = mättäät ja jänteet, kostea pinta = tasapinta ja välipinta, märkä pinta = kulju- ja rimpipinta); (3) suhde reuna- ja keskustavaikutukseen (ravinteiden saanti, reuna = luhta-, lähde-, korpivaikutukset, keskusta = rämeisyys, nevaisuus, lettoisuus).

Koska kasvupaikan asema em. vaihtelusuunnissa määritellään kasviyhdyskunnan lajikoostumuksen ja lajien runsaussuhteiden perusteella, on tunnettava lajien suhtautuminen gradientteja muodostaviin ekologisiin muuttujiin. Teoreettisessa ihannetapauksessa kaikkien lajien ekologisesta amplitudista kaikkien tekijäin suhteen olisi saatavilla mitattua aineistoa. Käytännössä lajitason tieto rajoittuu kasvupaikoilta saatujen mittausarvojen ja tiettyjen kasvien esiintymisen välisten korrelaatioden havaitsemiseen. Tieto on keskimäärin aika vanhaa (esim. Kotilainen 1927, Kivinen 1933, Pankakoski 1939) ja keskittyy muutamaan tärkeäksi oletettuun ja helposti mitattavaan tekijään (suoveden ja turpeen pH, elektrolyyttipitoisuuden tunnukset, turpeen kokonaistyppi, pohjavesitunnukset). Nykyaikainen mittaustekniikka kykenisi tuottamaan helponlaisesti lisätietoa lajien, lajiryhmien ja kasviyhdyskuntien kasvupaikkojen kemiasta ja fysiikasta (ks. esim. Sepponen ym. 1978, Westman 1981, Reinikainen ym. 1984). Em. vaihtelusuuntien fyysistä sisältöä onkin syytä jatkuvasti täsmentää, mutta mittauksia täydentävän yksinkertaisen ekologisen ja kasvisosiologisen päättelyn - esim. 'kaltevalla pinnalla suovedet ovat liikkuvia ja siksi hapekkaita', tai 'kalkinsuosijalajin pysyvät seuralaiset ovat myös kalkinsuosijoita tai -sietäjiä' - avulla suokasvupaikkojen lajisto on saatu ladatuksi ekologiselle merkityksellä

(ks. Eurola & Kaakinen 1978, kasviluettelo s. 24-34) niin, että sitä voidaan luotettavasti käyttää luokituksessa.

Lajin käyttöarvo soiden luokituksessa riippuu sen suhteesta luokituksessa tärkeiksi katsottuihin vaihtelusuuntiin. Tämä suhde voi olla neutraali (indifferentti), väljästi noudattava tai ahtaasti noudattava. Viimemainitun ryhmän kasvit, gradienttien suhteen ahdasamplitudiset lajit ovat indikaattoreina arvokkaimpia, ilmaisevathan ne yksiselitteisesti tiettyjä ominaisuuksia kasvualustassa, ja siten kasvupaikan sijaintia jollakin tutkittavista gradienteista (esim. lettorikko -> lettoisuus, ruskea rahkasammal -> ombrotrofia). Niistä saadaan tyypittelyyn helpoimmin ns. opaskasveja. Väljemmin gradientin aiheuttaviin ekologisiin tekijöihin korreloivat lajit ovat myös käyttökelpoisia, kun niistä tarkastellaan läsnäolon lisäksi esim. niiden runsautta, elinvoimaisuutta, seuralaisia ja suhdetta muihin tai puuttumista. Neutraaliin lajistoon kuuluvat laajalla vaihteluskaalalla esiintyvät kasvit, kilpailukykyiset generalistit. Käytännössä suotyypistön ääripäillä (ks. kuva 1, esim., LhK vs. RaR) ei ole yhteistä lajistoa, ts. 'jokasuon kasvia' ei oloissamme esiinny. Sensijaan esim. kaikille rämeille tai kaikille korville yhteistä lajistoa on jo paljon.

Suotyyppinimistömme (kuva 1) on pyritty muodostamaan systemaattiseksi sekä itseään ja samalla koko järjestelmää selittäväksi. Tyypillä on 'sukunimi', kaksiosaisen nimen pääsanaosa, joka on yhtä kuin suon päämuoto, korpi (K), räme (R), neva (N) tai letto (L). Kullakin päämuodolla on kaikissa kasvillisuuskerroksissa selvät ilmentäjänsä, mutta metsätaloudellisessa luokituksessa erotuskriteeriksi riittää puulajisto. Päämuodon nimi ohjaa ekologista paikantamista lähinnä akseleilla kuiva (räme) - kostea (neva) ja reunavaikutus (korpi) - keskustavaikutus (räme, neva). Tyypin nimen alkuosa ('etunimi', attribuutti) kuvaa yleensä kasvupaikan sijoittumista trofia-akselille (esim. sarja Ra, T, S, M,

Rh, L, Lh), mutta sillä voidaan ilmaista myös muita, usein ravinteisuuden ja hydrologian yhteisvaikutuksina syntyviä ulottuvuuksia (esim. Ri, Tu, Lä). Tässä mielessä nimistö kuvassa 1. ei ole täysin looginen. Parempi olisi, että 'kolmannen ulottuvuuden' ekologian ilmaisemista varten nimi olisi systemaattisesti kolmiosainen ja voisi sisältää toisen attribuutin (esim. RhKaN). Tällöin esim. tulvaiset nevat voisivat olla TuLkN, TuSN, TuRhSN, TuL (L=LN). Nykyinen tyyppinimistö kuitenkin tukee tyydyttävästi järjestelmän perusidean hallintaa.

Kuvassa 1. esitetty tyypistö 45 nimineen on metsätieteellisen tutkimuksen käyttämä (Heikurainen ja Pakarinen 1982). Se riittää moniin muihinkin tarkoituksiin. Huikarin (1952) suokasvupaikkatyypit voidaan helposti muodostaa näitä perussuotyyppejä yhdistelemällä (ks. kuva 1, A = Huikarin "piensararäme" = IV ravinteisuusluokan räme tai B = III ravinteisuusluokan korpi = "mustikkakorpi", "suursarakorpi"). Tarkempien luokitusten muuntaminen Huikarin viljavuusluokiksi on myös mahdollista (ks. Reinikainen 1984a, taul. 1 ja Eurola & Kaakinen 1978, s. 82-83), mutta niiden monilukuisten tyyppinimien sijoittaminen kaksiulotteiseen ordinaatioon ei taas aina onnistu edes lisämääreiden avulla. Näin on erityisesti asian laita, jos soiden päämuotoihin 'neljän suuren' (K, R, N, L) lisäksi luetaan Eurolan ja Holapan (1984) esittämät luhta-, lähde- ja sulamisvesisuot.

Luonnontilaisten soiden luokitusjärjestelmä näyttää palvelevan hyvin suometsätalouden tarpeita. Noudattamalla Lukkalan jo 1929 esittämiä rajoituksia, joita Heikurainen on useissa yhteyksissä painottanut ja täsmentänyt, ojitusurakasta olisi suoriuduttu lähes ilman takaiskuja, joita nevaisten, liian karujen ja tiettyjen lettoisten soiden ojittaminen on aiheuttanut. Luonnontilaisten soiden luokitukselle metsäojittajat tuskin enää esittävät lisätoivomuksia. Miten suotyyppijärjestelmän ekologiset ajatukset saataisiin

hyödyttämään ojitettujen soiden luokitusta on yksi uuden luokitustutkimuksen keskeisistä ongelmista.

122. Metsäojitetut suot

Ojitus kuivattaa pintaturpeen ja pienentää suotyyppien välisiä kosteus- ja vesitalouseroja, jotka luonnontilassa ovat pääsyynä metsäisyyden ja puuston kasvun eroihin tietyllä samalla ravinteisuuden tasolla (esim. sarja MK, VNK,VSN, TuSN, RiSN). Kuvan 1. y-akselin suuntainen vaihtelu supistuu ja teoreettisessa "optimikuivatuksen" tapauksessa asettuu välille, jota ei tarvitse ottaa huomioon luokituksessa. 'Lopullisten' kuivatustulosten eli vanhojen ojitusalueiden metsien luokitus on käytännön esimerkki em. teorian oletetusta toteutumisesta. Turvekankaista on muodostettu kivennäismaan metsätyyppeihin rinnastettava, yksisuuntainen viljavuussarja (kuva 1), johon tavallisesti nimetään neljä turvemaan metsätyyppiä: varpu- (Vatkg), puolukka- (Ptkg), mustikka- (Mtkg) ja ruohoturvekangas (Rhtkg). Sarjan täydentäminen kuusijäseniseksi näyttää keinotekoiselta: parhaat lehtokorvet muuttunevat varsinaisiksi lehdoiksi ('Lhtkg') ja karua päätä täydentämään aiotut jäkäläturvekankaat (Jätkg) tuskin ovat taksatorisesti edes ClT-metsätyypin veroisia.

Turvekangastyypit kuvatessaan Sarasto (1957, 1961) myös määritteli niiden empiirisesti todettavan ja pääteltävissä olevan alkuperän soiden tyypistössä (kuva 1). Karuimmista ja märimmistä suotyypeistä ei tule turvekankaita, vaan niiden kasvillisuussukkessio johtaa karhunsammal - jäkälävaltaiseen nummettumiseen (karhunsammalmuuttumat, Polmu), niiden puusto ei kehity sulkeutuneeksi eikä niistä saada metsämaata. On vielä paljon suotyyppejä, joiden ojituksenjälkeistä sukkessiota ei tunneta (kuva 1), ts. raja huonoimpien turvekankaiden ja ns. pysyvien muuttumien välillä on käymättä.

Turvekankaiden luokitukselle on ominaista irrottautuminen alkuperäisestä suotyypistä. Sukkession välivaiheiden, ojikoiden (oj) ja muuttumien (mu) määrittelyssä ja nimityksissä taas tukeudutaan luonnontilaiseen tyyppiin. Kuivatusvaiheiden (oj, mu, tkg) erottamiselle Sarasto (1961) asetti tarkat kasvillisuuskriteerit alkuperäisen suolajiston ja uuden metsälajiston runsaussuhteiden perusteella vieläpä tyyppikohtaisesti. Käytännössä nämä kriteerit ovat hioutuneet joukoksi yksinkertaisia nyrkkisääntöjä, joissa erityisesti suo- ja kangasmetsäsammalten valtasuhteita painotetaan. Ojikko, jonka erottaa luonnontilaisesta suosta oikeastaan vain ojien olemassaolo, on helppo nimetä alkuperäisen tyyppinsä mukaan (esim. TRoj). Sama koskee nuorta muuttumaa, koska mu-vaihe alkaa määritelmän mukaan heti kun kasvillisuus ja puuston kasvu näkyvästi reagoivat ojitukseen. Kuivatus- ja metsäsukkessiot (ks. esim. Reinikainen 1984a, 1988) etäännyttävät kasvupaikkaa alkuperäisestä tyypistä sitä nopeammin mitä rehevämmästä ja märemmästä suosta on kyse. Esim. IRmu:n (tai Vatkg:n) alkuperä on tunnistettavissa vielä 50-70 vuoden päästä, kun sama tehtävä voi RhSNmu:n kohdalla olla mahdoton 20 vuoden ojitusiällä. Nopeasti ja perusteellisesti muuttuvien tyyppien osalta voidaan vanhan muuttuman tunnistamista ravinteisuusluokan ja alkuperäisen päämuodon (korpi, räme, neva) tarkkuudella pitää riittävänä tavoitteena. Mm. reliktilajisto ja suon vanhojen pinnanmuotojen (mättäät, jänteet, väliköt, rimmet, kuljut) säilyminen ja niiden kasvillisuuden tietty omaleimaisuus vielä myöhään mu- ja tkg-vaiheissa kuitenkin auttavat taitavaa luokittajaa alkuperäisen tyypin löytämisessä.

Ojitettujen soiden luokituksen laaja käyttö (mm. metsätalouden suunnittelu, metsäverotus, VMI, tutkimus) on paljastanut myös puutteita järjestelmässä (ks. esim. Reinikainen 1984a). Parannusyrityksinä on nähtävä paitsi kasvillisuusluokituksen kehittäjien ponnistelut, myös hankkeet muiden suoluokituskriteerien etsimiseksi. Vahtera (1955) teki

suontutkimusosastolla laatimassaan väitöskirjassa omintakeisen ehdotuksen ojitettujen soiden hyvyysluokitteluksi turpeen ravinnepitoisuuksien perusteella. Tämä lähestymistapa on noussut uudelleen esiin, kun turpeen ravinnevarojen tarkastelu suometsätalouden edellytyksenä on huomattu entistä tarpeellisemmaksi ja kun analytiikka on tehostunut (ks. Westman 1981, Kaunisto ja Paavilainen 1988). Suontutkimusosaston nykyisistä tutkijoista Kaunisto (esim. 1982) ja Penttilä (1984) ovat esittäneet uusia keinoja ojitusalueiden luokitukseen. Edellinen on tähdentänyt pintaturpeen kokonaistyppipitoisuuden ja maatuneisuuden mahdollisuuksia sijoitettaessa tkg- tai mu-kasvupaikkaa ravinteisuussarjaan. Penttilän ensikokeilut pituusboniteetin soveltamisesta suopuustoihin on tehty Pohjois-Suomessa, missä ojitusalueiden kasvillisuusluokitus on suurimmissa vaikeuksissa.

Metsätalouden turvemaiden luokitus näyttää lähivuosina kehittyvän paremmin vastaamaan sille asetettuihin haasteisiin (esim. taulukko 2). Perusteiltaan cajanderilaiseen kasvillisuusluokitteluun tehtyjen parannusehdotusten (ks. esim. Reinikainen 1988) toteuttaminen osoittanee pian, mihin kohtiin ja missä määrin tyypittelyyn tarvitaan lisäapua. Luokituksen ekologinen tausta ja selitys vahvistuvat, kun entistä parempi mittaustieto voidaan entistä luontevammilla laskentamenetelmillä liittää kasvillisuuden vaihtelun analyysiin. Kasvillisuus- ja kasvupaikkaluokkien taksatorisen merkityksen määrittely voidaan myös nykyisin tehdä kattavan ja harhattoman aineiston pohjalta objektiivisin menetelmin.

Kirjallisuutta

Ahti, E. 1974. Soiden luokituksesta valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä. Summary: Peatland classification in connection with the national forest inventory in Finland. Suo 25: 71-72.

Cajander, A.K. 1911. Kangasmetsistä turvemaalla. Referat: Über gewöhnliche Waldtypen auf Torfböden. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julkaisuja 28(11): 1-8.

- 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 12(1): 1-190.

Eurola & Holappa, K. 1984. Luonnontilaisten soiden ekologia ja soiden metsäojituskelpoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 90-108.

- & Kaakinen, E. 1978. Suotyyppiopas. 87 s. Porvoo.

Heikurainen, L. 1953a. Die kiefernbewachsene eutrophen Moore Nordfinnlands. Annales Botanici Societatis Vanamo 26(2): 1-189.

- 1953b. Suotyyppikysymysten tarkastelua. Summary: Some thoughts on the question of swamp types. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1/1953: 1-3.

- 1953c. Vastine O. Huikarin puheenvuoroon 'Mikä suotyyppi?'. Metsätaloudellinen aikakauslehti 2/1953: 55-56.

- 1968. Suo-opas. 2p. 40 s. Helsinki.

- 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatland for forest drainage. Acta Forestalia Fennica 131: 1-35.

- 1980. Metsäojituksen alkeet. 284 s. Helsinki.

- & Pakarinen, P. 1982. Suokasvillisuus ja suotyypit. Teoksessa: J. Laine (toim.): Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea: 14-23.

Hotanen, J.-P. 1988. Tutkimus Ylä-Karjalan metsä- ja suotyyppien luokittelusta. Lis.työ, Joensuun Yliopisto, Biologian laitos. 191 s.

Huikari, O. 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudel-

lista käyttöarvoa silmällä pitäen. Summary: On the determination of mire types, specially considering their drainage value for agriculture and forestry. Silva Fennica 75: 1-22.

- 1953. Mikä suotyyppi? Metsätaloudellinen aikakauslehti 2/1953: 55.

- , Muotiala, S. & Wäre, M. 1964. Ojitusopas. Helsinki. 244 s.

Kaunisto, S. 1983. Puuston typpilannoitustarpeen määrittämisestä ojitetuilla turvemailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 94: 4-19.

- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas, their sufficiency, and tree growth. Seloste: Metsäojitettujen turvemaiden ravinnevarat, niiden riittävyys ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. Painossa.

Kivinen, E. 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasvinravintoainesuhteista. Referat: Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. Acta Agralia Fennica 27: 1-140.

Kosonen, M. 1976. A review of the origin, development and significance of ordination methods in present phytoecological research. Publ. Univ. Joensuu B 2, 6: 1-24.

Kotilainen, M.J. 1927. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit besonders der Reaktion des Torfbodens. Wiss. Veröff. des Finnischen Moorkulturvereines 7: 1-219.

Kärenlampi, L. 1972. Factor analytic studies on the vegetarion of the surroundings of the Kevo subarctic station. Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 9: 66-72.

Lukkala, O.J. 1929a. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmällä pitäen. Referat: Untersuchungen über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore mit Besonderer Rücksicht auf den Trocknungseffekt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 15: 1-301.

- 1929b. Soiden ojituskelpoisuuden määrääminen metsätaloutta varten. Kekusmetsäseura Tapion julkaisu. 20 s. Helsinki.
- 1930. Suot, niiden ojitus metsätaloutta varten ja suometsien hoito. Teoksessa: Maa ja metsä IV: 493-518.
- 1939. Soiden metsäojituskelpoisuus. 3 p. 48 s. Helsinki.
- & Kotilainen, M.J. 1945. Soiden metsäojituskelpoisuus 4 p. 56 s. Helsinki.

Melin, E. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Norrländskt Handbibliotek 7: 1-426.

Mikkola, K.J., Oksanen, J. & Pakarinen, P. 1984. Kasviekologisia ATK-ohjelmia. Helsingin yliopiston Kasvitieteen laitoksen monisteita 91: 1-70.

Pankakoski, A. 1939. Ekologis-kasvistollisia tutkimuksia Hiisjärven luonnonpuistossa. Referat: Ökologisch-floristische Untersuchungen in Naturpark von Hiisjärvi in Südostfinnland. Annales Botanici Societatis 'Vanamo' 10(3): 1-154.

Penttilä, T. 1984. Suometsien pituusbonitoinnin mahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 79-89.

Reinikainen, A. 1965. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungs-Versuchsfeld des Moores Kivisuo, Kirchsp. Leivonmäki, Mittelfinnland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 59(5): 1-62.
- 1984a. Soiden ja metsäojitettujen turvemaiden luokittelun perusteet ja nykyongelmat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 65-78.
- 1984b. Suotyypit ja ojituksen vaikutus pintakasvillisuuteen. Teoksessa: Jaakkoinsuon koeojitusalue 75 vuotta (Jaakkoinsuo experimental drainage area 75 years). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 156: 7-21.
- 1988. Metsäojitettujen soiden kasvupaikkaluokituksen suunnanhakua. Summary: The need of improving the site classification of mires drained for forestry. Suo 39(3):61-71.
- , Lindholm, T. & Vasander, H. 1984. Ecological variation of mire site types in the small kettle-hole mire Heinisuo,

of mire site types in the small kettle-hole mire Heinisuo, southern Finland. Annales Botanici Fennici 21: 79-101.

Ruuhijärvi, R. 1983. The Finnish mire types and their regional distribution. Teoksessa: Gore, A.J.P. (ed): Mires: swamp, bog, fen and moor. B. Regional studies: 47-67. Amsterdam.

Sarasto, J. 1952. Metsäojituksen aiheuttamista aluskasvillisuuden muutoksista eräissä suotyypeissä. Referat: Über Veränderungen in der Untervegetation einiger Moortypen als Folge der Waldentwässerung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40(13): 1-32.

- 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden kasvillisuuden muutoksista eräissä suotyypeissä. Referat: Über Struktur und Entwicklung der Bodenvegetation auf für Walderziehung entwässerten Mooren in der südlichen Hälfte Finnlands. Acta Forestalia Fennica 65(7): 1-108.

- 1961. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. Acta Forestalia Fennica 74(5): 1-47.

Sepponen, P., Haapala, H., Hiltunen, R. & Häggman, J. 1978. The nutrient ecology of certain mires in the parish of Ylikiiminki. Aquilo (Ser.Bot)16: 1-15.

Suominen, J. 1969. The vegetation of railway embankments and adjacent storage areas in Finland. Annales Botanici Fennici 6: 353-367.

Tanttu, A. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. Referat: Studien über die Aufforstungsfähigkeit der entwässerten Moore. Acta Forestalia Fennica 5(2): 1-245.

Tuomikoski R. 1942. Untersuchungen über die Untervegetation der Bruchmoore in Ostfinnland. I. Zur Methodik der Pflanzen soziologischen Systematik. Seloste: Tutkimuksia korpien aluskasvillisuudesta Itä-Suomessa. I. Kasvisosiologisen systematiikan metodiikkaa. Annales Botanici Societatis Zoologicae - Botanicae Fennicae 'Vanamo' 17(1): 1-203.

- 1950. Mietteitä suotyyppijärjestelmästämme. Suo 1(4): 25-26.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soiden ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalte der fur Walderziehung entwässerten Moore. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(4): 1-108.

Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Acta Forestalia Fennica 172: 1-77.

- 1987. Site classification in estimation of fertilization effects on drained mires. Seloste: Kasvupaikkojen luokitus lannoitusvaikutuksen arvioinnissa ojitetuilla rämeillä. Acta Forestalia Fennica 198. 55 s.

2. METSÄOJITUS

21. Hydrologia ja turpeen vesitalous

Erkki Ahti

211. Taustaa

Hydrologialla tarkoitetaan laajassa mielessä tiedettä, joka tutkii maapallon vesivarojen esiintymistä ja kiertoa sekä niiden kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Seuraavassa tarkastellaan veden kiertokulkua suolla ja metsäojituksen vaikutusta siihen. Tarkastelu perustuu, paitsi metsäntutkimuslaitoksella, myös Vesihallituksessa ja Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksella tehtyyn pitkäaikaiseen tutkimukseen. Viime vuosina hydrologinen tutkimus on aloitettu myös monessa muussa yliopistossa.

Soiden hydrologiaa ja nimenomaan ihmisen vaikutusta soiden hydrologiaan on tutkittu useita eri koejärjestelyjä käyttäen. Yleensä tutkimukset perustuvat varta vasten tehtyihin mittauksiin, joiden kohteena ovat koealueiden hydrologiset tunnukset eli sadanta, valunta, haihdunta ja joskus vesivaraston muutos. Eräissä tapauksissa metsäojituksen vaikutuksia on yritetty selvittää vertaamalla jokivesistöjen pitkäaikaisia virtaamatilastoja metsäojituspinta-alan kasvuun jokien valuma-alueilla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla sekä pääasiallisen kiinnostuksen että mittausten kohteena on enimmäkseen ollut valunta. Metsäojituksen vaikutuksia valuntaan on ilman varsinaisia ojittamattomia vertailualueita tutkittu käyttämällä menetelmää, jossa perusajatuksena on, että päätelmät voidaan tehdä epäsuorasti vertaamalla tehokkaasti ja harvaan ojitettuja suoalueita.

212. Suon vesitaseen osatekijät

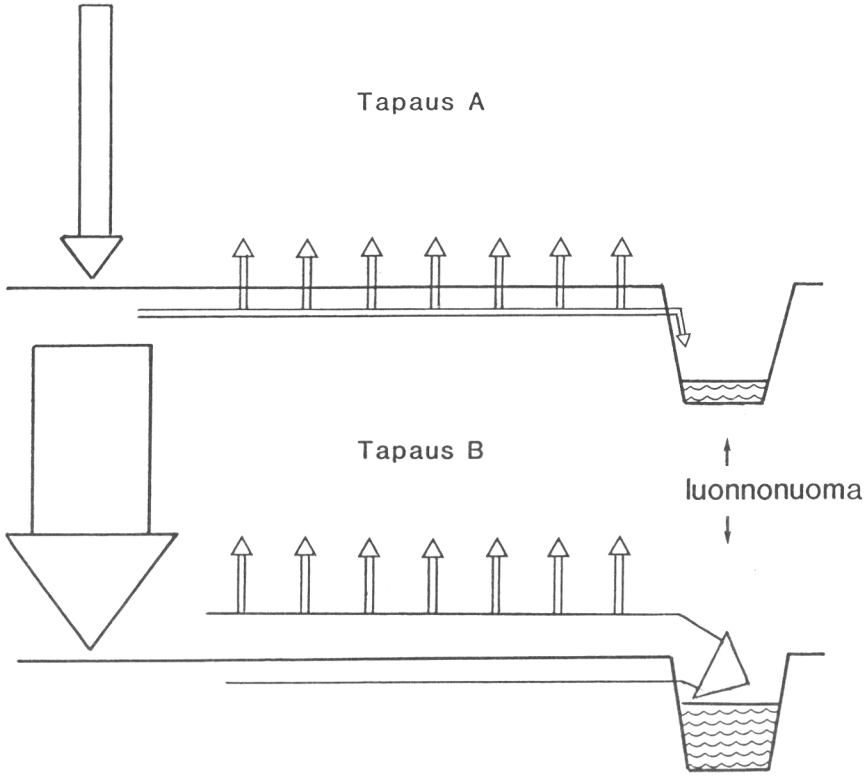
Suon vesitaseella tarkoitetaan suolle tulevien vesien jakaantumista valuntaan, haihduntaan ja väliaikaiseen varastoitumiseen suolle. Suurin osa soille tulevista vesistä on sadantaa. Aapasoille voi myös valua huomattavia vesimääriä ympäröiviltä mailta. Osa sadevesistä haihtuu suoraan kasvillisuudesta. Tätä haihdunnan osatekijää, jonka osuus haihdunnasta riippuu kasvillisuuden määrästä, sanotaan pidännäksi eli interseptioksi. Osa sadevesistä painuu turveprofiiliin (suodanta eli infiltraatio) ja tunkeutuu sademäärästä ja pohjavesipinnan syvyydestä riippuen pohjavesipintaankin asti.

Koska pohjavesipinta on luonnontilaisilla soilla hyvin lähellä turpeen pintaa, tämä pysyy sateettominakin kausina kosteana. Suon pinnasta haihtuva vesi korvautuu kapillaarisesti syvemmistä turvekerroksista, jolloin turpeen pinta pysyy jatkuvasti kosteana ja nopea haihtuminen voi edelleen jatkua. Runsaspuustoisilla soilla, kuten esimerkiksi monilla korpisoilla, suoraan turpeen pinnasta tapahtuvalla haihdunnalla on suhteellisen vähäinen merkitys. Pääosa haihdunnasta tapahtuu puiden latvuksista joko transpiraation tai latvuspidännän muodossa.

Pohjavesipinnan alapuolella suovedet ovat jatkuvassa liikkeessä kohti lähintä avovesiuomaa. Koska turpeen vedenläpäisevyys on pieni, ja kun luonnontilaisen suon kaltevuus ja luontainen uomatiheys ovat vähäisiä, suolta valumalla poistuva vesimäärä jää yleensä pienemmäksi kuin haihdunta. Vesien valuminen luonnontilaisilta soilta on niin hidasta, että keskimäärin 2/3 suolle lumettomana aikana tulleista vesistä ehtii haihtua, ennenkuin saavuttavat vesiuoman.

Mikäli suolle tulee vettä nopeammin kuin sitä ehtii suotautua, ts. sadanta on nopeampaa kuin suodanta, ja alkaa

esiintyä pintavaluntaa, suo menettää suuren osan yllä kuvatusta valuntasuhteita tasoittavasta vaikutuksestaan. Pintavalunta on monin verroin nopeampaa kuin turpeessa tapahtuva valuminen, ja näin aikaa haihdunnalle jää vähän: vesi virtaa pintavaluntana suhteellisen nopeasti kohti lähimpää avovesiuomaa, ja myös sadeveden väliaikainen varastoituminen suolle saattaa jäädä lyhytaikaiseksi (kuva 1).



Kuva 1. Esimerkki luonnontilaisen suon valuntaa tasaavasta vaikutuksesta. Tapauksessa A (pieni sademäärä) valunta tapahtuu turpeessa, jolloin suuri osa suolle sataneesta vedestä haihtuu. Tapauksessa B (suuri sademäärä) valunta tapahtuu pintavaluntana niin nopeasti, että suhteellisesti paljon pienempi osa sademäärästä ehtii haihtua. Tapauksessa B luonnontilaisen suon valuntaa tasaava vaikutus on vähäinen.

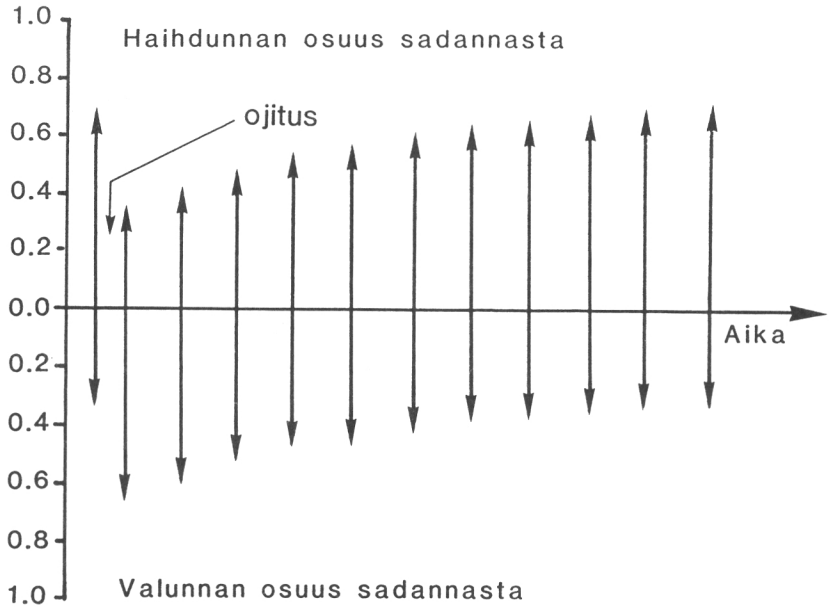
Tällaisia tilanteita esiintyy usein kevättulvien ja joskus poikkeuksellisen runsaiden kesäsateiden yhteydessä. Yleensä kuitenkin touko-elokuun sademäärä, eli sen jakson sademäärä, jonka aikana merkittävää haihduntaa voi Suomessa tapahtua, jakautuu koko jaksolle niin tasaisesti, että ns. pintavaluntakynnys ylittyy ojittamattomilla suoalueilla suhteellisen harvoin.

Luonnontilaisten soiden vesivarasto pysyy pitkällä aikavälillä vakiona, ellei tapahdu ilmastonmuutoksia. Vuotuista vaihtelua samoin kuin vuodenaikojen mukaista vaihtelua tietenkin esiintyy.

213. Metsäojituksen vaikutus suon vesitaseeseen

Ojituksen vaikutuksesta suon pohjavesipinta laskee pysyväisluonteisesti keskimäärin 20-40 cm, ojitustehosta riippuen. Muutosta vastaava vesivaraston muutos, ns. tyhjenemisvalunta, tapahtuu yleensä muutamassa viikossa. Pohjavesipinnan lasku aiheuttaa turpeen pintaosien kuivumisen, jolloin haihdunta turpeen pinnasta pienenee. Vastaavasti valunta kasvaa. Välittömästi ojituksen jälkeen lumettoman ajan valunta lienee n. 2/3 ja haihdunta n. 1/3 sadannasta, kun luvut ennen ojitusta olivat päinvastoin. Nämä arviot ovat kuitenkin kovin keskimääräisiä. Etenkin valunnan osalta eri vuodet poikkeavat hyvinkin paljon toisistaan. Haihdunnan vuosivaihtelu on huomattavasti vähäisempää.

Ojituksen jälkeen puusto voimistuu, jolloin puuston kasvavan vedenoton, transpiraation ja latvuspidännän kautta suon kokonaishaihdunta alkaa jälleen kasvaa. Vanhojen, runsaspuustoisten ojitusalueiden on todettu poikkeavan vuotuisen haihdunnan ja valunnankin suhteen suhteellisen vähän luonnontilaisesta suosta. (Kuva 2).



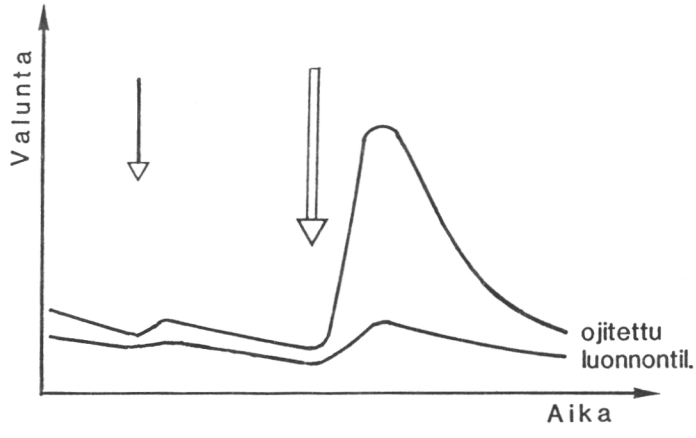
Kuva 2. Periaatepiirros ojituksen vaikutuksesta lumettoman ajan haihduntaan ja valuntaan. Nykyisen käsityksen mukaan haihdunta-valuntasuhde palautuu ennalleen muutamassa vuosikymmenessä puuston kehityksen myötä. Piirroksessa sadanta on oletettu vakioksi.

214. Ojituksen vaikutus valuntahuippuihin

Yleinen käsitys on, että metsäojitus lisää tulvariskiä. Tämä käsitys on sikäli perusteltavissa, että ojitusta välittömästi seuraavan vuosikymmenen ajan on vuosivalunnan lisäksi myös valuntahuippujen osoitettu olevan selvästi korkeampia kuin ennen ojitusta. Muutos johtuu uomatiheyden kasvusta. Jos sadantanopeus ylittää suodantanopeuden lyhyeksikin ajaksi, nopea pintavalunta ehtii ojitetulla suolla saavuttaa avovesiuoman (ojan), ennenkuin vedet sateen päättymisen jälkeen ehtivät painua turpeeseen. Myös turpeeseen

painuneet vedet saavuttavat ojitusalueella avouoman nopeammin kuin ojittamattomalla suolla, joten ojitusalueen valuntahuiput ovat merkitsevien sateiden yhteydessä korkeampia, vaikka pintavaluntakynnys ei lainkaan ylittyisi.

Koska voidaan olettaa, että ojituksen aiheuttama puuston elpyminen vaikuttaa vain suhteellisen pienten sateiden aiheuttamiin valuntahuippuihin, ojituksen vaikutusta valuntahuippuihin yleensä voidaan pitää suhteellisen pysyvänä (kuva 3).



Kuva 3. Periaatepiirros ojituksen vaikutuksesta valuntahuippuihin. Pienen sateen sattuessa ojitusalueen voimistunut puusto estää valuntahuipun syntymisen, mutta voimakkaan sateen aiheuttama valuntahuippu on ojitusalueella korkeampi kuin ennen ojitusta.

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tutkimuksissa on todettu, että kapeaan sarkaan ojitetun suon valuntahuiput ovat ojasyvyydestä lähes riippumatta korkeampia kuin leveään sarkaan ojitetun.

Kevään lumensulamistulvaan ojituksella on aluksi samansuuntainen, mutta pienempi vaikutus kuin kesäajan valuntahuippuihin. Puuston kehittyessä lumien keskimääräinen sulamisnopeus pienenee, jolloin ojituksella lopulta tulee olemaan kevättulvahuippuja tasaava vaikutus.

215. Ojituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen

Tärkeimpien kasviravinteiden osalta (typpi, fosfori, kalium) metsäojitus ei oleellisesti vaikuta valumavesien ainepitoisuuksiin. Toisaalta ojituksen aiheuttama vuosivalunnan kasvu merkitsee, että myös typen, fosforin ja kaliumin huuhtoutuminen vastaavasti kasvaa. Merkittävin ojituksen aiheuttama muutos on kuitenkin valumavesien kiintoainepitoisuuksien lisääntyminen, joka on erityisen selvä ojitusta välittömästi seuraavina vuosina. Kun ojitus juuri näinä vuosina aiheuttaa myös valunnan voimakkaan kasvun, kiintoainekuormitusta voidaan pitää vakavimpana ojituksen aiheuttamana vesistöhaittana.

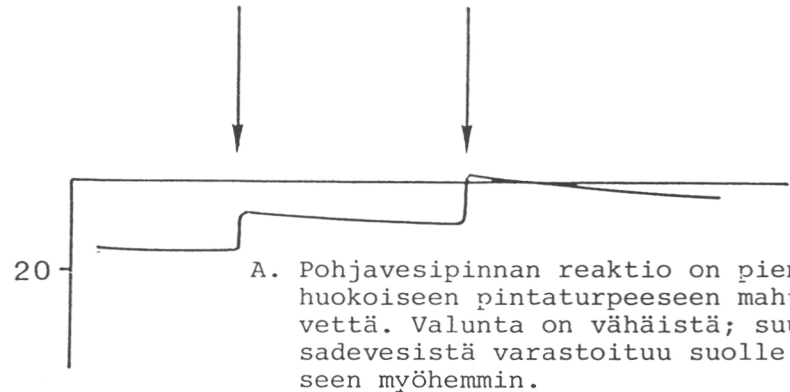
216. Turpeen vesitalous

Luonnontilaisella suolla pohjavesipinta on suurimman osan kasvukaudesta niin lähellä turpeen pintaa, että suurin osa turpeen huokostilasta on kokonaan veden täyttämää. Suon pinnassa on kuivina kausina 10-20 cm:n kerros, jonka huokostilassa on veden lisäksi myös ilmaa ja puiden juurien tarvitsemaa happea. Ilmatila kasvaa tasaisesti turpeen pinnan suuntaan, mutta monien turpeiden vedenpidätyskyky on niin suuri, että vielä 5 cm pohjavesipinnan yläpuolella ilmatila on vain muutamia prosentteja huokostilasta. Kun ilman vaih-

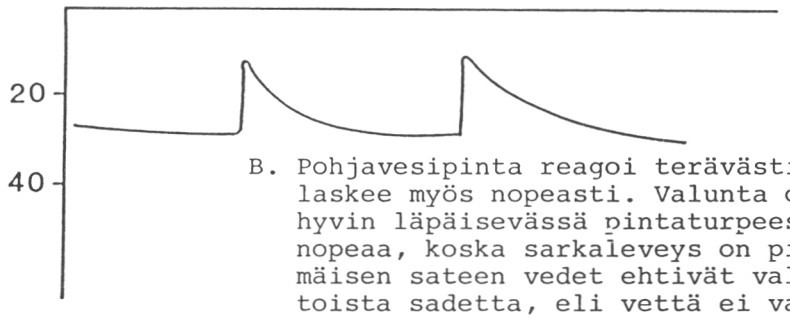
tuvuus tällaisessa tilanteessa on hidasta, maan ilmatilan happipitoisuus on biologisten maaprosessien vuoksi alhainen. Näissä olosuhteissa puiden juuret keskittyvät ohueen pinta-turvekerrokseen. Juurten toiminta on tehotonta, ja niiden käytettävissä on pienen maatilavuuden vuoksi vähän ravinteita.

Ojituksen vaikutuksesta osa suon vesivarastosta poistuu ojien kautta suhteellisen lyhyessä ajassa, ja pohjavesipinnan yläpuolisen kerroksen ilmatila kasvaa. Samalla kasvaa sen maakerroksen tilavuus, jossa puiden juuriston toiminta on mahdollista. Syntyy uusi hydrologinen tasapainotila, jota kuvastaa syvemmällä oleva, mutta epävakaampi pohjavesipinta, jonka korkeusvaihtelu on voimakkaampaa kuin ennen ojitusta.

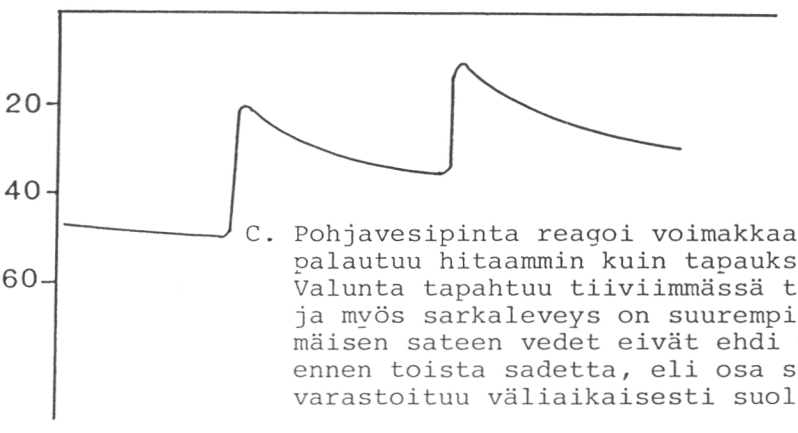
Ojituksen vaikutus pohjavesipinnan käyttäytymiseen riippuu sarkaleveydestä ja ojasyvyydestä. Mitä tiheämpi ojaverkosto on, sitä suurempi osa sadevedestä valuu ojiin sateen aikana ja välittömästi sen jälkeen, ja vastaavasti pienempi osa jää turpeeseen nostamaan pohjavesipintaa. Myös pohjavesipintaan saakka tunkeutunut sadevesi poistuu suolta lyhyemmällä viiveellä kuin leveältä saralta. Kapea sarka on puiden juurten kannalta edullinen, koska pohjavesipinta ja juuristokerroksen vesi-ilmasuhteet ovat suhteellisen vakaita. (Kuva 4).



A. Pohjavesipinnan reaktio on pieni, koska huokoiseen pintaturpeeseen mahtuu paljon vettä. Valunta on vähäistä; suurin osa sadevesistä varastoituu suolle haihtuakseen myöhemmin.



B. Pohjavesipinta reagoi terävästi, mutta laskee myös nopeasti. Valunta on vettä hyvin läpäisevässä pintaturpeessa nyt nopeaa, koska sarkaleveys on pieni. Ensimmäisen sateen vedet ehtivät valua ennen toista sadetta, eli vettä ei varastoidu.



C. Pohjavesipinta reagoi voimakkaasti, mutta palautuu hitaammin kuin tapauksessa B. Valunta tapahtuu tiiviimmässä turpeessa, ja myös sarkaleveys on suurempi. Ensimmäisen sateen vedet eivät ehdi valua ojiin ennen toista sadetta, eli osa sadevesistä varastoituu väliaikaisesti suolle.

Kuva 4. Kahden peräkkäisen sateen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen kolmessa ojitusvaihtoehdossa. A=ojittamaton, B: sarkaleveys 20 m, ojasyvyys 30 cm, C: sarkaleveys 40 m, ojasyvyys 80 cm. Vaikka keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys on suurin tapauksessa C, myös vaihteluväli on suurin.

Ojasyvyys vaikuttaa pohjavesipinnan käyttäytymiseen eri tavalla kuin sarkaleveys. Jos ojat ovat syviä, valuntaa tapahtuu myös sateettomina jaksoina, ja pohjavesipinta painuu keskimäärin syvemmälle kuin matalia ojia käytettäessä. Ojien syventäminen ei kuitenkaan vaikuta siihen osaan sadevesistä, joka poistuu ojiin turpeen pintaa pitkin tai vettä hyvin läpäisevän pintakerroksen kautta välittömästi sateen yhteydessä.

Kapean saran edullista vaikutusta puiden juurikerroksen kosteussuhteisiin ei ole mahdollista korvata kaivamalla leveään sarkaan ojitetun suon ojat syvemmiksi. Jos sarkaleveys on suuri, suuri osa sadevesistä painuu ojasyvyydestä riippumatta turveprofiilissa pohjavesipintaan asti aiheuttaen voimakkaan pohjavesipinnan nousun, mikä on juuristojen kannalta epäedullista. Kun pohjavesipinnan korkeusvaihtelu on voimakasta, juuristo pyrkii kehittymään siihen turveprofiilin osaan, johon pohjavesipinta ei yllä sateisinakaan jaksoina, eli pohjavesipinnan vaihteluvälin ylätasoon. Näin ojien syventämisellä saatu keskimääräisen pohjavesipinnan lasku ei ole kokonaan puiden hyödynnettävissä.

Suopuustojen juuristot kestävät korkealla olevaa pohjavesipintaa suhteellisen hyvin keväällä ja alkukesän aikana. Juurikerroksen syvyys määräytyykin lähinnä heinä-syyskuun pohjavesisuhteiden mukaiseksi, jolloin juuristot ovat erityisen herkkiä vaurioitumaan hapettomissa olosuhteissa.

Ojituksen vaikutus puiden kasvuun on monimutkainen tapahtumaketju, johon vesi- ja happitalouden lisäksi kytkeytyvät maabiologiset ja ravinnetalouden muutokset.

Kirjallisuutta

Ahti, E. 1978. Maaveden energiasuhteista ojitetulla suolla. Summary: Energy relationships of soil water on drained peat. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94(3). 56 s.

- 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Seloste: Ojitettujen soiden vesitaseen arvioiminen lumettomana aikana pohjavesipinnan simulointimallin avulla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 141. 64 s.

Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The Environmental Effects of Forest Drainage. Lyhennelmä: Metsäojituksen ympäristövaikutukset. Suo 29: 48-58.

Huikari, O., Paarlahti, K. & Ravela, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of srip-width and ditch depth on the water economy and runoff on peat soil. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(8): 39 s.

Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Summary: Influence of forest draining on the hydrology of peatlands. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. 63 s.

Pelkonen, E. 1975. Vuoden eri aikoina korkealla olevan pohjaveden vaikutus männyn kasvuun. Summary: Effects on Scots pine growth of ground water adjusted to the ground surface for periods of varying length during different seasons of the year. Suo 26:25-32.

22. Metsäojitusmenetelmien kehitys

Olavi Huikari

221. Lapiokaivu

Suomessa aloitettiin jo 1800-luvulla järjestelmälliset soistuneiden metsämaiden ojitukset. Työt tehtiin aina 1940-luvun lopulle käsityömenetelmillä. Ojituskohteiden valinta ja töiden suunnittelu sekä hinnoittelu tapahtui huolella laadittujen ja koekentillä tutkittujen ohjeiden mukaan.

Lapiokaivun työmenetelmät, työvälineet ja kustannuslaskenta oli kehitetty korkeatasoisiksi tutkimuksen ja käytännön työorganisaatioiden määrätietoisen työn tuloksena.

Ojitusalueet oli hyvin useissa tapauksissa vielä 1940-luvulla kartoitettava ojitussuunnittelijan toimesta. Tällöin tutkittiin myös ojitusalueen turvekerrosten syvyydet, jotta ojien sijoittelussa voitiin ottaa myöhempi painuminen huomioon.

Viime vuosisadan kuivatukset tehtiin pääasiallisesti hajaojituksina tai hyvin harvoina verkostoina. Myös tämän vuosisadan alun ojitukset olivat vielä "valmistavia". Vuosilta 1909-1928 löytyy tilastoista jo maininta, että ojamäärän keskiarvo on uusissa ojituksissa 84 metriä hehtaaria kohti. Vuosina 1929-1950 oli ojamäärä 145 m/ha. Konekaivun yleistyessä pyrittiin kapeampaan sarkaleveyteen ja ojamäärä nousi nopeasti 250 metriin hehtaaria kohti.

Ojituksen työmenetelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa muodostui pyrkimys kustannusten halventamiseen ja ojituksen vaikutusten tehostamiseen kehityksen suuntaa ja nopeutta määrääväksi. Hyvällä suunnittelulla säästettiin kustan-

nuksia ja saatiin ojastoista tehokkaasti toimivia sekä maiden kuivatuksessa että vesien poisjohtamisessa. Ilmakuvauksen avulla tehtyjen peruskarttojen nopea yleistyminen säästi myöhemmin paljon suunnittelukustannuksia.

Toisen maailmansodan jälkeinen työmiesten vaikea saanti raskaaseen ja syrjäisillä seuduilla tapahtuvaan metsäojitustyöhön sekä yleinen ja nopea kustannusten nousu pakottivat yhä enenevässä määrin kokeilemaan ja tutkimaan uusia työmenetelmiä. Ennen konekaivun läpimurtoa laajimman käytön niistä saavuttivat metsien salaojitus ja ojitusdynamiitin käyttö.

222. Salaojitus

Salaojituksella pyrittiin kulkuolosuhteiden parantamiseen, kaivettavien maamäärien pienentämiseen sekä ojien perkaustapeen vähentämiseen ja tätä kautta kustannusten säästöön. Aluksi metsäsalaojat kaivettiin turvetyömailta opituilla holvisalaojamenetelmillä sekä myöhemmin riuku- ja risusalaojilla. Ensimmäiset muoviputkisalaojakentät perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusmetsiin vuonna 1958.

Salaojia kaivettiin metsäojituksena noin 300 kilometriä. Suurin merkitys aktiivisella salaojitusmenetelmien kehittämisellä oli muovikalvo- ja muoviputkisalaojituksen soveltamisessa pelto-ojitukseen, vaikkakaan k.o. menetelmät eivät yleistyneet metsäojituksessa.

223. Ojitusdynamiitti-ojitus

Ihmistyövoiman tarvetta onnistuttiin vähentämään myös ojitusdynamiittimenetelmällä. Perusteellisilla kenttätutkimuksilla selvitettiin tämän vaarallisen työmenetelmän suunnittelu, työvaiheet, kaivuvaikeusluokat ja kustannukset. Mene-

telmällä aikaansaadusta kustannussäästöstä antaa kuvan oheisessa asetelmassa esitetty vertailu lapiokaivun kustannuksiin eri kaivuvaikeusluokissa (Huikari 1953):

Lapiokaivun kaivuvaikeusluokka	Dynamiittikaivu kustannuskerroin
IV	0,94
V	0,72
VI	0,59
VII	0,52
VIII	0,59

Havaitaan, että ojitusdynamiitin avulla pystyttiin ojittamaan lapiokaivua huomattavasti halvemmilla kustannuksilla vaikeimpia eli ohutturpeisia, kantoisia ja kivisiä ojituskohteita, jotka olivat myös samalla ojituskelpoisuudeltaan parhaita alueita.

Ojitusdynamiittia käytettiin myöhemmin varsinkin auraojien risteysten puhdistuksessa ja pahimpien kivikkojen raivauksessa. Ojitusdynamiitilla kaivettiin metsäojia kaikkiaan noin 2000 km.

224. Konekaivu

On mielenkiintoista havaita, että vuonna 1960 olivat metsäojituksen sarkaojien kaivun yksikkökustannukset seuraavat (Ojitusopas 1963):

avo-ojat lapiokaivuna	1,50	mk/m
dynamiittikaivuna	1,40	"
latvus-salaojat	1,20	"
muovisalaojat	1,00	"
avo-ojat metsäauralla	0,35	"
pintavesivaot	0,10	"

Sarkaleveyssarjakoekentillä suoritetut tutkimukset osoittivat samanaikaisesti, että mitä kapeampi sarka sen parempi puiden kasvu. Aurausmenetelmän käyttöönotto mahdollisti kokonaistehtävän laajuuden vaatiman tehokkuuden, sillä valtakunnalliseksi tavoitteeksi asetettiin (Pohjanmaan kuivatuskomitean mietintö 1961) metsäojituskelpoisten soiden ojittaminen 18 vuodessa. Metsäojitusmäärät kohosivatkin jo 1961 mennessä 120 000 hehtaariin vuodessa. Voitiin laskea, että silloisella sarkaleveydellä ja vuotuisella ojituspinta-alalla tulisi jäljellä oleva luontaisesti ojituskelpoisten soiden metsäojitus toteutetuksi 23 vuodessa.

Metsäojien kaivuun sopivan oja-auran kehittäminen loi metsäojituksen laajamittaisen toteuttamisen edellytykset ja mullisti koko työn toteutuksen perusteet sekä toi mukanaan myös lannoituksen taloudellisen käytön mahdollisuudet.

Aurausmenetelmän kustannukset olivat jälkiperkauksineen vuonna 1958 Tapion työmailla noin 38 mk/m ja kaivurikaivun noin 140 mk/m. Auraus oli jo yleistynyt vallitsevaksi työmenetelmäksi ollen sen osuus 55 % kaivettujen metsäojien kokonaismäärästä. Lapiokaivun ja räjäytyksen yhteenlaskettu osuus oli 45 % ja kaivurikaivun noin 5 %.

Vuosittain kaivettiin metsäojia tuolloin noin 8 miljoonaa metriä. Vuonna 1961 oli aurauksen osuus 80 % kaivettujen ojien kokonaismäärästä, joka oli kohonnut jo 14 miljoonaan metriin vuodessa. Kaivureilla tehtiin metsäojitusta noin 10 % ja lapiokaivulla sekä räjäyttämällä yhteensä vielä noin 10 %.

225. Tulevaisuuden näkymiä

Edellä on käsitelty lähinnä metsäojitusmenetelmien kehityshistoriaa. Vaikka traktorikaivuri on nykyään lähes kokonaan syrjäyttänyt vanhat menetelmät, erityisesti oja-auratek-

niikan kehittämisen voidaan voidaan, kuten edellä jo todettiin, luoneen pohjan laajamittaiselle turvemaiden metsätaloudelliselle käytölle.

Kun soiden uudisojitustehtävä, jota voidaan pitää maailman laajimpiin kuuluvana maanparannusoperaationa, nyt on päättymässä, tutkimuksen uudeksi haasteeksi on nousemassa kunnostusojituksen menetelmien kehittäminen.

Nykyinen tutkimustehtävä ei ole luonteeltaan tekninen. Vaikka kunnostusojitus onkin nykyään yksipuolisesti kaivuritekniikan varassa, selvästi keskeisempi ongelma kuin kunnostusojitustekniikan kehittäminen on kehittää keinot kunnostusojitustarpeen ja kunnostusojitusmenetelmän (ojanperkaus, täydennysojitus, uusintaojitus) määrittämistä varten. Tämän aihepiirin tutkimus on toistaiseksi ollut kovin vaatimatonta (vrt. luku 23), eikä tutkimukseen perustuvia ohjeita ole vielä käytettävissä.

Kirjallisuutta

Huikari, O. 1951. Metsäojituksissa käytetyt uusimmat työmenetelmät ja ojamallit. Koetoiminta ja Käytäntö N:o 11/1951. Maaseudun tulevaisuuden liite.

- 1953a. Alustavia ohjeita metsämaiden salaojitusta varten. Metsähallitus.

- 1953c. Ojitusdynamiitin käytöstä metsäojituksessa. Summary: The use of dynamite in the drainage of swamps for forestry purposes. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1953(9):281-284.

- 1953d. Metsäojitus koneellistuu. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1953(10):338-339.

- 1954. Metsänhoitotöiden koneellistamisen nykyvaihe.

Summary: A good start with the mechanisation of silvicultural tasks. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1954(8):303-306.

- 1956. Metsäojitus. Metsäkäsikirja, osa I.
- 1957. Tutkimuksia metsäoja-auran vedosta yhdellä ja kahdella vetokoneella. Suo 8(3):23-29.
- 1958a. Afforestation of the Swampslands of Finland. Lontoo. World Crops.
- 1958b. Metsäojituksen koneellistamisesta. Referat: Über die Mechanisierung der Waldentwässerung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49.7. 93 s.
- 1963. Salaojituksen käyttömahdollisuudesta metsäojitusmenetelmänä. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1963(5):237-241.

-, Muotiala, s. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Kirjayhtymä, Helsinki.

Lukkala, O.J. 1931. Metsäojituksen oppikirja.

- 1940. Metsämiehen suo-oppi.

- & Tirkkonen, O.O.J. 1960. Metsäojien hinnoitustaulut. Valtaojanaurauskomitean mietintö. Komiteanmietintö N:o 5.

23. Kunnostusojitus

Erkki Ahti, Juhani Päivänen ja
Martti Vuollekoski

231. Hydrologisia näkökohtia

Edellä on jo käsitelty ojituksen välittömiä vaikutuksia suon hydrologiaan. Niitä ovat pohjavesipinnan tason laskeminen, valunnan lisääntyminen ja haihdunnan väheneminen. Puuston varttuessa valunta- ja haihduntasuhteet alkavat palautua kohti alkutilannetta, mutta pohjavesipinta pysyy edelleen syvällä. Vaikka ojaston kuivatusteho ajan kuluessa heikkenee, puuston kasvava vedenotto ja sadevesien pidättyminen latvuksiin ja haihtuminen suoraan niistä (= latvuspidäntä) kykenevät monissa tapauksissa pitämään pohjavesipinnan riittävän syvällä. Jos ojitusalueen alkupuusto on pieni ja puuston alkukehitys hidas, ojaston kunnon heikkeneminen johtaa kuitenkin usein jo kymmenessä vuodessa pohjavesipinnan nousuun ja kasvun taantumiseen.

232. Kunnostusojituksen tähänastiset työmäärät

Metsätilastolliseen vuosikirjaan (1982, 1984, 1986) on tilastoitu seuraavat vuotuiset kunnostusojituksen määrät eräille viime vuosille:

Vuosi	Metsäojien perkaus	Täydennysojitus
	km	
1981	5 000	3250
1983	5 500	2750
1985	8 850	3900

Kilometreissä ilmaistujen suoritemäärien muuntaminen pinta-alayksiköiksi on luonnollisesti epävarmaa. Laskennallisesti esim. 5500 km perattua ojaa merkitsisi noin 20000 ha, jos ojatiheys olisi 275 m/ha ja kaikki ojat perattaisiin.

Äskettäin valmistuneessa valtakunnallisessa metsäojitusalueiden inventointitutkimuksessa, jonka kohteena olivat vuosina 1930-78 metsäojitetut suot, todettiin ojamäärästä peratun 6% (Keltikangas ym. 1986).

233. Valtakunnallinen kunnostusojitustarve

Metsäojien muodon ja syvyyden muuttumisesta on tehty useita erityisselvityksiä.

Lapiokaivunaikaisista keskimäärin 20 vuotta vanhoista ojista oli Heikuraisen (1957) mukaan mataloitunut 84%, kun taas 7% ojista oli syventynyt syöpymisen vaikutuksesta. Lähes alkuperäiset mitat oli säilyttänyt 9% ojista. Multamäen (1934) tutkimat keskimäärin 17 vuotta vanhat ojat olivat madaltuneet 75 %:iin kaivusyvyydestään. Antolan ja Sopon (1966) tutkimilla 30 vuotta vanhoilla ojitusalueilla ojat olivat madaltuneet keskimäärin 64 %:iin alkuperäisestä kaivusyvyydestä.

Valtakunnallisessa metsäojitusalueiden inventointitutkimuksessa selvitetiin myös metsäojien kuntoa ja siihen perustuen perkaustarvetta (Keltikangas ym. 1986). Koko maan keskiarvona oli metsäojien kuntoluokkajakautuma seuraava:

Hyvä	23,6 %
Melko hyvä	28,5 %
Tyydyttävä	28,4 %
Melko huono	14,1 %
Huono	5,4 %
	100,0 %

Kuntoluokkajakautuman ja vuoden 1978 loppuun mennessä kaivetun kokonaisojamäärän perusteella tutkimuksen tekijät arvioivat perkaustarpeen seuraavaksi:

	Välitön	10 vuoden kuluessa
	km	
P-S	9 000	58 600
E-S	53 800	170 400
Yht.	62 800	229 000

Valtakunnan metsien 7. inventoinnin arvio perkaustarpeesta Etelä-Suomessa on 213 800 ha, mikä vastannee 1960-luvun keskimääräisellä ojatiheydellä (220 m/ha) noin 46 000 km ojaa.

234. Ojien kunnon heikkenemiseen vaikuttavat tekijät

Ojien kunnon heikkenemiseen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu lähinnä lapiolla kaivetuista ojastoista, mutta tuloksia voitaneen pääosin soveltaa myös koneellisesti kaivettuihin ojastoihin.

Lukkala (1948, 1949) on perusteellisissa selvityksissään erottanut mm. seuraavia ojien kunnon heikkenemiseen vaikuttavia tekijöitä:

- turvekerroksen painuminen
- ojien vesottuminen
- ojaluiskien sortuminen
- ojia tukkiva kasvillisuus
- hakkuutähteet ym. virtausesteet

Välittömästi ojituksen jälkeen turvekerros tiivistyy ja painuu. Painuminen on sitä voimakkaampaa, mitä paksumpi turvekerros on ja mitä syvemmiksi ojat kaivetaan. Lukkalan

tutkimuksista voidaan päätellä, että käytettäessä 40 m:n sarkaleveyttä ja 0,8 m:n syvyisiä ojia turvekerros painuu ensimmäisen 10-vuotisjakson aikana suotyypistä ja turvekerroksen paksuudesta riippuen 10-15 cm, ojien reunoilla 10 cm enemmän.

Ojien vesoittumista esiintyy yleisimmin rehevillä kasvupaikoilla, joiden puusto on suhteellisen vähäinen. Runsaspuustoisilla alueilla vesoittuminen on vähäistä myös runsasravinteisilla suotyypeillä. Päätehakkuun jälkeen ojaverkoston vesoittuminen saattaa mudostua ongelmaksi myös paremmilla korpisoilla.

Ojaluiskien sortuminen on yleinen ilmiö, joka kuitenkin vaikuttaa suhteellisen vähän ojien kunnon ja ojaston kunnostustarpeeseen. Ojaluiskien sortuminen on useimmiten haitallista silloin, kun kaivetaan syviä ojia ohutturpeisille soille. Tällöin sortumisen aiheuttaa yleensä ojanpohjan syöpyminen.

Lapiokaivunaikaisissa tutkimuksissa pahimmaksi ojien kuntoa heikentävistä tekijöistä todettiin ojien umpeenkasvu, ts. kasvillisuuden aiheuttama ojien tukkeutuminen. Edellä mainitussa metsäojitusalueiden inventointitutkimuksessa yleisimmiksi ojien huonon kunnon syiksi todettiin kasvillisuus ja ojiin joutuneet hakkuutähteet(Keltikakngas ym. 1986). Onkin ilmeistä, että nämä kaksi ojien kunnon heikentäjää toimivat yhdessä: monessa tapauksessa ojiin joutuneet hakkuutähteet heikentävät vesien virtausta muodostamalla patoja, joiden takana erilaisille vakaita vesiolosuhteita vaativille kostean paikan kasveille tarjoutuu hyvä kasvuympäristö.

Karuimmilla suotyypeillä sammalet ovat keskeinen ojien umpeenkasvuun vaikuttava kasviryhmä. Saroittumisen merkitys kasvaa suon ravinteisuustason parantuessa. Suometsien lan-

noitus on tekijä, joka saattaa voimakkaastikin nopeuttaa karujen soiden ojastojen umpeenkasvua.

235. Kunnostusojitustarpeen määritys

Yleistä

Runsaspuustoisilla ojitusalueilla puuston vedenotto pystyy yleensä kompensoimaan ojaston kuivatustehon heikkenemisen siten, ettei ojien kunnostusta ole tarpeen tehdä ennen päätehakkuuta. Kun valtakunnan metsien 7. inventoinnin mukaan maamme suometsistä n. 16% eli n. 700 000 ha on päätehakkuuvaiheessa olevia varttuneita metsiä, ja kun ojien kuivatustehoa jälleen hakkuun jälkeen tarvitaan, huomattava osa kunnostustöistä tulee tapahtumaan päätehakkuiden yhteydessä. Näillä kohteilla ei ole varsinaista kunnostustarpeen määritysongelmaa, vaan kunnostus tehdään useimmissa tapauksissa ilman muuta.

Jos suon lähtöpuusto on vähäinen, kuten on laita useimmilla rämetyypeillä, ojien kunnon heikkeneminen aiheuttaa kasvutaantuman ja ojaston kunnostustarpeen jo ennen päätehakkuuta.

Perkaus vai täydennysojitus?

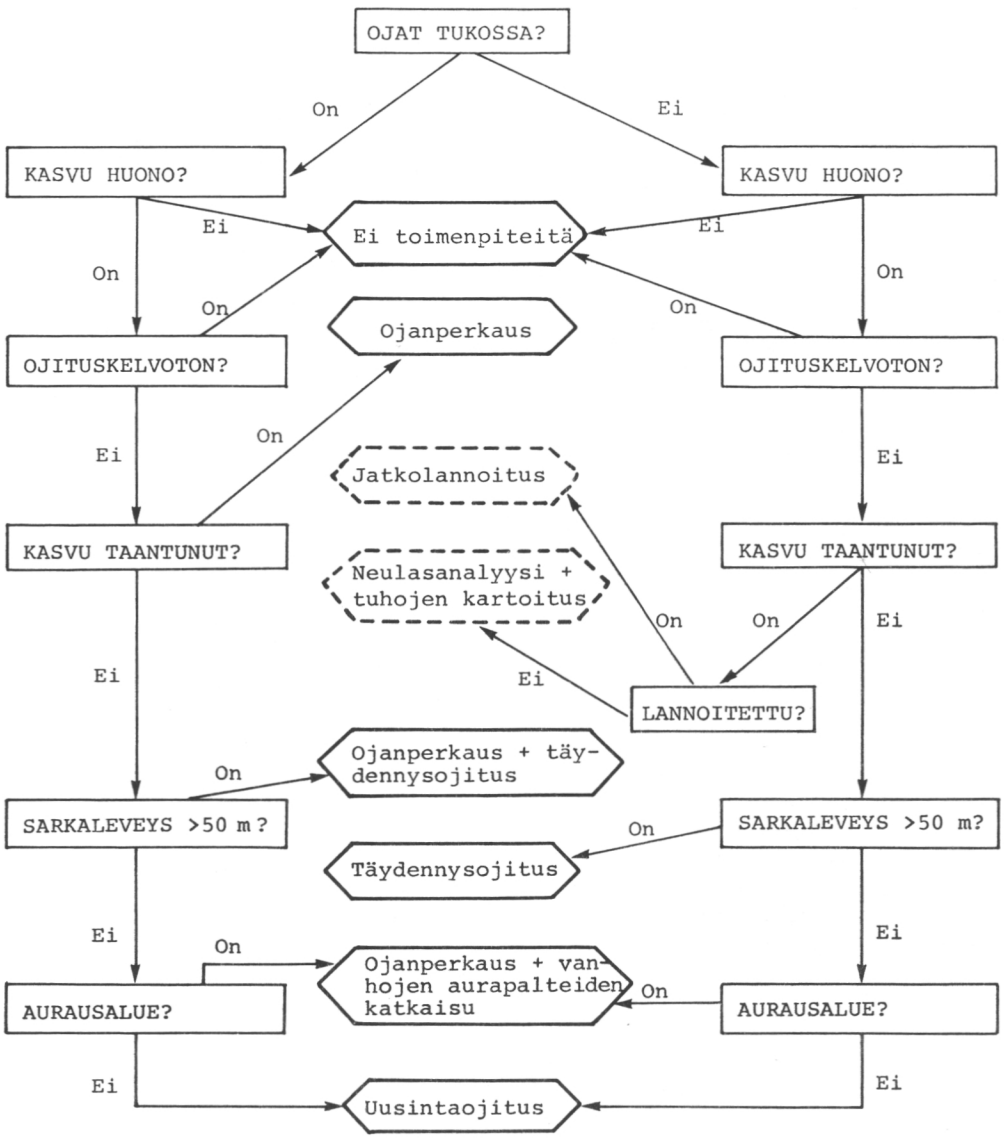
Metsäntutkimuslaitoksella on v. 1983 käynnistynyt tutkimus, jossa selvitellään ojanperkauksen ja täydennysojituksen vaikutuksia ojitusalueiden hydrologiaan ja suopuustojen kasvuun. Koska tästä tutkimuksesta saadaan varmoja tutkimustuloksia vasta 1990-luvulla, ojanperkauksen ja täydennysojituksen keskinäisestä edullisuudesta ei vielä ole selvää käsitystä. Puuston reaktioista ei vielä ole tietoa, ja hydrologisista vaikutuksistakin on voitu tehdä vain epäsuoria päätelmiä. Täydennysojitus merkitsee sarkaleveyden kaventumista, jolla on todettu olevan ylivalumia lisäävä vaikutus.

Ylivalumien kasvu lisää yleensä kiintoaineen huuhtoutumista suolta, mutta täydennysojituksen vaikutuksesta kiintoainekuormitukseen ei voida tehdä varmoja johtopäätöksiä, koska täydennysojitus toisaalta suurentaa ojien lukumäärää ja pienentää yksittäisen ojan virtaamia.

Tutkimuksen vähäisyydestä johtuu, että ojastojen kunnostustarve, kunnostuksen ajankohta ja myös kunnostusmenetelmä on toistaiseksi ratkaistava silmävaraisiin havaintoihin, terveeseen järkeen ja töiden toteuttamisen edullisuuskriteereihin perustuen.

Tärkeimpiä kunnostustarpeen arvioinnin silmävaraisia kriteerejä ovat puuston heikko kasvu ja ojien huono kunto. Koska myös ojituskelvottomia soita on jonkin verran ojitettu, huomioon tulee ottaa myös alkuperäinen suotyyppi. Edelleen on syytä arvioida, onko puuston kasvu ollut alusta asti huono, vai onko se taantunut. Jos sarkaleveys on yli 50 metriä, on harkittava täydennysojitusta ojanperkauksen vaihtoehtona. Aurausalueilla aurapalteet on syytä kaivurilla katkaista, ja ojien perkaus kannattaa tehdä ojien kunnosta riippumatta, koska auraojat yleensä ovat matalia.

Edellä kuvattujen periaatteiden mukaisesti on laadittu kunnostusojitustarpeen määrityskaavio (kuva 1).



Kuva 1. Kunnostusojitustoimenpiteen määrityskaavio.

Kunnostusojitustarpeen määrittämisen ongelmia

Silmävarainen kunnostusojitustarpeen määrittäminen pitää sisällään ongelmia, jotka vaikeuttavat kuvassa 1 esitetyn kaavion käyttöä. Ensinnäkin on ehkä vaikea arvioida, onko puuston kasvu heikko ja onko se mahdollisesti taantunut. Toiseksi ojien kuivatustehon silmävarainen arvioiminen on epävarmaa, koska kuivatustehoon vaikuttavat myös suon kaltevuussuhteet ja turvelaji. Voidaan kuitenkin olettaa, että ojien kuntoon ja puuston kasvuun liittyvät arviointivirheet johtavat harvoin väärään kunnostusojituksen toimenpidevaihtoehtoon. Sen sijaan on mahdollista, että kunnostusojituksen kohteiksi tulee valituksi sellaisia alueita, joilla puuston kasvureaktio ja toimenpiteestä saatava hyöty jäävät vähäisiksi.

Puuston heikko kasvu tai sen taantuminen saattavat aiheutua myös tekijöistä, jotka vain osittain kytkeytyvät ojaston kuivatustehoon. Tällaisia tekijöitä ovat esim. ravinteiden puute sekä erilaiset tuhot.

236. Kunnostusojituksen ajankohta

Kunnostusojituksen ajankohdan määrittämisen tulisi perustua toimenpiteella saavutettavaan nettohyötyyn. Nettohyödyn arvioiminen edellyttää tietoja puuston kasvureaktioista. Näitä tietoja ei toistaiseksi ole käytettävissä, mutta joitakin viitteitä voidaan tässäkin yhteydessä antaa.

Edellä on jo todettu, että runsaspuustoisten ojitusalueiden vesitalous on pitkälti ojaston teknisestä kuivatustehosta riippumaton, ts. puusto itse toimii edullisen vesitalouden ylläpitäjänä. On todennäköistä, että tällaisissa tapauksissa kunnostusojituksen nettohyöty jää vähäiseksi.

Kunnostusojitussuunnitelman laatiminen ja toteutus tulee

kytkeä ojitusalueella suoritettavaan puunkorjuuseen. Hakkuut ja puunkorjuu johtavat yleensä aina pohjavesipinnan nousuun, minkä vuoksi kunnostusojituksen tarvetta on vakavasti harkittava.

Kirjallisuutta

Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Seloste: Ojitettujen soiden vesitaseen arvioiminen lumettomana aikana pohjavesipinnan simulointimallin avulla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 141. 64 s.

Antola, A. & Sopo, R. 1966. Tutkimus 1930-luvulla kaivettujen metsäojien kunnosta ja perkaustarpeesta Helsingin, Mikkelin ja Seinäjoen metsänparannuspiireissä. Cleaning forested-swamp drains. Suo 17: 39-47.

Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair. Acta Forestalia Fennica 65.5: 1-45.

- 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta Forestalia Fennica 167: 39 s.

Keltikangas, M., Laine, J. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-78 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry in 1930-1978: Results from field surveys on drained areas. Acta Forestalia Fennica 193: 1-94.

Lukkala, O.J. 1948. Metsäojien kunnossapito. Referat: Die Instandhaltung der Waldgräben. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 36.1. 56 s.

- 1949. Soiden turvekerroksen painuminen ojituksen vaikutuksesta. Referat: Über die Setzung des Moortorfes als Folge der Entwässerung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 37.1. 64 s.

Metsätilastollinen vuosikirja 1982, 1984 ja 1986.

Multamäki, S.E. 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. Referat: Über die Grössen- und Formveränderungen der Waldgräben. Acta Forestalia Fennica 40.34. 20 s.

Päivänen, J. & Ahti, E. 1988. Ditch cleaning and additional ditching in peatland forestry - effect on ground water level. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions - vol. 1. Joensuu, Finland 6-8 June 1988. Suomen Akatemian julkaisuja 4/1988:184-189.

31. Ravinnevarat ja ravinteiden kierto

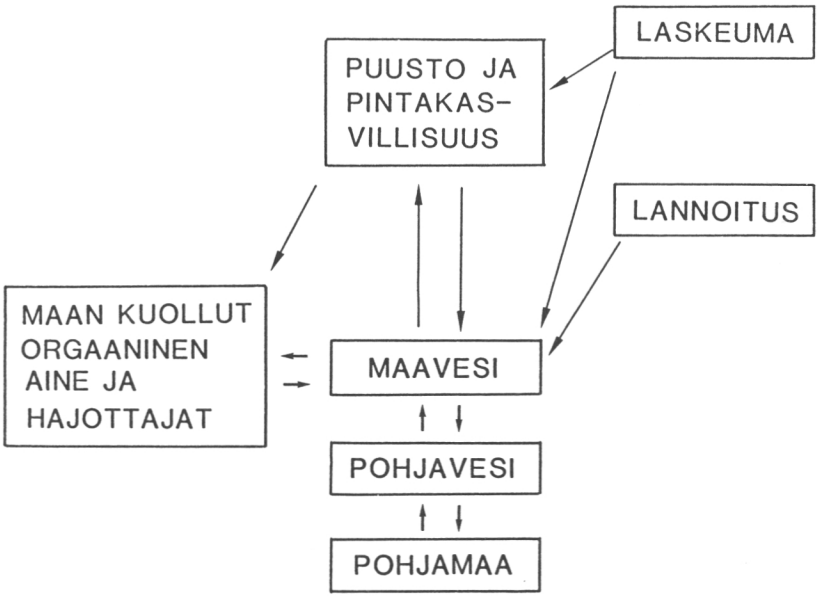
Seppo Kaunisto ja Leena Finér

311. Yleistä

Turvemaiden ravinnetaloutta ja puuntuotospotentiaalia on perinteisesti kuvattu kasvillisuuden avulla. Turpeessa olevia ravinteiden määriä on metsäojitetuilla soilla ennen 1980-lukua tutkittu varsin vähän. Ojitus aiheuttaa koko suoekosysteemissä muutoksia, jotka heijastuvat paitsi pintakasvillisuudessa ja puustossa myös turpeen fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa, mikrobiston toiminnassa sekä ravinteiden liikkumisessa niin ojitusalueelle kuin sieltä poiskin. Laajojen ojitusalueiden ikääntyessä onkin muodostunut entistä tärkeämmäksi selvitellä turpeessa olevien ravinteiden kokonaismääriä ja arvioida niiden riittävyyttä puunkasvatuksessa.

Suoekosysteemin ravinteiden kierron tärkeimmät osatekijät (kuva 1) ovat elävä kasvillisuus, kuollut orgaaninen aine eli turve ja turpeen hajottajaeliöt. Puusto ja pintakasvillisuus sitovat kasvualustasta biomassaansa ravinteita ja palauttavat niitä karikkeina takaisin maahan. Hajottajaeliöt vapauttavat karikkeiden ravinteet jälleen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Suoekosysteemin tärkeimmät ravinnevarastot ovat turpeessa, pintakasvillisuudessa ja puustossa.

Ravinnelisää ojitetun suon metsäekosysteemi saa laskeuman ja lannoitteiden mukana. Minerotrofisilla soilla valumavesien ravinnevirta ympäröiviltä kivennäismailta on katkaistu ojituksella. Ohutturpeisilla soilla turvekerroksen alla olevassa kivennäismaassa rapautuneita ravinteita kulkeutuu juuristokerrokseen maa- ja pohjaveden mukana. Suoekosysteemistä poistuu ravinteita puunkorjuussa ja huuhtoutumalla.



Kuva 1. Ravinteiden kierto ojitetulla turvemaalla pääpiirteissään.

Ojitetun suon metsäekosysteemin ravinteiden kierron osatekijöitä on tutkittu pääasiassa erillään toisistaan. Pintaturpeen pääravinnevaroista on hankittu tietoja sekä suontutkimusosaston että monien muiden tahojen toimesta. Ravinteiden vapautumista kuolleesta orgaanisesta aineesta on selvitetty epäsuorin menetelmin mm. mittaamalla selluloosaa hajottavien mikrobien hajotusaktiivisuutta selluloosan hajotustestin avulla, karikkeita hajottavien mikrobien hajotusaktiivisuutta karikkeiden hajotustestin avulla ja maahengitystä kaasuanalysaattorein. Puuston ravinnetilasta on pyritty saamaan käsitys neulas- oksa-, runko- ja ohutjuurianalyysein. Laskeuman mukana tulevista ravinnevirroista saadaan tietoja Ilmatieteen laitoksen, Vesi- ja ympäristöhallituksen sekä Metsäntutkimuslaitoksen Ilme-projektin laskeuman seuranta-aineistoista. Suoekosysteemistä poistuvia ravinne-

määriä on tutkittu selvitettäessä lannoituksen vaikutusta valumaveden laatuun sekä Vesi- ja ympäristöhallituksen Nurmes- tutkimuksessa.

Ojitetun puustoisen suoekosysteemin ravinteiden kierron tärkeimpien osasten yhteensovittaminen on Suomessa vielä yhden julkaistun tutkimuksen varassa (Paavilainen 1980). Raportointivaiheessa on kuitenkin kaksi tutkimushanketta, jotka tuovat lähivuosina lisätietoa ojitettujen soiden ravinnetalouteen.

312. Ravinnevirta suoekosysteemiin

Laskeuman mukana tulee turvemaalle puiden tarvitsemia pääravinteita: typpeä, fosforia, kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia (taulukko 1).

Taulukko 1. Keskimääräinen pääravinteiden vuosilaskeuma Suomessa v. 1971-1977 (Järvinen & Haapala 1980).

Ravinne	kg/ha/v
N	5,45
P	0,15
K	1,50
Ca	3,56
Mg	0,77

Kulkiessaan latvuskerroksen läpi sadevesi huuhtelee puista ravinteita, varsinkin kaliumia ja kalsiumia. Huuhtoutuvat määrät ovat jopa useita kymmenesosia puuston vuotuisesta ravinteiden tarpeesta. Typen ja fosforin huuhtoutuminen latvuksesta on melko vähäistä, ja typpeä voi jopa pidättyä puustoon sadevedestä. Sadeveden mukana tulevat ravinteet ovat suoraan kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

Lannoituksessa käytetään yleensä pääravinteita, typpeä ja/tai fosforia ja kaliumia, sekä lisäksi hivenravinnetta booria. Varsinkin yleisimpien fosforilannoitteiden mukana tulee suolle myös muita ravinteita mm. kalsiumia. Käytetty typpilannoitemäärä on vähäinen turpeen typpivarastoihin nähden - vain joitakin sadasosia -, mutta käytetyt fosfori- ja kaliummäärät ovat jo suuria verrattuna turpeen ko. ravinteiden varastoihin.

313. Ravinteiden määrä turpeessa ja puiden ravinteiden käyttö

Puiden ja pintakasvillisuuden juurista valtaosa on ylimmässä 20 cm:n turvekerroksessa, eli ravinteiden otto tapahtuu pääsääntöisesti tästä kerroksesta. Siksi tämän turvekerroksen ravinnevarojen tutkimiseen on kiinnitetty eniten huomiota. Typen määrä turpeessa vaihtelee erittäin laajoissa rajoissa, esim. 0-20 cm:n pintakerroksessa muutamasta sadasta kilosta useisiin tuhansiin kiloihin hehtaarilla suotyypistä riippuen. Sen sijaan fosforia ja kaliumia on vain muutamista kymmenistä muutamiin satoihin kiloihin hehtaarilla. Turpeen typen, kalsiumin ja fosforin määrän on todettu jossain määrin olevan yhteydessä suotyyppiin ja kuvastavan kasvualustan hyvyysluokkaa. Sen sijaan kaliumin määrä ei näytä sanottavasti kytkeytyvän suotyyppien muodostamaan trofiasarjaan. Yleensä sitä on turpeessa vähän muihin pääravinteisiin ja toisaalta puuston tarvitsemiin ravinnemääriin verrattuna.

Pääravinteiden keskinäiset suhteet näyttävät jossain määrin olevan riippuvaisia turpeen pintakerrosten maatumisasteesta ja tiheydestä sekä puuston kehitysvaiheesta, mitkä ainakin osittain ovat riippuvaisia kuivatusasteesta ja ojituksen vaikutusajasta. Kun eräillä luonnontilaisilla rämeillä N:P:K-suhteet olivat n. 100:5:4-8, olivat ne samoja suotyyppejä vastaavilla vanhoilla turvekankailla 100:3-4:1. Erityisen tärkeätä on todeta, miten kaliumin määrä suhteessa

fosforiin ja typpeen on vähentynyt. Seuraavia syitä on esitetty:

1. Kalium on konsentroitunut pintakasvillisuuteen ja turpeen pintaosiin, joissa sitä on yleensä selvästi enemmän kuin fosforia. Vaikka molempien ravinteiden määrä yleensä vähenee syvemmälle siirryttäessä, tapahtuu se kaliumilla huomattavasti nopeammin kuin fosforilla ja yleensä jo 10-20 cm:n kerroksessa fosforia on selvästi kaliumia enemmän. Ero suurenee edelleen mentäessä syvemmälle profiilissa. Ojituksen vaikutuksesta turve maatuu ja tiivistyy, jolloin vähän kaliumia sisältäviä turvekerroksia tulee kuulumaan 0-20 cm:n pintakerrokseen. Typpeen nähden kaliumin määrä jää vielä pienemmäksi, koska typen pitoisuus yleensä lisääntyy profiilissa syvemmälle siirryttäessä ja maatuneisuuden lisääntyessä.

2. Puusto käyttää kaliumia n. 3-4 kertaa niin paljon kuin fosforia (N:P:K likimäärin = 10:1:3-4), joten kasvavaan puustoon sitoutuu ja hakkuiden mukana poistuu kaliumia enemmän kuin fosforia.

3. Kalium on turpeessa lähes täydellisesti vesiliukoisessa tai vaihtuvassa muodossa, joten se huuhtoutuu erittäin helposti.

Taulukossa 2 on esitetty eräitä turpeesta (0-20 cm) mitattuja ja puuston sitomia ravinnemääriä. Taulukosta voidaan todeta erityisesti edellä mainittu typen, fosforin ja kaliumin määrien erilaisuus luonnontilaisilla rämeillä ja vastaavilla turvekankailla. Kaliumin määrät ovat nevoilla erittäin alhaisia, mistä johtuvat vanhoilla avosoiden metsitysalueilla usein todetut vakavat kaliumin puutokset. Edelleen voidaan nähdä, että turpeen kaliumin määrät ovat vahäisiä verrattuna vaatimattomankin puuston käyttämiin kaliummääriin.

Taulukko 2. Typen, fosforin ja kaliumin määrät 0-20 cm:n turvekerroksesa eräillä rämeillä, turvekankailla ja nevoilla sekä rämemännikköön (137 m^3/ha) sitoutuneet määrät (kg/ha).

	Luonnontilaiset rämeet			Rämeistä syntyneet turvekankaat [1]			Nevat [2]			Rämemännikkö	
	Alkup. suotyyppi										
Ravinne	RhSR	VSR	IR	RhSR	VSR	IR	RhSN	VSN	LkN	Koko puusto	Runkopuu + kuori
N	2800	1200	1000	7000	5600	3000	5300	2500	1200	203	34
P	140	60	40	260	260	100	150	110	40	21	5,0
K	110	90	70	40	60	30	30	30	20	76	5,3

[1] Ojitettu n. 75 v. aikaisemmin
[2] Ojitettu n. 10 v. aikaisemmin

Puusto tyydyttää vuotuisen ravinteiden tarpeensa kierrättämällä ravinteita sisällään ja ottamalla ravinteita kasvualustasta. Varttunut puusto tarvitsee Pohjoismaissa tehtyjen tutkimusten perusteella vuosittain puulajista ja puuston rakenteesta riippuen typpeä 20-110 kg/ha, fosforia 2-13 kg/ha, kaliumia 7-60 kg/ha, kalsiumia 7-20 kg/ha ja magnesiumia 2-8 kg/ha.

Puusto kierrättää tehokkaasti typpeä, fosforia ja kaliumia pois vanhoista neulaskerroista käytettäväksi uusien puustonosien tuottamiseen. Kalsium ei kierrä puustossa, vaan pikemminkin kasaantuu vanhoihin solukoihin. Typen, fosforin ja kaliumin vuotuisesta tarpeesta voidaan männikössä tyydyttää yli puolet sisäisen kierron kautta. Sisäisen kierron tehokkuuteen vaikuttaa puuston kehitysvaihe, puulaji ja mahdollisesti myös kasvupaikan ravinteisuus. Nuorissa puustoissa ei kierto ole yhtä tehokasta kuin varttuneissa, koivulla kierto ei ole yhtä tehokasta kuin havupuilla ja viljavilla kasvupaikoilla kierron on havaittu olevan tehottomampaa kuin karuilla.

Sisäisestä kierrosta vapautuvien ravinteiden lisäksi varttuneen puuston on arvioitu ottavan maasta vuosittain typpeä 25-50 kg/ha, fosforia 2-5 kg/ha, kaliumia 4-30 kg/ha, kalsiumia 10-30 kg/ha ja magnesiumia 2-7 kg/ha. Maasta otetusta ravinnemäärästä 30-80% palautuu karikkeiden mukana takaisin maahan.

314. Orgaanisen aineen hajotus

Hajottajaeliöt vapauttavat karikkeiden mukana maahan palautuvat ravinteet kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Typpi ja fosfori mineralisotuvat hitaasti, sillä varsinkin havupuiden karikkeen typpipitoisuus on alhainen, ja tämä hidastaa hajottajaeliöiden toimintaa. Fosfori pidättyy orgaanisen aineen lisäksi tiukasti myös turpeessa olevaan rautaan ja alumiiniin.

Orgaanisen aineen hajotusolosuhteiden mittarina käytetään usein hiili/typpi-suhdetta. Mitä korkeampi suhde on, sitä hitaampaa on hajotustoiminta. Kun suhde on alle 20 jää hajottajilta runsaammin typpeä myös kasvillisuuden käyttöön. Yleensä turvemaassa ja havupuiden karikkeessa C/N-suhde on korkeampi kuin 20 eli mineralisaatio on hyvin hidasta.

Karikkeiden laadun lisäksi turpeen happamat ja vähähappiset olosuhteet sekä kylmyys rajoittavat suuresti hajottajaeliöiden toimintaa.

Luonnontilaisella suolla orgaanista ainetta muodostuu nopeammin kuin hajoaa, mutta ojitus käynnistää voimakkaan hajotustoiminnan. Orgaanista ainetta voi ojituksen jälkeisinä vuosina hajota jopa enemmän kuin sitä samassa ajassa syntyy. Ojaston hyvällä kunnolla on turvemaan ravinnetalouden kannalta suuri merkitys.

Erikoisesti kalium, mutta myös kalsium ja magnesium - toisin kuin typpi ja fosfori - eivät ole voimakkaasti sitoutuneet

orgaaniseen aineeseen, vaan ne vapautuvat melko helposti kasvien käyttöön.

Lannoitteet ovat epäorgaanisia tai orgaanisia yhdisteitä, joiden on liuettava maaveteen ennen kuin kasvit voivat ne ottaa. Eri lannoitteet poikkeavat toisistaan suuresti liukenevuutensa suhteen. Yleisesti käytössä olevat typpi- ja kaliumlannoiteet liukenevat nopeasti maaveteen. Turvemailla, joilla huuhtoutumisen riski on usein suuri ja lannoitusreaktiota odotetaan pitempään kuin maataloudessa, ovat hidasliukoiset fosforilannoitteet suositeltavampia, sillä ne pidättyvät suoekosysteemin ravinteiden kiertoon tehokkaasti.

315. Ravinteiden huuhtoutuminen

Suoekosysteemistä poistuu veden mukana ravinteita. Typpi ja fosfori ovat suurimmalta osin voimakkaasti orgaaniseen aineeseen sitoutuneita, eivätkä ne huuhtoudu helposti, mutta kalium, kalsium ja magnesium eivät pidäty turpeeseen yhtä voimakkaasti ja ovat herkkiä huuhtoutumaan.

Typpeä tulee suoekosysteemin ulkopuolelta enemmän kuin sitä huuhtoutuu, ja kaliumilla tase lienee myös lievästi positiivinen.

316. Ravinteiden riittävyys

Luonnontilaistenkin rämeiden turpeessa on sekä typpeä että fosforia verrattain paljon puuston käyttämiin määriin verrattuna (ks. taulukko 2). Sen sijaan kaliumia on erittäin niukasti. Samantapainen on tilanne myös paksuturpeisissa korvissa. Sen lisäksi, että kalium on kasveille maasta helposti saatavissa, se liikkuu myös kasvien sisällä erittäin helposti ja siirtyy vanhemmista kasvinosista nuorempiin, erityisesti kasvupisteisiin. Kalium siis kiertää tehokkaasti. Kasvillisuus voikin käyttää kaliumin loppuun ja siitä saattaa seurata äkillinen kaliumin puutostila, mikä

puiden kohdalla johtaa ensin kärkikasvupisteiden kuolemaan ja päärangan vaihtoihin sekä varsin helposti yksittäisten puiden tai kokonaisen metsikönkin kuolemaan. Tutkimusten perusteella näyttää siltä, että nevoja lukuunottamatta kalium kuitenkin yleensä riittää ensimmäisen ojituksen jälkeisen puusukupolven kasvattamiseen ilman lannoitusta. Sen sijaan toisen puusukupolven aikana saattaa tulla vaikeuksia sitä enemmän mitä rehevämmästä suotyypistä on kysymys. Tämä johtuu siitä, että rehevillä suotyypeillä kaliumin määrät ovat samaa suuruusluokkaa kuin karuilla, mutta kasvu suurempien typpi- ja fosforimäärien vuoksi nopeampaa ja kaliumin sitoutuminen siis myös nopeampaa.

Kaliumin riittävyyttä tulisikin tarkkailla tehostetusti entisillä avosoilla, nevamaisilla puustoisilla suotyypeillä sekä vanhoilla ojitusalueilla. Koska valtaosa puustoon sitoutuneista ravinteista on oksissa ja neulasissa, tulisi kokopuukorjuuta yleensä välttää paksuturpeisilla soilla.

Typpeä ja fosforia turpeessa näyttää yleensä olevan runsaasti puuston sitomiin ravinnemääriin verrattuna, kuten edellä todettiin. Toisaalta typpi ja fosfori ovat turpeessa pääasiassa orgaanisesti sitoutuneina ja vapautuvat vain vähitellen mikrobitoiminnan ansiosta kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Vapautuvan typen ja fosforin mikrobisto käyttää kuitenkin ensisijaisesti omaksi rakennusaineekseen ja vasta ylijäämä liikenee kasveille. Mitä vähemmän orgaanisessa aineksessa on typpeä hiileen nähden sitä varmemmin vapautuva typpi sitoutuu mikrobistoon. Tästä syystä typen puutos rajoittaa puuston kasvua karuilla suotyypeillä, vaikka sitä määrällisesti näyttää olevan hyvinkin runsaasti puiden typenkäyttöön verrattuna. On todennäköistä, että karuimmilla suotyypeillä, joissa hitaasti maatuva rahkaturve muodostaa kasvualustan, ei typpeä voi vapautua puiden tarpeisiin riittävästi kymmeniin tai ehkä satoihinkaan vuosiin, vaan puiden tehokas kasvatus on niillä typpilannoituksen varassa.

Runsastyppisillä soilla, joissa typpeä mineralisoituu ylitse mikrobiston tarpeen, saattaa puutosta tulla fosforista. Syyksi on oletettu typen ja fosforin erilainen suhde turpeessa ja puustossa. Kun turpeessa N:P-suhde on n. 10:1, on se puustossa n. 10:3. Tästä on todennäköisesti seurauksena, että kun typpeä vapautuu turpeesta riittävästi puiden kasvua ajatellen, on fosforista vielä puutetta ja kun fosforia vapautuu sopivasti, on typestä puolestaan ylitarjontaa.

Kirjallisuus

Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. John Wiley & Sons, Inc. 472 s.

Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Parts I-III. Studia Forestalia Suecica 16: 1-236.

Järvinen, O. & Haapala, K. 1980. Sadeveden laatu Suomessa 1971-1977. Summary: The quality of wet and dry deposition in Finland according to observations made from 1971 to 1977. Vesihallitus. Tiedotus 198:1-102.

Kaila, A. 1956b. Phosphorus in various depths of some virgin peatlands. Selostus: Fosforista eräitten luonnontilaisten soitten eri kerroksissa. The Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 28(2): 90-104.

- & Kivekäs, J. 1956. Distribution of extractable calcium, magnesium, potassium and sodium in various depths of some virgin peat soils. The Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 28(4): 327-247.

Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustai-

mien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus männyntaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas, their sufficiency, and tree growth. Seloste: Metsäojitettujen turvemaiden ravinnevarat, niiden riittävyys ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. Painossa.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertililzation in pole stage pine stands established on bogs. Folia Forestalia 585. 40 s.

Kivinen, E. 1948. Suotiede. Werner Söderström Oy. Porvoo-Helsinki. 219 s.

Lim, M., & Cousens, J.E. 1986a. The internal transfer of nutrients in a Scots pine stand. 1. Biomass components, current growth and their nutrient content. Forestry 59.1:1-16.

- 1986b. The internal tranfer of nutrients in a Scots pine stand. 2. The pattern of transfer and the effects of nitrogen availability. Forestry 59.1:17-27.

Mengel, K. & Kirkby, E. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern. Switzerland. 3. painos. 655 s.

Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primärituotos ja ravinteiden kiertokulku männiköissä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(5): 1-87.

- 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Tiivistelmä: Kokopuun korjuun vaikutus maan viljavuuteen.

Silva Fennica 10(3): 157-164.

Paavilainen, E. 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia Forsestalia 327. 32 s.

- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(5): 1-71.

Pakarinen, P. & Tolonen, K. 1977. Pääravinteiden sekä sinkin ja lyijyn vertikaalijakautumista rahkaturpeessa. Summary: Vertical distributions of N, P, K, Zn and Pb in Sphagnum peat. Suo 28(4-5): 95-102.

Stevenson, F.J. 1982. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. 443 s.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soiden ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalt der für Waldderziehung entwässerten Moore. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(4): 1-108.

Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

32. Lannoitustarpeen määritysmenetelmät

Antti Reinikainen

321. Taustaa

Ojitustoiminnan biologisia perusteita koskeva ajattelu oli pitkään niin vesitalouskeskeistä, että muiden kasvutekijäin huomioon ottaminen pohdittaessa 'syitä puiden kitumiseen suolla' (ks. Lukkala 1930, s.493) viivästyi. Tosin soiden viljavuudesta puhuttiin varhain ja viljavuuserojen ekologista taustaa pohdittiin. Suopeltoja osattiin lannoittaa jo 1920-luvulla mineraalimaista poikkeavalla tavalla. Turvemaan ravinnevaihtelun pääpiirteet tunnettiin (Kivinen 1933). Mutta suopuustojen kitukasvuisuuden tai soiden metsittämisvaikeuksien syitä analysoitaessa ravinteiden osuutta ikäänkuin väisteltiin (ks. esim. Multamäki 1942, Huikari 1951). Lukkala (1930) toteaa, että 'ravinnon niukkuus' vaikeuttaa soilla puitten menestymistä ja että paitsi 'kivennäisravintoaineista' voi typestäkin mikrobiologisista syistä olla puutetta. Vaikka hänkään ei sijoittanut ravinteita kovinkaan tärkeälle paikalle arvioidessaan puuston kasvua rajoittavia tekijöitä suoympäristöissä, asia näyttää häntä askarruttaneen. Ilmeisesti Malmströmin (ks. esim. 1935) ajatusten tukemana hän perusti ensimmäiset maanparannus- ja kalkituskokeet Jaakkoinsuolle jo 1929 ja 1941 hän kylvätytti Kaakkosuon rimpiselle ja lähes puuttomalle sini-heinäiselle SN-muuttumalle (ojitettu 1915) salpietaria (N), superfosfaattia (P), kalisuolaa (K) ja poltettua kalkkia (Ca) eri yhdistelminä. Jo tätä ennen hän oli perustanut muutamia tuhkalannoitus-, saveamis- ja hiekoituskokeita (ks. Silfverberg 1988, tämä nide).

Lannoitustutkimuksella etsittiin aluksi apua soiden metsittämisongelmiin. Lukkala (1951) julkisti ensimmäiset mitatut kasvunlisäykset suopuustoissa ja Huikari (1953) osoitti

puuntuhkan ravinteiden puuston kasvuun heijastuvat vaikutukset Kaakkosuon tuhkakokeella. Näiden tulosten alkuun sysäämänä suontutkimusosasto aloitti systemaattisen lannoituskokeiden perustamisen. Vuosikymmenen lopulla nämä kokeet käsittivät jo n. 2000 koealaa ja 400 ha ja olivat maailman laajimmat alallaan turvemailla. Tällöin saatiin myös ensimmäiset mittaustulokset kasvunlisäyksistä eri suotyypeillä, ja Huikari (1961) saattoi julkaista ensimmäisen kasvupaikkatyyppeihin pohjautuvan taulukkomuotoisen lannoitusohjeen, jota voidaan lukea myös l a n n o i t u s t a r p e e n m ä ä r i t y s k a a v i o n a.

Käytännössä lannoitustarpeen määrittäminen erityisesti suometsissä on kasvualustan ja puuston ravinnetilanteen arvioimista ja/tai mittaamista. Koska puiden ravinnepuutokset soilla korostuvat ojitus- ja lannoituskelvottomina pidetyillä kasvupaikoilla, ja suometsän kasvattajalla on toisaalta käytössään tarveharkintainen lannoitus, seuraavassa käsitellään ravinnetilan ja lannoitustarpeen tutkimisen keinoja erottelemattomana ravinteisuusdiagnostiikkana.

Kun suometsien lannoituksesta 1960-luvun alussa tuli nopeasti laajeneva metsänparannuksen muoto, lannoitustarpeen määritysmenetelmien kehittäminen löysi pysyvän paikkansa suontutkimusosaston työohjelmassa. Lannoituskokeiden rinnalle sovellettavina menetelminä nousivat puuteoiretutkimus ja kemialliset ravinneanalyysit kasvualustasta ja kasveista (turveanalyysi, neulasanalyysi, juuristoanalyysi). 1970-luvulta lähtien on myös kaukokartoituksen kehitystä ravinnediagnostisessa mielessä seurattu. Em. keinojen joukosta on etsitty sitä, joka yksinkertaisimmin ja vähimmin kustannuksin antaisi yksiselitteisen kuvan kasvualustan ravinnetilanteesta ja metsikön lannoitustarpeesta.

322. Suotyyppi ravinteisuuden kuvaajana

Vesitalous ja ravinteisuus ovat luonnontilaisten suotyyppien moniulotteisen vaihtelun tärkeimmät ekologiset selittäjät. Ravinteiden saatavuus kytkeytyy läheisesti vesitalouteen (esim. ombrotrofia <- ravinteet sadevedestä; minerotrofia <- ravinnelisää suon pohjamaasta; reunavaikutus, luhtaisuus, tulvaisuus, lähteisyys jne. <- ravinnelisää suoekosysteemin ulkopuolelta). Suotyypillä ja turpeen ravinnepitoisuuksilla on vanhastaan tunnetut korrelaationsa. Viljavuussarjaa noudattelevat pääravinteista selvästi typpi ja kalsium (esim. Kivinen 1933, Vahtera 1955, Urvas ym. 1980, Westman 1981), mutta fosfori jo heikommin ja kalium tuskin lainkaan. Silti viimemainittujenkin pitoisuuksissa on suotyypistä riippuvaa säännönmukaisuutta. Fosforia ja kaliumia on eniten ohutturpeisilla, reunavaikutteisilla ja puustoisilla soilla. Paksuturpeisuus, rämeisyys, lettoisuus ja keskustavaikutteisuus alentavat fosforin pitoisuuksia ja nevaisuus ja rimpisyys lisäksi erityisesti kaliumin pitoisuuksia (esim. Reinikainen ym. 1984). Kaikki edellä luetellut sekä monet muut todetut (ks. esim. Eurola & Holappa 1985) riippuvuudet suokasvillisuuden ja turpeen ravinnetunnusten vaihtelun välillä ovat kuitenkin niin löyhiä, ettei diagnostisesti luotettavia suotyyppikohtaisia ravinnekeskiarvoja voida määritellä. Kasvillisuudeltaan selvästi eroavien naapurityyppien (esim. LkNR, VNR, RhNR, Westman 1981) ravinnetunnusten jakautumat menevät pahasti päällekkäin.

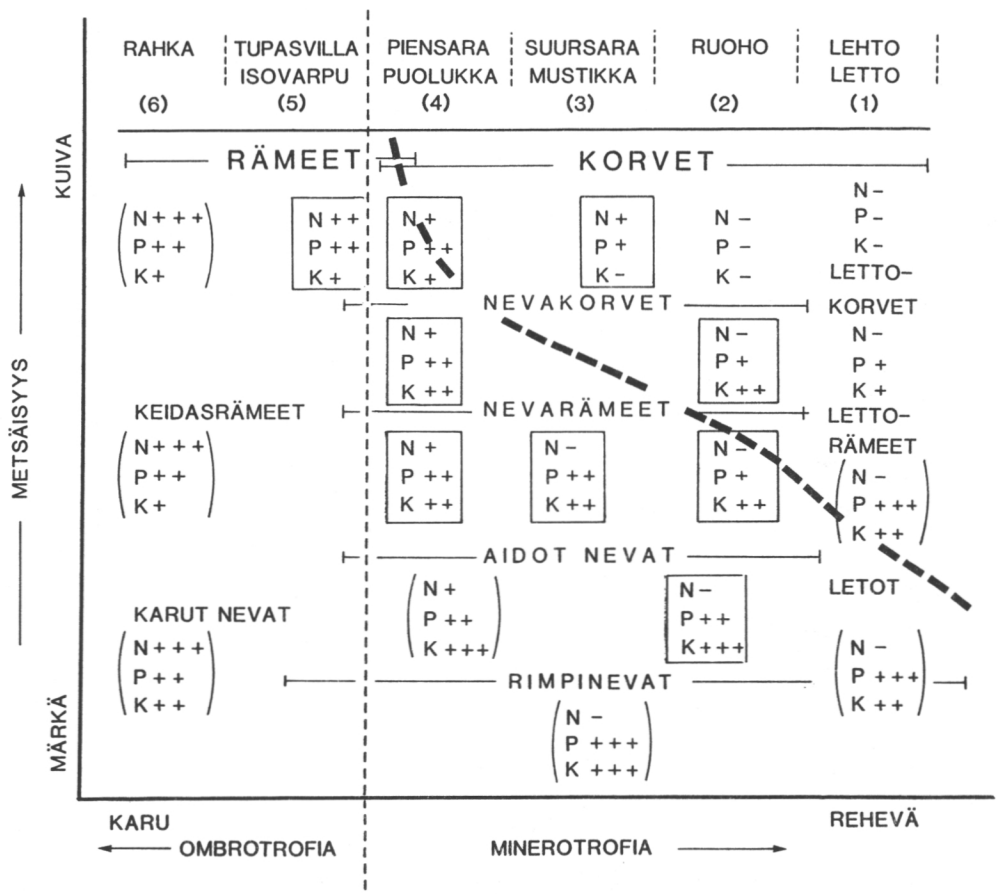
Parhaaksi keinoksi todeta suotyypin (suokasvupaikkatyypin, Huikari 1952) ja puuston lisäravinnetarpeen yhteys on osoittautunut lannoituskoe. Suontutkimusosaston koetoiminnan ensimmäisen vaiheen (n. 1952-1965) tavoitteena oli selvittää erityisesti männyn ja männiköiden ravinnepuutokset ja lannoitustarve eniten metsäojitetuilla suotyypeillä. Käytettiin faktoriaalisia kokeita ja miinuskokeita, joiden avulla kasvua rajoittavat ravinnetekijät ja niiden tärkeysjärjestys

eri kasvupaikoilla voitiin nopeasti todeta. Pilottikokeet suoritettiin 2^3-faktoriaalisella NPK-perussarjalla. Sopivia lannoitemääriä haarukoitiin joko suuremmilla faktorikokeilla (esim. 4^3-f. Kivisuon koe I 1959, ks. Huikari ja Paarlahti 1973) tai ns. tasokokeilla, joissa tietylle lannoitepohjalle rakennettiin jonkin ravinteen (lannoitteen) nouseva sarja. Samanaikaisesti ravinnevajausten perusteiden selvittämisen kanssa kokeiltiin myös suometsiin sopivia lannoitelajeja. Hyvin pian kokeiden tulokset vaikuttivat myös lannoitteiden valmistukseen valtakunnassa: PK-lannos (0%N - 17%P_2O_5 - 15%K_2O) ilmestyi markkinoille 1967. Kun sitä seuraavana vuonna ruvettiin kutsumaan suometsien PK-lannokseksi, oli myös fosforipitoisuutta lisätty (0-24-15).

Laajenevasta lannoituskoetoiminnasta, joka 1960-luvun lopulla siirtyi toistuvien lannoitusten tutkimiseen, ns. jatkolannoituskauteen, rakentui kuin itsestään kasvupaikkatyyppiin perustuvan lannoitustarpeen määritysjärjestelmän tietopohja. Sen kehitystä ovat seuranneet lannoitustarpeen määritystaulukot (Paavilainen 1979), jotka Huikarin (1961) esittämän ensiversion jälkeen eivät ole perussisällöltään radikaalisti muuttuneet. Niiden jokaisen suositusmäärän takana on kuitenkin versio versiolta ollut vankempi ja aukottomampi kokeellinen tieto.

Tietyn ravinteen puutteen kokeellisesti todettu erilainen taso on johtanut kahden tai kolmen lannoitussuositustason käyttöön kullakin pääravinteella. Samaa vaikutusta on ollut ilmaston huomioon ottamisella (ks. esim. Paavilainen 1979, Moilanen & Penttilä 1988). Suotyyppiin perustuvia lannoitustarpeen määrityskaavioita on julkaistu sekä Heikuraisen (1968) että Huikarin (1952) tyypittelyn pohjalle rakennettuina kuin myös tätä karkeammille kasvupaikkaluokittelulle perustuvina (esim. 'Ilves'-projekti 1988). Ne voidaan rinnastaa esim. Paavilaisen (1979, ks. tämän niteen luku 33, taulukko 3) esittämän taulukon avulla. Kaavioon 1. on py-

ritty kokoamaan suotyypin ilmentämään ravinteisuusvaihteluun perustuvan diagnostiikan synteesi (vrt. myös Reinikainen & Hotanen 1988, kuva 1, tämä nide).



Kuva 1. Suokasvupaikkojen (myös oj. ja mu) pääravinnetilanne (puutokset) kahden ekologisen päävaihtelusuunnan, ravinteisuuden ja kosteuden koordinaatistossa esitettyinä (vrt. Reinikainen & Hotanen, tämä nide, kuva 1). + = lievä puute, ++ = kohtalainen puute, +++ = ankara puute, - = ei puutetta. Merkinnät kehyksissä = lannoituskohteita, lannoitussuositus taulukosta 1. Merkinnät suluissa = ojitus- ja lannoituskelvottomia tai epävarmoja lannoituskohteita. Ei sulkeita = ei lannoitustarvetta. Paksu katkoviiva = reuna- ja keskustavaikutteisten suotyyppien raja.

Niin kauan kuin suon kasvillisuuden ojituksenjälkeinen sukkessio sallii alkuperäisen suotyypin tunnistamisen, myös kasvillisuuden ravinteisuusdiagnostinen arvo ja käyttökelpoisuus säilyy. Luonnontilainen suo - ojikko - muuttuma - turvekangas -sukkessio on tietenkin ekologiselta taustaltaan ensisijaisesti vesitaloudellinen. Hydrologiseen muutokseen liittyy kuitenkin puuston kannalta monentyyppisiä ravinnetalouden muutoksia. Kaikkiaankaan ne tuskin ovat niin radikaaleja, että supistaisivat luonnontilaisen suon moniulotteisen ravinteisuusvaihtelun yksisuuntaisella viljavuussarjalla kuvattavaksi. On siten ilmeistä, että 4-6 turvekangastyyppiä eivät ole yhtä hyvä pohja ravinteisuusdiagnostiikalle kuin alkuperäiset suotyypit.

Vanhojen muuttumien ja turvekankaiden kasvillisuuden erillisiä ravinteisuusindikaattoreita (lajeja ja lajiryhmiä) tunnetaan toistaiseksi siksi huonosti (esim. karhunsammaloituminen -> kaliumin puute), että niistä harvoin saadaan tarkennusta kasvupaikkatyypin tarjoamaan lannoitusohjeeseen. Kun ojitussukkession ravinteisuusinformaatiota vähentävään vaikutukseen lisätään vielä itsensä lannoituksen aiheuttamat kasvillisuusmuutokset, on selvää, että vanhoilla ojitusalueilla kasvupaikkatyypin antaman perusohjeen lisäksi tarvitaan ravinteisuusdiagnostiikan muita keinoja.

323. Kemiallinen turveanalyysi lannoitustarpeen kuvaajana

Vahtera (1955) tutki ensimmäisenä ojitettujen soiden turpeen ravinnepitoisuuksien ja metsänkasvatuskelpoisuuden korrelaatioita. Ravinnepitoisuuksien käytöstä tuottokyvyn ennustamisesssa hän totesi lyhyesti: "On vaikea antaa raja-arvoja edes asteikolla runsas, tyydyttävä, niukka". Turpeen suoraan viljavuusanalyysiin liittyvien menetelmien kehittämisen tavoitteena ovat sittemmin olleet näytteen otto, ravinneanalyysi ja tulosten ilmaisutapa, joilla ravinteiden saatavuutta puun kasvun kannalta voitaisiin tyydyttävästi jälji-

tellä. Tulosten tulisi näkyä merkitsevinä, tulkittavissa olevina ja ennustamiseen sopivina korrelaatioina turpeen ravinnearvojen ja puuston kasvutunnusten välillä.

Paarlahti ym. (1971) etsivät diagnostisesti käyttökelpoisia korrelaatioita turpeen kahden eri syvyyskerroksen (0-10, 10-20 cm) ravinnepitoisuuksien ja männyn pituuskasvun välillä käyttäen sekä totaalipitoisuuksia että normaalin viljavuusanalyysin mukaisia helppoliukoisten tai vaihtuvien ravinteiden pitoisuuksia. Ravinnetunnuksista rakennettu regressiomalli selitti tyydyttävästi kasvun vaihtelua, mutta yksikään erillisistä ravinnepitoisuuksista ei yltänyt diagnostisen käyttökelpoisuuden tasolle. Pintaturpeen (0-10 cm) totaalityppi, 'helppoliukoinen' fosfori ja vaihtuva kalsium korreloivat kasvuun. Niiden yksittäisen pitoisuusarvon perusteella tehtävään päätelmään lannoitustarpeesta jäi kuitenkin paljon suurempi riski kuin vastaavaan kasvupaikkatyypin tai neulasanalyysin perusteella tehtävään arvioon.

Vahteran (1955) työn jälkeen turpeen kemiallisen analyysin eri variaatioita on yli 30 vuoden kuluessa käytetty suontutkimusosaston ravinnetaloudellisessa tutkimusohjelmassa. Lähes aina on tällöin haluttu tarkastella puuston kasvun tai muun elinvoimaisuuden tunnuksen riippuvuutta turpeen ravinteisuudesta. Samalla on saatu ravinnediagnostista tietoa. Kun yhteenvetona turveanalyyttisista tutkimuksista lannoitustarpeen määrityksen kannalta edelleen voidaan ja täytyy toistaa yllä mainittu Vahteran päätelmä, lienee aiheellista pohtia turveanalyysin käytännössä kehnohkon diagnostisen kelpoisuuden taustaa työvaiheittain. (1) Maanäytteen otantaan ja ottoon liittyy turvemaalla sekä yleisiä että turvemaalle ominaisia ongelmia: ravinnepitoisuuksien ajallinen, horisontaalinen ja vertikaalinen vaihtelu on huomattavaa, erilaista eri ravinteilla eikä sitä riittävästi hallita luotettavaa otantaa eikä puiden juuristokerrosta ajatellen. Käytännössä näytteeseen sisältyvät myös elävät juuret ja

niiden ravinteet. Vaatimus näiden virhelähteiden vaikutuksen pienentämisestä johtaisi maastotyön huomattavaan vaikeutumiseen. (2) Turpeiden tiheydet vaihtelevat suuresti: tilavuustarkan näytteen saaminen turpeista on vaikeata, mutta välttämätöntä. (3) Näytteiden kuljetuksen, varastoinnin ja esikäsittelyn vaikutuksia analyysin tulokseen ei tunneta niin hyvin, että niille olisi voitu määritellä diagnostisen käytön normit. (4) Analyysien teknis-kemialliset vaikeudet on tämän päivän laboratorioissa miltei voitettu, mutta diagnostisesti mielekkäimmän ravinnefraktion (totaalit, mikä uuttomenetelmä?) valinnasta keskustelu jatkuu. (5) Ravinneanalyysien tulkinta 'maa/puu' -korrelaatioiden pohjalta on edelleen kehittymätöntä.

Näyttää siltä, että turpeen kemiallinen analyysi kasvualustan ja puuston ravinnetilanteen määritysmenetelmänä tulee vielä kauan pysymään tutkimuksen piirissä ja sen alaisena. Joiltakin osiltaan se lähestyy käytännön menetelmän valmiutta. Tällainen osa-alue on erityisesti turpeen kokonaistyppipitoisuuden ja määrien analyysi. Niiden käyttö typellisen ja typettömän (PK ym. tai tuhka) lannoituksen valintaa ratkaistaessa tulee kysymykseen (ks. esim. Kaunisto 1984), kun näytteenottoon saadaan standardoidut ohjeet mm. syvyyskerrosta ja tilavuustarkkuutta varten. Totaalityppipitoisuudella ja turpeen maatumisasteella korvattaisiin tällöin diagnostiselta arvoltaan epävarmat pintakasvillisuustunnukset täsmällisemmällä mitattavalla muuttujalla. Muutoinkin pääravinteiden totaalianalyysillä (pitoisuudet ja määrät juuristokerroksessa) näyttää olevan tulevaisuutta diagnostiikassa (Kaunisto & Paavilainen 1988).

Muuan toinen tie turveanalyysin diagnostisen käyttökelpoisuuden parantamiseen saattaa tarjoutua puiden juuristotilan maaveden analysoinnissa (Starr 1985). Näytteiden otto, käsittely ja analyysi voisivat yksinkertaistua ja tulosten tulkintakelpoisuus parantua liukoisten ravinteiden osalta.

324. Kasvianalyysin sovellutukset suometsissä - neulasanalyysi

Maataloudellisessa tutkimuksessa pitkään hyödynnettyä ajatusta kasvin omasta ravinteiden keräämisestä kasvualustan ja kasvuston ravinnetilanteen kuvaajana kokeili Suomessa metsämailla ensimmäisenä Aaltonen (1950). Hän havaitsi niin puiden kuin muidenkin metsäkasvien lehtien ravinnepitoisuuksien tietyssä määrin noudattavan metsätyyppivaihtelua. Puustjärvi (1962, 1965) otti männyn neulasanalyysin käyttöön suokasvupaikkojen ravinnetalouden monipuolisessa kausaalianalyysissaan ja totesi neulasanalyyttisen diagnostiikan kannalta tärkeän perusasian: joskin turpeen ja neulasten ravinnepitoisuuksien välinen riippuvuus on heikko, puuston kasvuedellytysten ja neulasten ravinnepitoisuuksien välillä vallitsee vahvempi korrelaatio.

Suontutkimusosastolla ravinteisuusdiagnostinen tutkimus laajeni 1960-luvun puolivälissä. Kun tulokset kasvianalyysin käytöstä muiden diagnostiikan keinojen rinnalla olivat lupaavia (Reinikainen 1967), neulasanalyysin käytön selvittäminen otettiin systemaattisen tutkimuksen kohteeksi. Menetelmän vakioinnin kannalta välttämättömät tutkimustarpeet olivat tiedossa alusta asti (ks. Paarlahti ym. 1971). Seuranneen lähes 20 vuoden jakson aikana voimavaroja keskittämällä nämä tarpeet on onnistuttu tyydyttävästi täyttämään turvemaiden nuorten männiköiden osalta siten, että männyn neulasanalyysi lannoitustarpeen määritysmenetelmänä on voitu siirtää käytännön tasolle. Muiden puulajien lehti-ja neulasanalyysillä on toistaiseksi ollut vain tutkimuksellista käyttöä. Sama koskee kasvianalyysin muita muotoja, esim. juuristoanalyysiä (Paavilainen 1967, 1969).

Neulasanalyysin soveltamisessa käytännön lannoitustarpeen määritysmenetelmäksi on kokeellisesti standardoitu seuraavat keskeisimmät ohjeet (1-3) ja katsottu tarpeellisiksi oheiset

taustatiedot (4-5): (1) näytteenottoaika = puiden lepokausi, joulukuu - maaliskuu; (2) näyte = nuorinta neulasvuosikertaa ylimmistä oksakiehkuroista vallitsevan latvuskerroksen 5-10 puusta; (3) näytteen otto, säilytys ja esikäsittely; (4) tiedot kasvupaikasta: suotyyppi, kuivatusvaihe, tiedot ojitustehosta, tiedot aikaisemmasta lannoituksesta; (5) tiedot puustosta ja metsiköstä: ikä, puuston määrä, puulajisuhteet, kasvutunnuksia tai -arvio, tiedot puutosoireista, tiedot tuhoista.

Diagnostisesti käyttökelpoiset neulasanalyysiarvot, jotka käytännön työssä nykyisin määritetään alkuaineen kokonaispitoisuuksina ja ilmaistaan osina (o/o, o/oo, ppm) neulasten kuivapainosta, onàlottu tuôimuksissa, oissa pääkriteereinä ovat olleet korrelaatiot ja regressiot analyysiarvojen ja kasvutunnusten välillä (Paarlahti ym. 1971, Veijalainen 1977). Raja-arvojen lisäksi käytetään ravinnesuhteita ilmaisemaan häiriintynyttä ravinnetasapainoa (ks. esim. Paavilainen 1979). Taulukossa 1. on esitetty ne männyn neulasanalyyttiset raja-arvot, joilla tutkimuksen nykyvaiheessa on katsottu olevan lannoitusohjeen antamiseen riittävää luotettavuutta edellyttäen, että näyte ja sen taustatiedot täyttävät yllä luetellut vaatimukset.

Taulukko 1. Turvemaiden männiköiden (kehitysluokat 1-4) neulasanalyysin diagnostisesti käyttökelpoiset raja-arvot ja niistä johdetut lannoitusohjeet.

		Ankara puute	Lievä puute	Arveluttavan matala	Arveluttavan korkea
N	mg/g	0 - 11.9	12.0 - 12.9	..	..
P	"	0 - 1.39	1.40 - 1.69	..	..
K	"	0 - 3.49	3.50 - 4.49	..	..
Mg	"	..	..	alle 1.00	..
Cu	ppm	..	..	alle 2.5	..
B	"	0 - 4.9	5.0 - 7.5	..	yli 40
Mn	"	..	..	..	yli 600

Ravinnetarve kg/ha (alkuaineena)

	Ankara puute	Lievä puute	Arveluttavan matala	Arveluttavan korkea
N	150	100	-	-
P	60	45	-	-
K	115	85	-	-
Mg	-	-	(1)	-
Cu	-	-	(2)	-
B	(3)	(3)	(3)	-
Mn	-	-	-	-

325. Ravinteiden puutosoireet ja lannoitustarve

Sekä soilla kasvavat puulajit että muut suo- ja metsäkasvit osoittavat kasvualustan ravinteisuutta esiintymisellään, elinvoimaisuudellaan ja tietyissä tapauksissa myös tunnistettavilla oireillaan (Reinikainen 1967, 1968). Suontutkimusosastolla tehdyn ravinteisuusdiagnostisen tutkimuksen yhtenä osatavoitteena on ollut oireiden diagnostisten käyttömahdollisuuksien kartoittaminen. Työtä on tehty muun diagnostisen tutkimuksen yhteydessä, joten kuvattujen oireiden esiintymisen suhteesta kasvupaikkatyyppiin, turpeen ravinnepitoisuuksiin, neulasten ravinnepitoisuuksiin, puuston kasvuun ja lannoituskäsittelyihin on saatu tietoa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että luonnonvaraisissa kasviyhdyskunnissa spesifisiä puuteoireita esiintyy varsin vähän, koska kilpailu syrjäyttää kasvilajin sille alioptimaalisimmilta kasvupaikoilta. Näyttää siltä, että ravinnepuutoksen tai -epätasapainon on oltava voimakas tullakseen esiin spesifisinä oireina kasvin ulkoasussa. Kuitenkin juuri turvemailla ravinteisuuden vaihtelu on niin väljää ja moniulotteista, että tällaisia tilanteita syntyy sekä luonnontilaisilla että ojitetuilla ja erityisesti lannoitetuilla soilla.

Männyllä, kuusella, koivulajeilla sekä lukuisilla pensas-, varpu-, heinä- ja ruoholajeilla on tavattu pääravinteiden (N, P, K) puutosoireita ojitetuilla ja lannoitetuilla turvemailla (Reinikainen 1967). Kasvuhäiriöprojektissa (Veijalainen ym. 1984) on määritelty männyn, kuusen ja hieskoivun boorinpuutosoireisto. Lisäksi on yksittäisiä havaintoja Mg- ja Mn-puutoksista. Havaituista oireista ovat diagnostisesti käyttökelpoisimmiksi osoittautuneet kaliumin puutosoireet ja boorinpuutoskasvuhäiriö (kasvupisteiden tuhoutuminen, latvakato). Ne riittävät ko. ravinteen voimakkaan puutostilan toteamiseen sellaisinaankin. Muita todettuja oireita voidaan käyttää lisävihjeiden antajina lannoitustarpeen määrityksen pääkeinojen ohessa.

326. Tilannekatsaus ja näkymiä

Veijalaisen (1984) tekemää suometsien lannoitustarpeen määrityksen menetelmällistä yleiskatsausta mukaillen voidaan esittää taulukko 2. Kasvupaikkaluokittelu kasvillisuuden avulla on saavuttanut myös lannoitustarpeen arvioinnissa runkomenetelmän aseman, mikä on tulosta suotyypeittäin kontrolloidusta lannoituskoetoiminnasta. Ojitusalueiden luokitustutkimuksen on syytä pyrkiä entistä tarkemmin määrittelemään kasvillisuuden ravinnetilannetta ilmaisevia piirteitä vanhoilla ojitusalueilla.

Taulukko 2. Turvemaiden metsiin sovellettavien lannoitustarpeen määritysmenetelmien käyttökelpoisuuden arviointi.

MENETELMÄ	KOHTEET/KÄYTTÖ	KÄYTTÖARVO
1. Lannoituskoe	kaikki	3
2. Kasvupaikkaluokittelu	oj, mu	3
(suotyypit, kasvilli-	tkg	2
suus)	muut	0-1
3. Turveanalyysi	mets. pellot	1
	suonpohjat	1
	lisämenetelmänä (mu, tkg)	1
4. Lehtianalyysi	männiköt (keh.lk 1-4)	2
	muut	0-1
5. Puutosoireet	voimakkaina esiintyessään	1-2
	lisämenetelmänä	1
6. Kaukokartoitus	laajat hankkeet	?

Käyttöarvon luokitus:

0. Ei sovellu käytännön tarkoituksiin
1. Tuottaa suuntaa antavia tietoja tai riittää vain yksittäisen ravinteen puutteen osoittamiseen
2. Mahdollistaa lannoitusohjeen yhdelle tai useammalle ravinteelle
3. Antaa pohjan lannoitusohjeelle

Muut menetelmät astuvat kuvaan niissä tilanteissa, joissa kasvillisuus ojituksen, lannoituksen, puuston kehitysvaiheen tai muun syyn (esim. metsitettävät pellot ja turpeennostoalueet ym.) ei voi selkeästi paljastaa ravinteisuusluokkaa. Neulasanalyysi saavuttaa näissä tapauksissa suurimman tarpeellisuutensa ja käyttökelpoisuutensa. Maa-analyysi ja puutosoireet diagnostisina työvälineinä tulevat säilyttämään apukeinon asemansa. Kaukokartoituksen kehittäminen lannoitustarpeen paljastajaksi (ks. Pietiläinen & Kuivamäki 1982) voi laajentaa arvioitavia alueita huomattavasti, mutta vaatinee aina tuekseen muita menetelmiä.

KIRJALLISUUS

Aaltonen, V. T. 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 37(8): 41 s.

Eurola, S & Holappa, K. 1985. The Finnish mire type system. Aquilo Ser. Bot. 21: 101-110.

Heikurainen, L. 1968. Suo-opas. 2 p. 40 s. Helsinki.

Huikari, O. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo 2(1): 4 s.

- 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmällä pitäen. Summary: On the determination of mire types, specially considering their drainage value for agriculture and forestry. Silva Fennica 75. 22 s.

- 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 42(2): 18 s.

- 1961. Gödslingsförsök på dikade torvmarker ger lovande re-

sultat. Skogsbruket 6.

- & Paarlahti, K. 1973. Kivisuon metsänlannoituskokeet. 2 p. 57 s. Helsinki

'Ilves' metsänterveyspalvelu. Metsäsi terveydeksi. 8 s. Helsinki.

Kaunisto, S. 1984. Peat properties in estimating need for nitrogen fertilization of pine plantations on bogs. Teoksessa: Proceedings of the 7th International Peat Congress in Dublin, June 18-23, 1984. Vol 3: 327-341. IPS, Dublin.

- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient status on old drainage areas, their sufficiency, and tree growth. Seloste: Metsäojitettujen turvemaiden ravinnevarat, niiden riittävyys ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. Painossa.

Kivinen, E. 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasviravintoainesuhteista. Referat: Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. Acta Agralia Fennica 27: 140 s.

Lukkala, O. J. 1930. Suot, niiden ojitus metsätaloutta varten ja suometsien hoito. Teoksessa Maa ja metsä IV: 493-518.

- 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 37(1): 67 s.

Malmström, C. 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkens skogsproduktiva förmåga. Medd. Stat. Skogsförsökanstalt 28(6): 571-650.

Moilanen, M. & Penttilä, T. 1988. Pääravinnelannoitus. Teoksessa: E. Ahti (toim.): Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308 (tämä nide).

Multamäki, S. E. 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. Acta Forestalia Fennica 51. 352 s.

Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nut-

ritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden ravitsemustilan määrityksessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(5). 58 s.

Paavilainen, E. 1967. Juuristoanalyysin käyttömahdollisuus suometsien lannoitustarpeen selvittelyssä. Summary: Potential use of root analysis in determining the fertilizer requirements of peatland stands. Suo 18(6): 77-80.

- 1969. Juuristojen ja kasvualustan hivenainepitoisuuksien välisistä suhteista suometsissä. Summary: On the correlation between the contents of trace elements in roots and growth substratum in certain peatland sites. Suo 20(2): 104-108.

- 1979. Metsänlannoitusopas. 112 s. Helsinki.

Pietiläinen, P. & Kuivamäki, A. 1982. Ravinteiden puutteen vaikutus männynneulasten valon heijastusominaisuuksiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70: 14-21.

Puustjärvi, V. 1962. Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N-suhteesta neulasanalyysin valossa. Suo 13: 21-24.

- 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1965(1):26-28.

Reinikainen, A. 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Teoksessa: Int. Proc. of the 9th Congress of the Intern. Potash Inst., Jyväskylä: 345-361.

- 1968. Ravinteiden puuteoireista puulajeille. Teoksessa: E. A. Jamalainen: Kasvien puutostaudit, Helsinki: 101-109, 123-124.

-, Lindholm, T. & Vasander, M. 1984. Ecological variation of mire site types in the small kettle-hole mire, Heinisuo, Southern Finland. Annales Botanici Fennici 21: 79-101.

- & Hotanen, J-P. 1988. Soiden luokitus metsänkasvatusta varten. Teoksessa: E. Ahti (toim.): Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308 (tämä nide).

Silfverberg, K. 1988. Tuhkalannoitus. Teoksessa: E. Ahti

(toim.): Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308 (tämä nide).

Starr, M. 1985. Variation in the quality of tension lysimeter soil water samples from a Finnish forest soil. Soil Science 140(6): 453-461.

Urvas, L., Sillanpää, M. & Erviö, R. 1979. The chemical properties of major peat types in Finland. Proc. Int. Symp. Classification of Peat and Peatlands, Hyytiälä, Finland. Sept. 17.-21: 184-189.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45. 108 s.

Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrityksessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(4): 32 s.

- 1984. Lannoitustarpeen määritys metsäojitusalueilla. Suo 35(4-5): 94-97.

- , Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Folia Forestalia 601. 41 s.

Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

33. Pääravinnelannoitus

Mikko Moilanen ja Timo Penttilä

331. Taustaa

Ensimmäiset kokeilut ojitetun turvemaan ravinnetalouden parantamiseksi ovat peräisin vuosilta 1929-32 (ks. luku 32, tämä nide), jolloin perustettiin joukko kalkitus- ja lannoituskokeita. Lannoitteiden käyttötarkoituksena oli tuolloin laikkulannoituksella turvata metsittyminen avosoiden metsänviljelyssä. 1940-luvulla perustettiin ensimmäiset hajalannoituskokeet.

Kaupallisten lannoitteiden yleistyminen ja ojitustoiminnan nopea voimistuminen loivat 1950-luvulla tarpeen laajalle ja systemaattiselle turvemaiden lannoitustutkimukselle. 1960- ja 1970-luvulla tutkimusresursseja suunnattiin voimakkaasti etenkin avosoiden ja karujen rämeiden ravinnetaloudellisten kysymysten selvittämiseen: mitkä ravinteet (lähinnä N, P, K), mitkä yhdistelmät ja mitkä määrät soveltuvat parhaiten metsänviljelyn yhteyteen ja taimien alkukehitykseen.

Uusintalannoituksen ajankohdan ja tarvittavien ravinteiden määrittäminen erilaisilla suotyypeillä ja erilaisissa puustoissa on ollut eräs viime vuosien lannoitustutkimuksen painoaloista. Kun valtaosa vanhemmasta koetoiminnasta suuntautui nevoille ja rämeille, on kokeita jatkossa perustettu myös korpikoivikoihin ja -kuusikoihin. Suopuustojen kehityksen ja varttumisen myötä on lannoitusvaikutuksen mittana voitu yhä useammin käyttää hehtaarikohtaista tilavuuskasvua.

332. Kasvutekijöistä

Ilmasto, vesitalous ja ravinnetalous ovat Suomen oloissa tärkeimmät puiden kasvuun vaikuttavat tekijät. Puiden kasvuolot vesi- ja ravinnetalouden suhteen on periaatteessa mahdollista optimoida esim. metsäojituksen ja lannoituksen avulla. Ilmasto asettaa kuitenkin ehdottomat rajat puiden kasvulle. Puu- ja metsänraja ovat osoituksia ilmaston ehdottomasta vaikutuksesta puiden kasvuun ja elossaoloon. Metsänraja-alueiden eteläpuolisellakin vyöhykkeellä kasvukauden pieni lämpösumma rajoittaa eniten metsän kasvua.

Siirryttäessä lämpimämmän ilmaston alueelle nousevat vesi- ja ravinnetalous vähitellen tärkeimmiksi kasvua rajoittaviksi tekijöiksi. Näissä oloissa voidaan parantaa puiden kasvua säätelemällä kasvupaikan vesitaloutta tai ravinteisuutta. Taloudellisista syistä esimerkiksi metsäojituksen toimenpideraja asettuu kuitenkin selvästi etelämmäksi kuin missä kuivatuksen seurauksena jo saadaan aikaan puiden kasvun lisäystä.

Suopuiden kasvun minimitekijöiden järjestystä on tutkittu eri ilmasto-oloissa ns. suometsäekologisilla kokeilla. Niissä on todettu, että ainakin Etelä-Lapin olosuhteissa puiden kasvua voidaan olennaisesti lisätä alentamalla pohjavesipintaa. Ojitettujen soiden lannoituskokeiden tulokset puolestaan osoittavat, että ainakin joillakin suotyypeillä ravinteiden lisäys parantaa selvästi kasvua vielä Sodankylän tasolla. Nykyisin yhteiskunnan tukeman metsäojitustoiminnan ehdoton pohjoisraja on kasvukauden tehoisa lämpösumma 750 dd.

Puiden kasvulle välttämättömistä ravinteista mm. typpi ja fosfori ovat turvemailla pääosin sitoutuneet orgaanisiin yhdisteisiin ja vapautuvat kasvien käyttöön turpeen maatuessa mikrobitoiminnan ansiosta.

Luonnontilaisilla soilla korkea pohjavesipinnan taso rajoittaa mikrobien toiminnan hyvin vähäiseksi. Ravinteiden mobilisoitumisen ensimmäinen edellytys on turpeen pintakerroksen, erityisesti juuristokerroksen ilmatilan lisääminen ojituksella. Suomen oloissa on osoitettu, että käytettäessä normaalin syvyisiä metsäojia ei ylikuivatuksen vaaraa puiden vedensaannille ole, vaikka sarkaleveys olisi kapeakin.

Kun tietty kuivatusteho on saavutettu, turpeen maatumisen ja ravinteiden mobilisaation nopeus riippuu paitsi ilmastosta, myös turpeen viljavuudesta. Mitä enemmän turpeessa on typpeä, sitä nopeampaa on maatuminen. Samalla suotyypillä turpeen hajoamisen on todettu hidastuvan siirryttäessä kylmempiin ilmasto-oloihin. Siten ilmasto vaikuttaa suopuiden kasvuun paitsi suoraan lämpösumman kautta, myös välillisesti ravinnetalouden kautta. Kylmän ilmaston vaikutusta orgaanisesti sitoutuneiden ravinteiden mobilisaatioon voidaan teoriassa kompensoida lisäämällä kuivatustehoa.

333. Puiden ravinnetaloudesta

Suopuiden kasvua rajoittaa useimmiten fosforin ja kaliumin puute. Fosforin käyttöä hankaloittaa sen voimakas sitoutuminen turpeen orgaanisiin yhdisteisiin ja eutrofisilla soilla myös rautaan, alumiiniin tai kalsiumiin. Kaliumia on turpeessa erittäin niukasti, joskin se vesiliukoisena ja vain heikosti maahan sitoutuneena on helposti puiden käytettävissä. Ongelmina kaliumin löyhästä pidättymisestä seuraavat kuitenkin sen huuhtoutumisalttius syvimpiin maakerroksiin ja riski puuston äkillisiin kaliumpuutostiloihin ravinteen loputtua.

Typpeä on turpeessa runsaasti, mutta fosforin tavoin se on valtaosaltaan orgaanisina yhdisteinä ja käytettävissä vain turvetta hajoittavan pieneliöstön välityksellä. Runsastyppisillä (eutrofisilla ja mesotrofisilla) soilla typen mine-

ralisaatio on puiden tarpeeseen nähden yleensä riittävää jo pelkän ojituksen seurauksena. Keskinkertaisilla (meso-oligotrofisilla) ja karuilla (oligotrofisilla) soilla käyttökelpoisen typen määrä jää sen sijaan alhaiseksi.

Ojitus kiihdyttää turpeen hajoamisprosessia sitä enemmän, mitä viljavampi suo on kyseessä ja mitä tehokkaampaa ojitusta käytetään. On viitteitä jopa siitä, että runsastyppisten soiden tehokas ojitus voi parantaa typen saatavuutta liikaakin esim. suhteessa fosforiin, kaliumiin ja booriin ja aiheuttaa vaikeuksia puiden talveentumisessa ja kylmänkestävyydessä Pohjois-Suomessa. Ilmeisesti ravinnesuhteiden merkitys puiden energiatasapainon ylläpitäjänä korostuu kylmissä tai äärevissä ilmasto-oloissa. Karuimmilla suotyypeillä tehokkaankaan kuivatuksen aiheuttama pääravinteiden mobilisaatio ei kuitenkaan edes typen osalta riitä puuston kasvumahdollisuuksien täyteen hyväksikäyttöön.

334. Lannoitusreaktioon vaikuttavat tekijät

Kasvupaikka

Suot on luokiteltu metsänkasvatusta varten eri suotyyppeihin kasvillisuuden perusteella. Suotyypit on jaettu kuuteen ravinteisuusluokkaan (taulukko 1), jotka kuvastavat lähinnä kasvualustan happamuutta ja ravinnetaloutta etenkin typen mutta myös fosforin osalta. Kaliummäärän riippuvuus ravinteisuusluokasta on sen sijaan vähäinen. Ravinteisuusluokilla on kuitenkin kuvattu mm. puiden lannoitustarvetta.

Lannoitus lisää puuston kasvua lähes kaikilla suotyypeillä. Suurin kasvunlisäys saavutetaan viljavuudeltaan keskitason soilla. Suursaraisilla ja sitä viljavammilla suotyypeillä tullaan toimeen fosfori-kaliumlannoituksella, piensaraiset ja sitä karummat suot vaativat lisäksi typen.

Taulukko 1. Soiden ja kankaiden ravinteisuusluokat ja päätyypit.

Luokka	Suon ravinteisuus luokka	Ojittamattoman suon tyyppi			Kankaan ravinteisuus luokka
		neva	räme	korpi	
I	Lehto	-	-	Lehtokorpi (LhK)	Lehtokangas (OMaT)
	Letto	Lettoneva (LN)	Lettoräme (LR)	Lettokorpi (LK)	
II	Ruoho	Ruohoneva (RhN)	Ruohoräme (RhR)	Ruohokorpi (RhK)	Ruoho- eli lehtomainen kangas (OMT)
III	Suursara	Suursaraneva (SsN)	Suursararäme SsR)	Suursarakorpi (SsK)	Mustikkaheinä- eli tuore kangas (MT)
	Mustikka	-	-	Mustikkakorpi (MK)	
IV	Piensara	Piensaraneva (PsN)	Piensararäme (PsR)	Piensarakorpi (PsK)	Puolukkaseinäsammal eli kuivahko kangas (VT)
	Puolukka	-	-	Puolukkakorpi (PK)	
V	Tupasvilla	Tupasvillaneva (TN)	Tupasvillaräme (TR)	Tupasvillakorpi (TK)	Kanerva- eli kuiva kangas (CT)
	Isovarpuinen	-	Isovarpuinen räme (IR)	-	
VI	Rahka	Rahkaneva (RN)	Rahkaräme (RR)	-	Jäkälä- eli karukkokangas (CIT)

Ainakin ojitetuilla nevoilla typen tarvetta voidaan kuvata myös turpeen pintakerroksen (5-15 cm) typpipitoisuuden ja maatuneisuuden avulla. Etenkin vanhemmilla ojitusalueilla, joilla pintakasvillisuuden perusteella on vaikeaa määrittää alkuperäistä ravinteisuustasoa, on turpeen analysointi suositeltavaa. Näytteenoton yhteydessä paljastuu myös kohteen mahdollinen ohutturpeisuus, joka lisää puuston typen tarvetta.

Kasvupaikan laatu määrää myös lannoitusvaikutuksen suuruuden ja kestoajan. Typpirikkailla soilla PK-käsittelyn vaikutus näkyy - lähinnä fosforin ansiosta - puuston kasvussa ja neulasten ravinnepitoisuudessa 15-20 vuotta. Karuimmilla kasvupaikoilla lannoituksen (= NPK-käsittely) vaikutusaika jää alle kymmenen vuoden. Mainitussa ajassa typpi muodostuu uudelleen puuston kasvun minimitekijäksi ehkäisten samalla fosforin ja kaliumin täyden hyväksikäytön.

Puusto

Ravinteiden käyttö lisääntyy metsikön varttumisen myötä. Suurimmillaan ravinnetarve on puuston kasvun maksimivaiheessa metsikön keski-iällä. Myös lannoituksen absoluuttinen vaikutus on tuolloin voimakkain. Puulajeista männyn lannoitusreaktio tunnetaan parhaiten. Karuhkon rämeen kasvatusmännikön NPK-lannoitus tuottaa keskimäärin 10-15 m^3/ha lisäpuumäärän, PK-lannoitus noin puolet siitä. Typpitaloudeltaan paremmilla soilla PK:n kokonaisvaikutus voi nousta huomattavasti suuremmaksi, aina 20-30 m^3/ha saakka. Taimikko- ja riukuvaiheen puustoissa suhteellinen kasvunlisäys on monesti voimakas, mutta absoluuttinen reaktio pienempi kuin varttuneissa metsiköissä (taulukko 2).

Taulukko 2. Arvio lannoituksen vaikutuksesta männyn kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla (Penttilä ja Moilanen 1987b). Puustotunnukset 1980-luvun alusta (Keltikangas ym. 1986). Kuusi- ja lehtipuuvaltaisia ja vajaatuottoisia metsiköitä sekä taimettumattomia uudistusaloja ei ole katsottu lannoituskelpoisiksi.

Suotyyppi	Puuston tilavuus m^3/ha	Puuston kasvu $m^3/ha/v$	Lannoituksen aih. kasvunlisäys keskim. $m^3/ha/v$
PK-kohteet			
RhSR	53	3,3	0,8
VSR	46	2,8	0,8
TSR	14	1,1	0,3
RhSN	8	0,6	3,5
VSN	3	0,3	3,3
NPK-kohteet			
KR	24	1,6	0,4
PsR	12	0,8	0,2
KgR	32	1,8	0,5
VkR	30	2,0	0,5
IR	32	2,0	0,5
TR	7	0,5	0,4

Tulokset kuusen lannoituksesta viittaavat siihen, että kuusikoissa (ainakin mustikkaisilla ja paremmilla tyypeillä) lannoituksen merkitys jää suhteellisen vähäiseksi. Hieskoivikon lannoitusreaktio on myös useimmiten jäänyt heikoksi. Tutkimuksia kuusen ja koivun osalta tarvitaan lisää.

Lannoitelaji ja -määrä

Suometsien lannoitustutkimuksissa on verrattu fysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia typpi-, fosfori- ja kaliumlannoitelajeja. Käytännön metsänlannoitteen

aseman ovat saavuttaneet suometsien PK-lannos (9%P, 17%K, raakafosfaatin ja kalisuolan seos), urea (46,3%N, orgaaninen typpilannoite) ja oulunsalpietari (27,5%N, puolet ammonium- ja puolet nitraattityppenä).

Ammoniumtyppi (joksi myös urea muuttuu hydrolyysin seurauksena metsämaassa) kiinnittyy kationina voimakkaasti vaihtopaikkoihin päinvastoin kuin nitraattityppi, joka anionina on alttiimpi huuhtoutumaan. Erot lannoitustuloksessa ovat käytännössä vähäiset. Typpilajivertailuissa urean vaikutus puuston kasvuun on kuitenkin jäänyt keskimäärin hieman heikommaksi kuin oulunsalpietarin. Syyksi arvellaan mm. ureatypen pidättymistä turpeen mikrobistoon, jonka on havaittu voimakkaasti lisääntyvän lannoituksen jälkeen. Urealannoitteen reaktiot maassa riippuvat oleellisesti levityshetken sääoloista. Jos levityshetkellä vallitsee kuuma ja kuiva sää, osa urean sisältämästä typestä voi haihtua ammoniakkikaasuna. Tämä lienee suurin syy urealla saaduille heikoille lannoitustuloksille. Syys- ja talvilevityksissä urea onkin monesti antanut paremman tuloksen kuin kevätlevityksessä. Oulunsalpietarin sopivin levitysaika on puolestaan kevät ja alkukesä, jolloin lannoitteen sisältämän nitraattitypen huuhtoutumisvaara on vähäisin.

Eri fosforilajien tiedetään vaikuttavan puuston kasvuun lähes yhtä voimakkaasti. Vaikealiukoisimmista apatiiteistakin - jopa pelkästä fosforimalmimurskeesta - liukenee happamassa turvealustassa ajan mittaan riittävästi fosforia puiden tarpeeseen, eikä tarvetta esim. helppoliukoisen superfosfaatin käyttöön ole. Helppoliukoisia lannoitteita tulisi itse asiassa välttää niiden suuremman huuhtoutumisherkkyyden vuoksi.

Suometsien PK-lannoitteessa fosfori on valtaosaksi hidasliukoisena raakafosfaattina ja kalium vesiliukoisena kaliumkloridina l. kalisuolana. Hidasliukoisista kaliumyhdisteistä

on tutkimuksissa ollut viime vuosina eniten mukana Siilinjärven biotiitti.

Puuston typellä aikaansaadun kasvureaktion voimakkuus kasvaa lähes suorassa suhteessa annettuun lannoitemäärään nähden ainakin tasolle 125 kg N/ha. Käytännön suositus on yleensä 100 kg N/ha. Suurina määrinä tai yksipuolisesti käytettynä typpi lisää helposti puuston kasvuhäiriöitä. Fosfori lisää puuston kasvua jo annoksilla 20-30 kg P/ha, joskin vaikutusaika pitenee määrää lisättäessä. Käytännön suositus on 40-50 kg P/ha. Hidasliukoista fosforia voidaan käyttää suuriakin määriä varastolannoituksen tavoin puuston siitä kärsimättä. Kaliumin käyttömääräksi suositetaan 70-90 kg K/ha. Ravinteen herkän huuhtoutuvuuden vuoksi ei määrän lisääminen juuri pidennä vaikutusaikaa.

335. Lannoituksen uusiminen

Piensaraisilla ja sitä karummilla soilla lannoitusvaikutus on ohi yleensä n. 10 vuodessa. Jatkolannoitukseen parhaiten soveltuva ajankohta lienee muutama vuosi ennen peruslannoitusvaikutuksen päättymistä. Käsittelynä sopivin on edelleen NPK-lisäys, joskin pelkällä N-jatkokäsittelylläkin saadaan kasvunlisäystä. Sen sijaan PK-lannoitus saattaa jopa heikentää puuston kasvua, jos käyttökelpoisen typen määrä maassa on vähäinen.

Suursaraisten ja niitä parempien soiden jatkolannoituksessa riittänee ainakin Etelä-Suomessa PK-käsittelyn uusiminen noin 15 vuoden jälkeen. Usein tilanne 10-15 vuoden kuluttua peruslannoituksesta on kuitenkin se, että puiden fosforitarve on edelleen tyydytetty, mutta neulasten kalium- ja usein myös typpiarvot osoittavat lannoitustarvetta. PK-jatkolannoituksella ei tällöin saavuteta mainittavia kasvunlisäyksiä, vaan selvemmän reaktion edellytyksenä on typen lisäys, nevaisilla soilla myös kaliumylimäärän käyttö. E-

räissä tapauksissa myös hivenravinteilla on voitu jatkolannoituksen yhteydessä lisätä puuston kasvua.

Typen tarve uusintalannoituksen yhteydessä kaipaa lisäselvityksiä. Mm. puuston kehitysvaiheen merkitys tunnetaan puutteellisesti. Ilmeistä on, että varttuneissa metsiköissä typen merkitys kasvun vauhdittajana korostuu. Sensijaan taimikko- ja riukumetsien jatkolannoituksessa typen käytön tulee olla tarkoin harkittua, sillä sen on todettu niin yksin kuin muitten pääravinteiden kanssa käytettynä lisäävän helposti puiden kasvuhäiriöitä ja pakkasvaurioita. Myös taloudelliset näkökohdat asettavat karujen soiden nuorten metsien jatkolannoituksen monesti kyseenalaiseksi. Joka tapauksessa jatkolannoitustarpeen tarkka määrittäminen edellyttää puiden ravinnesuhteiden selvittämistä neulasanalyysin avulla.

336. Lannoitus metsikön perustamisen yhteydessä

Alkuaan puustoisten soiden uudistamisessa pääravinnelannoituksen merkitys viljelytaimien kehityksen vauhdittajana lienee vähäinen. Eräiden havaintojen mukaan hieskoivikon alle syntyvää kuusentaimikkoa voidaan lannoituksella elvyttää. Samoin on lannoituksen havaittu usein lisäävän sekä hies- että rauduskoivun luontaista taimimäärää ja pituuskasvua. Männyntaimien syntyyn lannoituksella ei ole selvää vaikutusta.

Avosoiden metsitystuloksen varmistamisessa ja metsikön jatkokasvatuksessa lannoituksen rooli on keskeinen. Tärkein puuttuva ravinne metsitysvaiheessa on fosfori, jonka ohella myös kalium lisää istutustaimien kasvua. Karuimmilla nevoilla typpilannoituskin parantaa taimien kasvua, joskin se samalla huonontaa verso/juuri -suhdetta ja lisää pintakasvillisuuden kilpailua.

Vesiliukoiset typpi- ja kaliumlannoitteet voivat vahingoittaa itäviä siemeniä kylvöllä tapahtuvan metsityksen yhteydessä. Kyse lienee maaveden liiallisesta väkevöitymisestä, jolloin sirkkataimet eivät kykene ottamaan maasta vettä. Niukkaliukoista raakafosfaattia voidaan käyttää suuriakin määriä siementen itämisen tai taimien kasvun häiriintymättä.

Avosoille perustetut taimikot ovat alttiita ravinteiden tasapainohäiriöille, joten entiset avosuot tulee aina pitää lannoitusohjelmissa erillään alkuaan puustoisista soista. Avosoille syntyneet puustot kärsivät riukumetsävaiheessa usein akuutista kaliumin puutoksesta, joka voi johtaa latvavaurioihin, jopa puiden äkilliseen kuolemaan, mikäli puutostilaa ei lannoituksella korjata.

337. Tarvitaanko lannoitusohjeisiin täsmennystä?

Puiden ravinteiden tarve ja käyttö vaihtelee metsikön kehityksen myötä. Ojitusalueen ikääntyessä kasvualustan ravinteiden saatavuus ja keskinäiset suhteet muuttuvat voimakkaasti. Lannoitustarpeen arviointi kasvutekijöiltään muuttuvissa oloissa vaatiikin tuekseen lisää tutkimustietoa. Lannoitusohjeiden tarkentamiseksi kaivataan tietoa myös ilmaston merkityksestä lannoitustarpeen määrääjänä.

Käytännön lannoitusohjeet on sidottu kasvupaikkatyyppiin ja ovat yhtenäiset koko maassa. Niiden mukaan suursaraisilla ja sitä runsastyppisemmillä kasvupaikoilla annetaan ensimmäisellä lannoituskerralla fosforia, kaliumia ja nykyisin myös booria. Karummilla kasvupaikoilla suositellaan edellisten lisäksi typpilannoitusta. Ohutturpeisuus ja rahkamättäisyys osoittavat typen lisäämisen tarvetta myös rehevillä kasvupaikoilla. Kohteen maantieteellistä sijaintia lannoitusohjeet eivät sen sijaan ota huomioon (taulukko 3).

Taulukko 3. Suometsien lannoitustarve (Huikari ja Paavilainen, osittain muutettuna).

Suotyyppi		Lannoitustarve kg/ha typpi N	fosfori P	kalium K
Muuttumat ja turvekankaat				
Lehtok-mu	Lhtk-mu	ei lannoitustarvetta		
Ruohotk-mu	Rhtk-mu	(100)	44	83
Mustikkatk-mu	Mtk-mu	(100)	44	83
Puolukkatk-mu	Ptk-mu	100	44	83
Varputk-mu	Vatk-mu	100	44	83
Jäkälätk-mu	Jtk-mu	ei lannoituskelpoinen		
Korvet ja rämeet				
Lehtokorpi	LhK	ei lannoitustarvetta		
Lettoräme	LR	-	44	83
Ruohokorpi	RhK	ei lannoitustarvetta		
Ruohoräme	RhR	-	44	83
Mustikkakorpi	MK	-	33-44	62-83
Suursararäme	SsR	-	33-44	62-83
Puolukkakorpi	PK	<100>	33-44	62-83
Piensararäme	PsR	<100>	33-44	62-83
Tupasvillakorpi	TK	<100>	33-44	62-83
Tupasvillaräme	TR	100	33-44	62-83
Isovarpuinen räme	IR	100	33-44	62-83
Rahkaräme	RR	ei lannoituskelpoinen		
Avosuot		erikoistapauksissa lannoituskelpoisia		
Lettoneva	LN	-	44	83
Ruohoneva	RhN	-	44	83
Suursaraneva	SsN	-	44	83
Piensaraneva	PsN	(100)	44	83
Tupasvillaneva	TN	(100)	44	83
Rahkaneva	RN	ei lannoituskelpoinen		
Lisämääritteet				
Ohutturpeinen	Ot	50	-	-
Rahkamättäinen	Ram	50	-	-
Nevainen	Nn	-	22	42
Rimpinen	Ri	-	22	42

( ) = jatkolannoituksessa
< > = jatkolannoituksessa, suositellaan myös ensimmäisessä lannoituksessa

Ojituksen jälkeen ravinteiden mobilisaatio nopeutuu Etelä-Suomessa enemmän kuin Pohjois-Suomessa, jolloin ojitetun suon pintakasvillisuuden kehityksessäkin ilmenee eroja. Lannoituksessa annettavien ravinteiden tarpeen arviointi eri ilmasto-oloissa suon alkuperäisen suotyypin perusteella voi siten antaa väärän kuvan puiden käytettävissä olevien ravinteiden määrästä. Lannoitusohjeita varten pitäisikin ojitettujen soiden luokitusta kehittää siihen suuntaan, että jo ennen turvekangasvaiheen saavuttamista voitaisiin esim. muuttumatyyppien avulla kuvata puiden käytettävissä olevien ravinteiden, etenkin typen määrää.

Käytännön metsäojitusalueilla on PK-lannoituksia tehty 1960- ja 1970-luvulla laajalti myös Pohjois-Suomessa. Selvitettäessä näiden alueiden ravinnetilaa on todettu, että 10-15 vuotta ensilannoituksen jälkeen on varsin viljavillakin rämeillä lievää typen ja kaliumin puutetta fosforiin nähden. Niinpä PK-lannoituksen toistaminen tässä vaiheessa ei ole yleensä lisännyt puiden kasvua. Sen sijaan NK- tai NPK-lannoitus lisännyt kasvua jonkin verran. Tulokset vahvistavat aiempia käsityksiä fosforin pitkästä vaikutusajasta. Vaikutusajan loppupuolella syntyy nähtävästi pääravinteiden epätasapainotilanne lähes riippumatta kasvupaikan luontaisesta ravinteisuudesta.

Lannoituskohteiden valintakriteerit ovat viime aikoina tiukentuneet. Kertaalleen lannoitetuilta suometsiltä edellytetään jatkolannoitusvaiheessa mm., että puusto on riittävän runsas, jolloin lannoituksen edullisuus on turvattu. Pohjois-Suomessa etenkin mäntyvaltaisten ojitusalueiden puustot ovat varsin vähäisiä eikä jatkolannoituksiin siten laajassa mitassa ole kiirettä. Sen sijaan etelämpänä uusintalannoitusta odottaa huomattavan suuri määrä kertaalleen lannoitettuja suometsiköitä. Tieto ravinteiden tarpeesta eri ilmasto-oloissa, toisella lannoituskerralla, ojituksen ikääntyessä ja puuston varttuessa tulee lähivuosina oleellisesti

lisääntymään. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole syytä ryhtyä muuttamaan voimassa olevia ojitettujen soiden lannoitusohjeita.

Kirjallisuutta

Heikurainen, L., Laine, J. & Lepola, J. 1983. Lannoitus- ja sarkaleveyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimikoiden kasvatuksessa. Summary: Fertilization and ditch spacing experiment concerned with regeneration and growing of young Scots pine stands on nutrient poor pine bogs. Silva Fennica 17(4):359-379.

Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. Selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 64(1):1-135.

- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1973(1):1-154.

Kaunisto, S. 1982. Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä kasvualustan ominaisuuksista sekä muokkauksesta, kalkituksesta ja lannoituksesta avosoilla. Summary: Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, site preparation, liming and fertilization. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

- 1983. Puuston typpilannoitustarpeen määrittämisestä ojitetuilla turvemailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja

94:4-19.

- 1984. Yhteenveto lannoitustutkimuksista metsikön perustamisen ja taimikonhoidon yhteydessä turvemailla (Fertilization of young stands on peat soils in Finland. Literature review). Suo 35:119-126.
- 1985. Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemailla. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. Folia Forestalia 616. 27 s.
- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. Folia Forestalia 585. 40 s.

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä. K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-78: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.

Moilanen, M. 1982. Tuloksia lannoituksen vaikutuksesta varttuneen suomännikön kehitykseen Pohjois-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70. 13 s.

- 1984. Tuloksia suursararämeen männikön jatkolannoituksesta Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Summary: Results on refertilization of large sedge swamp pine stands in the North Ostrobothnia and Kainuu area. Suo 35:102-105.
- 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect

of fertilization and thinning on the growth of birch (Betula pubescens) on the drained mires with thin peatlayer. Folia Forestalia 629. 29 s.

- & Issakainen, J. 1985. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 204. 32 s.

Paavilainen, E. 1975. Urea suometsien lannoitteena. Metsä ja Puu 12(1975)

- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on the oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia Forestalia 327. 32 s.
- 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results. Folia Forestalia 343. 17 s.
- 1979a. Jatkolannoitus runsastyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on nitrogenrich pine swamps. Preliminary results. Folia Forestalia 414. 23 s.
- 1979b. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.
- 1984. Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in refertilization of drained pine swamps. Folia Forestalia 589. 28 s.
- & Simpanen, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements on drained pine swamps in North Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 86(4):1-70.
- & Penttilä, T. 1983. Alustavia tuloksia turvemaiden jatkolannoituksesta Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105:47-56.

Paarlahti, K. & Paavilainen, E. 1985. Turvemaan varttuneiden kuusikoiden ja koivikoiden lannoitus. Ennakkotuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206:4-18.

Penttilä, T. 1984. Jatkolannoitus Lapin viljavilla rämeillä. Summary: Refertilization on mesotrophic pine swamps in

northern Finland. Suo 35:106-110.

- & Moilanen, M. 1987a. Fosforilannoitteet suometsien lannoituksessa Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278:136-148.

Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987b. Soklin malmi fosforilannoitteena Pohjois-Suomen suometsissä. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto. Moniste.

Silfverberg, K. 1984. Kuivatustehon ja lannoituksen vaikutus rämemännikön kehitykseen. (Effects of drainage intensity and fertilization in a pine bog stand). Suo 35:86-90.

Starr, M. & Westman, C.J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa. Silva Fennica 12.2.

Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

- 1987. Site classification in estimation of fertilization effects on drained mires. Seloste: Kasvupaikkojen luokitus lannoituksen arvioinnissa ojitetuilla rämeillä. Acta Forestalia Fennica 198. 55 s.

34. Hivenlannoitus

Heikki Veijalainen

Hivenlannoitustutkimus suontutkimusosastolla alkoi 1950-luvun alussa, jolloin O. Huikari perusti ensimmäiset laaja-alaiset hivenravinnekokeet metsäojitusalueiden mänty-taimikoihin. Sysäyksen kokeisiin antoivat puun tuhkalla saadut hyvät metsittymis- ja kasvutulokset. Kun vastaaviin tuloksiin ei päästy ojituksen, kalkituksen eikä kaikin paikoin pääravinnelannoitteiden avulla, oli selitystä haettava hivenravinteiden puutteesta.

Koetulokset paljastivat, ettei hivenlannoitus vaikuttanut puuston kasvuun, ellei pääravinnetalous ollut kunnossa. Jo aiemmin oli todettu, ettei lannoitus pääravinteilla tuottanut tulosta, ellei vesitalous ollut kunnossa. Tämä ns. minimitekijöiden järjestys ja sen merkitys esimerkiksi hivenlannoituskokeita perustettaessa selvisi tutkijoille vasta 1970-luvulla, jolloin mitattiin vanhat kokeet ja perustettiin täydentävä sarja uusia hivenlannoituskokeita. Osa niistä tuli ns. kasvuhäiriöalueille, joilla ulkoisten puutosoireiden perusteella puuston kasvua rajoitti boorin puute. Myöhemmin tämä puute on voitu osoittaa myös neulasanalyyttisesti ja lannoituskokeiden perusteella monilta, mutta ei kaikilta tutkituilta kasvuhäiriöalueilta. Kasvuhäiriöiden ehkäisemiseksi ja niiden torjumiseksi perustettiin vuosina 1972-82 lähes 200 uutta hivenlannoituskoetta, joista monet niveltyivät turvemaiden jatkolannoitustutkimuksiin. Boorin ohella kokeissa on käytetty myös kuparia, sinkkiä ja mangaania, joiden puutteen on lähinnä epäilty häiritsevän puuston kasvutapahtumia.

Paras tulos hivenlannoitteilla saadaan kasvupaikoilla, joilla esiintyy puutetta annettavasta hivenravinteesta. Boorin puuteriski on suuri, jos neulasten pitoisuus on alle

5 ppm. Vastaava raja-arvo kuparilla on 2-2,5 ppm. Mangaanin korkeat arvot (yli 600 ppm) osoittavat usein ojitustehon heikkoutta. Puuterajaa mangaanille tai sinkille ei toistaiseksi ole esitetty. Harvinaisia ovat alle 100 ppm mangaanipitoisuudet ja alle 30 ppm sinkkipitoisuudet.

Hivenlannoituksissa on aina lähellä yliannostusten riski. Boorimyrkytysoireita on saatu aikaan männyllä, kun on annettu hivenseosta ja lannoiteboraattia samalle puustolle. Kuparisulfaatin ja lannoiteboraatin yhdysvaikutus on usein osoittautunut kasvua vähentäväksi, joten on ilmeistä, että niiden myrkyllinen vaikutus kumuloituu. Haitallinen vaikutus vähenee, jos kupari tai boori annetaan hidasliukoisena (esim. kuparioksidi tai boorifritti). Todennäköisesti myös pelkkä annostelun pienentäminen vähentää haittavaikutuksen riskiä.

Turvemaista erityisesti metsitetyt nevat ja pellot ovat osoittautuneet kohteiksi, joilta hivenravinnepuutoksia löytyy. Vastaavia ongelmia saattaa syntyä myös muilla ennestään puuttomilla alueilla, kuten vesijättömaita ja turpeennostoalueita metsitettäessä. Usein ravinnetalousongelmat ovat suurimpia saraturpeilla, joiden veden- ja ravinteidenpidätyskyky on heikompi kuin rahka- ja metsäturpeilla.

Neulasanalyysitutkimuksien perusteella on voitu osoittaa, että puun kasvun lisääminen ojittamalla tai lannoittamalla aiheuttaa eräiden hivenravinnepitoisuuksien voimakasta alenemista neulasissa, ellei samalla suoriteta hivenlannoitusta. Jo vajaa kilo booria hehtaarille estää tämän ns. ohentumisilmiön syntymisen. Kuparia tarvitaan 5-10 kg/ha ja mangaania ja sinkkiä noin 20 kg/ha (alkuaineina).

Hivenlannoitusten vaikutusaika on osoittautunut oletettua pidemmäksi, joten hivenravinteet voidaan antaa pääravinnekäsittelyjen yhteydessä. Niinpä suometsien PK-lannokseen on

lisätty pieni määrä booria.

Jos kuparin puutetta voidaan osoittaa oireiston, maa- tai neulasanalyysin tai lannoituskokeiden perusteella, voidaan käyttää hivenPK-lannoitetta tai yksittäisiä kuparilannoitteita. Useissa kokeissa on havaittu, että monipuolinen hivenlannoitus antaa paremman tuloksen kuin yhden tai kahden hivenlannoitteen käyttö. Kokeiltavana onkin uusia hivenseoksia samoin kuin pää- ja hivenravinteiden seoksia, jotka kuitenkin tulevat markkinoille aikaisintaan 1990-luvulla.

Kirjallisuus

Kolari, K. K. (Ed.) 1983. Growth disturbances of forest trees. Proceedings of international workshop and excursion held in Jyväskylä and Kivisuo, Finland, 10.-13. October, 1982. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Jyväskylässä ja Kivisuolla 10.-13. lokakuuta, 1982 pidetyn kansainvälisen symposiumin esitelmäraportit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116. 208 s.

Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrityksessä turvemailla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(4). 32 s.

- 1980. Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Neulasanalyysiin perustuva tarkastelu. Summary: Usability of some micronutrient fertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis. Folia Forestalia 443. 15 s.

- 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen

turvemailla. Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil. Folia Forestalia 477. 15 s.

–, Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report. Folia Forestalia 601. 41 s.

35. Tuhkalannoitus

Klaus Silfverberg

351. Tuhkan synty ja ominaisuudet

Orgaanisen aineksen palaessa muodostuu palamattomista ja haihtumattomista komponenteista koostuvaa tuhkaa. Yleisin tapa ryhmittää tuhkat on tehdä se poltetun aineen mukaan. Lannoituskäyttöä ajatellen ovat tärkeimpiä erilaiset puun ja turpeen tuhkat. Suomessa näitä ns. biotuhkia syntyy eniten Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomesssa sekä etenkin puuntuhkaa myös Kaakkois-Suomessa. Hakkila ja Kalaja (1983) ovat arvioineet voimalatuhkaa muodostuvan v. 1995 noin 300.000 tonnia.

Tuhkan laatuun vaikuttavat monet tekijät. Turpeen tie tuhkaksi on mutkattomampi kuin puulla. Siksi turpeen tuhka on vähemmän altis laatua heikentäville tekijöille kuin puun ja varsinkin kuoren tuhka. Puutavaran uitto ja varastoinninaikainen kastelu sekä tuhkan sammuttaminen aiheuttavat ravinteiden huuhtoutumista. Ravinnehävikkiä tapahtuu myös korkeissa polttolämpötiloissa.

Taulukko 1. Kemiran Suometsien-PK:n ja erilaisten biotuhkien ravinnepitoisuudet, n.d.= ei tietoa.

Ravinne		Suo-PK	Haketuhka	Sekatuhka	Turvetuhka
P	kg/t	87	30	4	14
K	"	166	75	8	2
Ca	"	235	226	254	64
Mg	"	3	40	10	10
Fe	"	1	15	31	219
Mn	"	n.d.	17	4	1
Zn	g/t	n.d.	2800	600	507
B	"	200	388	62	34
Cu	"	n.d.	472	43	58

Metsänlannoittajan näkökulmasta biotuhkien ravinnesisältö vaihtelee arveluttavan paljon (taulukko 1). Olennaisin ero on puun ja turpeentuhkan välillä. Turpeentuhkassa on kaliumia riittämättömästi ja lisäksi ravinteiden liukoisuus on turpeen tuhkassa selvästi heikompi kuin puuntuhkassa. Typpeä hyvin palanut tuhka sisältää tuskin lainkaan. Puuntuhkan pH on noin 13, mutta turvetuhkan 9 minkä vuoksi sen kalkitusteho on puuntuhkaa heikompi. Vaihtelut fysikaalisissa ominaisuuksissa (tilavuuspaino, kosteus, palaneisuus) ovat käytännön kannalta useimmiten vähemmän merkittäviä. Lievä kastelu tiivistää tuhkaa ja lisää jonkinverran sen tilavuuspainoa ravinnesisällön pysyessä kuitenkin samana. Tuhkien lannoitusarvoa saattavat heikentää apupolttoaineista tulevien raskasmetallien liialliset määrät.

352. Tuhkan käyttö ennen ja nyt

Ympäristöään lannoittava kasvutekijä tuhka on ollut jo kauan ennen kuin ihminen kesytti tulen. Kulot ovat lähes globaalinen luonnonilmiö ja ne ovat ylläpitäneet atlanttisen ja kuivan ilmaston alueilla varpu- ja heinävaltaisia kasviyhdyskuntia, havumetsäilmastossa taasen metsän kasvua. Tarkoituksella sytytettyjen palojen avulla ihminen jo varhain valjasti tuhkan lannoitusvaikutuksen palvelemaan omia tarkoitusperiään (metsästys, karjanhoito, maanviljely). Viimeksimainittuun kategoriaan voidaan lukea myös kaskeaminen ja turvemaiden kytöviljely. Tulen ja tuhkan käyttö puunkasvatuksessa yleistyi vasta paljon myöhemmin kulotuksen muodossa.

Tuhkan levittäminen asuinpiirin viljelykasveille on ilmeisesti yhtä vanhaa perua kuin itse maanviljelys. Myöhempi tietoinen tuhkan levitys on lähtenyt tarpeesta vähentää viljelymaiden happamuutta. Turvemailla myös kasvualustan fysikaalinen maanparannus on edistänyt tuhkan käyttöä. Tälläkin hetkellä tuhkaa käytetään monin paikoin varsinkin turve-

maiden peltojen ja laidunten kalkitukseen.

Tuskin missään metsiä on lannoitettu tuhkalla niin paljon kuin Suomessa. Alunperin lähtökohtana oli eloperäisten maiden maanparannus ja vasta myöhemmin suopuustojen kasvun parantaminen ravinnelisäysten avulla. Ensimmäiset käytännön tuhkalannoitukset tehtiin 1940-luvulla Oy Finlayson - Forssan Ab:n ja 1950-luvulla myös Enso - Gutzeit Oy:n ojitetuilla soilla. Kuluvalla vuosikymmenellä Oulun ja Kajaanin kaupungit sekä Metsähallituksen Ilomantsin hoitoalue ovat lannoittaneet satoja hehtaareja sekä turve- että kivennäismailla. Tuhkaa on käytetty myös erityiskohteisiin, kuten Metsähallituksen varteviljelmillä. Lannoitusten takana olevat työtäpelkäämättömät levitysurakoitsijat ansaitsevat tässä yhteydessä maininnan. Käytännön laitekehittelyssä ovat mukana olleet mm. Otto Korhonen Kajaanista sekä Eino Pekkala ja Martti Turkka Oulusta.

Ulkomailla tuhkan levittäminen metsiin on ollut harvinaista. Mainen osavaltiossa Yhdysvaltojen koilliskolkassa tuhkan biologinen hyödyntäminen maanviljelyssä on varsin pitkällä. Sikäläinen paperitehdas (S.D. Warren Company) myy tuhkansa, jota syntyy 50 tonnia päivässä, kaupallisen yrityksen välityksellä. Kivihiiltä runsaasti polttavissa maissa sen tuhkaa on levitetty myös lannoitustarkoituksessa.

Suomessa ja todennäköisesti muuallakin tuhka yhä päätyy yleisimmin kaatopaikalle. Tuhkan ajo täytemaaksi on ollut tavallista kuten myös käyttö rakennustoiminnassa (betoninvalmistus). Aiemmin tuhka on ollut lipeän ja saippuan raaka-aineena. Tropiikissa tuhkaa on sellaisenaan käytetty tuholaisten torjuntaan. Onpa tuhkaan ja sen käyttöön täällä Suomessa aivan viime aikoinakin liitetty maagisia uskomuksia.

353. Tähänastinen tuhkalannoitustutkimus

Kulo- ja kulotusalueille sekä entisille kaskimaille syntyneet metsät yhdistettynä maatalouspuolen tutkimustietoon antoivat jo 1930-luvulla selkeän viitteen tuhkan mahdollisuuksista metsien kasvatuksessa. Tuhkalannoitustutkimuksen edeltäjinä voidaan pitää ruotsalaisten vuosisadan alussa tekemiä tuhkakokeita, joiden perustella Suomen Suonviljelysydistys aloitti koetoiminnan. Alkuaan tuhka oli vain yksi useasta kokeillusta maanparannusaineesta. Tohmajärvellä lähellä Karjalan koeasemaa sijaitseva tuhkakoe vuodelta 1939 kuvastaa hyvin tätä varhaista vaihetta. Turvemaan pellon kupeessa sijaitseva koe käsittää tuhkan lisäksi hiekotusta, saveusta ym. käsittelyjä.

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston professori O.J.Lukkala perusti Suomen ensimmäiset metsälliset tuhkalannoituskokeet Vilppulan Jaakkoinsuolle ja Kaakkosuolle syksyllä 1937. Näistä kokeista hänen assistenttinsa ja seuraajansa, professori Olavi Huikari, kirjoitti ensimmäiset metsiemme tuhkalannoitusta koskevat julkaisut 1950-luvun alussa. Heidän työtään on 1970-luvun lopulta lähtien jatkettu Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla. Myös Helsingin Yliopiston suometsätieteen laitos on osallistunut tähän tutkimustoimintaan. Kivennäismailla vastaava tutkimus on ollut vähäistä. Tuhkan käsittely- ja levitystutkimuksia on hoitanut Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osasto professori Pentti Hakkilan johdolla. Yliopistojen biologian laitosten tutkimus on viime aikoihin saakka ollut melko suppeaa ja se on kohdistunut pääasiassa tuhkan maaperäekologisiin vaikutuksiin. Energiametsätutkimuksissa tuhka on ollut varsin näkyvästi esillä.

Metsien tuhkalannoitusta on tutkittu Ruotsissa ja hieman myös Norjassa. Maailman ensimmäiset tuhkalannoituskokeet perusti metsänhoitaja Wilhelm Ålund vuosisatamme alussa

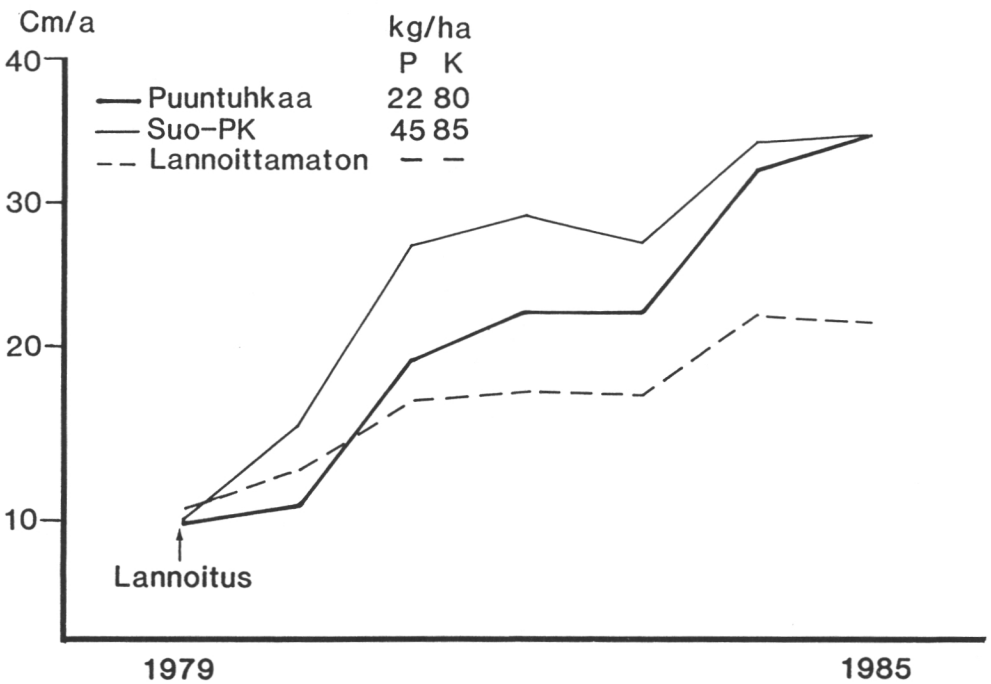
Ruotsin Västerbotteniin ojitetuille soille. Viime vuosikymmenen lopulla Ruotsissa uudelleen käynnistynyt tuhkatutkimus on painottunut maan happamoitumisen torjuntaan ja tuhkan mahdollisten ympäristöhaittojen selvittämiseen. Muualla maailmassa on tutkittu muiden tuhkien vaikutuksia kasvillisuuteen. Tuhkalannoitusta sivuavia aiheista mainittakoon kulotutkimukset ja tuhkien kemiasta tehdyt selvitykset Neuvostoliitossa ja Yhdysvalloissa.

354. Tuhkan vaikutuksen erikoispiirteet

Puusto ja kasvillisuus

Eräiltä vaikutuksiltaan puuntuhka poikkeaa kaupallisista väkilannoitteista. Tuhkan ravinteiden siirtyminen puustoon on hitaampaa kuin esim. Suo-PK:n ravinteiden. Näin on ainakin fosforin, kaliumin ja boorin osalta. Toisaalta huonosti liikkuviksi tiedetyt ravinteet (esim. Fe,Cu) ovat sitä tuhkassakin annettuna. Tämä on ilmennyt useissa männynneulasista tehdyissä ravinneanalyyseissä. Puuston pituuskasvussa on vastaava viive (kuva 1).

Tuhkaa jäljittelevällä seoksella on päästy jopa parempaan kasvuun kuin vastaavan ravinnemäärän sisältävällä tuhkalla. Vaikka tuhkakokeiden puusto useimmiten on kasvanut erinomaisesti, joukkoon mahtuu myös huonokasvuisia puustoja. Tärkeimpiä epäonnistumisen syitä ovat puutteellinen ojitusteho, tuhkan riittämätön ravinnesisältö ja liian karu (typpiköyhä) kasvupaikka. Menestyksellisen tuhkalannoituksen peruskriteerit ovat siten varsin tavanomaiset. Puuntuhkaa saaneilla metsäojitusmailla on kasvuhäiriöitä havaittu vähemmän kuin tavanomaisilla lannoitusalueilla. Kun puuntuhkaa on käytetty kasvuhäiriön torjuntaan, on samalla havaittu sienitautien häviävän metsiköstä.



Kuva 1. Puuntuhkan vaikutusnopeus Suometsien PK:hon verrattuna.

Tuhkan vaikutus puuston kasvuun voi olla erittäin voimakas vaikkei pintakasvillisuus suuremmin muuttuisikaan. Toisaalta myös pohja- ja kenttäkerroksen kehityksessä on todettu erikoispiirteitä. Yleisesti ottaen kehitys on samantapainen kuin palaneilla tai muokatuilla alueilla. Rahkasammalet väistyvät ja pioneeriluontoiset kulosammalet ilmaantuvat tilalle. Maitohorsman esiintyminen on tyypillinen osoitus tuhkalannoituksesta. Mitä enemmän ravinteita tuhkassa on annettu sitä suuremmat ovat muutokset. Viljavilla ja alunperin märillä soilla muutokset ovat voimakkaimpia. Harvemmin tuhkalannoituksesta seuraa haittaavan voimakas rehevöityminen.

Maaperä

Eniten lienee tutkittu puuntuhkan vaikutuksia maaperään. Tuhka saattaa kohottaa pintaturpeen pH:ta useaksi vuosikymmeneksi kulotuksen tapaan. Puuntuhkan kalkitusvaikutus on yhtä hyvä kuin dolomiittikalkin tai kalkkikivijauheen. Turvetuhkan ns. neutralointikyky on sitävastoin vain 10-20 % puuntuhkaan verrattuna. Happamuuden vähetessä maaperäeliöstön toiminta vilkastuu ja sen myötä ravinteiden mobilisointi. Ravinnelisäysten seurauksena nousevat maaperän johtoluku, emäskyllästysaste ja kationinvaihtokapasiteetti. Osa tuhkan ravinteista näyttää säilyvän vuosikymmeniä turpeen pintakerroksessa.

Haitat

Happamaan ympäristöön erityisesti sopeutunut kasvillisuus kuten rahkasammalet kärsivät tuhkan emäksisyydestä. Ravinteista tuhka on heikentänyt ainoastaan mangaanin saatavuutta. Kasveille haitallisen yliannostuksen vaara on ilmeisesti pieni. Jopa tuhkan entiset välivarastopaikat ovat kasvittuneet hyvin. Eräs jätteiden hyötykäyttöön kohdistuva vakiokritiikki koskee raskasmetallien pitoisuuksia ja ravinnepäästöjä. Tähänastisten analyysien mukaan sekä tuhkan että tuhkalannoitettujen kasvustojen raskasmetallipitoisuudet alittavat korkeimmat sallitut. Vesistöjen kuormitusta ajatellen tuhkalla on kaksi selvää etua; se ei sisällä typpeä ja varsinkin turvetuhkan fosfori on enimmälti vaikealiukoisessa muodossa.

355. Tuhkalannoituksen lähitulevaisuuden näkymät

Tuhkalannoituksen työvaiheista hallitaan tällä hetkellä tyydyttävästi tuhkan kuljetus, talviaikainen levitys ja tuhkan annostus. Suurimmat puutteet ovat tuhkan talteenotossa ja sopivassa kostuttamisessa. Tuhkalannoituksen taloudellisuus

ei ole kaavamaisesti ratkaistavissa, vaan jokainen levityshanke on arvioitava erikseen.

Hyvälaatuinen, mutta rajoitetusti saatavilla oleva puuntuhka soveltuu erityisesti pienimuotoiseen käyttöön kuten puutarhoihin, kasvihuoneisiin ja erilaisten "ekotuotteiden" komponentiksi. Peltojen kalkitukseen puuntuhka sopii erinomaisesti ja tietenkin myös metsien lannoitukseen. Laajamittaiseen suometsien lannoitukseen soveltuvat parhaiten turve-, kuori- ja sekatuhkat, joita syntyy keskitetysti ja paljon.

Sekä kohteiden valinnassa että ravinnemäärien annostelussa on toistaiseksi varminta seurata Suometsien-PK:ta koskevia lannoitussuosituksia. Tuhkasta määritetään vesipitoisuus, tilavuuspaino ja fosfori (kg/m^3). Kun nämä tunnetaan on helppo laskea tarvittavat tuhkamäärät (esim. m^3/ha). Fosforia tulee olla vähintäin 45 kg/ha. Tuhkaa käytetään fosforimäärästä riippumatta 5-10 tonnia jotta muitakin ravinteita kuin annostelun perustana olevaa fosforia sisältyisi riittävästi.

Tuhka ja useat muutkin jätteet soveltuvat metsien lannoitteiksi. Käytettäessä 10 tonnia tuhkaa hehtaarille voitaisiin nykyisin muodostuvalla tuhkamäärällä vuosittain lannoittaa 20 000-40 000 hehtaaria. Käytännössä kaikki tuhka ei ole lannoittajan käytettävissä. Avainasemassa tuhkalannoituksen tulevaisuutta ajatellen ovat turvevoimalat ja niiden tuhkan talteenottojärjestelmät. Oulussa sijaitsevan Toppilan turvevoimalan tuhka olkoon esimerkkinä tuhkan tämänhetkisestä käytöstä. Vuosina 1984-86 tuhkasta joutui mm. 21 % metsänlannoitukseen, 35 % pelloille ja 21 % kaatopaikalle. Tänä vuonna tehtäneen Suomen metsäojitusalueilla puuntuhkakalannoituksia useita satoja hehtaareita Enso Gutzeit Oy:n, Kymi Oy:n ja Metsähallituksen mailla.

Kirjallisuus

Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983. Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. Summary: The technique of recycling wood and bark ash. Folia Forestalia 552. 37 s.

Heikinheimo, O. 1915. Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. Acta Forestalia Fennica 4.

Huikari, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja lannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 42(2):1-18.

Kovar, P. 1977. Vliv elektrarenskeho popilku na nektere vlastnosti ekosystemu psarkove louky (Alopecuretum pratensis Steffen 1931). Summary: Influence of fly ash on some characteristics of grassland ecosystem (Alopecuretum pratensis Steffen 1931). Biologia (Bratislava) 32, 533-543.

Lukkala, O.J. 1955. Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsäojituksen tukena. Summary: Soil improving substances and fertilizers as an aid to forest drainage. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 8:273-276.

Malmström, C. 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga. - Medd. Stat. skogsförsöksanst. 28:571-650. Stockholm.

Moilanen, M., Ferm, A. & Issakainen, J. 1987. Kasvihuonekokeita erilaisten jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 281. 36 s.

Pepin, R.G. & Coleman, P. 1984. Paper Mill Sludge and Ash as Soil Conditioner. BioCycle Magazine. 3 s.

Saloheimo, L. 1933. Polttopuutuhkan käytöstä kalilannoitteena suoviljelyksessä. Suoviljelysyhdistyksen vuosikirja: 121-134.

Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemailla. Summary: Wood-ash fertilization on drained peatlands. Folia Forestalia 633. 25 s.

Yli-Vakkuri, P. 1958. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden kulotuksesta. Referat: Untersuchungen über das Absengen als waldbauliche Massnahme auf entwässerten Torfböden. Acta Forestalia Fennica 67:1-33.

36. Kalkitus

Seppo Kaunisto

Metsäojitettujen turvemaiden kalkitustutkimukset saivat alkunsa jo 1920-luvun lopulla. Aiheen kalkituskokeisiin antoivat lähinnä maataloudesta saadut posititiiviset kokemukset. Maataloudessa tärkeimpänä tavoitteena oli kohottaa pH:ta, koska monet kasvilajit vaativat menestyäkseen paljon pienempää happamuutta kuin turvemaassa yleensä luontaisesti on ja koska samalla voitiin luoda paremmat edellytykset mikrobitoiminnalle ja näin edelleen ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin mineralisoitumiselle. Lisäksi kalkituksella voidaan vaikuttaa maan rakenteeseen.

Suomalaiset puulajit eivät, pajuja lukuunottamatta, ole kovin herkkiä alhaiselle pH:lle, joten pH:n kohottaminen juuriston toiminnan edistämiseksi ei yleensä ole tarpeen. Metsäojitettujen turvemaiden kalkituskokeissa on yleensä todettu, että kalkitus vähentää puuston kasvua ainakin aluksi. Toisaalta on myös esimerkkejä siitä, että kasvu saattaa lisääntyä 10-15 vuoden kuluttua kalkituksesta, etenkin jos on lannoitettu myös muilla pääravinteilla, kuten typellä, fosforilla ja kaliumilla tai vain kahdella viimemainitulla.

Useissa tutkimuksissa on todettu, että kalkitus lisää voimakkaasti mikrobien kokonaismäärää. Varsinkin bakteerit yleensä hyötyvät turpeen pH:n kohoamisesta. Mikrobitoiminnan vilkastuminen merkitsee samalla orgaanisen aineksen entistä nopeampaa maatumista. Mikrobisto käyttää vapautuvat ravinteet kuitenkin ensisijaisesti omiksi rakennusaineikseen. Tästä seuraa, että tilanteessa, jossa esim. typpeä on verrattain vähän energialähteeseen, hiileen verrattuna (C/N-suhde on suuri) vapautuva typpi joutuu suoraan mikrobiston käyttöön. Tällöin saattaa jopa lannoitteenakin annetulle typelle käydä samoin.

Metsäojitetuilla turvemailla, etenkin ojikkovaiheessa ollaan usein tilanteessa, jossa pintaturve on vielä verrattain maatumatonta ja vähätyppistä. Tällöin saattaa helposti syntyä edelläkuvatunlainen tilanne. Tämä näkyy mm. siinä, että jo verrattain pienetkin kalkkimäärät alentavat neulasten typpipitoisuuksia. Edelleen on havaittu, että kalkitus alentaa myös neulasten fosfori-, kalium- ja booripitoisuuksia. Fosfori- ja booripitoisuuksien alenemiseen on ilmeisesti syynä näiden ravinteiden sitoutuminen kalsiumin kanssa maassa vaikealiukoisemmiksi yhdisteiksi. Boorin ohella myös muiden hivenaineiden, molybdeeniä lukuunottamatta, liukoisuus vähenee turpeen pH:n kohotessa.

Kalkituksella joissakin tapauksissa 10-15 vuoden päästä todettu positiivinen vaikutus ilmeisesti johtuu siitä, että orgaanisen aineksen hajotessa ja turpeen muutoinkin tiivistyessä turpeen typpipitoisuudet kohoavat ja turpeen C/N-suhde alenee. Tällöin yhä suurempi osa mikrobiston hajoittaman orgaanisen aineksen typestä ja fosforista tulee myös puuston käyttöön.

Tähänastisten tutkimusten perusteella näyttää siltä, että kalkkia ei ole syytä levittää metsäojitetuille turvemaille, koska se yleensä ainakin aluksi vähentää puuston kasvua ja sen mahdollinen lievä positiivinen vaikutus ilmenee vasta pitkän ajan kuluttua. Kalkituksen merkitystä happolaskeuman neutraloijana käsitellään luvussa 72.

Kirjallisuutta

Adams, S. N. & Cornforth, I. S. 1973. Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka spruce plantation. II. Forestry 46(1): 39-47. -, Cooper, J. E., Dickson, D. A., Dicson, E. L. & Seaby, D. A. 1978. Some effects of lime and fertilizer on a Sitka spruce plantation. Forestry 51(1): 57-66.

- & Dickson, D. A. 1973. Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka Spruce plantation. I. Field studies on the forest litter and the uptake of nutrients by the trees. Forestry 46(1): 31-38.

Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York. 472 s.

Dickson, D. A. 1972. Effects of limestone, phosphate and potash on the early growth and nutrient uptake of sitka spruce (Picea sitchensis (Bong. Car.) planted on deep peat in Northern Ireland. Proc. 4th International Peat Congress 3: 479-488.

Gardiner, J. J. 1975. The influence of fertilizers upon microbial activity in peat. II. Calcium and nitrogen. Irish Foresty 32(2): 101-114.

Huikari, O. 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1961(5): 212-216.

Kaila, A., Köylijärvi, J. & Kivinen, E. 1953. Influence of temperature upon the mobilization of nitrogen in peat. Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 25(2): 37-46.

-, Soini, S., Kivinen, E. 1954. Influence of lime and fertilizers upon the mineralization of peat nitrogen in incubation experiments. Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 26(2): 79-95.

Kaunisto, S. 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetulla suolla. Summary: Afforestation of open peatlands

with Betula verrucosa and B. pubescens. Suo 24(1): 4-7.
- 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.
- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus männyntaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- & Norlamo, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Seloste: Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(2): 27 s.

Lukkala, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 39: 53 s.

Meshechok, B. 1968. Om startgjodsling ved skogkultur på myr. Medd. Norske Skogforsoksv. 87. 140 s.

Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Abstract: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia Forestalia 412. 16 s.

37. Lannoituksen aiheuttama ravinteiden huuhtoutuminen

Erkki Ahti

371. Taustaa

Soita on vuoden 1965 jälkeen lannoitettu yli miljoona hehtaaria. Suurin osa tästä pinta-alasta on lannoitettu suometsien PK-lannoksella, osa PK:n lisäksi myös typellä. Koska fosforia pidetään vesistöjen kannalta erityisen vahingollisena ravinteena, turvemaiden PK-lannoituksen vesistökuormitusta tutkittiin sekä metsäntutkimuslaitkosen suontutkimusosaston että Vesihallituksen toimesta 1970-luvun alussa. Luonnollisesti huuhtoutumisesta oltiin kiinnostuneita myös metsätalouden kannalta. Näissä tutkimuksissa soiden vesistökuormitus todettiin vähäiseksi. Fosforia huuhtoutui vain muutamia satoja grammoja hehtarilta, kaliumia, jolla vesistöissä ei ole merkitseviä vaikutuksia, muutamia kiloja hehtaarilta. Tutkimuksissa todettiin myös, että lannoitteen levittäminen lumelle ei merkitsevästi lisännnyt huuhtoutumisriskiä. Fosforin vähäisen huuhtoutumisen katsottiin johtuvan siitä, että silloisen PK-lannoitteen fosfori oli kokonaisuudessaan hidasliukoista raakafosfaattia.

Ravinteiden huuhtoutumistutkimukset aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksella uudelleen 1970-luvun puolivälissä. Fosforia todettiin nyt huuhtoutuvan soiden lannoitusalueilta vielä yli kymmenenkin vuotta lannoituksen jälkeen.

Vuonna 1987 käynnistettiin Leivonmäen Kivisuolla tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää urean ja suometsien PK-lannoksen lumellelevityksen huuhtoutumisvaikutuksia. Seuraavassa tarkastellaan ravinteiden huuhtoutumista pääasiassa viimeksimainitun tutkimuksen alustavien tulosten pohjalta.

372. PK:n ravinteet

Nykyisin käytössä oleva rakeinen suometsien PK-lannos, joka on ollut käytössä 1970-luvun puolivälistä saakka, sisältää muitakin ravinteita kuin fosforia ja kaliumia:

Ravinne	%	kg/500kg lannoitetta
N	2,0	10,0
P	8,7	43,5
K	16,6	83,0
S	2,2	11,0
B	0,2	1,0
Ca	23,5	117,5
Mg	0,3	1,5
Na	0,3	1,5
Fe	0,1	0,5
Cl	15,8	79,0

Vuosina 1977-87 n. 20 % lannoitteen fosforista on ollut helposti veteen liukenevassa muodossa. Kun lannoitetta levitettiin 500 kg/ha, suolle tuli helppoliukoisen kaliumin lisäksi levitetyksi n. 9 kg/ha vesiliukoista fosforia ja 10 kg/ha vesiliukoista typpeä.

373. Ravinteiden huuhtoutuminen Kivisuolla 1987

Kivisuon kokeessa levitettiin ureaa 215 kg/ha ja suo-PK:ta 500 kg/ha kahtena ajankohtana: lumelle 9.-13.3.1987 ja lumettomaan maahan 19.-20.5.1987. Ravinteiden huuhtoutuminen arvioitiin mittaamalla suolta valuvien vesien määrä ja ottamalla valuntavedestä näytteitä, joista analysoitiin kiinnostuksen kohteena olevien aineiden pitoisuudet.

Marraskuun 1987 alkuun mennessä todettiin seuraavat huuhtoutumat:

Ravinne	Talvilevitys	Kevätlevitys
	kg/ha	
K	13,6	6,6
P	6,2	1,9
Ca	6,3	2,0
S	4,6	1,4
Na	2,0	1,5
Mg	1,4	1,0
B	0,3	0,2

Asetelmasta voidaan havaita, että erityisesti kalium, fosfori, kalsium ja rikki ovat huuhtoutuneet selvästi voimakkaammin lumelta kuin sulaan maahan levitettyinä.

Erityisesti fosforin huuhtoutuminen on vuoden 1987 aikana ollut huomattavasti voimakkaampaa kuin 1970-luvun alun tutkimuksissa. Myös kevätlevityksessä huuhtoutui lähes kaksi kiloa fosforia hehtaarilta, eli kymmenen kertaa niin paljon kuin 1970-luvun alussa rakeistamattomasta PK:sta.

Osittain suuret huuhtoutumat johtuvat vuoden 1987 poikkeuksellisista sääoloista. Vuosivalunta oli noin 500 mm eli selvästi normaalia suurempi. Myös Kivisuon koealueen normaalia tehokkaampi ojitus on vaikuttanut siten, että huuhtoutumat ovat jonkin verran suurempia kuin normaalilta ojitusalueelta. Tulokset osoittavat kuitenkin, että karuja rämeitä ei ole syytä lannoittaa talvella.

Typen huuhtoutumasta tiedetään Kivisuon tutkimuksenkin jälkeen vähän. Vuoden 1987 aikana huuhtoutui 5-10 kg/ha typpeä, mutta tätä kirjoitettaessa ei ole tiedossa, miten suuri osa typestä on peräisin ureasta ja miten suuri osa PK-lannoitteesta. Typen huuhtoutumista tapahtui vain lan-

noitettessa lumelle, ja osa siitä huuhtoutui puhtaana ureana.

374. Ravinteiden huuhtoutumisen metsätaloudellinen merkitys

Kivisuon kokeessa sekä fosforin että kaliumin huuhtoutuminen oli jo lannoitusvuonna sitä luokkaa, että sillä voidaan katsoa olevan merkitystä myös lannoitusreaktion kannalta. On lisäksi muistettava, että aikaisempien tutkimusten mukaan fosforia saattaa huuhtoutua yli kymmenen vuotta. Kalium puolestaan saattaa monilla turvemailla muodostua pahimmaksi puiden kasvun minimitekijäksi, joten suuret huuhtoutumat olisi pyrittävä eliminoimaan oikealla lannoitusajankohdan valinnalla ja välttämällä lannoitteen joutumista suoraan ojiin.

Kirjallisuutta

Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 111. 20 s.

Ahti, E. & Paarlahti, K. 1988. Ravinteiden huuhtoutuminen talvella lannoitetulta metsäojitusalueelta. Summary: Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow. Suo 39(1-2): 19-25.

Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Suo 29: 49-58.

Karsisto, K. & Ravela, H. 1971. Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhtoutumisesta metsäojitusalueilta. Summary: Washing away of phosphorus and potassium

from areas drained for forestry and topdressed at different times of the year. Suo 22: 39-46.

Kenttämies, K. 1981. The effects on water quality of forest drainage and fertilization in peatlands. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters 43: 24-31.

Malcolm, D. C. & Cuttle, S. P. 1983. The Application of Fertilizers to Drained Peat. 1. Nutrient Losses in Drainage. Forestry 56:155-174.

Särkkä, M. 1970. Metsänlannoituksen vaikutus vesistöissä. Summary: On the influence of forest fertilization in water courses. Suo 21: 67-74.

4. SUOMETSIEN HOITO

41. Suometsien uudistaminen

Seppo Kaunisto

411. Yleistä

Turvemaiden uudistamistutkimuksia on Suomessa tehty jo 1930-luvun alusta lähtien. Varhaisimmat tutkimukset sisälsivät sekä avosoiden metsityksiä viljelemällä että puustoisten soiden, lähinnä ojikoiden, uudistamista niin viljellen kuin luontaisestikin. Tutkimus keskittyi 1950-luvun loppupuoliskosta 1970-luvun alkuun saakka avosoiden metsittämiseen viljelemällä jolloin myös lannoitustutkimus kohosi erittäin monipuolisesti esille avosoiden jossain määrin ongelmallisten ravinnesuhteiden vuoksi. Avosoiden metsityskysymyksiä ei tässä yhteydessä käsitellä.

Vanhoilla ojitusalueilla havaittujen uudistamisongelmien vuoksi on tutkimus tällä vuosikymmenellä keskittynyt erityisesti turvekankaiden uudistumiskysymysten selvittelyyn. Turpeen noston nopea lisääntyminen on aiheuttanut huolta suonpohjien jälkikäytöstä, mikä on lisännyt myös tällä sektorilla tutkimustarvetta. Tätä aihepiiriä tarkastellaan kuitenkin erikseen luvussa 44.

Uudistamistutkimusten tuloksista on vain muutamia vuosia sitten (Kaunisto ja Päivänen 1985) tehty perusteellinen yhteenveto, joten tässä yhteydessä tyydytään tarkastelemaan turvemaiden uudistamista vain pääpiirteittäin sisällyttäen mukaan myös uusimpia havaintoja, vaikka julkaistua materiaalia ei vielä olisikaan.

412. Uudistamistapaan vaikuttavia näkökohtia

Suometsät on perinteisesti pyritty uudistamaan luontaisesti. Luontaisen uudistamisen edellytyksenä on, että

- halutun puulajin itävää siementä saadaan riittävästi joko uudistusalalta tai sen ympäristöstä,
- kasvualustan ominaisuudet mahdollistavat siementen itämisen ja taimien kehittymisen,
- pintakasvillisuuden ja/tai puuston kilpailu ei estä taimien edelleen kehittymistä,
- puustot voidaan käsitellä hakkuin siten, että tuulenkaadot eivät muodostu vakavaksi haitaksi uudistamisvaiheessa,
- kuuselle saadaan riittävä verhopuusto (valtaosassa Suomea),
- taimikon vapauttamisvaiheessa siemen-, verho- tai suojuspuusto voidaan poistaa uudistusalalta siten, että riittävän tiheä, kehityskykyinen taimikko jää jäljelle.

Karuimmissa kuusen vallitsemissa korvissa ja rehevimmillä rämeillä saattaa sopivan siemenpuuston puuttuminen vaikeuttaa luontaista uudistamista, koska ensin mainitut tulisi uudistaa männylle ja viimemainitut kuuselle. Muutoin siementävää puustoa yleensä on riittävästi olemassa, ellei puustoa ole hakkuin pilattu tai puusto ole liian vanhaa.

Varhaisemmat tutkimukset ovat varsin selvästi osoittaneet, että luonnontilaiset suot, ojikot ja vielä muuttumatkin ovat herkkiä taimettumaan ja näin eräs luontaisen uudistamisen perusedellytyksistä täyttyy. On kuitenkin eräitä seikkoja, jotka vanhoilla ojitusalueilla vaikeuttavat luontaista uudistumista.

Ravinteisuudeltaan karuille, karuhkoille ja usein keskinkertaisillekin mänty- tai kuusivaltaisille suotyypeille on ominaista, että turvekangasvaiheessa alueella on lähes yhtenäinen seinä- ja kynsisammalkasvusto, joka yhdessä heikosti maatuneiden karikkeiden kanssa voi muodostaa vaihtelevan paksuisen (jopa yli 10 cm), huokoisen ja helposti kuivuvan

raakahumuskerroksen turpeen pinnalle. Raakahumuskerroksen on todettu oleellisesti vaikeuttavan taimettumista.

Raakahumuskerros ei ainoastaan vaikeuta taimien syntymistä, vaan myös niiden kehitystä. Se muodostaa vähäravinteisen (ks. luku 31) eristävän kerroksen turpeen päälle. On todennäköistä, että se huonontaa turpeen lämpöoloja ja ilmavuutta heikentäen tällä tavoin mikrobitoimintaa ja tätä kautta myös orgaanisesti sitoutuneiden typen ja fosforin vapautumista. Onkin todettu, että viljelytaimet kasvavat hitaammin rikkomattomassa raakahumuksessa hyvissäkin kuivatusoloissa kuin esim. kaivurilla tehdyllä mättäällä tai mättään vieressä.

Ei siis riitä, että uudistamisvaiheessa parannetaan siementen itämisedellytyksiä ja taimien kilpailukykyä esim. tekemällä pieniä laikkuja tai uria raakahumuskerrokseen. Taimien jatkokehityksen kannalta on tärkeätä, että raakahumus saadaan hävitetyksi laajalta alueelta taimen ympäriltä. Lehtipuusekoitus heikentää seinäsammalen kasvua ja kun lehtipuukarike on havupuukariketta helpommin hajaantuvaa, lienee lehtipuusekoitus uudistamishakkuuta edeltävässä puustossa edullinen luontaisen uudistumisen alkuvaiheen kannalta, joskin samanaikaisesti ennen uudistushakkuuta syntyneet lehtipuun taimet kilpailevat voimakkaasti männyntaimien kanssa elintilasta.

Tehokkaalla maanmuokkauksella raakahumuskerros voidaan ilmeisesti hävittää riittävän laajalta alalta. Toistaiseksi on olemassa vain yksi käytäntöön sopiva menetelmä: kaivurimätästys. Tämä kuitenkin soveltuu lähinnä viljelyn yhteyteen. Tosin luontaisesti uudistettavillakin alueilla normaalit ojamaat olisi järkevää mätästää. Lisäksi tutkimuksissa on käytetty jyrsintää verrattain hyvällä menestyksellä. On myös olemassa käytännön esimerkkejä kulottamisen positiivisesta vaikutuksesta uudistumiseen. Missä määrin kulotusta voitaisiin sen aiheuttaman turvepalonvaaran vuoksi

toteuttaa käytännössä, on selvittämättä. Samoin tarvitaan tietoa uudistushakkuuta edeltävän lannoituksen (puuntuhka, lannoitteet) vaikutuksesta uudistumisherkkyyteen.

Tehtäessä päätöstä uudistamistavasta tulisi aina selvittää, missä määrin alueella on vaihtuvaa taimiainesta paikoissa, joissa sen käyttö kilpailuolosuhteiden puolesta on mahdollista, sekä sen lisäksi vielä tutkia raakahumuskerroksen paksuutta uudistumisherkkyyden selvittämiseksi.

Erityisesti kuusen luontaiseen uudistamiseen tähdättäessä on korostettu, että puustoa pitäisi valmistaa vähittäisin harvennushakkuin, jolloin tuulenkaadot jäisivät vähäisiksi. Nykyinen korjuutekniikka samoin kuun korjuun rationalisoiminenkin ovat vähentäneet mahdollisuuksia uudistamista valmisteleviin hakkuisiin. Jos hakkuut, niin suojuspuusto- kuin kaistalehakkuutkin, toteutetaan äkillisesti, on seurauksena runsaasti tuulenkaatoja ja reunapuiden kuivumisia. Runsaiden hakkuutähteiden vuoksi seurauksena saattaa olla myös jo mahdollisesti olemassa olevan vaihtuvan taimiaineksen tuhoutuminen. Nämä seikat ovat omiaan vaikeuttamaan luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia

Tehtäessä päätöstä siitä, uudistetaanko alue luontaisesti vai viljelemällä, tulisi käydä tämän luvun alussa oleva luettelo soveltuvin osin lävitse. Jos uudistusalalla olosuhteet ovat sellaiset, että ne täyttävät luettelon edellytykset tai että ne aktiivisella toiminnalla voidaan muuttaa sellaisiksi, voidaan käyttää luontaista uudistamista. Muussa tapauksessa viljely lienee varmempi vaihtoehto.

413. Luontainen uudistaminen

Luontainen uudistaminen on luonnontilaisilla soilla ja nuorilla ojitusalueilla ensisijainen uudistamismenetelmä, koska niillä usein on runsaasti taimiainesta valmiina. Männyn ollessa kysymyksessä saattaa usein riittää pelkkä taimiai-

neksen vapauttaminen. Mikäli taimiainesta ei ole riittävästi, voidaan hyvin vaatimattomillakin, jopa huonomuotoisilla (omenapuuasento) siemenpuilla saada aikaan riittävä taimiaines. Siemenpuiden määräksi on yleensä suositettu 30-50 puuta/ha. Siemenpuuasento ei yleensä tule kysymykseen kuusen uudistamisessa.

Vanhoilla ojitusalueilla tilanne on jossain määrin erilainen. Puusto on uudistamisvaiheessa kookkaampaa ja tiheämpää kuin luonnontilaisilla soilla tai nuorilla ojitusalueilla. Koska kasvualustan aerobisuus ei ojituksenkaan jälkeen yleensä ole riittävän suuri syvän juuriston muodostumiselle, on männikkökin verrattain altis tuulelle, jos se äkillisesti harvennetaan siemenpuuasentoon. Turvekangasvaiheessa oleville männyn uudistusaloille olisikin ilmeisesti syytä jättää enemmän siemenpuita kuin luonnontilaisille on suositettu ja niiden tulisi täyttää samat laatuvaatimukset kuin kangasmailla.

Hallavaurioiden välttämiseksi kuusen uudistamisessa on verhopuusto välttämätön suurimmassa osassa Suomea. Tämän vuoksi puuston tulisi olla verrattain runsas vielä uudistamisvaiheessa, mutta kuitenkin riittävän harva mahdollistaakseen taimien kehittymisen hallavauriorajan yläpuolelle. Varsinaisia siementäviä kuusia tarvitaan hehtaarilla vain muutamia kymmeniä. Mänty ja koivu ovat verhopuina usein kuusta parempia, mahdollistavat taimikon kehityksen paremmin ja ovat tuulta vastaan kuusta kestävämpiä. Kun lisäksi niiden hakkuutähteet ovat yleensä vähäisempiä kuin kuusen, olisi mäntyä ja koivua syytä suosia suojuspuuasennossa.

Varhemmin on korpikuusikoiden uudistamisessa käytetty useissa tapauksissa kaistalehakkuuta. Kaistale- samoin kuin suojuspuuhakkuukin soveltuu lähinnä toistuvin hakkuin käsiteltyihin puustoihin, joissa jo kaistalehakkuun toteuttamisvaiheessa on taimiainesta, jota välimetsiköt hakkuun jälkeen vain täydentävät. Vaikka suojuspuu- ja kaistalehakkuin uu-

distettaviksi parhaiten sopivissa viljavissa korvissa näyttäisi raakahumuksen muodostuminen olevan vähäisempää kuin rämeillä ja karuissa korvissa, tulisi näilläkin tarkistaa taimiaineksen määrä ja mahdollinen raakahumuskerroksen paksuus ennen uudistamistavasta päättämistä.

414. Viljely

Viljelyä on suopuustojen uudistamisessa käytetty verrattain vähän. Edellä esitetyn perusteella on kuitenkin todennäköistä, että viljelyn osuus tulee lisääntymään em. kasvualustan ominaisuuksien ja korjuuteknisten ja niihin liittyvien taloudellisten ongelmien vuoksi.

Viljelyn onnistumista voidaan varmistaa muokkaamalla. Muokkaus mm. vähentää pintakasvillisuuden kilpailua, parantaa lämpö- ja ravinnetaloutta sekä lisää maan ilmavuutta. Käytännössä on toistaiseksi olemassa vain yksi puustoisille soille soveltuva muokkausmenetelmä: kaivurimätästys. Jonkin verran on kokeiltu tutkimuksessa myös jyrsintää, mutta tähän sopivaa laitetta ei ole sarjatuotannossa. Mättäät tulisi tehdä mataliksi (10-20 cm), ja niiden tulisi olla tiiviisti maata vasten. Tämän vuoksi on suositeltavaa muokata vasta hakkuita seuraavana syksynä ja viljellä vasta sitä seuraavana keväänä.

Suomen olosuhteissa ei ole voitu osoittaa puuston kasvun kärsineen turvemailla ylikuivatuksesta, vaan päinvastoin puuston kasvu on lisääntynyt kuivatustehon lisääntyessä tehokkaimpienkin käsittelyjen yhteydessä. Muokkaus tulisikin suorittaa ojitusmätästyksenä, jolloin varsinaisten kuivatusojien väli olisi nykykäytännön mukainen ja näitä jonkin verran matalampien mätästysojien väli 12-14 m. Mätästysojat tulisi tehdä niin, että ne lisäisivät myös kuivatustehoa.

Turvemailla uudistetaan kylvämällä pääasiassa mäntyä. Männyn kylvö sopii parhaiten ravinteisuudeltaan keskinker-

taisille ja karuille soille. Riittävän itämisenaikaisen kosteuden turvaamiseksi kylvö olisi hyvä tehdä mättääseen tehtyyn matalaan, jyrkkäreunaiseen vakoon tai mättään luontaisiin painanteisiin ja rakoihin. Kylvöt tulisi suorittaa mahdollisimman varhain keväällä, jolloin itämisalustassa on riittävästi kosteutta. Tällöin siemen imee vettä ja varsinainen solujen jakautuminen voi alkaa heti kun lämpötila on riittävän korkea. Näin varmistetaan myös se, että taimet ehtivät kehittyä talvenkestäviksi, mikä edellyttää 500-600 d.d.-yksikköä kasvukauden aikana.

Sirkkataimien ensikehityksen kannalta on tärkeätä, että ne saavat riittävästi vettä ensimmäisen kasvukauden aikana. Myöhemmälle kehitykselle puolestaan on tärkeätä, että taimet eivät ole liian kosteissa olosuhteissa, jolloin etenkin paljailla maatuneilla turpeilla yleinen rousteen muodostus syksyin ja keväin vaurioittaa ja tappaa taimia. Paljailla maatuneilla turpeilla saattaa myös sadeveden aiheuttama turpeen takertuminen kaataa taimen. Monen taimen ryhmä on sekä rousteen että takertumavaurioiden kannalta yksittäistä tainta parempi.

Istuttamalla uudistetaan alueita, joilla luontaiseen uudistamiseen ei ole edellytyksiä, tai joilla on syytä olettaa pintakasvillisuuden kilpailun muodostuvan liian ankaraksi kylvötaimille.

Kuusen istutus turvemailla edellyttää valtaosassa Suomea verhopuustoa, joksi sopii parhaiten koivu, mutta myös mänty-koivusekapuusto voi tulla kysymykseen. Liian tiheänä uudistamisvaiheeseen saakka kasvatetuista puustoista on vaikeaa löytää riittävää määrää sopivia verhopuita, jolloin helposti ajaudutaan avohakkuuseen ja uudistamiseen männyllä varsin viljavillakin suotyypeillä. Tästä puolestaan seuraa yleensä vaikeuksia luontaisesti helposti uudistuvan ja alkuvaiheessa mäntyä nopeakasvuisemman hieskoivun kanssa. Lisäksi männyistä tulee sitä oksikkaampia, mitä rehevämmällä

kasvupaikalla ne kasvavat.

Sopivan verhopuuston aikaansaaminen uudistamisvaiheessa edellyttää määrätietoisia koivun ja männyn hyväksi tehtyjä hakkuita. Usein tällä tavoin voitaisiin luoda myös luontaisen uudistamisen edellytykset.

Samoin kuin kylvötaimienkin ollessa kysymyksessä rouste saattaa paljailla maatuneilla turpeilla vaurioittaa myös istutustaimia. Etenkin paakkutaimet, joissa ympärysmateriaalina on käytetty paperia ovat ongelmallisia ja saattavat nousta jopa kokonaan maan pinnalle, jolloin taimet kaatuvat. Erittäin paljon ilmenee taimien eriasteista kallistumista ja tästä aiheutuvaa tyvilenkoutta. Muista paakkumateriaaleista ei toistaiseksi ole kokemuksia.

Kirjallisuutta

Immonen-Joensuu, M. 1987. Luontaisen uudistamisen onnistuminen vanhoilla metsäojitusalueilla. Pysyviin tuotoskoealoihin perustuva selvitys. Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos. Tutkielma MMK-tutkintoa varten. 68 s.

Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.

42. Koivu ojitetuilla soilla

Ari Ferm

421. Esiintyminen ja ekologia

Hieskoivu on maassamme Ahvenanmaata ja Helsingin ympäristöä lukuunottamatta rauduskoivua yleisempi. Hieskoivuvaramme ovat kolme kertaa suurempia kuin rauduskoivun. Erityisen korostuneesti hieskoivun runsaus rauduskoivuun verrattuna tulee esille soilla, joilla kasvaa lähes yksinomaan hieskoivua. Yli puolet hieskoivuvaltaisista metsämaan puustoista taas on turvemaalla. Ojitusalueiden puuston kokonaistilavuudesta on koivua Etelä-Suomessa noin viidennes ja Pohjois-Suomessa lähes kolmannes.

Koivuvaltaisten ojitettujen turvemaiden suotyyppivaihtelu on varsin laaja, lehtokorvista pallosara- ja kangasrämeisiin. Alkuperäinen suotyypin määrittäminen näyttäisi kuitenkin heikohkosti palvelevan ojitettujen koivikoiden luokittelua. Sensijaan vallitsevan kasvillisuuden ja ravinteisuustunnusten käyttö näyttäisi luokittelun kannalta lupaavalta (ks. myös luku 1). Viimeisten tutkimusten mukaan hieskoivu valtaa ojituksen jälkeen pääpuulajin aseman odotettua yleisemmin ei vain lettomaisilla ja ruohoisilla suotyypeillä vaan myös saraisilla soilla ja Pohjois-Suomen korvissa. Toisaalta koivu ei ojitusalueilla kovin usein ole vallitseva puulaji, vaan tyypillinen sekapuu. Pohjois-Suomessa koivun osuus vallitsevana puulajina on vanhoilla ojitus-alueilla suurempi kuin nuoremmilla.

Suokoivikoissamme turpeen typpipitoisuus on melko harvoin alle 2,0 %, mikä taas esimerkiksi männylle on varsin korkea pitoisuus. Ohutturpeisilla soilla koivu voi kuitenkin kasvaa, vaikka kasvupaikan turve olisi niukkatyppisempi. Koivun esiintymiseen paremmanpuoleisilla turvemailla vai-

kuttaa suuresti koivu itse. Se parantaa maan happamuusoloja kahta tietä: lievittämällä sadeveden happamuutta ja nostamalla maan pH:ta lehtikarikkeilla. Hieskoivun karikkeet sisältävät huomattavasti runsaammin ravinteita kuin esimerkiksi männyn karikkeet. Hieskoivun karikkeesta syntyy humusta, jossa on typpeä 2-3 kertaa enemmän kuin männyn karikkeesta syntyneestä humuksesta. Samoin hieskoivikoissa on ravinteiden kierron todettu olevan nopeampaa, mikrobitoiminnan vilkkaampaa sekä ravinteiden mobilisaation ja turpeen maatumisen nopeampaa kuin havumetsässä. Koivun lehtikarikkeet tukahduttavat myös sammalten, lähinnä rahkasammalen kasvua. Täysin pätevää tieteellistä näyttöä ei kuitenkaan ole koivun pysyvästä maaperää muuuttavasta vaikutuksesta.

Runsaasti haihduttavalla koivupuustolla on ojituksen jälkeen merkitystä. Metsätaloudellisesti tärkeistä puulajeistamme hieskoivun on todettu sietävän parhaiten anaerobisia olosuhteita ja myös tulvia. Molemmat ovat ominaisuuksia, joilla on tärkeä merkitys soilla. Hieskoivun havupuita syvemmälle ulottuva juuristo sekä runsas mykoritsojen määrä ja niiden hyvä syvyysjakaantuminen ovat tekijöitä, jotka puoltavat koivun kasvattamista sekapuuna ojitetuilla turvemailla.

422. Kasvu ja tuotos

Koivun syntytapa vaikuttaa merkittävästi koivun alkukehitykseen ja -kasvuun. Vesat ovat ensimmäisinä kolmena-neljänä kasvukautena selvästi nopeakasvuisempia kuin siementaimet saavuttaen tällöin noin 1,0-1,5 metrin pituuseron siementaimiin nähden. Jo noin viiden vuoden iällä siementaimet saavuttavat vesat kasvunopeudessa.

Hieskoivun kasvu elpyy voimakkaasti pian ojituksen jälkeen. Ojituksen jälkeistä kasvua ja tuotosta on kuitenkin tutkittu riittämättömästi. Viljavuudeltaan keskinkertaisilla tai paremmilla ojitetuilla soilla hieskoivun kehitys ei näyttäisi

jäävän jälkeen vastaavien kasvupaikkojen männiköiden kehityksestä. Etelä-Suomen suokoivikoiden on todettu kasvavan yhtä hyvin kuin kangasmaakoivikoidenkin, mutta Pohjois-Suomessa suokoivikot näyttävät kasvavan kangaskoivikoita paremmin. On ilmeistä, että turvemaat ja muut kosteikot ovat hieskoivulle sopivampia kasvupaikkoja kuin kangasmaat. Rauduskoivua esiintyy varsin vähän soilla. Erityistapauksissa, kuten turvetuotannosta poistuneella suonpohjalla, on mitattu raudus-hiesmetsiköistä varsin korkeita tuotoksia.

Turvemaiden koivikoista on mitattu paitsi runkopuun tuotosta, myös biomassatuotoksia, sillä hieskoivu on nähty merkittävänä puulajina tuotettaessa puuta energian lähteeksi. Hieskoivutiheikköjen kuiva-ainetuotos on sangen suuri. Parhaiten kasvavat hieskoivikot eivät usein kuitenkaan sijaitse selkeillä metsäparannusaloilla, vaan kosteapohjaisilla kasvupaikoilla, joiden sijoittaminen kangas-turvemaa- akselille on ongelmallista (entiset pellot, kytöheitot, järvenpohjat, peltojen, kanavien ja ojien reunat jne.).

423. Koivun käsittely

Ravinteisuudeltaan kohtalaisilla ja sitä heikommilla turvemailla ei koivua yleensä ole havupuutaimikoissa haitallisessa määrin. Viljavilla kasvupaikoilla perkaus sitä vastoin on yleensä välttämätön. Koivuntaimien koko ja asema männyntaimiin nähden ovat perkauksen suorittamistapaa ajatellen tärkeämpiä tunnuksia kuin esimerkiksi lehtipuiden lukumäärä. On myös viitteitä, ettei koivusekoitus olisi Pohjois-Suomen turvemaiden taimikoissa männyn kehitykselle yhtä haitallinen kuin Etelä-Suomessa. Kangasmailla suositellaan 20-30 %:n (raudus)koivusekoitusta mänty- ja kuusimetsissä. Sopivista koivusekoituksista ei turvemaiden sekametsiköistä ole vastaavia tutkimuksia. Alustavien havaintojen mukaan turvemailla ei koivun osuuden tarvitsisi olla ainakaan alhaisempi ja kuten edellä viitattiin, Pohjois-Suomessa näyt-

täisi hyvinkin runsas koivusekoitus sopivan männyn kanssa.

Olemassa oleva koivikko on syytä kasvattaa vähintään käyttöpuun mittoihin. Taimikkovaiheen käsittelystä on toistaiseksi vähän tietoja. Eräät koivutaimikoiden tuotostutkimukset viittaavat siihen, että voimakkaisiin koivutaimikon harvennuksiin ei turvemailla tulisi ryhtyä. Turvemaan koivikot reagoivat ruikuvaiheessa ja nuorissa kasvatusmetsissä melko heikosti harvennuksiin. Nuoren hieskoivikon harventaminen alle 2000 kpl/ha tiheyteen johtaa selviin kasvutappioihin. Suositeltavin tiheys olisi mieluiten 2500 kpl/ha tai jopa hiukan yli. Vielä tällöin kaikki rungot voidaan kasvattaa kuitupuun mittoihin.

Varttunut hieskoivikko tulee harventaa 900 - 1000 kpl/ha tiheyteen ennen kuin luonnonpoistumaa alkaa esiintyä runsaammin. Tukkipuun kasvatuksessa hieskoivikkoa on harvennettava vielä kolmannenkin kerran. Koivua voidaan kasvattaa parhaimmilla soilla vaneripuuksikin. Hieskoivun laatu on huonompi kuin rauduskoivun ja ainakin ennen ojitusta syntyneiden koivikoiden tukin laatu ja vaneripuuominaisuudet ovat soilla heikompia kuin kivennäismailla. Vain hyvälaatuisia nuoria hiespuustoja on syytä harkita kasvattaa tukkipuuksi asti. Hiesvaneritukin yleisimmät vikaisuudet ovat mutkaisuus ja erityisesti pystyoksan aiheuttama mutkaisuus sekä siihen liittyvä lahoisuus.

Koivikoiden käsittelyyn on usein muitakin syitä kuin käyttöpuun tuottaminen. Eräänä tällaisena on alikasvosten vapauttaminen ja siten metsikön luontainen uudistaminen havupuulle. Suokoivikoiden alle syntyy havupuun taimia sangen runsaasti, ja tutkimusten mukaan - erikoista kyllä - aina Keski-Pohjanmaalle asti, mutteı juuri pohjoisempana. Alikasvoksia saattaa esiintyä hyvin tiheissäkin hieskoivikoissa. Rehevämmillä kasvupaikoilla on kysymys kuusen alikasvosten hyödyntämisestä. Suositukset pituusvaiheesta,

jossa kuusitaimikko tulisi vapauttaa koivupuuston alta, vaihtelevat kolmesta kuuteen metriin. Mäntyalikasvoksia esiintyy etenkin Pohjanmaan karuhkojen turvemaiden koivikoissa. Hyviä tuloksia on saatu myös mäntyalikasvosten vapauttamisesta hieskoivikon alta.

424. Koivu suometsien uudistamiseessa

Ojitetut turvemaat ovat luontaisesti herkkiä uudistumaan koivulle. Koivuntaimia voi syntyä satojatuhansia hehtaarille muutaman vuoden aikana. Kulotus, muokkaus ja lannoitus lisäävät koivun taimien määrää ja kasvua. Melko karuille soille saadaan tällöin runsaasti myös rauduskoivua. Kenttä- ja kasvihuonekokeet osoittavat, että typpi- ja erityisesti fosforilannoitus parantavat koivun taimimisedellytyksiä. Eräissä tapauksissa lannoituksen vaikutus taimimiseen on ollut suurempi rauduskoivulla kuin hieskoivulla.

Korpimetsien uudistamisessa suositeltujen kaistaleiden käyttö perustuu siihen, että kaistaleille saadaan luontainen koivutaimikko verhopuustoksi. Koivun viljelyä ei tässä, kuten ei juuri muutoinkaan ole kokeiltu metsäisten soiden uudistamisessa. Sensijaan avosoiden ja suopeltojen metsityksessä on tutkittu sekä hies- että rauduskoivua. Istutuskokeissa rauduskoivun menestyminen on ollut heikohkoa, hieskoivun parempaa. Rauduskoivu on kärsinyt Godronia multispora- tuhosienestä. Turpeennostosta vapautuneilla soilla hieskoivun lisäksi myös rauduskoivu menestyy hyvin, mikäli kuivatus on hyvä ja koivun juuristo yltää kivennäismaahan.

Hies- ja rauduskoivun kylvöä ojitetuilla turvemailla ei ole toistaiseksi tutkittu kuin yhdessä koesarjassa. Rauduskoivun kylvöt onnistuivat tasavertaisesti hieskoivun kanssa mustikka- ja ruohoturvekankaalla, mikäli sammalpinta rikottiin.

425. Koivikon lannoitus

Turvemailla lannoitus lisää koivuntaimien kasvua. Vaikutus on ollut voimakkain karuhkoilla kasvupaikoilla. Sensijaan nuorten turvemaakoivikoiden lannoituksista ei ainakaan vielä ole tutkimustietoja.

Yli 40-vuotiaissa puustoissa lannoitusreaktio on ollut heikko tai sitä ei ole ollut laisinkaan. Tähän on esitetty useita syitä. Lannoituksen on epäilty menevän rehevän pintakasvillisuuden hyväksi tai koivun on uskottu syväjuurisena saavan ravinteita riittävästi turpeen alla olevasta pohjamaasta. Lannoituksen heikko vaikutus on todettu kuitenkin niukasti pintakasvillisuutta sisältäviltä koealoilta ja ohut- sekä paksuturpeisilta aloilta. Selitys löytyneekin ravinteiden kiertotutkimuksista, sillä varttuneissa suokoivikoissa näyttäisi puiden sisäinen ravinnekierto tyydyttävän suuren osan eräiden ravinteiden kuten fosforin tarpeesta.

Kirjallisuutta

Ferm, A. 1983. Tuloksia koivun kasvatustiheyskokeesta sekä männyn ja koivun sekakasvatuskokeesta turvemaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 120: 13-17.

- & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Aboveground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558. 32 s.

- & Markola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract:

Nutritional variation of leaves, twigs and buds in Betula pubescens stands during the growing season. Folia Forestalia 613. 28 s.

-, Kauppi, A., Rinne, P., Tela, H-L. & Saarsalmi, A. 1985. Energiapuun tuottaminen luonnonvesakoissa. Teoksessa: Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. (toim. Hakkila P.). Folia Forestalia 624: 29-41.

Heikurainen, L. 1959. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden. Acta Forestalia Fennica 67(2). 32 s.

- 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuosina 1964-68 toimeenpannun suometsäkilpailun valossa. Summary: Development of seedling stands on drained peatlands. Silva Fennica 16(3): 287-318.

- 1985. Verhopuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (Betula pubescens) on the growth of spruce (Picea abies) seedling stand on draineds peatlands. Silva Fennica 19(1): 81-88.

Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 50(9). 28 s.

Kaunisto, S. 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetuilla soilla. Summary: Afforestation of open peatlands with Betula pubescens and B. verrucosa. Suo 24(1):4-7.

- 1981. Rauduskoivun (Betula pendula) ja hieskoivun (Betula pubescens) luontainen uusiutuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of Betula pendula and B.pubescens on a peat cut-away area. Suo 32(3): 53-60.

- 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of refertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. Folia Forestalia 621. 23 s.

- & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen

ojitetuilla turvemailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.

Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatus taloudellisena vaihtoehtona. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. Silva Fennica 11(1): 49-68.

Kurkela, T. 1973. Godronia multisporan aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsänlannoituskokeissa turvemaalla. Summary: A disease caused by Godronia multipora groves on a young Betula verrucosa Ehr. and B. pubescens Ehr. on fertilized peatlands. Suo 24(1): 8-15.

Lehtiniemi, T. & Sarasto, J. 1973. Kokemuksia rauduksen istutuksesta ojitetuille soille. Summary: Betula verrucosa (Ehrh.) plantations on drained peat. Silva Fennica 7(1): 24-44.

Lukkala, O. J. 1949. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(3). 150 s.

Mannerkoski, H. 1972. Havaintoja koivun esiintymisestä Haukivahonsuon lannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of birch on fertilized peat. Suo 23(5): 80-86.

Mikola, P. 1965. Koivun vaikutus metsämaan biologisiin ominaisuuksiin. Selostus tutkimuksesta 1962-65. Moniste. 17 s.

- 1973. Koivu suopuuna. Suo 24(1). 3 s.

Moilanen, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (Betula pubescens) on the drained mires with thin peatlayer. Folia Forestalia 629: 29 s.

- & Issakainen, J. 1981. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus kuusen ja koivun uudistumiseen eräillä Kainuun vaara-alueen paksuturpeisilla soilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the regeneration of birch and Spruce on thick peat soils in Kainuu. Folia Forestalia 481. 16 s.

Niemistö, P. 1988. Pohjanmaan hieskoivikot ja niiden käsittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 295: 13-26.

Oikarinen, M. & Pyykkönen, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen. Abstract: The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (Betula pubescent) on drained Myrtillus swamp in Ostrobothnia. Folia Forestalia 486. 15 s.

Paarlahti, K. & Paavilainen, E. 1985. Turvemaiden varttuneiden kuusikoiden ja koivikoiden lannoitus. Ennakkotuloksia. Summary: The fertilization of mature spruce and birch stands on peat soils. Preliminary results. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 4-18.

Paavilainen, E. 1970. Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumisen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 72(1). 37 s.

- 1984. Litter fall in birch and Scots pine stands after refertilization on nitrogen-rich peat soil. Proc. 7th Int. Peat Cong., Dublin, Ireland, June 18-23, 1984. Vol. 3: 462-475.

Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (Betula pubescens Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(2). 59 s.

- 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 3. 37 s.

Sarasto, J. 1963. Tutkimuksia koivun kylvöstä ojitetuilla soilla. Summary: Sowing of birch on drained swamps. Suo

14(4): 47-56.

- 1964. Koivun kylvöjen talvehtimisesta ojitetuilla soilla. Summary: The wintering of birch seedings in drained swamps. Suo 15(3): 51-53.

Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimikot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of under-storey seedlings in drained Betula pubescens stands in Ostrobothnia. Suo 29(1): 11-16.

Verkasalo, E. 1988. Hieskoivu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286: 96-109.

Yli-Vakkuri, P. 1958. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden kulotuksesta. Referat: Untersuchungen über das Absengen als Waldbauliche Massnahme auf entwässerten Torfböden. Acta Forstalia Fennica 67(4). 33 s.

Österlund, P. 1979. Vedenkorkeusvaihtelun vaikutus rantametsien puustoon. Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio. 112 s.

43. Lyhytkiertoviljely

Jyrki Hytönen

Pienikokoisen lehtipuuston massatuotantoa alettiin maassamme tutkia 1970-luvun alussa SITRA:n asettamassa lyhytkiertopuun kasvatus- ja käyttöprojektissa. Lyhytkiertoviljelyn tutkimusta jatkettiin Metsäntutkimuslaitoksen PERA-projektissa (Puu energiaraaka-aineena). Molemmissa tutkimushankkeissa tavoitteena oli tutkia voimaperäistä biomassan tuotantomenetelmää, joka perustuu lyhyihin kiertoaikoihin, vesoviin puulajeihin ja suuriin kasvatustiheyksiin. Kasvatuksen tavoitteeksi asetettiin aluksi teollisuuden puuraaka-aine ja energiakriisin jälkeen energiapuun tuottaminen. Seuraavassa esitetään lähinnä pajunviljelystä saatuja kokemuksia ja tuloksia.

Turvemailla lyhytkiertoviljelykokeet ovat keskittyneet tarkoitukseen parhaiten soveltuviksi arvelluille kasvupaikoille, suonpohjille ja suopelloille. Suonpohjille tyypillisiä kasvupaikkaominaisuuksia on esitetty toisaalla. Niiden etuja lyhytkiertoviljelyn kannalta ovat erityisesti turpeen korkea typpipitoisuus sekä mm. tasaisuudesta ja kivettömyydestä johtuva viljelyn helppous ja alkuvaiheessa rikkaruohottomuus. Etuna voidaan pitää myös vesitalouden säätelymahdollisuutta, sillä pajujen vedentarve on suuri. Ne käyttävät yhden kuiva-ainekilon tuottamiseen 300-350 litraa vettä.

Ns. energiapajujen (esim. vesipaju, vannepaju, koripaju) kiertoaika on hyvin lyhyt. Biomassatuotoksen kannalta niitäkin on parempi kasvattaa 3-6 vuotta kuin vähemmän. Kiertoajan pituus vaikuttaa myös puuteknisiin ominaisuuksiin: kuiva-tuoretiheys kasvaa voimakkaasti pajujen iän kasvaessa yhdestä viiteen vuoteen, samoin kuoren osuus pienenee ja kosteuspitoisuus alenee. Myös korjuukustannukset laskevat

ja istutustiheydetkin voivat olla alhaisempia. Viljellyt ulkomaiset pajulajit olisi korjattava kasvukauden päätyttyä tai ennen sen alkamista, sillä kesäaikana tehty kaato lisää kuolleisuutta ja heikentää voimakkaasti seuraavan vuoden tuotosta. Myös kantojen murskaus, jonka tarkoituksena oli jäljitellä korjuukoneen aiheuttamia vaurioita, vaikutti negatiivisesti. Viljelmien eliniäksi on arveltu 20-30 vuotta vaikka kokeellista näyttöä ei ole siitä, kuinka monta kertaa viljelmiä voidaan vesottaa.

Nopeakasvuiset pajulajit, toisin kuin koivut tai lepät vaativat melko korkeaa (5,0-6,0) kasvualustan pH:ta. Kasvihuonekokeessa pajut eivät kasvaneet lannoitettunakaan turpeessa, jonka pH oli 3,5. Sen sijaan turpeissa, joiden pH oli yli 4,5, kalkituksen vaikutus oli vähäinen. Kalkitullakaan suonpohjalla pajut eivät ilman lannoitusta kasva tyydyttävästi.

Pajut käyttävät tuotettua kuivamassatonnia kohti huomattavasti enemmän typpeä, fosforia ja kaliumia kuin mänty tai koivu. Kaksivuotiaaseen hyväkasvuiseen vesipajukasvustoon on laskettu sitoutuneen ravinteita enemmän kuin esimerkiksi 40-vuotiaaseen koivikkoon tai varttuneeseen rämemännikköön. Pajujen lehtien, mutta erityisesti kuoren ja puuaineen ravinnepitoisuudet ovat korkeita esim. mäntyyn verrattuna. Vähän fosforia ja kaliumia sisältävillä soilla pajunkasvatuksessa välttämätöntä PK-lannoitusta voidaan korvata puuntuhkan käytöllä, joka korvaa myös kalkituksen. Paksuhkon turvekerroksen jättäminen saattaisi turvetuotannossa olla eduksi pajujen suuren typentarpeen vuoksi, koska voidaan olettaa, että korkeaan biomassatuotokseen pääsemiseksi joka tapauksessa tarvitaan PK-lannoitusta. Huolimatta suonpohjien runsaista typpivaroista typpilannoitus PK-lannoituksen ohella on osoittautunut tarpeelliseksi. Kaikkein runsastyppisimmillä soilla fosfori- ja kaliumlannoituksen merkitys kuitenkin korostuu. Kalkitus tai tuhkalannoitus lisäävät

turpeen mikrobiaktiivisuutta ja siten edistävät typen mineralisaatiota, mikä voisi ainakin pidemmällä tähtäyksellä vähentää typpilannoitustarvetta.

Koska lyhytkiertoviljelmien kiertoajaksi näyttäisi, ainakin pajuja käytettäessä, muodostuvan useampi vuosi, lannoitus olisi helpointa uusia aina biomassan korjuun jälkeen. Kuitenkin vuosittain toistetulla NPK-lannoituksella on saatu huomattavasti parempia tuloksia kuin joka toinen tai kolmas vuosi mutta suuremmilla ravinnemäärillä tehdyllä lannoituksella. Hidasliukoisista fosforilannoitteista (raakafosfaatti, apatiitti) saadut tulokset lyhytkiertoviljelyssä ovat huonoja. Näiden lannoitteiden liukoisuus, jota kalkitus edelleen laskee, on pieni verrattuna pajujen suureen ravinnetarpeeseen. Kasvureaktiot ovatkin jääneet vähäisiksi verrattuna nopealiukoiseen superfosfaattiin.

Lyhytkiertoviljelykokeiden tuotostulokset eivät ole suoraan yleistämiskelpoisia. Mm. erilaisten tuotannon riskitekijöiden (esim. hallat, talvenkestävyys, bioottiset tuhot) merkitystä ei vielä tarkoin tunneta. Toisaalta kokeissa eivät ainakaan ole olleet mukana tuottoisimmiksi tunnetut lajikkeet. Keski- ja Pohjois-Suomessa suonpohjilla NPK-lannoitettujen pajujen kuiva-ainetuotokset (ilman lehtiä) ovat olleet yleensä parhaimmillaan n. 5-8 t/ha/v. Kasvutulosten oleelliseksi parantamiseksi olisi muutettava paitsi kasvualustan ominaisuuksia myös itse viljeltävää kasvia. Tärkeää on talvenkestävien ja samalla tuottoisien lajikkeiden kehittäminen.

Kirjallisuutta

Hakkila, P. (toim.) 1985. Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. Summary: The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA-project. Folia Forestalia 624. 86 s.

Hytönen, J. 1985. Kaatoajankohdan, kaatotavan ja kannonkorkeuden vaikutus viljeltyjen ja luonnonpajujen sekä hieskoivun vesomiseen. Abstract: Effect of cutting season, felling method and stump height on the sprouting ability of energy willows and some other hardwoods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 40-57.

- 1985. Suitability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands. In: Egneus, A. & Ellegård, A. Bioenergy 84, vol 2: 114-118. Elsevier Applied Sci. Publishers.

- 1986. Fosforilannoitelajin vaikutus vesipajun biomassatuotokseen ja ravinteiden käyttöön turpeennostosta vapautuneella suolla. Summary: Effect of some phosphorus fertilizers on the biomass production of Salix 'Aquatica' in a peat cut-away area. Folia Forestalia 653. 21 s.

- 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of Salix viminalis on two peat cut-away areas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 245. 31 s.

- & Ferm, A. 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of Salix 'Aquatica' sprouts. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 163. 20 s.

-, Lumme, I. & Törmälä, T. 1987. Comparison of methods for estimating willow biomass. Biomass 14.9 p.

Kaunisto, S. 1983. Koripajun (Salix viminalis) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. Summary: Biomass production of Salix viminalis and its nutrient and water consumption in

differently fertilized peats in greenhouse. Folia Forestalia 551. 34 s.

Lehtonen, E-M & Tikkanen, E. 1986. Turvetuhkan vaikutus maahan sekä vesipajun (Salix cv. aquatica) ravinnetalouteen ja kasvuun turpeennostosta vapautuneella suolla. Summary: Effect of peat ash on soil properties and growth of willow (Salix cv. aquatica) at an abandoned peat production area. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. C 69. 100 s.

Lumme, I. & Kiukaanniemi, E. 1987. Nopeakasvuisten pajujen (Salix spp.) lyhytkiertoviljelystä ja rauduskoivun (Betula pendula) viljelystä turvetuotannosta poistuneella suolla, Limingan Hirvinevalla. Summary: Short-rotation cultivation of fast-growing willows and plantations of Betula pendula Roth on Hirvineva, a mire formerly used for peat production, in Liminka, Finland. Oulun Yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. C 77. 48 s.

44. Turvetuotantoalueiden suonpohjien käyttö metsätaloudessa

Markku Saarinen

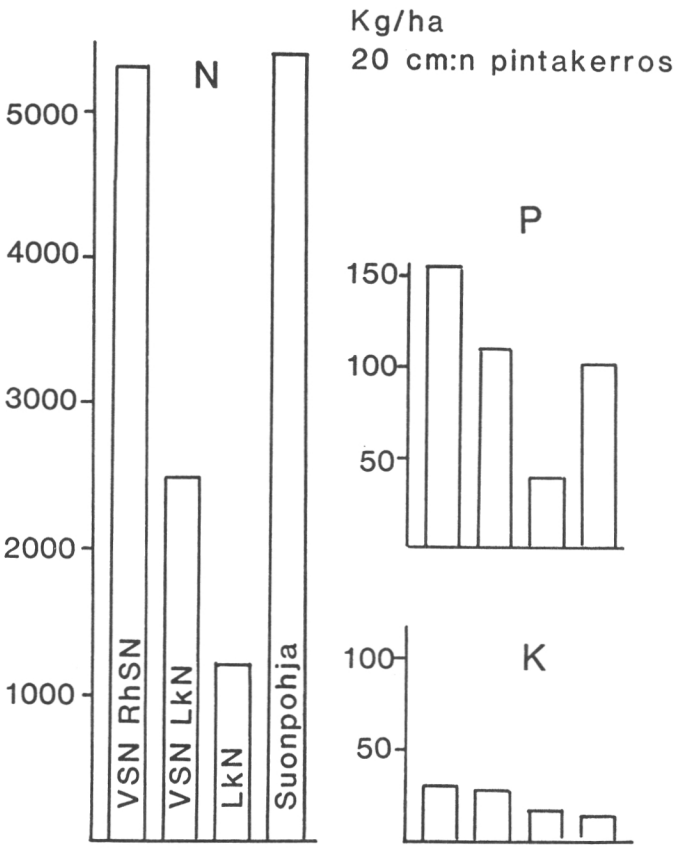
Turpeen korjuun jälkeensä jättämiä suonpohjia on ollut maassamme 50-luvulta alkaen. Tuolta ajalta on myös vanhin metsityskoe, joka perustettiin Kihniön Aitonevalle 1953. Systemaattinen koetoiminta tällä alalla on kuitenkin aloitettu vasta kymmenen vuotta sitten. Koska vapautuneet suonpohjat ovat edelleenkin varsin harvalukuisia ja pienialaisia, on suurin osa kokeista vanhalla Aitonevan tuotantoalueella.

Turpeen korjuu tuotantoon otetuilla soilla kestää keskimäärin 15 vuotta. Koska laajamittainen turveteollisuus Suomessa alkoi vasta 70-luvulla, tulevat suonpohjien jälkikäyttöön liittyvät ongelmat käytännössä merkittäviksi ensi vuosikymmeneltä alkaen. Tuolloin vapautunee suonpohjia n. 3000 ha vuosittain. Mainittujen syiden vuoksi tutkimustoimintaa ollaan edelleen laajentamassa.

441. Suonpohjille tyypillisiä kasvupaikkaominaisuuksia

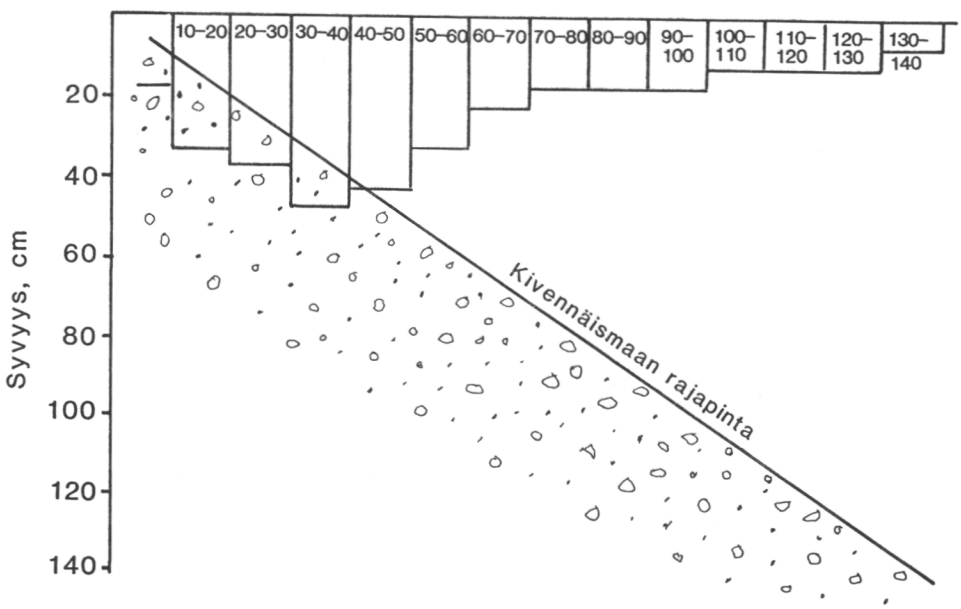
Suonpohjien kasvupaikkaominaisuuksiin liittyy muutamia erityispiirteitä, joiden vuoksi ne eroavat luonnontilaisista ja metsäojitetuista soista. Turvemaiden kasvupaikoilla yleinen ravinteiden epätasapaino on suonpohjillekin tyypillinen, mutta esiintyy usein poikkeuksellisen kärjistyneessä muodossa (kuva 1). Soiden turveprofiilissa typpipitoisuus tunnetusti lisääntyy kohti pohjakerroksia. Näiden fosfori- ja kaliumpitoisuudet ovat puolestaan huomattavasti pintakerrosten pitoisuuksia pienemmät. Turvetuotannon jäljiltä siis paljastuu kasvualusta, jossa fosforin ja varsinkin kaliumin suhde typpipitoisuuteen saattaa olla epäedullisempi kuin ongelmallisilla luonnontilaisilla avosoilla. Ravinnesuhteiden epätasapainosta johtuen taimien kehitys riippuu metsitetyllä

suonpohjalla täysin fosfori- ja kaliumlannoitteista tai ojista nostetusta kivennäismaasta.



Kuva 1. Typen, fosforin ja kaliumin kokonaismäärät luonnontilaisilla avosoilla (Kaunisto 1988) ja turvetuotantoalueen suonpohjalla (kg/ha 20 cm:n pintakerroksessa).

Kivennäismaan läheisyys yhdistettynä turpeen pieniin fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin tekee suonpohjien ravinnetalouden varsin monimuotoiseksi. Näin erityisesti silloin, kun turvepaksuus vaihtelee runsaasti kivennäispohjan kivisyyden tai sen muutoin epätasaisen topografian vuoksi. Ohutturpeisuuden vaikutus juuriston kehitykseen ja edelleen kivennäisravinteiden saantiin ilmenee kuvasta 2.



Kuva 2. Koivikon juurten syvyysulottuvuus turvepaksuuden vaihdellessa.

Rauduskoivuvaltaisen ja n. 30 vuoden ikäisen koivikon juuriston suurin syyvysulottuvuus on n. 45 cm. Juuristo kykenee näin ollen hyödyntämään kivennäispohjan ravinnevaroja ehkä 30-40 cm:n turvepaksuudesta alkaen. Nuorien taimikoiden juuristo on kuitenkin huomattavasti pinnallisempi. Tästä johtuen edellä kuvailtu kivennäisravinneongelma tulee taimikossa esiin hyvinkin ohuilla turvekerroksilla.

Suonpohjien ravinnetalouden monimuotoisuutta lisää vielä kivennäismaan lajitekoostumuksen vaihtelu. Suo on aina syntynyt tiivisrakenteiselle ja vettä huonosti läpäisevälle maapohjalle. Näin ollen turpeen alta on löydettävissä savi- ja hiesupitoisia maalajeja. Tiiviit maalajit voivat olla välittömästi turvekerroksen alla, mutta usein väliin on kerrostunut karkeita ja vettä läpäiseviä lajitteita, kuten karkeaa hietaa, hiekkaa tai jopa soraa. Lajitekoostumuksen vaikutus kivennäismaan kasveille käyttökelpoisen kaliumin ja fosforin pitoisuuteen on varsin suuri. Se näkyy ennen kaikkea ravinnesuhteiden voimakkaana vaihteluna. Saven osuuden kasvaessa maalajin kaliumpitoisuudet lisääntyvät ja fosforipitoisuudet vähenevät. Karkeammista maalajitteista esim. hieno hiekka sisältää fosforia ja kaliumia suhteessa n. 1:30 (P:K). Savessa vastaava suhde saattaa olla 1:250.

Mikäli välittömästi turpeen alla on vettä hyvin läpäisevä maakerros, on sillä huomattava merkitys suonpohjan vesitalouteen. Syvälle kaivettu laskuoja saattaa vaikuttaa hyvin laajalle alueelle, jolloin sarkaojituksen syvyyden ja sarkaleveyden merkitys pohjavesitason säätelyssä on varsin vähäinen. Tällöin pintavesien tehokas johtaminen turvekentältä tulee tärkeimmäksi sarkaleveyteen leveyteen vaikuttavaksi tekijäksi. Koska suonpohjien turve on hyvin maatunutta ja huonosti vettä läpäisevää, syntyy turvekentän painanteisiin helposti laajojakin pintavesilammikoita.

Suonpohjien kasvupaikkaominaisuuksista mainittakoon vielä

sienirihmastojen puuttuminen vuosituhansia vanhasta pohjaturpeesta. Vanhimmat metsityskokeet ovat kuitenkin osoittaneet puiden juuristolle välttämättömien mykoritsojen muodostuvan viimeistään kahden kasvukauden kuluessa metsityksestä. Kokeissa seurattujen männyntaimien kasvuerot olivat sienirihmastojen ymppäyskäsittelyistä riippumatta tasoittuneet kolmannesta kasvukaudesta alkaen. Näin ollen mykoritsoja muodostavien rihmastojen keinotekoinen lisääminen metsityksen yhteydessä on katsottu tarpeettomaksi.

442. Käytännön toimenpidenäkemyksiä

Rauduskoivu on suonpohjien metsitykseen hyvin sopiva puulaji. Mikäli turvekentälle levitetään esim. käytännön lannoitussuosituksen mukainen määrä fosforia ja kaliumia, voi hyvän siemenvuoden jälkeen olla seurauksena erittäin tiheitä koivutaimikoita. Jos rauduskoivun osuus siemensadosta on riittävän suuri, se muodostaa nopeasti koivikon valtapuuston. Sen tuotoksen on todettu vastaavan vähintään kivennäismaiden mustikkatyypin koivikoiden tuotosta. Edellytyksenä on tehokas kuivatus ja ohutturpeisuus. Luontaisen uudistumisen mahdollisuudet ovat siis erinomaiset, mikäli turvekentän laidoilla ja tuotantolohkojen välimaastossa on riittävästi siemenpuustoa. Tähän tilanteeseen olisi järkevää pyrkiä jo turvetuotannon aloittamisesta lähtien säästämällä ja hoitamalla hyvälaatuisia koivikoita sopivin välein.

Koivun kylvö hajakylvönä on myös helppo toteuttaa ja tulos lannoitetulla turvepinnalla on hyvä, mikäli itämisaikana on riittävästi kosteutta. Liiallinen kuivuminen saattaa johtaa huonoon tulokseen kylvettäessä turpeelle levitettyyn kivennäismaahan. Lannoitus tässä yhteydessä voi entisestäänkin haitata itämistä.

Mänty on myös menestynyt hyvin suonpohjalla, kun kivennäisravinteiden saanti on turvattu. Aitonevan vanhimmalla kokeella (1953) on tuhkalannoitetulla koeruudulla kasvu valtapituuden perusteella verrattavissa männiköiden kasvuun lehtomaisilla kankailla. Männyn kasvattamisen ongelmana on kuitenkin huono laatu typpirikkaalla kasvualustalla. Normaalein istutustiheyksin perustetuista männiköistä on odotettavissa pääasiassa kuitupuuta.

Suositeltavin metsitystapa männynkin viljelyssä on kylvö. Koska kylvötyö turvekentällä on varsin nopeaa ja edullista, on syytä pyrkiä suuriin viljelytiheyksiin. Merkittävä vaikutus männyn laatuun saavutetaan kuitenkin vasta n. 6000-10000 taimen viljelytiheyksillä. Tarvittaessa voidaan kylvämällä päästä mainittuun tiheyteen kustannuksilla, jotka vastaavat normaalilla viljelytiheydellä toteutettua istutusta.

Turvekerroksen paksuuden runsas vaihtelu vaikeuttaa käytännön toimenpidesuunnittelua. Jos turvetta on alle 30-40 cm, voidaan olettaa, että puusto pystyy kasvattamaan osan juuristaan kivennäismaahan 20-30 vuoden aikana. Tämä edellyttää PK-lannoituksia kasvun alkuun saattamiseksi. Puuntuhkaa voi myös käyttää, mistä on esimerkkinä em. Aitonevan vanhin koe. Tuhkan käytössä on syytä varmistua sen fosfori- ja kaliumpitoisuuksista riittävän ravinnetason saavuttamiseksi. Turvekentän paksuturpeisissa osissa on puuston kasvu pelkästään lannoituksen varassa. Näissä tapauksissa ravinnetalouden seuranta on puuston myöhemmässä kehitysvaiheissa tärkeää.

Lannoitusten vaihtoehtona voidaan ainakin taimikkovaiheessa pitää turpeen pinnalle ojista nostettavia kivennäismaita. Tämä todennäköisesti edellyttää alle puolen metrin turvesyvyyttä sekä enintään 15 m:n sarkaleveyttä. Mikäli metsitettävä turvekenttä on joka tapauksessa ojitettava laskuojineen

40 m:n sarkoihin, ei pienemmästä sarkaleveydestä aiheutuva lisäkustannus kohoa kovin paljon lannoituskustannusten (PK 500 kg/ha) yläpuolelle. Traktorikaivurin tuntituotos ojamaiden levityksineen on 60-65 m, jolloin lisäkustannus on n. 750-800 mk/ha. Vaikka menettely taimien havaittujen kasvureaktioiden perusteella olisikin lannoituksille vaihtoehtoinen, ei toistaiseksi kuitenkaan tiedetä todellisia ojamaiden muodossa levitettäviä ravinnemääriä. Koska ojamaiden ravinteiden riittävyyttä ja vapautumisnopeutta ei tunneta, on myös vaikea arvioida esitetyn vaihtoehdon taloudellisuutta pitkällä tähtäyksellä.

Kirjallisuutta

Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivu- metsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above- ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558. 32 s.

Kaunisto, S. 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod drying fields and peat cut-over areas. Folia Forestalia 404. 14 s.

- 1980a. Sopivatko turvetuotantoalueiden suonpohjat puuntuotantoon. Metsä ja Puu 1980(10):8-9.

- 1980b. Turvetuotantoalueiden suonpohjan käyttömahdollisuuksista puubiomassan tuottamiseen. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 9(5):1-11.

- 1981. Rauduskoivun (Betula pendula) ja hieskoivun (Betula pubescens) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural

regeneration of Betula pendula and B. pubescens on a peat cut-away area. Suo 32(3):53-60.

- 1985a (toim.). Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. Summary: Afforestation experiments at Aitoneva, Kihniö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 177. 53 s.

- 1985b. Suonpohjien metsätaloudellinen käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 184:4-8.

- 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun isutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and Silver birch plantations on peat cut-over areas. Folia Forestalia 681. 23 s.

Mikola, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. Silva Fennica 9(2): 101-115.

- & Mikola, I. 1958. Suon metsittäminen polttoturpeen noston jälkeen. Summary: Reforestation of bogs after peat harvesting. Suo 9(3): 44-47.

Urvas, L., Erviö, R. & Hyvärinen, S. 1978. Soil nutrient status as related to soil textural classification. Annales Agriculturae Fenniae 17:75-82.

Viinamäki, T. 1987. Lepän, lannoituksen ja turvesyvyyden vaikutus männyn taimien kehitykseen suonpohjan turpeella. Tutkielma MMK-tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos. 61 s.

5. SUOMETSIEN TILA

51. Suoekosysteemien seurantajärjestelmä

Hannu Nousiainen

511. Yleistä

Valtakunnan metsien inventointi (VMI) on jo pian 70 vuoden ajan toiminut laajassa mielessä metsäekosysteemien seurantajärjestelmänä tuottaessaan tietoa metsätalouden suunnittelun tarpeisiin metsävarojen määrästä, rakenteesta ja alueellisesta jakautumisesta sekä maaluokkatunnuksista ja niissä tapahtuneista muutoksista. Ympäristöministeriön komiteanmietinnössä "Ympäristötutkimus ja -seuranta", vuodelta 1986, todetaan VMI:n ja sen yhteyteen perustettujen pysyvien koealojen muodostavan erään tärkeimmistä maaympäristön seurannan kehittämiskohteista, jossa biologisten muuttujien seurantaa olisi edelleen laajennettava ja kehitettävä.

Ympäristön tilan seurannalla tarkoitetaan fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten muuttujien jatkuvaa tai säännöllisesti toistuvaa tutkimista, jonka tavoitteena on mm:

(1) Valvoa luonnon säilymistä tuotantokykyisenä ja monimuotoisena, sekä elinympäristön terveellisyyttä.

(2) Selvittää ympäristön tilassa etenkin pitkällä aikavälillä ja laajoilla alueilla tapahtuvia muutoksia, jolloin päähuomio kiinnitetään ihmisen aiheuttamiin haitallisiin muutoksiin, niiden suuntaan, nopeuteen ja laajuuteen.

(3) Arvioida seurannan tulosten perusteella ympäristön tilan kehitystä ja esittää toimenpiteitä ympäristöongelmien vähentämiseksi.

(4) Tuottaa tausta- ja vertailuarvoja alueellisessa seurannassa tehtäviä selvityksiä varten.

(5) Selvittää epäpuhtauksien kulkeutumista ilmassa, vedessä ja maalla, niiden määriä, kiertoa ja muuntumista.

Ekosysteemillä tarkoitetaan rajatussa tilassa olevaa yksikköä, jossa kaikki sen organismit ovat vuorovaikutussuhteessa fysikaalisen ympäristönsä kanssa niin, että energian kulku johtaa selviin trofiarakenteisiin (tuottajat, kuluttajat, hajottajat), bioottiseen monimuotoisuuteen ja aineen kiertoihin.

Luonnontilaisissa ekosysteemeissä aineen kiertojen (ravinteiden varastoituminen ja vapautuminen, orgaanisen aineen tuotanto ja hajoaminen) ja energiavirtojen vuorovaikutus toimii itseäänkorjaavassa tasapainotilassa, jossa tuotannon taso määräytyy minimitekijänsä saatavuuden mukaan eikä ulkopuolista säätelyä tarvita. Toiminnallisesti uusien, ihmisen muuttamien ekosysteemien, kuten ojitetun suon, itsesäätelyjärjestelmät vaativat pitkään kestävän sopeutumisvaiheen ja säilyäkseen systeemin ulkopuolista säätelyä.

Suontutkimusosastolla toteutettavan, VMI-järjestelmään kytketyn ekstensiivisen ekosysteemien seurannan tavoitteena on tuottaa tarkennettua tietoa turvemaittemme tuotannollisesta tilasta ja niiden luonteesta eliöyhteisöinä nyt, kun maamme n. 10 milj. suohehtaarista jo 5,7 milj. ha on ojitussukkession eri vaiheissa. Lähtökohtana on suokasviyhdyskuntien rakenteen ja lajiston kuvaus. Objektiivisilla tilastomatemaattisilla luokittelumenetelmillä eroteltuja kasvillisuusluokkia testataan ja tulkitaan suhteessa ympäristömuuttujiin, kuten ojitusikään, eriasteisiin metsänparannustoimenpiteisiin ja taksatoriseen tietoon.

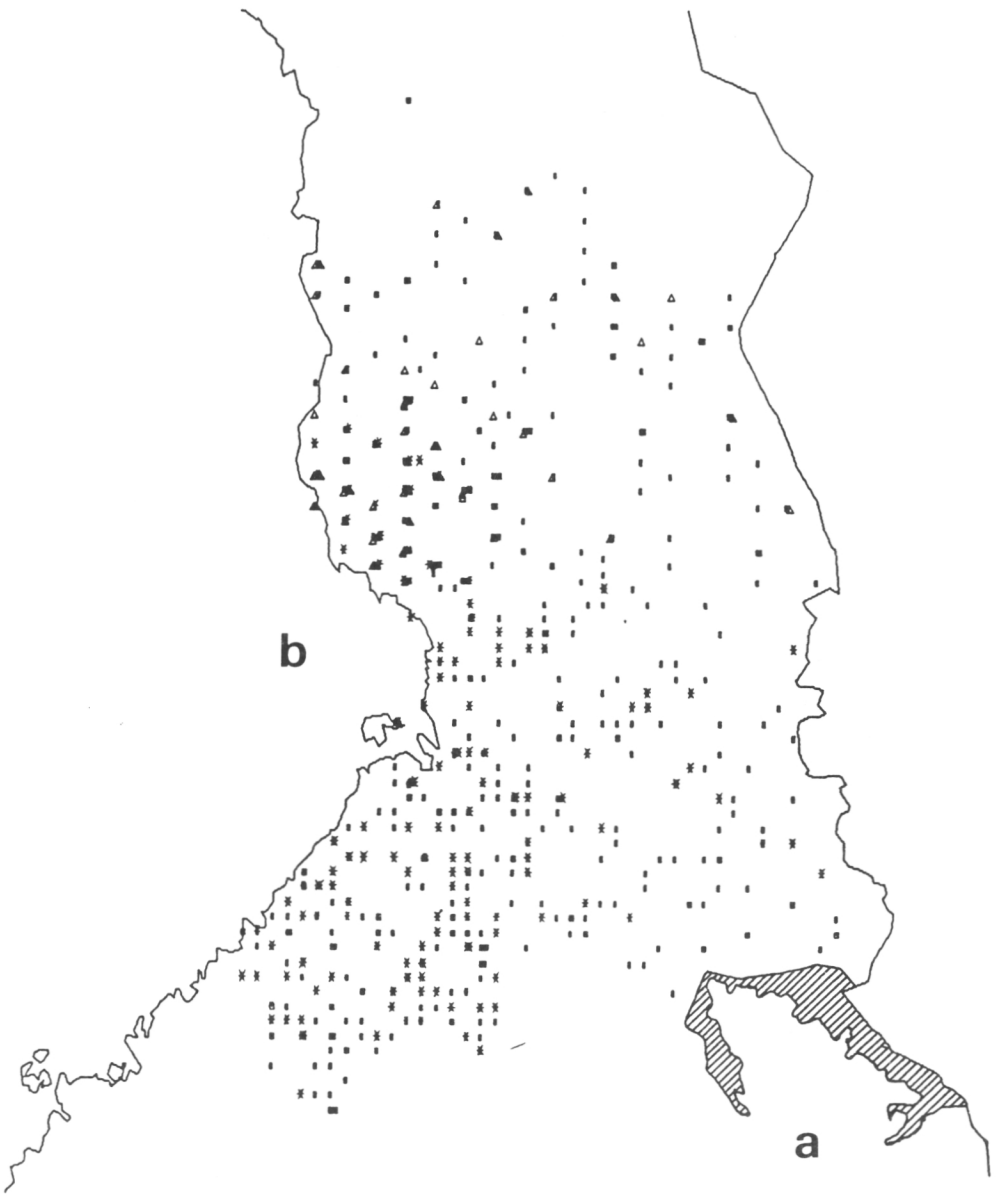
Osastolla toteutettava seuranta käsittää kolme VMI-järjes-

telmän yhteyteen rakennettua ja keskenään koordinoitua hanketta. Ne ovat tiedonkeruun ja -hallinnan suhteen samankaltaisia ja toisiaan palvelevia.

512. Metsä- ja suoekosysteemien seurantajärjestelmän kehittäminen - pysyvät koealat Pohjois-Karjalassa

Kullervo Kuuselan Suomalaisessa Tiedeakatemiassa esittämän ehdotuksen pohjalta ryhdyttiin METLA:ssa Tiedeakatemian nimeämän asiantuntijaryhmän tuella suunnittelemaan vuonna 1980 hanketta ekosysteemiseurannan kytkemiseksi VMI:iin (ensimmäisen kerran tätä oli kokeiltu 3. VMI:n yhteydessä 1951-53). Antti Reinikaisen kokoaman ekosysteemien analyysin ja kuvaamisen yleisen mallin pohjalle rakennetun tutkimussuunnitelman mukaiset kenttätyöt suoritettiin vuosina 1981-83 Pohjois-Karjalassa Metsähallinnon mailla nk. Nurmes-suunnitelman alueella. Menetelmätutkimuksessa testattiin niitä arvioitaviksi ja mitattaviksi valittuja tunnuksia, jotka: (a) antavat mahdollisimman monipuolista informaatiota ekosysteemin tilasta, ts. ovat hyviä indikaattoreita, (b) ovat menetelmällisesti riittävän yksinkertaisia, nopeita ja huokeita toteuttaa, (c) ovat sellaisenaan toistettavissa, eli sopivat inventoinnin tyyppiseen nopeatempoiseen rutiiniseurantaan.

Pysyviksi perustetuilla koealoilla (tutkimusalue kuvassa 1 a), jotka sijaitsevat 7. VMI:n tihennetyn otannan lohkoilla (lohkoväli 4 km) suoritettiin päälinjoiltaan samanlainen työohjelma kuin seuraavassa kappaleessa tarkemmin kuvatuilla 8. VMI:n pysyvillä koealoilla. Eroina myöhempään oli Nurmes-alueella mm. (a) koealojen koko ja muoto (1 a:n neliö), (b) humuksen ja pintaturpeen biologisen aktiivisuuden määritys ns. selluloosan hajotustestillä, (c) metsänparannustoimenpiteiden laadun ja asteen kuvaus sekä (d) koealojen paikantamisen aikatutkimus.



Kuva 1. a) Pohjois-Karjalan pysyvien koealojen tutkimusalue. Turvemaan täyskoealoista luonnontilaisia 43, ojitettuja 99.

b) SINKA-tutkimuksen koealaverkko, ▮ = mäntyvaltaiset (n=426), Δ = kuusivaltaiset (n=59), * = hieskoivuvaltaiset (n=163).

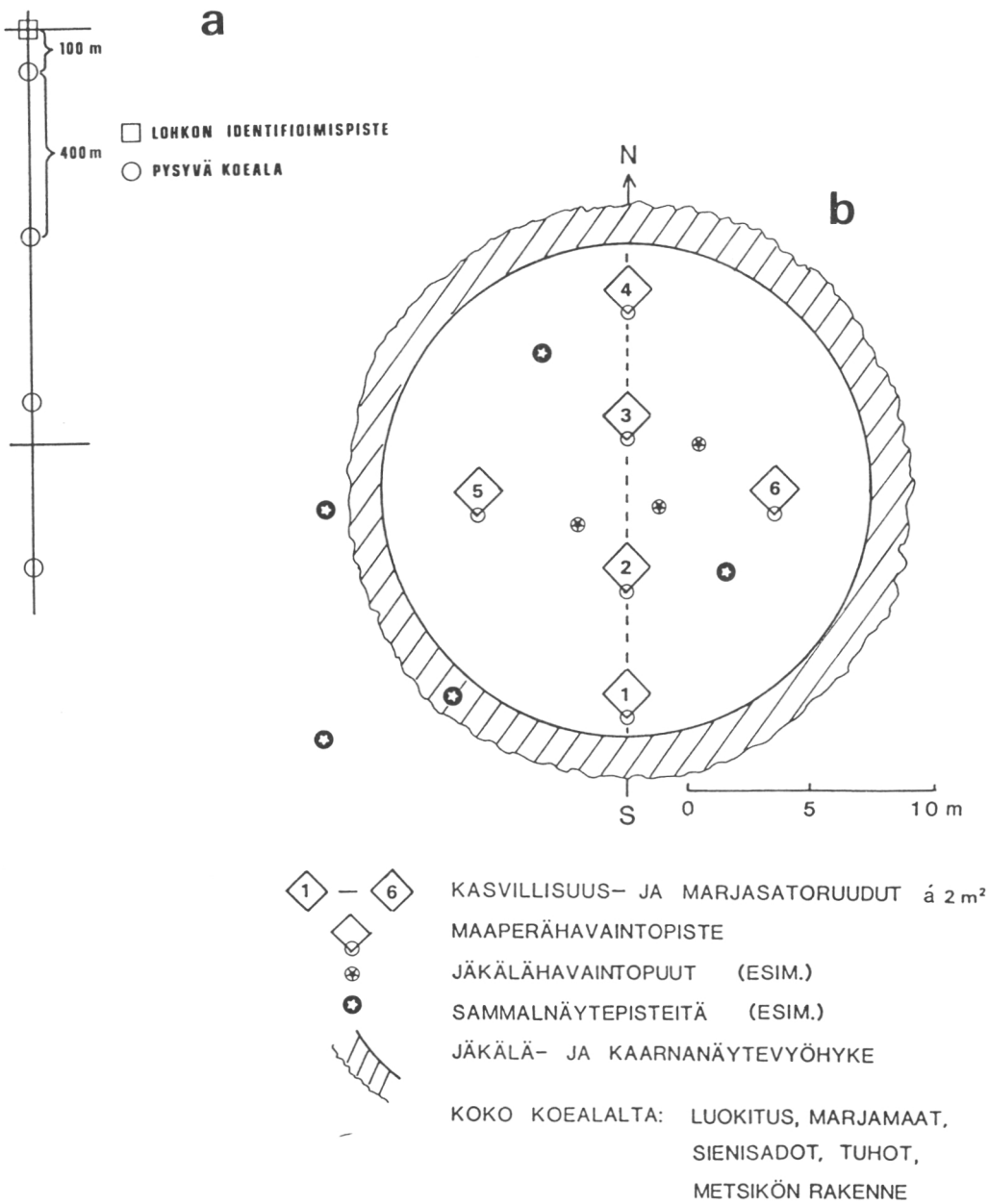
338:sta perustetusta koealasta 142 osui turvemaalle, joista 43 oli inventointihetkellä luonnontilaisia. Tihennetty koealaverkko täydentää seurantajärjestelmän kokonaisuutta. Metsä- ja suotyyppien ilmastollisten vyöhykkeiden vaihettumisalueelta kerätyllä kasvillisuusaineistolla on oma erityisasemansa kasvupaikkojen luokittelututkimuksissa.

Koealojen metsätaloudellinen tarkoitus on Nurmeksen hoitoalueessa vuodesta 1967 jatkuneen voimaperäistetyn puunkasvatusohjelman seuranta. Hoitoalueen metsätalouden liiketaloudellista kannattavuutta verrataan Lieksan hoitoalueessa toteutettavan tavanomaisen metsätalouden tulokseen. Keinoina Nurmeksen hoitoalueen tehostetussa ohjelmassa ovat olleet: (a) vanhojen metsien nopeutettu uudistaminen, (b) maanmuokkaus ja metsänviljely, (c) toistuva, jo taimikkovaiheessa alkava lannoittaminen sekä (d) metsäojituksen tehostaminen.

513. Kahdeksannen VMI:n pysyvät koealat

Valtakunnan tasolla ekologisen seurannan liittäminen VMI:iin toteutui, kun METLA:ssa perustettiin "Ilman epäpuhtauksien vaikutukset metsiin"- eli ILME-projekti, joka rakensi tutkimusohjelmansa suurelta osin VMI:n varaan.

Normaalissa VMI:ssa koko maan Lapin lääniä lukuun ottamatta kattava yhtenäiskoordinaatistoon kytkeytyvä otantajärjestelmä koostui 8 x 8 km suuruisista inventointiyksiköistä, ns. lohkoista. Lohkon keskellä sijaitsee 4100 m pituinen suorakulman muotoinen linjayksikkö, jolla havainnointi suoritettiin kuviotietojen osalta 100 m (8. VMI:ssa 200 m) välein sijaitsevilla koealoilla. 8. VMI:n pysyvät koealat ryvästettiin lohkoinventoinnin alueella (kuva 2a) joka neljänteen lohkoon (vastinpisteiden väli 16 km), jolloin lohkolle tuli neljä pysyvää koealaa, jos kaikki koealakeskipisteet sattuivat metsätalouden maalle (metsä-, kitu- tai joutomaa). Lapissa otanta oli huomattavasti harvempi - lohko 24 x 32



Kuva 2. a) Pysyvien koealojen sijainti yhtenäiskoordinaatistossa peruskartalla.
b) Ekologinen seuranta 8. VMI:n pysyvällä koealalla.

km, linjalla kolme koealaa.

Em. Pohjois-Karjalassa suoritetun menetelmätutkimuksen kokemukset lähtökohtana tapahtui seurantaohjelman suunnittelu keväästä 1983 lähtien työryhmissä, joissa olivat edustettuina ILME-projektiin osallistuvat tutkimusosastot. Vuonna 1984 testattiin vielä havainnointimenetelmiä ns. koeinventoinnissa ja koulutettiin joukko biologeja vastaamaan biologisen seurannan työohjelman toteutuksesta koealoilla (kuva 2b). Ohjelma oli seuraava:

(1) Tarkka kasvitieteellinen kasvupaikkaluokittelu. Kasvillisuuskuvioiden erottelu ja peitepiirroksen laadinta osakasvustoista.

(2) Maalajin ja orgaanisen kerroksen (humus, turve) paksuuden määritys kasvipeiteruuduista.

(3) Kasvillisuuden kuvaus
- Kenttä- ja pohjakerroslajien peittävyyden arviointi 3-4 (6) pysyvältä systemaattisesti sijoitetulta 2 m^2:n kasvillisuusruudulta + muu kasvilajisto koko 3 aarin kiinteäsäteiseltä ympyräkoealalta.
- Puu- ja pensaskerroslajien elävän latvuksen peittävyydenarviointi latvuskerroksittain (metsikön rakenne).

(4) Metsämarjalajien potentiaalisten tuottoluokkien (neljä hyvyysluokkaa) pinta-alaosuuksien arviointi ja tuottavien pinta-alojen kartoitus. Neljän taloudellisesti tärkeimmän luon nonmarjalajimme (puolukka, mustikka, hilla, karpalo) satojen määritys laskemalla nuppujen/kukkien/marjojen lukumäärät kasvillisuusruuduista.

(5) Sienisadon selvittäminen keräämällä, määrittämällä ja laskemalla sienten lukumäärät ja arvioimalla lajeittain satokauden vaihe (52 lajia/lajiryhmää, joista kääpäsie-

niä 13).

(6) Puulajikohtainen metsätuhojen määrällinen ja laadullinen arviointi. Varsinaisten metsänhoidollista tilaa alentavien metsikkötuhojen lisäksi kirjattiin myös koealalla havaittujen tuhonoireiden ja -aiheuttajien vähäinenkin esiintyminen latvuskerroksittain. Erikseen arvioitiin koealakuviolta havupuiden vitaliteettia neulasbiomassan mahdollisena vähentymisenä (harsuuntumisluokittelu).

(7) Ilman epäpuhtauksien bioindikaattoreiksi valittujen 15 epifyyttijäkälälajin runsauden arviointi koealakeskipisteen läheisistä havupuukoepuista 0,5-2,0 m korkeudelta.

(8) Metsäsammal-, jäkälä- sekä männyn kaarnanäytteiden keruu laskeumatutkimuksissa tehtäviä kemiallisia analyyseja varten.

(9) Koealojen valokuvaus (eräät inventointiryhmät).

(10) Eräiden eläinlajien (matelijat, sammakkoeläimet, riistalinnut, muurahaiskeot) havainnointi ja eri työvaiheiden aikatutkimus.

Inventoinnin puustonmittausryhmä kirjasi samalla koealaa koskevat muut tiedot: (a) pysyvien koealojen etsintäohje, (b) kuviolomake, (c) puusto- ja koepuulomakkeet, joissa erona 6.-7. VMI:n töihin painotettiin metsikön terveydentilan, taimikoiden tilan ja kasvatettavan puuston laadullisia tunnuksia entistä monipuolisemmin.

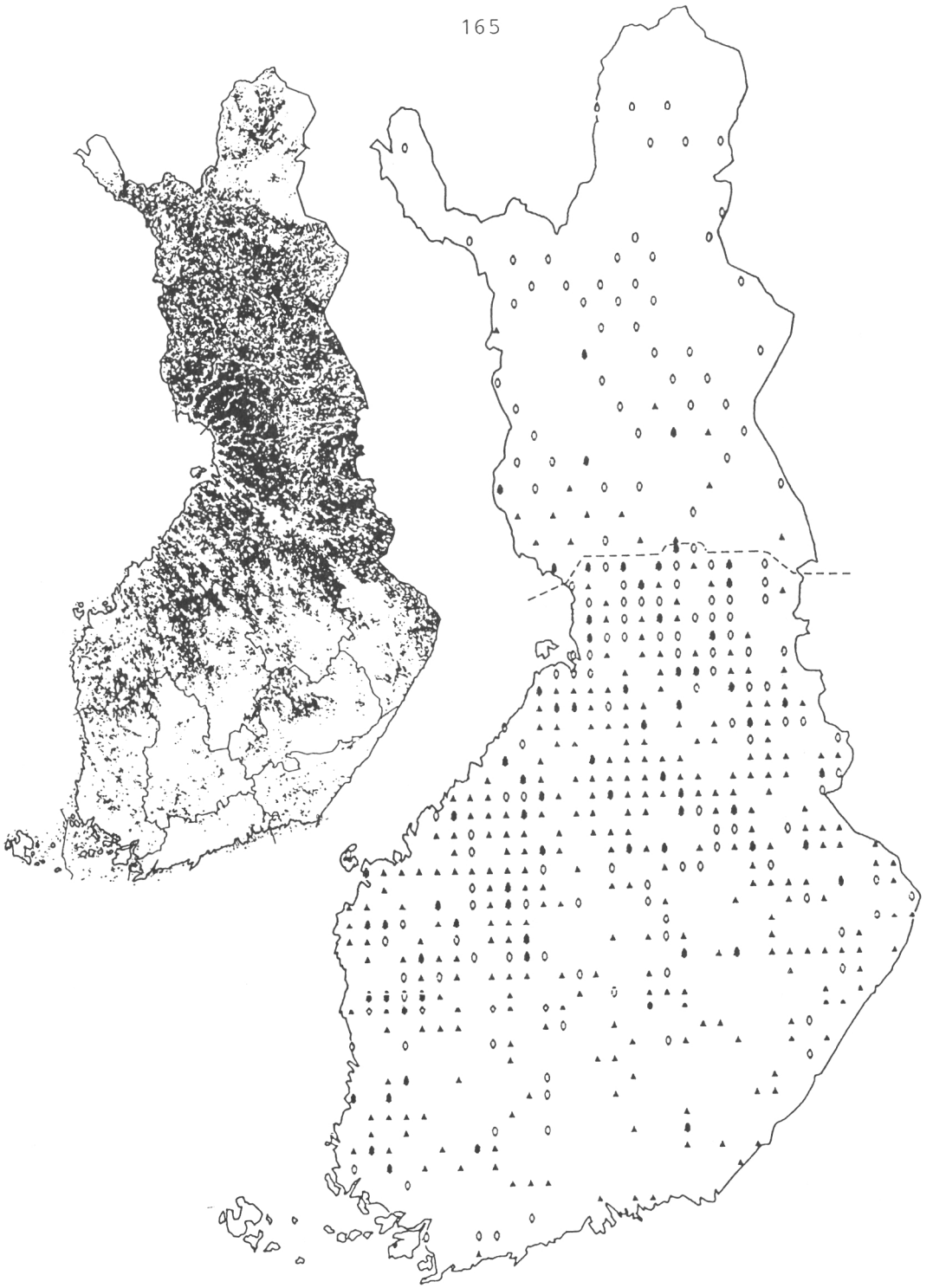
Metsänhoidon osaston tutkija Kari Mikkola on valmistamassa 8. VMI:n kasvillisuus- ja taustamuuttuja-aineiston (inventoinnin metsätaloudellinen osio) tiedonhallintajärjestelmää.

Vuorovaikutteisen käyttöjärjestelmän avulla määritellään, luodaan ja muokataan tietokannan elementtejä sekä saatetaan halutut tiedot sovellutusohjelmien käyttöön. Ohjelmien avulla voidaan tiivistetystä ns. CEP-muotoisesta kasvillisuushavaintomatriisista tuottaa jatkoanalyysejä, mm. monimuuttujamenetelmiin pohjautuvia luokitteluja ja ordinaatioita tilastollisine tulkintoineen (ks. Reinikainen & Hotanen 1988, tämä nide), sekä karttamuotoista tulostusta.

Vuosina 1985 ja -86 perustetuista 3009 koealasta tuli suoekosysteemien seurantaan 898 koealaa (kuva 3, aitojen suotyyppien alustava ja tarkistamaton täyskoealaverkko), joka on objektiivinen joskin pienehkö otos metsätalouden turvemaasta ja sen nykyisestä tilasta eri alueilla. Vertailukohtia kasvillisuuden muutosten tutkimiseen voidaan hakea jo suontutkimusosaston kestokoealojen, 3. VMI:n ja ennen 1960- ja 70-luvulla toteutettuja laaja-alaisia uudisojituksia tehtyjen perusteellisten suokasvitieteellisten selvitysten floristisesta ja kasvimaantieteellisestä aineistosta. VMI:n kuviotietueen maaluokka- ja pinta-alatiedon (yli 100 000 koealaa) avulla em. kasvillisuusotoksen tietoja voidaan yleistää.

Suokoealojen arvo tulee kasvamaan uusintamittauskertojen valottaessa ekosysteemin muutosten laatua ja nopeutta. Seurannassa kertyvää kasvillisuusaineistoa voidaan käyttää moniin käytännön suoluokitukseen liittyviin selvityksiin:

- ojituksenjälkeinen pintakasvillisuuden sukkessio suotyypeittäin eri suokasvillisuusvyöhykkeissä, muodostuvien turvekangastyyppien kuvaus, luokittelu ja ohjeisto käytännön bonitointia varten.
- alueelliset erot suokasvillisuuden pienmuotojen (rimmet, tasapinnat, mättäät) ojituksen jälkeisessä kehityksessä ja vaikutukset puiden kasvu- ja taimettumisalustana.
- ojitusalueiden pintakasvillisuuden kehitys ja kasvupaik-



Kuva 3. 8. VMI:n pysyvät turvemaan täyskoealat, 0 = luonnontilaiset (n = 328), ▲ = ojitetut (n = 570), sekä Geologisen tutkimuskeskuksen selvitys soiden esiintymisestä Suomessa (kartta: Valovirta, V. ja Oranne, P. 1976).

kojen luokittelu ensimmäisen puusukupolven päätehakkuun jälkeen.
- pitkäaikaismuutokset luonnontilaisten soiden kasvillisuudessa.

Metsien monikäytön tutkimus METLA:n Metsämarja- ja sieniprojektissa sekä ILME-projekti hyödyntävät tutkimuksissaan myös turvemaan pysyviä koealoja ja tuottavat samalla erityistietoja ekosysteemiseurantaan.

514. Suometsien pysyvät kasvukoealat Pohjois-Suomessa (SINKA)

Kyseessä on kangasmaametsiköitä koskevaan INKA-tutkimukseen (VMI:n kasvukoealat) rinnastettava Pohjois-Suomeen perustettavien pysyvien koealojen seurantajärjestelmä. Tutkimushanke käynnistettiin vuonna 1984 "Turvemaiden pysyvät kasvukoealat Pohjois-Suomessa" -nimisenä suontutkimusosaston Rovaniemen, Muhoksen ja Kannuksen toimintayksiköissä. Koealojen perustaminen ajoittuu vuosille 1984-88, jonka jälkeen uusintamittaukset toistetaan 5 vuoden välein.

SINKA-tutkimuksen päätavoite on tuottaa puuston kasvumallit puuntuotannon kannalta tärkeimmille kasvupaikoille Pohjois-Suomen turvemaille. Samalla koealaverkko toimii pohjoissuomalaisten suoekosysteemien seurantajärjestelmänä, jossa havainnoidaan mm. vesitaloudessa, ravinteisuudessa ja puuston lisäksi muussakin kasvillisuudessa tapahtuvia muutoksia.

Tutkimuksen perusjoukon muodostavat Lapin, Koillis-Suomen, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan piirimetsälautakuntien alueen mänty-, kuusi- ja koivuvaltaiset suot eräin rajoituksin, joista tärkeimpänä maaluokkaa koskeva rajaus: maaluokan tulee ojitetulla suolla olla metsämaata ja voi ojittamattomalla suolla olla myös kitumaata edellyttäen, että kuviolle on ehdotettu uudisojitusta.

Otantakehikkona toimi 7. VMI:n kuviotiedosto em. alueelta, josta otostettiin ne metsikkökuviot, jotka täyttivät tutkimuksen niille asettamat kriteerit mm. kuvion koosta ja metsänkasvatuskelpoisuudesta.

Tutkimusalueelta mitataan kaikkiaan 648 metsikköä, jotka kuvataan metsikön sisäisen vaihtelun huomioimiseksi kolmen kiinteäsäteisen ympyräkoealan rypäinä.

Kuusivaltaiset metsiköt kuuluvat otokseen Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien alueella, hieskoivuvaltaiset vain Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun pml:n alueella. Tärkeimmän ositeryhmän muodostavat mäntyvaltaiset metsiköt, jotka tulevat kattamaan melko hyvin Pohjanmaan ja Perä-Pohjolan aapasuovyöhykkeen sekä Perämeren rannikkoalueen eksentristen kermikeitaiden vyöhykkeen (kuva 1b).

Kirjallisuutta

Aartolahti, T. 1965. Oberflächenformen von Hochmooren und ihre Entwicklung in Süd-Häme und Nord-Satakunta. Fennia 93(1): 268 s. + 4 Beilagen.

Biologin työohjeet VMI 8:n pysyviä koealoja varten. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto (toim. A. Reinikainen & Hannu Nousiainen). Vantaa 1985. 42 s. + liit.

Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 1(2): 208 s.

Eurola, S. 1962. Über die regionale Einteilung der südfinnischen Moore. Annales Botanici Fennici 33(2): 243 s.

Komiteanmietintö 1986:39. Ympäristötutkimus ja seuranta. Ym-

päristöministeriö. Helsinki 1987. 110 s.

Kujala, V. 1964. Metsä- ja suokasvilajien levinneisyys- ja yleisyyssuhteista Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 59(1): 137 s. + kartasto.

Kuusela, K. 1979. Valtakunnan metsien inventointi metsäekosysteemien seurantajärjestelmässä. Metsä ja Puu 10/1979: 4-8.

Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.

Ruuhijärvi, R. 1960. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. Annales Botanici Fennici 31(1): 360 s.

Sevola, Y. 1983. Metsähallinnon Nurmeksen hoitoalueen voimaperäinen puunkasvatus: Seurantajärjestelmä ja tuloksia. Folia Forestalia 574. 83 s.

Sisula, H. 1985. Ehdotus ympäristön tilan seurantaohjelmaksi. Ympäristöministeriö. Ympäristön- ja Luonnonsuojeluosaston julkaisu A:39. 204 s. + liit.

Tolonen, K. 1967. Über die Entwicklung der Moore im finnischen Nordkarelien. Annales Botanici Fennici 4: 219-416 + 6 Beilagen.

Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätyön ohjeet. Yleinen osa. Metsäntutkimuslaitos, metsäninventoinnin tutkimussuunta. Helsinki 1977. 59 s.

Valtakunnan metsien 8. inventointi. Pysyvien koealojen kenttätyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos, metsäninventoinnin tutkimussuunta. Helsinki 1986. 86 s. + liit.

52. Luonnontilaisten soiden puustot

Juhani Päivänen

Luonnontilaiset suot ryhmitellään yleensä kolmeen pääryhmään: korpiin, rämeisiin ja avosoihin. Korvet ja rämeet voidaan edelleen jakaa aitoihin, puustoisiin suotyyppeihin ja sekatyyppeihin (nevaiset rämeet ja korvet), jotka ovat avosoiden ja puustoisten soiden välimuotoja.

Valtakunnan metsien inventoinnissa nykyään sovellettavan maaluokituksen mukaan avosuot ovat yleensä joutomaita, valtaosa luonnontilaisten soiden sekatyypeistä luetaan kitumaihin (kasvu < 1 m^3/ha/v) ja aidot, puustoiset suotyypit yleensä yltävät luonnontilaisinakin metsämaa-käsitteen piiriin. Veroluokituksen piiriin luonnontilaisista soista kuuluvat vain metsämaan rämeet ja korvet. Luonnontilaisinakin siis osa soistamme tuottaa puuta. Metsänparannustoimenpitein aikaansaatujen muutosten arvioimiseksi tarvitaankin tietoa lähtötilanteesta - puuston rakenteesta ja kehityksestä luonnontilaisilla soilla.

Aikaisemmin tehtyjen aineistoiltaan suhteellisen suppeiden tai alueellisten tutkimusten täydennykseksi on äskettäin julkaistu tietoja, jotka perustuvat valtakunnan metsien 3. inventointiin (v. 1951-53). Tutkimukseen hyväksyttiin koko maan aineistosta sellaiset täyskoealat, jotka sijaitsivat kasvullisen metsämaan ojittamattomilla suokuvioilla. Tämän selvityksen suopuustojen luonteen ymmärtämistä vaikeuttaa jonkin verran se, että nykyisen luokittelun mukaisen metsämaan ja kitumaan raja ei ole täsmälleen sama kuin 1950-luvun kasvullisen ja huonokasvuisen metsämaan. Toisaalta tutkimuksen aineisto kuvaa - kasvullisen metsämaan määritelmänkin mukaisesti - niitä soita, jotka jo ojittamattominakin pystyvät kasvattamaan tyydyttävää puustoa ja joilla siten luonnontilaisinakin on metsätaloudellista merkitystä.

Lehtipuuston (lähinnä koivun) osuus puuston kokonaistilavuudesta on luonnontilaisissa korvissa huomattavan suuri, esim. Etelä-Suomessa suotyypistä riippuen keskimäärin 24 (KgK)...61 (LhK) %. Lehtipuiden osuus runkoluvusta on tilavuusosuuttaan suurempi. Siksi erityisesti rehevissä korvissa metsänhoidolliset toimenpiteet ovat ojituksen yhteydessä välttämättömiä puulajikehityksen ohjaamiseksi. Koska aidot rämeet ovat ravinteisuustasoltaan alhaisempia kuin korvet, lehtipuun osuus runkotilavuudesta on myös rämeillä yleensä vähäinen, suotyypistä riippuen keskimäärin 9 (IR, Pohjois-Suomi)...27 (KR, Etelä-Suomi) %.

Luonnontilaisen suon ravinteisuustaso heijastuu myös runkoluvussa. Rehevissä korvissa runkoluvut ovat huomattavasti suurempia (esim. LhK 3750 kpl/ha) kuin karummissa korvissa (VK 2300 kpl/ha) ja korpirämeellä (2100 kpl/ha) taas suurempia kuin kangasrämeellä (1450 kpl/ha) ja isovaruisella rämeellä (1700 kpl/ha). Myös kasvuolosuhteiden heikentyminen luonnontilaisilla soilla etelästä pohjoiseen päin siirryttäessä näkyy siinä, että runkoluvut ovat kaikilla suotyypeillä alhaisempia Pohjois- kuin Etelä-Suomessa.

Lämpimittajakautumien tarkastelu osoitti luonnontilaisten soiden puustojen muistuttavan harsintarakennetta: runkoluku on pienissä läpimittaluokissa erittäin suuri ja vähenee jyrkästi läpimitan kasvaessa. Läpimittajakauman poiketessa oleellisesti normaalijakaumasta eivät kangasmaiden metsiköille laaditut harvennusmallit (pohjapinta-ala/ valtapituus) sovellu käsittelytarpeen arvioinnin perustaksi luonnontilaisilla soilla. Runkolukuohjeiden käyttäminen soveltuneekin näitä paremmin metsänhoidollisia toimenpide-ehdotuksia harkittaessa. Runkolukuohjeen käyttäminen osoittaakin aitojen puustoisten soiden metsiköissä keskimäärin olevan ojituksen yhteydessä kunnostushakkuun tarvetta.

Luonnontilaisen suon puuston eri-ikäisyyden vuoksi puuston

keski-ikä ei ole hyvä metsikön kehitysvaiheen tunnus. Tosin myös luonnontilaisilla soilla puiden iän ja koon välillä vallitsee yleensä positiivinen korrelaatio, mutta metsikölle laskettu keski-ikä saattaa eri tapauksissa koostua hyvin eri tavoin. Suopuustojen tilavuuskasvun kehitystä onkin perinteisesti tarkasteltu iän sijasta tilavuuden funktiona.

Etelä-Suomen luonnontilaisissa korvissa puuston keskimääräinen tilavuus ja tilavuuskasvu ovat sitä suuremmat mitä paremmasta trofiatasosta on kyse (taulukko 1).

Taulukko 1. Metsiköiden keskitilavuudet ja keskimääräiset vuotuiset tilavuuskasvut luonnontilaisten aitojen korpien ja rämeiden kasvullisella metsämaalla.

Suotyyppi	Etelä-Suomi		Pohjois-Suomi	
	Tilavuus m^3/ha	Kasvu m^3/ha	Tilavuus m^3/ha	Kasvu m^3/ha
LhK	106	6,4	85	2,8
RhK	66	4,2	54	1,7
KgK	72	3,3	49	1,6
VK	69	2,8	66	1,7
KgR	43	1,6	35	1,0
KR	53	2,2	39	1,1
IR	45	1,4	29	0,9

Sitä vastoin Pohjois-Suomen korvissa ja sekä Etelä- että Pohjois-Suomen rämeillä eri suotyyppien puustojen kasvun tasot päätyyppiryhmien sisällä eivät juurikaan poikkea toisistaan. Onkin ilmeistä, että luonnontilaisten soiden puustojen tilavuuskasvut päätyyppiryhmien sisällä selittyvät suuremmassa määrin vesiolojen kuin ravinteisuuden avulla.

Siten suotyyppi kuvaakin paremmin kasvupaikan kykyä tuottaa puuta sitten, kun liika vesi on poistettu, kuin luonnontilassa.

Kirjallisuutta

Gustavsen, H.G. & Päivänen, J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Summary: Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland. Folia Forestalia 673. 27 s.

Heikurainen, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. Acta Agralia Fennica 123:11-26.

Numminen, E. 1956. Tutkimus männiköiden rakenteesta ja hoidosta ojittamattomilla rämeillä eräissä Keski-Suomen ja Itä-Hämeen metsänhoitolautakuntien pitäjissä. Konekirjoite Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksella. 65+9 s.

53. Suopuustojen kehitys 1951-1984

Eero Paavilainen

Suontutkimusosaston ja metsänarvioimisen tutkimusosaston yhteistyönä on laadittu yhteenveto siitä, minkälaisiksi Suomen suometsät ovat kehittyneet valtakunnan metsien 3. inventoinnin (1951-53) jälkeen ja etenkin 6. (1971-76) ja 7. inventoinnin (1977-84) välisenä aikana.

531. Soiden pinta-ala

Soiden pinta-alaksi saatiin 7. inventoinnissa 9 029 000 ha, josta 53 % oli metsämaata, 24 % kitumaata ja 23 % joutomaata. Ojitettuja soita oli 4 478 000 ha. Metsämaan korvista 479 000 ja metsämaan rämeistä 201 000 ha oli saavuttanut turvekankaan asteen.

Valtakunnan metsien inventoinnin ohjeiden mukaan suoksi luokiteltujen maiden pinta-ala on pienentynyt 3. ja 7. inventoinnin välisenä aikana Etelä-Suomessa lähes 400 000 ha ja Pohjois-Suomessa yli 300 000 ha eli yhteensä noin 700 000 ha. Päätyyppiryhmien väliset suhteet ovat samana aikana muuttuneet siten, että nevojen kokonaisala on vähentynyt noin miljoonalla hehtaarilla ja rämeiden ala on vastaavasti kasvanut. Myös korpien ala on lisääntynyt.

Nevojen pinta-alan vähentyminen voi johtua vain osaksi ojitustoiminnasta, sillä esimerkiksi vuosina 1930-1978 metsäojitetuista soista oli Keltikankaan ym. (1986) mukaan alle 10 % avosoita. Nevoja on raivattu pelloiksi, käytetty polttoturvesoiksi ja niitä on jäänyt tekojärvien alle sekä siirtynyt luontaisen taimettumisen vuoksi metsäisten soiden ryhmään. Tämän lisäksi on ilmeistä, ettei nevojen erottaminen muista suotyyppiryhmistä ole tapahtunut eri inventoinneissa täysin samoin perustein.

Soiden kokonaispinta-alan pienentymiseen on todennäköisesti vaikuttanut myös se, että ohutturpeisia soita on siirtynyt ojituksen ja metsäaurauksen vuoksi ojitettujen kankaiden luokkaan.

Soiden ja kankaiden sekä ojitustilanteen mukaisten luokkien (ojikot, muuttumat, turvekankaat) erottaminen tuottaa käytännössä niin suuria vaikeuksia, että on selvä tarve soiden metsätaloudellisen kasvupaikkaluokituksen tarkistamiseen ja täydentämiseen. Suoalan pienentymisen syiden selvittelyä on myös syytä jatkaa.

532. Puulajivaltaisuus ja kehitysluokat

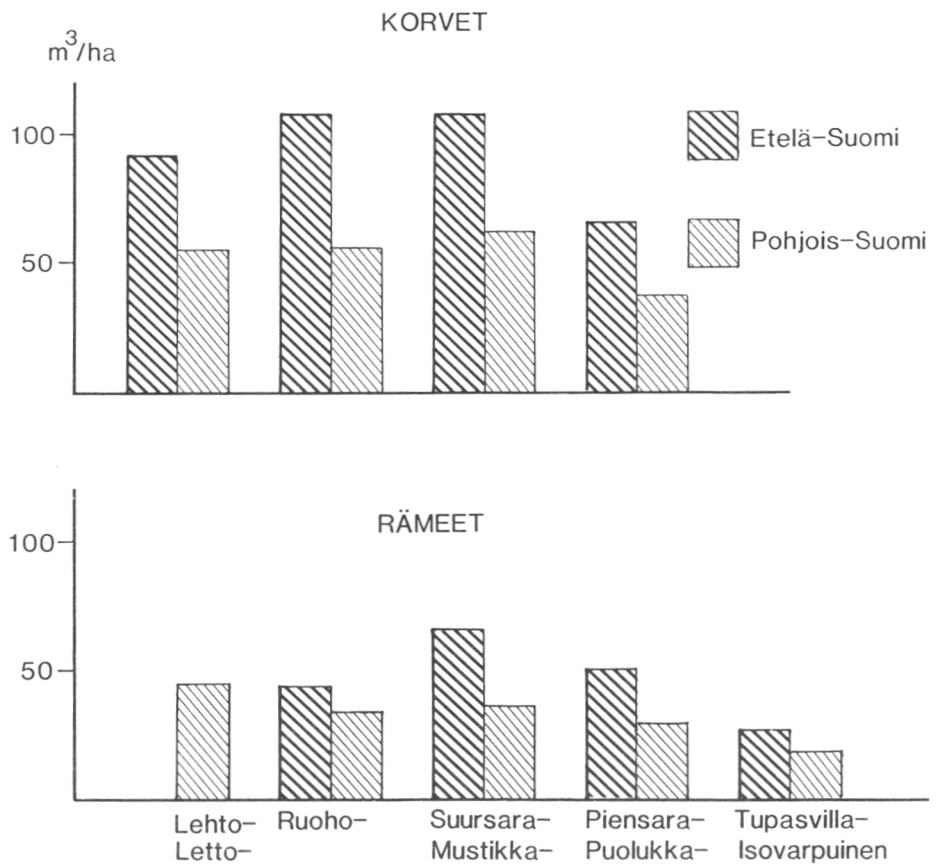
Metsämaan korvissa lehtipuuvaltaisten metsien osuus pinta-alasta oli 7. inventoinnin tulosten mukaan Etelä-Suomessa 22 % ja Pohjois-Suomessa 41 %, mutta rämeillä kummallakin alueella vain 3 %.

Lehti- ja havupuuvaltaisten metsien pinta-alojen suhde ei ole Etelä-Suomessa juurikaan muuttunut 6. ja 7. inventoinnin välisenä aikana. Pohjois-Suomessa lehtipuuvaltaisten metsien osuus on sen sijaan etenkin korvissa selvästi lisääntynyt. Turvekankailla lehtipuiden osuus oli suurempi kuin ojikoilla ja muuttumilla.

Metsämaan soilla oli varsin paljon nuoria ja varttuneita kasvatusmetsiköitä, enemmän kuin kangasmetsissä. Näiden kehitysluokkien osuus on myös lisääntynyt 6. ja 7. inventoinnin välisenä aikana. Tämä muutos johtuu paitsi ojituksenjälkeisestä puulajikehityksestä myös siitä, että hieskoivikoita on luettu 7. inventoinnissa aikaisempaa yleisemmin kehitettäväksi kelvollisiin metsiköihin, lähinnä siis kasvatusvaiheen kehitysluokkiin. Vajaatuottoisia metsiköitä oli metsämaan korvissa Etelä-Suomessa 10 % ja Pohjois-Suomessa 25 %. Metsämaan rämeillä vastaavat luvut olivat 2 % ja 4 %.

533. Puuston tilavuus ja kasvu

Suometsien puuston tilavuus on riippuvainen kasvupaikan viljavuudesta ja maantieteellisestä sijainnista. Suurimmat keskitilavuudet, yli 100 m^3/ha, todettiin 7. inventoinnissa Etelä-Suomen ruoho- ja mustikkakorvissa ja pienimmät Pohjois-Suomen tupasvilla- ja isovarpurämeillä (kuva 1).



Kuva 1. Puuston keskitilavuus eri kasvupaikkatyypeillä VMI 7:n tulosten mukaan.

Puuston kokonaistilavuus oli 3. ja 7. inventoinnissa seuraava:

	3. inventointi (1951-1953)	7. inventointi (1977-984)
	Kokonaistilavuus milj.m^3	
Etelä-Suomi	161	194
Pohjois-Suomi	91	97
Yhteensä	252	291

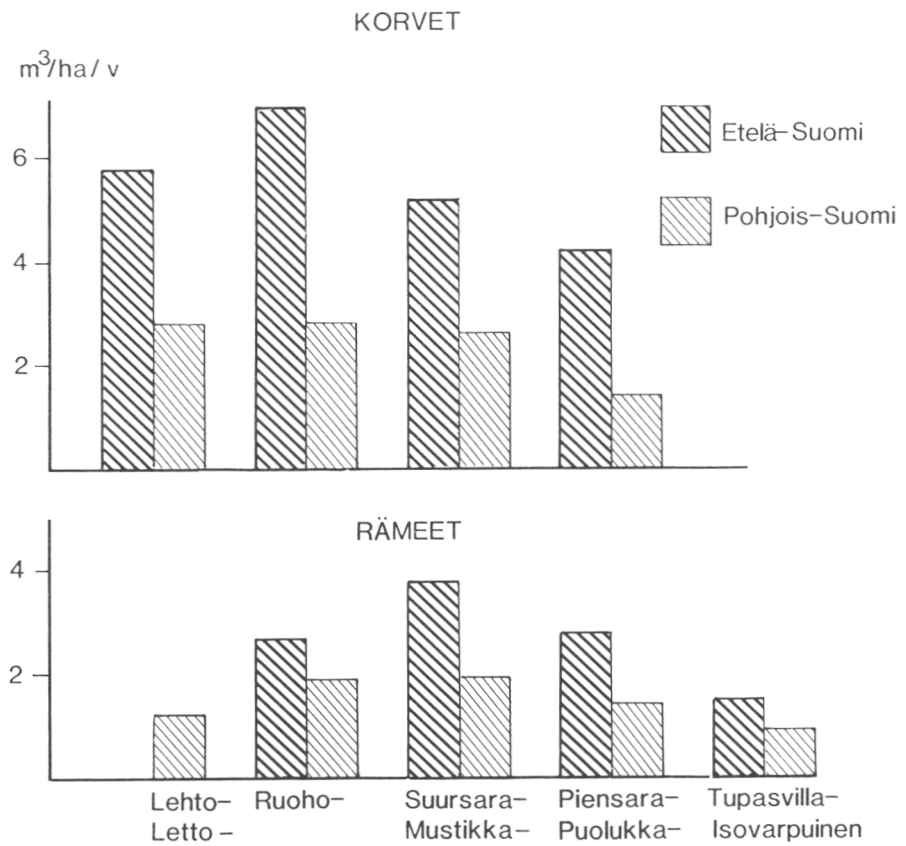
Kokonaistilavuus on lisääntynyt 15 % noin 30 vuoden aikana. Ero on todellisuudessa vielä suurempi, kun otetaan huomioon, että alunperin suoksi luokiteltujen maiden pinta-ala on pienentynyt em. inventointien välisenä aikana 700 000 ha.

Kasvupaikkatyypin ja ilmaston vaikutus ilmenee selvästi myös vuotuisista keskikasvuista. Etelä-Suomen parhaissa korvissa puuston keskikasvu oli 5-6 m^3/ha, mutta Pohjois-Suomen karuilla rämeillä alle 1 m^3/ha (kuva 2).

Puuston kokonaiskasvuksi saatiin 3.ja 7. inventoinnissa:

	3. inventointi	7. inventointi
	Vuotuinen kokonaiskasvu milj.m^3	
Etelä-Suomi	6,49	10,65
Pohjois-Suomi	3,37	4,21
Yhteensä	9,86	14,86

Puuston vuotuinen kokonaiskasvu on lisääntynyt 5,0 milj. m^3 eli 51 %.



Kuva 2. Puuston keskikasvu eri kasvupaikkatyypeillä VMI 7:n tulosten mukaan.

Arviota, mikä on metsäojituksen ja siihen liittyvän turvemaiden lannoituksen tähänastinen vaikutus suometsien kokonaistilavuuteen ja -kasvuun, vaikeuttaa suoksi luokiteltujen maiden pinta-alan erilaisuus eri inventoinneissa. Esimerkiksi metsämaiden siirtyminen soista kankaisiin merkitsee aliarviota puuston kokonaiskasvussa. Samoin mm. hakkuusäästöt ja ilmaston vaihtelut aiheuttavat epävarmuutta päätelmiin metsäojituksen puuston kokonaiskasvua lisäävästä vaikutuksesta. Kun otetaan huomioon ennen 3. inventointia tehdyt ojitukset, suopinta-alan muutoksesta johtuva aliarvio sekä 7. inventoinnin kasvun laskennan perustana olleista

vuosista kulunut keskimäärin n. 10 vuoden aika, on todennäköistä, että 7 milj. m^3:n vuotuinen kasvunlisäys soilla on saavutettu. Tämän olettamuksen paikkansa pitävyys selviää valtakunnan metsien 8. inventoinnissa.

534. Metsiköiden laatu ja hakkuun tarve

Metsänhoidolliselta tilaltaan hyvien ja tyydyttävien luokkaan luettujen metsiköiden pinta-ala oli Etelä-Suomen suometsissä huomattavan suuri, korvissa 69 % ja rämeillä 87 %. Vastaavat luvut olivat Pohjois-Suomessa 51 % ja 79 %. Vajaapuustoisten luokan osuus oli Pohjois-Suomessa selvästi suurempi kuin Etelä-Suomessa. Rämepuustojen metsänhoidollinen tila oli parempi ja korpipuustojen jonkin verran huonompi kuin kangasmetsissä keskimäärin.

Sekä Etelä- että Pohjois-Suomen suometsissä tulisi suorittaa kasvatus- ja uudistushakkuita laajassa mitassa jo lähimmän 5-vuotiskauden aikana. Hakkuun tarvetta osoittavien tulosten ja metsänhoidollisten perusteiden pohjalta voidaan arvioida vuotuisten hakkuumahdollisuuksien olevan Etelä-Suomen suometsissä tällä hetkellä suuruusluokkaa 6-7 milj. m^3. Vastaava arvio Pohjois-Suomen suometsissä on 1-1,5 milj. m^3.

535. Kehitysnäkymät

Vasta verraten vähäinen osa ojitetuista soista oli 7. inventoinnin vuosina saavuttanut mm. maan vesitalouden puolesta täyttä puuntuottokykyä vastaavan turvekankaan asteen, korvista 26 % ja rämeistä 7 %. Puuston kasvu Suomen turvemailla tulee tämän mukaan merkittävästi lisääntymään nykyisestä tasostaan jo lähimpien 10-20 vuoden aikana. Suotuisan kehityksen edellytyksenä kuitenkin on, että metsänhoidolliset hakkuut ja kunnostusojitukset suunnitellaan ja toteutetaan oikein.

Kirjallisuutta

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.

Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1984. Etelä- ja Keski-Suomen suometsät vuosina 1951-1981. Summary: Peatland forests in southern and central Finland in 1951-1981. Folia Forestalia 580. 20 s.

Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1985. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951-1983. Summary: Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951-1983. Folia Forestalia 617. 19 s.

Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Käsikirjoitus.

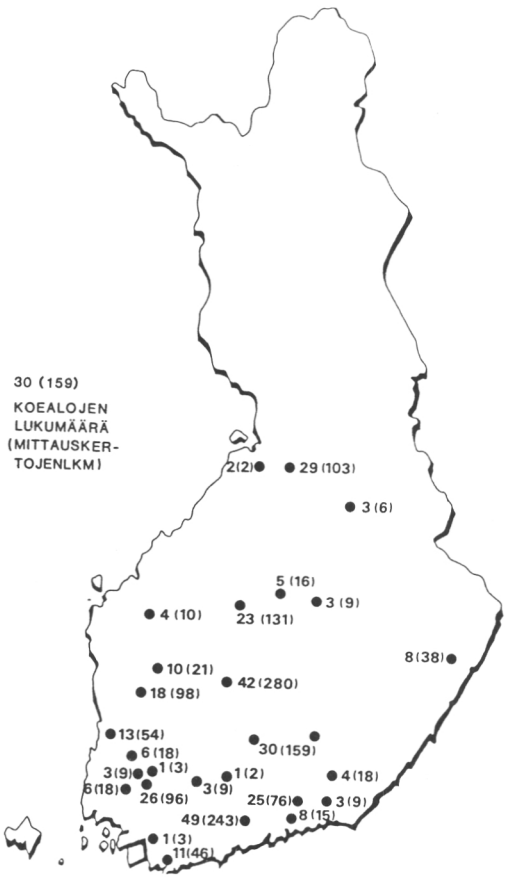
54. Suometsien tuotos vanhoilla kestokoealoilla

Kimmo Paarlahti

Soiden metsätaloudellisen käytön perusteiden tutkimuksessa on alusta lähtien ollut keskeisellä sijalla ojituksen aiheuttamien muutosten seuranta. Tätä tarkoitusta varten suontutkimusosastolla on hoidossaan ns. pysyvien l. kestokoealojen verkko, joista vanhimmat on perustettu metsähallituksen koeojitusalueille jo ennen kuin osasto aloitti toimintansa vuonna 1928. Tärkeimpänä seurannan kohteena on luonnollisesti ollut puuston tuotoksen ja rakenteen kehitys, mutta myös on seurattu mm. kasvipeitteen muuttumista toistuvin kasvipeitekuvauksin ojitettujen soiden luokituksen perusteiden selvittämiseksi.

Pääasiassa näiden koealojen tulosten perusteella on luotu pohja soiden metsäojituskelpoisuuden määrittämiselle, jota sittemmin on monissa tutkimuksissa täsmennetty. Koealoilla on myös tehty erilaisia metsänhoidollisia toimenpiteitä, joiden antamat tulokset ovat antaneet hyvää pohjaa suometsien käsittelylle; vastaojitettujen tai nuorehkojen ojitusalueiden uudistamismenetelmät, puulajikehityksen ohjaaminen kasvupaikkaa vastaavaksi jne. Vanhojen ojitusalueiden metsänhoidon menetelmien, ennen muuta uudistamisen tutkimus on voitu aloittaa vasta viime aikoina, kun tarkoitukseen sopivia alueita on ollut käytettävissä.

Tässä yhteydessä esitetään alustavia tuloksia Etelä-Suomen lannoittamattomilta koealoilta, joiden sijainti ja mittauskertojen lukumäärä näkyvät kuvasta 1. Koealakohtaista mittauskertaa käytetään tässä tapauksessa aineiston analyysin perusyksikkönä.



Kuva 1. Koealojen sijainti ja lukumäärä sekä koealakohtaisten mittauskertojen lukumäärä.

Seurannassa olleita koealoja on kaikkiaan 410 kpl ja näillä on tehty mittauksia yhteensä 1637 kpl, - vanhimpia koealoja on mitattu 8-9 kertaa - mutta aineistosta on tässä tarkastelussa eri syistä, mm. puulajisuhteiden vuoksi, jätetty pois osa myöhempään, yksityiskohtaisempaan selvitykseen. Tämän aineiston koealakohtaisten mittauskertojen jakaantuminen suon päämuodon, valtapuulajin ja ravinteisuusluokan mukaan on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mittauskertojen jakaantuminen päämuodon, valtapuulajin ja ravinteisuusluokan (1+2= Lehto, Letto, Ruoho, 3= Suursara, Mustikka, 4= Piensara, Puolukka, 5= Tupasvilla, Isovarpuinen) mukaan.

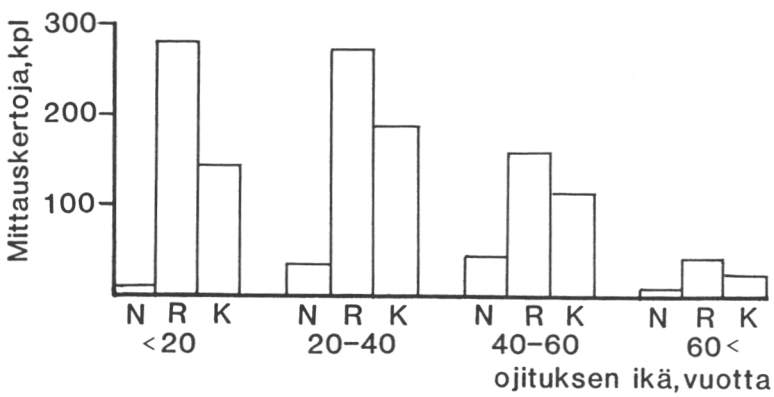
Päämuoto	Valtapuul.	Ravinteisuusluokka				Yht.
		1+2	3	4	5	
NEVA	mä	12	34	2	8	56
	ku	2				2
	hko	6	3			9
RÄME	mä	27	139	226	281	673
	ku					
	hko	47	74	10	2	133
KORPI	mä		4	1		5
	ku	36	94	20		150
	hko	137	92	13	2	244
YHT.		267	440	272	293	1272

Valtaosa havainnoista on rämeiltä ja myös korvilta, mikä on luonnollista, koska puuta kasvavat suot ovat olleet yleisin ojituskohde. Ravinteisuudeltaan keskinkertaiset suot (luokat 3 ja 4) ovat selvästi runsaimmin edustettuina yleisyytensä vuoksi.

Nevojen samoin kuin rämeiden ojitusalueet ovat puulajikehityksen ohjaamisen vuoksi kehittyneet yleensä mäntyvaltaisiksi. Korpien ojitusalueilla on taas enemmän hieskoivu- kuin kuusivaltaisten puustojen havaintoja. Viimemainittu johtuu pääasiassa siitä, että aineisto sisältää runsaasti ojituksen jälkeen luontaisesti uudistettuja puustoja, joissa

hieskoivuvaltaisen puuston alle on hankittu kuusen nuorennos, jotka ovat kuusivaltaisina mukana vasta myöhemmissä mittauksissa.

Kuvassa 2 on esitetty aineiston jakaantumisen mittaushetkisen ojituksen iän ja päämuodon mukaan.

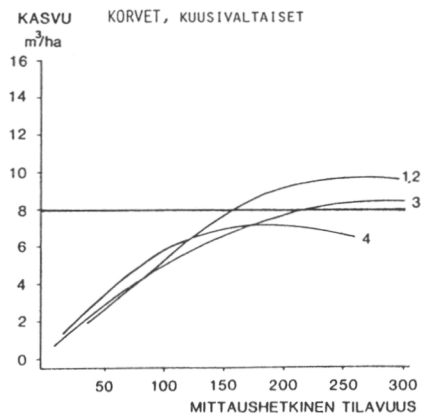


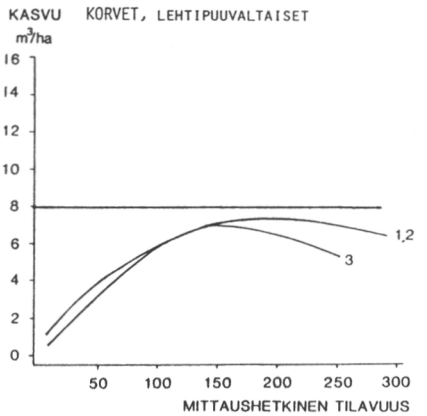
Kuva 2. Mittauskertojen jakaantuminen ojituksen iän ja päämuodon (N=Neva, R=Räme, K=Korpi) mukaan.

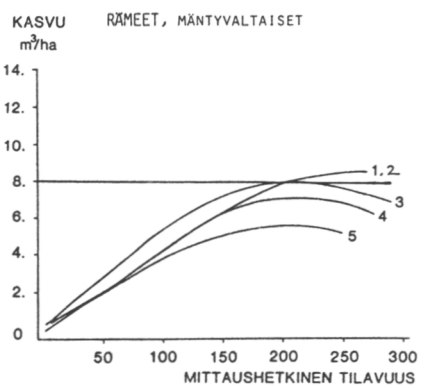
Valtaosa mittauskerroista on ojituksen ikäluokassa 0-40 vuotta, koska aktiivisin koealojen perustamiskausi oli 1930- ja myös 1950-luvulla, jolloin koealoja perustettiin nuorille ojitusalueille. Havaintoja on myös vanhoilta ojitusalueilta - yli 60 vuotta - joilla monissa tapauksissa on tällä hetkellä toinen ojituksen jälkeinen puusukupolvi.

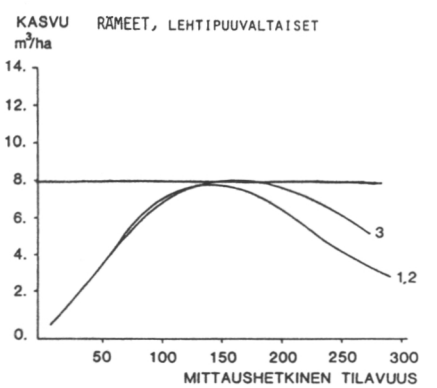
Puuston tilavuuden ja kasvun mittaukset on tehty yleensä 5-10 vuoden välein ja samalla on tehty tarpeelliset hakkuuyms. toimenpiteet.

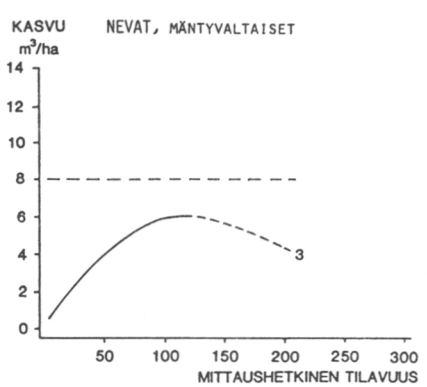
Esimerkinluontoisesti on kuvassa 3 esitetty juokseva vuo-











Kuva 3. Vuotuinen juokseva kasvu päämuodoittain ja puulajivaltaisuuden (> 60 %) mukaan eri ravinteisuusluokissa.

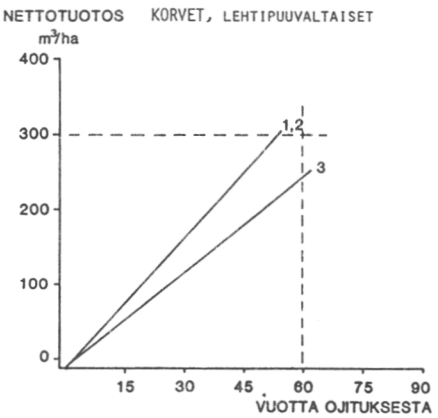
tuinen kasvu, yleensä 5-10 vuoden jaksolta, mittaushetken runkotilavuuden funktiona päämuodoittain ja ravinteisuusluokittain (vrt. taulukko 1) puulajivaltaisuuden mukaan (valtaisuus = > 60 % runkotilavuudesta).

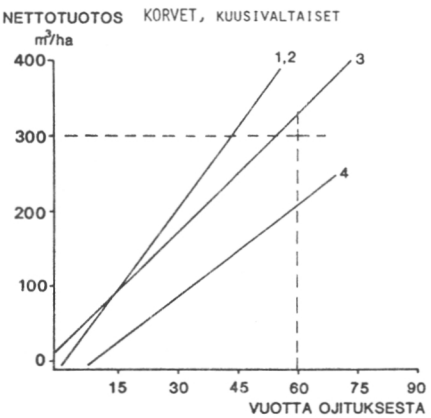
Kuvaajat osoittavat, että
- kasvupaikan ravinteisuuden aiheuttamat erot kasvussa tulevat esiin vasta ojituksen ikääntyessä ja puustopääoman suurentuessa tästä johtuen. Nuorilla ojitusalueilla kasvun suuruuden määrää ennen muuta puuston määrä, rakenne, elpymiskyky jms. tekijät
- havupuuvaltaisten - korvilla kuusi- ja rämeillä mäntyvaltaisten - puustojen kasvu on parempi kuin hieskoivuvaltaisten, joiden kasvu näyttää myös kulminoituvan havupuuvaltaisia aikaisemmin, kuten niiden valtapuulajin biologisten ominaisuuksien perusteella on odotettavissa.

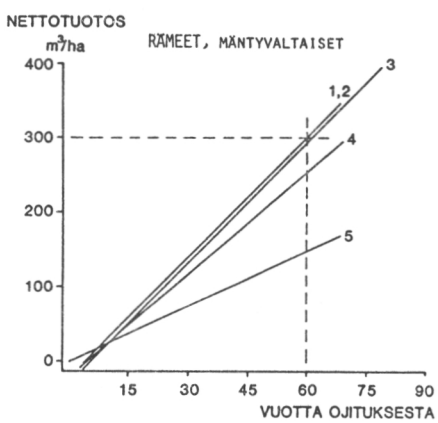
Kuvassa 4 on esitetty nettotuotos (ojituksen jälkeisestä kokonaistuotoksesta on vähennetty ojitushetkinen puusto) ojitusiän funktiona päämuodoittain ja ravinteisuusluokittain puulajivaltaisuuden mukaan. Kasvupaikan ravinteisuuden merkitys tulee samansuuntaisena, mutta selvemmin esille kuin juoksevan kasvun kuvaajissa (kuva 3).

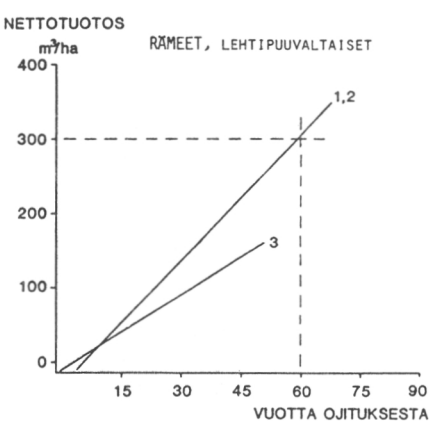
Korkeimmat nettotuotokset ovat korpien kuusivaltaisissa puustoissa, mutta sangen korkealle yltää myös hieskoivikko parhailla kasvupaikoilla sekä korvilla että rämeillä. Varsin heikon kokonaistuotoksen ovat keskimäärin antaneet nevaojitusten mäntyvaltaiset puustot, joskin yksittäistapauksissa on selvästi korkeampiakin tuotoksia.

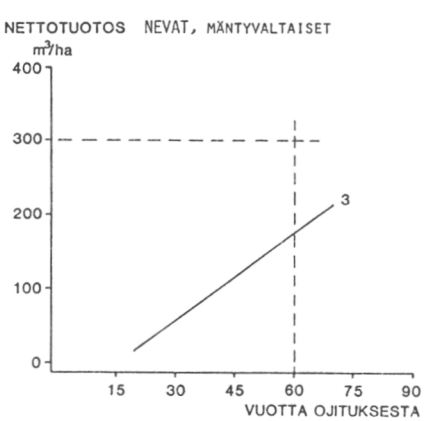
Edellä on esitetty keskimääräistuloksia aineistosta, jossa on varsin suurta hajontaa, jonka syiden mm. sekapuulajien osuus, ojitusteho, maantieteellinen sijainti jne. selvittäminen ja kasvumallien rakentaminen on meneillään.











Kuva 4. Nettotuotos ojituksen jälkeen päämuodoittain ja puulajivaltaisuuden (> 60 %) mukaan eri ravinteisuusluokissa.

6. SOIDEN MONIKÄYTTÖ

61. Marjat ja sienet

Kauko Salo

611. Johdanto

Soiden monikäytön tutkimusta on tehty Metsäntutkimuslaitoksessa vuodesta 1972, lähtien ja heti alusta alkaen suontutkimusosasto oli mukana perustamassa marja- ja sienikokeita turvemaille. Vuonna 1976 säädetty uusi laki ja asetus Metsäntutkimuslaitoksesta määräsi monikäytön tutkimuksen laitoksen tehtäväksi.

Vuonna 1981 Metsäntutkimuslaitokseen perustettiin metsämarja- ja sieniprojekti, jonka toteuttajana henkilöresursseista johtuen oli suontutkimusosasto. Projektin perustamisen myötä monikäyttötutkimukset laajenivat lisäksi etenkin metsäekonomian ja metsänhoidon tutkimusosastoilla.

Metsämarja- ja sieniprojektin pääsijoituspaikkana on ollut Joensuun tutkimusasema, josta käsin on soiden monikäyttöön liittyen selvitetty valtakunnan metsien inventoinnin koealaverkoston pysyvillä koealoilla suomarjojen ja sienten kokonaissatoa ja niiden vaihtelua lajeittain, kasvupaikkatyypeittäin ja alueittain. Tärkeänä osa-alueena on selvitetty ojituksen ja lannoituksen vaikutuksia marja- ja sienisatoihin. Karpalon viljelytutkimus alkoi vuonna 1984 Ilomantsiin perustetulla kokeella, jossa selvitetään mahdollisuuksia viljellä isokarpaloa turvetuotannosta vapautuneilla alueilla. Tyrnin taimitarhakokeissa on tutkittu turpeen merkitystä kasvualustan osana idätettäessä siemeniä tai myöhemmissä taimitarhakokeissa ja avomaaoloissa.

Kolarin tutkimusasemalta käsin on selvitetty monipuolisesti

yli 10 vuoden ajan suomuuraimen satoja, kukintaa, pölytystä sekä puoliviljelyä Lapin Läänissä. VMI:n pysyvillä suokoealoilla voidaan tulevaisuudessakin seurata laajoilla maantieteellisillä alueilla, miten kasvipeitteessä ja vesitaloudessa tapahtuvat muutokset heijastuvat marja- ja sienisatoihin.

612. Suomarjat

Suomessa luonnonmarjoja tuottavia kasveja on yhteensä noin 60, joista puolet on joko myrkyllisiä tai käyttökelvottomia. Turpeella kasvavia marjakasveja ovat: suomuurain, karpalo, pikkukarpalo, juolukka, variksenmarja ja pohjanvariksenmarja. Lisäksi monet luonnontilaiset korpi- ja rämetyypit sekä ojitusalueiden muuttumat ja turvekankaat ovat myös taloudellisesti merkittävimpien luonnonmarjojemme puolukan ja mustikan parhaita kasvupaikkoja. Mainittakoon, että valtakunnan metsien kolmannen (1951-1953) inventoinnin kasvillisuutta koskevan selvityksen mukaan puolet metsäpinta-alasta oli puolukka- ja mustikkavarvuston peittämää. Turvealustalla kasvaa marjovina edellisten lisäksi korpien hakkuualueilla vadelma ja harvinaistuvana kasvilajina suoniityillä ja tulvakorvissa mesimarja. Pienialaisilla lehtokorpien kasvupaikoilla voivat menestyä myös musta- ja pohjanpunaherukka.

613. Suomarjasatoihin vaikuttavat tekijät ja satojen ennustettavuus

Viime vuosina on pyritty jakamaan suot hyvyysluokkiin laadullisen ja määrällisen marjantuottokyvyn perusteella sekä laatimaan marjasatojen ennustemalleja erilaisille kasvupaikkatyypeille eri ilmastovyöhykkeissä. Suomarjasatoihin vaikuttavat lisäksi edellisen vuoden sääolot ja lumipeitteen paksuus (talvehtiminen), jolla on vähäisempi merkitys, sillä suomarjat jäävät matalakasvuisina lähes poikkeuksetta pakkasilta suojaan lumipeitteen alle ja esim. hillan koko juu-

rakko talvehtii maan alla. Huomattavasti merkityksellisempiä satoihin vaikuttavia tekijöitä ovat hillalla kevään hallat, rankka- ja raesateet kukinta-aikaan, jolloin terälehdet voivat varista, pölyttävien hyönteisten määrä, kasvi- ja sienitaudit sekä hillakuoriaisen toukat. Kukinnan alkaminen on riippuvainen lumen ja pintaroudan sulamisesta, ja siksi hilla kukkii ensin nevoilla ja vasta myöhemmin puustoisissa korvissa. Turvealustalla kasvavat marjat kärsivät harvoin kuivuudesta kesällä, jolloin kangasmetsässä kypsyvät marjat usein jäävät pieniksi ja varisevat.

Jotta suomarjasatojen ennustemallit lähenisivät todellisuutta, tulisi malleja laatiessa siis ottaa huomioon monia erilaisia muuttujia. On myös vaikea ennustaa, miten kasvin omat fysiologiset prosessit vaikuttavat marjomiseen, sillä marjasadot voivat ilmasto-oloiltaan samantyyppisinä vuosina poiketa suuresti toisistaan.

Suomarjatalouden bonitointijärjestelmän kehittämistyö on vielä kesken, mutta VMI:n yhteydessä tehtävät marja- ja sienisatoselvitykset antanevat lisätietoa myös soiden marjantuottokyvystä. Muutamien aikaisempien tutkimusten mukaan voidaan todeta, että parhaita hillasoita ovat korvista muurain- (MrK), mustikka- (MK) ja kangaskorpi (KgK), rämeistä rahka- (RR), pallosara- (PsR), tupasvilla- (TR) ja kangasräme (KgR) sekä nevoista karut rahkanevat (RN). Hillalla on laaja kasvupaikka-amplitudi, sillä rämeiden ja nevojen kasvupaikat ovat karuja ja korvissa se kasvaa selvästi ravinteisemmilla kasvupaikoilla. Usein puhutaankin erikseen korpihillasta. Hillan satoihin vaikuttavat ilmastotekijöiden, kasvi- ja sienitautien ja tuhohyönteisten ohella myös hede- ja emikasvien kloonien keskinäinen esiintyminen suolla.

614. Sadot ja keräily

Hillan hehtaarisadot ovat hyvänäkin satovuonna suurehkoilla yhtenäisillä suoalueilla korkeintaan muutamia kymmeniä kiloja, mutta pienialaisissa emikasvien muodostamissa laikuissa on mitattu yli 1 000 kg:n ha-satoja. Isokarpalo viihtyy parhaiten väli- ja rimpipinnoilla, joiden pohjavesipinta on korkealla. Keidas- ja aapasuoalueen puuttomat nevat (RiN, SN, LkN) ovat sen parasta kasvualuetta, joissa myös karpalosadot parhaimmillaan ovat suurimmat, erään tutkimuksen mukaan 400-500 kg/ha. Tupasvilla- ja nevarämeiltä mitattiin noin 200 kg:n hehtaarisadot. Suurten suoalueiden (kymmeniä hehtaareja) keskimääräiset ha-sadot lienevät noin 20-40 kg/ha hyvillä karpalosoilla. Pikkukarpalo esiintyy pohjoisempana kuin isokarpalo, ja usein ombrotrofisten mättäiden kasvina. Sen marjat ovat pieniä, ja siten sillä ei ole suurta taloudellista merkitystä. Viime vuosina karpalosoidemme keskimääräiseksi vuosisadoksi on arvioitu 20-50 milj. kg. Hillan keskimääräinen sato on samaa suuruusluokkaa, mutta vaihtelu katovuodesta erittäin hyvään marjavuoteen on suurempi hillalla kuin isokarpalolla. Suomen luonnonmarjojen vuotuisesta kokonaissadosta (n.1 000 milj. kg) noin 20 % koostuu varsinaisista suomarjoista sekä turvemailla kasvavista puolukasta ja mustikasta, joiden osuus kaikkien suomarjojen osuudesta on noin 10 %.

Viime vuosina luonnonmarjoja on kerätty vuosittain 40-50 milj. kg eli 4-5 % koko oletetusta luonnonmarjasadosta. Varsinkin puolukan ja mustikan kohdalla talteenotettu sato biologisesta sadosta voi vaihdella paljon eri maakuntien ja eri kuntienkin sisällä. Aktiivisimmat metsämarjojen poimijat ovat Kainuussa. Hillaa poimitaan eniten Lapissa ja sieniä Itä-Suomessa. Hillan talteenotettu sato on ollut Lapissa viime vuosina vähän yli 10 % biologisesta sadosta. Hillan talteenottoprosentti on selvästi suurempi kuin puolukalla ja mustikalla. Tämä lienee taloudellinen ja

arvostuskysymys, sillä hilla kasvaa vaikeakulkuisilla soilla kaukana teistä. Siitä saatava taloudellinen hyöty verottomana tulona on niin suuri, että sitä kannattaa hakea kauempaakin.

Seinäjoen ja Joensuun marjanpoimijoista noin 15 % poimi mustikoita korvista, ja joka kymmenes poimi puolukoita ja hilloja erilaisilta rämeiltä. Ojitetuilta rämeiltä poimittiin myös puolukoita ja hilloja (5 %). Puuttomilta nevoilta poimi 20 % marjanpoimijoista hilloja ja karpaloita.

Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitoksen mukaan vuonna 1985 järjestynyt keräilykauppa ja teollisuus ostivat mustikkaa 2,5 milj. kg, puolukkaa 1,7 milj. kg ja hillaa ennätysmäiset 800 000 milj. kg, josta maksettiin poimijoille 26 milj. mk. Tästä summasta Lapin läänin osalle tuli lähes 22 milj. mk. Hillan poimintatuloilla on siellä huomattava taloudellinen merkitys.

615. Ojitus ja lannoitus

Metsänhoito- ja metsänparannustoimet lisäävät metsämarjojen ja sienien satoennusteissa tarvittavien muuttujien määrää. Soiden tavallisimmat metsänparannustoimenpiteet, ojitus ja lannoitus heikentävät marjasatoja ja marjakasvustoja. Taulukossa 1 esitetään eräiden metsänhoitotoimenpiteiden vaikutuksia suomarjoihin.

Taulukko 1. Metsänhoitotoimenpiteiden, puoliviljelyn ja viljelyn vaikutus muutamiin marjalajeihin suometsissä. Suluissa pitkäaikainen vaikutus sukkession edetessä turvekangasastetta tai päätehakkuukypsyyttä kohti.

Metsänhoitotoimenpide	Suomuurain	Karpalo	Juolukka	Variksenmarjat	Puolukka	Mustikka	Vadelma
Avohakkuu	- (+)				+ (-)	-- (+)	+ (-)
Ojitus	+ (+&-)	-- (--)	+ (-)	+ (-)	+ (-)		
Lannoitus	-&+ (-)	-- (--)	+ (-)	0 (0)	+ (-)	- (0)	+ (-)
Puoliviljely	+ (+)	+ (+)					+ (+)
Viljely	+ (+)	+ (+)					

Vaikutus: + positiivinen
0 ei tiedossa
- negatiivinen
-- voimakas negatiivinen

Korpimaisten metsien avohakkuut muuttavat mikroilmastoa äärevämpään suuntaan siten, että kukinta alkaa aikaisemmin lumen sulettua kuin puustoisella alueella. Tällöin hilla kukkii niin aikaisin keväällä, että kevähallojen todennäköisyys satoja vähentävänä tekijänä lisääntyy. Myös kilpailevien kasvien rehevöittävä vaikutus tukahduttaa ainakin rehevimmissä korvissa hillakasvustoja valon lisääntyessä. Rehevöitymistä lannoitus vielä selvästi lisää. Ojituksen myötä varsinkin ojamailla ja suo-ojien reunoilla hillakasvustot ovat yleisesti lisääntyneet ja myös hillasadot. Edellytyksenä on, että ojitusalueella on esiintynyt hillan emikasveja, sillä ne lisääntyvät aktiivisesti maanalaisten juurakoittensa avulla. Suosiollisten säiden vallitessa ojitetulla ja lannoitetulla suolla hilla voi tuottaa jopa suurempia satoja verrattaessa tilannetta ennen ojitusta. Tällainen tilanne kestää yleensä useita vuosia ojituksen jäl-

keen Etelä- ja Keski-Suomen soilla. Pohjois-Suomessa ojitettu suo voi olla hyvä hillasuo vielä 40 vuotta ojituksen jälkeen.

Hillakasvustojen marjomiseen ojikoilla vaikuttaa myös ojien tiheys ja ojien syvyys. Ojien kuivattavan vaikutuksen myötä (ja lannoituksen) puusto elpyy ja alkaa voimakas kasvun vaihe. Sulkeutuvan metsikön alla kukinta on myöhäisempää kuin avosoilla ja siten myös hallanvaara pienenee. Tiheän ojaverkoston myötä hillakasvustot pilkkoutuvat ja suvuton lisääntyminen estyy ainakin osittain. Matalalla vako-ojituksella (lähinnä tutkimusalueilla) on todettu hillan kasvustojen aktivoitumista ja jopa satojen paranemista. Lapissa ja Pohjois-Karjalassa marjasadot varmistuivat tällaisilla alueilla, mutta kukkien määrä ja siten myös odotettavissa oleva sato vähenivät. Pintakasvillisuuden voimistuminen on merkittävästi vähentänyt lannoitusalueiden kasvustoja, sillä hilla ei selviä kilpailussa eräiden sara- ja heinäkasvien kanssa. Usein tällaisilla alueilla on elinvoimaisia kasvustoja, mutta hilla ei kuki eikä marjo.

Suomessa ojituksen ja lannoituksen vaikutuksia karpalosatoihin on tutkittu vähän, ellei tutkimustulos ole se, että niitä ei voikaan tutkia ojituksen jälkeen, sillä karpalosatoja ei juuri esiinny ojikoilla eikä muuttumilla. Jo ensimmäisenä ja toisena vuotena ojituksen jälkeen pohjavesipinnan laskiessa karpalon marjonta loppuu. Hilla- ja karpalosoiden ojitussuunnitelmia tehtäessä tulisi muistaa metsähallituksen eräässä ohjekirjeessä maininta: "Arvokkaiksi tunnetuille hilla- ja karpalosoille ei ehdoteta uudisojitusta". Vuosikymmeniä sitten Etelä-Suomessa monet karpalosoiden ojitukset ovat hävittäneet suurilta suoalueilta satoisat karpaloklooonit. Tällaisilta suoalueilta olisi pitänyt kerätä taimiainesta emotarhoihin, joista olisi edelleen saatu materiaaleja (siemeniä, pistokkaita, mättäitä) karpalon viljelytutkimuksiin. Metsähallituksen rauhoittamat marjasuot ovat

tässäkin mielessä merkityksellisiä, sillä niillä kasvaa vielä hyvätuottoisia hilla- ja karpalokantoja. Vahinko vain, että suurin osa näistä soista sijaitsee Perä-Pohjolan piirikunnan alueella.

Varsinaisista suomarjoista juolukka ja variksenmarjat ovat turhaan aliarvostettuja muitten talousmarjojen joukossa. Ne ovat ekologiselta sopeutuneisuudeltaan hyvin laaja-alaisia ja kasvavat monenlaisilla räme- ja korpityypeillä, Pohjois-Suomessa myös kangasmetsissä sekä viihtyvät hyvin ojituksen jälkeenkin. Ojituksen seurauksena juolukka, variksenmarjat sekä puolukka ovat saaneet lisää kasvupaikkoja suon laitamilta. Rämemuuttumien mättäillä juolukka voi tuottaa marjoja satoja kiloja hehtaarilla. Juolukka menestyy valoa vaativana varpuna hyvin rämeiden ojikoilla, mutta metsikön sulkeutuessa sen marjomiskyky vähenee. Juolukka on mustikan veroinen marjojen C-vitamiinipitoisuudessa eikä sen käyttökelpoisuutta pitäisi yhtään vähentää mustikkaa suurempien marjojen vesipitoisuus ja marjamehun hailakan violetti väri. Variksenmarjasadot ovat huonoinakin puolukka- ja mustikkavuosina olleet hyviä, joten se on eräänlainen luonnon oma marjasatojen tasapainottaja.

616. Puoliviljely ja viljely

Suomessa on tehty lähinnä Metsäntutkimuslaitoksen toimesta varsin kattavia hillan puoliviljelykokeita sekä hillan että karpalon viljelykokeita turvealustalla. Puoliviljelytoiminnalla pyritään eri menetelmillä kohottamaan luontaisia hillasatoja. Erilaisilla lannoituksilla (fosfori- ja typpilannoitus) on saatu parannetuksi satoa ja vegetatiivista kasvua sekä marjan kokoa. Monet muut puoliviljelykokeet perustuvat hillan pioneerikasviominaisuuteen, jolloin maanpinnan käsittelyllä (auraus, vaotus), pintakasvillisuuden poistolla tai kulotuksella vähennetään kilpailevaa kasvillisuutta. Kukinnan viivästyttäminen, jolloin keväthalloille herkät kukat

kukkisivat myöhemmin, on onnistunut tyydyttävästi erilaisten katteitten (turve-, havu-, tai olkipeite, myös lumen lisääminen kasvuston päälle) avulla. Myös hillakuoriaisen biologinen torjunta hieroglyfipirkon avulla voi lisätä satoja tai estää sadonmenetyksiä hillakuoriaisvuosina. Karpalosoiden (pienialaisia) tulvittaminen mm. patojen avulla on lisännyt karpalokasvustojen vitaliteettia.

Hillan peltoviljelykokeet ja karpalon viljelykokeet ovat antaneet lupaavia tuloksia. Sekä hillaa että karpaloa voidaan lisätä siemenistä, pistokkaista sekä turvepaakuista, joissa on riittävästi kasviyksilöitä. Kasvualustana on oltava turvepohja ja erityisesti karpalon viljelytutkimuksissa kenttäkokeet on suunniteltu turvetuotannosta vapautuvien alueitten hyötykäyttöä ajatellen. Turvetuotannosta vapautuu tulevina vuosina kasvualustoja männyn ja koivun sekä erilaisten rehuviljojen ja heinien kasvattamiseen. Lisäksi on löydettävä sellaisia marginaalisia alueita, joilla karpalon viljely voi tulla kysymykseen. Alustavissa kokeissa karpalon kylvökokeet, pistokas- ja paakkulisäys ovat onnistuneet tyydyttävästi. Edellytyksenä on toimiva ojasto ja padoilla säädettävissä oleva vesi, sillä karpalo vaatii kasvaakseen ja marjoakseen korkealla olevaa pohjavesipinnan tasoa. Tulvittamisesta karpalo ei ole kärsinyt kasvukauden aikana.

Eestissä karpalon viljelysuot on lannoitettu superfosfaatilla (500 kg/ha) ja viljelyalueille on myös istutettu rauduskoivua. Luontaisesti alueelle syntyneitä hieskoivun taimia pyrittiin harventamaan siten, että karpalokasvustot saisivat mahdollisimman paljon valoa. Koivujen suosiminen viljelyalueella tiivistää turvetta, jolloin hennot karpalon taimet eivät keväällä routimisen aikaan nouse ylös turpeesta. Koivu vaikuttaa suon lumipeitteeseen siten, että lumen sulaminen viivästyy ja mahdolliset hallavauriot kukinnan aikana vähenevät. Eestin kaikkien karpaloviljelmien (180 ha) keskisadoksi saatiin vuonna 1980 700 kg/ha. Kasvi-

huoneessa juurrutetuilla pistokkailla ja turvepohjalle istutetuilla 4-5 vuoden ikäisillä taimilla parhaat ha-sadot ovat olleet noin 2000 kg/ha eli 4-5 kertaiset parhaisiin luonnonvaraisiin karpalosatoihin nähden.

617. Sienet

Soiden sienilajeista ja sadoista tiedetään vähän. Luonnontilaiset rämeet ja nevat eivät ole sienestysmaastoja, sillä ruokasieniä ei juuri esiinny ja sienilajiston muodostavat pääasiassa pienet lahottajasienet. Sensijaan korvissa (MK, PK, KgK) esiintyy hyvin monilajinen sienifloora. Mykoritsasienten lahottajia kookkaammat itiöemät muodostavat pääosan (70-90 %) sienisadosta. Pieniä lahottajasieniä, kuten hiippoja, nääpiköitä, kuusenneulas- ja jouhinahikkaita voi olla satakertaisesti verrattuna puitten juurisieniin. Kauppasienistä (hyviä ruokasieniä) kangaskorvessa kasvaa männyn seuralaisena kangastatti, kangasrousku ja isohapero, jotka esiintyvät myös karuissa rämemänniköissä. Mustikka- ja puolukkakorvessa kuusen ja koivujen juurisieninä esiintyvät haapa- ja kalvashaaparousku sekä muina hyvinä ruokasieninä viini- ja keltahapero. Lahopuulla ja kannoissa kasvavista ruokasienistä melko yleisiä ovat kuusilahokka, mesisieni ja koivunkantosieni.

Valmisteilla olevan VMI:n pysyvillä koeruuduilla tehdyn sienilaji- ja satotutkimuksen mukaan ojikkojen sienilajisto ei suuresti poikkea luonnontilaisten soiden sienilajistoista. Siirryttäessä muuttumiin lajimäärä ja sienisadot kasvavat ja turvekankailla lahottajalajien ja mykoritsasienten lajimäärä ja sienisato voivat olla jopa suurempia kuin tuoreilla (MT) ja kuivahkoilla (VT) kankailla. Mykoritsasienistä yleisimpiä ovat seitikit, joita ojikoilla, muuttumilla ja turvekankailla esiintyy kymmeniä lajeja. Karikkeen lahottajista yleisimpiä sukuja ovat hiipot, malikat ja juurekkaat. Sienilajisto on monipuolisempi ja sadot ovat suurempia (var-

sinkin mykoritsalajit), jos kuivatusteho ja puuston kasvu on hyvä. Myös turvekankailla ja parempien rämetyyppien (SR) muuttumilla koivun, kuusen ja männyn esiintyminen yhdessä lisää sienilajiston monimuotoisuutta, sillä monet juurisienet elävät symbioosissa edellä mainittujen puulajien kanssa. Eräässä yksittäisessä tapauksessa ojitus ja lannoitus nuoressa viljelymännikössä tuotti yli 1000 kilon hehtaarisadon kangasrouskua.

Sienisosiologisessa tutkimuksessa sienilajien suuri lukumäärä eri metsä- ja suotyypeillä sekä itiöemien esiintymisen heikko ennustettavuus kasvukauden aikana ovat vaikeuttaneet sieniyhteisöjen rakenteen tutkimusta ja sienisatomallien luomista.

Kirjallisuutta

Huttunen, A. 1983. Hilla- ja karpalosadoista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 90:143-147.

Kortesharju, J. 1979. Kokemuksia hillan puoliviljelystä. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 21:19-22.

Numminen, E. 1979. Näkökohtia hillasta. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 21:39-44.

Saari, V. & Salonen, V. 1983. Luonnontilaisten suotyyppien sienisadoista Korpilahden Ristisuolla vuosina 1981 ja 1982. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 91:11-20.

Salo, K. 1980. Luonnontilaisen rämeen ja rämemuuttumien sienilajistosta. Summary: Mushroom species on virgin, drained and fertilized pine bogs in Parkano, central Finland. Suo 31:67-71.

- 1981. Metsänparannustoimenpiteiden vaikutus rämeiden sienisatoon. Summary: The effect of forest amelioration on

mushroom yield on pine bogs. Suo 32:1-6.
- 1982. Isokarpalon (Vaccinium oxycoccos) viljelymenetelmät Eestissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 37:34-37.
- 1982. Metsänhoitotoimenpiteet ja marja- ja sienisadot. Pohjois-Karjalan Luonto 12:14-18.
- 1982. Joensuun ja Seinäjoen asukkaiden luonnonmarjojen ja sienten poiminta v. 1982. Summary: The picking of wild berries and mushrooms by the inhabitants of Joensuu and Seinäjoki. Folia Forestalia 598. 21 s.
- 1983. Marja- ja sienisatojen seuranta VMI-tutkimuksen osana Pohjois-Karjalassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 90:122-134.
- 1985. Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa. Summary: Wild-berry and edible-mushroom picking in some north Karelian communes, eastern Finland. Folia Forestalia 621. 30 s.

Sepponen, P. 1979. Pohjois-Suomen suot marjasoina. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 21:4-9.

Veijalainen, H. 1974. Metsäojitusalueiden sienisadoista. Summary: Mushroom production on drained peatlands. Suo 25:31-33.

Veijalainen, H. 1979. Luonnonvaraiset hillasadot. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 21:10-13.

62. Riista

Jorma Issakainen

621. Suot riistan elinympäristönä

Huomattava osa riistamaista on suota. Metsäriistan elinympäristöistä on suoksi luokiteltuja maita 34 %, joista 61 % on ojitettu ja niistä lähes puolet lannoitettu. Alueelliset erot ovat kuitenkin melko suuria. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla on kuntia, joiden metsätalouden maa-alasta ja samalla riistan asuinpaikoista on valtaosa suota. Toisaalta on myös vähäsoisia alueita. Riistan säilymisen ja lisääntymisen turvaamiseksi tulee elinympäristöjen tarjota ympäri vuoden ravintoa, suojaa ja viihtyisyyttä. Perustan riistan esiintymiselle luovat metsät ja niiden käsittely.

Luonnontilaisten soiden merkitys riippuu niiden laadusta. Vain rehevimmät suot, joilla kasvillisuus on monipuolista ja runsasta, täyttävät riistan perustarpeet. Tällaisten soiden osuus jää varsin pieneksi. Ravinteisuudeltaan keskitason soita esiintyy eniten. Niiden sopivuus riistalle on kuitenkin melko vähäinen niukan pintakasvillisuuden ja yksipuolisen puuston vuoksi. Kaikkein karuimmat rämeet ja nevat ovat ravinnon kannalta riistalle jokseenkin merkityksettömiä. Rimpisiä soita pidetään ravinteisuudestaan riippumatta korvaamattomina vesilinnustolle. Karut rämeet ja avonevat sekä rimpisuot ovat viime vuosikymmeninä olleet metsäojitukseen kelpaamattomia.

Ojituskelvottomien soiden lisäksi erityisesti pienialaisten luonnontilaisten soiden tärkeys ravinnon ja viihtyisyyden kannalta on kiistämätön. Tällaisia ojitukselta suojeltavia kohteita ovat esimerkiksi suopurot varsineen ja lähteiset suot, kapeat korpijuotit, laajojen kangasmaiden suokosteikot, perinteiset hilla- ja karpalosuot sekä suon ja kankaan vaihettumisvyöhykkeet.

622. Soiden metsätalouskäyttö ja riista

Soiden metsänparannuksen vaikutuksesta riistaan ja sen elinympäristöihin on tutkittu melko vähän. 1960-luvulla päätteltiin ojituksen ja lannoituksen siirtävän nevoja sekä vähäpuustoisia rämeitä metsäisten soitten luokkaan ja siten lisäävän riistataloudellisesti tuottavaa alaa (esim. Rajala 1966). Seuraavan vuosikymmenen vaihteessa alkoi metsäammatillisiin julkaisuihin ilmestyä aiheesta kirjoittelua. Ojituksen ja lannoituksen riistavaikutuksista esitettiin toisistaan poikkeavia käsityksiä. Epäiltiin lannoitteiden aiheuttavan jopa eläinkuolemia. Vuonna 1970 aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla suontutkimukseen liittyen selvitystyö, jonka tarkoitus oli tutkia metsänparannuksen vaikutusta riistan elinoloihin.

Selvityksen tuloksissa todettiin soiden ojituksesta ja lannoituksesta olevan riistalle lähes yksinomaan hyötyä (Issakainen 1971a ja b, 1973, 1974, 1978b sekä Karsisto ja Issakainen 1974). Raportit sekä muu tiedottaminen aiheuttivat melkoista huomiota ja keskustelua. Saatu palaute oli voittopuolisesti hyväksyvää. Veijalainen (1974) osoitti samoilla Muhoksen alueilla jäniksen suosivan metsänparannettuja rämemaita talvella. Sittemmin soiden riistatutkimus on Muhoksella vähentynyt. Tilanne lienee samankaltainen koko maassa. Tiettävästi aiheesta ei ole valmistunut ainoatakaan 1980-luvun puolella maastosta kerättyyn aineistoon perustuvaa tutkimusjulkaisua.

623. Metsäojitus

Ojitus muuttaa pysyvästi suon ulkonäköä ja kasvillisuutta. Kasvupaikkatyypistä riippuen etenkin ojien varsille nousee havupuiden lisäksi koivua, pajua, leppää, haapaa, pihlajaa ja katajaa. Nämä kaikki ovat tärkeimpiä riistan talvisia ravintokasveja. Hyvin monille eläinlajeille on juuri lehti-

puiden ja pensaiden runsaus merkittävin ympäristötekijä. Usein myös kenttä- ja varpukerros rehevöityvät. Ojitusten ansiosta riistan suosimat nuoret sekametsät tulevat soisimmilla alueilla voimakkaasti lisääntymään. Lisäksi ojavekostot tekevät yhdessä luonnontilaan jäävien suon osien kanssa yksitoikkoiset maastokuviot enemmän vaihteleviksi ja reunavaikutteiseksi. Ympäristöään korkeampina männynsekaiset ojanvarsikoivikot ovat teerien suosimia runsaan ravinnon sekä hyvän näkyvyyden ja pakomahdollisuuden vuoksi.

Ojanpenkoista linnut löytävät hyviä kylpy- ja soransaantipaikkoja. Talvella ojien seinämät ja pohja säilyvät paikoin pitkään lähes lumettomina antaen mahdollisuuden ravinnon ja jauhinkivien saantiin. Ojitustyömailla metsäkanalinnut nokkivat kivensiruja myös lumelle nostetuista ojamaista. Varsinkin tavit asustavat runsasvetisimmissä laskuojissa. Ojitusten yhteydessä tehtäville piennarteille saadaan samalla käyttökelpoinen riistapellon pohja. Myös metsäojien penkkoihin voidaan tehdä riistapeltoja.

Ojituksella saattaa riistan kannalta olla kielteisiäkin piirteitä. Ojastot voivat rajoittaa lintujen poikasten liikkumista. On myös epäilty poikasten menehtyvän metsäojiin. Käytettävissä olevien tietojen mukaan ojista ei kuitenkaan näytä koituvan suurta vaaraa riistalle. Luonnollisesti onnettomuuksia voi sattua ja isoja laskuojia pidetään tällöin pahimpina. Vedensaanti saattaa joissakin tapauksissa vaikeutua. Yleisimmin se kuitenkin poutakautena on varmempaa ojista kuin kuivahkoilta luonnontilaisilta soilta, etenkin jos ojituksen yhteydessä tehdään riistaa varten juomapaikkoja. Kaivinkoneiden aiheuttamat pesävauriot hautomisaikana lienevät harvinaisia.

624. Suometsien lannoitus

Ensimmäiset reaktiot lannoituksen suhteen olivat kielteisiä. Pudasjärven hirvi- ja porokuolemien (1969) syyksi epäiltiin sitä, että eläimet olisivat syöneet säkeissä olleita tai lumelle levitettyjä lannoitteita. Sittemmin on kokeellisesti voitu osoittaa, ettei riista suostu niitä syömään (esim. Helminen 1970). Sen sijaan on lannoitusta alettu pitää riistan kannalta edullisena toimenpiteenä. Lannoitus täydentää ojituksen vaikutusta lisäämällä lehtipuiden, varsinkin koivun ja pajujen sekä heinä- ja varpukasvillisuuden määrää. Näin kaikkien metsäriistalajien ravinnon saanti ja suoja paranee.

Ravinnon määrän ohella lannoitus kohottaa kasvien eri osien ravinnepitoisuutta ja parantaa ilmeisesti makua. Lannoituksen pidentämä vaivaiskoivikko jää lumen pinnan yläpuolelle ollen riekkojen saatavissa jopa läpi talven. Metsojen on todettu talvella viihtyvän lannoitetuissa suomänniköissä. Niille näyttävät maistuvan typpipitoisimmat neulaset. Myös hirvet oleilevat lannoitetuissa metsissä tehden vahinkojakin. Poikkeuksellisen mieltyneitä ne ovat olleet hivenlannoituksen (B, Cu, Mn) saaneiden lannoitusalojen kasvillisuuteen. Tällä tiedolla voi olla merkitystä erityisten hirvilaidunten perustamisessa joutomaakuviolle.

625. Suometsien hoito

Riistan kannalta taimikonhoidolla on hyvin ratkaiseva merkitys. Siinä nimittäin paljolti muovataan elinympäristöjen senhetkinen ja tuleva puustorakenne sekä vaikutetaan näin oleellisesti eläinten viihtyvyyteen. Myös suometsien kasvatushakkuilla sekä uudistamisella ja niiden toteutustavoilla on oma vaikutuksensa. Niiden merkitys lienee kuitenkin taimikonhoitoa vähäisempi.

Havupuutaimikoihin olisi jätettävä lehtipuusekoitus aina kun se on mahdollista. Taimikonhoidossa ja raivauksissa tienvarsien ulkopuolella pitäisi välttää turhia "kauneuskäsittelyjä". Kataja tulisi säilyttää kaikkialla. Joillekin suokuvioille voitaisiin jättää sopivalle kohdin vaikkapa vain pienikin ala kokonaan käsittelemättä eikä myöskään tarvitsisi perata yhdellä kertaa kaikkia sarkoja tai ojien varsia. Suurten yhtenäisten alueiden taimikonhoito tulisikin ajallisesti jaksottaa sopiviin toteutuslohkoihin. Kankaan ja suon vaihettumisvyöhykkeissä, peltojen reunoilla, kosteikoilla sekä vesistöjen rannoilla voitaisiin antaa siellä luontaisesti esiintyvän pensaikon rehottaa.

626. Riistahavainnot Muhoksen tutkimusalueella

Metsäntutkimuslaitoksen Oisavan palstaa voidaan pitää yhtenä erittäin tehokkaan metsänparannustoiminnan kohteena. Alue (n. 1700 ha) oli 55 vuotta sitten pääosin autiota nevaa ja kiturämettä. Ojitukset aloitettiin 1930-luvulla ja lannoitukset seuraavalla vuosikymmenellä. Nyt suot on ojitettu lähes kokonaan sekä suurin osa alasta toistuvasti lannoitettu. Alueen metsätieverkosto on tiheä. Myös hakkuita on suoritettu. Jos soiden metsänparannus on riistalle epäedullista, sen pitäisi olla nähtävissä. Huolimatta vuosikymmeniä jatkuneesta metsänparannuksesta ja metsästyksestä riistaa on ollut palstalla runsaasti. On päätelty, että kanalintujen runsaus olisi suoritetun keinoruokinnan ansiota. Kuitenkaan ruokintalaitteilla lintuja ei saatu tiettävästi kertaakaan käymään. Muhoksen kokemusten mukaan eläimet viihtyvät ja lisääntyvät vaihtelevissa ja kasvuisissa nuorissa suometsissä hyvin. Parhaiten tämän esimerkkialueen tulokset ovat yleistettävissä lähinnä Pohjois-Suomen karuhkoilla rämevaltaisilla alueilla.

627. Tulevaisuuden näkymiä

Metsien kasvatusikään verrattuna soiden metsänparannus on vielä nuorta. Ojituksethan aloitettiin suuressa mitassa koneiden kehittymisen myötä 1950-60-luvuilla. Ympäristömuutokset etenevät luonnossa hitaasti. Uudistamisvaiheeseen kehittyneet suopuustot ovat toistaiseksi olleet harvinaisia. Ojitusalueet tullenevat ajanmittaan muistuttamaan tasaisia kangasmetsiä säilyttäen kuitenkin omaleimaisuutensa. Nykyisen tiedon valossa ainakin hirvi, jänis, orava, metso, teeri, riekko ja pyy tulevat viihtymään tulevaisuuden suometsissä. Riekon asuinalueet voivat ehkä paikoin vähentyä. Kuinka oikeita käsitykset ovat, varmistunee vasta vuosikymmenien kuluttua. Tutkimusta riistan elinympäristöjen muutosten seurauksista kaivattaisiin kipeästi lisää. Vanhemmilla ojitusalueilla siihen olisi jo mahdollisuuksia. Tutkimuksen avulla voisimme paremmin ennakoida soiden tulevaa kehitystä ja ohjata sitä riistallekin myönteisesti.

Kirjallisuutta

Helle, E. 1981. Riekon talviravinnon koostumuksesta ja valinnasta Pohjanmaalla. Suomen Riista 29:14-20.

Helminen, M. 1970a. Metsänlannoitus ja Pudasjärven hirvet. Metsästys ja kalastus 11.

- 1970b. Voimaperäinen metsätalous - uhka riistalle? Metsät ja luonnonsuojelu: 103-110.

Issakainen, J. 1971a. Riista ja jyrsinojat. Suomen luonto 2-3.

- 1971b. Suometsien lannoitus ja riista. Teollisuuden Metsäviesti 2.

- 1973. Soiden metsänparannustyöt suosivat riistaa. Metsä ja Puu 8.
- 1974. Riistapeltoja perustamaan. Leipä leveämmäksi 3.
- 1978a. Riista talven kourissa. Maaseudun tulevaisuus 7.2.
- 1978b. Metsänparannusalueet riistan tuotannossa. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 17:3-19.

Kangasperko, H. 1972. Riistanhoito nyt ja tulevaisuudessa. Kaleva 10.8.

Karsisto, K. 1974. Metsänparannusalueet riistan kannalta. Suo 25(2): 35-40.

- & Issakainen, J. 1974. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 11. 30 s.

Könönen, O. 1968. Metsäelinympäristön säilyttäminen ja parantaminen. Metsästäjä 2.

Mikola, P. 1958. Suomen metsien kehitys riistan elinympäristönä. Suomen Riista 12:125-136.

Laine, J. & Mannerkoski, H. 1980. Lannoituksen vaikutus männyntaimikon kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. Acta Forestalia Fennica 166. 45 s.

Nyberg, A. & Niemi, T. 1957. Tutkimuksia metsäkanalintujen esiintymisestä eri maastotyypeillä, Kauhavan, Töysän ja Kemijoen kunnissa. Suomen Riista 11:65-73.

Pulliainen, E. 1970. Metson talviravinnon valinnasta ja koostumuksesta. Suomen Riista 22:67-73

- 1982. Riekon syys- ja talvielinympäristöjen valinnasta Pohjois-Suomessa. Suomen Riista 29:46-52.

Punkka, M. 1970a. Riista viihtyy soilla. Metsälehti 6.

- 1970b. Metsänlannoitus ja luonnonhoito. Metsälehti 17.

Rajala, P. 1966. Metsäkanalintujen määrästä ja esiintymisestä eri maastotyypeillä Oulun läänissä vuonna 1966 suoritettujen kompassilinja-arviointien mukaan. Suomen Riista 19:130-143.

- & Linden, H. 1982. Rämeiden ojituksen ja lannoituksen vaikutuksista riistaeläinten esiintymisrunsauteen. Suomen

Riista 29:93-97.

Seiskari, P. 1957a. Riekon talvisesta ruokailusta. Suomen Riista 11:43-47.

- 1957b. Teeren talvisesta ruokailupaikan rakenteesta. Suomen Riista 11:141-144.

- 1963. Metsät ja riista. Metsästys ja kalastus 1.

Timonen, E. 1973. Metsänparannustoiminta on myös luonnonhoitoa. Eränkävijä.

Uusvaara, O. 1963. Pyyn elinympäristöjen metsikkörakenteesta. Suomen Riista 16:31-45.

Veijalainen, H. 1974. Metsän parannettu ja luonnontilainen suo eläinten talvisena elinympäristönä. Summary: Winter habitat preferences of wild animals on improved and virgin peatland. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1974(3). 10 s.

7. ERITYISKYSYMYKSIÄ

71. Suopuustojen kasvuhäiriöt

Kimmo K. Kolari

711. Kasvuhäiriöprojektin taustaa

Männyn kasvuhäiriöihin viittaavia havaintoja tehtiin ojitetulla soilla ja lannoituskoekentillä jo 1950-luvulla. Havainnot ojitusalueiden metsittymisen epäonnistumisista ja niiden tuntemattomista kasvuhäiriöistä panivat suontutkimusosastolla alulle yksittäisiä tutkimushankkeita sekä myös pääravinteiden puuteoireiston kuvaamisen (1950-68). Kasvuhäiriö ei ollut mikään tunnettu ravinnepuutosoire, ei myöskään hyönteis-, sieni- tai muu tunnettu bioottinen tai abioottinen tuho. Ilmiö yleistyi 1970-luvulle tultaessa ja sitä esiintyi myös kuusella sekä koivulla. Tämän jälkeen päästiin suontutkimusosastolla professori Olavi Huikarin johdolla kasvuhäiriötutkimuksen työryhmävaiheeseen (1969-75). Vuonna 1976 perustettiin kasvuhäiriöprojekti suontutkimusosastolla ja vuonna 1977 Metsäntutkimuslaitos asetti virallisesti kasvuhäiriöprojektin.

712. Männyn kasvuhäiriö

Kehitys ja oireet

Männyn kasvuhäiriötä edeltää puun hyvä kasvu, usein jopa poikkeava rehevyys. Yleinen neulasmassan runsaus ja oksien voimakas kasvu ovatkin usein kasvuhäiriöriskin varhaisia oireita. Pääravinnepuutosten poissulkemiseksi havainto on myös käyttökelpoinen ja välttämätön kasvuhäiriön tuntomerkki. Muita kasvuhäiriön esioireita ovat lisääntynyt oksien määrä oksakiehkuroissa ja pystyoksien esiintyminen.

Ensimmäiset kasvuhäiriön ulkoiset oireet näkyvät männyllä tavallisesti alkukesällä. Ensin muodostuu normaalia lyhyempi, usein vajaasti kehittynyt latvakasvain. Oireen aste voi vaihdella lievästä kärkikasvun heikkenemisestä täydelliseen latvakasvaimen puuttumiseen. Ns. latvakato syntyy, kun kasvain kuolee joko samana tai seuraavana kesänä. Tällöin puu pyrkii usein muodostamaan sivukasvaimista korvaavan latvan. Latvakato voi uusiutua, jolloin elpyminen hyvänkin alun jälkeen saattaa loppua.

Kasvuhäiriön puhkeamiseen ja usein myös esioireiden yhteyteen liittyy tavallisesti tiettyjä poikkeavuuksia ja epämuodostumia pääte- ja sivusilmuissa, latvakasvaimissa ja niiden neulasissa. Monet näistä oireista esiintyvät myös latvakatojen toistuessa.

Kasvuhäiriötilan jatkuessa puu kehittyy monilatvaiseksi, tyvekkääksi ja usein tanakkaoksaiseksi. Pitkäaikainen häiriö johtaa puun tasalatvaiseen tai pensasmaiseen ulkoasuun. Tässä tilassa mänty on erityisen altis lumi-, sieni- ja hyönteistuhoille.

Melkein kaikki kasvuhäiriöpuille ominaiset ulkoasuoireet vastaavat havupuilla boorinpuutteessa tunnettuja oireita. Lisäksi kasvuhäiriöpuilla on havaittu muidenkin hivenravinteiden puutostiloihin liittyviä osaoireita. Monioireisena kasvuhäiriöön saattaa liittyä myös usean hivenravinteen samanaikainen puutos sekä samanaikaisia pääravinnetalouden häiriöitä.

Kasvuhäiriöpuilla on myös havaittu päätesilmuissa, latvakasvaimissa, neulasissa ja juurissa anatomisia muutoksia, jotka muistuttavat havupuiden boorinpuutosoireita. Tosin on havaittu, että myös fosforin- ja kalinpuutteessa männyn neulasissa esiintyy samankaltaisia oireita. Täten kasvuhäiriön anatomisten oireiden tulkintaan on toistaiseksi syytä suhtautua varauksin.

Laajuus ja esiintymisalueet

Käytännön metsätalouden kenttäorganisaatioille suunnatun kyselyn mukaan Suomessa arvioitiin vuosina 1976-81 olleen kasvuhäiriöiden vaivaamia, etupäässä nuoria mäntyvaltaisia suometsiä n. 100 000 hehtaaria eli n. 2 % ojitettujen soiden pinta-alasta. Eniten kasvuhäiriötä esiintyi maan keskiosissa, Pori-Joensuu linjan pohjoispuolella.

Kasvuhäiriötä selvitettiin myös valtakunnan metsien inventoinneissa keräämällä havaintoja puiden monilatvaisuudesta. Inventointien mukaan monilatvaisuus oli varsin harvinainen ilmiö 1970-luvun lopun ja 1980-luvun alun metsissä.

Valtaosa männyn kasvuhäiriöpuustoista sijaitsi ojitetuilla ja lannoitetuilla soilla tai metsitetyillä turvemaan pelloilla. Yksittäisten kasvuhäiriöalueiden pinta-alat olivat yleisimmin 1-8 hehtaaria.

Kasvuhäiriön vaivaamat rämeet olivat varsin ravinnerikkaita: suursaraisia, ruohoisia tai lettoisia. Karuilla rämeillä kasvuhäiriötä esiintyi harvoin. Piensaraisilla ja tupasvillaisilla rämeillä kasvuhäiriö esiintyi lähes aina päätyyppiä ravinteikkaammissa painanteissa tai osakuvioissa. Myös lähes kaikki nevaksi tai korveksi luokitetut kasvupaikat, joissa kasvuhäiriö esiintyi, olivat ravinteisuusasteikon yläpäästä.

Ravinteisuustasoon liittyen turvemaiden männiköiden kasvupaikoista on voitu osoittaa kasvuhäiriöriskiä ennustavia tekijöitä mm. turpeen ravinteista (runsas typpi ja fosfori) ja vesitaloudesta (rimpi- ja saraturvepainanteet, vajaa- tai ylikuivatus sekä roudan viipyminen).

Ravinneanalyysit

Nuorilla männyillä (2-8 metriset) kasvuhäiriöriskiä ilmentävät neulasten korkeat typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet sekä alhainen booripitoisuus. Booripitoisuuksien (alle 5 ppm) todettiin yleensä merkitsevän kasvuhäiriötä ja pitoisuuksien 5-10 ppm boorinpuutosaluetta, jossa kasvuhäiriö usein puhkeaa.

Kasvuhäiriöalueiden mäntyjen päätesilmuissa, latvakasvaimissa ja viimeisen vuosikerran neulasissa on lisäksi havaittu kasvukauden aikaisia eroja aineenvaihduntatuotteiden pitoisuuksissa ja entsyymien aktiivisuuksissa. Havaitut erot yhdessä alhaisten booripitoisuuksien kanssa viittaavat kasvukauden aikaiseen akuuttiin boorinpuutteeseen, jonka seurauksena osa puista on kärsinyt latvakadoista.

Kasvuhäiriö ja metsänparannustoimenpiteet

Metsäojitustoiminta sinänsä ei ole kasvuhäiriön syy. Silti kasvuhäiriöriski paljastuu useimmiten vasta ojituksen jälkeen puustoisillakin soilla.

Nevojen metsitysalueilla on todettu typpilannoituksen kasvuhäiriötä lisäävä vaikutus. Karuilla rämeillä (PsR, TR ja IR) ei voimakaskaan NPK-lannoitus ole yleensä aiheuttanut kasvuhäiriötä. Sitävastoin runsastyppisillä vanhoilla ojitusalueilla typpeä sisältäneet lannoitukset ovat lisänneet kasvuhäiriöiden määrää NK-lannoitusta lukuunottamatta.

Metsänviljelyalueilla todetuissa kasvuhäiriötapauksissa on vaikuttanut usein siltä, että kasvuhäiriön syy on väärin valitussa puulajissa tai heikossa istutusmateriaalissa. Mäntyä on istutettu tällöin liian ravinnerikkaille kasvupaikoille. Kun lisäksi on vielä suoritettu virheellisiä lannoituksia, ovat kasvuhäiriön syntymisen edellytykset olleet

olemassa. Myös vanhojen suopeltojen metsitysalueilla kasvuhäiriöriski on osoittautunut suureksi, mikä viittaa viljelystä aiheutuneeseen maan hivenravinnevarastojen ehtymiseen ja pää- ja hivenravinteiden tasapainottomuustiloihin.

Kasvuhäiriön torjunta käytännön metsätaloudessa

Kasvuhäiriöalueille perustetuilta lannoituskokeilta on saatu sekä hyviä että huonoja torjunta- ja elvytystuloksia. Jos torjuntalannoitus on tehty liian myöhään, on tulos ollut yleensä heikko.

Typpirikkailla alueilla boorin puutteesta aiheutuva kasvuhäiriö häviää nykyisellä booria sisältävällä suometsien PK-lannoksella. Myös puun ja kuoren tuhka ovat antaneet hyviä tuloksia samoin kuin erilaiset hivenseokset. Karuilla, heikon typpitalouden soilla on huolehdittava myös typen riittävyydestä.

Osa kasvuhäiriöistä on selvästi kesätulvan tai paannejään aiheuttamia. Yleensä häiriö paranee kuivien kesien aikana, mutta ilman ojitustehon lisäystä on häiriön uusiutumisen vaara olemassa. Täten oikealla ojien mitoituksella ja ajoissa suoritetulla ojanperkauksella voidaan epäilemättä ehkäistä monien kasvuhäiriöiden syntyminen. Äkillisiä, kroonisiksi muuttuvia kaliumin puutteesta aiheutuvia kasvuhäiriöitä voidaan torjua myös tuhka- ja PK-lannoituksin, joskin on varottava kohottamasta fosforiannosta liian suureksi.

713. Kuusen kasvuhäiriö

Kuusen ja männyn kasvuhäiriön peruspiirteet ovat samat. Kuusen kasvuhäiriölle on latvakasvaimen kärkikasvun heikentymisen ja latvakadon ohella tunnusomaista latvuksen kulmikas ulkonäkö, joka erottaa kasvuhäiriökuuset latvukseltaan

pallomaisista, hallavaurioista kärsineistä kuusista. Joissakin tapauksissa esiintyy latvojen liikakasvun yhteydessä latvakasvaimen laakautumista. Myös neulasten kierteisyyttä ja mutkaisuutta esiintyy ennen latvakatoa. Kuusella oksat eivät yleensä kehity yhtä tanakoiksi, eikä latvan monihaaraisuus ole yhtä selvä kuin männyllä. Latvan korvaava sivukasvain jättää yleensä runkoon pienemmän mutkan kuin männyn vastaavassa elpymistapahtumassa on tavallista.

Kuusen kasvuhäiriöalueen tunnistaminen voi tapahtua epäsuorasti saman kasvupaikan kasvuhäiriömäntyjen perusteella. Havainto on varmistettavissa myös neulasanalyysin avulla.

Kuusella selvin kasvuhäiriölle tyypillinen piirre on alhainen booripitoisuus (6-8 ppm), joka on todettu myös varmaksi erottavaksi tuntomerkiksi kasvuhäiriön ja hallavaurioiden välille.

Tuhkalannoitus soveltunee kuusenkin kasvuhäiriön torjuntaan. Kuusella kokeita on tehty toistaiseksi niin vähän, ettei mitään varmaa vielä voida sanoa. Kuitenkin on käynyt ilmi, ettei monipuolinenkaan pääravinne-hivenravinneseos pysty estämään kuusen hallatuhoja. Teoriassa se voi niitä vähentää, koska hyväkasvuinen taimi ohittaa nopeammin hallarajan kuin huonokasvuinen.

714. Koivun kasvuhäiriö

Kasvuhäiriölle ominaista latvakatoa ja pensastumista on havaittu myös hies- ja rauduskoivulla. Hieskoivulla kasvupisteiden ja kasvainten toistuva kuoleminen, jota usein esiintyy koko latvuksen yläosassa, johtaa tasalatvaiseen ja luutamaiseen ulkoasuun. Tällaista oireistoa tavataan ojitusalueilla yleisesti männyn kasvuhäiriön rinnalla. Hieskoivulla on myös todettu kasvuhäiriölle tyypillisenä lehtien alhainen (alle 5 ppm) booripitoisuus. Näyttää

siltä, että männyn kasvuhäiriöalueilla myös lehtipuulajit, kuten leppä, haapa ja pajut, ovat alttiita kasvuhäiriöille.

Tuhkalannoitus soveltunee hyvin koivun kasvuhäiriön torjuntalannoitteeksi. Eräissä tapauksissa ojituksen tehostaminen on ollut riittävä toimenpide.

Kirjallisuutta

Kolari, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa - kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland - a review. Folia Forestalia 389. 37 s.

Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Growth disturbances of forest trees. Interim report. Folia Forestalia 601. 41 s.

72. Happamuus - suon ainekiertojen avain?

Antti Pätilä

721. Miksi happamuustutkimusta

Suot ovat tunnetusti happamia kasvupaikkoja. Turpeen happamuuden lisääntyminen syvemmistä kerroksista suon pintaan tultaessa ja mentäessä reheviltä kasvupaikoilta karuille on tunnettu jo kauan (Lukkala 1929, Kivinen 1932). Samoin pitkään on ollut tunnettua turvemaan happamuuden ja pintakasvillisuuden lajikoostumuksen välinen suhde (Kotilainen 1933) sekä happamuuden ja tärkeimpien kasviravinteiden välinen suhde (Vahtera 1955). Sen sijaan tietämys turpeen ja turvetta muodostavien kasvien kyvystä syntetisoida, pidättää tai vapauttaa happoja on ollut vähäistä. Vaikka aihepiiriin liittyvää tutkimusta on maassamme tehty jo 1950-luvulla (Puustjärvi 1956), on vasta 1980-luvulla tätä turvemaan ainekiertoja keskeisesti säätelevää prosessia ryhdytty tarkastelemaan uudelleen ja laajemmissa yhteyksissä (Sallantaus 1987). Todettakoon kuitenkin, että tällä hetkellä perusteellisimmat turvemaan ainekiertoja koskevat selvitykset on tehty Pohjois-Amerikassa (Hemond 1980, Urban ja Bayley 1986).

Lisääntynyt tiedontarve turvemaiden pH-säätelystä ja sen vaikutuksista soiden ainekiertoihin on aiheutunut halusta tietää mm.

- kuinka erilaiset metsänparannustoimet vaikuttavat turvemaan happamuuteen, joka säätelee keskeisesti mm. kasviravinteiden liukoisuutta

- kuinka soilta tuleva hapan valunta vaikuttaa vastaanottavien vesistöjen veden laatuun ja erityisesti niiden puskurointiominaisuuksiin

- kuinka ilmalevintäiset rikin ja typen oksidit vaikuttavat suoekosysteemeissä

722. Happamuus ja suon progressiivinen kehitys

Humidisessa ilmastossa pääasialliset turvetta muodostavat kasvit ovat rahkasammalet. Soistumiselle otolliset olosuhteet vallitsevat silloin, kun liiallisen märkyyden takia orgaanisen materiaalin hajoaminen on epätäydellistä ja humusta alkaa muodostua. Humuksen orgaanisten happojen aiheuttama happamuus ja kasvupaikan märkyys suosivat rahkasammalten kasvua putkilokasvien kustannuksella. Rahkasammalkasvuston kehittyminen happamoittaa kasvupaikkaa edelleen. Suon kehityksen alkuvaiheessa rahkasammalten synnyttämä happamuus kuitenkin suurelta osin neutraloituu suon valuma-alueelta tulevien mineraalipitoisten valumavesien vaikutuksesta. Mineraalien vaikutus näkyy turpeen korkeana tuhkapitoisuutena. Turvekerroksen paksuuden kasvaessa kontakti mineraalipitoisiin valumavesiin katkeaa ja suo muuttuu vähitellen pääosin sadeveden varassa eläväksi ombrogeeniseksi suoksi. Ombrogenia suosii vielä happamampiin olosuhteisiin sopeutuneita sammalia, jotka happamoittavat ympäristöään edelleen lisää. Ääriesimerkkeinä happamuuden suosimisesta ja tuottamisesta voidaan pitää erityisesti karujen soiden mätäspinnoilla kasvavia rahkasammallajeja Sphagnum nemoreum, S. rubellum ja S. fuscum.

Ombrogenian lisääntyessä myös suolta tulevan valunnan laatu muuttuu. Mm. orgaanisen aineen ja fosforin pitoisuus valunnassa saattaa lisääntyä, koska kivennäismaakontaktin osuus näiden aineiden pidännässä vähenee turvekerroksen kasvaessa.

723. Happamuuden synty suolla

Suon vetyionitaseen kvantifionti on vaikeaa. Tämä aiheutuu siitä, että suo on sekä happoja tuottava että kuluttava ekosysteemi, jossa tuotannon tai kulutuksen intensiteetin määrää suurelta osin alueellinen ja paikallinen hydrologia.

Mm. Kivinen (1932) totesi, että rahkasammalet kykenevät tuottamaan happoja. Kivinen otaksui tällöin, että kyseessä olisivat vahvat mineraalihapot kuten rikkihappo. Myöhemmin on kuitenkin osoittautunut, että rahkasammalten tuottamat hapot ovat heikkoja happoja, tyypiltään polygalakturonihappoja (PGA) (Clymo 1963).

Polygalakturonihapot vastaavat turpeen suuresta kationinvaihtokapasiteetista. Uronihappojen kationinvaihtopaikat muodostuvat pääosin karboksyyliryhmistä (COOH), jotka maassa vallitsevilla happamuustasoilla esiintyvät vain osittain dissosioituneina. Karboksyyliryhmässä kationinvaihto tapahtuu siten, että dissosioitumisen (es. COOH -----> $COO^{-}H^{+}$) tuloksena metalli-ioni vaihtuu vetyioniin ja vetyioni siirtyy liuokseen happamoittaen sitä. Ilmiön seurauksena maanesteen pH laskee eli maan aktiivinen happamuus lisääntyy. Toisin sanoen karboksyyliryhmän dissosioitumisen ja kationinvaihdon seurauksena 'sidotut' vetyionit vapautuvat lisäten maan vesiuutoksen vetyionipitoisuutta eli aktiivista happamuutta.

Rahkasammalten galakturonihappopitoisuudella ja kationinvaihtokapasiteetilla on kiinteä riippuvuus. Kun eri rahkasammallajien keskimääräinen PGA-määrä on 0.8-1.0 mekv/g ka. sekä sammalten kationinvaihtokapasiteetti keskimäärin 0.8-1.0 mekv/g ka. (Spearing 1972), voidaan teoriassa laskea kationinvaihtopaikkojen (ja myös happamuuden) tuotanto kun tunnetaan rahkasammalen kasvunopeus. Käyttämällä esimerkiksi karun rämeen mättäälle ominaista sammalkerroksen

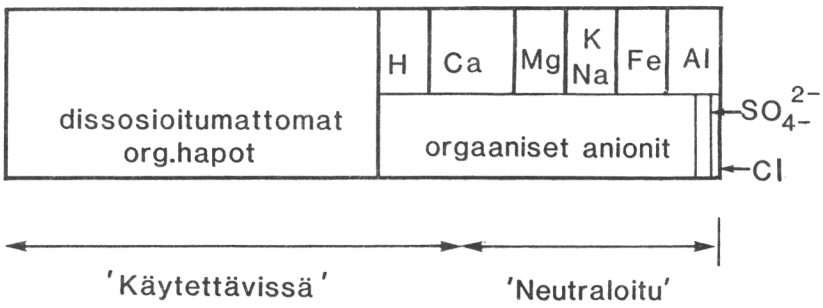
tuotosarvoa 100 g ka./m^2/v, saadaan kationinvaihtokapasiteetin vuotuiseksi tuotannoksi 80-100 mmol/m^2. Biomassan muodostuminen kuitenkin edellyttää ravinnekationien sitoutumista vaihtopaikkoihin ja vetyionien vapautumista liuokseen, jonka seurauksena maan aktiivinen happamuus lisääntyy. Sitoutuneiden kationien määrän pitäisi vastata vapautuneiden (dissosioituneiden) vetyionien määrää, joten ainakin teoriassa voidaan laskea kationinvaihdon aiheuttaman happamuuden lisäys turvemaassa.

Happamuus lisääntyy kuivissa olosuhteissa kuten mätäspinnoilla. Syynä tähän on se, että mättäillä kasvavilla rahkasammallajeilla PGA-tuotanto on suurempi kuin tasapinnoilla kasvavilla lajeilla. Lisäksi mättäät ovat tasapintoja kuivempia kasvupaikkoja ja jo samakin vetyionimäärä konsentroituneena pienempään vesimäärään johtaa alhaisiin pH-arvoihin mättäillä.

Edellä on kuvattu rahkasammalten orgaanisten happojen tuotanto ja kationinvaihto selittävät erityisesti karujen soiden pintakerroksen korkeaa happamuutta ja suurta kationinvaihtokapasiteettia.

Paljon ongelmallisempaa on selittää, mitä rahkasammalten vetyioneille ja kationinvaihtopaikoille tapahtuu, kun rahkasammalbiomassa hajoaa epätäydellisesti ja kerrostuu turpeen hapettomaan kerrokseen. Hajoamisen ja kerrostumisen yhteydessä nimittäin 80-90 % kasvimassasta menetetään (Clymo 1984), mutta kationinvaihtokapasiteetti pysyy pitkällekin maatuneessa turpeessa suunnilleen samana verrattuna heikosti maatuneeseen pintaturpeeseen. Rahkasammalen kerrostuessa karboksyyliryhmät (COOH) hajoavat hiilidioksidiksi ja vedeksi. Sen sijaan happoradikaalien (COO^-R^+-) reaktioita ei tunneta. Eräs mahdollisuus on se, että mikrobit ottavat karboksylaatti-ionin (COO^-) ja vapauttavat vastaavasti orgaanisen anionin tilalle (Clymo 1987). Värikkäissä suove-

sissä ja soiden valumavesissä on runsas kationiylimäärä, jonka tasapainottuminen joka tapauksessa edellyttää orgaanisten anionien olemassaoloa riippumatta niiden syntytavasta. Ionitase suovesissä ja soiden valuvesissä voisi olla esimerkiksi seuraava (Urban ym. 1987):



Tilanne kuvaa pelkistäviä olosuhteita, koska sulfaattina huuhtoutuvan rikin osuus on hyvin alhainen.

Orgaanisilla dissosioitumattomilla hapoilla (kuvassa 'käytettävissä') on merkittävä vaikutus soiden soilta valuvan veden ja humuspitoisten järvien puskuriominaisuuksiin. Koska suovesien orgaanisten heikkojen happojen dissosiaatiovakioiden arvot pääosin sijoittuvat välille 3-5, on tällä soiden liuenneella orgaanisella aineksella voimakas puskuroiva vaikutus sekä happamaan että neutraaliin suuntaan soiden ja humuspitoisten järvien kannalta oleellisilla happamuustasoilla.

724. Rikin ja typen pidättyminen soilla

Ilmasaastekeskustelun myötä kiinnostus laskeumaperäisen rikin ja typen yhdisteiden reaktiohin myös turvemailla on lisääntynyt. Etelä-Suomessa vuotuinen rikkilaskeuma on ainakin 10 kg/ha ja typpilaskeuma alle 10 kg/ha (Järvinen

1986). Nitraatti-ja ammoniumtypen osuudet typpilaskeumasta ovat samaa suuruusluokkaa.

Anaerobi turve pidättää rikkiä tehokkaasti. Turpeessa yli 90 % rikistä on sitoutunut anaerobin kerroksen orgaaniseen aineeseen ja loppu esiintyy pääsosin rikkivetynä. Anaerobeissa olosuhteissa soilla orgaanisen rikin lähde on ilmeisesti sulfaatti. Sulfaatti-ioni ei kuitenkaan suoraan liity orgaaniseen aineeseen, vaan ilmeisesti se pelkistyy ensin ehdottomasti anaerobisten sulfaattia pelkistävien bakteerien toimesta rikkivedyksi, joka yhdistyy orgaaniseen aineeseen (Brown 1985, 1986) soiden hapettomissa kerroksissa.

Rikin pidättyminen soihin on ns. happaman sateen vaikutusten kannalta mielenkiintoinen ilmiö. Laskeuman mukanaan tuomasta sulfaatista saattaisi turpeeseen pidättyä 60-90 % (Urban ym. 1987). Kun kivennäismailla sulfaatin pidättymisestä vastaavat positiivisesti varautuneet alumiinin ja raudan hydroksidit (Singh 1980), turvemailla pidättyminen voisi tapahtua pääosin edellä kuvatun mikrobiologisen pelkistysreaktion kautta. Tämän pelkistystapahtuman seurauksena kasvualustan happamuus vähenee. Kuitenkin suon pohjavesipinnan aleneminen esimerkiksi kuivan kauden tai ojituksen seurauksena aiheuttaa pelkistyneiden rikkiyhdisteiden hapettumista ja sateet mahdollistavat niiden huuhtoutumisen happamina sulfaatteina. Näinollen hydrologia määrää pitkälti suon kyvyn pidättää laskeumaperäistä rikkiä. Joka tapauksessa rikkikuorma esimerkiksi Etelä-Suomessa on niin suuri, että sen tulisi näkyä kohonneina rikkiarvoina ainakin turvemaiden pintakerroksessa kuten se näkyy happamoituneiden järvien pohjasedimenteissä (Kokkonen ja Tolonen 1987).

Kasvit käyttävät yleensä tehokkaasti laskeuman ammoniumin ja nitraatin. Juuren ottaessa ammoniumionin kasvi vapauttaa vetyionin, jolloin maaneste happamoituu. Sen sijaan nitraatti-ioni vaihtuu hydroksyyli-ioniin, joka taas neutraloi

maanestettä. Soilla, joilla nitrifikaatio on vähäistä, kasvien pääasiallinen typen lähde on näinollen todennäköisesti ammonium (Dickinson 1983). Kuitenkin rahkasammalten on todettu ottavan tehokkaasti myös nitraattityppeä yhdessä ammoniumtypen kanssa (Rudolph ja Voigt 1986). Soilla nitraattityppi voi myös pelkistyä ammoniumiksi (se voi denitrifikoitua) tai huuhtoutua (kts. Hemond 1980).

Typpitaseen ja typpitaseen muutosten aiheuttamien pH-muutosten laskeminen soille on vaikeaa. Joka tapauksessa suo toimii tehokkaana epäorgaanisen typen sitojana ja orgaanisen typen varastona.

725. Osaprosessien merkityksestä

Edellä on hahmoteltu eräitä soiden ainekiertoja, joilla on merkitystä soiden ja suolta tulevan valunnan pH-säätelyssä. Tarkastelu on kuitenkin vajaavainen, koska jokaisen osaprosessin sisällä tulisi tarkastella hydrologian ja turpeen hajoamisen (maatumisen) vaikutusta ainekiertoihin. Kuitenkin harvat soille tehdyt protonitaseet osoittavat, että keskeisin soiden pH-tasapainoa säätelevä tekijä olisi suokasvien, lähinnä rahkasammalten tuottamat orgaaniset hapot. Vaikka tätä huomattavasti suurempi happomäärä syntyy kasvien ravinteiden oton seurauksena, näyttäisi ravinteiden oton aiheuttama happamuus lähes kokonaan neutraloituvan hajotuksen tuloksena.

Jos verrataan edellä hahmoteltua soiden happamuudentuottoa esimerkiksi Suomen eteläosien vahvojen happojen laskeumaan todetaan, että nk. happolaskeumalla on varsin vähäinen merkitys soiden vetyionitaseessa. Lisäksi suovesistä tehdyt titraukset osoittavat, että dissosioitumattomien heikkojen happojen määrä on useita kertoja suurempi kuin vahvojen happojen määrä. Tämä osoittaa, että suot ja erityisesti karut suot ovat erittäin voimakkaasti puskuroituneet alhaisiin

pH-arvoihinsa. Näinollen esimerkiksi ilmansaasteiden vaikutusten kannalta saattaisi olla mielekkäämpää tarkastella laskeuman muiden ionien kuin vetyionien reaktioita soilla.

Kirjallisuutta

Brown, K.A. 1985. Sulphur distribution and metabolism in waterlogged peat. Soil Biol. Biochem. 17(1):39-45.

- 1986. Formation of organic sulphur in anaerobic peat. Soil Biol. Biochem. 18(2):131-140.

Clymo, R.S. 1963. Ion exchange in Sphagnum and its relation to bog ecology. Annals of Botany 27(106):309-324.

- 1984. The limits to peat bog growth. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 303:605-654.

- 1987. Interactions of Sphagnum with water and air. Teoksessa: Hutchinson, T.C. Meema, K.M. (toim.) Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands and agricultural ecosystems. NATO ASI Series G 16. Springer- Verlag. s. 513-529.

Dickinson, C.H. 1983. Micro-organisms in peatlands. Teoksessa: Gore, A.J.P. (toim.) Ecosystems of the world 4 A. Elsenvier Scientific Publishing Company. s. 225-245.

Hemond, H.F. 1980. Biogeochemistry of Thoreau's Bog, Concord, Massachutsetts. Ecological Monographs 50(4):507-526.

Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa 1971-1982. Vesihallituksen monistesarja 408. 142 s.

Kivinen, E. 1932. Sphagnum-lajien reaktioista. Valtion Maantutkimuslaitos. Agrogeologisia julkaisuja 33. 27 s.

Kokkonen, P. & Tolonen, K. 1987. Analysis of organic and inorganic sulfur constituents and S-isotopes in dated sediments of forest lakes in southern Finland. Water, Air and Soil Pollution 35:157-170.

Kotilainen, M.J. 1933. Zur Frage der pH-Amplitude einiger

Moorpflanzen. Suomen Suoviljelysyhdistys. Tieteellisiä julkaisuja 13. 31 s.

Lukkala, O.J. 1929. Über den Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf denselben. Suomenkielinen selostus: Soiden happamuusasteesta ja ojituksen vaikutuksesta siihen. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen julkaisu 13. 24 s.

Puustjärvi, V. 1956. On the cation exchange capacity of peats and the factors of influence upon its formation. Acta Agriculturae Scandinavica 6(4):410-449.

Rudolph, H. & Voigt, J. U. 1986. Effects of NH^+_4-N and NO^-_3-N on growth and metabolism of Sphagnum magellanicum. Physiol. Plant. 66:339-343.

Sallantaus, T. 1987. Turvetuotanto vesistöjen kuormittajana - vertailu muihin soiden käyttömuotoihin. Moniste Helsingin yliopiston limnologian laitoksella. 49 s.

Singh, B.R. 1980. Distribution of total and extractable S and adsorbed $^{35}SO_4^{2-}$ in some acid forest soil profiles of southern Norway. Acta Agriculturae Scandinavica 30:357-363.

Spearing, A.M. 1972. Cation-exchange capacity and galacturonic acid content of several species of Sphagnum in Sandy Ridge Bog, Central New York State. Bryologist 75:154-158.

Urban, N.R. & Bayley, S.E. 1986. The acid-base balance of peatlands: a short-term perspective. Water, Air and Soil Pollution 30:791-800.

- , Eisenreich, S.J. & Gorham, E. 1987. Proton cycling in bogs: geographic variation in northeastern North America. Teoksessa: Hutchinson, T.C. Meema, K.M. (toim.) Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands and agricultural ecosystems. NATO ASI Series G 16: 577-598. Springer-Verlag.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(4):1-108.

ISBN 951-40-1014-0
ISSN 0358-4283
Helsinki 1988. Hakapaino Oy