

METSÄNKASVATUKSEN PERUSTEET TURVE- JA KIVENNÄISMAILLA

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ JOENSUUSSA 1991

Päivi Mäkkeli ja Juha-Pekka Hotanen (toim.)

JOENSUU 1991

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 383

Joensuun tutkimusasema

METSÄNKASVATUKSEN PERUSTEET
TURVE- JA KIVENNÄISMAILLA

Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1991

Toimittaneet
Päivi Mäkkeli Juha-Pekka Hotanen

Joensuu 1991

SISÄLLYS

JARI PARVIAINEN: Avaussanat.....	5	
EERO PAAVILAINEN: Puuntuotannon mahdollisuudet Etelä-Suomen soilla.....	7	X
LEENA FINÉR: Turvemaiden ravinnetaseet.....	11	X
JUHA-PEKKA HOTANEN: Suotyypijärjestelmän käyttökelpoisuus ja turvekangastyypin ennustettavuus metsäojitetuilla turvemailla.....	23	9
TENHO HYNÖNEN: Turvemaapeltojen metsitys (ennakkotuloksia).....	33	T
EERO HYVÄRINEN: Pohjois-Karjalan kivennäismailla käytetyt maanmuokkausmenetelmät.....	39	X
HANNU MANNERKOSKI: Maanmuokkauksen vaikutus maan vesi-, happi- ja lämpötilouteen.....	43	X
EINO MÄLKÖNEN: Neulas- ja maa-analyysien käyttökelpoisuus metsänhoitotoimenpiteiden suunnittelussa.....	52	
TIINA HEINONEN: Puulajin ja maan välinen vuorovaikutus.....	62	

TIETOTAULUJEN LYHENNELMÄT

SEPPO KELLOMÄKI JA TIMO KARJALAINEN: Ilmaston muutos ja metsätalous.....	71
RISTO LAUHANEN: Ilmaston muutoksesta mahdollisesti hyötyvät tuohyönteiset ja -sienet Suomen metsissä: kirjallisuustarkastelu.....	73
RISTO LAUHANEN: Ilman rikkidioksidin pitkäaikaiset vaikutukset Etelä-Suomalaisen männikön kasvuun, tuotokseen ja harvennukseen: simulointimalliin perustuva tutkimus.....	74
HELI PELTOLA: Myrskytuhon syntymekanismin mallitus.....	75
JUHANI PÄIVÄNEN: Soiden hiilitase ja ilmaston muutos.....	76
U. AHLHOLM JA J. SILVOLA: CO ₂ :n vapautuminen turvetuotantokentältä ja varastoauomoista.....	77
TIMO J. HOKKANEN JA OLLI LEHTINEN: Karikkeen vaikutuksesta suonpohjaturpeen mikrobitoimintaan ja typpitaloutteen laboratorionkokeessa..	78
TIMO J. HOKKANEN, ERKKI JÄRVINEN JA TIMO KUULUVAINEN: Mäntykangashumuksen laadullisen vaihtelevuuden sekä muutamien maaperätekiöiden vaikutuksesta humuksen hajoamiseen.....	79
TANELI KOLSTRÖM: Kuusen viljelymenetelmien vertailu.....	80
TANELI KOLSTRÖM: Suomalaisten paakkutaimituotantomenetelmien soveltuminen Brasilian metsänistutuksiin.....	81
JUSSI SARAMÄKI JA PAULA SUSILA: Tuhkalannoitus kivennäismailla.....	82
JUSSI SARAMÄKI JA SANNA VALKONEN: Ennakkotuloksia pelloille viljeltyjen hies- ja rauduskoivujen kasvusta sekametsinä.....	84

Jari Parviainen

AVAUSSANAT

"Puulla parempiin päiviin" oli kansantaloutemme kohentamisen tunnus toisen maailmansodan jälkeen. Metsäpolitiikka hahmoteltiin toisaalta tehokkaan puuntuotannon ja hakkuiden, toisaalta kestäväen ja jatkuvan puunsaannin turvaavan metsätalouden varaan. Näiden suuntaviivojen varassa on toimittu liki 40 vuotta. Metsiemme nykyinen puumäärä ja kokonaiskasvu kertovat metsän kasvatuksen tavoitteiden toteutuneen jopa yli odotusten.

Metsiemme puuvarasto on 1880 ja vuotuinen kasvu 80 miljoonaa kuutiometriä. Kun metsistämme poistuva puumäärä on 55 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, jää joka vuosi metsiimme lisää puuta 25 miljoonaa kuutiometriä. Pääosa metsiemme kasvun lisääntymisestä johtuu huonokuntoisten metsien uudistamisesta, soiden ojitamisesta, taimikoiden hoidosta, metsien tihentymisestä ja lannoituksesta. Pelkästään soiden ojitus on lisännyt vuotuista kasvua noin 10 miljoonalla kuutiometrillä. Etelä-Suomen metsiä laajasti edustavat pitkäaikaiset kasvuindeksisarjat kertovat lisäksi, että toistaiseksi puiden vuotuinen kasvu on jatkunut vakaana. Typpilaskeuman ja mahdollisen kasvihuoneilmion vaikutus sisältyy kasvulukuihin, joskaan niiden vaikutusten erotteluun ei tällä hetkellä kyetä. Juuri valmistuneet uusimmat tulokset puiden harsuuntumismittauksista osoittavat, että harsuuntumistunnuksissa ei ole tapahtunut kahden viime vuoden aikana olennaisia muutoksia. Pikemminkin männyn neulasisto on lievästi runsastunut kesällä 1990.

Vaikka metsiemme puuvarasto ja määrällinen kasvu ovat korkeat, emme tunne vielä riittävän hyvin metsien kasvatuksen perusteita ja menetelmiä. Jos metsänuudistamisessa noin kolmannes uudistamisaloista on tiheydeltään liian harvoja, istutustaimista kuolee kolmannes ja luontainen uudistaminen johtaa vielä useammin kuin viljely aukkoisiin taimikoihin, tulos ei voi olla täysin tyydyttävä. Onnistumistasoa voidaan kohottaa uusien tutkimusten, uusien tietojen ansiosta, mutta myös käytännön toimenpiteitä on vielä hiottava.

Vastaavalla tavalla voidaan osoittaa lukuisia määriä muita kysymyksiä, jotka kaipaavat lisäselvityksiä. Niitä tarvitaan ennen muuta metsäpuiden jalostussiemenen käytöstä, kylvöstä, luontaisen uudistamisen ja viljelyn valintapäätöksistä, maanmuokkaustavoista, puulajivalinnasta, sekametsistä ja männiköiden teknisen laadun kehittymisestä. Metsätalouden perusparannustöiden turvaaminen tarvitsee tietoja mm. kunnostusojituksesta, turvemaiden luokittelusta, jatkolannoituksesta ja metsien käsittelymenetelmistä. Tärkeä ja heikosti tunnettu alue on myös metsätalouden ympäristövaikutukset. Perustietoja puuttuu mm. metsäojituksen, avohakkuiden, maanmuokkauksen ja metsien lannoituksen vaikutuksista metsäluontoon, paikallisilmastoon ja vesistöihin. Siis kaikkiaan tarvitaan lisää erillistutkimusta, mutta samalla myös entistä enemmän kokonaistarkasteluja, oppikirjoja, asiantuntijajärjestelmiä, kirjallisuuskatsauksia ja tietorekistereitä.

Toisaalta nykyisessä tilanteessa kun puuta kertyy metsiimme jatkuvasti lisää, metsän kasvatustavoitteet vaativat uudelleenarviointia. Sitä tehdään Metsä 2000 -ohjelman tarkistuksen yhteydessä. Metsien kehitystä ennustetaan 20-30 vuoden

päähän. Lähtökohtana metsien käyttövaihtoehtojen arvioinnille ovat nykymetsät, niiden ikä- ja kehitysluokkarakenne sekä malli metsän oikeasta kasvatustavasta. Metsänkasvatuksen periaatteita rakennetaan hyvän metsänhoidon pohjalle.

Määrittelyt kaipaavat kuitenkin täsmennyksiä. Näköpiirissä on, että metsiä ei hoideta siten kuin niiden tila vaatisi. Kaikkialla tavoitellaan luonnonmukaisuutta. Esiintyy monenlaisia arvioita siitä, kuinka metsien kehitykseen vaikuttavat ilman epäpuhtaudet? Hakkuut eivät ole tasapainossa metsien kasvun kanssa. Hakkaamattomuus johtaa metsien yli-ikäistymiseen ja tiheytymiseen sekä samalla tuhokestävyyden heikentymiseen.

Hyvän metsänhoidon käsite ei ole yksiselitteinen. Kaikki metsien käsittely on Suomessa pyritty tekemään metsien luonnonmukaista kehitystä jäljitellen. Erkki K. Kalelaa (1948) lainaten, luonto ja ihminen ikäänkuin työskentelevät samaan suuntaan, samojen päämäärien hyväksi. Luonnonvastaisiksi Kalela määritteli mm. harsinnan tapaiset hakkuut. Voiko hyvä metsänhoito kuitenkaan pitää sisällään yhtä aikaa kaikki metsänhoidon tavoitteet: taloudellisuus, korkean metsänhoidollisen tilan ylläpito, metsien terveydenhoito, puuntuotannon kohottaminen, luonnonmukaisuus ja metsien monikäyttö- ja virkistystarpeet? Puhutaan monimuotoisesta metsänkasvatuksesta, koko metsäluonnon hoidosta.

Kun arvioidaan metsien kasvatuksella saatavia hyötyjä, on tärkeää määritellä täsmällisesti, mitä toimenpiteitä hyvällä metsänhoidolla tarkoitetaan. Metsänomistaja haluaa tietää, mitä hyötyä metsänhoitotoimenpiteistä hänelle on, koska jokaisen toimenpiteen toteutus aiheuttaa kustannuksia, olipa toimenpide kuinka tehokas tai luonnonmukainen tahansa. Esimerkiksi erämetsien hoito-ohjeissa "luonnonmukainen metsien hoito" kieltää avohakkuun, aurauksen ja istutuksen. Käsitteiden selventämiseksi metsänkasvatuksen eri toteutustasot voisi jakaa vaikkapa seuraavasti:

- intensiivinen, hyvään taloudelliseen tulokseen pyrkivä metsänkasvatus
- metsänhoidollisen ihannetilan ylläpitävä metsänkasvatus
- toimenpiteiden "laiminlyönnin" sisältävä metsänkasvatus
- luonnonmukainen metsien kasvatus

Selkeämmillä perusteilla voidaan silloin arvioida, kuinka metsien kasvatus-toimenpiteet vaikuttavat hakkuumääriin ja taloustulokseen. On sen jälkeen sopimuskysymys, mille tasolle puuntuotanto Suomessa asetetaan ja mitä metsänkasvatuksen intensiivisyystasoa halutaan kulloinkin edistää.

Näiden tutkimuspäivien teemana on "metsänkasvatuksen perusteet turve- ja kivennäismailla". Aihe kuvaa hyvin Joensuun tutkimusaseman 10-vuotisen toiminnan painoaloja. Aseman perustamisesta alkaen tutkimusta on suunnattu tähän teemaan. Pohjois-Karjala tehokkaasti metsiä hyödyntävänä metsämaakuntana ja Metsähallituksen ns. Nurmes-suunnitelman alue olivat eräs peruste Joensuun tutkimusaseman perustamiselle. Metsien monikäyttötutkimus on saanut myös aseman toiminnassa paljon painoa. Uusinta kehitystä edustaa ns. erämaametsien tutkimus. Tavoitteena on laatia mittarit ns. talousmetsien ja luonnonmetsien selkeälle erottelulle. Toivotan virikkeellistä tutkimuspäivää.

Eero Paavilainen

PUUNTUOTANNON MAHDOLLISUUDET ETELÄ-SUOMEN SOILLA

Puuston tilavuus ja kasvu VMI:n tulosten mukaan

Soiden pinta-ala oli Etelä-Suomessa valtakunnan metsien 7. inventoinnin (1977-82) mukaan 3 455 000 ha (Paavilainen & Tiihonen 1988). Suot jakautuivat eri maaluokkiin seuraavasti:

	1000 ha	%
Metsämaa	2687	78
Kitumaa	455	13
Joutomaa	312	9
Yhteensä	3455	100

Puuston kokonaistilavuus- ja kasvu olivat Etelä-Suomen soilla 7. inventoinnissa:

Kokonaistilavuus milj. m ³	Kokonaiskasvu
194	10,65

Valtakunnan metsien 8. inventoinnista tähän mennessä saadut tulokset, jotka kattavat Ahvenanmaan ja yhdeksän eteläisimmän metsälautakunnan alueen (Kujala 1991), osoittavat suopuustojen tilavuuden ja kasvun edelleen lisääntyneen VMI 7:n aikana vallinneesta tasosta. Puuston tilavuus oli ko. alueen soilla seuraava:

	Keskitilavuus m ³ /ha		Kokonaistilavuus 1000 m ³	
	VMI 7	VMI 8	VMI 7	VMI 8
Metsämaa	83,5	105,8	69 541	100 066
Kitumaa	7,4	15,2	782	1 546
Yhteensä	-	-	70 323	101 612

Puuston kokonaiskasvu oli ilman poistuman kasvua:

	Kokonaiskasvu 1000 m ³
VMI 7	3 819
VMI 8	4 583

Kangasmailta laskettujen kasvuindeksien mukaan sääolot olivat vertailualueella VMI 7:n vuosina kasvun kannalta paremmat kuin VMI 8:n aikana. Ero on keskimäärin n. 5 % (Helena Henttonen, suull. arvio).

Puuntuotannon mahdollisuudet

Jo 30 vuotta sitten Heikurainen (1961) on esittänyt tutkimuksiin perustuvan luotettavan arvion metsäojituksen vaikutuksesta maamme metsien kasvuun ja hakkuumääriin. Sen mukaan soita ojitettaisiin metsänkasvatusta varten Etelä-Suomessa kaikkiaan 2,738 milj. hehtaaria, minkä seurauksena puuston vuotuinen kokonaiskasvu lisääntyisi Etelä-Suomen soilla 6,329 milj. m³:sta (1963) vuoteen 1983 mennessä 8,691 milj. m³:iin ja olisi vuonna 2003 kaikkiaan 10,739 milj. m³. Tähän arvioon ei sisällynyt lannoituksen puuston kasvua lisäävä vaikutus.

1970- ja 1980-lukujen vaihteessa soita oli ojitettu Etelä-Suomessa kaikkiaan 2,443 milj. hehtaaria (Paavilainen & Tiihonen 1988). Suometsien vuotuinen kokonaiskasvu oli Etelä-Suomen soilla VMI 7:n mukaan 10,65 milj. m³ eli Heikuraisen (1961) esittämää arviota suurempi. Osa tästä erosta johtunee 7. inventoinnin kasvuarvioon vaikuttaneista edullisista sääoloista, mutta osa myös turvemaiden metsänlannoituksista sekä pienehköistä hakkuumääristä.

Arvioitaessa, mille tasolle puuston kasvu voi kaiken kaikkiaan nousta metsäojituksen vaikutuksesta Etelä-Suomen soilla, joudutaan tekemään useita olettamuksia. Tässä yhteydessä esitettävä vuonna 2000 vallitsevaa tilannetta koskeva ennuste perustuu seuraaviin olettamuksiin:

- Uudisojituksia tehdään 7. inventoinnin jälkeen ko. inventoinnin yhteydessä suoritettujen tarvearvioinnin mukaisesti eli ojitettujen soiden kokonaispinta-ala tulisi olemaan v. 2000 Etelä-Suomessa 3,0 milj. hehtaaria.
- Ojitettujen soiden suotyypinjakautuma on sama kun Keltikankaan ym (1986) tutkimuksessa.
- VMI 7:n aikaan ojitettuna olleiden soiden puuston kasvu on v. 2000 sama kuin Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston perustamilla kestokoealoilla n. 40 v. ojituksen jälkeen (Gustavsen ym. 1991). Kestokoeala-aineistoon sisällyttömien karujen soiden puuston kasvu on 1,0 m³ ha⁻¹ a⁻¹
- VMI 7:n jälkeen ojitettavien soiden puuston kasvu v. 2000 on 80 % em. Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla mitatuista kasvuista
- V. 2000 ojittamattomana olevien metsämaa-, kitumaa- ja joutomaasoiden puuston keskimääräinen kasvu on 0,5 m³ ha⁻¹ a⁻¹

Näillä oletuksilla, joihin luonnollisesti liittyy eri suuntiin vaikuttavia virheitä, päädytään seuraavaan ennusteeseen puuston kokonaiskasvusta Etelä-Suomen soilla v. 2000:

	Kokonaiskasvu v. 2000 milj. m ³
VMI 7:n aikaan ojitettuna olleet suot	12,46
VMI 7:n jälkeen ojitetut suot	2,27
ojittamattomat suot	0,23
	<hr/>
yhteensä	14,96

Tarkastelua

Esitetyn laskelman tarkoitus on osoittaa saavutettavissa oleva puuntuotannon taso Etelä-Suomen soilla. Siinä on oletettu, että toimenpiteet ojitusalueilla ovat samat kuin hoidettaessa kenttäkokeita, mikä edellyttää mm. aikanaan ja usein normaalia lyhyemmin välein tehtäviä kunnostusojituksia ja metsänhoidollisia hakkuita. On kuitenkin selvää, ettei ojastoja ja puustoja voida hoitaa käytännön laajoilla metsäojitusalueilla yhtä intensiivisesti kuin pienialaisissa kenttäkokeissa, minkä vuoksi tavoitetasosta joudutaan käytännössä usein enemmän tai vähemmän tinkimään.

Toisaalta voidaan todeta, ettei puuston kokonaiskasvusta tehdyssä laskelmassa ole otettu huomioon metsänlannoituksen tarjoamia mahdollisuuksia puuntuotannon lisäämiseen. Mikäli esimerkiksi oletetaan, että ombrotrofiset rämeet lannoitettaisiin NPK:lla kerran 100 vuoden ja muut suot karuimpia suotyyppisiä ja meso-eutrofisia korpia lukuunottamatta PK:lla kaksi kertaa 80 vuoden kiertokaudella, olisi vuotuinen lannoituspinta-ala Etelä-Suomen soilla n. 47 000 ha. Tällä lannoitusohjelmalla saavutettaisiin varovaisestikin arvioiden vähintään 0,5 milj. m³:n suuruinen vuotuinen puuston kasvunlisäys.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnista käytettävissä olevat tulokset viittaavatkin siihen, että edellä esitetty puuston kokonaiskasvun ennuste on varovainen. Jos näet oletetaan, että suopuustojen kasvu olisi kaikilla Etelä-Suomen soilla lisääntynyt (ilman ilmastoindeksiin perustuvaa korjausta) VMI 8:n vuosiin mentäessä yhtä paljon kuin jo inventoidulla alueella (Ahvenanmaa + 9 eteläisintä metsälautakuntaa), olisi ero VMI 8:n tietojen ja ennusteen välillä seuraava:

	Kokonaiskasvu milj. m ³
VMI 8:n tulosten mukainen arvio	12,80
Kestokoeala-aineistoon perustuva arvio	12,20
	<hr/>
Erotus	+ 0,60

Käytettävissä olevien tietojen mukaan voidaan Etelä-Suomen soiden puuston vuotuista kasvua siis lisätä vielä ainakin 4-5 milj. m³:llä VMI 7:n vuosina todetusta 10,65 milj. m³:n kokonaiskasvusta. Korkean puuntuotannon tason saavuttaminen ja ylläpitäminen soilla edellyttävät kuitenkin, että kunnostusojituksista, metsänhoidollisista hakkuista ja lannoituksista huolehditaan ajoissa. Viimeaikainen kehitys ei ole ollut tässä suhteessa tyydyttävä, kun ojitusalueiden metsien hoidolle ja käytölle asetetuista valtakunnallisista tavoitteista on jääty jälkeen. Toinen huolen aihe on muista kuin suometsien hoidon laiminlyönnistä johtuvien mesävaurioiden yleistyminen, mihin mahdollisuuteen uusimmat metsien tilaa koskevat raportit viittaavat. Esitetyssä laskelmassa on lähdetty siitä, etteivät metsävauriot johda puuston kasvun taantumiseen Etelä-Suomen soilla vuoteen 2000 mentäessä.

Kirjallisuus

- Gustavsen, H-G., Paavilainen, E. & Reinikainen, A. 1991. Metsäojitusalueiden puuston kasvu- ja tuotosmallit Etelä-Suomessa. Käsikirjoitus.
- Heikurainen, L. 1961. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan hakkuusuunnitteiden laskemista varten. Summary: The influence of forest drainage on growth and removal in Finland for estimations of allowable cut. Acta Forestalia Fennica 71(8). 71 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.
- Kujala, M. 1991. Valtakunnan metsien 7. ja 8. inventoinnin tuloksia Ahvenanmaan ja yhdeksän eteläisimmän metsälautakunnan suometsistä. Konekirjoite. 2 s.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951-1984. Folia Forestalia 714. 29 s.

Leena Finér

TURVEMAIDEN RAVINNETASEET

Johdanto

Turvemaiden ravinnetaseiden laskemiseksi on tunnettava ravinteiden varastot ja ravinnevirrat sekä niihin vaikuttavat prosessit. Ravinnevarastot ovat puustossa, pintakasvillisuudessa ja turpeessa. Kasvillisuuden kannalta turvemaidella tarkastellaan yleensä vain ylintä turvekerrosta, josta juuristo ottaa ravinteita. Ennen kuin turvekerroksen ravinteet ovat kasvillisuuden käytössä, on maaperäeliöstön vapautettava ne kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kasvillisuuteen sitoutuneet ravinteet palaavat karikkeiden mukana takaisin maahan. Ravinnelisää suoekosysteemi saa laskeuman mukana ja lannoitettaessa. Ojittaessa on yleensä katkaistu mahdollinen ravinnevirta ympäröiviltä kivennäismailta. Ohutturpeisilla soilla kasvillisuus voi saada lisäravinteita turvekerroksen alla olevasta kivennäismaasta. Ravinteita poistuu suoekosysteemistä valumavesien mukana ja puunkorjuussa.

Turvemaiden jatkuvan kestävä puuntuotannon turvaaminen edellyttää tasapainoista ravinnetaloutta. Suoekosysteemistä ei pitkällä tähtäyksellä voi viedä enempää kasvulle tärkeitä ravinteita kuin sinne tavalla tai toisella tuodaan lisää. On myös huolehdittava, että kasvialustassa on sopivassa suhteessa riittävä määrä kasveille käyttökelpoisessa muodossa olevia ravinteita.

Seuraavassa esitellään erityisesti yhteispohjoismaisen ravinteiden kiertotutkimuksen yhteydessä laadittuja alustavia ravinnetaseita. Tämän lisäksi pohditaan turvemaiden ravinnevarastojen ja -virtojen merkitystä puuntuotannon näkökulmasta.

Aineisto ja menetelmät

Vuonna 1984 käynnistyi yhteispohjoismainen Ravinteiden kierto ja jakaantuminen suoekosysteemissä -tutkimusprojekti. Yksi projektin kolmesta tutkimusalueesta sijaitsee Rääkkylän Rasisalossa maanviljelijä Pekka Rostin omistamalla 20 vuotta sitten ojitetulla isovarpuisella rämeellä (ravinteisuustaso V). Alueella kasvaa tiheä luontaisesti syntynyt 85 vuotias männikkö (Taulukko 1). Tutkimusalueella selvitettiin kasvupaikan ravinnevarastot ja seurattiin ravinnevirtoja vuodesta 1984 vuoteen 1987. PK(MgB) ja NPK(MgB) lannoitusten vaikutuksia ravinnevarastoihin ja -virtoihin tarkasteltiin kolmen lannoituksen jälkeisen vuoden ajan. Tutkimuksen aineisto kerättiin pääosin korjuumenetelmällä. Puustotunnusten laskentaan käytettiin regressiomenetelmää. Pääravinteet ja hivenravinteet analysoitiin Joensuun tutkimusaseman laboratoriossa.

Taulukko 1. Puustotunnukset Rasisalon koealoilla ennen lannoitusta (1984) ja tilavuuskasvu kolmena lannoituksen jälkeisenä vuotena.

Käsittely	Keskiläpimitta (cm)	Keskipituus (m)	Runkoluku (kpl/ha)
0	8,8	9,0	2219
PK	8,9	8,9	2178
NPK	9,1	9,1	2074
	Tilavuus (m ³ /ha)	Tilavuuskasvu 1984-1987 (m ³ /ha/v)	
0	79,7	5,9	
PK	78,8	6,2	
NPK	79,4	6,6	

Tulokset ja tarkastelu

Ravinnevarastot

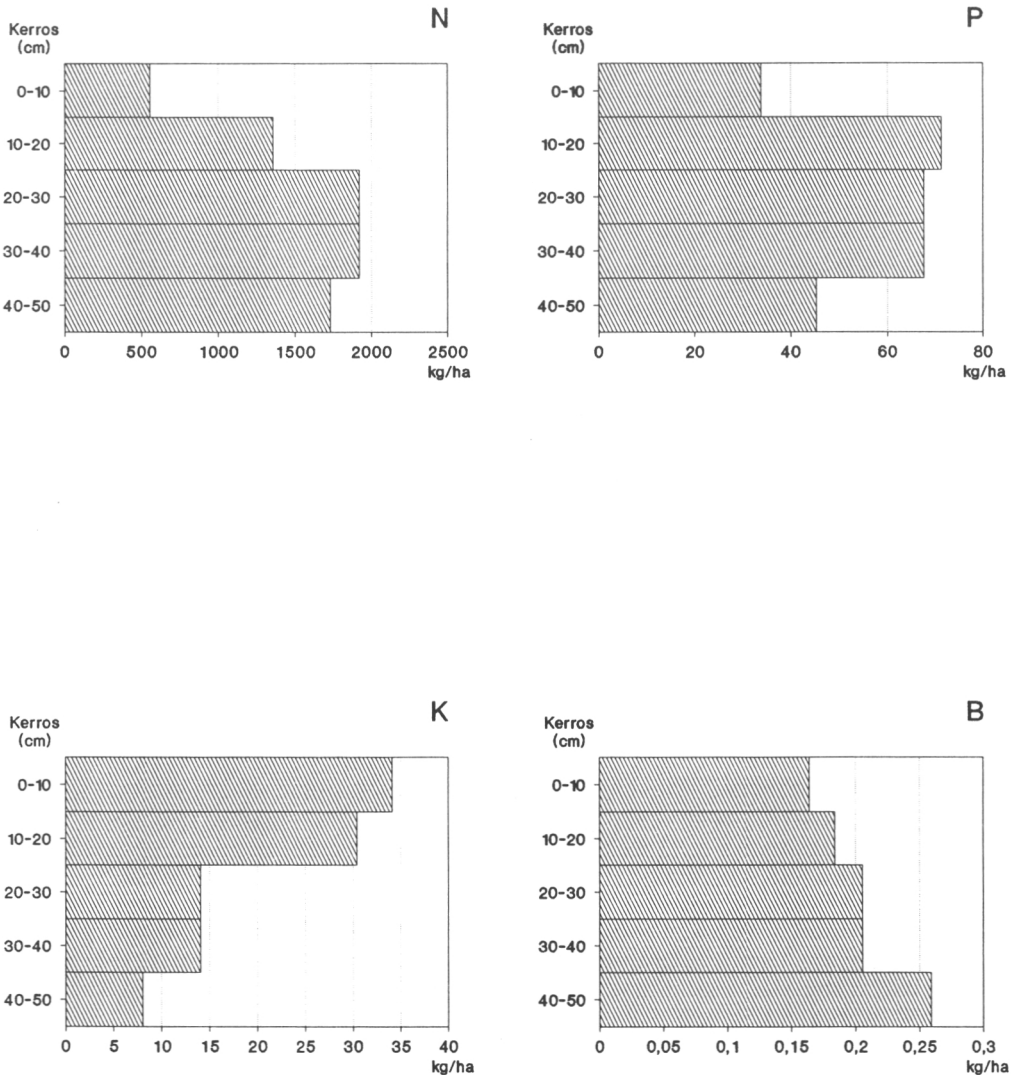
Turve

Aikaisempien laajojen kenttäkokeiden perusteella on todettu, että useimmilla ojitetuilla turvemaidella fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus rajoittaa puuston kasvua. Karuimmilla kasvupaikoilla kuten esim. isovarpuisilla rämeillä edellisten ravinteiden ohella tarvitaan myös tyypeä puuston kasvun lisäämiseksi (esim. Paavilainen 1979).

Rääkkylän Rasisalon tutkimusalueella lähes kaikkia ravinteita oli niukasti juuristokerroksessa (Taulukko 2). Tyypeä, fosforia ja booria oli enemmän alemmissä turvekerroksissa kuin ylimmissä (kuva 1). Kaliumin määrät sen sijaan pienenevät selvästi pinnasta syvemmälle mentäessä (ks. myös Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988).

Taulukko 2. Turpeen ravinnevarat (kg/ha) 0-20 cm turvekerroksessa ojitetuilla soilla tässä ja aikaisemmissä tutkimuksissa. (Kaunisto & Paavilainen 1988, Finér 1989)

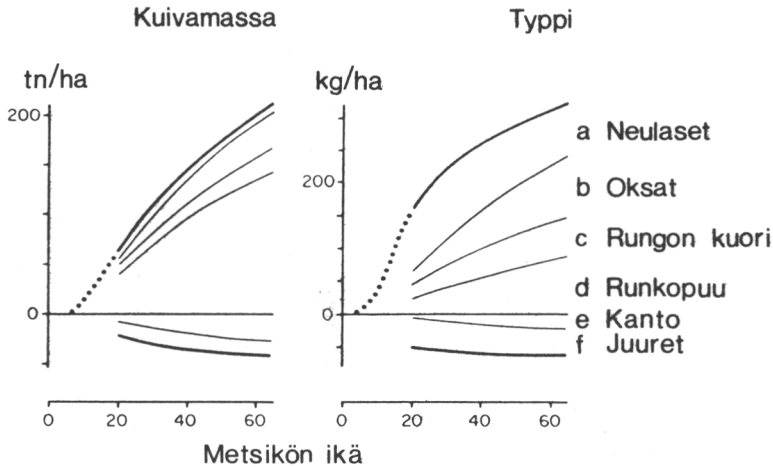
	Tämä tutkimus	Aikaisemmat tutkimukset (vaihteluväli)
Ravinteisuus- taso	V	II - V
N	1900	3000 - 7000
P	105	90 - 380
K	64	30 - 235
B	0,350	0,200 - 0,600



Kuva 1. Turpeen typen (N), fosforin (P), kaliumin (K) ja boorin (B) varastot ylimmissä turvekerroksissa isovarpuisella rämemuuttumalla Rasialossa.

Puusto

Puuston ravinnevarastojen kertyminen poikkeaa puuston kuivamassan kertymisestä metsikön varttuessa (kuvat 2-3). Ennen latvuskerroksen sulkeutumista latvus- ja ohutjuurimassa lisääntyy, ja niihin sitoutuu myös suurin osa puuston ottamista ravinteista. Latvuskerroksen sulkeuduttua rungon, kannon ja paksujuurten merkitys kasvaa. Ravinteet, jotka varastoituvat pääasiassa runkoon, kantaan ja paksujuuriin kuten esim. kalsium, magnesium ja osa hivenravinteista akkumuloituvat puustoon hitaammin kuin muut ravinteet.



Kuva 2. Kuivamassan ja typen kertyminen puuston eri osiin metsikön varttussa (Miller 1984). Aineisto 20 - 51 vuotiaista *Pinus nigra* metsiköistä.

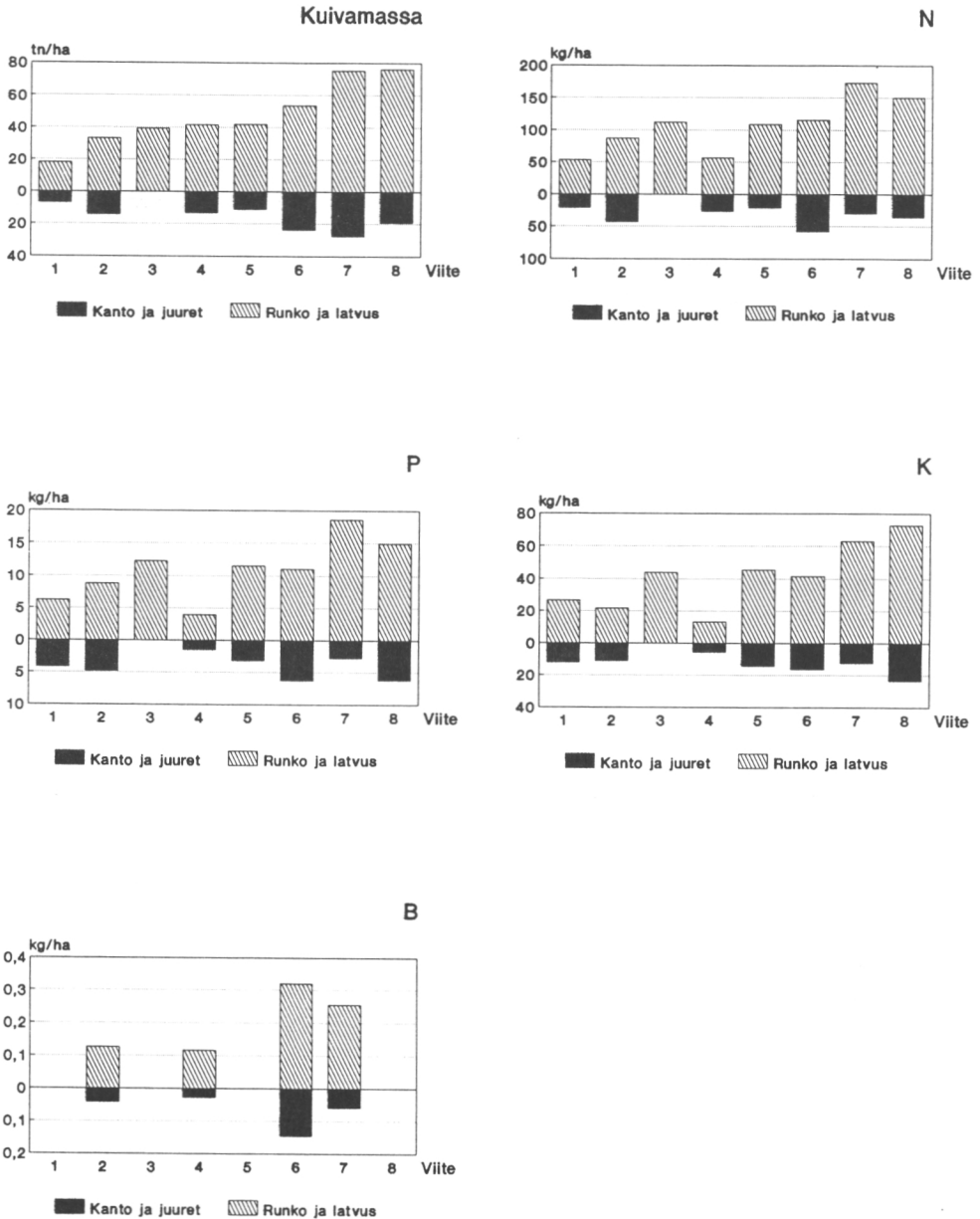
Tutkimamme metsikkö oli kehitysvaiheessa, jossa oksa- ja neulasmassa vakiintuu, ja yhä suurempi osa kuivamassan ja ravinteiden lisäyksestä kohdistuu runkoon, kantaan ja paksujuuriin. Puustoon sitoutunut kokonaisravinnemäärä oli samaa suuruusluokkaa kuin kuivamassaltaan vastaavissa aikaisemmin tutkituissa metsiköissä (kuva 3).

Juuriston osuus puuston kokonaiskuivamassasta oli n. 30 %, ja sinne oli varastoitunut lähes sama osuus puustoon sitoutuneesta typestä, fosforista, kaliumista ja boorista (kuva 4). Rungon osuus kuivamassasta oli 50 %, mutta ravinnevarastona sen merkitys oli selvästi vähäisempi. Latvus oli sitonut huomattavasti ravinteita.

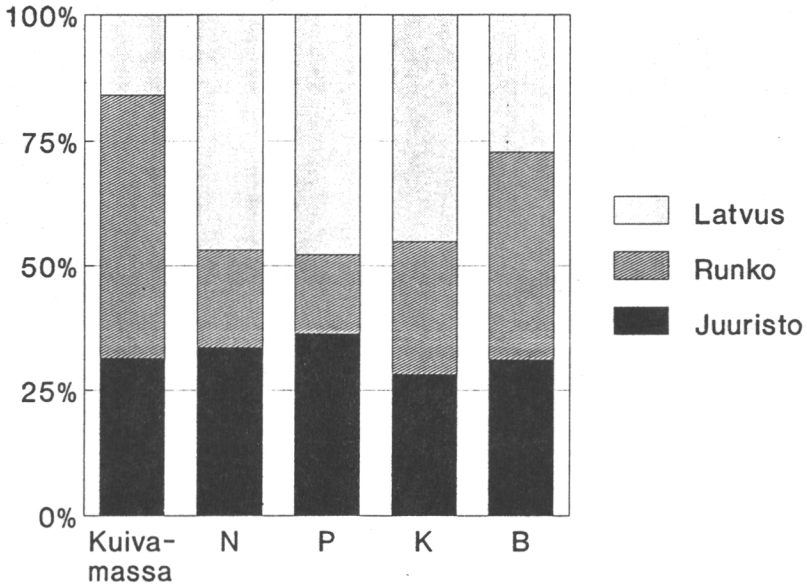
Puunkorjuun ravinnetaloudellisia vaikutuksia tarkasteltaessa puuston eri osien ravinnevarastojen eroilla on merkitystä. Esimerkiksi harvennushakkuussa, jossa kaikki maanpäälliset osa korjattaisiin talteen, vietäisiin kasvupaikalta 3-4 kertaa enemmän typpeä, fosforia ja kaliumia ja kaksi kertaa enemmän booria kuin perinteisessä puunkorjuussa.

Puustossa oli selvästi vähemmän typpeä ja fosforia kuin pintaturpeessa (0-20 cm)(kuva 5). Kaliumia puustossa ja pintaturpeessa oli lähes yhtä paljon, mutta puuston boorivarastot olivat suuremmat kuin pintaturpeen. Tästä seuraa, että puunkorjuu vaikuttaa merkittävästi, ja kokopuunkorjuu enemmän kuin perinteinen runkopuunkorjuu turvemaiden boori- ja kaliumvarastoihin (ks. myös Kaunisto & Paavilainen 1988, Finér 1989).

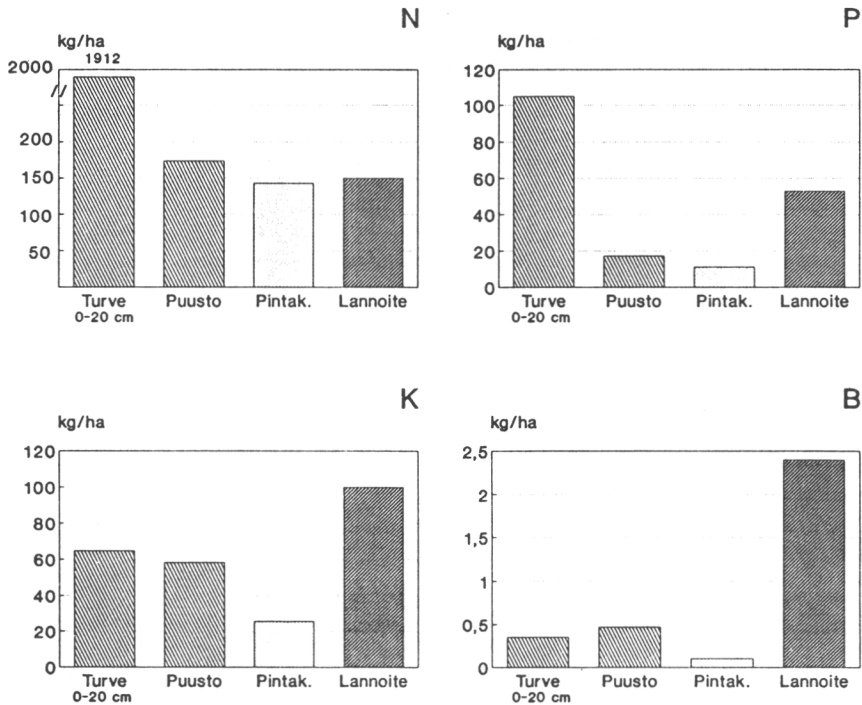
Pintakasvillisuuteen oli sitoutunut huomattavasti typpeä, fosforia ja kaliumia (kuva 5). Sen sijaan booria pintakasvillisuudessa oli selvästi vähemmän kuin puustossa. Typpeä lukuunottamatta käytetyt lannoitemäärät olivat suuremmat kuin puustoon tai pintakasvillisuuteen sitoutuneet ravinnemäärät, ja kaliumin ja boorin kohdalla myös suuremmat kuin pintaturpeen vastaavat varastot ennen lannoitusta. Tutkimuksessa käytetyt typpi- ja booriannokset olivat käytännön suosituksia suuremmat.



Kuva 3. Kuivamassan, typen (N), fosforin (P), kaliumin (K) ja boorin (B) määrä männikön maanpäällisissä ja maanalaisissa osissa eri tutkimusten mukaan. 1) Mälkönen (1974), koeala 1, 2) Finér (1989), VNRmu 3) Holmen (1964), 4) Finér (1989), RhNRmu, 5) Mälkönen (1974), koeala 2, 6) TÄMÄ TUTKIMUS 7) Paavilainen (1980), koeala 1, 8) Mälkönen (1974), koeala 3.



Kuva 4. Kuivamassan, typen, fosforin, kaliumin ja boorin prosentuaalinen jakautuminen puuston eri osiin isovarpuisella rämemuuttumalla Rasisalossa.

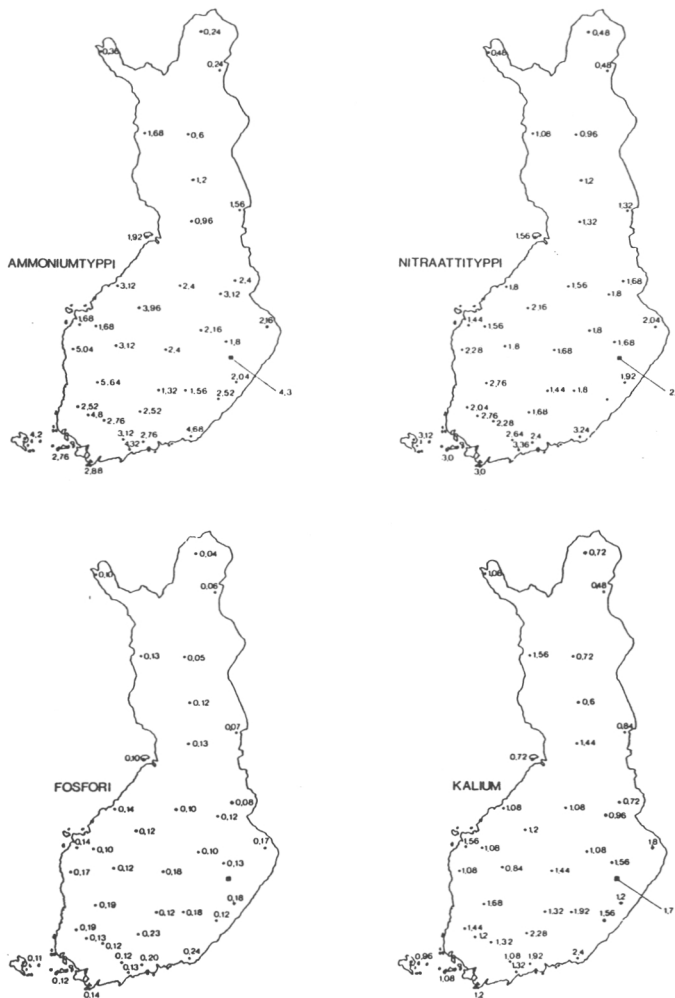


Kuva 5. Typen, fosforin, kaliumin ja boorin määrä pintaturpeessa, puustossa ja pintakasvillisuudessa ennen lannoitusta sekä lannoituksessa annetut ravinnannokset isovarpuisella rämemuuttumalla Rasisalossa.

Ravinnevirrat

Laskeuma ja huuhtouma

Tutkitulla kasvupaikalla seurattiin laskeuman laatua neljän vuoden ajan (kuva 6). Ammonium- ja nitraattityppeä tuli lumen ja sadeveden mukana keskimäärin 6,7 kg/ha/v. Ammoniumtyppilaskeuma oli selvästi suurempi kuin mitä keskimäärin on mitattu vesi- ja ympäristöhallituksen mittauspisteissä Itä-Suomessa. Tähän lienee selityksenä ammoniumtyypen haihtuminen läheisiltä pelloilta. Kaliumlaskeuma oli n. 1,7 kg/ha/v, mikä edustaa keskimääräistä tasoa Itä-Suomessa. Fosfori ja boorilaskeumia ei mitattu tutkimusalueella, mutta vesi- ja ympäristöhallinnon pitkäaikaisten mittausten perusteella fosforilaskeuma on alueella n. 0,14 kg/ha/v (kuva 6). Booria tulee sadeveden mukana alle 10 g/ha/v (Wikner 1983).

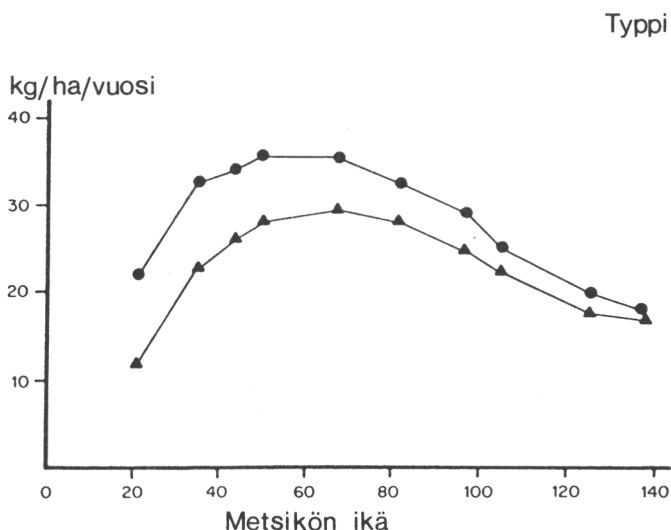


Kuva 6. Vuotuinen ammoniumtyppi-, nitraattityppi-, kalium- ja fosforilaskeuma vesi- ja ympäristöhallinnon havaintoasemilla 1971 - 1982 (Järvinen 1986) sekä Rasisalossa 1984-1988.

Valumavesien mukana huuhtoutuvia ravinnemääriä ei tutkimusalueella selvitetty, mutta aikaisempien tutkimusten perusteella on pääteltävissä, että typpeä huuhtoutuu alueelta vähemmän kuin laskeuman mukana tulee, kaliumin ja fosforin kohdalla tase on lähellä tasapainoa (Ahti 1983, Lepistö 1984, Ahtiainen 1988).

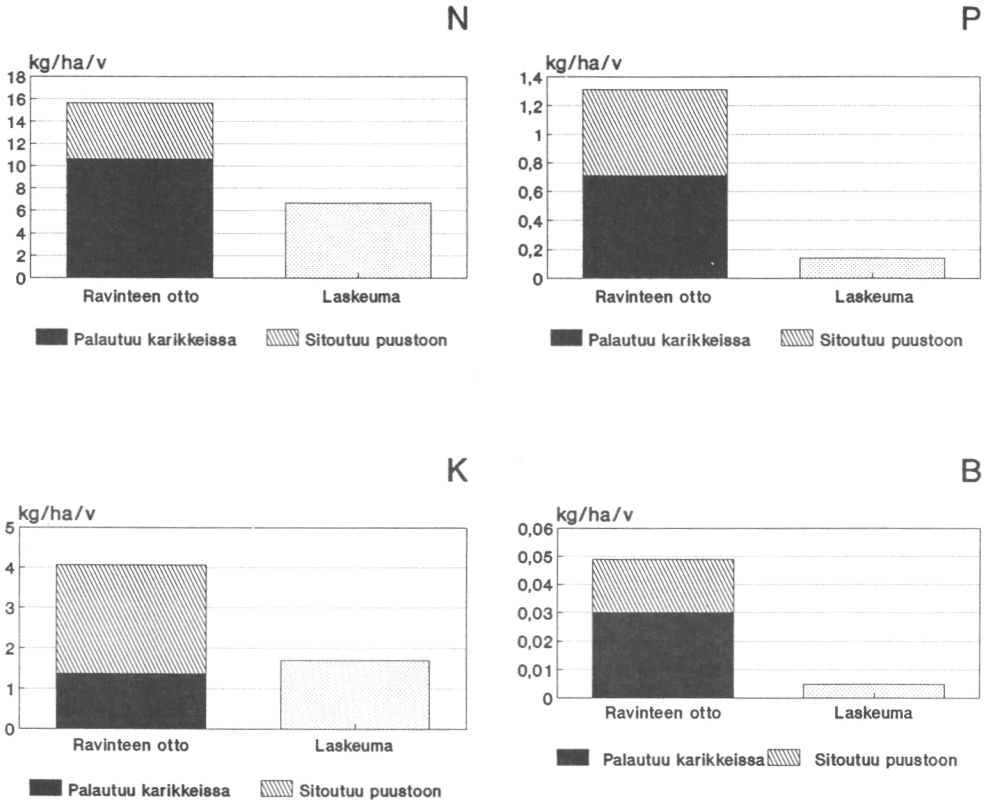
Puuston ravinteiden otto

Metsikön varttuessa sen vuotuinen ravinteiden otto seuraa puuston kuivamassan tuotoksen kehittymistä (kuva 7). Ennen latvuserroksen sulkeutumista suurin osa ravinteista kuten tuotoksestaakin sitoutuu pysyvästi kuivamassaan. Tämän jälkeen suuri osa maasta otetuista ravinteista palaa karikkeiden mukana takaisin kiertoon. Latvuserroksen sulkeuduttua ravinteiden sisäisen kierron merkitys kasvaa, ja se tyydyttää suuren osan vuotuisesta mm. typen, fosforin ja kaliumin tarpeesta (esim. Helmisaari 1990). Tutkitussa metsikössä latvuserros oli jo sulkeutunut, ja suurin osa puuston vuosittain maasta ottamasta tyyppistä, fosforista ja boorista palasi karikkeiden mukana takaisin kiertoon, kaliumin kohdalla osuus oli pienempi (kuva 8).



Kuva 7. Puuston vuosittain maasta ottaman (ylempi viiva) ja karikkeiden mukana maahan palaava (alempi viiva) typen määrä eri ikäisissä metsiköissä (Gosz 1984). Aineisto kerätty 22 - 138 vuotiaista kuusimetsiköistä.

Puuston vuotuinen ravinteiden tarve on riippuvainen puuston kasvusta: mitä suurempi kasvu sitä suurempi myös ravinteiden käyttö. Kuvassa 8 esitetyt luvut ovat aliarvioita kaliumin kohdalla koska sitä on huuhtoutunut latvuksesta (esim. Päivänen 1974, Helmisaari & Mälkönen 1989). Tarkasteluun ei myöskään sisällytetty puuston maanalaisiin osiin otettuja ravinteita, joiden määrä voi olla jopa suurempi kuin rungon ja latvuksen käyttämä määrä (Meier ym. 1985, Vogt ym. 1987). Todennäköisesti kuitenkin suurin osa juuriston vuosittain maasta ottamista ravinteista palaa varttuneissa metsiköissä juurikarikkeen mukana takaisin kiertoon.



Kuva 8. Puuston vuosittain maasta ottama ja karikkeiden mukana maahan palaava typen, fosforin, kaliumin ja boorin määrä verrattuna laskeuman mukana tuleviin ravinnemääriin Rasialossa (sisältää vain maanpäällisen ravinteiden otton).

Laskeuman mukana tuli tutkitulle kasvupaikalle typpeä ja kaliumia määrät, joiden suuruus oli n. 40 % puuston vuosittaisesta maasta ottamasta ravinnemäärästä. Fosforin kohdalla vastaava osuus oli n. 10 %. Latvuksesta huuhtoutuvalla kaliumilla oli todennäköisesti myös merkitystä. Suurin osa ravinteista otettiin kuitenkin turpeesta.

Typen ja fosforin tarve oli pieni verrattuna juuristokerroksen varastoihin (taulukko 2), mutta vain vähäinen osa näistä ravinteista - n. 1 % - on kasveille käyttökelpoisessa muodossa (esim. Kaunisto & Paavilainen 1988). Toisaalta lähes kaikki kalium on turpeessa kasvien helposti tavoitettavissa, mutta kaliumin kuten boorinkin kokonaisvarasto on melko vähäinen tarpeeseen verrattuna.

Verrattaessa käytettyjä lannoitemääriä puuston vuotuisen ravinteiden ottoon, voidaan todeta, että määrät ovat huomattavia ja tyydyttävät puuston useamman vuoden tarpeen mikäli puusto ei lisää huomattavasti kasvuaan ja sen myötä ravinteiden ottoaan.

Lannoiteravinteet

Lannoitus ei juuri lisännyt rungon kuivamassaa eikä tilavuutta tutkimusalueella. Lannoitusvaikutukset keskittyivät latvukseen, jossa molemmat lannoituskäsittelyt vaikuttivat positiivisesti neulasmassaan ja vähensivät kuolleiden oksien massaa. Lisäksi NPK lannoitus kasvatti elävien oksien kuivamassaa.

Lannoituskäsittelyt kuitenkin lisäsivät typen, fosforin, kaliumin ja boorin ottoa siten, että n. 35 % lannoitetypestä, 10 % -fosforista, 25 % -kaliumista ja 10 % -boorista sitoutui kolmessa vuodessa puustoon. Typen otto lisääntyi myös PK-lannoituksen seurauksena, ja jos tämä otetaan huomioon, vain n. 20 % lannoitetypestä oli löydettävissä puustosta tarkastelujakson lopussa. Vain hyvin vähäinen määrä lannoiteravinteista, lähinnä kaliumista ja boorista oli kolmen vuoden kuluttua jäljellä ylimmässä 0 - 50 cm turvekerroksessa (Brække & Finér 1991). Osa oli sitoutunut pintakasvillisuuteen ja osa huuhtoutunut suoekoysteemin ulkopuolelle.

Yhteenveto

Tällä hetkellä rämeiden ja korprien ojitusalueilla on yleensä tasapainoinen vaikkakin niukka ravinnetilanne ilman lannoitustakin. Lannoituskokeiden perusteella tiedetään, että useimmilla ojitetuilla turvemaidella puuston kasvua rajoittaa fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus, ja karuimmilla kasvupaikoilla näiden ohessa on käytettävä tyyppiä kasvunlisäyksen aikaansaamiseksi.

Juuristokerroksen typpi- ja fosforivarastot ovat runsaat verrattuna puustoon sitoutuneisiin määriin ja puuston vuotuisen tarpeeseen. Turpeen typpi- ja fosforivarastojen käyttöä hankaloittaa kuitenkin ravinteiden hidas vapautuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Pintaturpeen kaliumvarastot ovat lähes yhtä suuret ja boorivarastot jopa pienemmät kuin puuston.

Puunkorjuu ja metsänhoitotoimenpiteet vaikuttavat turvemaiden ravinnetalouteen. On pyrittävä minimoimaan erityisesti kaliumin ja boorin kulkeutuminen kasvupaikan ulkopuolelle. Suurimmat menetykset tapahtuvat puunkorjuun yhteydessä. Turvemaidella ei tule ryhtyä kokopuukorjuuseen. Myös metsänuudistamistoimenpiteiden, lähinnä avohakkuun ja maanmuokkauksen yhteydessä ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa. Ravinnemenetyksiä voidaan vain rajallisesti välttää, mutta lannoituksella korvataan menetyksiä ja parannetaan niukkaa ravinteiden tarjontaa.

Itä-Suomessa laskeumalla on pieni merkitys vain puuston typpitarpeen tyydyttäjänä, suurin osa vuosittain käytettävistä ravinteista on peräisin turpeesta.

Lannoituksessa annettavat ravinnemäärät ovat huomattavia puuston vuotuisen tarpeeseen nähden. Tähän mennessä saatujen tutkimustulosten perusteella suurin osa lannoiteravinteista ei pidäty puustoon. Osa ravinteista huuhtoutuu suoekoysteemin ulkopuolelle, ja osa on mukana ravinteiden kierrossa muissa suoekoysteemin osissa, turpeessa ja pintakasvillisuudessa.

Puuston kyky sitoa lannoiteravinteita on myös suuresti riippuvainen neulasmassan lisäyksestä välittömästi lannoituksen jälkeen. Tiheissä harventamattomissa metsissä, joissa valon niukkuus rajoittaa neulasmassan kasvua, lannoitusvaikutus on vähäinen.

Kirjallisuus

- 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 Institutii Forestalis Fenniae* 11. 20 s.
- Ahtiainen, M. 1988. Effect of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes-study. *Proceedings of the International Symposium on the Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions. Joensuu, Finland 6 - 8 June 1988. The publication of the Academy of Finland* 4: 206-219.
- Brække, F. H. & Finér, L. 1991. Fertilization effects on surface peat of pine bogs. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6.3. (painossa).
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica* 208. 63 s.
- Gosz, J. R. 1984. Biological factors influencing nutrient supply in forest soils. In: Bowen, G. D. & Nambiar, E. K. S. (eds). *Nutrition of plantation forests. Academic Press. London.* s. 119-146.
- Helmisaari, H.-S. 1990. Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands. *Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos* 23 s.
- & Mälkönen, E. 1989. Acidity and nutrient content of throughfall and soil leachate in three *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 13-28.
- Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Parts I-III. *Sammanfattning: Skogsekologiska studier på dikad torvmark i Uppland Del I-III. Studia Forestalia Suecica* 16: 1-236.
- Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa 1971-1982. *Vesihallituksen monistesarja nro 408.* 142 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Lepistö, A. 1984. Ainetaseet pienillä valuma-alueilla. *Vesihallituksen monistesarja no. 264.* 96 s.
- Meier, C. E., Grier, C. C. & Cole, D. W. 1985. Below- and above-ground N and P use by *Abies amabilis* stands. *Ecology* 66.6: 1928-1942.
- Miller, H. 1984. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: Bowen, G. D. & Nambiar, E. K. S. (toim.). *Nutrition of plantation forests. Academic Press. London.* s. 53-78.

- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5): 87 s.
- Paavilainen, E. 1979. Turvemaiden metsänlannoitustutkimuksista. Summary: Research on fertilization of forested peatlands. *Folia Forestalia* 400: 29-42.
- 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): 71 s.
- Päivänen, J. 1974. Nutrient removal from Scots pine canopy on drained peatland by rain. Selostus: Ravinteiden siirtyminen sadeveden mukana latvustosta maahan turvemaan männikössä. *Acta Forestalia Fennica* 139: 19 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.
- Wikner, B. 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems. *Communicationes Instituti Foestalis Fenniae* 116: 131-141.
- Vogt, K. A., Dahlgren, R., Ugolini, F., Zabowski, D., Moore, E. E. & Zasoski, R. 1987. Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Biogeochemistry* 4: 295-311.

Juha-Pekka Hotanen

SUOTYYPPIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖKELPOISUUS JA TURVEKANGAS- TYYPIN ENNUSTETTAVUUS METSÄOJITETUILLA TURVEMAILLA

Johdanto

Suomen n. 10,4 milj. ha alkuperäisestä suoalasta (Päivänen 1990) on metsäojitet-
tu lähes 5,7 milj. ha (Keltikangas 1990). Ojitettujen turvemaiden metsätaloudelli-
nen ja biologinen luokittelu perustuu pitkälti aluskasvillisuuteen (ks. Reini-
kainen & Hotanen 1988). Ojitusalueista n. kaksi kolmasosaa edustaa muuttumia
(II kuivatusvaihe), loppu jakautuu kutakuinkin tasan ojikoiden (I) ja tur-
vekankaiden (III) kesken (Keltikangas ym. 1986, Paavilainen & Tiihonen 1988).

Yleensä ojitusalojen, mutta erityisesti muuttumien luokitus, joka suoritetaan
vielä alkuperäisen suotyypin mukaan (Sarasto 1961a,b), on koettu ongelmalliseksi
(esim. Laine 1989). Myös kuivatusvaiheiden määrittämisen on mainittu olevan
joskus hankalaa (mm. Sarasto 1961b, Pienimäki 1982, Reinikainen 1988). Esi-
merkkiaineistot luokitteluvaikeuksista ja -vertailuista kuitenkin puuttuvat (vrt.
Hotanen & Nousiainen 1990).

Suotyypin, jopa ravinteisuusluokan (Huikari ym. 1964) määrittämisen mahdol-
linen vaikeus ja subjektiivisuus vaikuttavat tyyppijärjestelmän käyttökelpoisuu-
teen. Sitä tutkittiin: (a) vertaamalla maastossa suoritettuja luokitteluita numeeri-
siin ryhmittelyihin, (b) vertaamalla kenttätöissä ja valtakunnan 7. inventoinnissa
(VMI) tehtyjä samapaikkaisia maastoluokitteluja keskenään.

On esitetty (Laine & Vasander 1990), että ojitettu suokuvio luokiteltaisiin jo
ennen turvekangasvaiheen alkamista siihen tkg-tyyppiin, johon se tulee kehiti-
tymään. Käsillä olevassa kirjoituksessa pohditaan pienen esimerkkiaineiston
valossa myös ko. esityksen perusteita ja ongelmia.

Aineisto ja menetelmät

Aineisto käsitti 96 koealaa rämeen ja korven ojitusaloilta Metsähallinnon Lieksan
ja Nurmeksen hoitoalueista. Koealat sijaitsivat 7. VMI:n lohkoilla. Koealoilla
määritettiin suotyyppi (Heikurainen 1981, Heikurainen & Pakarinen 1982), suon
ravinteisuusluokka (Huikari ym. 1964) ja kuivatusvaihe (oj, mu, tkg) (Sarasto
1961a,b). Kenttä- ja pohjakerroslajien %-peittävyudet koealalla arvioitiin kahdek-
salta systemaattisesti sijoittuneelta 1x1 m:n ruudulta.

Maastotyöt (1981-83) suoritti pääasiassa kaksi ryhmää joten tyyppinimet (esim.
taulukossa 1) ovat valtaosaltaan kahden eri henkilön antamia. Kaikkiaan
taulukossa esiintyy neljän eri henkilön nimeämiä suotyyppejä. Myös VMI:n
luokitteluja (1980) on ollut tekemässä useampi ryhmä. Edellinen materiaali sisäl-
tyy myös kivennäismaita ja ojitamattomia soita käsittelevään julkaisuun
(Hotanen & Nousiainen 1990), jossa aineistoa on analysoitu yksityiskohtaisem-
min.

Koealoista 39:llä suoritettiin kasvipeitekuvaukset uudelleen v. 1990. Näin saatiin havaintoja ojitusalueiden kasvillisuussukcessiosta kohti turvekangastyyppejä. Lisäksi näiltä aloilta otettiin turvenäytteet (0-20 cm), joista suoritettiin ravinnanalyysit.

Koealojen numeerisessa ryhmittelyssä käytettiin monimuuttujamenetelmiä: varsinaista luokitteluoohjelmaa (TWINSPAN) (Hill 1979) sekä epäsuoraa gradienttianalyysia (DCA-ordinaatio) (Hill & Gauch 1980) (ks. esim. Mikkola & Jukola-Sulonen 1984). Menetelmien syöttötietoina olivat kullekin lajille lasketut koealakohtaiset keskipeittävydet.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Suotyypijärjestelmän käyttökelpoisuus

Samoiksi tyypeiksi maastossa nimetyt koealat saattoivat sijaita useassa numeerisella luokittelumenetelmällä (TWINSPAN) saadussa ryhmässä (taulukko 1) ja eri osissa ordinaatiodiagrammia (Hotanen & Nousiainen 1990). Näin oli esim. isovarpu- (IR), kangasräme- (KgR) ja varsinkin pallosarämemuuttumien (PsR) kohdalla. Kyseiseen hajontaan on olemassa seuraavia syitä: (1) suotyyppi on jo sinänsä abstraktio, kollektiivinen käsite, (2) numeerinen menetelmä ja 'ihmissilmä' eivät analysoi kasvillisuutta juuri samalla tavalla (Jongman ym. 1987), (3) näkemyserot eri suotyypeistä ja (4) virheluokittelut.

Myös samassa TWINSPAN-luokassa, etenkin boniteettigradientin keskivaiheilla, esiintyi kirjava joukko eri suotyyppejä (taulukko 1). Sukcession edetessä onkin todettu eri suotyyppien aluskasvillisuuden alkavan muistuttaa niin paljon toisiaan, etteivät lähekkäiset tyypit enää selvästi eroa (Sarasto 1961a). Kuitenkin käsillä olevassa tapauksessa suotyyppien on katsottu olleen toisistaan niin poikkeavia, että myös ravinteisuusluokkien hajonta muutamissa ryhmissä oli huomattavaa sekä tämän tutkimuksen kenttätöissä että VMI:ssa (taulukko 1).

Subjekttiivisten luokitteluiden erot olivat suurimmat niinkään boniteettigradientin keskivaiheilla, alueella, jossa rämeisyys- ja korpisuustunnukset sekoittuivat. Korpiset rämeet ja karut korvet ovatkin tyyppiryhminä heterogeenisia (Hotanen 1989). Koko aineistossa suotyyppien ravinteisuusluokkien ja VMI:ssa määritettyjen ravinteisuusluokkien yhtäläisyys oli 75 %:ssa tapauksia sama, muutamissa ryhmissä vain 60 ja 63 % (taulukko 1).

Karuimman ryhmän kaksi rahkarämettä (RaR) oli VMI:ssa luokiteltu luokkaa paremmiksi. Ero liittyy VMI:ssa käytettävään rahkarämeen määrittelyyn (Valtakunnan metsien... 1977, Huikari ym. 1964), jossa tyyppiltä edellytetään ruskorahkasammalen > 75 %:n peittävyttä. Lajin peittävyys kuitenkin vaihtelee eri rahkarämetyypeillä (Eurola & Kaakinen 1978) joten ko. peittävyys ei ole välttämätön yleistuntemerkki VI ravinteisuusluokan soille, esim. keidasrämeille (KeR) (Eurola & Holappa 1984). Sukcessoasteet määritettiin ravinteisuusluokkia hieman yhtenevämmiin: 81 %:sti samoiksi (taulukko 1).

Luokittelutehtävää on voinut hankaloittaa se, että tutkimusalue sijaitti keidas- ja aapasuoalueen vaihettumisvyöhykkeellä, jolloin ombro- ja minetrotrofinen kasvillisuus voi helposti sekoittua (Tolonen 1967). Ojitettujen turvemaiden luokittelua vaikeuttavat yleisesti myös lannoitukset, hakkuut ja ojitusalueiden regressiivinen kehitys tukkeutuneiden oijen vuoksi.

Taulukko 1. Itäsuomalaisten ojitusalueiden maastoluokittelut TWINSPAN-ryhmittäin. VMI = valtakunnan metsien inventointi. Numero suotyyppilyhenteen ja ravinteisuusluokan edessä osoittaa ojitusalojen lukumäärään. Lukuisampi kuivatusvaihe merkitty ensin, esim. 7IRmu,oj; k = koeala luokiteltu VMI:ssa kangasmaan kasvupaikkatyyppiä.

TWINSPAN-ryhmä	Luokittelu maastossa 1981-1983	Ravinteisuusluokka	Ravinteisuusluokka ja kuivatusvaihe 7 VMI:n (1980) mukaan	Ravinteisuusluokkien yhtäläisyys %	Kuivatusvaiheen yhtäläisyys %
1	2RaRoj, mu	2VI	2Voj	0	50
2	1RamTroj, 1IR (RamLkN) mu	2V	2Voj	100	50
3	4TRoj, mu, 1IRoj	5V	1VIOj 3Voj, mu 1IVoj	60	100
4	1IRmu 2PsRoj, mu	1V 2IV	2Vmu 1IVmu	67	67
5	1RamTRmu	1V	1Vmu	100	100
6	7IRmu, oj, 4TRmu, 1RamTRmu, 2PsRoj, mu, 1Ptkg	12V 3IV	1VImu 9Vmu, oj 5IVmu, oj, tkg	73	80
7	5TRmu, oj, 3IRmu 2PsR (TR) mu, 2PsRmu	8V 4IV	6Voj, mu 6IVmu	83	83
8	3TRoj, mu, 2IRoj, mu 3KRoj, mu, 1PsRmu 1RamVSRmu	5V 4IV 1III	3Voj, mu 1IIIoj, 5IVoj, mu 1IVmu	60	80
9	2IRoj, mu, 2PsRmu 1KgRmu, 1KgKoj	2V 3IV, 1III	2Voj, mu 4IVmu, k	83	83
10	2IRmu, 4KRmu, 3PsRmu 5KgRmu, oj, 1PKoj, 1MrKmu 1Ptkg, 1M (P) tkg, 1Mtkg	2V 15IV 2III	12IVmu, oj 7IIIImu, tkg, k	63	84
11	1PsR (KR) mu, 3KgRoj, mu 4MKmu, 1KgKmu	4IV 5III	4IVoj, mu 5IIIImu, oj, tkg	100	78
12	1PsRmu, 1KRmu, 1PKoj 1VSRoj	3IV 1III	2IVoj, mu 2IIIoj, mu	75	100
13	1PsRmu 1Mtkg	1IV 1III	1IVoj 1IIIImu	100	0
14	1KgRmu 2Mtkg	1IV 2III	1IVmu 2IIIItkg	100	100
15	1PKmu 1KgKmu, 1Mtkg	1IV 2III	3IIIItkg, mu	67	67

Painotettu (n) $\bar{x} = 75 \%$ $\bar{x} = 81 \%$

Joidenkin yleisten kasvilajien reagointi ojitukseen voi pikemminkin sotkea kuin selvittää alkuperäisen suotyyppin tai ravinteisuusluokan määrittystä. Pallosara saattaa voimistua joksikin aikaa muuttaen esim. suursaraisuus/mustikkaisuustason (ravinteisuusluokka III) turvemaan yleiskuvaa IV-luokkaan (piensaraisuus/puolukkaisuus) päin. Suomuurain käyttäytyy samoin (Sarasto 1961a,b). Tupasvilla runsastuu huomattavasti muutamien minerotrofisten soiden, esim. varsinaisen sararämeen (VSR) ja -nevan (VSN) sekä tupasvil-lasararämeen (TSR) regressiivisillä ojitusalueilla muuttaen niiden yleisilmettä karumpaan suuntaan (Kuusipalo & Vuorinen 1981).

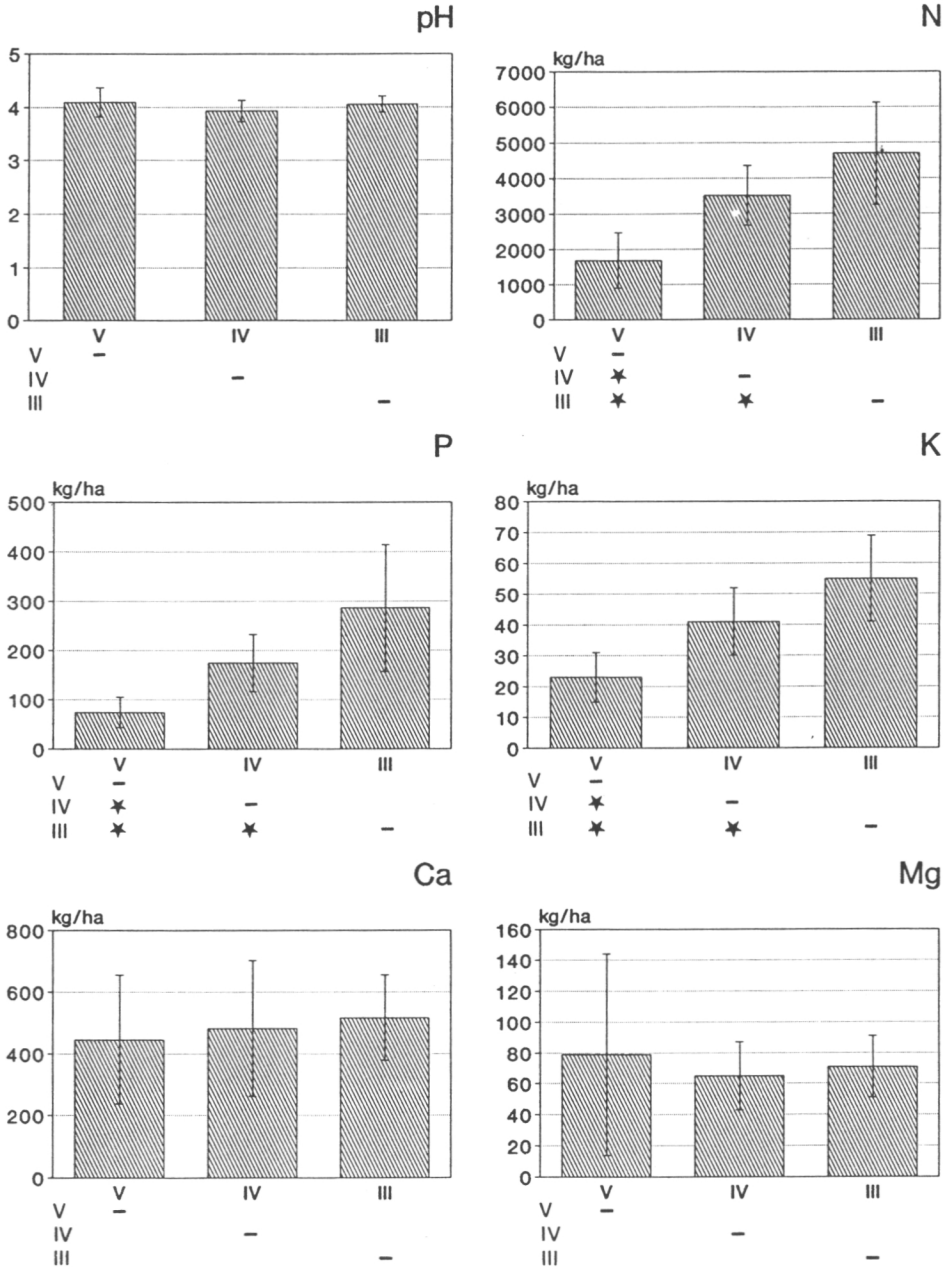
Metsäkorte runsastuu hieman puolukkakorvissa (PK) ja viljavimmilla korpirämeillä (KR) rehevöittäen niiden kasvillisuuskuva mustikkakorpiin (MK) päin (Sarasto 1961a,b). Kuusialikasvoksen esiintyminen isovarpurämeillä (Heikurainen 1959) voi aiheuttaa niiden luokittelun korpirämeiksi. Vaikka mustikan käyttöä ojitusalueiden luokittelussa on syytä varoa, sen peittävyys yleensä kuitenkin lisääntyy tupasvilla- (TR) ja isovarpurämeiltä korpisille rämeille ja puolukkakorpiin sekä edelleen mustikkakorpiin siirryttäessä. Nevamaisten soiden (esim. VSK = varsinainen sarakorpi, VSR, TSR, LkR = lyhytkorsiräme) ja nevojen (mm. VSN) ojituksilla puolukka on yleensä mustikkaa runsaampi (Sarasto 1961a,b).

Edellisen rajoittuneen aineistonkin (ei esim. ruohoisia ja lettoisia turvemaita) perusteella on pääteltävissä, että ojitusalueiden luokittelu on tulkinnanvaraista ja subjektiivista. Näin on otaksuttukin, mutta käsillä olevan kaltaisella vertailulla voidaan paljastaa erityisiä ongelmakohtia. Ojitusalueiden sukkessioyhteisöissä esiintyy yleisesti tyyppien välimuotoja ja sukkessioyhteisöissä myös kasvillisuuden ja kasvupaikkatekijöiden välinen yhteys heikkenee (mm. Keltikangas 1945, ss. 33-45, 91-107). Varsinkin muuttumien sijoittaminen perinteiseen tapaan cajanderilaiseen järjestelmään on hyvin arveluttavaa (ks. myös Keltikangas 1945, s. 35, Reinikainen 1989). Jo ravinteisuusluokkatasolla on vaikeuksia.

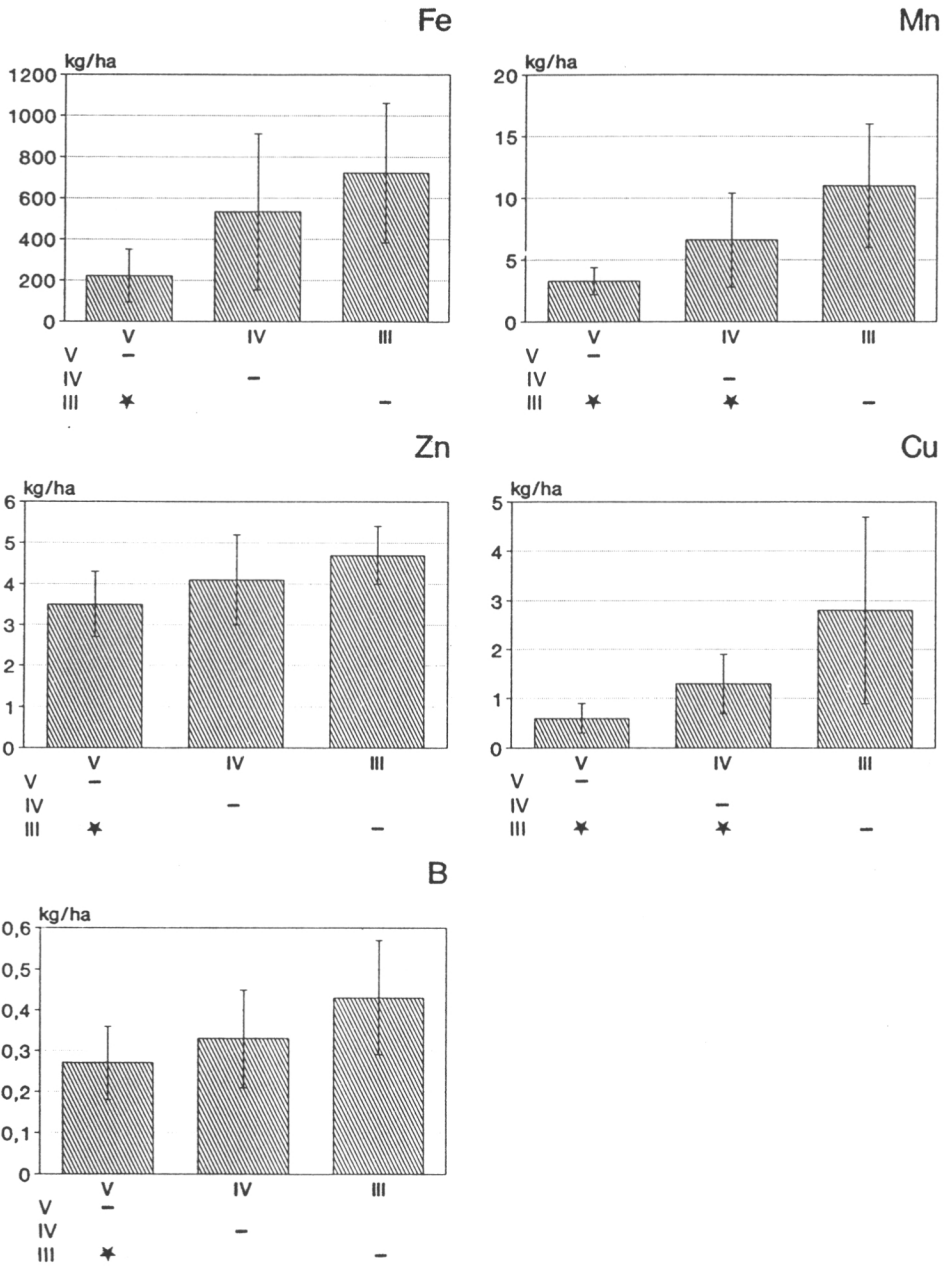
Kuvassa 1 on esitetty ojitusalueiden ravinnetunnuksia (vuoden 1990 aineisto) kolmessa kasvillisuusluokassa, jotka muodostettiin objektiivisesti (TWINSPAN). Koealat edustivat pääasiassa muuttumia (ks. myös kuva 2). Luokan V alat olivat tupasvilla- ja isovarpurämeitä; muutamalla koealalla esiintyi rahkamättäisyyttä (Ram). Luokan IV koealat olivat lähinnä korpisia rämeitä. Luokka III edusti mustikkakorpiä, siihen sisältyi myös pari puolukkakorpea. Aineisto on siten järjestetty todennäköisen turvekangastyypin mukaan: ryhmä V kehittynee varputurvekankaaksi (Vatkg), ryhmä IV puolukkaturvekankaaksi (Ptkg) ja ryhmä III mustikkaturvekankaaksi (Mtkg). Aineistosta poistettiin yksi nevinen koeala (TSR), joka kehittyisi ilmeisimmin Ptkg(II):ksi (Laine ja Vasander 1990), ja kuvassa 2 äärimmäisenä oikealla näkyvä ala, joka oli rehevöitynyt voimakkaasti ja jolta ei vaihtelevasti ohuen turvekerroksen vuoksi ollut käytettävissä tilavuustarkkaa turvenäytettä koko 0-20 cm:n syvyydeltä.

Voidaan havaita, että ojitusalueiden sukkessioyhteisöissäkin aluskasvillisuuden vaihtelu kuvaa pintaturpeen ravinnemääräeroja (kuva 1). Yllättävää oli tosin se, että pH-luku, kalsium- (Ca) ja magnesiummäärä (Mg) eivät poikenneet merkittävästi luokkien välillä. Kasvillisuudella on kuitenkin ilmeistä käyttökelpoisuutta ojitusalueiden metsätaloudellisessa luokittelussa, kun vain käytetään sopivan karkeaa luokitusta.

Ojitusalueiden uudistamisen jälkeen nykyistä tasaikäisemmän ja kehitykseltään tasaisemman puusukupolven myötä lienee mahdollisuus soveltaa yhä paremmin luokittelua, joka entistä enemmän ottaa huomioon puustoboniteetin (nk. yhdistetty bonitointi). Kuitenkin eri käyttötarkoituksia varten tarvitaan niin perusteiltaan kuin karkeusasteiltaan erilaisia luokitusjärjestelmiä. Biologisen luokituksen tulee olla tarkkaa perustuen aktuaaliseen kasvillisuuteen, mutta metsätaloudessa luokitusta on hyvä selkeyttää.



Kuva 1. Itäsuomalaisten ojitusalueiden ravinnetunnuksia 0-20 cm:n turvekerroksessa kolmessa numeerisella menetelmällä (TWINSPAN) saadussa kasvilisäusluokassa. Luokkien väliset tilastolliset poikkeavuudet ($p < 0.05$) merkitty tähdellä. Luokka V edustaa lähinnä varpu-, luokka IV puolukka- ja luokka III mustikkaturvekankaiksi kehittyviä koaloja. Koalat olivat valtaosin muuttumavaiheessa (ks. myös kuva 2).



Kuva 1, jatkoa.

Turvekangastyypin ennustettavuus

Ojitusalueiden luokittelamista ennen perinteisen turvekangasvaiheen alkamista todennäköiseen tkg-tyyppiin on perusteltu muuttumien luokittelun vaikeudella (m.o.t.) ja sillä, että ojituksen aiheuttama hydrologinen muutos sekä siihen liittyvä puuston kasvun elpyminen ja kulminoituminen tapahtuvat ennen muuttuman ja turvekankaan sopimuksenvaraista rajaa (Laine 1989). Ojitettujen soiden luokittelua puuston tuotoksen tai metsänhoidollisten toimenpidetarpeiden arvioimiseksi ei ole siten tarpeen sitoa kuivatusvaihesarjaan (Laine & Vasander 1990).

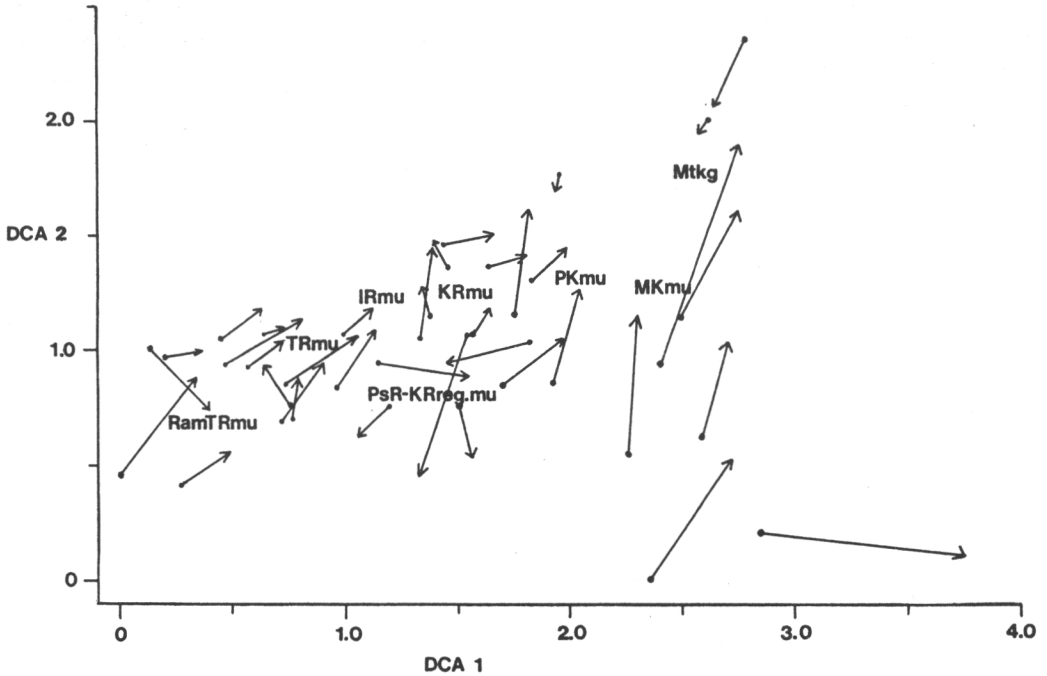
Myös käsitykset suotyyppien muuttumisesta eri turvekangastyypeiksi ovat tarkentuneet, mutta tässä suhteessa on vielä puutteita varsinkin aapasuovyöhykkeellä: mikä on alueelle ominaisten suotyyppien muuttumistulos ja mitä vaikuttaa Etelä-Suomea alhaisempi lämpösumma suotyyppien sukkessioon ja turvekangastyyppeihin? On havaintoja, että samasta suotyypistä voi muodostua erilainen 'lopputulos' esim. vaihtelevan paikallisilmaston vuoksi (Keltikangas 1945).

Kuvassa 2 on havainnollistettu ojitusalueiden kasvillisuusyhteisöjen sukkesiokehitystä (ks. aineisto ja menetelmät). Valtaosalla koealoista kasvillisuus on muuttunut kuivempaan suuntaan (nuolet ylöspäin), mutta myös muutamia regressiivisiä aloja esiintyi. Koealojen kasvillisuus on yleisesti myös rehevöitynyt (nuolet oikealle), jota alueen runsaat metsänlannoitukset (Sevola 1983) ovat saattaneet edesauttaa.

Pitkävaikutteisella tuhkalannoituksella tai useampia kertoja (3-4 kertaa) peräkkäin toistuvalla tavanomaisella metsänlannoituksella voidaan ohjata soiden muuttumistulosta. Tämä taas voidaan ottaa huomioon mm. veroluokkaan vaikuttavana tekijänä (Maatilojen veroluokitusohjeet 1990). Lyhytvaikutteisen kertalannoituksen aiheuttamaa aluskasvillisuuden tilapäistä rehevöitymistä ei oteta huomioon. Joka tapauksessa lannoitus vaikeuttaa luokiteltavan kohteen sijoittamista oikeaan turvekangastyypin sukkessiosarjaan. Hakkuut ja ojitusalueiden regressiivinen kehitys aiheuttavat samaa.

Karumman pintaturpeen alla saattaa olla ravinteikkaampi turvekerros, josta ojituksen jälkeisen turpeen painumisen vuoksi puuston ja aluskasvillisuuden juuristo pääsee ottamaan ravinteita. Tällöin turvekangastyypin määrittäminen alkuperäisen suotyypin perusteella voi johtaa väärään tkg-tyyppiin (Laine 1989). Edellytyksenä esim. saman puusukupolven aikana tapahtuville muutoksille on se, että ravinteikas kerros sijaitsee kohtalaisen pinnassa; Laine (1989) viittaa alle puolen metrin syvyyteen.

Muutamille suotyypeille, esim. vaivaiskoivu- (VkR) ja tupasvillasararämeille on luonteenomaista ravinteikkaampi turvekerros lähellä pintaa. Nämä suotyypit ovat muodostuneet (suur)saraturpeen päälle. Niinpä niiden todennäköisin muuttumistulos on puolukkaturvekangas aivan kuten yhtä ravinteisuusluokkaa korkeampien, varsinaisen sararämeen ja -nevan (Laine 1989, Laine & Vasander 1990). Kaukana ei ole ajatus, etteikö myös oligominerotrofinen lyhytkorsiräme voisi muuttua joskus Ptkg:ksi. Yleensä siitä katsotaan muodostuvan varputurvekangas.



Kuva 2. Ojitusalueiden kasvillisuuden kehitys ordinaatiomenetelmällä (DCA) pelkistettynä: nuolen kanta = koealan kasviyhteisön rakenne vuonna 1981-1983, nuolen kärki = yhteisö vuonna 1990. Ordinaation 1. akseli edustaa lähinnä trofia/boniteettigradiattia ja 2. akseli kuivatusastetta. Ensimmäisen akselin ominaisarvo = 0.386, toisen = 0.141.

Turpeen kerroksellisuudessa esiintyy alueellisia eroja siten, että turve on kerrostuneinta Itä- ja Järvi-Suomessa sekä yleensä keidas- ja aapasoiden vaihetumisaueilla. (Materiaalia turvekerrosten tarkasteluun tarjoavat mm. Geologian tutkimuskeskuksen sadat raportit vuosilta 1980-1990 eri kuntien turvevaroista).

Suomea jonkin verran suotuisemmissa ilmasto-oloissa esim. Kanadassa (Saarinen 1989) ja Neuvostoliitossa (Neshatayev 1989) on havaittu ojitusalueiden kasvillisuuden rehevöitymistä. Ilmeisesti korkeampi lämpösusma aiheuttaa ravinteiden nopeamman mineralisaation ja sitä kautta trofian nousun. Jos Suomen ilmasto on muuttumassa lämpimämmäksi, kysymys on lähinnä siitä, vaikuttaako muutos yhtä voimakkaasti eri suotyyppien ojitusalueisiin ja yhtä voimakkaasti eri osissa maata? Sama koskee laskeumia: mitkä ovat niiden alueelliset ja suotyyppien väliset vaikutuserot?

Kirjallisuus

- Eurola, S. & Kaakinen, E. 1978. Suotyyppiopas. 87 s. WSOY. Porvoo.
- & Holappa, K. 1984. Luonnontilaisten soiden ekologia ja soiden metsän-
oituskelpoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 90-108.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäoitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat:
Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland.
Acta Forestalia Fennica 69(1). 279 s.
- 1981. Suo-opas. 51 s. Kirjayhtymä. Helsinki.
- & Pakarinen, P. 1982. Mire vegetation and site types. Teoksessa: Laine, J.
(toim.), Peatlands and their utilization in Finland: 14-23. Helsinki.
- Hill, M.O. 1979. TWINSPLAN-A FORTRAN program for arranging multivariate
data in an ordered two-way table by classification of the individuals and
attributes. 48 s. Cornell University, Ithaca, New York.
- & Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved
ordination technique. Vegetatio 42: 47-58.
- Hotanen, J.-P. 1989. Korpirämeet ja laihat korvet suomalaisissa suoluokitusjär-
jestelmissä. Summary: The place of spruce-pine mires and oligotrophic
spruce mires in Finnish peatland site type classifications. Suo 40: 21-30.
- & Nousiainen, H. 1990. Metsä- ja suokasvillisuuden numeerisen ryhmittelyn
ja kasvupaikkatyyppien rinnastettavuus. Summary: The parity between
numerical units and site types of forest and mire vegetation. Folia
Forestalia 763 (painossa).
- Huikari, O., Muotiala, S. & Wäre, M. 1964. Ojitusopas. 244 s. Kirjayhtymä.
Helsinki.
- Jongman, R., ter Braak, C. & van Tongeren, O. 1987. Data analysis in
community and landscape ecology. 299 s. Pudoc Wageningen.
- Keltikangas, V. 1945. Ojitettujen soiden viljavuus eli puuntuottokyky metsätyyp-
piteorian valossa. Summary: The fertility of drained bogs as shown by their
tree producing capacity, considered in relation to forest types. Acta
Forestalia Fennica 53(1). 237 s.
- 1990. Ojitettujen soiden merkitys Suomen puuhuollolle nyt ja tulevaisuudessa:
missä kannattaa kunnostusojitus? Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja
268: 7-14.
- Kuusipalo, J. & Vuorinen, J. 1981. Pintakasvillisuuden suksessiosta vanhalla
ojitusalueella Itä-Suomessa. Summary: Vegetation succession on an old,
drained peatland area in eastern Finland. Suo 32: 61-66.
- Laine, J. 1989. Metsäojitettujen soiden luokittelu. Summary: Classification of
peatlands drained for forestry. Suo 40: 37-51.
- & Vasander, H. 1990. Suotyypit. 80 s. Kirjayhtymä. Helsinki.

- Maatilojen veroluokitusohjeet 1990. Verohallituksen julkaisu 515. 35 s.
- Mikkola, K. & Jukola-Sulonen, E-L. 1984. Yhteisöekologisten aineistojen käsittely ja analysointi VAX-tietokoneella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 168. 36 s.
- Neshatayev, V. 1989. Changes in forest types on drained peatlands in North-Western Russia. Teoksessa: Sjögren, E. (toim.), Forests of the World: diversity and dynamics (Abstracts). Studies in Plant Ecology 18. 189 s. Uppsala.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951-1984. Folia Forestalia 714. 29 s.
- Pienimäki, T. 1982. Kasvillisuuden ojituksenjälkeinen kehitys eräillä suotyypeillä Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Development of vegetation on some drained mire site types in North-Ostrobothnia. Suo 33: 113-123.
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. 231 s. Kirjayhtymä. Helsinki.
- Reinikainen, A. 1988. Metsäojitettujen soiden kasvupaikkaluokituksen suunnanhakua. Summary: The need of improving the site classification of mires drained for forestry. Suo 39: 61-71.
- 1989. Luonnontilaisesta suosta turvekankaaksi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 337: 15-25.
 - & Hotanen, J.-P. 1988. Soiden luokitus metsänkasvatusta varten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308. 28 s.
- Saarinen, M. 1989. Maastorekeilyt. Julkaisussa: Vasander, H. (toim.), Suo- ja turvesymposiumi Quebecissä. Abstract: International symposium on peat and peatlands in Quebec. Suo 40: 177-186.
- Sarasto, J. 1961a. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. Acta Forestalia Fennica 74(5). 47 s.
- 1961b. Ojitettujen soiden luokittelusta. Summary: How the drained peatlands are classified. Suo 12: 75-77.
- Sevola, Y. 1983. Metsähallinnon Nurmeksen hoitoalueen voimaperäinen puunkasvatus: seurantajärjestelmä ja tuloksia. Summary: Intensive timber growing in a state forest district: monitoring system and results. Folia Forestalia 574. 83 s.
- Tolonen, K. 1967. Über die Entwicklung der Moore im finnischen Nordkarelien. Annales Botanici Fennici 4: 219-416.
- Valtakunnan metsien 7. inventoinnin kenttätöiden ohjeet, yleinen osa 1977. 59 s. Metsäntutkimuslaitos, metsäarvioimisen tutkimusosasto, metsäinventoinnin tutkimussuunta. Helsinki.

Tenho Hynönen

TURVEMAAPELTOJEN METSITYS (ennakkotuloksia)

Tämän inventointitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää turvemaapellojen metsityksen onnistumista Pohjois-Savon metsälautakunnan alueella vuosina 1971-1987 sekä syitä, jotka mahdollisesti vaikuttavat viljelytaimien kehitykseen sekä luontaiseen uudistumiseen. Viljelypuulajit olivat mänty ja kuusi sekä muokkaus-tavat pellonmuokkaus (lähinnä viilukyntö) ja mätästys. 1970-luvun metsityk-sissä oli käytetty järeänä muokkauksena metsäaurasta. Tutkimuksessa oli mukana 70 taimikkoa.

Suopeltojen raivaus oli aloitettu Pohjois-Savossa 1800-luvulla ja se jatkui aina 1970-luvulle saakka. Pääosa kohteista oli raivattu ruohoisista ja mustikkaisista korvista ja rämeistä. Joukossa oli mukana myös erittäin karuja kohteita. 70 %:lla koealoista turvetta oli yli 70 cm ja ohutturpeisia (alle 30 cm) oli vain 11 %. Suopelloilla oli viimeksi viljelty pääasiassa heinää, joillakin kohteilla ohraa ja kauraa. Ennen metsitystä pellot olivat olleet viljelemättä kahdesta vuodesta viiteentoista vuoteen.

Suurimmalle osalle turvepelloista oli ajettu maanparannusaineeksi savea, hietaa tai hienoa hiekkaa. Pintakerroksen (0-10 cm) tuhkapitoisuus ja tiheys olivat huomattavasti suuremmat kuin puhtailla turveilla. Korkea tuhkapitoisuus ja tiheys johtuvat juuri ajomaista ja tulvavesien mukana tulleesta hienosta aineksesta. Lisäksi tehokas kuivatus ja maan tiivistyminen maanviljelyksessä vaikuttavat korkeaan tiheyteen.

Pellonmetsitystulos

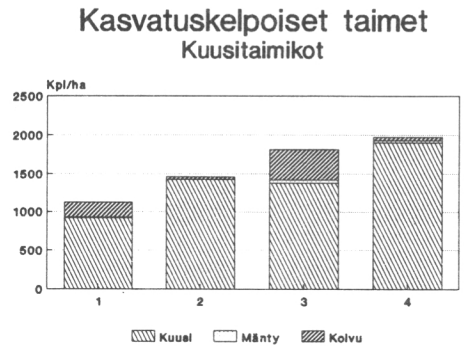
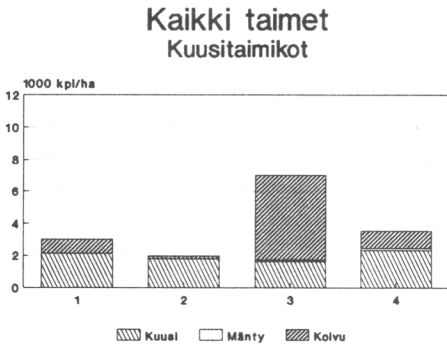
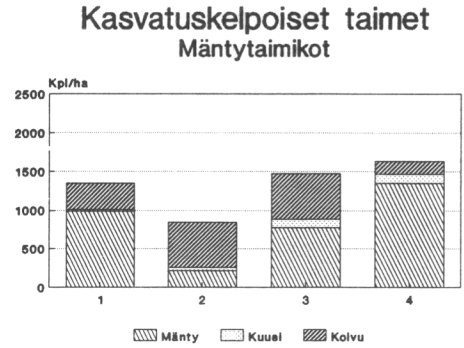
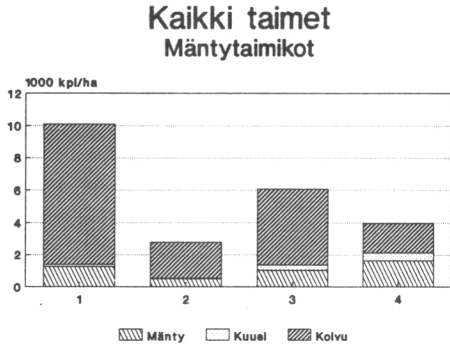
Pellonmuokkausaloilla perusmetsitysmäntyjä oli keskimäärin 917 kpl/ha. 3-4 vuoden kuluttua viljelystä taimimäärä oli 1 250 kpl/ha ja 8-9 vuoden kuluttua 650 kpl/ha (kuva 1). Mätästyskohteilla taimimäärät olivat vieläkin alhaisempia (kuva 2).

Kuusen perusmetsitystaimia oli elossa selvästi enemmän, pellonmuokkausaloilla keskimäärin 1 549 kpl/ha. 3-4 vuoden ikäisissä taimikoissa kuusentaimia oli vielä yli 2 000 kpl/ha ja kymmenen vuoden ikäisissä yli 1 500 kpl/ha. Mätästysaloilla, joita oli vain kahdessa nuorimmassa ikäluokassa (3-5- ja 8-9-vuotiaissa) taimimäärät olivat hieman korkeammat.

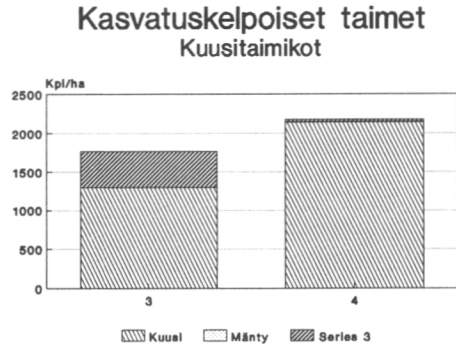
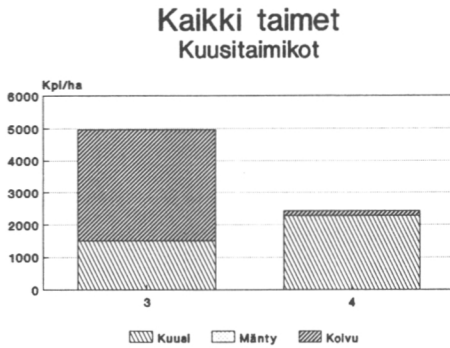
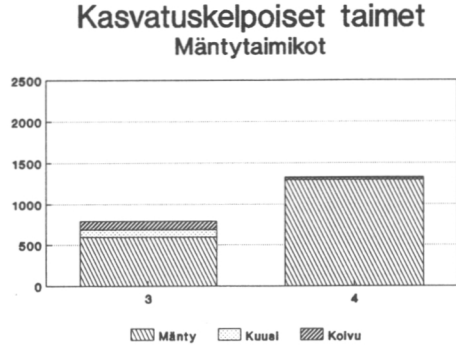
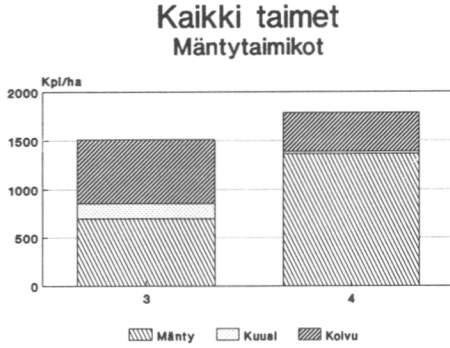
Kasvatuskelpoisia männyntaimia (perusmetsitystaimet ja täydennysistutustaimet) pellonmuokkausaloilla oli 833 kpl/ha ja mätästysaloilla 688 kpl/ha. Kasvatuskelpoisten taimien määrä oli samaa suuruusluokkaa kuin perusmetsitystaimien määrä.

Kasvatuskelpoisia kuusen taimia oli pellonmuokkausaloilla 1 307 kpl/ha ja mätästysaloilla 1 675 kpl/ha. Pellonmuokkausaloilla yli kymmenvuotiaissa taimikoissa taimimäärä oli hieman yli 1 300 kpl/ha.

Luontaisilla havupuuntaimilla ei ollut kovin suurta merkitystä taimikoiden täydentäjänä. Sensijaan hieskoivun taimimäärät olivat suuret, mäntytaimikoissa pellonmuokkausaloilla 4 078 kpl/ha ja mätästysaloilla 1063 kpl/ha. Vastaavasti



Kuva 1. Taimien määrä puulajeittain pellonmuokkausaloilla eri viljelyajankohdan taimikoissa (1=1971-72, 2=1975-77, 3=1981-82 ja 4=1985-87).



Kuva 2. Taimien määrä puulajeittain mätästysaloilla eri viljelyajankohdan taimikoissa (3=1981-82 ja 4=1985-87).

kasvatuskelpoisia hieskoivuja oli 377 ja 163 kpl/ha. Kuusitaimikoissa pellonmuokkausaloilla hieskoivuja oli 2 530 ja mätätysaloilla 1 391 kpl/ha ja kasvatuskelpoisia taimia 224 ja 234 kpl/ha, siis 10-20 % hieskoivuista oli kasvatuskelpoisia.

Taimikoiden tasaisuus

Pelkästään keskimääräinen hehtaarikohtainen taimimäärä ei kuvaa metsänuudistamistulosta, vaan tarvitaan tietoa myös taimikon tasaisuudesta. Mäntytaimikoissa kasvatuskelpoisia viljelytaimia (mukana myös täydennystaimet) ei ollut yhtään kappaletta 40 %:ssa koealoja (kuva 3). Kasvatuskelpoisia hieskoivun taimia ei ollut 82 %:ssa koealoja ja kun huomioidaan kaikki kasvatuskelpoiset taimet tyhjiä koealoja oli 24 %, 1 000 tainta tai alle olevia koealoja oli 53 %.

Kuusitaimikoissa kasvatuskelpoisia viljelytaimia ei ollut 15 %:ssa koealoja, 86 %:ssa koealoja ei ollut yhtään hieskoivua ja kun kaikki taimet huomioidaan tyhjiä koealoja oli 12 %.

Taimien sijoittuminen saralle

Pääosa (55-60 %) kasvatuskelpoisista istutusmännnyistä sijaitsi 2-6 metrin etäisyydellä ojasta. Kuusen viljelytaimista neljännes oli 0-2 metrin etäisyydellä ja 55 % 2-6 metrin etäisyydellä.

Kasvatuskelpoisista luontaisista männyntaimista lähes 40 % oli 0-2 metrin kaistaleella ja kuusista yli 70 %. Hieskoivuista 40 % oli 0-2 metrin etäisyydellä lähimmästä ojasta ja n. 30 % 2-4 metrin etäisyydellä. Keskimääräinen sarkaleveys tässä tutkimuksessa oli noin 16 m.

Taimien pituus

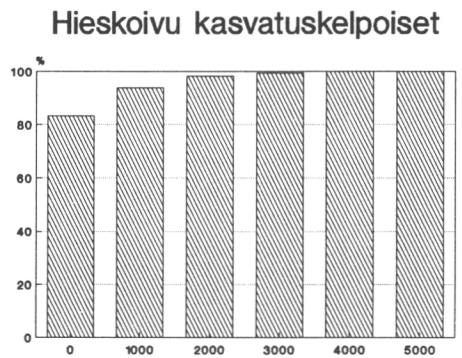
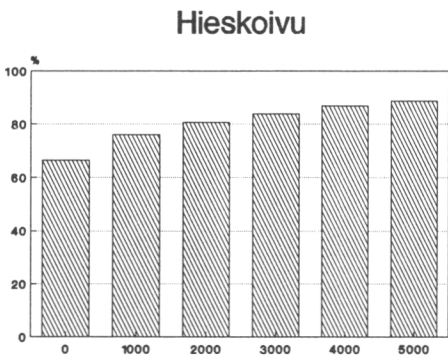
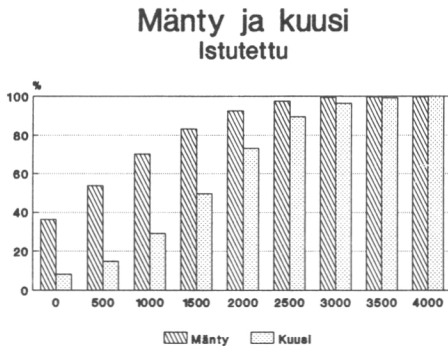
Kasvatuskelpoisten perusmetsitysmäntyjen pituus oli pellonmuokkausaloilla 236 cm ja mätätysaloilla 125 cm. Pellonmuokkausaloilla eri ikäisten taimikoiden keskipituudet olivat 536, 350, 192 ja 82 cm. Mätätysaloilla pituudet olivat 338, 288, 158 ja 80 cm.

Perusmetsityskuusten pituus pellonmuokkausaloilla oli keskimäärin 203 cm ja mätätysaloilla 68 cm. Kuusen taimien pituudet eri ikäluokissa olivat 313, 351, 116 ja 62 cm ja mätätysaloilla 112 ja 60 cm.

Taimikoiden tila

Tässä inventointitutkimuksessa mukana olleista mäntytaimikoista oli hyviä 18 %, tyydyttäviä 27 %, huonoja 34 % ja täysin epäonnistuneita 21 %. Kuusitaimikoista hyviä ja tyydyttäviä oli molempia 35 %, huonoja 23 % ja täysin epäonnistuneita 7 %.

50 %:ssa mäntytaimikoista aukkoja oli runsaasti, 11 %:ssa merkittäviä aukkoja oli vähän ja 39 %:ssa ei ollut merkittäviä aukkoja. Kuusella vastaavat luvut olivat 19, 12 ja 69 %.



Kuva 3. Mänty- ja kuusitaimikoiden koealojen summafrekvenssit (koealojen %-osuus eri taimimäärillä kpl/ha).

Päätelmiä

1970-80-luvuilla pääosa suopelloista oli istutettu männyllä, ja metsitystulos oli huono. Männyllä erityisinä syinä voi mainita pintakasvillisuuden, myyrätuhot, ojanvarsipajukot ja maaperän ominaisuudet. Suurin osa pelloista oli liian reheviä männynviljelylle. Kuusen taimikoissa hallatuhuilla oli myös merkitystä. Molemmilla puulajeilla esiintyi kasvuhäiriöitä, jotka johtuvat turpeen ominaisuuksista. Kuivatuksen huonontuessa liika kosteus heikensi myös taimikoiden kehitystä. Mäntytaimikoista kuivatus oli huono 30 %:ssa, tyydyttävä 57 %:ssa ja hyvä ainoastaan 13 %:ssa. Kuusitaimikoissa vastaavasti 23, 62 ja 15 %.

Tämän inventointitutkimuksen tulokset osoittavat, ettei yleisesti käytössä olevilla uudistamismenetelmillä saada männynviljelyä onnistumaan riittävän hyvin. Mäntyä ei tulisi viljellä lainkaan rehevillä suopelloilla. Karuimmat kohteet on parasta jättää metsittymään luontaisesti ja unohtaa aktiivinen puuntuotanto.

Viime vuosina hieskoivun viljely on lisääntynyt voimakkaasti turvemaapeltojen metsityksessä. On kuitenkin muistettava, että hieskoivu on erittäin arka luonnontuhoille, erityisesti myyrä- ja hirvituhoille. Hieskoivun viljelyssä edessä ovat myös samat maaperälliset ongelmat kuin muillakin puulajeilla. Suuri osa kohteista on ravinteisuudeltaan niin karuja, ettei hieskoivun viljely ole taloudellisesti kannattava toimenpide.

Mätästyskään ei näytä turvaavan taimikoiden kehitystä pitkälle tulevaisuuteen. NykYTEKNIKALLA käytännön töissä ei ole päästy suositusten mukaiseen mättään kokoon eikä mätäsojan syvyyteen. Ojat tehdään liian syviksi ja näin karu, maatumaton turve nousee taimen kasvualustaksi. Turvetta ei pitäisi kääntää 20-30 cm (pellonmuokkauskerrosta) syvemmältä mikäli ollaan paksuturpeisilla kohteilla. Kuivatusojat on tietenkin tehtävä normaalimitoilla. Tässä tutkimuksessa kokonaistaimimäärä (myös kasvatuskelpoiset) oli suurempi pellonmuokkausaloilla kuin mätästysaloilla. Myös tyhjen koealojen määrä pellonmuokkausaloilla oli vähäisempi molempien puulajien taimikoissa. Lähinnä hieskoivu aiheuttaa erot eri muokkaustapojen välille. Mikäli muokkauksena käytetään viilukyntöä ja ojitus toteutetaan metsityksen jälkeen, ojat on suunniteltava jo metsityksen yhteydessä.

Ravinne-epätasapainon korjaamiseksi, varsinkin boorin voimakkaan puutteen vuoksi, on tarpeen suorittaa hyvin varhaisessa vaiheessa peruslannoitus hivenravinteita sisältävällä lannoitteella tai tuhalla, jos sitä on saatavissa. Mikäli huolehditaan ravinnetasapainosta, on kuusen käyttöaluetta mahdollisuus laajentaa hallanaroillekin paikoille.

Luontaisessa uudistamisessa maanpinnankäsittely on myös tarpeen, muokkausmenetelmänä pätee samat ohjeet kuin viljelyksessä, mutta kuivatusta ei ole tarpeen toteuttaa samanaikaisesti. Pohjavesipinnan nostamisella saadaan luontaisen uudistumisen edellytykset paremmiksi. Sen jälkeen kun taimettuminen, lähinnä koivuttuminen on tyydyttävästi tapahtunut, kuivatus hoidetaan kuntoon. Kun hieskoivu on saatu esipuulajiksi, sen jälkeen voidaan harkita kuusen viljelyä. Myös luontaisen uudistamisen alueilla tarpeellisesta hivenravinnelannoituksesta on huolehdittava.

Turvemaapeltojen uudistamisessa on hyväksyttävä huomattavasti alhaisempi metsänuudistamistaso kuin mihin normaalisti on totuttu. Myös uudistamisajan suhteen pitäisi pitkämielisyys säilyttää. Yksittäisen maanomistajan kannalta kysymys on kuitenkin monta kertaa merkittävästä taloudellisista asioista.

Eero Hyvärinen

POHJOIS-KARJALAN KIVENNÄISMAILLA KÄYTETYT MAANMUOKKAUSMENETELMÄT

Esityksessä tarkastellaan muokkausmenetelmiä varsinaisissa yksityismetsissä. Näiden pinta-ala on noin 800 000 ha.

Metsänuudistamistoiminta käynnistyi Pohjois-Karjalan varsinaisissa yksityismetsissä 1950-luvun alussa ja saavutti jo vuoden 1960 paikkeilla noin 9 000 ha:n tason (liite 1), jonka lähellä määrä on aaltoillut kuluneet 30 vuotta. 1960-luvun keskiväli edustaa suurinta uudistamisen tasoa noin 13 000 ha (liite 2).

Luontaisen uudistamisen alueiden käsittely

1950-luvulla noin 2/3 ja 1960-luvulla noin 1/2 uudistamisesta oli männyn luontaista uudistamista. Siitä huomattava osa oli luonnontilaisilla soilla tai nuorilla ojikoilla, jotka taimettuivat helposti ilman maanpinnan käsittelyä.

Kivennäismailla maanpinnan rikkominen jäi luontaisen uudistamisen yhteydessä vähäiseksi. Ehkä noin 5 % kivennäismaista laikutettiin. Hevosvetoisen laikkurin kokeilu päättyi toteamukseen: "Laikkuri on metsänhoidon pahin vihollinen!" Toteamus johtui männyn siemenpuuasentojen tekemisestä kasvatushakkuilla käsittelemättömiin metsiin, jolloin siemenpuut eivät olleet siemennyskykyisiä laikkujen ollessa itämisalustaksi kelvollisia 3-4 vuoden aikana laikutuksen jälkeen.

Koneellisen laikutusmahdollisuuden puutetta pyrittiin poistamaan käyttämällä männyn luontaisessa uudistamisessa tukkipuuasentoa, jossa männyn määrä oli 150-300 r/ha. Menettelyllä varmistettiin siemennyksen määrä sekä kohtalainen tuotto maanpinnan tekeytymisaikana.

Kokemukset luontaisesta uudistamisesta kivennäismailla ilman koneellista muokkausta olivat enimmäkseen huonohkoja. Tämä oli yhtenä syynä viljelyn nopeaan lisääntymiseen 1960-luvun alussa. Luontaisen uudistamisen määrä vakiintui noin 1960-luvun lopulla 2 000 ha:n ja myöhemmin 1 500-1 000 ha:n tasolle. Nykyinen tavoite on 2 000 ha/vuosi. Laikutetun tai myöhemmin lähinnä äestetyin alueen osuus oli aluksi noin 10 % ja on siitä vähitellen noussut. 1980-luvun alussa on koneellisesti äestetty jo yli puolet ja viime vuosina lähes kaikki luontaisen uudistamisen alueista. Aurauksen ja ojitusmätästyksen osuus luontaisen uudistamisen alueilla on ollut muutama prosentti. Voimakkaimpana muokkauksena lähinnä männyn ja rauduskoivun luontaisessa uudistamisessa on ryhdytty käyttämään ns. kaivurilaikutusta. Käsittelyssä ei nimestä huolimatta pyritä syvään muokkaukseen, vaan paljastamaan kivennäismaata pintamyötäisesti yli 50 %:a pinta-alasta.

Metsänviljelyalueiden muokkaus

Metsänviljely nousi 1950-luvulla 2 000 ha:n tasolta noin 7 000 ha:iin 1960-luvun alussa. Viljelystä oli 2/3-1/2 kylvää, jonka kuokalla tehty laikutus ei näy tilastoissa. Istutuksissa kuusen osuus oli hallitseva. Kohteina olivat suurelta osin

lepiä, joissa koneellinen muokkaus ei tullut kyseeseen. 1960-luvulla istutuksen yhteydessä kuokalla tehty laikutus oli yleistä. Koneellinen etukäteen tehty käsittely on ryhdytty tilastoimaan vuodesta 1967 lähtien. Noin 8.000 ha:n vuosittaisesta viljelyalasta on vuosikymmenen lopulla käsitelty koneellisesti 1.000 ha. 1970-luvulla määrä nousi nopeasti 2.000:sta noin 5.000 ha:iin. 1980-luvulla koneellisesti on muokattu noin 70-80 % viljelyalasta.

Aluksi koneellinen käsittely oli laikutusta (Tume-Tapio & Sinkkilä). Äkeiden kehittyttyä niiden osuus yleistyi nopeasti. Auras kohdistettiin alun pitäen maille, joilla oli myös vesitalouden parantamisen tarvetta. Näitä oli 1960-luvun kohteissa ollut kovin runsaasti. Siten aurauksen osuus on aina ollut kohtalaisen vähäinen. Ojitusmätästys tuli mukaan 1960-luvun lopulla ja on tehnyt aurauksen lähes tarpeettomaksi. Aurauksen tarvetta onkin vain maakunnan pohjoisosan tiivispuhraisilla mailla.

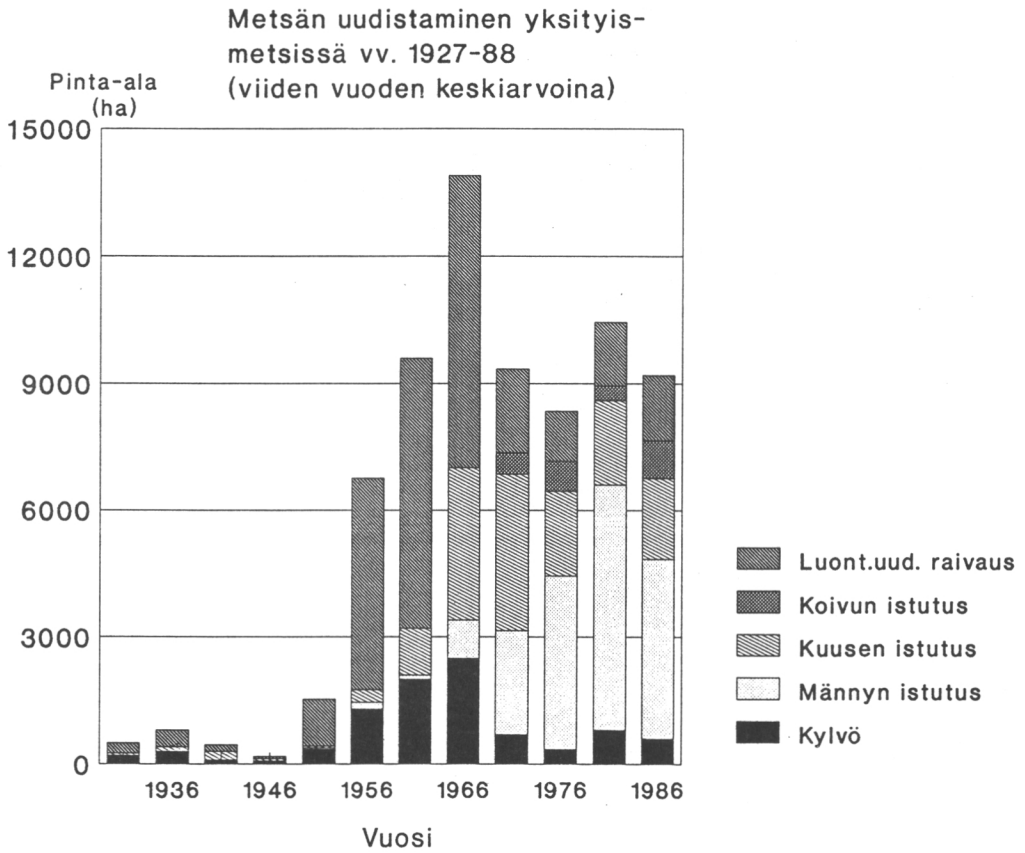
Vuodesta 1986 lähtien on käytettävissä erittely, jossa auraus, ojitusmätästys ja pellonmuokkaus näkyvät erillisinä: 5-vuotiskautena viljelystä alasta, joka on 6.590 ha/vuosi, on vuosittain äestetty 3.474 ha = 52 %, aurattu 113 ha = 1,7 % ja ojitusmätästetty 1.127 ha = 17 % (liite 2). Peltojen muokkauksen määrä on ollut 680 ha eli 10 % kokonaisuokkousalasta.

Peltojen muokkaus on ollut pääasiassa viilukyntöä tai penkkikyntöä. Viimeksi mainittu on suositeltavin juuristojen tasapuolisen kehityksen varmistamiseksi.

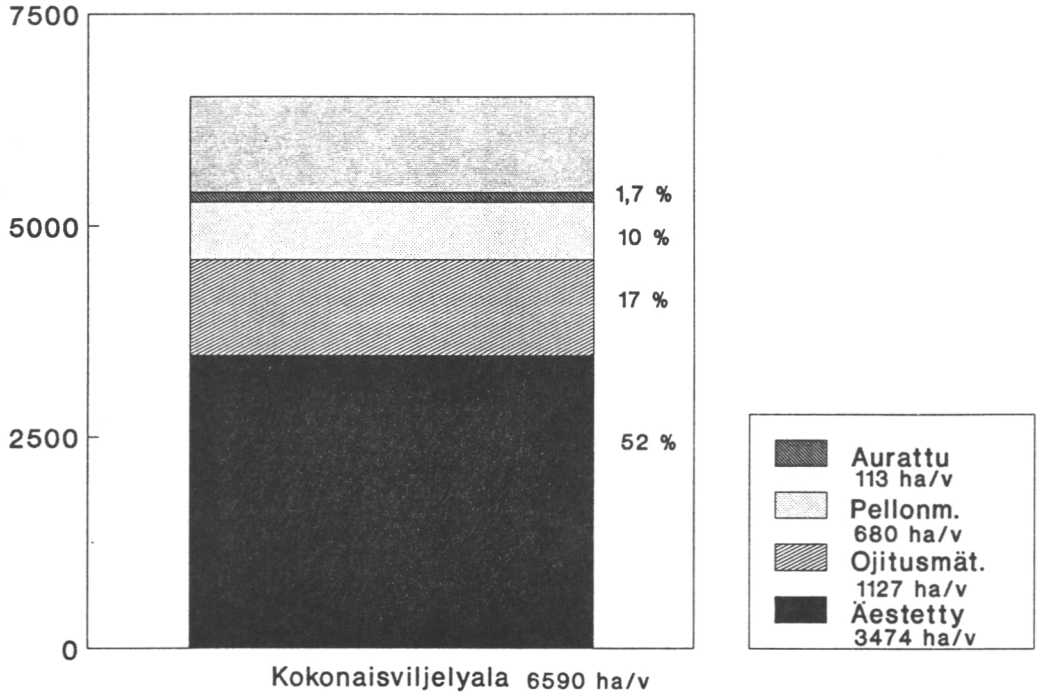
Tavoitteet

Koneellinen maanmuokkaus on uudistamisketjun onnistumisen ja kustannusten kannalta erittäin merkittävä. Hyvin muokattu epäonnistuu harvoin. Kustannusten erittelyssä hyvän muokkauksen vaikutusta muiden kustannusten hillitsemiseen ja koko uudistamisketjun edullisuuteen ei ole vielä riittävästi otettu huomioon.

Vuosina 1988-89 metsälautakunnan suorittamassa työn laatutarkkailussa on korjattavaksi todettu noin kuudesosa ja huomautuksen ansaitseviksi noin kolmannes viljelyistä. Pääsyy on ollut alueen vesitalouden tai sen uudistamishakkuun jälkeisen kehittymisen huomioon ottamatta jättäminen muokkaustapaa valittaessa. Äestystä on siten käytetty sopimattomissakin kohteissa. Jatkossa tuleekin ojitusmätästykseen vieläkin lisääntyä kaikilla vesitalouden kunnostusta tai varmistamista vaativilla kohteilla.



P-K:n varsinaiset yksityismetsät 1986-90
Keskimääräinen vuosittainen metsänviljelyala ja maanmuokkauksen eri menetelmien osuus

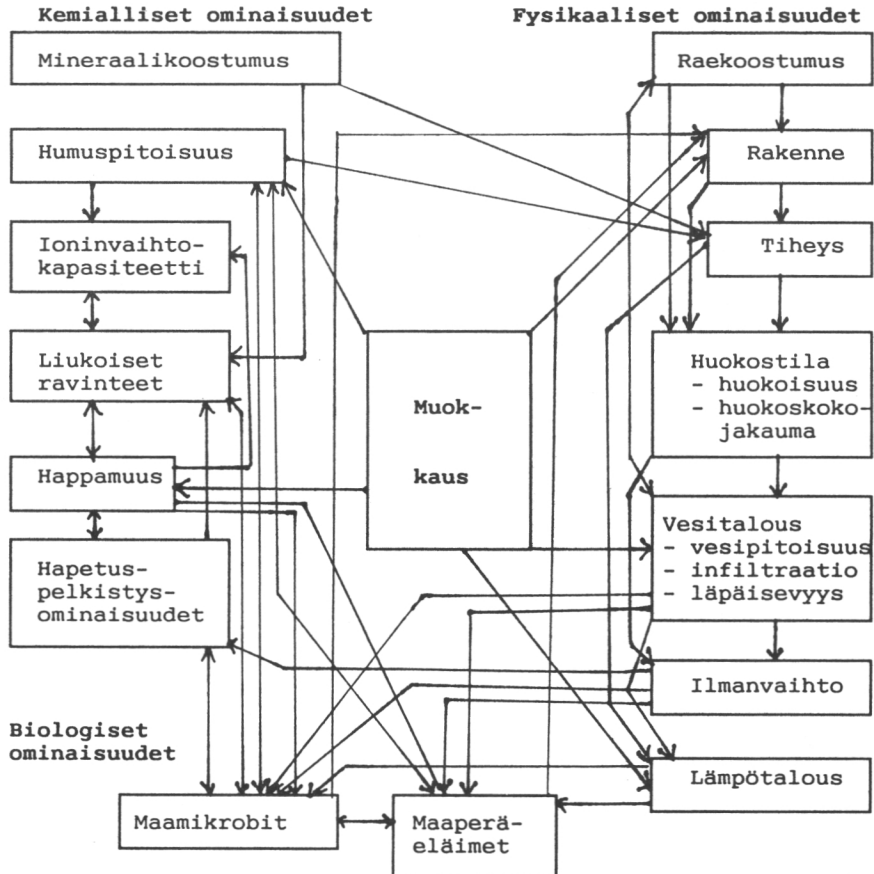


Hannu Mannerkoski

MAANMUOKKAUKSEN VAIKUTUS MAAN VESI-, HAPPI- JA LÄMPÖ- TALOUTEEN

Johdanto

Puiden juurien on saatava kasvuympäristöstään riittävästi vettä haihdunnan kautta poistuvan veden korvaamiseksi ja ravinteiden kuljettamiseksi maasta juuriston kautta maanpäällisiin kasvinosiin, riittävästi happea juurten hengitykseen ja riittävästi lämpöenergiaa luomaan aineenvaihdunnalle suotuisat olosuhteet. Muokkaus vaikuttaa eri menetelmiä käytettäessä eri tavoin maan ekosysteemiin. Yleisesti ottaen nuo mahdollisuudet ovat lähinnä maan sekoittaminen, ympäristöä korkeammalla olevien kohoumien muodostaminen ja veden poisjohtaminen. Nämä toimenpiteet vaikuttavat maan rakenteeseen, vesitalouteen ja lämpötalouteen suoraan ja näiden kautta välillisesti hyvin moniin maan ominaisuuksiin, kuten mikrobitoiintaan ja ravinteiden vapautumisnopeuteen orgaanisesta aineksesta (kuva 1).



Kuva 1. Muokkauksen vaikutukset maaperäekosysteemissä.

Maan vesi- ja happitalous ovat kiinteässä vuorosuhteessa toisiinsa, sillä veden ja ilman käytettävissä oleva maan huokostila on rajallinen. Veden täyttämä osa on poissa happitalouden hoidosta, sillä hapen liike, diffuusio, on vedessä vain 1/10000 siitä mitä se on ilmassa (esim. Hillel 1982). Tosin maassa virtaava vesi voi kuljettaa myös liuennutta happea, mutta tällä on merkitystä vain, jos veden virtaus on riittävän nopeaa ja runsasta ja vesi on happipitoista. Hengitykseen käytetty happi korvautuu maan ilmanvaihdon yhteydessä. Vesi/ilma-suhde maan huokostilassa vaikuttaa voimakkaasti myös maan lämpötalouteen, sillä veden ja ilman lämmönsiirto- ja lämpiämisominaisuudet ovat hyvin erilaisia.

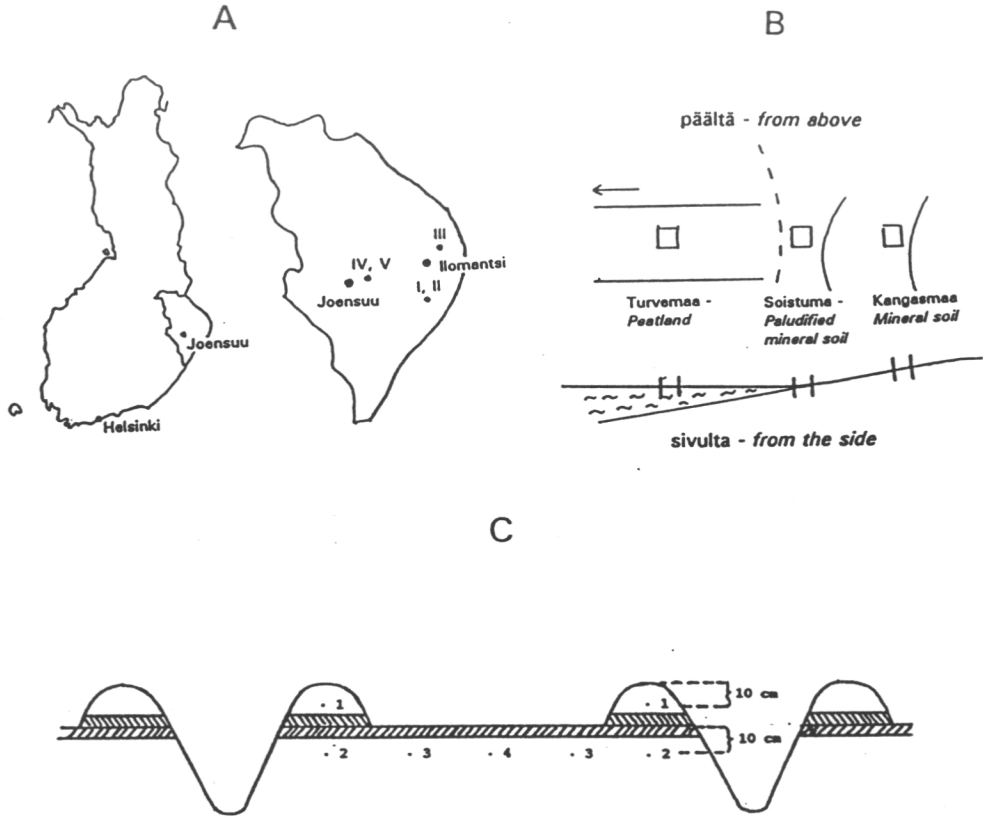
Maan ilmanvaihtoon on metsätaloudessa yleensä kiinnitetty suhteellisen vähän huomiota. Voimakasta maanmuokkausta on toki perusteltu hienojakoisille ja tiiviille maille myös ilmanvaihdon parantamiseksi. Tutkimuksia maan ilmanvaihdosta on kuitenkin tehty hyvin vähän, varsinkin kivennäismailla, joilla vanhempi tutkimus on rajoittunut ainoastaan Pohjois-Suomeen (esim. Kauppila & Lähde 1975, Ritari & Lähde 1978). Ilmanvaihto heikkenee avohakkuun jälkeen, kun maan kosteus lisääntyy poistettaessa haihduttava puusto alueelta. Huono ilmanvaihto heikentää kasvien veden ja ravinteiden saantia ja voi olla syynä moniin ongelmiin metsänviljelyalueilla. Myös puunkorjuukoneiden maata tiivistävä vaikutus avohakkuun yhteydessä saattaa olla merkittävä pintamaan ilmanvaihdon heikentäjänä, mutta vaikutusta ei ole tutkittu.

Ilmanvaihto-ongelmia voi esiintyä soistuneilla kankailla, heikosti kuivatetuilla turvemaidella ja hienojakoisilla kivennäismailla, joita ovat hienojakoiset moreeni- ja savi- ja hiesu, ja hienot hietamaat. Tällaisten maiden runsautta on vaikea arvioida tarkasti, koska varsinaisia inventointitietoja nykyisin käytetyllä maalajiluokituksella ei ole olemassa (Heiskanen 1989). Sen voidaan kuitenkin arvioida olevan alueellisesti vaihdellen 20-40 % metsämaan pinta-alasta Etelä- ja Keski-Suomessa ja Pohjois-Suomen humidisemmassa ilmastossa ehkä tätäkin enemmän.

Maan ilmanvaihtoon voidaan vaikuttaa säätelemällä maan vesitaloutta ja rakennetta. Perinteisesti meillä ojitetaan turvemaita liiallisen veden poistamiseksi ja samalla ilmanvaihdon parantamiseksi pintamaassa. Ilmanvaihdon paranemisella kuivatusvaikutuksen myötä on myös perusteltu voimakkaita maanmuokkausmenetelmiä, aurausta ja mätästystä. Kohoumia aikaansaamalla tavoitellaan lisäksi korkeampia maan lämpötiloja. Metsänviljely tehdään erityisesti veden- ja mätästysalueilla yleensä palteeseen tai mättäeseen mahdollisimman etäälle pohjavedenpinnasta. Näissä muokkausjäljen pienmuodoissa ovatkin vesi-, happi- ja lämpötaloudeltaan edullisimmat olosuhteet taimille muutamien ensimmäisten vuosien aikana (esim. Leikola 1974, Ritari & Lähde 1978, Söderström ym. 1978). Jatkossa juurten on kuitenkin voitava kasvaa koko alueelle pois kohoumista ja vaon läheisyydestä, jolloin myös koskemattoman maan olosuhteet on otettava huomioon.

Vesi- ja happitalouden selvittämiseksi muokkausalueilla maanpinnan eri pienmuodoilla tehtiin Joensuun yliopiston metsätieteellisessä tiedekunnassa kolmivuotinen (1987-1989) tutkimus. Joensuun ja Ilomantsin väliseltä alueelta valittiin uudistusalueita, jotka oli muokattu lautasaurella, palleauralla tai mätästämällä, viisi kutakin ja jotka ulottuivat loivasti viettävällä maalla kankaalta soistuneen välimaaston kautta turvemaidelle. Kullekin sijoitettiin mittauspisteet 10 cm:n syvyydelle hyvin muodostuneeseen muokkausjälkeen ja koskemattomaan maahan (kuva 2). Näistä mitattiin 2-3 kasvukauden ajan maan kosteutta tensiometriillä. Laboratoriossa määritettiin maanäytteistä tiheys, vedenpidätysominaisuudet, hapen diffuusiokerroin sekä maan raekoostumus. Seuraavassa

käsittelen metsämaan muokkauksen vaikutuksia maan vesi- ja happitalouteen tämän sekä muiden tutkimusten ja vaikutuksia lämpötilouteen yksinomaan vanhempien tutkimusten tulosten avulla.



Kuva 2. Aurasuokoealueiden sijainti Pohjois-Karjalassa (A), koealojen sijoittelu koealueille (B) ja mittauspisteiden sijoittelu aurauksen muokkausjälkeen (C). Pisteistä 3 tehtiin mittauksia vain vuonna 1987. Mittauspisteiden sijoittelu oli mätätysaloilla vastaava ja lautasaurausaloilla mittauspisteet olivat vaon pohjassa ja koskemattomassa maassa.

Muokkauksen vaikutus maan huokostilaan

Käsiteltäessä maanmuokkauksen vaikutusta maan vesitalouteen ja ilmanvaihtoon on ensin syytä tarkastella maan huokostilaa, johon vesi pidättyy ja jossa ilmanvaihto voi tapahtua. Eri muokausmenetelmät vaikuttavat hyvin eri tavoin. Laikutuksessa sekä lautas- ja piennaurauksessa maata ei liikutella varsinaisessa muokausjäljessä, jolla tarkoitan sitä osaa, johon metsänviljely varsinaisesti tapahtuu. Näin sen rakenne ja huokosominaisuudet eivät muutu (Ritari & Lähde 1978). Palleaurauksessa ja mätätystyksessä maa irroitetaan paikaltaan ja siirretään toiseen paikkaan, ja tällöin maan rakenne löyhenee ja lisäksi kivennäismaan joukkoon voi sekaantua jonkin verran humusta, mikä vaikuttaa samaan suuntaan. Suuren hajonnan takia ero hakkaamattoman metsän maahan ei kuitenkaan ollut Ritari & Lähteen (1978) tutkimissa tapauksissa merkitsevä muulloin kuin ketjujyrsimen sekoittamassa maassa.

Huokostilan kokonaismäärää tärkeämpi lienee kuitenkin suurten huokosten osuus. Suurhuokosissa vesi kulkee vapaasti painovoiman vaikutuksesta ja näin ne tyhjenevät sateen jälkeen nopeasti vedestä vapautuen näin ilmanvaihtoon. Suurimpia huokosia oli usein enemmän palteissa kuin koskemattomassa maassa, mutta hajonta oli hyvin suurta (kuva 3).

Maan vesitalous

Sadevesi imeytyy hyvin palteisiin ja mättäisiin niiden lievästi löyhemmän ja suurihuokosisemman rakenteen vuoksi ja vieläkin paremmin jyrskittyyn maahan, mutta laikkuihin selvästi hitaammin (Ritari & Lähde 1978). Veden nopea imeytyminen näkyy kangasmaan auranpalteiden maaveden potentiaalihin hyvin nopeana nousuna sateiden jälkeen samalle tasolle ja jopa korkeammalle kuin koskemattomassa maassa palteiden välisellä alueella (Mannerkoski & Möttönen 1990, ks. myös Söderström ym. 1978).

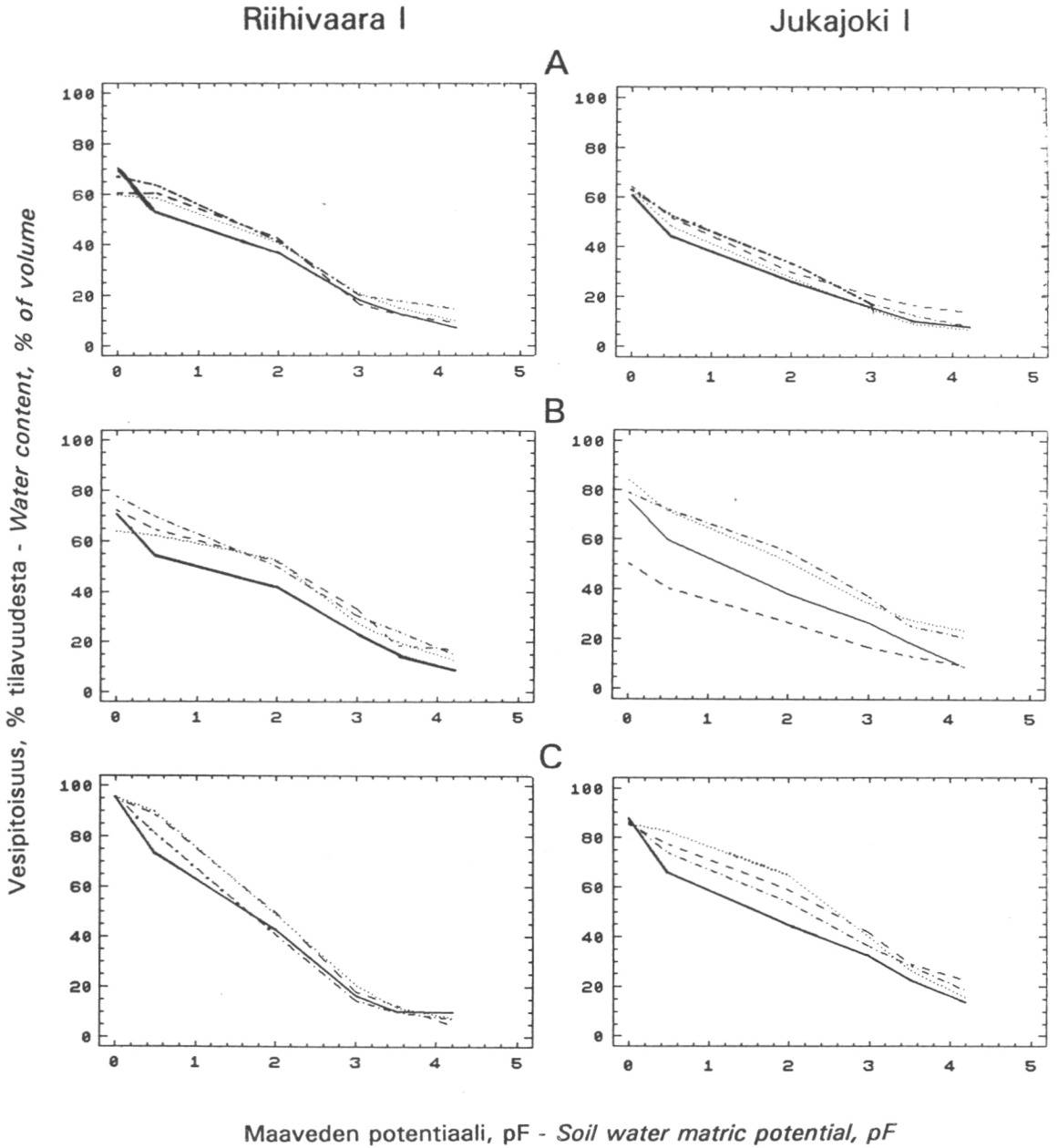
Soistuneilla kankailla ja turvemaalla maaveden potentiaali ei nouse palteissa samalle tasolle koskemattoman maan kanssa, sillä näissä oloissa pohjavedenpinnan läheisyys estää veden suotautumista syvemmälle koskemattomassa maassa. Tilanne on samanlainen myös mätästysalueilla. Näin palteet ja mättäät ovat siis aina selvästi kuivimpia. Lautasauran jäljessä maa oli yleensä lievästi kosteampaa kuin koskemattomassa maassa, jossa humuskerros varastoi osan sadevedestä ja pintakasvillisuuden transpiraatio kuivattaa maata 10 cm:n syvyydestä. Keskimäärin maaveden potentiaali on kuitenkin kaikissa olosuhteissa alhaisin ja maan vesipitoisuus siis pienin palteissa ja mättäissä (esim. Ritari & Lähde 1978, Söderström ym. 1978, Mannerkoski & Möttönen 1990).

Palteista ja mättäistä on suurempi korkeusero vettä johtavien vakojen tai ojien pohjaan, joten vesi pääsee valumaan niistä nopeammin ja tehokkaammin pois kuin koskemattomasta maasta. Lisäksi veden virtausmatkakin on lyhyempi. Näin kohoumat kuivuvat nopeimmin ja voimakkaimmin sateiden jälkeen (Mannerkoski & Möttönen 1990). Kuitenkaan 10 cm:n syvyydeltä mitattuna ei vuosina 1987 tai 1988 palteiden tai mättäiden maaveden potentiaali laskenut $< -pF 2,9$ eli tensiometrin mittausaluetta kuivemmaksi, mikä ei ole vielä lähelläkään lakastumisrajaa ($-pF 4,2$). Myöskään ruotsalaisissa mittauksissa erittäin kuivana kesänä 1973 ei liikakuivumisen vaaraa ilmennyt mättäissä tai palteissa (Söderström ym. 1978). Tämä toki edellyttää, että kohoumilla on kunnan kosketus alapuoliseen maahan.

Soistuneilla kankailla ja turvemailla oli koskematon maa useimmilla alueilla auraukseen tai mätästysajasta jatkuvasti jatkuvasti kenttäkapasiteettia kosteampaa. Tämä osoittaa, että kuivatus ei ole laskenut pohjavedenpintaa alemmas kuin mistä kapillaarinen vedennousu pystyy jatkuvasti korvaamaan haihtuvan veden. Näissä oloissa pohjavedenpinnan syvyys ja maan huokosten kokojakoma määräävät vedestä vapaan huokostilan suuruuden.

Maan ilmanvaihto

Maan ilmanvaihdon merkitys kasvillisuudelle ja maan biologiselle kokonaisuudelle on hengityksessä jatkuvasti tarvittavan hapen kuljettaminen käyttökohteisiin ja hengityksessä vapautuvan hiilidioksidin, joka suurina konsentraatioina on haitallinen, poistaminen maasta. Myös muiden kaasujen liikkeillä on tietyissä oloissa merkitystä, mutta niitä en nyt tarkastele.



Kuva 3. Esimerkkejä vedenpidätyskäyristä. Riihivaarassa maa oli hienoa hietaa, Jukajoella hikkamoreenia. A - kangas, B - soistunut kangas, C - turvemaa.

Maan ilmanvaihto tapahtuu joko ilman massavirtauksena tai diffuusion kautta. Massavirtauksessa liikkuu koko huokostilassa oleva ilma paikasta toiseen. Liikettä saavat aikaan paine-erot. Paine-eroja voi syntyä maan ilmatilassa esimerkiksi lämpötilaerojen seurauksena tai sadeveden virratessa maan huokostilassa. Myös juurten vedenotto huokosista vetää tilalle ilmaa, jonka koostumus ei välttämättä kuitenkaan ole parasta mahdollista, vaan voi sisältää myös runsaasti hiilidioksidia ja happipitoisuus voi samalla olla alhainen. Massavirtausmahdollisuuksia kuvataan mittaamalla maan ilmanläpäisevyyttä (esim. Ritari & Lähde 1978). Mitä enemmän maassa on vedestä vapaata huokostilaa nimenomaan isoissa ja jatkuvissa huokosissa sitä parempi on ilmanläpäisevyys. Ilman massavirtausta tapahtuu merkittävästi kuitenkin vain ajoittain, eikä sen osuutta maan happitalouden kannalta pidetä kovin suurena. Massavirtausta on myös veteen liunneen ilman liikkuminen maassa veden virtauksen mukana, mutta senkin merkitys on kokonaisuuden kannalta hyvin pieni tiettyjä rinne- maiden erikoisolosuhteita lukuunottamatta.

Pääosa maan ilmanvaihdosta tapahtuu diffuusion kautta. Siinä ilman eri osakaasut, happi, hiilidioksidi ja typpi, liikkuvat toisistaan riippumatta suuremmasta konsentraatiosta pienempään päin. Koska hengitys kuluttaa maassa happea, sitä diffundoituu maanpinnan yläpuolisesta ilmasta maahan. Hiilidioksidin diffuusiovirta taas on päinvastaiseen suuntaan. Diffuusiota tapahtuu maan sekä ilma- että vesitilassa, mutta nopeuseron huomioonottaen vain ilmatilalla on merkitystä. Myös diffuusion kannalta on tärkeää, että huokosilla on ilmayhteys toisiinsa.

Maassa tapahtuu hapen diffuusiota ja ilman massavirtausta tietenkin samanaikaisesti ja ne voivat tapahtua esimerkiksi hapen kuljetuksessa päinvastaisiin suuntiin tai samaan suuntaan vahvistaen toisiaan. Diffuusion mittaaminen maastossa on hankalaa. Vain platinamikroelektrodia voidaan käyttää häiritsemättä maata liikaa ja senkin käytössä on monia ongelmia (esim. Glinski & Stepniewski 1985, Kowalik 1985, Mannerkoski 1985). Koska ilmanvaihto tapahtuu siis pääosin maan ilmatilassa, niin ilmatilan suuruutta mittaamalla voidaan myös saada melko hyvä kuva ilmanvaihtomahdollisuuksista. Kun maa kuivuu, vapautuvat vedestä ensin ilmanvaihdon käyttöön suurimmat huokokset ja kun niitä on riittävästi vedestä vapaana, niiden voidaan suurelta osin olettaa olevan ilmayhteydessä keskenään.

Ilmatilan pienintä arvoa, joka takaa juurten kasvulle riittävän ilmanvaihdon, kutsutaan **minimi-ilmatilaksi**. Metsämailla on melko hyvät perusteet pitää minimi-ilmatilana 10 % maan tilavuudesta (esim. Päivänen 1973, Kowalik 1985). Ilmatilan ollessa tätä suurempi taimien juurten on todettu voivan kehittyä normaalisti, vaikka optimi-ilmatila lieneekin 20 % tienoilla. Tosin yksittäisiä juurenkärkiä on mahdollista tavata myös olosuhteista, joissa ilmatila on ollut pienempi (Paavilainen 1967).

Tekemässäni muokkaustutkimuksessa mitattiin maastossa hapen diffuusiota platinamikroelektrodeilla ja laboratoriossa hapen diffuusiokertoimen suuruutta suhteessa maaveden potentiaaliin. Näiden mittausten tulokset ovat vielä käsittelemättä. Maaveden potentiaalimittauksilla saamme kuitenkin jatkuvan kuvan maan ilmatilan kehityksestä, kun tiedämme maan vesipitoisuuden eri maaveden potentiaalitasoilla eli maan **vedenpidätyskäyrän** sekä maan huokostilavuuden suuruuden.

Vuosien 1987-88 mittauksista voidaan todeta, että 10 cm:n syvyydessä kohoumilla, palteissa ja mättäissä, ilmanvaihto oli kaikissa oloissa hyvä. Palteiden tai mättäiden välisessä koskemattomassa maassa vesipitoisuus oli soistuneilla kankailla ja turvemaille pitkiä aikoja niin korkea, että minimi-ilmatilasoo ei saavutettu (kuva 4). Kangasmaalla minimi-ilmatila alittui vain hienoa hietaa olevilla parilla koealueella. Lautasauraus ei vaikuttanut maan vesitalouteen eikä siten myöskään ilmanvaihtoon, eli soistuneilla ja turvemaille ilmanvaihto oli heikko riippuen muuten vallitsevista kuivatusolosuhteista.

Hyvin ratkaisevaa ilmanvaihdon merkityksen kannalta on kuinka pitkiä aikoja puiden juuret sitten sietävät alle minimi-ilmatilan olevia olosuhteita. Jo muutamman päivän kestävä hapen puute pysäyttää juurten kasvun. Ainakin vanhemmat juuret säilyvät kyllä elossa melko pitkään. Toistuva muutamman päivän kestävä hapen puute saa aikaan sen, etteivät juuret kasva kyseiseen ympäristöön (Mannerkoski 1985). Toisaalta myös hapettomien olosuhteiden esiintymisajankohdalla on merkitystä. Jos tulvaa esiintyy aikana, jolloin juuret eivät ole aktiivisessa kasvussa, ne sietävät selvästi pitempiä hapettomien olojen jaksoja, jopa viikkojen pituisia.

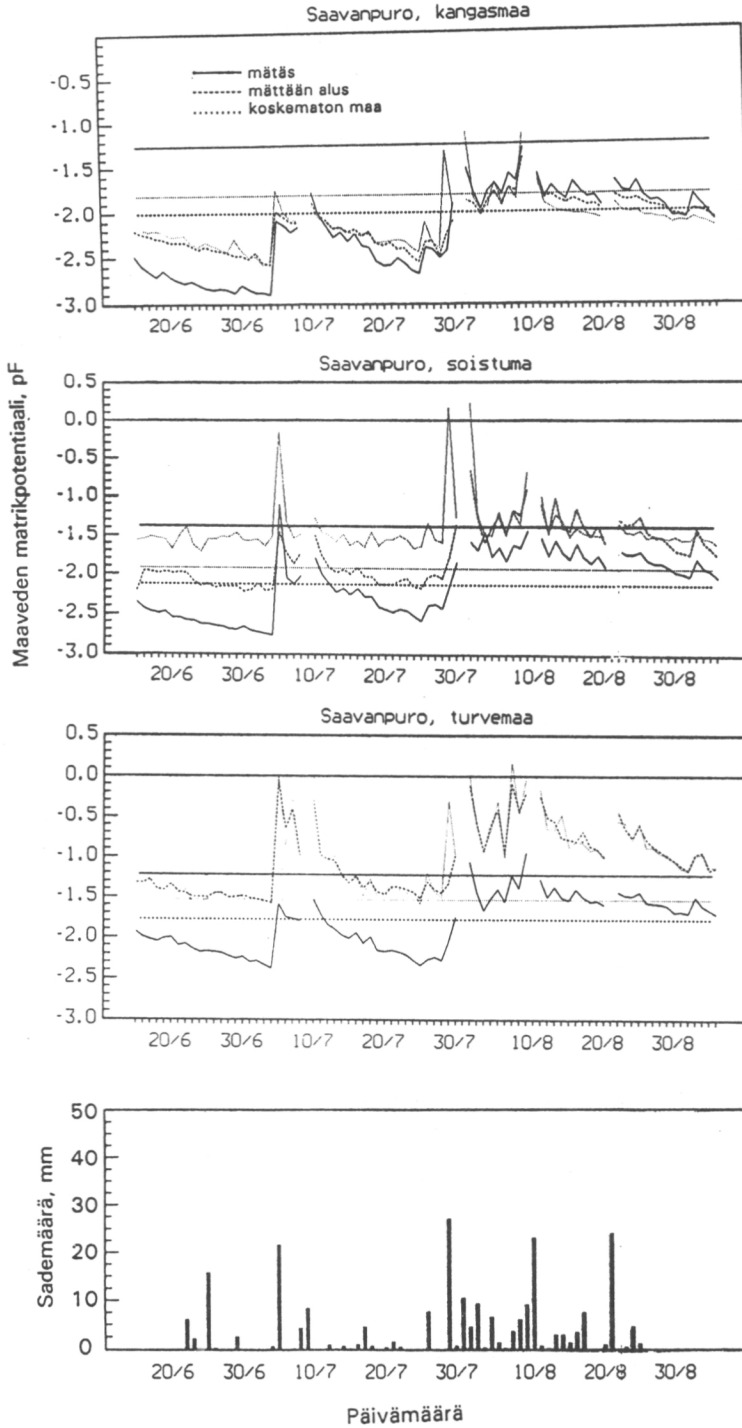
Maan lämpötilous

Maan lämpötilasta muokkausalueilla tiedetään monien kotimaisten ja ruotsalaisten tutkimuksien perusteella, että palteissa ja mättäissä vuorokautiset maksimilämpötilat voivat 10 cm:n syvyydessä suurimmillaan olla jopa 10-15°C ja keskimäärinkin useita asteita korkeampia kuin käsittelemättömässä maassa (esim. Söderström ym. 1978). Suurimmillaan erot ovat keskikesällä ja kuivina aikoina. Palteissa ja mättäissä maksimilämpötilat voivat nousta jopa 30°C tasolle, mikä on todettu männyn juurten kasvun optimilämpötilaksi (Söderström 1974). Myös minimilämpötilat ovat kohoumilla jonkin verran korkeampia kuin käsittelemättömässä maassa. Näin myös keskilämpötilat ja lämpösoma kohoavat (esim. Leikola 1974, Mälkönen 1976). Lautasaurauksen vaikutus jää hyvin vähäiseksi. Edelliset tulokset merkitsevät, että juurten on taimen varttuessa sopeuduttava kasvamaan selvästi viileämissä oloissa kuin kasvun alkuvaiheessa.

Loppupäätelmiä

Uudet tulokset muokkausalueiden vesitaloudesta ja ilmanvaihto-olosuhteista korostavat erityisesti metsänuudistusalujen tehokkaan kuivatuksen tarvetta aina, kun on vähänkään merkkejä liiasta kosteudesta. Auras ei useinkaan ole riittävä kuivatuksen kannalta. Mätästysalueillakin, jos maan vedenläpäisevyys on heikko, näyttää kuivatus jäävän vajaaksi ja maan ilmanvaihto mättäiden ulkopuolella jo 10 cm:n syvyydessä voi olla juurten kasvuille riittämätön. Tämä johtaa hyvin pinnallisten juuristojen syntymiseen.

On kuitenkin muistettava, että mittaukset on tehty taimiston siinä vaiheessa, kun puuston latvuspäntä ei vielä vaikuta maahan tulevan veden määrään ja kun puuston transpiraation maata kuivattava vaikutus on hyvin pieni. Taimikon kehittyessä aluksi pinnallisenkin juuriston turvin riittävän kokoiseksi vaikuttavat haihdunta ja latvuspäntä maata kuivattavasti, jolloin myös ilmanvaihto pintamaassa voi parantua jonkin verran syvemmälle.



Kuva 4. Esimerkki maaveden potentiaalinvaihtelusta ja sademäärän kehityksestä vuonna 1988. Saavanpuron mätästysalue.

Kirjallisuus

- Glinski, J. & Stepniewski, W. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC Press, Inc. 229 s.
- Heiskanen, J. 1989. Kangasmaiden vesitalous. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 339. 53 s.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press, Inc. 364 s.
- Kauppara, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Folia Forestalia 230. 29 s.
- Kowalik, P.J. 1985. Influence of land improvement on soil oxidation. Sveriges Lantbruksuniversitet, Avd. för energiskogsodling, Rapp. 42.145 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 84(2). 64 s.
- Mannerkoski, H. 1985. Effect of water table fluctuation on the ecology of peat soil. Hels. yliop. suometsätiet. lait. julk. 7. 190 s.
- & Möttönen, V. 1990. Maan vesitalous ja ilmatila metsäaurausalueilla. Silva Fenn. 24(3): 279-301.
- Mälkönen, E. 1976. Markberedningens ekologi och inverkan på planteringsresultatet. Redog. Forskningsstift. Skogsarb. 6: 11-15.
- Ritari, A. & Lähde, E. 1978. Effect of site preparation on physical properties of soil in a thick-humus spruce stand. Seloste: Muokkauksen vaikutus paksusammalkuusikon maan fysikaalisiin ominaisuuksiin. Commun. Inst. For. Fenn. 92 (7). 37 s.
- Söderström, V. 1974. Orienterande laboratorieförsök angående marktemperaturens betydelse för barrplantors tillväxt. Sv. Skogsvårdsförbunds Tidskr. 2: 595-614.
- , Bäcke, J., Byfalk, R. & Jonsson, C. 1978. Jämförelse mellan plantering i jordrabatter och efter andra markberedningsmetoder. Skogshögskolan, Inst. för Skogsskötsel, Rapp. och upps. 11. 177 s.

Eino Mälkönen

NEULAS- JA MAA-ANALYYSIEN KÄYTTÖKELPOISUUS METSÄNHOITO-TOIMENPITEIDEN SUUNNITTELUSSA

Johdanto

Metsien kasvatusta varten kasvupaikat on tarpeen luokitella puuntuotoskyvyn mukaisesti luokkiin, jotta metsänhoidon toimenpiteet voidaan suunnitella kasvupaikkojen ominaisuuksien mukaisesti. Suomessa kasvupaikkojen luokittelu on perustunut lähes yksinomaan metsätyyppeihin, mutta metsäluonnossa tapahtuvien suurten muutosten vuoksi tarvitaan metsätyyppiluokitusta monipuolisempaa ja tarkempaa tietoa kasvupaikkojen ominaisuuksista. Metsien elinvoimaisuuden ja kasvun ylläpitäminen riippuu pohjimmiltaan suuresti siitä, miten hyvin tunnemme eri puulajien kasvupaikkavaatimukset ja miten hyvin onnistumme huolehtimaan metsämaiden ravinteisuudesta.

Yleiskäsitys metsämaiden ravinteisuustasosta saadaan metsätyyppien avulla. Ravinteisuuden vaihtelu metsätyyppien sisällä on kuitenkin niin suurta, ettei esim. metsänlannoituksen yleisohjeilla aina päästä kelvolliseen tulokseen. Metsätyyppiä tarkempi käsitys metsikössä vallitsevasta ravinnetilasta saadaan neulas- ja maa-analyysien avulla. Onkin selvää, että puuston tai maan ravinnetilaa osoittava kemiallinen analyysi on tulossa tarpeelliseksi apumenetelmäksi metsänhoidon toimenpiteitä tapauskohtaisesti määriteltäessä.

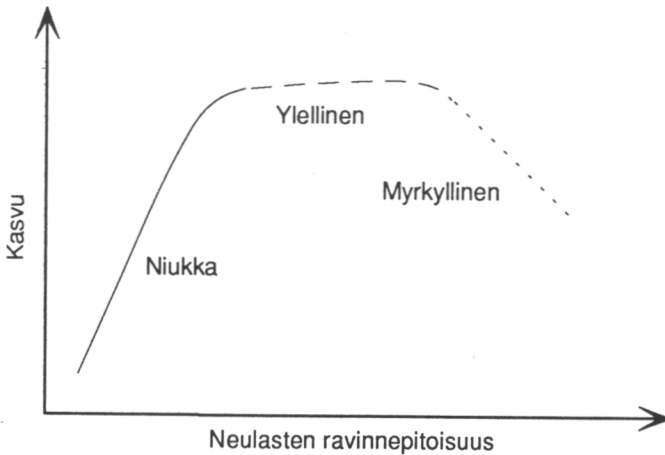
Metsien elinvoimaisuuden ylläpitäminen on ympäristöuhkien vuoksi noussut metsänhoidon keskeiseksi tehtäväksi. Monia niistä oireista, jotka indikoivat metsävaurioita, pidetään suoraan tai epäsuorasti puiden ravinnetilassa tapahtuneiden muutosten aiheuttamina. Puiden ravinne-epätasapaino on vain harvoin luotettavasti tunnistettavissa muuten kuin ravinneanalyysin avulla.

Neulasanalyysi

Puiden ravinnetilaa ja kasvuedellytyksiä on pyritty arvioimaan sekä neulasten ravinnepitoisuuksien (esim. g/kg) että neulasten ravinnesisällön (g/neulanen) avulla (esim. Timmer & Stone 1978). Vaikka puiden kasvun on todettu korreloivan voimakkaasti viimeisimmän neulasvuosikerran neulasten ravinnesisällön kanssa, puiden ravinnetilaa on useimmiten tyydytty tarkastelemaan ravinnepitoisuuksien avulla (kuva 1). Vanhempienkin neulasten ravinnepitoisuudet olisivat neulasanalyysin tuloksinassa hyödyksi erityisesti helposti liikkuvien ravinteiden, kuten typen, fosforin ja kaliumin osalta, sillä niiden avulla voidaan arvioida puun ravinnevarastoja (Helmisaari 1990a).

Neulasten ravinnepitoisuuksien ohjeavot (taulukko 1), joihin ravinnemääritysten tuloksia verrataan, on tavallisesti määritelty lannoituskokeiden avulla. Neulasten ravinnepitoisuuksien määrittäminen on yleensä riittävä ravinnepuutosten tunnistamiseksi, mutta ravinnepitoisuuksien avulla on monesti ollut vaikea ennustaa lannoituksella saatavaa kasvunlisäystä (esim. Timmer & Stone 1978). Tämä ongelma johtuu monista vaihtelua aiheuttavista tekijöistä. Esim. vuotuisia eroja on helpoimmin vertailtavissa talvikauden aikana otettujen näytteen perusteella, koska puiden ravinnetila on silloin vakaa. Toisaalta

ravinnepuutoksen merkitys puiden kasvulle voisi olla parhaiten määritettävissä kesällä suurimman ravinnetarpeen aikana, jolloin puun ravinnevarastot on jo käytetty uusien neulasten tuottamiseen (Helmisaari 1990b).



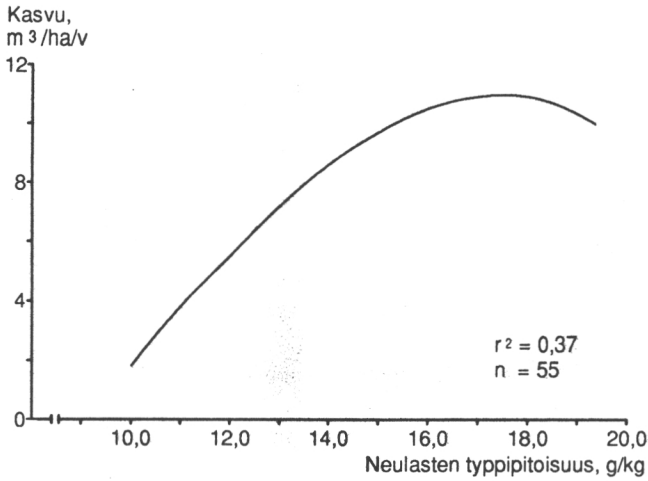
Kuva 1. Puun kasvun riippuvuus neulasten ravinnepitoisuudesta ja puun ravinnetilan yleispiirteet.

Taulukko 1. Männyn ja kuusen neulasten ravinnepitoisuuksien ohjearvoja kangasmetsissä (Jukka 1988).

Männyn ravinnetila	Typpi	Fosfori	Kalium	Boori
	g/kg			mg/kg
Alhainen	-10,9	-1,19	-3,4	-4,9
Välttävä	11,0-13,9	1,20-1,44	3,5-3,9	5,0-7,9
Sopiva	14,0-	1,45-	4,0-	8,0-

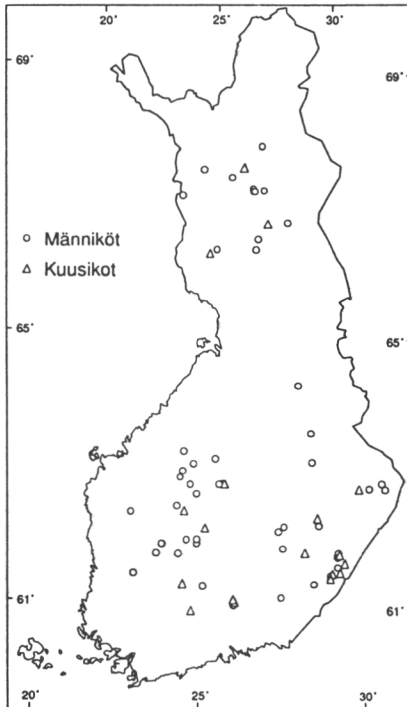
Kuusen ravinnetila	Typpi	Fosfori	Kalium	Boori
	g/kg			mg/kg
Alhainen	-12,4	-1,39	-3,4	-4,9
Välttävä	12,5-14,9	1,40-1,79	3,5-3,9	5,0-7,9
Sopiva	15,0-	1,80-	4,0-	8,0-

Kangasmaiden männiköissä olevien lannoituskokeiden perusteella määritetty puuston kasvun riippuvuus neulasten tyypipitoisuudesta käy ilmi kuvasta 2. Kangasmetsien kasvun tason kannalta typen saatavuus on tunnetusti ratkaisevan tärkeä (esim. Lipas 1985). Sen sijaan puiden elinvoimaisuuden suhteen, jolla tarkoitetaan sietokykyä erilaisia epäsuotuisia ympäristötekijöitä, kuten esim. kuivuutta tai kylmyyttä kohtaan, eri ravinteiden merkitys voi painottua jossain määrin toisin. Tasapainoisen ravinnetilan arvioidaan kuitenkin antavan puille myös hyvän vastustuskyvyn erilaisia tuhonaiheuttajia vastaan.



Kuva 2. Kangasmaiden männiköiden vuotuisen tilavuuskasvun riippuvuus neulasten typpipitoisuudesta.

Metsiemme nykyisen ravinnetilan arvioimiseksi ei ole käytettävissä hyvää edustavaa aineistoa. Tässä esitettävä suppea tarkastelu perustuu maantutkimusosaston pysyviin koealoihin hyvin hoidetuissa keski-ikäisissä kasvatusmetsissä (kuva 3). Männiköt edustavat useimmiten kuivahkoja kankaita, kuusikot pääosin lehtomaisia kankaita. Ravinteisuutta ajatellen aineistossa ei valitettavasti ole karujen kasvupaikkojen metsiköitä eikä kohteita eteläiseltä ja lounaiselta rannikkovyöhykkeeltä.



Kuva 3. Koemetsiköiden sijainti.

Neulasanalyysin mukaan ravinnepitoisuudet vaihtelivat huomattavan laajoissa rajoissa (taulukot 2-3). Yksittäisten ravinteiden osalta käy selvästi ilmi, että neulasten typpipitoisuudet olivat varsin alhaisia kirjallisuudessa esitettyihin ohjearvoihin verrattuna. Hivenravinteista kiinnittyy huomio erityisesti booriin, jonka pitoisuudet olivat Pohjois-Suomessa kauttaaltaan alhaisia.

Taulukko 2. Männyn neulasten kuivamassa sekä ravinnepitoisuuksia ja -suhteita. Neulasnäytteet, jotka edustavat viimeisintä neulasvuosikertaa latvuksen yläosasta, kerättiin puiden lepokauden aikana v. 1981-1990 keski-ikäisistä tai varttuneista kasvatusmetsiköistä. Kussakin koemetsikössä oli vähintään 5 näytepuuta.

Tunnus	Metsiköitä, n	Keskiarvo, \bar{x}	Keskiahajonta, s	Vaihteluväli	Ohjearvoja	
Kuivamassa, g/1000 neul.	76	13,4	3,2	7,4-21,6		
N, g/kg	72	12,3	1,4	9,2-15,2	14,0-16,0 ^a	>14 ^b
P, g/kg	71	1,46	0,16	1,20-1,83	1,3-1,5 ^a	>1,45 ^b
P/N	71	0,12	0,01	0,09-0,14	0,14-0,16 ^c	
K, g/kg	72	4,82	0,70	3,10-6,67	4,5-6,0 ^a	>4,0 ^b
K/N	72	0,39	0,06	0,23-0,56	0,50 ^c	
Ca, g/kg	72	2,28	0,46	1,30-3,38	2,0-3,0 ^a	
Ca/N	72	0,19	0,04	0,10-0,27	0,05-0,06 ^c	
Mg, g/kg	72	1,07	0,15	0,75-1,48	0,8-1,0 ^a	
Mg/N	72	0,09	0,02	0,06-0,12	0,05-0,06 ^c	
Mn, mg/kg	25	555	109	354-723	80-500 ^a	30-500 ^c
Zn, mg/kg	25	46	7	32-61	13-25 ^a	20-60 ^c
Cu, mg/kg	23	3,21	0,85	1,07-5,40	4-12 ^a	4-10 ^c
B, mg/kg	50	12,1	4,7	4,9-25,0	10-30 ^a	>8 ^b

a "Riittävä pitoisuus" keskieuropalaisten suositusten mukaan (Hüttl 1986).

b "Sopiva pitoisuus" Metsänterveysoppaan (Jukka 1988) mukaan.

c "Toivottava taso" Nihlgårdin (1990) koostamien suositusten mukaan.

Taulukko 3. Kuusen neulasten kuivamassa sekä ravinnepitoisuuksia ja -suhteita. Neulasnäytteet, jotka edustavat viimeisintä neulasvuosikertaa latvuksen yläosasta, kerättiin puiden lepokauden aikana v. 1981-1990 keski-ikäisistä tai varttuneista kasvatusmetsiköistä. Kussakin koemetsikössä oli vähintään 5 näytepuuta.

Tunnus	Metsiköitä, n	Keskiarvo, \bar{x}	Keskiahajonta, s	Vaihteluväli	Ohjearvoja	
Kuivamassa, g/1000 neul.	33	4,63	0,69	3,37-6,96		
N, g/kg	33	13,7	1,3	11,0-16,2	13,0-15,0 ^a	>15,0 ^b
P, g/kg	33	1,67	0,36	1,00-2,30	1,2-1,5 ^a	>1,8 ^b
P/N	33	0,12	0,02	0,07-0,17	0,14-0,16 ^c	
K, g/kg	33	5,05	0,99	2,80-6,80	4,5-6,0 ^a	>4,0 ^b
K/N	33	0,37	0,07	0,22-0,49	0,50 ^c	
Ca, g/kg	33	4,71	0,87	2,50-6,50	2,0-3,0 ^a	
Ca/N	33	0,34	0,05	0,21-0,49	0,05-0,06 ^c	
Mg, g/kg	33	1,22	0,13	0,99-1,44	0,8-1,0 ^a	
Mg/N	33	0,09	0,01	0,07-0,13	0,05-0,06 ^c	
B, mg/kg	19	10,9	5,1	4,5-22,8	10-30 ^a	>8 ^b

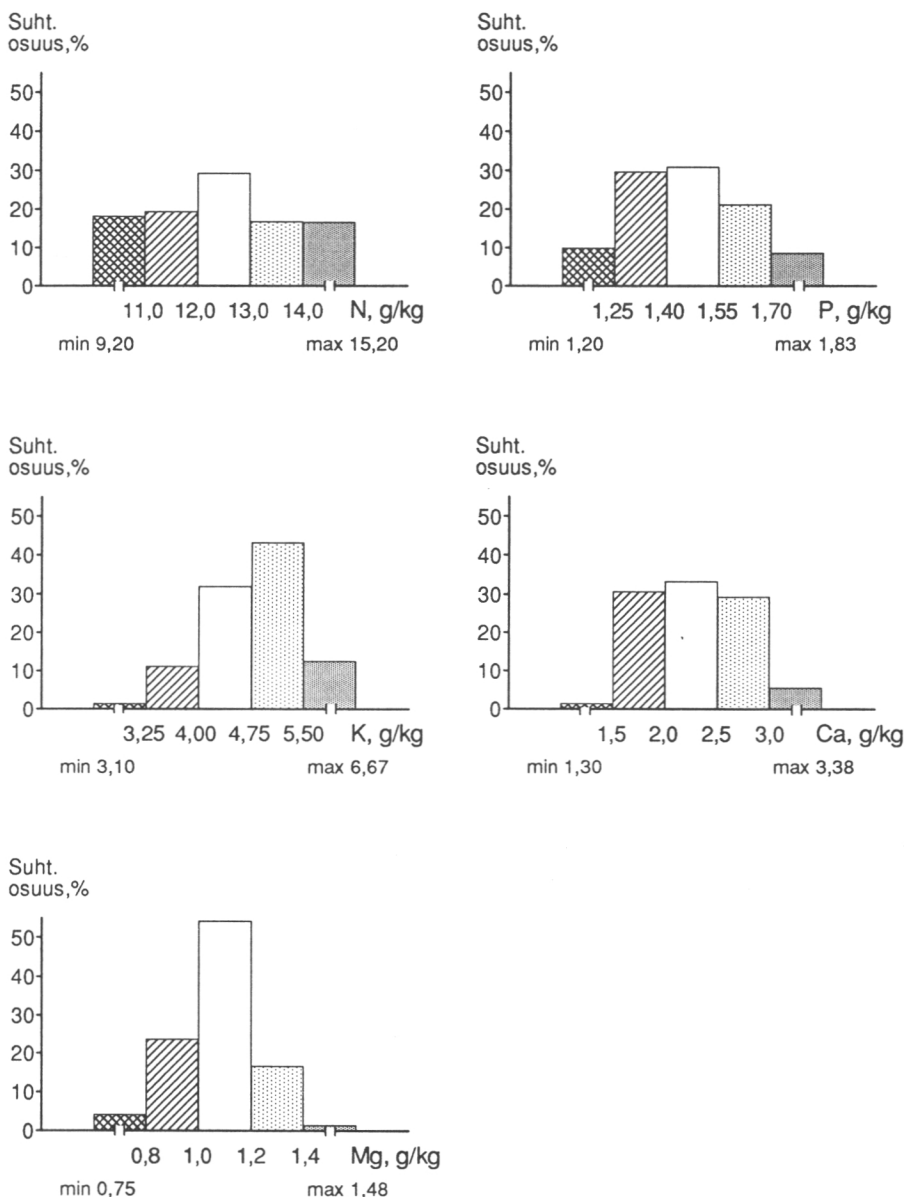
a "Riittävä pitoisuus" keskieurooppalaisten suositusten mukaan (Hüttl 1986).

b "Sopiva pitoisuus" Metsänterveysoppaan (Jukka 1988) mukaan.

c "Toivottava taso" Nihlgårdin (1990) koostamien suositusten mukaan.

Vaikka ravinnepitoisuuksien vaihteluväli on suuri, ääreviä puutostapauksia tai optimitason selvästi ylittäviä ravinnepitoisuuksia esiintyi melko vähän (kuvat 4 ja 5). Tulokset ovat siten hyvin yhdenmukaisia aikaisemmin tarkasteltujen aineistojen kanssa (esim. Mälkönen 1989).

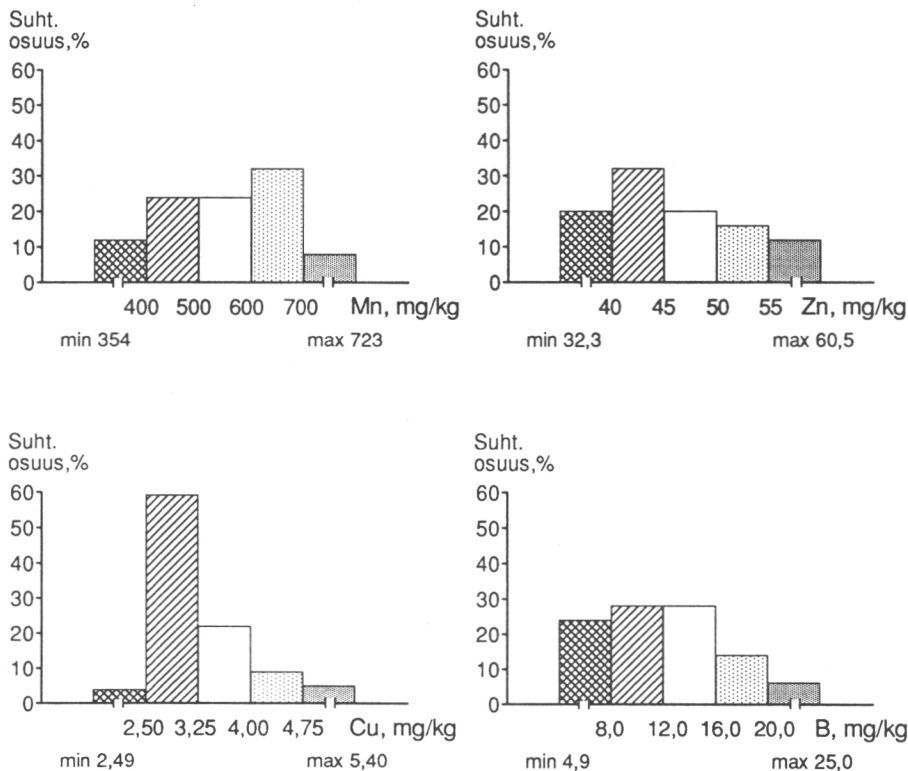
Monet kasvupaikkatekijät muuttuvat metsikön ravinnekierron kannalta selvästi epäedullisemmiksi siirryttäessä etelärannikolta maamme pohjoisosaan. Puiden ravinnetilän muuttumisen tarkastelua varten koealojen maantieteellinen sijainti ilmaistiin pohjoiskoordinaattien avulla. Männyn neulasten pääravinteiden pitoisuudet olivat odotetusti Pohjois-Suomessa keskimäärin hiukan alempia kuin Etelä-Suomessa lukuunottamatta magnesiumia (kuva 6). Aineiston niukkuuden vuoksi tämä tulos voi johtua erilaisista alueellisista ravinteisuustekijöistä eikä se ole tällä perusteella yleistettävissä. Sille löytyy kuitenkin tukea Tammisen (1991) havainnosta, jonka mukaan humuskerroksen magnesiumpitoisuus kasvaa lievästi lämpösumman laskiessa. Ravinnesuhteiden osalta tämä merkitsee, että Mg/N-suhde olisi pienin maan eteläosissa (kuva 7). Kirjallisuudessa esitettyihin ohjearvoihin verrattuna Mg/N-suhde oli kuitenkin kaikissa koemetsiköissä hyvä (vrt. taulukko 2).



Kuva 4. Männyn neulasten hivenravinnepitoisuuksien frekvenssit. Aineisto esitetty taulukossa 2.

Jotta puuston ravinnetilasta saataisiin edustava kuva neulasanalyysin avulla, tarvitaan yhtenäiseltäkin metsikkökuviolta 5-10 puusta kerätty kokoomanäyte. Jo neulasnäytteiden ottaminen voi tuntua vaikealta tehtävältä, koska tähän tarkoitukseen on vähän käyttökelpoisia välineitä. Harvennushakkuiden yhteydessä neulasnäytteitä olisi kuitenkin helppo ottaa kaadetuista puista. Jos metsikön kehityksessä ilmenee jotain epäilyttävää tai halutaan muuten varmistua ravinnekysymyksistä, saadaan neulasanalyysin avulla metsikkökohtaista tietoa tarvittavia toimenpiteitä varten. Puuston ollessa esim. tautien vaurioit-

tamaa ei neulasanalyysi kuitenkaan yksin riitä luotettavaksi ohjeeksi. Sienitaudit voivat muuttaa neulasten ravinnepitoisuuksia niin, etteivät ne kuvasta ravinteiden saatavuutta maasta (Nuorteva 1990).

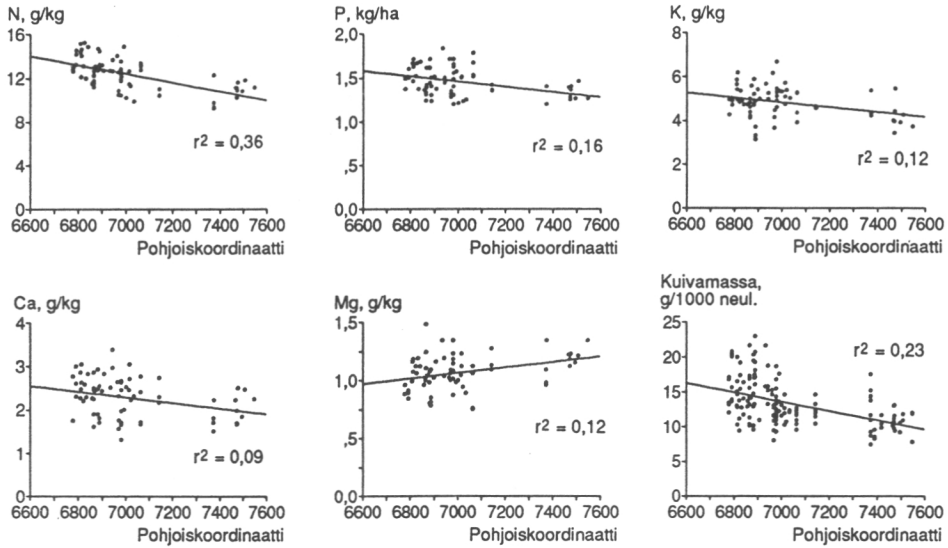


Kuva 5. Männyn neulasten hivenravinnepitoisuuksien frekvenssit. Aineisto esitetty taulukossa 2.

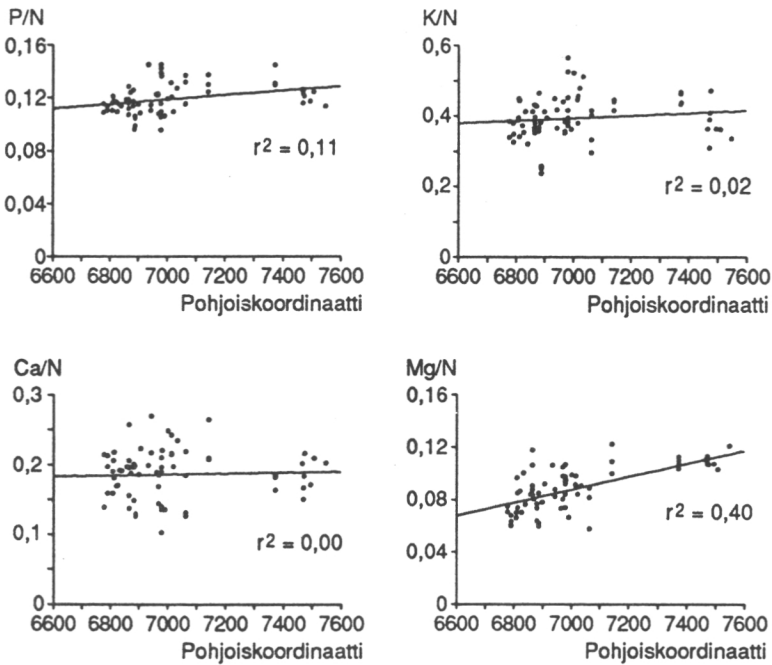
Maa-analyysi

Maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia kuvaavien tunnusten avulla maan puuntuotoskyky on toivottu voitavan määrittää yleispätevästi pintakasvillisuudesta tai puustosta riippumatta. Maa-analyysissä on tavallisesti rajoitettu ravinnetunnuksiin, joiden merkitys puuston kasvuedellytysten ilmentäjänä korostuu silloin, kun maan vesitalous on kunnossa. Kangasmaiden ravinneiteudesta tiedetään kuitenkin valtakunnallisesti vielä suhteellisen vähän, mikä osaltaan vaikuttaa maa-analyysien tulkintaa. Lähinnä Etelä-Suomesta kerätyn aineiston perusteella maaperätunnuksilla on voitu selittää männiköiden ja kuusikoiden pituusboniteetista hiukan yli 50 % (Tamminen 1990). Käytetyistä tunnuksista ylivoimaisesti paras oli humuskerroksen orgaanisen aineen typpipitoisuus, mutta myös kivennäismaan ravinneiteillä oli selityskykyä.

Turvemailla maa-analyysin käyttö tuntuu huomattavasti yksinkertaisemmalta kuin kangasmailla, sillä suopuustojen kasvu korreloi suhteellisen hyvin turpeen kokonaisravinneiteiden kanssa (Paarlahti ym. 1971, Westman 1981). Turvenäytteistä saadaan siten typpimäärityksen lisäksi riittävät ravinnetunnukset, kun analysoidaan turvenäytteen tuhka. Sen sijaan kivennäismaiden näytteistä joudutaan uuttamaan "kasveille käyttökelpoisia ravinteita" tietyillä uutoliuksilla.



Kuva 6. Männyn neulasten ravinnepitoisuuksien ja kuivamassan riippuvuus metsikön maantieteellisestä sijainnista.



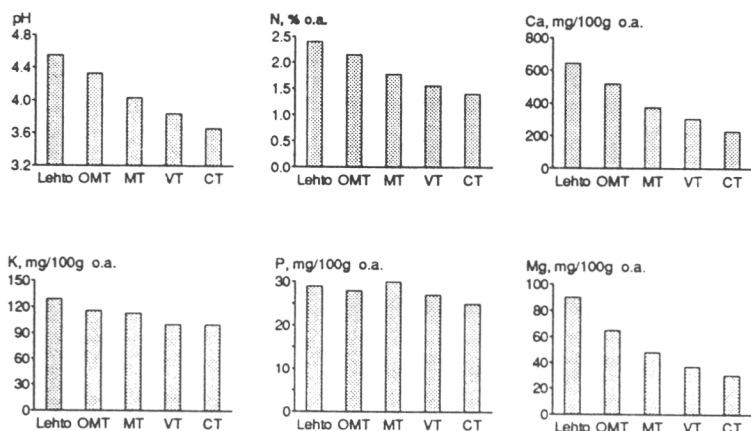
Kuva 7. Männyn neulasten ravinnesuhteiden riippuvuus metsikön maantieteellisestä sijainnista.

Maa-analyysin käyttöä hankaloittaa näytteenoton vaikeus kivisistä moreeni- maista sekä analyysimenetelmien ja tulosten ilmaisutapojen kirjavuus. Asiayhteydestä riippuen toisinaan tarvitaan näytteen laatua kuvaavia ravinnepitoisuuksia, toisinaan maan pintakerrosten ravinnesisältöä kuvaavia määriä. Maan ravinnepitoisuudet voidaan ilmaista joko näytteen massa- tai tilavuusyksikköä kohti. Jälkimmäistä tapaa pidetään usein tavoiteltavana luonnonmukaisuutensa vuoksi. Sen edellyttämien määrätilavuisten näytteiden ottaminen ei kuitenkaan onnistu kivisistä ja karkeista metsämaslta humuskerrosta lukuunottamatta.

Ravinteisuuden kannalta humus ja kivennäismaan hienot lajitteet ovat metsämaan tärkeimpiä aineosia. Koska humuskerroksen ravinnevaroista valtaosa on sitoutunut orgaaniseen aineeseen, ravinnepitoisuuksien laskennassa on syytä eliminoida näytteissä häiritsevästi vaihtelevan kivennäisaineen osuus laskemalla ravinnepitoisuudet orgaanista ainetta kohti. Esim. Tammisen (1991) mukaan humuskerroksen typpipitoisuuden korrelaatiot puuston pituusboniteetin suhteen ovat 0,31, 0,36 ja 0,55, kun typpipitoisuudet on laskettu koko näytemassaa, näytteiden todellista tilavuutta ja orgaanista ainetta kohti. Kivennäismaan ravinteisuuden analysointia hankaloittavat puolestaan kivisyyden, raakoostumuksen ja orgaanisen aineen vaihtelu sekä maannostumisen aiheuttama kerroksellisuus.

Metsämaiden ravinteisuudessa on tunnetusti myös alueellisia eroja, jotka johtuvat mm. kivennäisaineen kemiallisen koostumuksen ja maan raakoostumuksen vaihtelusta sekä kasvupaikkojen aiemmasta hyväksikäytöstä. Humuskerroksen ominaisuudet kuvastavat kasvupaikan viljavuutta yleensä paremmin kuin kivennäismaasta määritetyt tunnuksat, joita ilman kasvualustasta ei kuitenkaan saada riittävää kuvaa. Metsätyyppien kesken typpi-, kalsium- ja magnesiumipitoisuudet eroavat selvimmin toisistaan (kuva 8). Myös metsikön kehitysvaihe vaikuttaa selvästi humuskerroksen ominaisuuksiin. Humuskerroksen pH:n ja typpipitoisuuden lisäksi myös kalsium- ja magnesiumipitoisuudet laskevat lievästi puuston ikääntyessä.

Vaikka maa-analyysin tulkintaan liittyy monia vaikeasti hallittavia tekijöitä, sen tuloksilla on selvästi merkitystä metsänhoidon kannalta. Kemiallisen maa-analyysin tarvetta korostaa esim. metsämaiden happamoituminen. Siihen liittyvien maanhoidon kysymysten selvittämisen ohella maa-analyysi on perusteltua metsitettävillä pelloilla sekä ojitetuissa suometsissä, joiden ravinnevaroista halutaan varmistua.



Kuva 8. Humuskerroksen viljavuustunnuksia metsätyypeittäin (Tammisen 1990). Ravinnepitoisuudet, kokonaistyyppi, vaihtuva kalium, kalsium ja magnesium sekä heppoliukoinen fosfori, on laskettu humuskerroksen orgaanisesta aineesta.

Kirjallisuus

- Helmisaari, H-S. 1990a. Nutrient retranslocation within *Pinus sylvestris*. University of Joensuu. 13 s.
- 1990b. Temporal variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 177-193.
- Hüttl, R.F. 1986. Forest fertilization: Results from Germany, France and the Nordic countries. The Fertilizer Society. Proceedings 250. 40 s.
- Jukka, L. (toim.) 1988. Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. Samerka Oy. 168 s.
- Lipas, E. 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Summary: Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties. *Folia Forestalia* 618. 16 s.
- Mälkönen, E. 1989. Metsämaan happamoituminen ja maanhoito. *Metsä ja Puu* 10: 20-21.
- Nihlgård, B. 1990. Svenska skogsträds vitalitet och näringstillstånd. Stresssymptom och orsakssamband. Julkaisussa: Skogsvitalisering. Naturvårdsverket. Rapport 3813: 45-70.
- Nuorteva, H. 1990. Sairaana metsän ravinneanalyysi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 347: 127-130.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stand by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 74.5.
- Tamminen, P. 1990. Metsämaiden alueellinen viljavuus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 370: 61-72.
- 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Käsikirjoitus. Metsäntutkimuslaitos maantutkimusosasto.
- Timmer, V.R. & Stone, E-L. 1978. Comparative foliar analysis of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphorus, potassium and lime. *Soil Science Society of America Journal* 42: 125-130.
- Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppeihin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

Tiina Heinonen

PUULAJIN JA MAAN VÄLINEN VUOROVAIKUTUS

Johdanto

Veden ja ravinteiden tarve määrää puulajin maaperälliset kasvupaikkavaatimukset sen ilmastollisen levinneisyysalueen sisällä. Kasvualustan ominaisuudet muuttuvat puulajin tuottaman orgaanisen aineen sekä veden ja ravinteiden kiertotavan kautta. Lisäksi puulaji vaikuttaa maan ominaisuuksiin epäsuorasti mm. kasvupaikan pienilmaston ja pintakasvillisuuden välityksellä. Puulajin maan ominaisuuksissa aiheuttamien muutosten voimakkuus riippuu kasvupaikan viljavuudesta.

Kuusta ja koivua pidetään veden ja ravinteiden tarpeeltaan vaativampina puulajeina kuin mäntyä. Kuusi kykenee säätelemään haihdutusta puulajeista heikoiten, mänty parhaiten (Jarvis & Jarvis 1963, Eidmann & Schwenke 1967). Rajoitettua vedensaantia seuraa kuusella heti tuotoksen pieneneminen. Ravinnetasetutkimusten mukaan koivu ja kuusi käyttävät yhtä suuren biomassamäärän tuottamiseen noin kaksinkertaisen määrän lähes kaikkia pääravinteita mäntyyn verrattuna (Mälkönen 1974, 1977, Finér 1989). Koivun magnesiumin käyttö sen sijaan näyttää olevan suurempi kuin kummankin havupuun (Finér 1989).

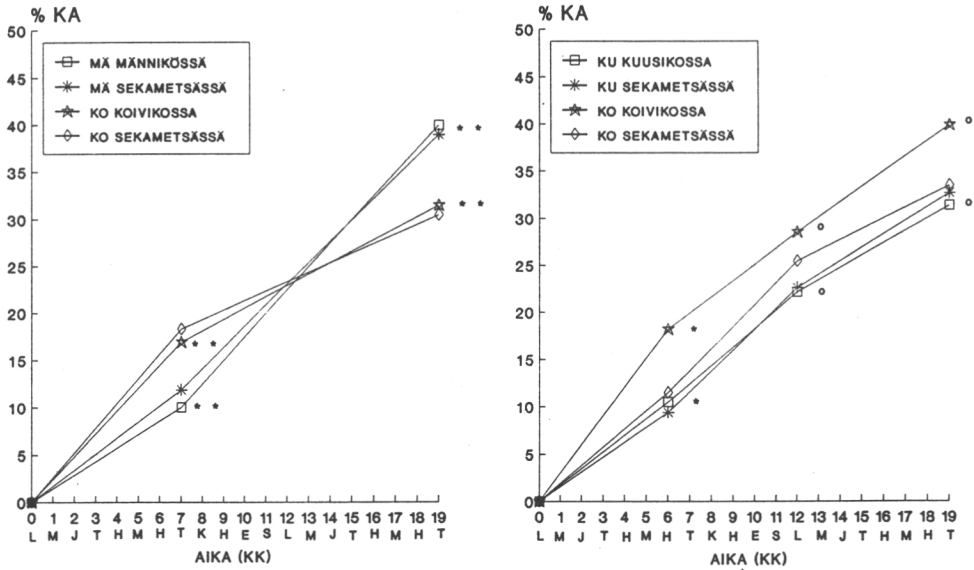
Puulajin ja maan välistä vuorovaikutusta tarkastellaan seuraavassa "Puulajin vaikutus maan ominaisuuksiin" -tutkimuksen tulosten pohjalta. Tutkimusta varten perustettiin vertailevia kenttäkokeita, joissa kussakin oli kolme koelaa: 1) havupuumetsikkö, 2) havupuu-rauduskoivu-sekametsikkö ja 3) rauduskoivikko maaperältään samanlaisella kasvupaikalla. Neljällä kokeella havupuuna oli mänty ja neljällä kuusi. Kokeet sijaitsivat Itä- ja Keski-Suomen vanhoilla kaskialueilla.

Metsiköt olivat iältään 30 - 80 vuotiaita. Samalla kokeella puustot olivat paria poikkeusta lukuunottamatta keskenään samanikäisiä. Mänty-koivu-vertailun kokeet olivat viljavuudeltaan keskimäärin tuoretta kangasta ja kuusi-koivu-vertailun kokeet lehtomaista kangasta. Koivun osuus sekametsikössä oli mänty-koivu-vertailussa noin 40 % ja kuusi-koivu-vertailussa noin 50 %.

Puulajin vaikutusta maan orgaaniseen aineeseen ja ravinnekiertoon selvitettiin tutkimalla karikkeen hajotusta, ravinteiden vapautumista ja humuksen ominaisuuksia sekä ravinmääriä ja ravinteiden jakaantumista maassa.

Karikkeen hajoaminen ja humuksen muodostuminen

Lehti- ja neulaskarikkeen kuivamassanhäviötä ja ravinnepitoisuuksien muutoksia seurattiin noin puolitoista vuotta. Koivun lehdet hajosivat koivikossa hieman nopeammin kuin kuusen neulaset kuusikossa tai sekametsikössä. Sen sijaan koivun lehtien hajotus sekametsikössä ei juurikaan poikennut kuusen neulasten hajotuksesta. Männyn neulasiin verrattuna koivun lehdet hajosivat nopeammin vain ensimmäisen talven aikana (kuva 1).



Kuva 1. Lehti- ja neulaskarikkeen hajoaminen 1,5 vuoden aikana karikkeen kuivamassan häviönä (% ka). Mä = männyn karike, Ku = kuusen karike, Ko = koivun karike.

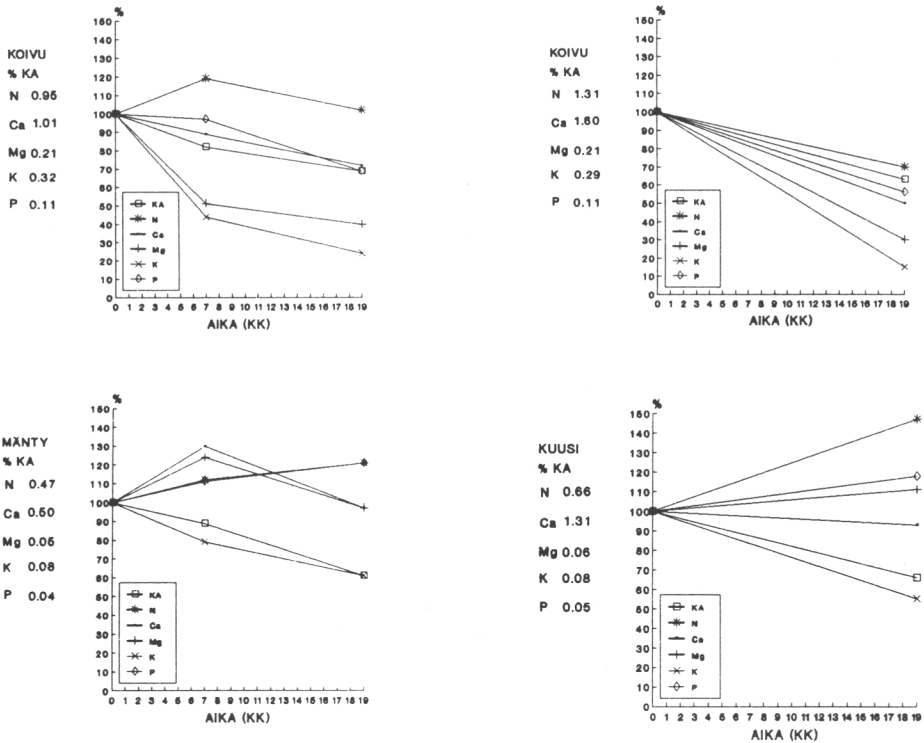
Koivun lehtikarikkeen suuri kuivamassanhäviö ensimmäisen talven aikana johtuu vesiliukoisten orgaanisten yhdisteiden vapautumisesta (Nykqvist 1963, Berg & Wessen 1984). Neulaskarikkeen pintakerroksen vaha-aineet estävät tehokkaasti vesiliukoisten yhdisteiden vapautumisen. Koivun lehtikarikkeen nopea alkuhajotus on siten osittain huuhtoutumista.

Karikkeen sisältämä ligniini kuuluu sen vaikeimmin hajoviini orgaanisiin yhdisteisiin. Samankin puulajin karikkeen ligniinipitoisuus vaihtelee kasvupaikan viljavuuden mukaan kuten ravinnepitoisuudetkin. Puulajeja pareittain vertailevien tutkimusten mukaan kuusen karike on ligniinipitoisempaa kuin männyn ja koivun karike. Koivun karike puolestaan on ligniinipitoisempaa kuin männyn karike (Johanssen 1986). Vesiliukoisten aineiden vapautumisen jälkeen koivun karikkeen ligniinipitoisuus nousee hidastaen hajotusta. Siten männyn karike voi jonkin aikaa hajota jopa nopeammin kuin koivun karike viljavuudeltaan samanarvoisella kasvupaikalla (Berg ym. 1984).

Ravinteiden, varsinkin typen ja fosforin puute rajoittaa myös hajottajaeliöstön toimintaa maassa. Sen vuoksi karikkeen ravinnepitoisuuksilla on merkitystä hajoamisnopeudelle ja ravinteiden vapautumiselle. Koivun karikkeen ravinnepitoisuudet ovat korkeimpia, männyn puolestaan alhaisimpia. Kuusen karikkeen ravinnepitoisuudet ovat korkeampia kuin männyn, kalsiumin osalta kuitenkin samantasoisia kuin koivun. Ravinteiden vapautuminen ei kuitenkaan ole suoraan verrannollinen karikkeen hajoamisnopeuden kanssa. Ravinteiden sitoutumisvoimakkuudessa on lehti- ja neulaskarikkeen välillä ilmeisesti jonkinasteisia eroja. Lisäksi hajottajaeliöstön ravinnetarpeessa on eroja. Sienet esimerkiksi tarvitsevat vähemmän typpeä samansuuruisen solumassan rakentamiseen kuin bakteerit (Swift ym. 1979).

Ravinteet vapautuivat koivun lehtikarikkeesta nopeammin kuin havupuiden neulaskarikkeesta (kuva 2). Kaliumia ja magnesiumia vapautui koivun lehtikarikkeesta kuivamassanhäviötä nopeammin, kalsiumia ja fosforia samalla nopeudella kuivamassanhäviön kanssa. Typen vapautuminen koivun karikkeesta oli hitainta. Havupuiden neulaskarikkeesta vapautui vain kaliumia samalla nopeudella kuivamassanhäviön kanssa, typen ja fosforin vapautuminen ei vielä alkanut puolentoista vuoden seurannan aikana.

Emäskationien nopeampi vapautuminen koivun lehtikarikkeesta johtuu ainakin osittain vesiliukoisten yhdisteiden mukana huuhtoutuneista ravinteista. Typen niukkuus rajoittaa eniten myös hajottajaeliöstön toimintaa. Hajoavan karikkeen tyyppipitoisuus nousee hajottajien sitoessa vapautuvan typen omaan biomassansa. Lisäksi hajottajat kilpailevat myös muista lähteistä vapautuvasta tyypestä. Kasvillisuuden käyttöön tyypeä vapautuu vasta sen jälkeen kun karikkeessa oleva typen määrä ylittää hajottajien tarpeet. Koivun lehtikarike on tyyppipitoisinta. Lisäksi koivun karikekerroksessa on todettu olevan vapaasti ilmastä tyypeä sitovia bakteereita (Nohrstedt 1988), samoin kuin juuristoa ympäröivässä maassa (Smolander ym. 1990).



Kuva 2. Koivun, männyn ja kuusen lehti-/neulaskarikkeen koostumus % kuiva-aineesta sekä ravinteiden vapautuminen karikkeessa jäljellä olevien ravinnemäärien suhteellisenä osuutena alkuperäisestä ravinnemäärästä. Ka = jäljellä oleva kuivamassa.

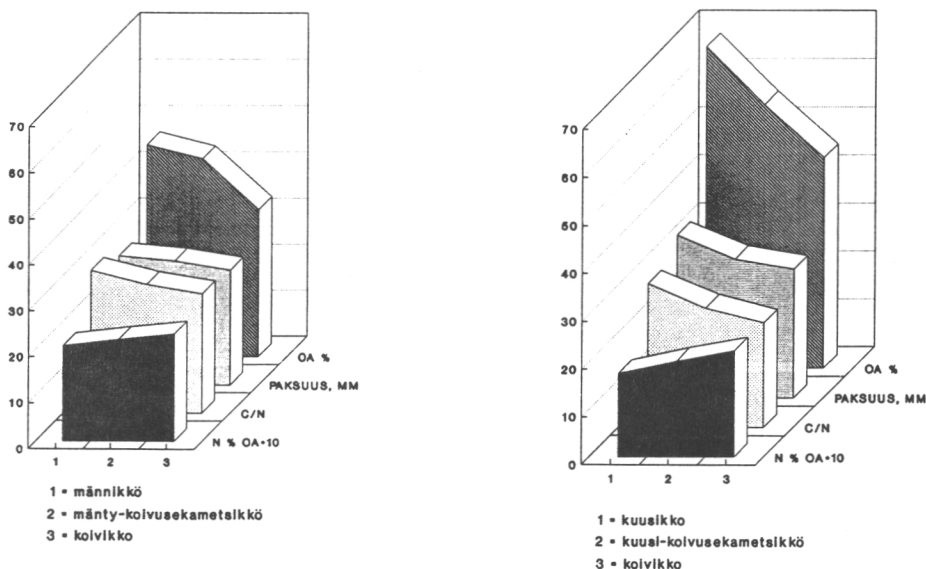
Lehti- ja neulaskarikkeen erilainen hajotustapa riippuu puustokarikkeen ominaisuuksien ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. Koivun lehtikarikkeesta huuhtoutuvat helposti hajotettavat yhdisteet (mm. sokerit, orgaaniset hapot, aminohapot) ja ravinteet stimuloivat hajottajaeliöstön toimintaa. Koivun karik-

keen happamuus on havupuun kariketta alhaisempi (Mikola 1954) ja lisäksi karike on rakenteeltaan helpommin hajotettavaa. Myös pintakasvillisuuden tuottama karike on koivikossa useimmiten helpommin hajotettavaa kuin havupuumetsiköissä. Siten elinolosuhteet koivikon karikkeesta ovat suotuisat bakteereille ja suurille maaperäeläimille, kuten lieroille. Lierojen toiminnan on todettu parantavan maan biologista aktiivisuutta ja nopeuttavan typen kiertoa maassa (Huhta ym. 1989).

Neulaskarikkeen hitaasti hajotettava pintakerros, karikkeesta hajotuksessa vapautuvat fenoliset yhdisteet ja happamuus aiheuttavat sen, että maan pieneliöstö koostuu pääasiassa sienistä ja pienistä maaperäeläimistä. Varttuneessa täystiheässä kuusikossa pintakasvillisuuden tuottaman karikkeen osuus on yleensä pieni, joten metsikön karike on yksipuolista. Lisäksi kuusen epäedullinen vaikutus metsikön pienilmastoon hidastaa karikkeen hajotusta.

Karikkeen epätäydellisen hajoamisen lopputuotteena maahan muodostuu humusta. Karikkeen katsotaan muuntuneen humukseksi silloin, kun sen rakenne ja alkuperä eivät enää ole silmin tunnistettavissa, vaan se on osa tummaa massaa. Vaikka koivun ja männyn karikkeen hajoamisnopeuksissa ei parin ensimmäisen vuoden jälkeen ole juurikaan eroja, on saatu viitteitä siitä, että koivun karikkeen hajoaminen loppuvaiheessaan nopeutuisi ja se muuntuisi humukseksi nopeammin kuin männyn karike (Berg & Wessen 1984). Tämän tutkimuksen alustavat tulokset viittaavat samansuuntaisiin eroihin koivun ja kuusen välillä.

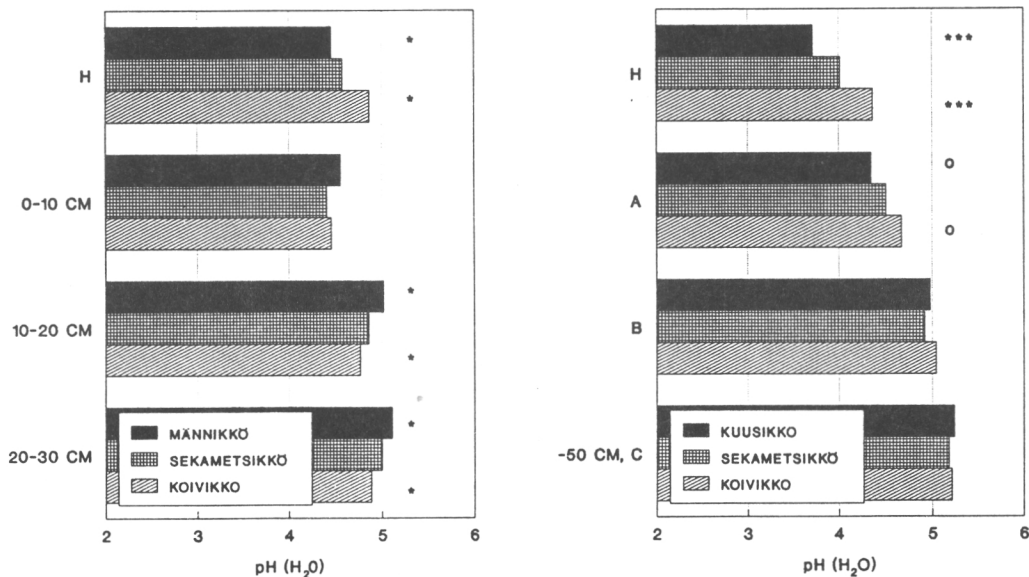
Lehti- ja neulaskarikkeen erilainen hajotustapa ilmeni myös humuskerroksen ominaisuuksissa (kuva 3). Koivikossa humuskerros oli ohuempi ja humuskerroksen orgaanisen aineen pitoisuus oli pienempi kuin havupuumetsiköissä maaperäeläinten tehokkaan sekoitustyön tuloksena. Karikkeen ominaisuuksista ja maan biologisesta aktiivisuudesta johtuen humuksen C/N -suhde oli koivikossa pienempi ja typpipitoisuus suurempi kuin havupuumetsiköissä. Humuksen määrissä maan pintakerroksessa ei eri metsiköiden välillä sen sijaan ollut eroja.



Kuva 3. Humuskerroksen paksuus ja orgaanisen aineen pitoisuus % kuiva-aineesta sekä humuksen typpipitoisuus ja C/N-suhde.

Maan happamuus ja vaihtuvat emäskationit

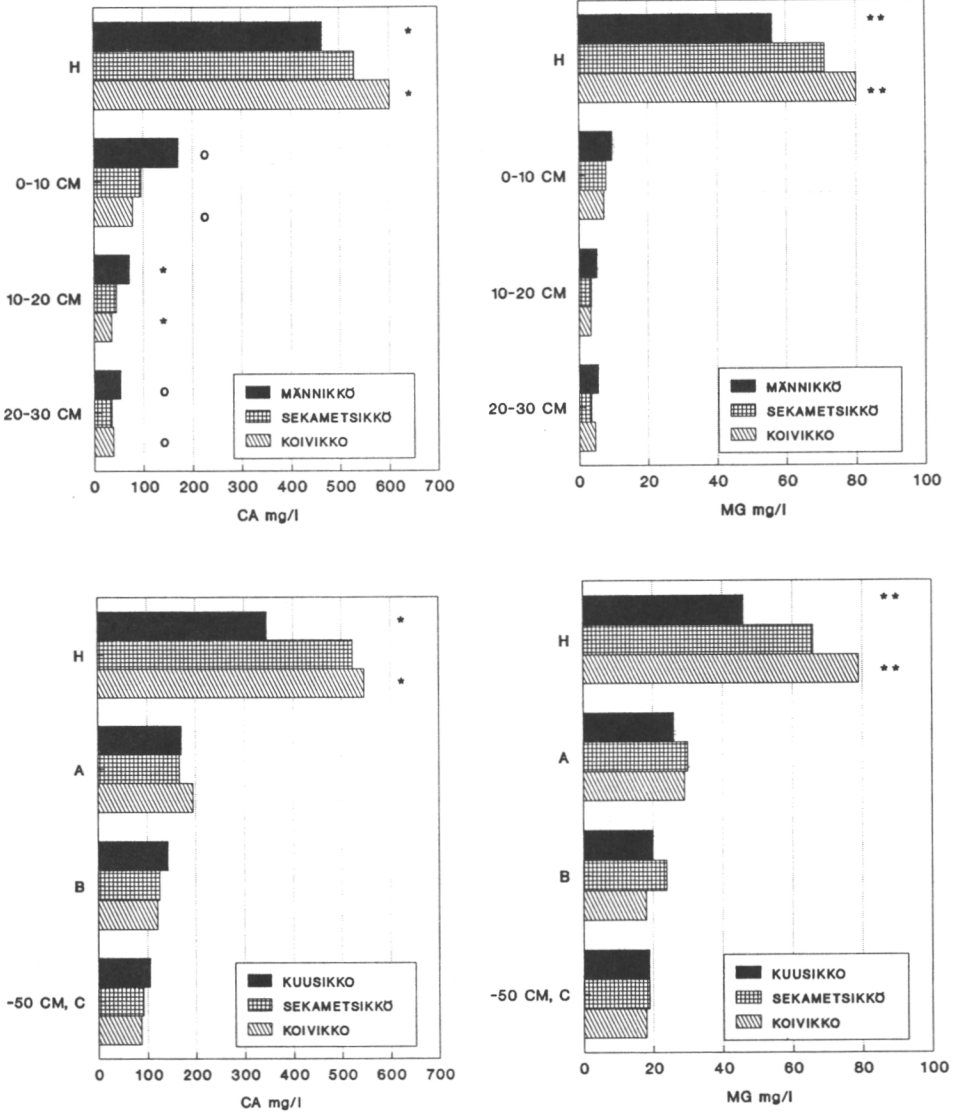
Humuskerroksen happamuus oli koivikossa alhaisempi kuin havupuumetsiköissä lehti- ja neulaskarikkeen happamuuserojen vuoksi (kuva 4). Kuusi-koivu-vertailussa happamuuserot säilyivät vielä kivennäismaan pintaosassa, mutta hävisivät syvemmissä maakerroksissa. Mänty-koivu-vertailussa tilanne kääntyi kivennäismaassa päinvastaiseksi: happamuus oli korkeampi koivikossa kuin männikössä.



Kuva 4. Happamuus (pH, H₂O) eri maakerroksissa.

Kasveille käyttökelpoisia ravinteita tarkasteltaessa puulajien väliset erot tulivat selvimmän esille vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksissa (kuva 5). Koivikon humuskerroksessa oli enemmän kasveille käyttökelpoista kalsiumia ja magnesiumia kuin havupuumetsiköiden humuskerroksessa. Kuusi-koivu-vertailussa erot säilyivät kivennäismaan pintaosassa. Sen sijaan männikössä oli syvemmissä kivennäismaakerroksissa enemmän kasveille käyttökelpoista kalsiumia ja magnesiumia kuin koivikossa.

Kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrä humuskerroksessa riippuu ravinteiden vapautumisesta ja maan kyvystä pidättää ravinteita vaihtuvassa muodossa. Happamuuden vähetessä maan emäskyllästysaste kasvaa, eli kasveille käyttökelpoisten emäskationien, ennen kaikkea kalsiumin suhteellinen osuus nousee. Lisäksi humuskerroksen ravinteidenpidätyskyky on koivikossa parempi kuin havupuumetsiköissä. Tämä johtuu osittain humuksen laadusta, osittain maaperäeläinten sekoitustyön tuloksena kohonneesta kivennäismaapitoisuudesta humuskerroksessa.



Kuva 5. Vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet tilavuusyksikköä kohti (mg/l) eri maakerroksissa.

Mänty-koivu-vertailun koivikossa todettu mänttiköä suurempi happamuus ja siihen liittyvä alhaisempi vaihtuvan kalsiumin pitoisuus kivennäismaassa voi johtua puulajien erilaisesta veden ja ravinteiden tarpeesta. Aktiivinen ravinteiden otto happamoittaa maata. Kalsium ja ilmeisesti myös magnesium ovat kuitenkin ravinteita, joiden otto on passiivista ja siten puulajin veden tarpeesta johtuvaa (Mengel 1984). Koivun runsas veden käyttö voi mahdollisesti tuoda mukaan ravinnekiertoon syvällä kivennäismaassa olevia emäskationeja, jotka karikkeiden mukana palautuvat maan pinnalle. Toisaalta ravinteiden lisääntynyt huuhtoutuminen on viljavan kasvupaikan mänttikössä mahdollista männyn pienen veden ja ravinteiden tarpeen vuoksi.

Puulajin vaikutus kasvupaikan ravinnekiertoon

Ravinteiden kierto on metsämaan ravinteisuuden perustekijä. Ravinteiden biologisella kierrolla tarkoitetaan kasvillisuuden maavedestä ottamien ja biomassansa sitomien ravinteiden palautumista takaisin maahan kasveille käyttökelpoisessa muodossa karikkeen hajotustoiminnan tuloksena. Puulajin vaikutusta ravinteiden biologisen kierron nopeuteen voidaan arvioida ravinnetarpeen ja karikkeen sisältämien ravinteiden vapautumisnopeuden avulla.

Tutkimuksen tulokset viittaavat ravinteiden nopeampaan kiertoon koivikossa havupuumetsiköihin verrattuna. Koivu käyttää ravinteita enemmän kuin mänty ja ainakin yhtä paljon kuin kuusi. Ravinteiden vapautuminen koivun karikkeesta on nopeampaa kuin havupuiden karikkeesta.

Puulajin vaikutuksesta muuttunut ravinnekierto oli kasvualustan ominaisuuksissa selvimmin mitattavissa typen sekä kasveille käyttökelpoisen kalsiumin ja magnesiumin määrissä ja jakaantumisessa eri maakerrokseen. Vaihtuva kalsium ja magnesium pidättyvät etenkin humukseen paremmin kuin vaihtuva kalium. Fosfori on liukoisessa muodossaan fosfaattia, jonka pidättyminen maahan on vähäistä. Koivikon humuskerroksen alhainen happamuus ja korkea emäskyllästyssaste puolestaan luovat paremmat toimintaedellytykset typen kiertoon osallistuvalla pieneliöstölle ja suurille maaperäeläimille.

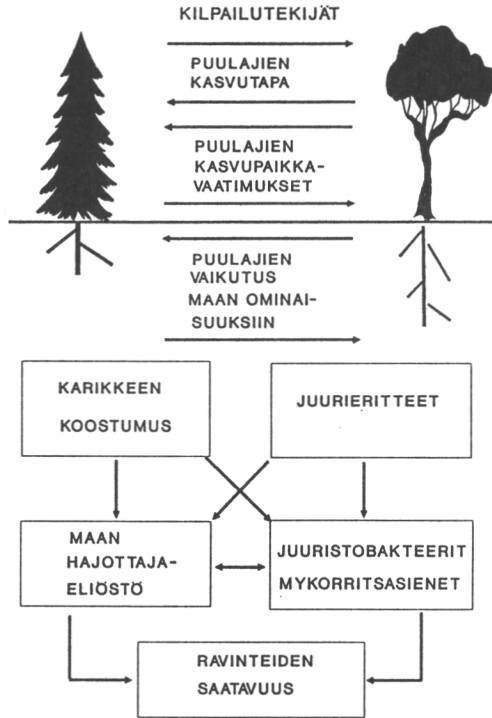
Männikössä ravinnekierto on ilmeisesti hidasta. Kuusi ottaa maasta suhteellisen paljon ravinteita, mutta ravinteiden vapautuminen hajoavasta karikkeesta on hidasta. Epäedullisissa ilmasto-oloissa kuusen ravinnekierto voi ilmeisesti johtaa ravinteiden lisääntyvään sitoutumiseen elävään biomassaan ja kuolleeseen orgaaniseen aineeseen.

Puulajien ja maan välinen vuorovaikutus sekametsässä

Koivusekoitus havupuumetsikössä paransi kasvupaikan ravinteiden kiertoa. Lievän rauduskoivusekoituksen (korkeintaan 20 %:n osuus männikössä ja noin 25 %:n osuus kuusikossa) onkin kasvu- ja tuotostutkimuksissa (Mielikäinen 1980, 1985) todettu jopa hieman parantavan metsikön kokonaistuotosta, todennäköisesti ravinteiden saatavuuden parantumisen ansiosta. Sen sijaan runsaan rauduskoivusekoituksen todettiin heikentävän sekä männyn että kuusen kasvua samalla kun koivunkin kasvu heikkeni sen osuuden lisääntyessä.

Puulajien välillä voi sekametsässä olla kilpailua monella eri tasolla (kuva 6). Puulajien kasvutavasta johtuvalla kilpailulla tarkoitetaan latvustokilpailua, joka aiheutuu latvuston valon ja tilan tarpeesta. Tällainen kilpailu on ilmeisesti suurimmillaan kahden samanlaisen kasvutavan omaavan puulajin välillä. Kilpailu maaperällisistä kasvutekijöistä johtuu kasvupaikan viljavuuden suhteesta puulajien veden ja ravinteiden tarpeeseen. Tällainen kilpailu on todennäköisintä kahden runsaasti vettä ja ravinteita käyttävän puulajin välillä. Kolmas kilpailua aiheuttava tekijä, jolla todennäköisesti on huomattava merkitys molemmissa sekametsätyypeissä, on puulajien vaikutuksesta muuttunut ravinteiden saatavuus maassa.

PUULAJIEN JA MAAN VÄLISEEN VUOROVAIKUTUKSEEN
LIITTYVIÄ TEKIJÖITÄ SEKAMETSIKÖSSÄ



Kuva 6. Puulajin ja maan väliseen vuorovaikutukseen liittyviä tekijöitä sekametsikössä.

Puulajin kasvupaikan ravinteiden saatavuudessa aiheuttamat muutokset perustuvat sen vaikutukseen maan biologiaan, joka on ravinteiden kierron perusta. Niin karikkeen ominaisuudet kuin karikkeesta uuttuvat tai hajoamisen aikana vapautuvat yhdisteet, mm. fenoliset yhdisteet, sekä juurieritteet vaikuttavat maan pieneliöstön, hajottajien ja juuristomikrobien, koostumukseen sekä mykorrhizasienien lajistoon. Sekametsikössä puulajit voivat vaikutuksellaan joko edistää tai haitata toistensa ravinteiden saantia.

Kirjallisuus

Berg, B. & Wessen, B. 1984. Changes in organic-chemical components and ingrowth of fungal mycelium in decomposing birch leaf litter as compared to pine needles. *Pedobiologia* 26: 285-298.

-, Ekbohm, G. & McClaugherty, C. 1984. Lignin and holocellulose relations during long-term decomposition of some forest litters. Long-term decomposition in a Scots pine forest. IV. *Canadian Journal of Botany* 62: 2540-2550.

Eidmann, F.-E. & Schwenke, H.-J. 1967. Beiträge zur Stoffproduktion. Transpiration und Wurzelatmung einiger wichtiger Baumarten. *Forstwiss. Forsch.* 23: 1-46.

- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica* 208. 63 s.
- Huhta, V., Haimi, J., Setälä, H., Mustapha, B., Martikainen, E. & Tyynismaa, M. 1989. Maaperäeläinten merkitys tuoreen kangasmetsän hajotuksessa, ravinnekierrossa ja maannostumisessa. *Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja* 56.
- Jarvis, P.G. & Jarvis, M.S. 1963. The water relations of tree seedlings II. Transpiration in relation to soil water potential. *Physiologia Plantarum* 16: 236-253.
- Johansson, M.-B. 1986. Chemical composition and decomposition pattern of leaf litters from forest trees in Sweden with special reference to methodological aspects and site properties. Report 56. Department of Forest Soils. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Mengel, K. 1984. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 431 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(5). 82 s.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of norway spruce stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. Summary: Experiments on the rate of decomposition of forest litter. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43(1). 50 s.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Selostus: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5). 87 s.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. *Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(5). 35 s.
- Nohrstedt, H.-Ö. 1988. Nitrogen fixation (C₂H₂-reduction) in birch litter. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 17-23.
- Nykvist, N. 1963. Leaching and decomposition of water-soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. *Studia Forestalia Suecica* 3: 1-31.
- Smolander, A., Rönkkö, R., Nurmiaho-Lassila, E.-L. & Haahtela, K. 1990. Growth of *Frankia* in the rhizosphere of *Betula pendula*, a non-host tree species. *Canadian Journal of Microbiology* 36: 649-656.
- Swift, M. J., Heal, O. W. & Anderson, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. *Studies in ecology* vol. 5. Blackwell scientific publications. 372 s.

TIETOTAULUJEN LYHENNELMÄT

Seppo Kellomäki ja Timo Karjalainen

ILMASTON MUUTOS JA METSÄTALOUS

Ilmasto muuttuu?

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden oletetaan kaksinkertaistuvan vuosien 2030 ja 2080 välillä. Tämän seurauksena maapallon keskilämpötilan oletetaan kohoavan 3-5 °C:lla. Lämpötilan muutos olisi pienin päiväntasajalla ja suurin napa-alueilla. Kokonaissademäärän oletetaan kohoavan 7-16 %:lla nykyisestä, erityisesti mantereiden merellisimmissä osissa.

Suomessa lämpötilan oletetaan kohoavan talvella (joulu-, tammi- ja helmikuu) keskimäärin 7-8 °C:lla ja kesällä (kesä-, heinä- ja elokuu) 2-3 °C:lla. Varsinkin Etelä-Suomessa talvi voi muuttua huomattavasti nykyistä leudommaksi ja pysyvän lumipeitteen todennäköisyys pienetä tuntuvasti. Kasvukausi pitenee ja kasvukauden tehoisan lämpötilan summa (päivien lukumäärä, jolloin vuorokauden keskilämpötila > 5 °C:tta) kohoaa keskimäärin 400 d.d.:tä. Sademäärä näyttää kasvavan 20-30 %:lla, etenkin talvikuukausina. Kasvavasta sadannasta huolimatta maan kosteus saattaa pienentyä voimistuvan haihdunnan seurauksena.

Puiden kasvu nopeutuu ja metsätuhojen riski kasvaa?

Muuttuva ilmasto vaikuttaa suoraan puiden aineenvaihduntaan. Esimerkiksi hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen nopeuttaa puiden fotosynteesiä samalla, kun lämpötilan kohoaminen nopeuttaa hengitystä ja kasvua. Hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen näyttää samalla tehostavan puiden vedenkäyttöä, jolloin veden niukkuus ei välttämättä rajoita puiden kasvua yhtä helposti kuin nykyoloissa. Lyhytaikaisissa kokeissa hiilidioksidipitoisuuden kaksinkertaistuminen on lisännyt havupuuntaimien kasvua 30-300 %. Rungon kasvun lisäksi myös lehtien (neulasten), oksien ja juurten kasvu lisääntyi näissä kokeissa. On luultavaa, että puiden uudistumisen ja kehityksen nopeutuessa myös vanhemmat puut saavuttavat maksimaalisen kokonsa nykyistä aikaisemmin.

Ilmaston muutos näyttää lisäävän lehtipuiden kilpailukykyä suhteessa havupuihin, ja lisäävän siten lehtipuuvaltaisten metsien määrää. Suomessa harvinaisten lehtipuiden (jalot lehtipuut) levinneisyysrajat siirtyvät todennäköisesti pohjoisemmaksi, mutta täysin uusia puulajeja tuskin ilmaantuu Suomeen ilman viljelyä. Vieraiden puulajien ja nykyisten puulajien eteläisten alkuperien viljelymahdollisuudet näyttävät paranevan, joten puulaji- ja alkuperävalintaa voitaneen käyttää entistä monipuolisemmin hyväksi metsänhoidossa.

Vaikka puut näyttävät lyhyellä aikavälillä hyötyvän lämpenevästä ilmastosta ja lisääntyvästä sadannasta, voi ilmaston muutos pitkällä aikavälillä sisältää suuria riskejä. Esimerkiksi leudot talvet voivat järkyttää kylmiin talviin sopeutuneiden

puiden talvilepoa ja aiheuttaa pakkasvaurioita kasvun käynnistyttyä liian aikaisin. Myös monet nykyisistä tuohyönteisistä ja -sienistä hyötyvät kohoavasta lämpötilasta ja lisääntyvästä sadannasta samalla, kun uusia tuohyönteisiä ja -sieniä voi kulkeutua Suomeen (esim. mäntyankeroinen, havununna). Jos ankaran talven antama suoja metsätuhoja vastaan menetetään, voi seurauksena olla metsätuhojen yleistyminen.

Metsänhoito tarjoaa mahdollisuuden sopeuttaa metsien rakenne ja toiminta muuttuvaan ilmastoon. Tätä varten on tunnettava muuttuvan ilmaston vaikutukset metsäekosysteemin toimintaan (uudistuminen, kasvu ja kuoleminen) ja rakenteeseen (puulajisuhteet, puiden alkuperä ja ikä), jotta metsänhoito voidaan suunnata ja mitoittaa tarkoituksenmukaisella tavalla.

Uudistaminen helpottuu mutta hoitotarve kasvaa?

Metsien hoito koostuu uudistamisesta (luontainen uudistaminen ja metsänviljely), taimikonhoidosta, kasvatushakkuista ja maanhoidosta (esim. kulutus ja lannoitus). Muuttuva ilmasto näyttää parantavan luontaisen uudistamisen käyttömahdollisuuksia. Metsänviljelyssä on mahdollista käyttää tuottoisampia, eteläisempiä alkuperiä samalla, kun vieraiden puulajien käyttömahdollisuudet kasvavat. On todennäköistä, että havupuutaimikoita joudutaan hoitamaan nykyistä huolellisemmin, sillä lehtipuut näyttävät hyötyvän eniten ilmaston muutoksesta. Varttuva puusto todennäköisesti sulkeutuu ja järeytyy nykyistä nopeammin samalla, kun puuston määrä kasvaa. Samalla puiden luontainen kuoleminen saattaa voimistua, ellei metsiä harvenneta nykyistä useammin tai voimakkaammin tai kiertoaikoja lyhennetä. Metsän uudistamisen ja kasvatuksen kaikissa vaiheissa tarvitaan nykyistä tehokkaampaa metsänsuojelua.

Hakkuumahdollisuudet lisääntyvät?

On mahdollista, että hakkuumahdollisuudet kasvavat nopeammin kuin mitä metsien nykyrakenteen perusteella on pääteltävissä. Metsäpinta-alan ja metsien tuottavuuden kasvun seurauksena hakkuut saattaisivat jopa kaksinkertaistua seuraavien 40 vuoden aikana. Erityisesti kasvatushakkuiden merkitys näyttää korostuvan jo pelkästään metsien terveyden ylläpitämiseksi. Myös uudistushakkuiden määrä voi kasvaa, jos metsien nopeutuvan kasvun vuoksi kiertoaikoja lyhennetään. Lehtipuiden osuus hakkuukertymästä tulee kohoamaan. Ilmaston muutos vaikuttaa myös puuaineen laatuun puiden kasvussa ja puun kemiallisessa koostumuksessa mahdollisesti tapahtuvien muutosten johdosta. Koneellistuva puunkorjuu saattaa joutua vaikeuksiin, jos kasvatushakkuiden määrä kasvaa ja korjuuolosuhteet vaikeutuvat leutojen talvien vuoksi.

Metsäpinta-alan säilyminen ja laajamittaiset metsitykset mahdollistaisivat nykyistä suuremman hiilimäärän sitomisen metsäkasvillisuuteen ja siten ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun hidastumisen. Metsiin sitoutuvan hiilen määrään voidaan vaikuttaa myös muuttamalla metsänkäsittelyohjeita siten, että puustoon ja maaperään varastoituu nykyistä suurempi määrä hiiltä. Esimerkiksi viljelytiheyden ja taimikoiden tavoitetiheyden kasvattaminen sekä puuston määrän kasvattaminen ja kiertoajan pidentäminen voisivat jo nykyoloissa lisätä 40 %:lla metsäekosysteemiin sitoutuvan hiilen määrää. Muuttamalla metsänkäsittelyohjeita ilmaston lämmetessä metsiin voitaisiin seuraavien 50 vuoden aikana sitoa noin 470 milj. tonnia nykyistä enemmän hiiltä. Määrä vastaa noin 70 vuoden aikana Suomessa öljyn käytöstä vapautuvaa hiilen määrää.

Risto Lauhanen

ILMASTON MUUTOKSESTA MAHDOLLISESTI HYÖTYVÄT TUHOHYÖNTEISET JA -SIENET SUOMEN METSISSÄ: KIRJALLISUUSTARKASTELU

Makroilmaston globaalinen muutos näyttää jatkossa väistämättömältä. Myös Suomessa vuoden keskilämpötila sekä keskisadanta kohoavat pitkällä aikavälillä. Tästä huolimatta kuitenkin viileät tai vähäsateiset vuodet ovat jatkossa edelleenkin mahdollisia. Luotettavien ilmastoennusteiden laatiminen sisältää kuitenkin lukuisia epävarmuustekijöitä.

Makroilmaston muutos johtaisi tulevaisuudessa Suomen metsien kasvun ja biomassan lisääntymiseen kuten ekosysteemimalleilla tehdyt alustavat laskelmat osoittavat. Myös puulajisuhteissa pitkällä aikavälillä tapahtuvat muutokset ovat mahdollisia. Metsäympäristön muuttuessa muotoutuvat uudet ekologiset lokerot saattavat parantaa paitsi nykyisten myös mahdollisten uusien tuhonaiheuttajien elinoloja.

Keskilämpötilan kohoaminen parantaisi yleisesti useimpien metsätuhohyönteisten elinmahdollisuuksia. Niiden fysiologinen kehitys nopeutuisi samalla kun muutamit lajit voisivat kyetä tuottamaan nykyistä useampia sukupolvia vuodessa. Tämä koskisi olosuhteissamme erityisesti ytimennävertäjiä ja kirjanpainajia, kun samalla yleistyvät myrskytuhot ja harvennushakkuut lisääisivät niille sopivan lisääntymismateriaalin määrää metsissä. Lämpöolojen parantuessa varsinkin tukkimiehentäituhot voimistuisivat jatkossa erityisesti Pohjois-Suomessa. Tähän saakka normaalia lämpimämmät ja kuivemmat kesät ovat laukaisseet myös ruskomäntypistiäisen ja mäntymittarin massaesiintymiä. Näin ollen massatuhojen riski näyttää hyvin todennäköiseltä, mikäli kesät ovat jatkossa nykyistä kuivempia. Harvinaisista lajeistamme havununna saattaa tulevaisuudessa muodostua sekä männyn että kuusen pahaksi neulastuholaiseksi.

Keskisadannan kasvu yhdessä kohoavan keskilämpötilan kanssa saattaa lisätä sienitautiepidemioita. Männynversoruoste sekä männynharmaakariste ovat tähän saakka olleet sateista ja kosteudesta hyötyviä lajeja. Samoin kuusen maanouseman leviämismahdollisuudet paranevat samalla kun jatkossa raudattomana aikana tapahtuva puunkorjuu lisääntyy. Leudot ja kosteat talvet lisäävät versosyöpäriskiä, mutta lämpimät kesät voivat kuitenkin parantaa mäntyjen elinvoimaa, jolloin taudin esiintymisen edellytykset heikkenevät. Lisääntyvä talvisadanta altistaisi taimikot edelleen männynlumihomeelle maan pohjoisosissa.

Makroilmasto ja sen muutos eivät kuitenkaan yksin vaikuta metsätuhosieniin ja -hyönteisiin. Myös metsikön mikroilmasto, tuhonaiheuttajien luontaiset viholliset ja kilpailijat, ilman epäpuhtaudet sekä metsänhoito vaikuttavat tuhonaiheuttajien ekologiaan. Nykyiset tuhonaiheuttajamme ovat lisäksi pääosin samoja lajeja kuin Keski-Euroopassa, joten huomattavia lajimuutoksia ei välttämättä ole jatkossa odotettavissa. Metsänhoidon avulla sekä maahan tuotavan puutavaran ja metsänviljelymateriaalin valvonnalla voidaan tuhonaiheuttajat pitää tulevaisuudessa hallinnassa.

Risto Lauhanen

ILMAN RIKKIDIOKSIDIN PITKÄAIKAISET VAIKUTUKSET ETELÄ-SUOMALAISEN MÄNNIKÖN KASVUUN, TUOTOKSEEN JA HARVENNUKSEEN: SIMULOINTIMALLIIN PERUSTUVA TUTKIMUS

Suomen olosuhteisiin kehitetyn tietokonemallin avulla tutkittiin rikkidioksidin vaikutuksia eteläsuomalaisiin männiköihin. Simuloinneissa taimikon lähtötiheys oli 4800 tainta hehtaarilla mustikkatyyppin kasvupaikalla. Sadan vuoden laskenta-aikana säätekijät vastasivat normaaleja Etelä-Suomen olosuhteita, jolloin mahdollisten epäedullisten ilmastotekijöiden vaikutus metsän kehitykseen eliminoitiin.

Ilmatieteenlaitoksen julkaisujen perusteella malliin liitettiin ilman vuotuiset keskimääräiset rikkidioksidipitoisuudet yksittäisten puiden neulaskadon sekä fotosynteesinopeuden laskun kautta. Myös puiden kasvuun kytkettyä hyönteistuhoriskiä sekä käytännössä sovellettujen tavanomaisten alaharvennusten vaikutusta metsikön kasvuun ja puiden kuolemiseen tutkittiin neulaskadolle altistetuissa männiköissä.

Ilman keskimääräiseen vuotuisen rikkidioksidipitoisuuteen kytketty alhaiseksi osoittautunut yhden prosentin fotosynteesinopeuden lasku ei vaikuttanut metsikön tuotokseen tai puiden kuolemiseen. Rikkidioksidin aiheuttaman neulaskadon ollessa yli 20 %, metsikön puuston kasvu ja tuotos vähenivät 100 vuoden aikana. Kasvun heikentyessä puiden alttius hyönteistuhoilta kuitenkin kasvoi, jolloin hyönteistuhot nopeuttivat edelleen puiden kuolemista. Neulaskadon ollessa alle 20 % tilavuuskasvu metsikössä jopa parani, koska varjostus latvustossa pieneni samalla kun neulaskato ei muodostunut vielä kasvua rajoittavaksi tekijäksi.

Normaalit alaharvennukset (25-30 % vähennys männikön pohjapinta-alasta) vähensivät puiden kuolemista sekä tuotosta 100 vuoden kiertoaikana. Harvennukset antoivat mahdollisuuden poistaa heikkoja, huonokasvuisia alikasvosmäntyjä, jotka muuten olisivat kuolleet neulaskadon, heikentyneen kasvun ja edelleen näitä seuraavan hyönteistuhon takia. Harvennusvaikutus jäi kuitenkin vähäiseksi, jos neulaskato oli yli 40 %. Mikäli neulaskato oli 60 %, niin yhtään tavanomaista alaharvennusta ei voitu toteuttaa 100 vuoden kiertoaikana.

Simulointimalli antoi käytännön kenttäkokeita nopeammin ja edullisemmin metsän kehitystä koskevia tuloksia. Mallin antaman vertailuajon (= ei neulaskatoa tai hyönteistuhon mukana) puustotunnukset olivat lähellä eteläsuomalaisen mustikkatyyppin männiköitä koskevia kasvu- ja tuotostaulukoiden hehtaariohjeita lukuarvoja. Rikkidioksidin osalta tulokset olivat yhdenmukaisia muiden ilman epäpuhtauksien haitallisia metsävaikutuksia koskevien tutkimustulosten kanssa. Rikkidioksidin osalta tulosten luotettavuuden arviointi oli kuitenkin hankalaa toisaalta pitkältä simulointiajasta, toisaalta vastaavanlaisten simulointitutkimusten puutteesta johtuen.

Heli Peltola

MYRSKYTUHON SYNTYMEKANISMIN MALLITUS

Myrskyt ovat viime vuosikymmeninä aiheuttaneet Suomessa suurtuhoja keskimäärin joka 3. vuosi. Arviolta näissä tuhoissa on menetetty yli 20 milj. m³ puuta. Vakuustilastojen mukaan myrskytuhot ovatkin suurin yksittäinen tuhonaiheuttaja.

Metsien rakenteen muuttumisen on esitetty lisänneen puiden alttiutta tuhoille viime vuosikymmeninä (mm. avohakkuut ja voimakkaat harvennukset ovat lisääntyneet). 1960-luvulta lähtien kovien tuulten esiintymistiheys on myös systemaattisesti lisääntynyt, erityisesti roudattoman maan aikana, lisäten puiden alttiutta tuulenkaadoille. Syyksi tälle on esitetty ilmaston muutosta. Mikäli ilmasto lämpenee tulevaisuudessa, maa pysynee sulana lähes koko vuoden (lämpenemisen ennustettu olevan suurinta talvisaikaan) lisäten tuhoriskiä. Nykyiselläänhän kovat tuulet esiintyvät yleisimmin juuri syksyllä ja talvella maan ollessa roudassa (juuriston ankkuroituminen hyvä). Ilmaston lämpenemiseen liittyvä sadannan ennustettu lisääntyminen voi myös lisätä tuhoja tulevaisuudessa (maan vettyminen). Näin ollen puiden myrskynkestävyyttä selvittävän tutkimuksen tarve on ilmeinen, koska puiden myrskynkestävyyteen voidaan vaikuttaa ainakin jossain määrin metsänhoidollisin toimenpitein.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää myrskytuhojen syntymekanismia männynllä ja kehittää malli, jolla voidaan ennustaa myrskytuhojen esiintymistä metsikön reunalla (missä tuhot yleensä esiintyvät). Mallitus antaa mahdollisuuden tutkia eri tekijöiden merkitystä tuhon kannalta siten, että muut tekijät ovat vakioitavissa (mikä on esim. maastossa mahdotonta). Tutkimus kuuluu osana Suomen Akatemian rahoittamaan silmu-projektiin, jonka tavoitteena on selvittää ilmaston muutosten vaikutuksia metsätalouteen.

Malli kuvaa tuulen puulle aiheuttamaa rasitetta (vääntömomentti puun tyvellä) sekä puun kykyä vastustaa sitä. Puun vastustuskyky riippuu puun ominaisuuksista (mm. puun pituus, solakkuus, juuriston laajuus). Mallilla lasketaan tuulesta ja sen aiheuttamasta puun taipumasta puuhun kohdistuva vääntömomentti rungon tyvellä ja puun katkaisustressi sekä juuristotuki. Mikäli vääntömomentti on juuristotukea suurempi puu kaatuu. Vastaavasti, mikäli puuhun kohdistuva katkaisustressi on suurempi kuin rungon lujuus puu katkeaa. Mallissa maaperätekijät on vakioitu (kasvupaikka kuivahko kangas), ja mallia on kalibroitu empiirisesti (mitattu tuuliprofiileja ja puun huojuntaa metsikön reunalla).

Mallilaskelmien mukaan pääosa tuulen aikaansaamasta vääntömomentista kohdistuu puun latvukseen, sillä tuulennopeus kasvaa siirryttäessä maanpinnasta ylöspäin ja latvuksessa on tuulelle enemmän tartuntapintaa kuin rungolla. Puun taipumasta aiheutuvan lisävääntömomentin merkitys kasvaa puun koon kasvaessa. Puun solakkuuden ja/tai pituuden sekä latvus/runko-painosuhteen lisääntyessä puun kaatumiseen tai katkeamiseen tarvittava tuulennopeus vähenee. Puun kaatumiseen tarvitaan pienempi vääntömomentti ja tuulennopeus kuin katkeamiseen.

Tällä hetkellä mallilla voidaan osoittaa tekijät, jotka lisäävät puiden alttiutta tuhoille, mutta niiden absoluuttisia vaikutuksia ei pystytä nykyisellään ennustamaan kovin tarkasti (ongelmana joidenkin mallin parametrien määrittäminen).

vaikeus). Jatkossa tarvitaan lisää empiiristä tutkimusta (mm. tuuli vs. puun huojunta eri tiheyksissä metsäkoissa, ja juuristotutkimusta), jotta mallia voidaan käyttää metsänhoidon apuvälineenä arvioitaessa puiden myrskykestävyyttä metsänkäsittelyn näkökulmasta.

Juhani Päivänen

SOIDEN HIILITASE JA ILMASTON MUUTOS

Suomen n. 10 miljoonaa ha suota muodostaa huomattavan hiilen ja typen varaston. Soiden taloudellinen ja ympäristöllinen merkitys Suomessa on suurempi kuin missään muussa maassa maapallolla. Esimerkiksi metsätaloustalouteen soita on ojitettu n. 5,7 miljoonaa ha. Luonnontilaisten ja hyötykäytössä olevien soiden vaikutuksista ilmastoomme on toistaiseksi vähän tietoa. Ennustetun ilmastonmuutoksen vaikutuksia soiden toimintaan on myös vaikea ennustaa.

Vuoden 1990 aikana Suomessa käynnistyi tutkimusprojekti (SUOSILMU), jonka tarkoituksena on saada tietoa Suomen soiden toiminnasta ja rakenteesta muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Alkuvaiheessa tutkimus rahoitetaan vuoden 1992 loppuun asti. Hanke on osa Suomen Akatemian rahoittamasta SILMU (= Suomen ilmaston muutos) -projektista. SUOSILMU-projektiin osallistuvat Helsingin ja Joensuun yliopistot, METLA, vesi- ja ympäristöhallitus sekä Kansanterveyslaitos.

SUOSILMU jakautuu yhteentoista alaprojektiin. Alaprojektit työskentelevät eri yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa omien projektinjohtajien alaisuudessa. Eri alaprojektit hyödyntävät osittain samoja koealoja ja pyrkivät mahdollisimman paljon koordinoimaan toimintaansa. Lisäksi SUOSILMU-hankeeseen osallistuu tutkijoita USA:sta ja Ruotsista.

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää:

- a) Miten soiden hyödyntäminen tai hyödyntämättä jättäminen vaikuttaa kasvihuonekaasujen (CO_2 , CH_4 , N_2O) sitoutumiseen ja vapautumiseen?
- b) Miten ilmastonmuutos tai hyödyntäminen vaikuttaa turpeen ravinteiden mineralisoitumiseen ja huuhtoutumiseen sekä biomassan tuottoon?
- c) Miten ilmakehän koostumuksen muuttuminen ja siitä johtuva ilmaston muutos (mm. lämpötila ja sademäärä) vaikuttaa luonnontilaisten ja hyödynnettyjen soiden rakenteeseen ja toimintaan?

U. Ahlholm ja J. Silvola

CO₂:N VAPAUTUMINEN TURVETUOTANTOKENTÄLTÄ JA VARASTO-AUMOISTA

Kesän 1989 aikana Ilomantsin Mekrijärven turvetyömaalla mitattiin CO₂:n vapautumista tuotantokenttien pinnasta ja turpeen varastoauomoista. Turpeen pinnalle asetetusta suljetusta kammioista otettiin injektioruiskuilla ilmanäytteitä tietyin väliajoin. Ilmanäytteiden CO₂-pitoisuus analysoitiin laboratoriossa infrapunakaasuanalysointilaitteella. Näytteitä otettiin vähän maatuneen (H2-H4), keskimaatuneen (H5-H7) ja pitkälle maatuneen (H6-H8) tuotantokentän sekä varastoauomojen pinnasta.

Mukaan lukien kaikki kenttätyyppit, kuukausikeskiarvot turpeen CO₂-tuotosta (mg CO₂ m⁻²h⁻¹) ja turpeen pintalämpötilasta mittaushetkillä (suluissa, °C) olivat seuraavat: toukokuu 160 (18.7), kesäkuu 150 (14.5), heinäkuu 230 (17.8), elokuu 160 (14.3), syyskuu 250 (11.7), lokakuu 40 (1.5) ja marraskuu 25 (4.6). Vastaavasti tulokset varastoauomojen CO₂-tuotosta ja lämpötilasta (n. 20 cm:n syvyydellä auman pinnasta) olivat: toukokuu 2620 (21.2), kesäkuu 2330 (18.9), heinäkuu 3980 (26.0), elokuu 3600 (24.1), syyskuu 2900 (21.1), lokakuu 3180 (16.3) ja marraskuu 2290 (14.6).

Kun tuotantokentän pintalämpötila oli n. +15°C, vapautui CO₂:a keskimäärin 190 mg m⁻²h⁻¹. Soveltamalla kesän ajalle laadittua orgaanisen aineen hajoamismallia ja arviota talviajan CO₂-tuotosta, saadaan Mekrijärven turvetuotantokentiltä vapautuvan CO₂:n määräksi 9.3 tonnia ha⁻¹ vuodessa. Soveltamalla tätä arviota koko Suomeen, saadaan kaikilta tuotantokentiltä vuoden aikana vapautuvan CO₂:n määräksi 0.7 miljoonaa tonnia. Tämä on n. 16 % vuonna 1988 turvevoimaloista turpeen polton seurauksena vapautuneesta CO₂:sta.

Varastoauomoista CO₂:a vapautui keskimäärin 3000 mg m⁻²h⁻¹. Vuonna 1989 Mekrijärvellä varastoitiin 22:een aumaan turvetta yhteensä n. 0.31 miljoonaa m³. Aumojen yhteispinta-ala oli n. 9.9 ha. Mekrijärven aumoista vapautui tämän mukaan CO₂ vuoden aikana arviolta 1280 tonnia. Suomessa varastoitiin kesän 1989 aikana turvetta aumoihin yhteensä n. 18.5 miljoonaa m³. Jos mukaan luetaan edellisen vuoden aikana tuotetut aumat, ja oletetaan a) CO₂-tuoton pysyvän samalla tasolla myös talven aikana sekä b) yhden auman keskimääräiseksi iäksi n. puoli vuotta, saadaan koko maan aumojen CO₂-tuotoksi 0.08 miljoonaa tonnia vuodessa. Tämä on n. 2 % vuonna 1988 turvevoimaloista turpeen polton seurauksena vapautuneesta CO₂:sta.

Timo J. Hokkanen & Olli Lehtinen

KARIKKEEN VAIKUTUKSESTA SUONPOHJATURPEEN MIKROBITOIMINTAAN JA TYYPITALOUTEEN LABORATORIOKOEKESÄ

Turvetuotannosta vapautuvat suonpohjat ovat merkittäviä sekä taloudellisesti että ympäristöhoidollisesti ja niiden todennäköinen tuleva käyttö liittyy metsätalouteen. On tärkeää saada lähes steriilin suonpohjan hajotustoiminta ja ravinnekerto tehokkaaksi, jotta metsän kasvattamisen panokset pysyisivät mahdollisimman pieninä ja tuotto hyvänä.

Tutkimme laboratoriokokeessa erilaisten karikkeiden (horsma-, ja koivu- ja koripajukarike) sekä väkilannoitteen vaikutusta suonpohjaturpeen hajotusaktiivisuuteen.

Karikelisäys kiihdyttää olennaisesti maan pieneliötoimintaa ja kasvattaa aktiivista biomassaa, mutta väkilannoitteella ei ole merkitystä pieneliötoiminnalle.

Karikelisäyksen jälkeen turpeen typpikierto sulkeutuu ja ravinteiden huuhtoutumisvaara vähenee. Väkilannoitus tyvellä nostaa liukoisen typen määrää, mutta ei vaikuta mikrobistoon ja lisää ravinteiden huuhtoutumisvaaraa.

Karikkeen määrä ja laatu vaikuttavat olennaisesti aktiivisessa kierrossa olevan typen määrään. Kirjallisuuden mukaan myös turpeen oman orgaanisen aineen hajoaminen kiihtyy.

Horsmakarike hajoaa paju- tai koivukariketta nopeammin.

Päätelämme, että horsma on turvejättömaan kasvukunnon kannalta edullinen pioneerikasvi, jonka edullinen vaikutus korostuu puuston kasvatuksen alkuvaiheessa, koska sukcession alkuvaiheessa pioneerikasvien kariketuos on puuvartiisiin kasveihin verrattuna suuri. Tästä seuraa, että turpeen ravinteisuuden säilymisen ja viljavuuden paranemisen kannalta on tärkeää, että sukcession alkuvaiheen kasvillisuus saa vaikuttaa.

Timo J. Hokkanen, Erkki Järvinen, Timo Kuuluvainen

MÄNTYKANGASHUMUKSEN LAADULLISEN VAIHTELEVUUDEN SEKÄ MUUTAMIEN MAAPERÄTEKIJÖIDEN VAIKUTUKSESTA HUMUKSEN HAJOAMISEEN

Typpi on useimmissa maaekosysteemeissä minimiravinne, joka on maassa sitoutuneena orgaaniseen aineeseen. Vilkas hajotustoiminta on välttämätön typen vapautumiselle kasvien käyttöön.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mäntykangashumuksen paksuuden ja hajotusaktiivisuuden alueellinen vaihtelu pienellä, yhtenäisellä alueella sekä selvittää humuksen hajoamiseen vaikuttavia maaperätekijöitä ja arvioida humuksen laadullisia eroja hajoamispotentialin avulla.

Mäntykankaalta (PK: Kontiolahti, Jaamankangas) 1 ha:n koealalta kerättiin 110 kokoomänäytettä (6 maaperäkairallista per 1 m² näyteala). Näytteeseen otettiin 5 cm kerros karikkeen pinnasta. Seulotuista näytteistä määritettiin hajotuspotentiali (maksimihajotus optimikosteudessa), liukoiset hiiliyhdisteet, johtokyky, pH, kokonaistyyppi (Kjeldahl) sekä orgaanisen aineen määrä.

Maan orgaaninen kerros, "humus", jonka paksuus alueella oli keskimäärin 20-30 mm, ratkaisee suurimmalta osin näytepisteiden biologiset ja kemialliset ominaisuudet. Multiregressiomallissa orgaaninen aines selittää hajotusaktiivisuuden vaihtelusta noin 50 prosenttia ja C/N-suhde noin 10 prosenttia.

Orgaanisen aineen painoyksikköä kohti lasketun hajotuspotentialin (ominaishajotusaktiivisuus) vaihtelu on hyvin suurta (suurimman ja pienimmän arvon ero on noin nelinkertainen). Mitatut muuttujat eivät pysty selittämään vaihtelusta enempää kuin 25 prosenttia.

Tulkitsemme ominaishajotusaktiivisuuden suuren vaihtelun osoittavan suuria eroja mäntykangashumuksen laadussa. Erot heijastuvat välttämättä maastossa typen kiertonopeuteen ja typen nettovapautumiseen. Pääasiallisena syynä ominaishajotusaktiivisuuden suureen vaihteluun pidämme eroja pohja- ja kenttäkerroksen kasvillisuudessa.

Tulokset viittaavat siihen, että taimettumisen ja ensimmäisten vuosien kasvun kannalta metsänpohjan pienympäristöillä ja niiden ominaisuuksien eroilla on suuri merkitys.

Taneli Kolström

KUUSEN VILJELYMENETELMIEN VERTAILU

Tutkimuksessa on vertailtu kuusen kylvö- ja istutusmenetelmiä tuoreilla kankailla Pohjois-Karjalassa. Koejäseninä olivat iso koulittu paljasjuuritaimi (2A+2A), pieni koulimaton paljasjuuritaimi (2A), paakkutaimi (2Mk), suojakylvö ja viirukylvö. Pintakasvillisuuden torjuntavaihtoehtoina viljelyn yhteydessä olivat mekaaninen ja kemiallinen heinäntorjunta sekä vertailuna heinäntorjunnan suorittamatta jättäminen. Koe on perustettu Pohjois-Karjalan Rääkkylään keväällä 1983. Koealueet on inventoitu vuosina 1983, 1984, 1986 ja 1990.

Kylvö antoi heikompia tuloksia kuin istutus. Kemialliseen heinäntorjuntaan yhdistetty viirukylvö antoi huonoimman tuloksen, taimellisia kylvökohtia oli jäljellä vain 21 %. Keskimäärin taimellisia kylvökohtia molemmissa kylvömenetelmissä oli jäljellä 30 %. Istutustaimista parhaiten säilyivät hengissä isot paljasjuuritaimet, elossa oli keskimäärin 91 % kaikissa käsittelyvaihtoehdoissa. Koulimattomia paljasjuuritaimia oli elossa 71 % ja paakkutaimia 79 %. Kaksivuotiailla taimilajeilla kemiallisen heinäntorjunnan käyttö paransi eloonjäämistä keskimäärin 10 %:lla. Mekaanisen heinäntorjunnan ja torjumatta jättämisen välillä ei ollut eroa.

Kylvötaimien keskipituus neljän kasvukauden jälkeen oli 13 cm. Tämä vastasi kaksivuotiaan istutustaimien pituutta viljelytilanteessa. Kuuden kasvukauden jälkeen kylvötaimien keskipituus oli 34 cm. Isojen paljasjuuritaimien pituus neljän kasvukauden jälkeen oli 62 cm ja kuuden kasvukauden jälkeen 131 cm. Kaksivuotiaiden paakkutaimien keskipituus syksyllä 1990 oli 86 cm. Koulimattomien paljasjuuritaimien pituus oli 68 cm.

Iso koulittu paljasjuurinen taimi antaa hyvän tuloksen sekä eloonjäämisen että pituuskehityksen suhteen. Myös kaksivuotiaat paakkutaimet osoittautuvat käyttökelpoisiksi kuusenviljelyssä vaatien kuitenkin heinäntorjunnasta huolehtimisen alkuvuosina. Hitaan alkukehityksen ja huonon viljelytuloksen vuoksi kylvöä ei voitane pitää käyttökelpoisena viljelymenetelmänä tavanomaisessa kuusen uudistamisessa.

Taneli Kolström

SUOMALAISTEN PAAKKUTAIMITUOTANTOMENETELMIEN SOVELTUMINEN BRASILIAN METSÄNISTUTUKSIIN

Tutkimushanke kuuluu osana KTM:n rahoittaman Suomen ja Brasilian väliseen metsäntutkimusyhteistyöhön. Tavoitteena on tutkia suomalaisten paakkutaimilajien soveltuvuutta Brasilian metsänistutusoloissa. Normaalien taimitunusten lisäksi erityistä huomiota kiinnitettiin juuriston kehittymiseen.

Tutkimuksessa käytetty puulaji on etelänkeltamänty (*Pinus elliottii* Engelm.). Kokeessa on mukana neljä suomalaista (neljä ensimmäistä) ja kolme brasilialaista taimilajia: Fh 5010, Fh 5015, FP 620, VAPO, tubete, paljasjuuri ja taquara. Kaikki taimilajit lukuunottamatta paljasjuurista ovat kennotaimia. Taimet istutettiin kesäkuussa 1987 ja mitattiin syyskuussa 1990.

Fh 5015 taimet olivat keskimäärin pisimpiä 314 cm. Lyhimpiä olivat VAPO-taimet (265 cm) ja FP 620 taimet (267 cm). Brasilialaiset taimilajit edustivat keskiarvoa. Eniten tyvilenkoutta ja taimen kallistumista esiintyi paperikennotaimilla ja paljasjuurisilla taimilla. Vastaavasti suorimpia olivat sekä VAPO- että FP 620-taimet. Pääjuuri oli kehittynyt parhaiten VAPO- ja paljasjuurisilla taimilla. Vähiten häiriötä sivujuurten kehittymisessä oli VAPO-taimilla. Sen sijaan paperikennotaimien ja paljasjuuristen taimien sivujuuret olivat lähes kaikilla nostetuilla taimilla joko kiertyneet tai yhteenkietoutuneet.

Suomalaiset VAPO-paakkutaimet menestyivät juuristokehityksen osalta hyvin. Paperikennotaimien pituuskehitys on nopeaa, mutta niiden juuristokehityksessä on vaikeuksia. Brasilialaiset taimilajit edustavat sekä pituus- että juuristokehityksessä keskiarvoa.

Jussi Saramäki ja Paula Susila

TUHKALANNOITUS KIVENNÄISMAILLA

Muhoksen tuhkalannoituskoe 557:

Kokeella pyritään selvittämään, onko tuhka- tai algominlannoituksella vaikutusta kivennäismaiden lannoituksessa, kun peruslannoitteena annetaan tyyppä.

Koe on perustettu syksyllä 1977 ECT-kankaan nuoreen männikköön. Ennen lannoitusta, talvella 1977-78, koealat (a 0,25 ha) harvennettiin asentoon 1200 runkoa/ha. Harvennuksen jälkeen puuston kuorellinen tilavuus koealoilla oli 50 m³/ha. Pohjapinta-alalla painotettu rinnankorkeusläpimitta oli 12 cm ja keskipituus 10 m.

Koe on tyypiltään arvottujen lohkojen koe, jossa on seuraavat kuusi koejäsentä: Lannoittamaton, 400 kg ureaa/ha, 400 kg ureaa + 600 kg algominia/ha, 400 kg ureaa + 1000, 2500 tai 5000 kg tuhkaa/ha. Kokeessa on kuusi toistoa. Kutakin tuhkalajia, puun kuoren, turpeen ja puun tuhkaa, on käytetty kahdessa lohkossa. Lisäksi on kuusi yksittäiskoealaa (a 0.1 ha), joilla kokeillaan turpeentuhkalannoitusta suurillakin määrillä, enimmillään 20 tn/ha.

Koealat on mitattu kolme kertaa, keväällä 1978 ja syksyllä 1982 ja 1987.

Ruokolahden tuhkalannoituskoe 805:

Kokeella pyritään selvittämään tuhkalannoituksen vaikutusta puuston kasvuun sekä lupiinin merkitystä typensitojakasvina.

Ruokolahden Kotasalossa sijaitsevaan, v. 1957 kylvettyyn VT-männikköön, perustettiin tuhkalannoitusta ja lupiinin typensidontaa selvittävä koe vv. 1978-79. Koetta perustettaessa puuston kuorellinen tilavuus koealoilla oli 35 m³/ha. Pohjapinta-alalla painotettu rinnankorkeusläpimitta oli 10 cm ja keskipituus 6.2 m.

Ruokolahden kokeen jäsenet ovat seuraavat: Lannoittamaton, 1000, 2500 tai 5000 kg puun tuhkaa/ha, lupiinin kylvö, lupiinin kylvö+1000, 2500 tai 5000 kg puun tuhkaa/ha ja 220 kg ureaa/ha. Koe käsittää ainoastaan 15 koealaa, joista kokonaan ilman toistoja ovat tuhkalannoitusruudut, joille ei ole kylvetty lupiinia. Koealat on mitattu kaksi kertaa, syksyllä 1983 ja keväällä 1990. Vuonna 1983 mitattiin säde- ja pituuskasvut myös takautuvasti kahdelle viisivuotisjakosolle.

Tuloksia Muhoksen tuhkalannoituskokeelta 557:

Kasvu oli tyypilannoitetuilla koealoilla 1,5 m³/ha/v (=55 %) suurempi kuin lannoittamattomilla.

Kuoren ja puun tuhka eivät eronneet lannoitevaikutuksiltaan, vaikka puun tuhkan ravinnepitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin kuoren tuhkan. Turpeen tuhkan lannoitevaikutus sen sijaan oli edellisiä heikompi. Käsittelyt 2.5 tn ja 5 tn turpeen tuhkaa/ha kasvoivat jokseenkin vastaavasti kuin pelkällä urealla lannoitetut. Kasvunlisäys oli 1.0 m³/ha/v (=37 %) verrattuna lannoittamattomiin koealoihin.

Parhaimmiksi osoittautuivat ne lannoituskäsittelyt, joilla urean lisäksi levitettiin 1, 2,5 tai 5 tn kuoren tai puun tuhkaa/ha. Yhtä hyvältä kasvu näytti koealoilla, joille urean lisäksi oli levitetty aluminia tai 1 tn turpeen tuhkaa/ha. Edellä mainittujen käsittelyjen kasvujen välillä ei ollut merkittäviä eroja. Keskimäärin kasvunlisäys oli $1.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ (=60 %) verrattuna lannoittamattomiin koealoihin ja $0.7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ verrattuna turpeentuhkalla lannoitettuihin koealoihin.

Kokeen perusteella kasvuun vaikutti ainoastaan käytetty tuhkalaji. Levitetyn tuhkan määrällä ei näyttänyt olevan vaikutusta. Tämä koski sekä puun kuoren ja puun tuhkaa että turpeen tuhkaa. Erot eri tuhkamäärien välillä saattavat kuitenkin tulla esille myöhemmin, sillä tuhkan lannoitevaikutus kestää yleensä huomattavan pitkään, yli tässä tarkastellun 10 vuoden ajanjakson. Suurten tuhkamäärien tiedetään vaikuttavan pidempään kuin pienempien määrien.

Tuloksia Muhoksen turpeentuhkakoealoilta:

Lannoitettaessa suuremmilla turpeentuhkamäärillä (5, 10 ja 20 tn/ha), näytti puuston kasvu olevan sitä parempi, mitä enemmän tuhkaa oli levitetty.

Tuloksia Ruokolahden tuhkalannoituskokeelta 805:

Vaikutuksiltaan heikoimmiksi osoittautuivat pienimmät tuhkamäärät, 1 tn ja 2.5 tn tuhkaa/ha. Näillä käsittelyillä kasvu ei juuri poikennut lannoittamattomien koealojen kasvusta. Kasvunlisäys oli ainoastaan $0.3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ (=4 %) verrattuna lannoittamattomiin koealoihin.

Kasvuissa ei havaittu eroja verrattaessa pelkästään tuhkaa saaneita koealoja niihin, joille tuhkalannoituksen lisäksi oli kylvetty lupiinia. Tämä koski kaikkia käytettyjä tuhkamääriä.

Parhaimman kasvureaktion saivat aikaan käsittelyt 5 tn tuhkaa/ha, urealannoitus ja lupiinin kylvä. Näillä käsittelyillä koko jakson (1979-89) kasvunlisäys oli keskimäärin $1.1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ (=17 %) verrattuna lannoittamattomiin koealoihin ja $0.9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ (=13 %) verrattuna 1 tn tai 2.5 tn tuhkaa/ha saaneisiin koealoihin. Ensimmäisellä jaksolla (1979-83) urealla lannoitetut koealat kasvoivat paremmin kuin koealat, joiden käsittely oli 5 tn tuhkaa/ha tai lupiinin kylvä. Toisella jaksolla (1984-89) tilanne oli päinvastainen.

Toistojen vähyiden vuoksi tämän kokeen tuloksiin tulee suhtautua varauksella.

Jussi Saramäki ja Sanna Valkonen

ENNAKKOTULOKSIA PELLOILLE VIJELTYJEN HIES- JA RAUDUSKOIVUJEN KASVUSTA SEKAMETSINÄ

Tavoite: Selvitetään hieskoivun ja rauduskoivun keskinäistä kasvua ja kasvun riippuvuutta puusto- ja maaperätekiöistä. Erityisesti tavoitteena on selvittää hieskoivun potentiaalia turvepelloilla.

Aineisto ja menetelmä: Tutkimus perustuu vuonna 1990 mitattuihin 19 vuotiaisiin peltometsityskohteisiin, joissa viljelyn rauduskoivun seassa on ollut vaihteleva määrä hieskoivun viljelytaimia. Kaikki kohteet ovat Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueelta.

Kultakin mitatulta viljelmältä valittiin systemaattisesti 12 koealapistettä, joista kuuden keskipuuksi pyrittiin saamaan viljelty raudus ja kuuden viljelty hies. Joissakin kohteissa hieskoivuja ei löytynyt riittävästi, jolloin otettiin tilalle raudus.

Koepisteeksi valitun puun ympäriltä mitattiin lähipuut neljän metrin säteeltä ja otettiin pintamaasta (0-10) näytteet ravinteisuuden määrittämiseksi. Lisäksi kultakin viljelmältä otettiin neljä näytettä pohjamaasta raakoostumuksen määrittämiseksi.

Mitatut pisteet jakautuivat seuraavasti:

	Yhteensä	raudus	hies
Kivennäismaa	366	232	134
Turvemaa	96	55	41
Kivennäis- ja turvemaan sekoitus	64	43	21
Yhteensä	526	330	196

Tuloksia: Kaikissa kohteissa rauduskoivut olivat selvästi hieskoivuja suurempia: puiden tilavuuksien suhde oli turvemaiden 2.2 ja kivennäismaiden 3.9.

Kivennäismailla hieskoivut kasvoivat sitä paremmin mitä pienempi oli hienon hiedan, hiesun ja saven yhteenlaskettu osuus. Sama suunta oli myös rauduskoivuilla. Hieskoivuilla vaihtuvan kaliumin lisääntyminen maassa paransi myös kasvua.

Rauduskoivujen koko ei poikennut turve- ja kivennäismailla, mutta hieskoivut olivat turvemaiden tilastollisesti merkitsevästi suurempia kuin kivennäismailla.

Turvemaiden vaihtuvien ravinteiden pitoisuudet olivat merkitsevästi suurempia kuin kivennäismaiden pitoisuudet. Tämä selittää mitattujen hieskoivujen kivennäismaita suurempaa kokoa. Rauduskoivut eivät kuitenkaan jostain syystä kykene hyödyntämään turvemaiden suurempaa ravinnepitoisuutta täysimääräisesti, vaikka kasvavatkin hieskoivuja suuremmiksi.

Hieskoivut olivat jo jääneet useimmissa tapauksissa valittuun asemaan viljelmillä. Rauduskoivujen asema oli yhtä vallitseva sekä kivennäis- että turvemaiden, mutta hieskoivut eivät olleet yhtä vallitussa asemassa turvemaiden kuin kivennäismaiden.

Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 228 Leena Finer. Tuloksia sararämeen fosforilannoitelajikokeesta. Results from a phosphorus fertilization experiment on a mesotrophic mire. 35 s. 1986.
- Nro 258 Itä-Suomen metsätiedepäivä 9. 12. 1986. "Metsäntutkimus käytännön toiminnan perustana?" 61 s. 1987
- Nro 262 Mikko Toropainen. Pohjois-Karjalan, Itä-Savon ja koko Itä-Suomen metsätilasto 1974-1984. 57 s. 1987.
- Nro 276 Jukka-Pekka Jäppinen. Suomalaisten metsäsienten vientimahdollisuudet. Finnish Forest Mushrooms - The Export Challenge. 79 s. + liitteet. 1987
- Nro 283 Tiina Heinonen ja Tarja Lukkari. Puulajien kasvupaikkavaatimukset. Alustavia tuloksia männyn, kuusen ja rauduskoivun viljelyn onnistumisesta Nurmeksessa. 19 s. 1987.
- Nro 332 Jari Parviainen, Jyrki Kangas ja Pekka Knuutinen. Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. 48 s. 1989.
- Nro 343 Matti Maltamo, Jyrki Kangas ja Rauno Tolonen. Vesakon alkukehitys ja sen vaikutus taimikkoon. 66 s. 1989.
- Nro 351 Mikko Toropainen. Metsätalous tilan päätuotantosuuntana kansantalouden näkökulmasta. 82 s. 1990.
- Nro 357 Metsätalouden suunnittelu. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Jussi Saramäki ja Päivi Mäkkeli (toim.) 63 s. 1990.
- Nro 371 Kari T. Korhonen ja Matti Maltamo. Männyn maanpäällisten osien kuivamassat Etelä-Suomessa. 43 s. 1990.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema
Käyntiosoite Yliopistokatu 7
Postiosoite PL 68, 80101 Joensuu
Puhelin (973) 151 4000 (ohivalinnat)

Kansikuva Hannu Nousiainen

ISSN 0358-4283
ISBN 951-40-1159-7