

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA**

**394**

**PARKANON TUTKIMUSASEMA**



**METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ NURMOSSA 1990**

**Olavi Laiho & Tuire Kilponen (toim.)**

**Parkano 1991**

Kansikuva:

Tuulikaadot ovat luontaisen uudistamisen riskitekijä.

Kuva K. Kinnunen.

Luontaisen uudistamisen seurauksena saadaan usein sekataimikko.

Kuva K. Kinnunen.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394  
 Metsäntutkimuslaitos — Parkanon tutkimusasema

## Metsäntutkimuspäivä Nurmossa 1990

Olavi Laiho & Tuire Kilponen (toim.)

### Sisällys

<i>Eero Paavilainen</i> Puuntuotannon mahdollisuudet Etelä-Suomen soilla .....	5
<i>Juha Suni</i> Luontainen uudistaminen ja koneellinen korjuu ojitusalueilla .....	8
<i>Kaarlo Kinnunen</i> Alikasvos-, luonnon- ja istutustaimien alkukehitys mustikkatyypillä .....	10
<i>Jyrki Hytönen</i> Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimus .....	17
<i>Jyrki Hytönen</i> Peltojen metsityksen tuloksia Keski-Pohjanmaalta .....	18
<i>Olavi Laiho ja Aila Halonen</i> Peltomäntyjen mykorrhizasuuristo .....	31
<i>Seppo Kaunisto</i> Pellonmetsitysten tuloksia Alkkiasta .....	36
<i>Hannu Raitio</i> Neulas- ja lehtianalyysi .....	38
<i>Teuvo Levula</i> Tuhkalannoitus kangasmaalla .....	49

**Kirjoittajat**

Prof. Eero Paavilainen	Metsäntutkimuslaitos,	suontutkimusosasto
MML Jyrki Hytönen	"	Kannuksen tutkimusasema
MMT Seppo Kaunisto	"	Parkanon tutkimusasema
MML Kaarlo Kinnunen	"	"
MMT Olavi Laiho	"	"
Mi Teuvo Levula	"	"
FT Hannu Raitio	"	"
MMK Juha Suni	"	" (ulkop. tutkija)
FK Aila Halonen	Oulun yliopisto	

## Lukijalle

Parkanon tutkimusaseman vuosittainen tutkimuspäivä järjestettiin viime joulukuussa Nurmossa. Se oli tarkoitettu erityisesti Etelä-Pohjanmaan metsäammattiväelle. Osanottajien määrä ylitti 200. Esitelmät on nyt saatettu kirjalliseen asuun ja niissä on otettu huomioon keskustelussa esitetyt näkökohdat. Mahdollisuuksien mukaan niitä on muutenkin täydennetty.

Metsätalous on pitkän aikaa purjehtinut hyvässä myötätuulessa. Tutkimuspäivän aikaan tilanne oli jo päinvastainen ja tätä kirjoitettaessa lähes katastrofaalinen. Hyviä uutisia on oikeastaan vain yksi, puuston hyvä kasvu. Se on ennätysellisesti lähes 80 milj. m<sup>3</sup>, yli 10 milj. m<sup>3</sup> enemmän kuin edellisessä inventoinnissa. Lisäys on suurin mitä koskaan on noteerattu. Sodanjälkeiseen aikaan verrattuna nykykasvu on lähes kaksinkertainen.

Toisaalta metsä huokaa saasteiden ja sairauksien alla. On naavattomuutta, paisukarvetta, viherlevää, harsuuntuneisuutta, värimuutoksia, heikkoa pakkaskestoa, sienitauteja, eläintuhoja jne. Solutason muutokset ja puiden todellinen kunto ynnä elpymismahdollisuudet ovat aivan liian heikosti tunnetut. Vieläkin avoimempi on tulevaisuus. Ennusteet vaihtelevat 50 %:n kasvunlisäyksestä havumetsien lähes täydelliseen häviämiseen.

Korkeasuhdannetta seuraava lamakausi on luonnonlaki. Vaikka laman tiedetään tulevan silti se koskee kipeästi. Ostot pienenevät, hintakehitys pysähtyy tai taantuu, puutavaralajien kysyntä vaihtelee oikullisesti. Myyjäpuoli tukeutuu lakkoon ja teollisuus omiin metsiin ja tuontipuuhun. Lama on kotitekoinen ja edellyttää hintakilpailukyyn palautumista. Kun niin aikanaan käy, metsänomistajat mitoittakoon hintatoiveensa kohtuullisiksi ja täydentäköön rahavajeensa suuremmalla myyntimäärällä. Metsäteollisuudelta tilanne edellyttäisi pikaista ja voimakasta panostusta kotimaisiin laajennuksiin.

Osanottajina oli useita Tuomarniemen ja Kurun metsäopistojen kursseja ja muutenkin nuoria ikäluokkia. Nykynuoriin kohdistuvat haasteet ovat hyvin erilaiset kuin varhemmin. Ennen oli rasitteena mm. ajo pyörällä työmaalle ja pitkät kävelytaipaleet. Tiedontarve ei ollut niinkään suuri. Yliopiston metsäharjoitteluasemallakaan ei uudistamistapaa 1950-luvulla harkittaessa juuri erehtynyt jos vastasi paljaaksihakkuu, kulotus ja männyn viljely. Nyt pitää tuntea eri vaihtoehdot tarkoin ja myös niiden kustannukset. Samaten tuhot, ympäristöasiat ja monet muut. Suositukset ja ohjeet pitää saattaa perille psykologian keinoin, ei käskyin. Metsänomistajia joutuu etsimään ympäri maata ja kauempaakin. Lisäksi tulosta vaaditaan entistä enemmän. Turhauttavana tekijänä on, että valtiovalta säättää lakeja, jotka teettävät kohtuuttomasti tuottamatonta paperityötä.

Peltoja tulee lähivuosina metsitettäväksi paljon. Tuotantovuoret eliminoituisivat vasta 0,5 milj. ha:n metsityksellä, jos silläkään. Metsitystyössä pitäisi onnistua paremmin kuin 1970-luvulla. Kannuksen tutkimusaseman johdolla onkin käynnissä pellonmetsityksen menetelmät -projekti, joka tulee antamaan paljon uutta tietoa. Jotakin on esitettävissä jo nyt ja siksi peltojen metsitys on valittu tämän tutkimuspäivän

pääteemaksi.

Kiitän Parkanon tutkimusaseman puolesta kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tämän tiedonannon valmisteluihin osallistuneita sekä tutkimuspäivän osanottajia. Tiedonantoa on saatavissa tutkimusasemalta (39700 Parkano, puh. 933- 829 12, fax 933 - 810 22).

Parkanossa 15.11.1991

Olavi Laiho  
Tutkimusaseman johtaja

# Puuntuotannon mahdollisuudet Etelä-Suomen soilla

Eero Paavilainen

## Johdanto

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

	1000 ha	%
Metsämaa	2687	78
Kitumaa	455	13
Joutomaa	<u>312</u>	<u>9</u>
Yhteensä	3455	100

Kuivatusasteen mukainen metsämaan soiden jakauma oli:

	Korvet		Rämeet	
	1000 ha	%	1000 ha	%
Ojittamaton suo	299	25	211	14
Ojikko	80	7	184	12
Muuttuma	423	36	950	63
Turvekangas	<u>381</u>	<u>32</u>	<u>159</u>	<u>11</u>
Yhteensä	1183	100	1504	100

Turvekankaiksi muuttuneita soita oli verraten vähän, 32 % korvista ja 11 % rämeistä. Ojitusten ikärakenteen perusteella on siis odotettavissa, että puuston kasvu lisääntyy 7. inventoinnin aikana vallinneesta tasosta. Seuraavassa pyritään viimeaikaisten tutkimusten perusteella (Gustavsen ym. 1990) arvioimaan, kuinka paljon Etelä-Suomen suot pystyvät tulevaisuudessa tuottamaan puuta.

## 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. m<sup>3</sup>:iin ja olisi vuonna 2003 kaikkiaan 10,739 milj. m<sup>3</sup>. 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 ja Tiihonen 1988). Suometsien vuotuinen kokonaiskasvu oli Etelä-Suomen soilla VMI 7:n mukaan 10,65 milj. m<sup>3</sup> 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 oletuksia. Tässä yhteydessä esitettävä vuonna 2000 vallitsevaa tilannetta koskeva ennuste perustuu seuraaviin oletuksiin:

- 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 kuin Keltikankaan ym. (1986) tutkimuksessa
- VMI 7:n aikaan ojitettuna olleiden soiden kasvu on v. 2000 sama kuin Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston perustamalla kestokoealoilla n. 40 v. ojituksen jälkeen (Gustavsen ym. 1990). Kestokoeala-aineistoon sisällyttämättömien karujen soiden puuston kasvu on 1,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>
- 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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

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

	Kokonaiskasvu v. 2000 milj. m <sup>3</sup>
VMI 7:n aikaan ojitettuna olleet suot	12,46
VMI 7:n jälkeen ojitetut suot	2,27
Ojittamattomat suot	<u>0,23</u>
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 lyhemmin 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 huomion metsänlannoituksen tarjoamia mahdollisuuksia puuntuotannon lisääminen. Mikäli esimerkiksi oletetaan, että ombrotrofiset rämeet lannoitettaisiin NPK:lla kerran sadan vuoden ja muut suot karuimpia suotyyppisiä ja meso-eutrofisia korpia lukuunottamatta PK:lla kaksi kertaa 80 vuoden kiertokaudella, olisi vuotuinen lannoitus-pinta-ala Etelä-Suomen soilla n. 47 000 ha. Tällä lannoitusohjelmalla saavutettaisiin varovaisestikin arvioiden ainakin 0,5 milj. m<sup>3</sup>:n suuruinen vuotuinen puuston kasvun-lisäys.

Käytettävissä olevien tietojen mukaan voidaan Etelä-Suomen soiden puuston vuotuista kasvua siis lisätä vielä 4-5 milj. m<sup>3</sup>:llä VMI 7:n vuosina todetusta 10,65 milj. m<sup>3</sup>: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 hoidolle ja käytölle asetetuista valtakunnallisista tavoitteista on jääty jälkeen. Toinen huolen aihe on metsävaurioiden yleistyminen, mihin mahdollisuuteen uusimmat metsien tilaa koskevat raportit viittaavat. Esitetystä laskelmasta on lähdetty siitä, etteivät metsävauriot johda puuston kasvun taantumiseen Etelä-Suomen soilla vuoteen 2000 mentäessä.

## Kirjallisuus

- Gustavsen, H.-G., Paavilainen, E. & Reinikainen, A. 1990. Metsäojitusalueiden puuston kasvumallit 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.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951-1984. Folia Forestalia Fennica 714. 29 s.

# Luontainen uudistaminen ja koneellinen korjuu ojitusalueilla

Juha Suni

## Taustaa

Luontaisessa uudistamisessa, ja kuusella etenkin alikasvosuudistamisessa on runsaasti käyttämättömiä mahdollisuuksia. Passiivinen, itsekseen alkava, halpa ja huomaamaton metsänuudistuminen on ollut kauan huomion ulkopuolella ja siksi sen kehittämispotentiaali on suuri.

Koneet ja konetyömenetelmät kehittyvät, työvoima ikääntyy ja vähenee. Koneellisen korjuun tehosta oikein tinkimällä voidaan luontaisia taimikoita edes osakuvioilla säilyttää. Uhraukset korvataan taimi- ja istutuskustannusten säästöllä. Taimi- ja istutuskustannukset nousevat vähintään yleisen palkkojen nousun nopeudella. Konetyötuntien hinta kohoaa tulevaisuudessa palkkatasoa hitaammin. Siksi korjuun koneellistuminen ei pakota avohakkuun ja viljelyn lisäämiseen luontaisen uudistamisen kustannuksella, vaikka usein niin väitetään.

Ojitusmätästyksen yleistyminen on parantanut kosteiden ja hienojakoisten metsämaiden viljelytuloksia. Pienipiirteisenä menetelmänä se sopii hyvin muokkausmenetelmäksi passiivisen luontaisen uudistamisen alueiden järjestelmälliseen täydennysviljelyyn. Ojituksen kunnostamisen otollisin ajankohta on metsän uudistamisen yhteydessä.

Taimikon ja ojituksen huomioon ottavaa koneellista ylispuukorjuuta kehitettiin vuosina 1988-89 teoreettisesti Helsingin yliopistossa metsäteknologian laitoksella ja kokeellisesti Alavudella ja Lauhanvuoren ympäristössä Isojoella ja Honkajoella Metsäliiton ja KML Tapion tuella.

## Leveät korjuu-urat

Korjuu-uramenetelmä johdettiin tavanomaisesta kasvatushakkuumenetelmästä ajouraa leventämällä. Kuormainharvesteri toimi vain uralta käsin. Kauimmaiset ylispuut kaadettiin moottorisahalla kohti uraa, koneen ulottuvuudelle. Urasta muodostui paitsi hakkuu- ja ajokoneen työskentelyalue ja puutavaran kasausvyöhyke, myös hakkuutähteiden kasautumispaikka, ojalinja ja kauttaaltaan muokattava ja koivulla täydennysviljeltävä alue. Ojitus ja viljely tapahtuivat noin vuoden viiveellä hakkuusta.

Teorian nojalla edulliseksi arveltua menetelmää kokeiltiin käytännössä viidessä metsänuudistamiskohteessa yhteensä kymmenen hehtaarin alalla. Osa kohteista oli kankaita, osa ohutturpeisia soita tai soistuneita kankaita. Menetelmän taloudellisuus pyrittiin selvittämään taimikon tiheyttä ja laatua koskevilla inventoinneilla, puunkorjuun aikatutkimuksilla, korjuukustannuslaskelmilla ja tuotossimuloinneilla. Saman alueen avohakkuuta ja viljelyä koskevat ennusteet tehtiin Susy- ja Viljo-ohjelmilla.

Alle 50 m<sup>3</sup>/ha ylispuustojen alle syntyi tiheitä ja kehityskelpoisia, helposti vapautettavia taimikoita. Ylispuuston runsaus alensi vähitellen taimitiheyttä. Korjuu-uramenetelmää käytettäessä menetettyjen taimien lukumäärä ei kuitenkaan olennaisesti kasvanut, vaikka hakkuupoistuma kasvoi. Tässä menetelmässä runsaan ylispuuston aiheuttama haitta oli siis enemmän biologinen kuin korjuutekninen. Pienialaiset, mutta hyvät kuusentaimikot kannattaa pelastaa runsaankin ylispuuston alta suorittamalla erilliskaato.

## **Kuusen säästäminen kannatti**

Metsänuudistamisen taloustulos laskettiin Viljo-ohjelman, nykyarvotaulukkojen ja viljeltyjen havumetsien kasvatusmallien avulla. Verrattavaksi avohakkuun jälkeiseksi viljelyketjuksi valittiin edullisin mätästyksen perustuva ketju. Kasvupaikaksi jouduttiin oletamaan soistunut kangasmaa varsinaisten turvemaan kasvupaikkojen puuttuessa ohjelmasta.

Kun korkokannaksi valittiin 3,5 %, kuusivaltaisissa taimikoissa laskennallinen ero oli 5 400 mk/ha uuden menetelmän hyväksi. Taimikoiden keskipituus oli noin viisi metriä. Mäntyvaltaisissa taimikoissa ero jäi vähäiseksi ja tulos oli epävarma. Korjuu-uramenetelmän käyttöönottoa voidaan suosittaa ojitusta tai sen kunnostusta kaipaavissa kuusen luontaisen uudistamisen kohteissa. Urien täydennysviljelyn kannattavuus on arvioitava tapaus tapaukselta. Hieksellä täydennyksen tuloksesta ja varmuudesta ei ole vielä tutkimustietoa, sillä taimet ovat vasta puolimetrisiä.

## **Jatkotutkimus**

Luontaisen uudistamisen ja koneellisen korjuun yhteensovittamiseen tähtäävä tutkimustyö jatkuu nyt Parkanossa. Koetaimikoiden jatkokehitystä seurataan mittauksin. Korjuu-urat on viljelty hieskoivulla ja uudistamiskohteiden taimettomat tai kehityskelvottomina pidetyt osat männyllä. Kohteet ovat koejärjestelyinä puutteellisia, mutta antavat silti mahdollisuuksia vertailuun ja päättelyyn.

Jatkorahoituksen turvin saataisiin seuraavaksi tietoa v. 1988 suoritettuna männyn koneellisen siemenpuuasentoon hakkuun vaikutuksista ja parantamisen mahdollisuuksista. Jonomuotoisilla siemenpuuasenoilla saatavaa uudistumistulosta voidaan mitata ensi kasvukauden jälkeen. Ideana on ryhmittää siemenpuut keskelle uudistusalaan hieman tavanomaista tiheämpään. Siemenpuuhakkuu, muokkaus ja ylispuuhakkuu helpottuvat. Lisäksi ristipölytyksen paranemisen uskotaan parantavan siementymistä.

## **Aiheesta enemmän**

Suni, J. 1990. Korjuu-uramenetelmä ylispuuiden poistossa. MMK-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsäteknologian laitos. 96 s.

# Alikasvos-, luonnon- ja istutustaimien alkukehitys mustikkatyypillä

Kaarlo Kinnunen

Tämän tutkimuksen päätavoite on selvittää, miten männyn luontainen uudistaminen soveltuu karuhkolle mustikkatyypille. Vertailuna käytetään männyn istutusta ja kylvöä. Koska vanhimmalla koekentällä oli melko paljon alikasvotaimia, tarkasteluun otettiin myös niiden kehittyminen. Alikasvotaimien määrästä, laadusta ja niiden syntyyn vaikuttavista tekijöistä sekä hakkuun ja muokkauksen vaikutuksesta niiden määrään tehtiin laajahko erillisselvitys (Sievänen 1986) heti kokeen perustamisen jälkeen. Tässä esityksessä tarkastellaan tilannetta kuusi kasvukautta myöhemmin kaikkien taimien osalta.

## Lähtötilanne

Metsikkö, johon koe perustettiin, oli harvahko (330 runkoa, 160 m<sup>3</sup> hehtaarilla). Kuusen osuus oli vähän yli puolet puuston määrästä, lopun ollessa pääosin mäntyä, vähäiseltä osin myös koivua (40 runkoa, 8 m<sup>3</sup>/ha). Pääosa alikasvotaimista oli kuusia, männyn osuus oli vain 10 %. Suurin osa alikasvoskuusista oli 20-50 vuoden ikäisiä, alikasvosmännyn puolestaan 10-30 -vuotiaita. Päälylyspuusto oli 100-120 vuoden ikäistä.

## Koejärjestely

Kokeen pinta-ala on yhdeksän hehtaaria. Se jaettiin yhdeksään hehtaarin kokoiseen ruutuun, joista kolme hakattiin aukeaksi, kolmelle jätettiin 25 siemenpuuta ja niin ikään kolmelle sata siemenpuuta. Kaikista ruuduista kolmasosa jätettiin muokkaamatta, kolmasosa lautasaurattiin ja kolmasosa aurattiin piennarauralla. Ruudut puolitettiin muokkaussuuntaan nähden kohtisuoraan ja toinen puoli ruudusta raivattiin. Aukeaksi-hakattujen ruutujen raivattu puolikas istutettiin männyn kennotaimilla, raivaamattoman puolikkaan uudistuminen jätettiin mahdollisen reunametsäsiemennyksen ja alikasvoksen varaan.

## Käsittelyajankohdat

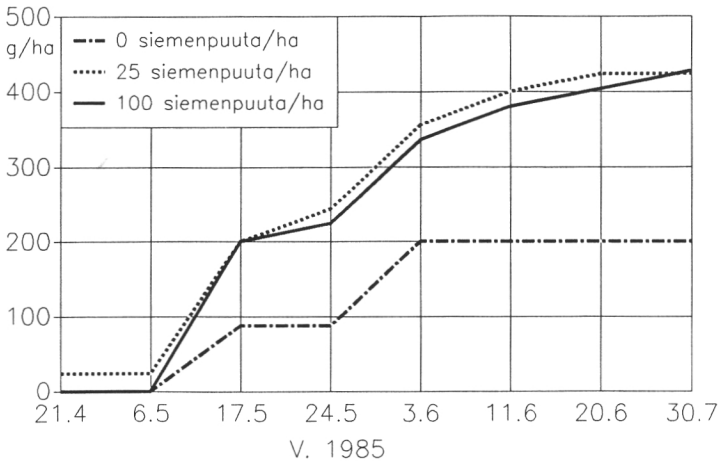
Päälylyspuusto hakattiin miestyönä keväällä 1983 puutavaralajimenetelmää käyttäen. Auraus tehtiin puskutraktorin vetämällä piennarauralla kesäkuun puolivälissä 1983 ja lautasauraus raskaan metsätraktorin vetämällä hydraulipainotteisella TTS-metsä-äkeellä

samana vuonna elokuun loppupuolella. Raivauksessa käytettiin raivaussahaa ja se tehtiin osittain syksyllä 1983, osittain keväällä 1984. Istutus tehtiin toukokuun loppupuolella 1984. Siemenpuut poistettiin syksyllä 1985 sen jälkeen, kun tuuli oli kaatanut pääosan niistä.

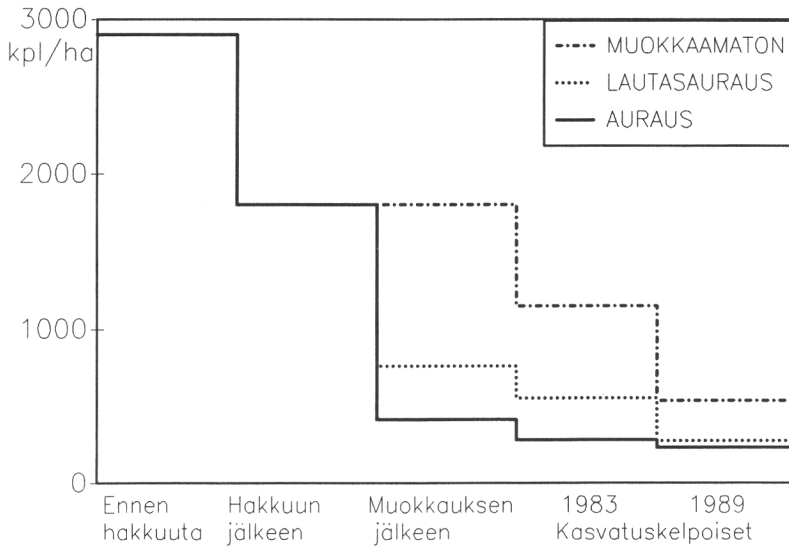
Alikasvostaimet inventoitiin ensi kerran kesän 1983 aikana. Syksyllä 1989 - keväällä 1990 inventoitiin kaikki taimet. Inventoinnissa käytettiin systemaattista linjoittaista otantaa, jossa näytealan koko oli 10 m<sup>3</sup>. Otantasadannes oli 14. Näytealan keskipiste merkittiin ensimmäisessä inventoinnissa, joten jälkimmäinen inventointi voitiin tehdä samasta kohdasta.

## Siemensato

Huonojen siemenvuosien ja siemenpuiden varhaisen poiston takia siemensato jäi varsin vähäiseksi. Vuonna 1985 tutkittiin keräyssuppiloita käyttäen, kuinka paljon siementä varisi siemenpuu- ja aukeille ruuduille (kuva 1). Siemenpuiden määrällä ei ollut vaikutusta varisseiden siementen määrään ja aukeillekin ruuduille saatiin puolet siemenpuuruutujen siemenmäärästä. Kokeen ulkopuolelta reunametsäsiemennystä tuli hyvin vähän, joten pääosin se tuli siemenpuuruuduilta. Sadan siemenpuun ruudut sijaitsivat lähinnä aukeita ruutuja, joten pääosa siemenistä tuli sieltä. Sadan siemenpuun ruuduilta lieenee kulkeutunut myös 25 siemenpuun ruuduille enemmän siementä kuin toisin päin, joten tuloksen perusteella ei voi päätellä, että siemenpuiden määrä välillä 25-100 olisi täysin merkityksetön siementuotannon kannalta. Tulos korostaa enemmänkin reunametsäsiemennyksen osuutta uudistumistapahtumassa.



Kuva 1. Männyn siemensato vuonna 1985.



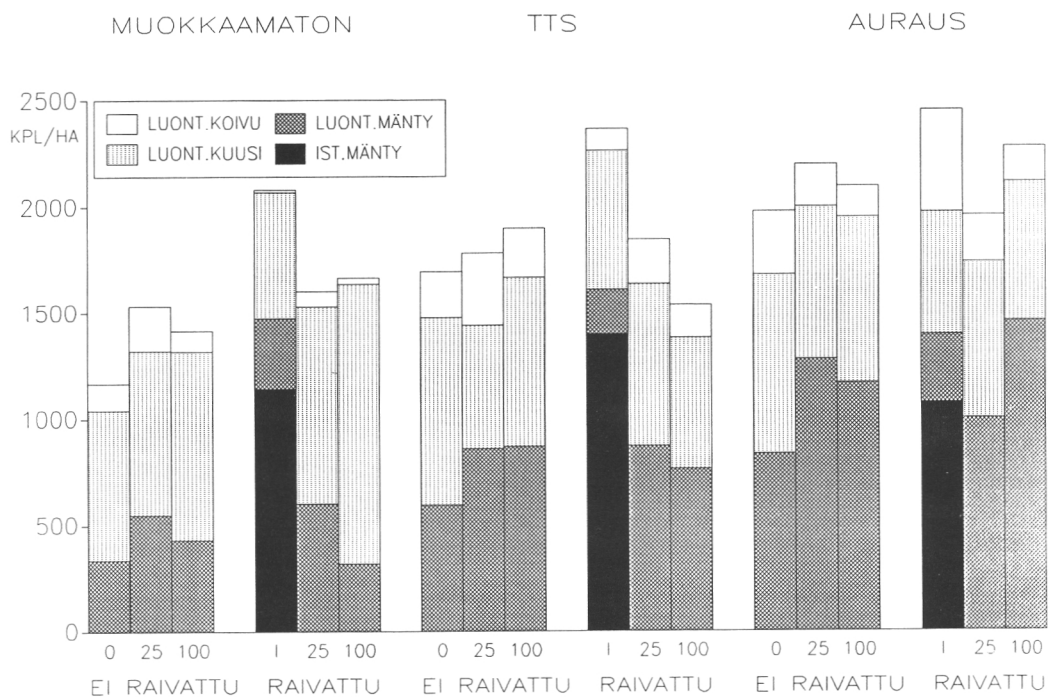
Kuva 2. Alikasvostaimien määrä eri vaiheissa.

## Alikasvostaimet

Alikasvostaimien määrä putosi kolmanneksella hakkuun vaikutuksesta ja muokkaus romahdutti sen lopullisesti (kuva 2). Muokkausjäljen peittävyys oli aurauksessa keskimäärin 44 ja lautasaurauksessa 23 sadannesta. Niinpä myös muokkausmenetelmien välillä oli selvä ero taimien määrässä. Asetettaessa ehdoksi, että taimet eivät saaneet olla metriä lähempänä toisiaan, ns. kasvatuskelpoisten taimien määräksi muokkaamattomalla saatiin 1150, lautasauratulla 550 ja auratulla 280 kpl/ha kokeen perustamishetkellä 1983. Kuusi kasvukautta myöhemmin kasvatuskelpoisiksi määritettyjen alikasvostaimien määrä oli pudonnut muokkaamattomalla ja lautasauratulla käsittelyllä puoleen alkuperäisestä, auratulla sensijaan oli tapahtunut vain vähäinen lasku. Alikasvostaimien kuolleisuus ei kuitenkaan ollut suurin syy määrän laskuun, vaan lasku johtui suurelta osin siitä, että hakkuun jälkeen syntyneet taimet syrjäyttivät alikasvostaimia "kasvatuskelvottomiksi".

## Kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä

Istutetuilla ruuduilla oli eniten kasvatuskelpoisia taimia, kuten oli odotettavissa (kuva 3). Myös auratuilla ruuduilla päästiin varsin korkeisiin kasvatuskelpoisten taimien määriin ( $\geq 2000$  kpl/ha). Lautasauratuilla ruuduilla tulos oli jonkin verran huonompi kuin auratuilla, mutta kuitenkin tyydyttävä (1500-1900 kpl/ha). Vain muokkaamattomilla aukeilla ruuduilla taimimäärä jäi 1200 kappaleeseen/ha, muokkaamattomilla

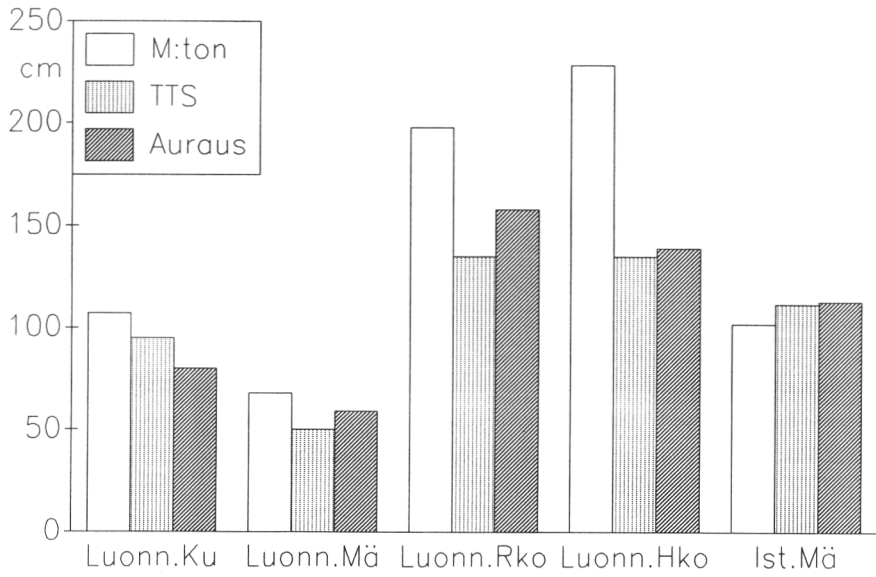


Kuva 3. Kasvatuskelpoisten taimien määrä.

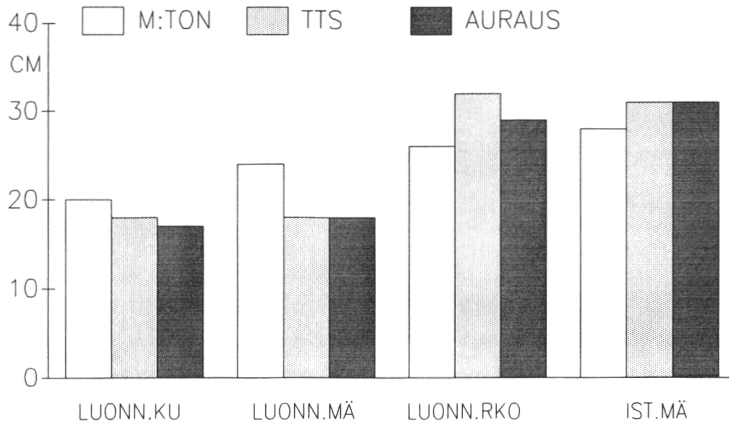
siemenpuuruuduilla puolestaan oli n. 1500 kasvatuskelpoista tainta/ha. Muokkaamattomilla ruuduilla kuusen osuus oli paljon suurempi kuin muokatuilla, joten tavoite mäntyvaltaisesta uudesta puusukupolvesta näyttää ilman muokkausta toteutuvan vain istuttamalla. Raivauksella ei ollut vaikutusta taimimääriin. Myöskään siemenpuiden määrällä ei ollut vaikutusta, elleivät ne puuttuneet kokonaan.

### Kasvatuskelpoisten taimien pituus ja kasvu

Koivut olivat selvästi havupuita pidempiä (kuva 4), mikä myös rajoittaa niiden käyttöä taimikon täydentäjänä. Männyn istutustaimet olivat seuraavaksi pisimpiä, luontaiset kuuset seuraavana ja luonnon mänty olivat lyhimpiä. Muokkaamattomalla oli enemmän alikasvotaimia kuin muokatulla, mistä johtui, että luonnontaimien keskipituus oli suurin muokkaamattomalla alustalla. Luontaiset havupuun taimet myös kasvoivat paremmin muokkaamattomalla alustalla, istutusmännyn ja luontaiset rauduskoivut puolestaan muokatulla (kuva 5). Taimien keski-ikä vaihteli 5-8 vuoteen, kun alikasvotaimia ei otettu mukaan. Nuorimpia olivat luontaiset rauduskoivut ja luontaiset männyn muokatuilla ruuduilla (kuva 6).

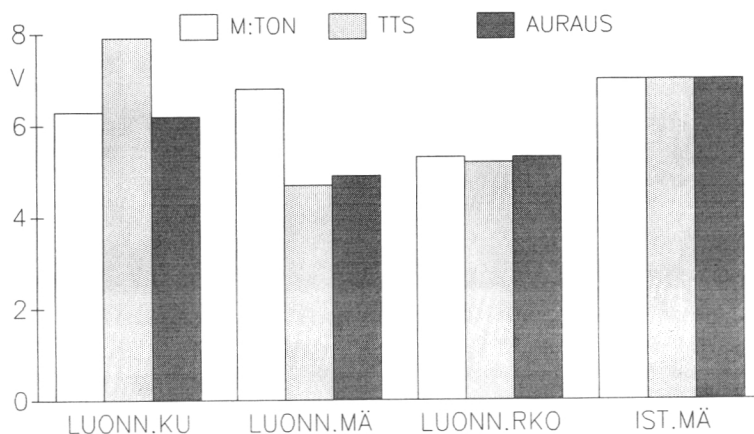


**Kuva 4. Taimien keskipituus muokkauksittain.**



**Kuva 5. Taimien viimeinen vuosikasvu muokkauksittain.**





Kuva 6. Taimien keski-ikä muokkauksittain.

## Taimien kehitystä haittaavat tekijät

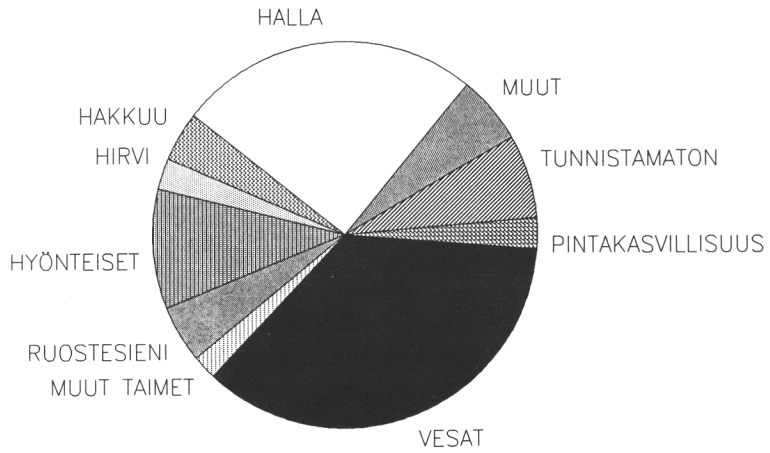
Kasvatuskelpoiset taimet olivat yleisesti ottaen hyväkuntoisia. Vaurioituneiden taimien osuus oli 14 %. Halla ja vesat olivat eniten vikuuttaneet taimia (kuva 7). Kolmanneksi suurin ryhmä oli hyönteisvauriot. Muitten vaurionaiheuttajien osuus jäi melko vähäiseksi.

## Päätelmät

Lähtökohtana ollut alikasvostaimikko oli syntynyt ilman, että oli pyritty alikasvosuudistamiseen. Niinpä sille oli ominaista ryhmittäisyys ja suuri pituusvaihtelu. Myöskään hakkuussa ei aktiivisesti pyritty alikasvoksen säästämiseen. Näin ollen ei ole ihme, ettei hakkuun jälkeinen taimikko ollut tyydyttävä lähtökohta uudelle puusukupolvelle. Täydentämällä aukkoja joko istuttamalla tai käyttämällä hyväksi niihin tulevat koivuntaimet näyttäisi kuitenkin mahdolliselta päästä tiheydeltään tyydyttävään kuusimänty-koivusekametsikköön.

Kasvupaikan karuudesta johtuen etusijalle asetettiin mäntyvaltaisen taimikon aikaansaaminen. Varmimmin se näytti tässä tapauksessa onnistuvan istuttamalla, mutta varsin hyvin myös luontaista uudistamista käyttäen, varsinkin kun alusta piennaraurattiin. Luontaista uudistamista haittaavat pahiten tuulikaadot, joihin tässäkin tutkimuksessa törmättiin. Taimettumisen kannalta on edullista paljastaa paljon kivennäismaata, mutta tuulikaatoriskin vuoksi muokkaus tulisi tehdä niin pinnallisesti, ettei siemenpuitten juuria katkottaisi pahoin. Tässä tutkimuksessa muokkauksella ei ollut vaikutusta tuulikaatojen määrään. Reunametsäsiemennys todettiin varsin merkittäväksi,

joten tuulialttiilla kohteilla voi olla parasta käyttää pelkkää reunametsäsiemennystä, jos siihen on edellytykset olemassa. Etäisyyden reunametsään tulisi kuitenkin jäädä alle 50 metrin.



Kuva 7. Taimia vikuuttaneet tekijät.

## Viite

Sievänen, M. 1986. Kuusi- ja mäntyalikasvoksen kehitys ja hyväksikäyttömahdollisuudet mustikkatyypillä esimerkkitapauksen valossa. Pro gradu -työ Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. 100 s.

# Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimus

Jyrki Hytönen

## Johdanto

Peltojen metsitys on yksi keino hillitä maatalouden ylituotantoa. Tähän mennessä peltoja on metsitetty Suomessa noin 120 000 hehtaaria. Vuosituhannen loppuun mennessä toivotaan maataloustuotannosta poistuvan metsittämällä suunnilleen saman verran. Peltojen metsityksen tarve lisääntyy koko Euroopan talousalueella. Metsitykseen liittyy kuitenkin useita ongelmia, joiden ratkaisuun tarvittavaa tutkimustietoa on varsin vähän.

Vuonna 1990 alkanutta uutta laajaa pellonmetsitystutkimusta toteutetaan Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusaseman johdolla. Siinä täsmennetään peltojen metsitykseen soveltuvat metsitysmenetelmät eri puolilla maata. Inventoinneilla selvitetään aikaisempien metsitysten puuston kehitys ja kehitykseen vaikuttaneet tekijät. Metsäntutkimuslaitoksen 1960- ja 1970-luvuilla perustamat pellonmetsityskokeet mitataan uudelleen. Pellonmetsitysten yksityistaloudellista edullisuutta tarkastellaan vanhoista pellonmetsityksistä hahmoteltujen tuotos- ja poistumasarjojen avulla.

Perustutkimuksiin kuuluvat mm. osatutkimukset, joissa selvitetään peltojen maaperä- ja viljavuusluokittelua metsänkasvatusta varten, peltopuiden kasvuhäiriöiden biokemiallista taustaa ja pelloilla kasvavien puiden mykorritsoja eli sienijuuria.

## Uudet koalat pääosin käytännön pellonmetsitysten yhteydessä

Selvästi laajin tutkimuksen osahanke on kuitenkin uusien kenttäkokeiden perustaminen. Niitä on tällä hetkellä valmisteilla yli 50 kohteessa eri puolilla maata. Kokeissa vertaillaan luontaista metsittymistä ja viljelyä sekä eri puolajeja. Niissä tutkitaan myös maanmuokkausmenetelmän, heinäntorjunnan, vesitalouden, taimilajin, istutustiheyden ja lannoituksen vaikutusta taimien alkukehitykseen. Myyrä- ja hirvituhoriskit selvitetään. Koeruudut perustetaan tarpeeksi suuriksi myöhempiä tuotosmittauksia varten. Kokeet ovat osa käytännön metsitystoimintaa ja ne rahoitetaan pääosin metsänparannusvaroilla.

Tutkimukseen osallistuvat Metsäntutkimuslaitoksen lisäksi Oulun ja Helsingin yliopistot, Maatalouden tutkimuskeskus, Keskusmetsälautakunta Tapio ja useat metsälautakunnat sekä Maatilahallitus ja useat maatalouspiirit.

# Peltojen metsityksen tuloksia Keski-Pohjanmaalta

Jyrki Hytönen

## Johdanto

Suunnitelmallinen peltojen metsitys, jonka tarkoituksena oli supistaa peltoalaa, alkoi Suomessa 1960-luvun lopussa. Mahdollisuus korvaukseen peltojen metsityksestä sisältyi ensimmäisen kerran lakiin pellonkäytön rajoittamisesta eli ns. pellonvarauslakiin v. 1969 (Selby 1980). Metsitysmäärät lisääntyivät voimakkaasti. Vilkkaimmillaan tahti oli yli 10 000 ha vuodessa 1970-luvun alussa. Sen jälkeen metsitys vähentyi tasaisesti ollen lähes koko 1980-luvun noin 2000 - 3000 ha vuodessa. Kaikkiaan on peltoja metsitetty maassamme tähän mennessä n. 125 000 ha. Pellonmetsitys on alueellisesti ollut vilkkainta Itä-Suomessa (Selby 1980). Pohjanmaalla kiinnostus peltonmetsityksiin on ollut huomattavasti vähäisempää.

Peltojen metsitysmäärät ovat jälleen lisääntymässä voimakkaasti. Kuitenkin peltojen ja peltoheittojen metsittäminen on koettu ongelmalliseksi (Laitinen 1988). Varsin yleinen käsitys onkin, että peltojen metsitykset olisivat onnistuneet melko huonosti. Erityisesti turvepeltojen metsitystä pidetään ongelmallisena (esim. Valtanen 1990b). Ne poikkeavatkin metsänviljelyn kohteina monessa suhteessa varsinaisista soista (Paavilainen 1970, 1977). Peltojen metsityksen onnistumisesta tarvitaankin lisää tutkimustietoa (Laitinen 1988).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan alueelle yksityisten maanomistajien maille perustettujen peltonmetsitysten onnistuminen sekä saamaan kuva mahdollisista epäonnistumisten syistä. Seuraavassa esitetään tutkimuksen alustavia tuloksia.

## Aineisto ja menetelmät

Yhteensä inventoitiin 20 kpl keskimäärin 7-8 ja samoin 20 kpl 15-16 vuotta sitten yksityisten maanomistajien maille perustettua männyntaimikkoa.

Kohteet arvottiin Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan arkistosta. Tutkimusmenetelmä oli linjoittainen ympyräkoelamenetelmä, jossa koealako oli 20 m<sup>2</sup>. Koealoilta määritettiin taimien puulaji ja synty tapa sekä mitattiin taimien pituus, rinnankorkeusläpimitta ja viiden viimeisen vuoden pituuskasvu. Männyntaimista arvioitiin niissä esiintyneitä tuhoja sekä taimien vikaisuutta ja elinvoimaa. Koealoilla kasvaneiden vesojen lukumäärä laskettiin ja niiden valtapituus mitattiin. Jokaista koealaa lähinnä sijainneen ojan kunto arvioitiin. Tehdyistä taimikonhoitotoista tehtiin havaintoja mittauksen yhteydessä. Lisäksi istutusvaiheen taimikonhoitotoista saatiin tietoa suunnitelma-asiakirjoista sekä tarkastuslausunnoista. Koealoilta otettiin maa-

näytteet 10 cm:n pintakerroksesta. Näytteistä määritettiin tiheys, hehikutushäviö, pH, totaali N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ja Mn sekä liukoinen P ja vaihtuva K, Ca ja Mg. Neulasnäytteitä otettiin koealoilta, joilla kasvoi alkuperäisiä istutusmäntyjä. Niistä analysoitiin N-, P-, K-, Ca-, Mg-, B-, Zn- ja Mn-pitoisuudet.

Pellot jaettiin kolmeen luokkaan kasvualustan orgaanisen aineen määrän, tiheyden sekä turpeen paksuuden perusteella (taulukko 1). Yksiselitteistä rajaa turve- ja kivennäismaiden peltojen erottamiseksi toisistaan ei voitu asettaa. Peltojen muokkaus, savi- ja painomaan käyttö, turvekerroksen kuluminen jne. ovat vaikuttaneet peltojen pintakerrosten rakenteeseen. Turvemaiksi kutsutaan maatalouden luokituksessa maita, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus ylittää 40 %. Maita, joissa vastaava luku on 20-40 % kutsutaan multamaiksi.

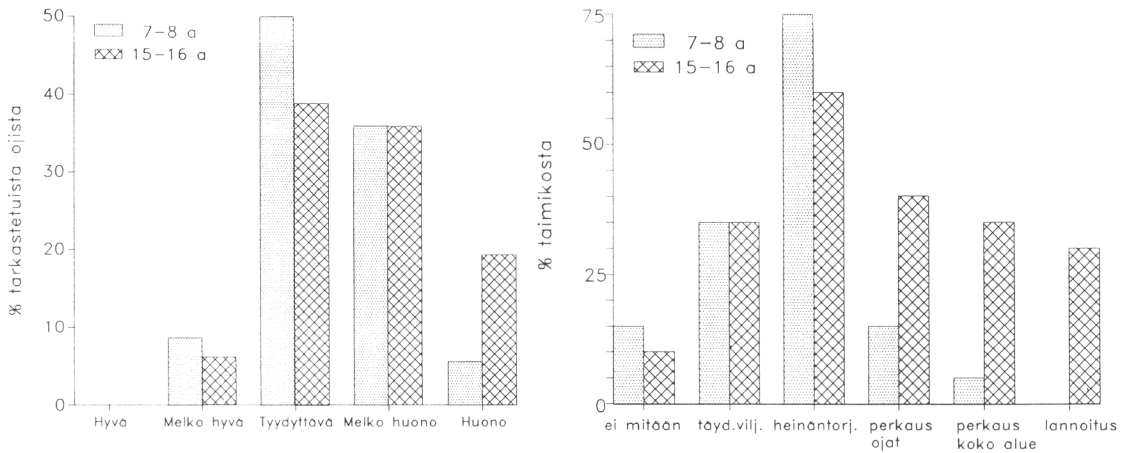
Yksittäisten metsitettyjen peltokuvioiden koko on Keski-Pohjanmaalla melko pieni. Tässä inventoinnissa valtaosa pelloista oli alle kahden hehtaarin suuruisia kooltaan. Metsitetyt pellot olivat sijainniltaan usein varsin syrjäisiä. Muokkausmenetelmänä oli käytetty lähes yksinomaan pallekyntöä.

## Ojien kunto ja suoritettut taimikonhoitotyöt

Ojat metsitetyillä pelloilla olivat huonossa kunnossa (kuva 1). Nuoremmista metsityksissä ojien kunto oli parempi kuin vanhemmissa. Tehdyistä taimikonhoitotoista yleisin oli heinäntorjunta (kuva 1). Se oli nuoremmista metsityksissä yleisempää (75 % taimikoista) kuin vanhemmissa (60 % taimikoista). Nuoremmista metsityksissä torjunta oli lähes yksinomaan kemiallista kun se vanhemmissa oli usein ollut mekaanista.

Taulukko 1. Inventoitujen pellonmetsitysalueiden jako ositteisiin.

Osite	Tiheys g/cm <sup>3</sup>	Orgaanisen aineen osuus, %	Turpeen (orgaanisen kerroksen) paksuus, dm	Taimikoita kpl
I Metsitysvuosi -81, -82				
A Turvepelto	0,460	45,2	4,7	9
B Turve-kivennäispelto	0,591	33,4	2,6	5
C Kivennäismaan pelto	0,906	12,8	0,4	6
II Metsitysvuosi -73, -74				
A Paksuturpeinen pelto	0,299	61,4	8,2	7
B Ohutturpeinen pelto	0,412	52,0	4,0	6
C Kivennäismaan pelto	0,870	14,4	0,9	7



Kuva 1. Ojien kunto turvemaan pelloilla sekä pellonmetsitysalueilla tehdyt taimikonhoitotyöt.

Metsiköistä oli täydennysviljelty joka kolmas. Vanhempia metsityksiä oli perattu enemmän kuin nuorempia. Pääasiassa pajujen ja koivujen vesoja pellonmetsitysalueilla oli varsin runsaasti. Taimikoiden välinen vaihtelu oli kuitenkin erittäin suurta (30 - 56 000 kpl/ha). Vanhemmissa taimikoissa vesat olivat yleensä huomattavasti lyhyempiä kuin männyntaimet. Sen sijaan nuoremmista taimikoissa vesojen valtapituus oli usein suurempi kuin männyntaimien keskipituus. Vanhempia lähinnä turvemaan viljelyksiä oli lannoitettu pääasiassa hienofosfaatilla metsityksen yhteydessä (kuva 1).

## Taimimäärä

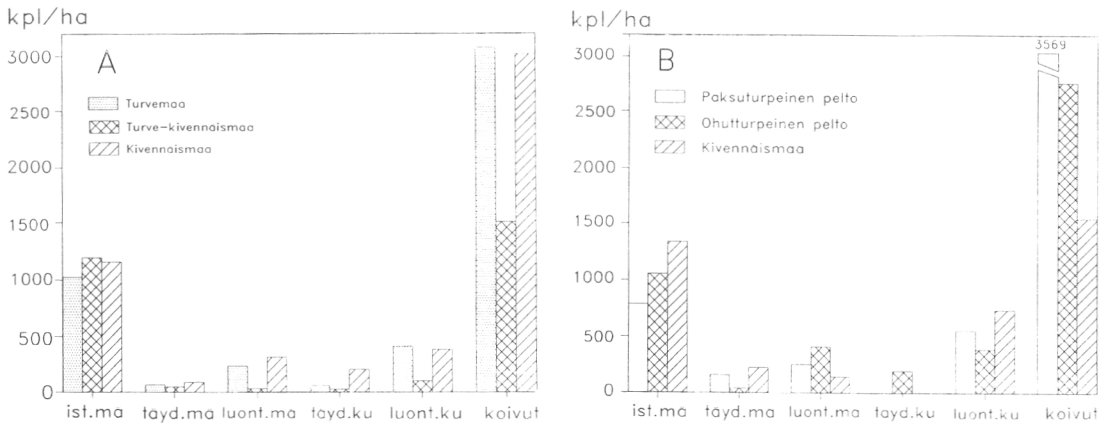
Eniten eläviä istutustaimia oli kivennäismaiden pellonmetsitysalueilla ja vähiten turvemailla (kuva 2). Vanhemmissa paksuturpeisille pelloille perustetuissa taimikoissa istutustaimien määrä oli pienin (keskimäärin 780 kpl/ha, kuva 2). Nuorempien metsitysten osalla taimimäärien erot eri maaluokissa olivat vähäiset (kuva 2). Luontaisia männyn ja kuusen taimia oli enemmän 15-16 v sitten perustetuissa metsiköissä kuin 7-8 v sitten istutetuissa. Yli 1,3 m:n pituisia koivuja, joista valtaosa kasvoi sarkaojien läheisyydessä, taimikoissa oli runsaasti (kuva 2). Eniten koivuja oli 15-16 v sitten paksuturpeisille pelloille viljellyissä taimikoissa. Koivut olivat lähes yksinomaan hieskoivuja. Rauduskoivuja oli eniten nuorissa kivennäismaan taimikoissa, joissa niiden osuus kaikkien koivujen määrästä oli 13,1 %. Nuoremmista taimikoissa valtaosa (84 - 93 %) koivuista oli siemensyntyisiä. Vanhemmissa metsiköissä vesasyntyisten koivujen osuus oli suuri (20 - 80 %). Turvemaan pellolla alkuperäiset istutetut männyntaimet olivat keskimäärin 3,5 metrin pituisia 15-16 v:n kuluttua ja kivennäismaan pelloilla metrin pidempiä. Nuoremmista taimikoissa (7-8 v) taimien pituus oli maalajista riippumatta keskimäärin 1,7 m.

## Taimien vauriot, viat ja elinvoimaisuus

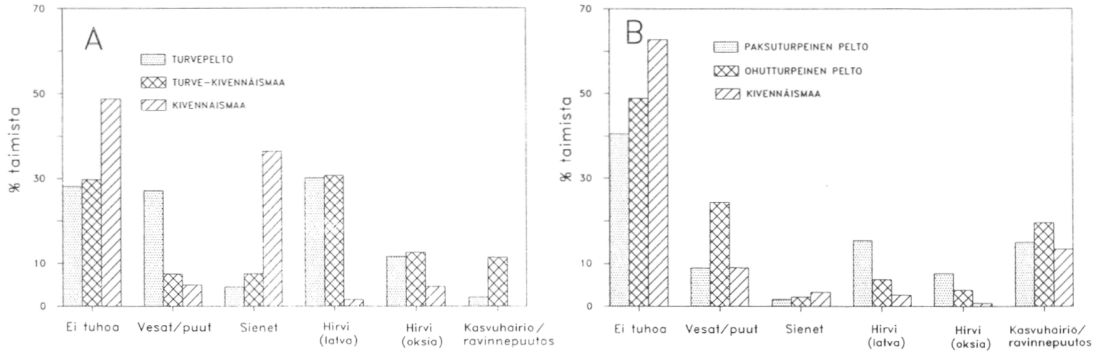
Taimista arvioitiin enintään kaksi vaurionaiheuttajaa. Eniten terveitä taimia oli kivennäismaiden pellonmetsitysalueilla (kuva 3). Yleisimpiä vaurionaiheuttajia olivat vesat, hirvet ja ravinneperäinen kasvuhäiriö. Turvemaiden pelloilla esiintyi huomattavasti enemmän sekä hirvien että vesojen aiheuttamia vioituksia kuin kivennäismaiden pelloilla. Nuorissa taimikoissa oli huomattavasti vähemmän kasvuhäiriöitä kuin vanhemmissa metsityksissä. Ravinneperäisen kasvuhäiriön vioituksia vanhempien kivennäismaiden metsitysten ryhmässä kaksinkertaistaa yksi pahoin kasvuhäiriöinen hienolajitteisella pellolla sijainnut metsikkö. Muutoin kasvuhäiriöitä oli enemmän turve- kuin kivennäismailla. Männynversoruostetta esiintyi enemmän kivennäismailla, joilla oli haavanvesoja taimikoissa tai haapaa reunametsässä.

Vioista yleisimpiä nuorissa taimikoissa olivat erilaiset latvaviat sekä poikaoksat ja tyvi- ja runkomutkat (kuva 4). Latvavikoja (latva poikki tai kuollut) esiintyi enemmän turvemaiden kuin kivennäismaiden pelloilla. Etenkin 7-8 vuotta sitten metsitetyillä pelloilla latvaviat liittyivät hirvien aiheuttamiin vaurioituksiin.

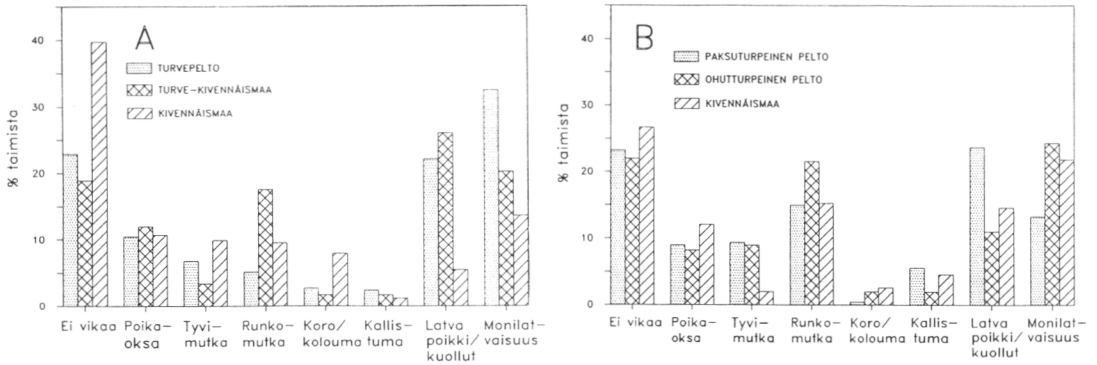
Vanhemmissa metsityksissä taimien elinvoima oli luokiteltu yleensä hieman huonommaksi kuin nuoremmissa (kuva 5). Maaluokkien välillä ei ollut suurta eroa. Muita huonompi oli elinvoima ohutturpeisilla (vanhat) ja turve- ja kivennäismaan vaihtumislukassa (nuoret).



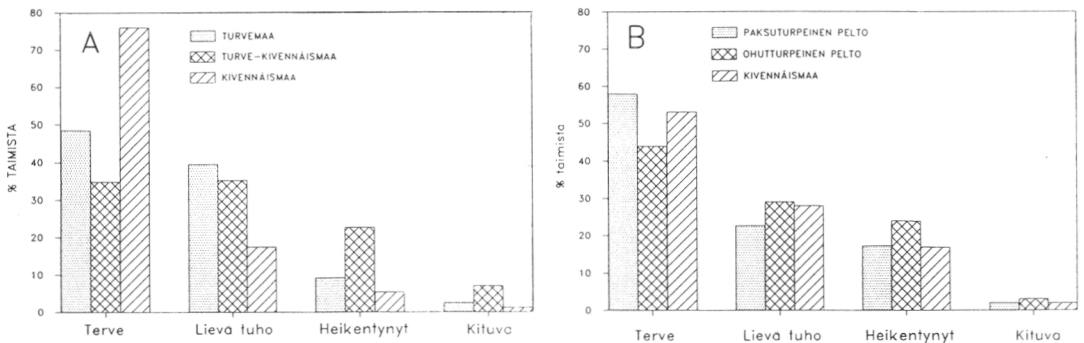
Kuva 2. Elävien taimien määrät 7 - 8 v (A) ja 15 - 16 v (B) ennen inventointia metsitetyillä pelloilla.



**Kuva 3. Taimien vaurionaiheuttajat 7 - 8 v (A) ja 15 - 16 v (B) ennen inventointia metsitetyillä pelloilla.**



**Kuva 4. Taimien viat 7 - 8 v (A) ja 15 - 16 v (B) ennen inventointia metsitetyillä pelloilla.**



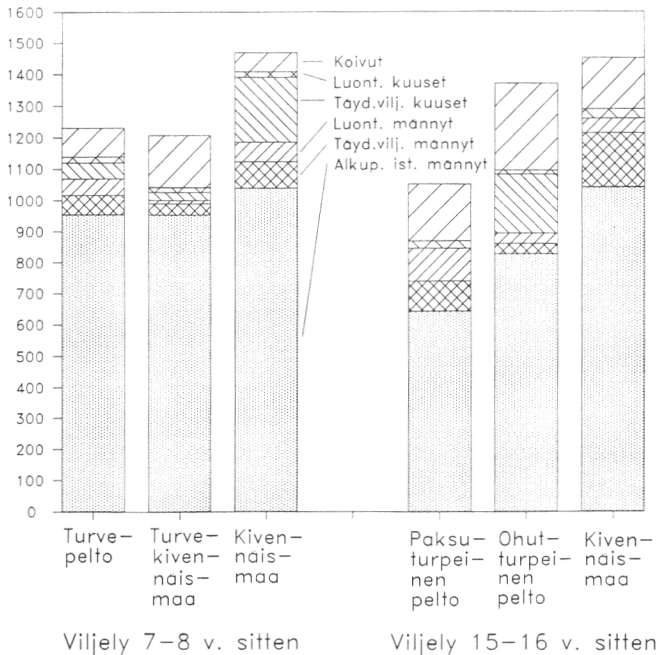
**Kuva 5. Männyn taimien elinvoima 7 - 8 v (A) ja 15 - 16 v (B) ennen inventointia metsitetyillä pelloilla.**



## Kasvatuskelpoisten taimien määrä

Kasvatuskelpoisuuden arvionnissa käytettiin kriteereinä taimien kuntoa, taimien tilajärjestystä, metsikön pituusjakaamaa ja puulajia (ks. esim. Saksa 1986). Puulajeista hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi mänty, kuusi sekä siemen- ja vesasyntyiset raudus- ja hieskoivut. Tilajärjestystarkastelu tehtiin koalojen mittauksen yhteydessä silmänvaraisesti. Pituusjakaaman perusteella tarkastelu tehtiin laskennan yhteydessä vertaamalla luontaisten havupuun taimien sekä koivujen pituuksia koaloittain istutettujen mäntyjen pituuksiin. Pituuden perusteella hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi ne luontaiset havupuun taimet, joiden pituus vaihteli puolesta puoleentoista kertaan koalalla olleiden viljelytaimien keskiarvosta. Koivuille laskettiin useita pituusehtoja. Kuvassa 6 esitetyissä tuloksissa koalan mäntyjen ollessa alle 2 m:n pituisia hyväksyttävien koivujen oli oltava pienempiä kuin 2/3 mäntyjen keskipituudesta. Jos männyt koalalla olivat yli 2 m:n pituisia saivat koivut olla niitä 2 m pidempiä. Jos koalalla ei kasvanut viljelytaimia eikä luontaisia havupuun taimia, koivut saivat olla enintään 3 m pidempiä kuin viljelytaimet keskimäärin.

Kasvatuskelpoisten taimien määrä oli suurin kivennäismailla (kuva 6). Noin joka toisessa (55 %) 15 - 16 vuotiaassa taimikossa oli alkuperäisiä istutettuja kasvatuskelpoisia männyntaimia alle 800 kpl/ha. Nuoremmassa, 7 - 8 v. sitten viljellyissä taimikoissa n. joka kolmannessa (35 %) oli vähemmän kuin 800 kpl/ha alkuperäisiä kasvatuskelpoisia männyntaimia. Kun lisäksi otetaan mukaan täydennysviljellyt ja



Kuva 6. Kasvatuskelpoisten taimien määrä.

luontaiset havupuun taimet sekä em. ehdot täyttävät koivut oli enää vain 15 %:ssa taimikoista kasvatuskelpoisten taimien määrä alle 800 kpl/ha ikäluokasta riippumatta.

Hyväksyttävien koivujen määrä oli suurempi vanhemmissa taimikoissa kuin nuoremmissa.

## Neulasten ravinnepitoisuudet

Männyn neulasten fosforipitoisuudet olivat vertailuarvoihin (Metsänterveysopas 1988) verrattuna kaikilla inventoiduilla pelloilla hyvällä tai tyydyttävällä tasolla (1,5 - 2,1 mg/g). Neulasten kaliumpitoisuudet olivat useimmiten välttävällä tasolla (yli 3,5 mg/g) ja kolmella pellonmetsitysaluella alhaiset (3,0 - 3,4 mg/g). Neulasten typpipitoisuus oli usein korkea (1,5 - 1,9 %). Toisaalta neulasten booripitoisuudet olivat alhaisia, etenkin turvemaiden pelloilla. Kasvuhäiriön riski kasvoi kun neulasten booripitoisuus oli alle 6 ppm (kuva 7). Alhainen booripitoisuus liittyi vanhemmissa metsityksissä kasvuhäiriön ulkoisiin oireisiin, mutta nuoremmissa (7-8 v) puissa näkyi ulkoisia kasvuhäiriön merkkejä vain harvoin, vaikka neulasten booripitoisuus oli alhainen. Puiden kasvu korreloi neulasten booripitoisuuden sekä boorin ja typen, kalsiumin ja magnesiumin suhteiden kanssa (kuva 7).

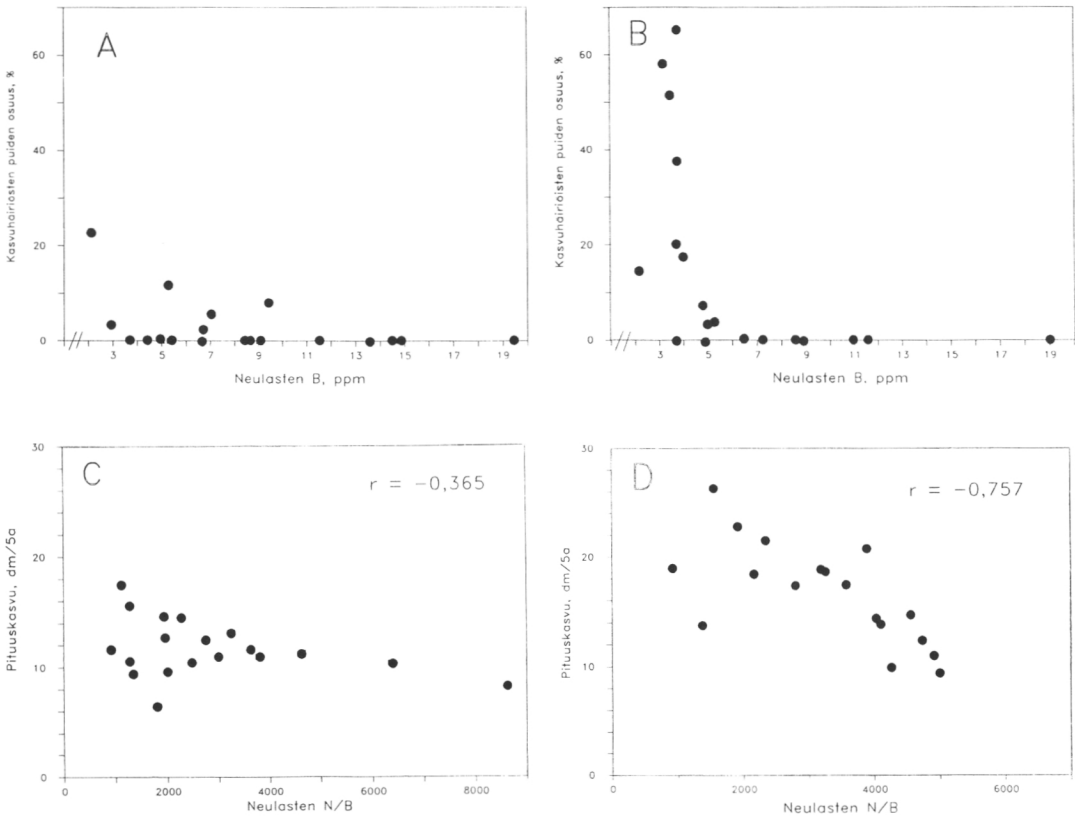
## Kasvualustan ravinnemäärät

Typen kokonaismäärä oli 10 cm:n pintakerroksessa turvemaan pelloilla suurempi kuin kivennäismaan pelloilla (kuva 8). Sen sijaan kokonaisfosforin, kaliumin ja -boorin määrä oli turvemaidella alhaisempi kuin kivennäismailla (kuva 8). Kaliumista oli 8 - 22 % ja fosforista 0,5 - 1,1 % liukoisessa muodossa. Kokonaisraudan määrä oli suuri (1700 - 34 800 kg/ha). Keskimäärin raudan määrä oli huomattavasti suurempi kuin esim. kokonaistypen määrä. Peltojen välinen ja peltojen sisäinen vaihtelu ravinnemäärissä oli suuri. Kasvualustan ravinnemäärät korreloivat huonosti, orgaanisen aineen osuus ja tiheys hieman paremmin puustotunnusten kanssa.

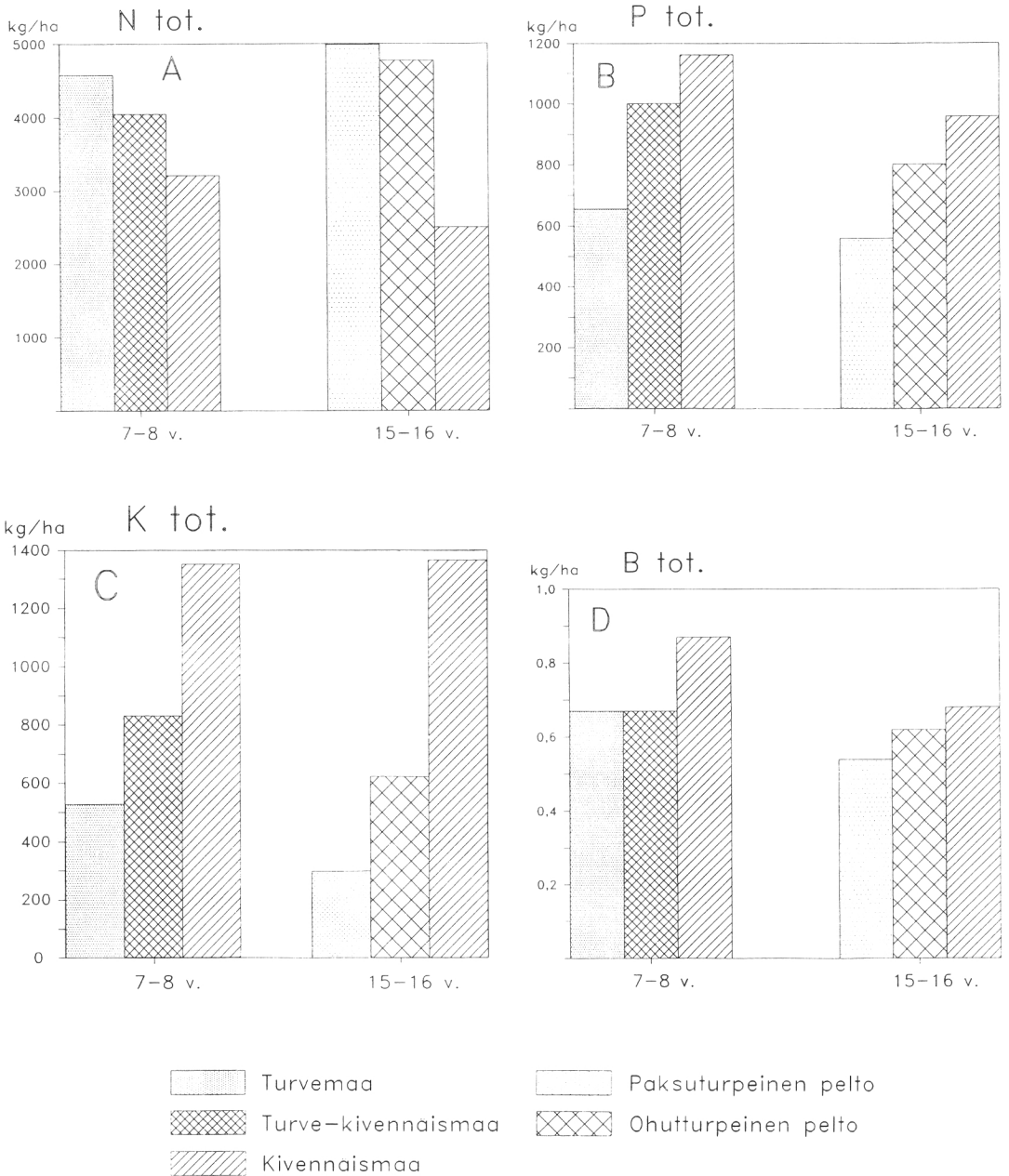
## Tarkastelua

Peltojen jakaminen kivennäis- ja turvemaanpeltoihin osoittautui eräissä tapauksissa verrattain vaikeaksi. Peltojen luokituksessa olisi otettava huomioon turvekerroksen paksuuden lisäksi myös muokkauskerroksen tuhkapitoisuus. Turvepeltoja on hyvin yleisesti viljelyn yhteydessä hiekoitettu ja savettu (Pessi 1961b, 1961d). Kivennäismaan sekoittaminen pintakerrokseen on voitu tehdä myös syväkynnöllä. Sen tarkoituksena on ollut parantaa maan lämpöoloja, lujittaa liian löyhää maata ja tuoda huonoon viljelymaahan lisää ravinteita. Kivennäismaan lisäys parantaa yleensä kaikkien viljelykasvien satoja (Anttinen 1957a 1957b, Pessi 1960, 1961a, 1961b). Vaikutus lienee myös puiden kasvatusta ajatellen myönteinen. Turpeen tuhkapitoisuus sekä muokkauskerroksen orgaanisen aineen tilavuuspaino lisääntyy viljelyn yhteydessä käytettyjen lannoitteiden ja maanparannusaineiden vaikutuksesta (Pessi 1961b, 1961c,

1961d). Erityisen paljon pintakerroksen tuhkapitoisuutta sekä tiheyttä turvepelloilla lisää kivennäismaan käyttö maanparannusaineena. Kivennäismaan lisäyksen vaikutus voi olla hyvin pitkäaikainen, jopa 40 vuotta (Anttinen 1957b, Pessi 1961b, 1961d). Viljeltyjen turvemaiden muokkauskerroksen tuhkapitoisuuden lisääntyessä kauan viljeltyt suoviljelykset menettävät alkuperäisen luonteensa ja muuttuvat vähitellen multamaita muistuttaviksi (Pessi 1961d). Saveuksella on myös huomattava kaliumlannoitusvaikutus; se voi peltoviljelyssä pienentää kaliumlannoitustarvetta (Isotalo 1953, Anttinen 1957a, 1957b, Pessi 1960).



Kuva 7. Neulasten booripitoisuuden ja metsiköiden kasvuhäiriöisten puiden osuuden välinen vuorosuhde (A = 7 - 8 v männiköt, B = 15 - 16 v männiköt) sekä neulasten N/B-suhteen ja viiden viimeisen vuoden pituuskasvun välinen korrelaatio (C = 7 - 8 v, D = 15 - 16 v. männiköt). Pituuskasvuhavainnoista poistettu puut, joiden latvoja hirvet ovat voittaneet.



Kuva 8. Kokonaistypen, -fosforin, -kaliumin ja -boorin määrä 10 cm:n pintakerroksessa inventoiduilla pellonmetsitysalueilla.

Yhdelläkään inventoidulla pellolla ei ollut metsänviljelyn yhteydessä tai sen jälkeen tehty ojanperkausta. Vanhat peltojen sarkaojat olivat varsin huonossa kunnossa. Huono ojitustilanne on tullut esille myös Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa tehdyissä tutkimuksissa (Rossi 1990, Valtanen 1990a). Heinätorjunta oli yleisin hoitotoimenpide. Kuitenkin 15 - 16 v vanhoissa viljelyksissä torjuntaa oli tehty vain 60 %:ssa kohteista ja niissäkin suureksi osaksi mekaanisesti. Pintakasvillisuutta vähentävät toimenpiteet vaikuttavat pellon metsityksen alkuvaiheessa taimien elossaoloon voimakkaasti (Leikola 1976). Vesojen määrä taimikoissa oli suuri, etenkin ojien reunoilla.

Turvepelloilla oli inventointitihetkellä elossa alkuperäisiä istutustaimia vähemmän ja ne olivat 15 - 16 v iällä lyhyempiä kuin kivennäismaan pelloilla. Valtasen (1990a) mukaan Pohjois-Pohjanmaalla tilanne on 16-vuoden iällä samanlainen. Luontaisia siemen- ja vesasyntyisiä koivuja etenkin lähellä sarkaojia voi esiintyä runsaasti. Kasvatuskelpoisia männyntaimia oli vähiten turvepelloilla. Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan metsänhoitosuosituksen mukaan taimikoita, joissa on 600 - 800 tainta hehtaarille, voidaan yleensä pitää kasvatuskelpoisena (Metsänhoitosuositukset 1990). Jos tarkastellaan ainoastaan kasvatuskelpoisia istutettuja männyntaimia, alle 800 kpl/ha rajan alittaa 15 - 16 v taimikoissa joka toinen ja 7 - 8 v taimikoissa joka kolmas. Kun lisäksi otettiin huomioon täydennysviljellyt että luontaiset havupuun taimet ja kasvatuskelpoisiksi hyväksytyt vesa- ja siemensyntyiset hieskoivutkin tuon rajan alle jäi vain n. 15 % taimikoista.

Erityisesti 7-8 vuotiaissa taimikoissa hirvien aiheuttamat vauriot olivat yleisiä. Vanhemmissa taimikoissa puiden latvat olivat useimmiten jo hirvien ulottumattomissa. Hirvituhot olivat huomattavasti yleisempiä turve- kuin kivennäismaiden pelloilla. Vaikka metsitetyt pellot tarjoavat myös myyrille varsin suotuisan elinympäristön, niin tässä tutkimuksessa myyrien vioituksia puissa havaittiin hyvin vähän, koska yleensä myyrätuhojen kohteeksi joutuvat pienet ja nuoret taimet (Teivainen 1979, Korhonen 1987). Vioista yleisimpiä olivat erilaiset latvaviat, joista suurin osa liittyy hirvien aiheuttamiin vioituksiin ja ravinneperäisen kasvuhäiriön esiintymiseen.

Jo 1970-luvun puolivälissä, jolloin peltojenmetsitysala oli vielä vähäinen, tehdyn kyselytutkimuksen mukaan puolet kasvuhäiriöhavaintojen pinta-alasta oli metsitetyillä pelloilla (Veijalainen 1983). Näistä pääosa (81,5 %) oli turvepeltoja. Tässä tutkimuksessa ravinneperäisiä kasvuhäiriöitä esiintyi runsaasti 15-16 v sitten viljellyissä männiköissä. Nuoremmissa viljelyksissä kasvuhäiriön ulkoisia tuntomerkkejä havaittiin vähän. Valtaosa häiriöalueista luokiteltiin turvepelloiksi, mutta myös eräällä tiiviillä, hienolajitteisella kivennäismaan pellolla oli runsaasti häiriöitä. Kasvuhäiriöriskiä ilmensi neulasten alhainen booripitoisuus (alle 6 ppm) vanhemmissa taimikoissa. Vaikka nuoremmissa taimikoissa booripitoisuudet olivat alhaisia, niihin ei liittynyt kasvuhäiriön ulkoisia oireita. Ravinneperäisen kasvuhäiriön kehitystä, tuntomerkkejä ja syitä on kuvattu tarkemmin kasvuhäiriöprojektin väli- ja loppuraporteissa (Veijalainen ym. 1984, Kolari 1988). Neulasten booripitoisuus, ja erityisesti N/B-, Ca/B- ja Mg/B-suhteet korreloivat voimakkaasti puiden pituuskasvun kanssa. Pelloilla erityisesti kalkitus sekä typen runsaus voivat aiheuttaa ravinnetaloudellisia ongelmia (Raitio 1979, Lipas 1990, Teasdale ja Richards 1990).

Kasvualustan 10 cm:n pintakerroksessa typen määrä oli suuri erityisesti turvepelloilla. Typen lisäksi myös fosforin ja kaliumin määrät peltojen pintakerroksessa olivat huomattavasti suuremmat kuin Kauniston ja Paavilaisen (1988) tutkimuksen suomensis-

sä. Kokonaisfosforia ja -kaliumia turvepelloilla oli vähemmän kuin kivennäismaiden pelloilla. Jopa paksuturpeisilla pelloilla kaliumin kokonaismäärät olivat huomattavan suuret, alhaisimmillaankin yli 50 kg/ha. Fosforista vain n. 1 % oli liukoisessa muodossa. Kaliumista oli kivennäismailla 8 % ja paksuturpeisilla pelloilla 22 % vaihtuvassa muodossa. Luonnontilaisten soiden pintaturpeessa lähes kaikki kalium on vaihtuvassa muodossa (Kaunisto ja Paavilainen 1988). Maanparannustoimenpiteistä erityisesti saveus lisää kaliumin määrää (Isotalo 1953, Anttinen 1957, Pessi 1960). Boorin määrä oli sen sijaan alhainen. Suopeltojen hivenravinnetilanne on usein huonompi kuin kivennäismaiden peltojen (Kurki 1975). Rauta, jota eräillä pelloilla esiintyi runsaasti, saattaa saostaa fosforia vaikealiukoiseksi ferrofosfaatiksi pH:n ollessa yli 6,5 (Puustjärvi 1953). Peltojen välinen vaihtelu pintaturpeen ravinnemäärissä oli suuri. Sen lisäksi pellot eivät usein olleet sisäisestikään homogeenisia alueita vaan turpeen paksuuden, orgaanisen aineen osuuden sekä myös ravinnemäärien vaihtelu saman pellon sisällä saattoi olla suuri.

Tässä esitetyt, kuten aiemminkin julkaistut pellonmetsitysinventointien ennakkotulokset (Rossi 1990, Valtanen 1990a) osoittavat peltojen metsitykseen, etenkin turvepelloilla liittyvän monia epävarmuustekijöitä. Osa tekijöistä (esim. pintakasvillisuus, myyrätuhot) ajoittuu metsityksen alkuvuosille, toisten ilmaantuessa vasta myöhemässä vaiheessa (esim. hirvituhot, vesitalouden vaikutus). Näyttää myös siltä, että ravinnetalouden epätasapaino ilmenisi puiden ulkoisina kasvuhäiriöoireina eräänä viimeisimmistä tuhoriskeistä. Peltojen viljely, lannoitus, kalkitus ja maanparannustoimenpiteet ovat voineet muuttaa kasvualustojen luontaista ravinnetaloutta. Erityisesti turvepelloilla maa-analyysin käyttö ravinnetilanteen määrittämisessä metsityspäätöstä tehtäessä voisi olla perusteltua. Tuhkapitoisuuden määrittämisellä turvepelloilla voitaisiin selvittää kivennäismaan lisäystä ja saada arvio esim. kaliumvarojen määrästä. Kaikenkaikkiaan sekä peltojen välisen että sisäisen ravinnetaloudellisen vaihtelun merkityksen tarkastelu puun kasvatusta varten olisi tarpeen.

## Kirjallisuutta

- Anttinen, O. 1957a. Rahkasuon lannoitus- ja maanparannuskokeen tuloksia. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 155. 30 s.
- 1957b. Saraturvesuon saveus- ja lannoituskokeen tuloksia. Referat: Ergebnisse eines Lehzufuhr- und Düngungsversuchs auf Seggentorfmoor. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 163. 20 s.
- Isotalo, A. 1953. Suoviljelysten lannoitustarpeesta. Maatalous ja koetoiminta 8:26-33.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.
- Kolari, K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 310. 35 s.
- Korhonen, K.-M. 1987. Damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) to Scots pine in man-made habitats in northern Finland. Seloste: Lapinmyyrä metsätuholaisena Pohjois-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 144. 61 p.

- Kurki, M. 1975. Eloperäisten maiden hivenravinnetilanteesta. Summary: Trace elements in organic agricultural soils. *Suo* 26(5):93-94.
- Laitinen, I. 1988. Peltojen ja peltoheittojen metsittämisen biologiset ongelmat. Katsaus Pohjoismaiseen kirjallisuuteen. Helsingin Yliopisto, Metsänhoitotieteen laitos. Pro gradu -työ. 99 s.
- Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsityksessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 88(3). 101 s.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 352. 22 s.
- Metsänhoitosuositukses. 1990. Keski-Pohjanmaan metsälautakunta. 29 s.
- Metsänterveysopas. 1988. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.
- Paavilainen, E. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results on the afforestation of swampy fields. *Folia Forestalia* 77. 24 s.
- 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. *Folia Forestalia* 261. 27 s.
- Pessi, Y. 1960. Kivennäismaan merkityksestä mutasuon maanparannusaineena Leteensuon koeaseman pitkäaikaisten kenttäkokeiden perusteella. Summary: On the significance of mineral soil as a soil improving agent on fens on the basis of prolonged field tests at Leteensuo experimental station. *Acta Agraria Fennica* 95(3). 21 s.
- 1961a. Suoviljelysten niitonurmen perustamisesta ja hoidosta. Summary: Observations at Leteensuo on the laying down to grass of peat lands and on the tending of the grass leys. *Acta Agraria Fennica* 97(2). 28 s.
- 1961b. Results from a soil improvement and fertilizing test on fen land at Leteensuo. *Journal of the Agricultural Society of Finland* 33:223-232.
- 1961c. The volume weight of the organic matter in the plough layer of peat lands cultivated by different methods. *Maatal. tiet. Aikak.* 33:248-255.
- 1961d. The ash content of the plough layer of peat lands cultivated by different methods. *Maatal. tiet. aikak.* 33:215-222.
- Puustjärvi, V. 1953. Raudan saostuminen soissa. *Suo* 4(1b):5-12.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Abstract: Growth disturbances of Scots pine on an afforested abandoned peatland field: description and interpretation of symptoms. *Folia Forestalia* 412. 16 s.
- Rossi, S. 1990. Alustavia tuloksia pellonmetsityksen onnistumisesta Lapin metsälautakunnan alueella. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 362:121-128.
- Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. Summary: The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in northern Karelia in Finland. *Folia Forestalia* 644. 60 s.
- Selby, A. 1980. Field afforestation in Finland and its regional variations. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(1). 126 s.
- Teasdale, R.D. & Richards, D.K. 1990. Boron deficiency in cultured pine cells. Quantitative studies of the injection with Ca and Mg. *Plant Physiology* 93:1071-1077.

- Teivainen, T. 1979. Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsite-  
tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973-76. Abstract: Vole damage to forest tree  
seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973-76. *Folia*  
*Forestalia* 387. 23 s.
- Valtanen, J. 1990a. 16-vuotiaat pellonmetsitykset Pohjois-Pohjanmaalla. Teoksessa:  
Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, M. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989.  
*Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 361:62-66.
- 1990b. Suopeltojen metsitys on rahan tuhlausta. *Metsä ja Puu* 10:33-35.
- Veijalainen, H. 1983. Geographical distribution of growth disturbances in Finland.  
*Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 116:13-16.
- Reinikainen, A., Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö  
Suomessa. Summary: Nutritional growth disorders of forest trees in Finland.  
*Folia Forestalia* 601. 41 s.



# Peltomäntyjen mykorrittsajuuristo

Olavi Laiho ja Aila Halonen

## Yleistä

Mykorritsa eli sienijuuri saattaa tuntua vaikealta käsitteeltä. Sitä sen ei tarvitse olla, kysymyksessä on paljaalla silmällä näkyvä asia. Männyn ja kuusen pienimmät juureuhaarat, ns. lyhytjuuret ovat millimetrin viidenneksen paksuisia ja pituudeltaan alle 5 mm. Niiden peittyminen sienirihmojen muodostamalla vaipalla paksuntaa niitä millimetrin neljännekseen. Tällainen juuri näkyy hyvin paljaalla silmällä.

Mykorritsojen erottamista helpottaa niiden väri. Infektoitumaton juuri on pituutta kasvaessaan pinnaltaan kirkkaan valkea, nuorena vaalean ruskea ja vanhempana kuoren pintasolujen parkkiaineiden tummaksi värjäämä. Mykorrittsasienet muuttavat lyhytjuuret rihmaston värisiksi eli väri vaihtelu on laaja-alaista ja monenkirjavaa. Samalla juurikarvat häviävät ja vaipan paksuus ja rakenne tarjoavat lisätuntomerkkejä.

Juurista erittyvät sokerit, aminohapot ja vitamiinit houkuttelevat juurten läheisyyteen eli ritsosfääriin suuren määrän pieneliöitä. Juurten hormonieritys edistää erityisesti mykorrittsasienien kasvua juurten pinnalle vaipaksi, kuorisolujen väleihin Hartigin verkoksi ja joskus solujen sisällekin. Estoaineillaan juuret puolestaan valitsevat sienikumppaninsa. Tämä säätelymekanismi, ikään kuin biokemiallinen seula rajaa tarkoin, mitkä sieni-isäntäkasviyhdistelmät ovat mahdollisia. Jotkut sienilajit muodostavat mykorritsoja hyvin monien puulajien kanssa, toiset ainoastaan yhden isäntäkasvin kanssa.

Mykorritsojen rakenne mahdollistaa tehokkaan aineenvaihdon osapuolten välillä. Sitä ne tarvitsevatkin. Mykorrittsasienet eivät nimittäin hajota orgaanista ainesta ja ovat energiansaannissaan riippuvaiset puiden yhteyttämästä sokerista. Sitä ne saavatkin suuria määriä ja tuottavat sen voimalla runsaasti maanalaista rihmastoa ja syksyllä myös itiöemiä. Ilman mykorrittsayhteyttä kyseiset rihmastot kituvat tai tuhoutuvat. Tästä syystä mykorrittsasieniä tapaa vain metsässä. Tärkeitä lajeja ovat mm. tatit, haperot, rouskut, seitikit ja kärpässienet.

Vastavuoroisesti sienirihmasto ottaa maasta vettä ja ravinteita ja muuttuu näin puun varsinaiseksi juureksi. Erityisen tehokkaita mykorrittsasienet ovat ottamaan fosforia. Sen lisäksi niillä on tärkeä merkitys toimiessaan juuriston suojana patogeeneja vastaan. Vaihtelu sienilajien kesken on kaikissa mainituissa suhteissa kuitenkin suuri.

Mykorrittsajuuriston merkitys puille on ratkaisevan tärkeä. Ilman sitä puut saattaisivat tuhoutua. Tämä on todettu mm. viljeltäessä mäntyä sen leviämisalueen ulkopuolella kuten trooppisissa metsissä, ruohoaroilla ja metsärajan yläpuolella. Samoin on toisinaan käynyt laajoja peltoalueita metsitettäessä. Tällainen mahdollisuus on meilläkin ja niinpä pellonmetsitysten onnistuessa meillä huonosti on yhtenä mahdollisuutena tuotu esiin, josko pelloista puuttuvat puiden tarvitsemat juurisienet.

## Mykorritsarakenne metsässä

Metsämaalle on ominaista kerroksellisuus. Humuskerros on mosaiikkimaisen kirjavaa. Sienihuovaston määrä on suuri ja lahottajien ohella siinä on runsaasti, joskus valtaosakin, mykorritsasieniä. Mykorritsasienten lajimäärä onkin metsämaassa meillä noin tuhannen suuruusluokkaa. Mykorritsoja on runsaasti kaikilla metsätyypeillä (Mikola ja Laiho 1962), joskin kuivilla ja karukkokankailla hyvien määrä on vähäisempi kuin lehtomaisilla mailla. Mykorritsojen määrä on suurin humuskerroksessa, jossa ne ovat myöskin parhaiten muodostuneet. Valkomaa- ja etenkin rikastumiskerroksessa niitä on vähemmän ja huonompirakenteisia.

Luontaisesti syntyvien taimien alkukehitys on metsässä hidasta eikä aina ehdi sirkkataimivaihetta pidemmälle ensimmäisenä kasvukautena. Pääjuureen ehtii muodostua vain muutamia haaroja mutta ne infektoituvat lähes välittömästi ja useimmiten mykorritsarakennetta muodostuu pääjuureenkin. Mykorritsainfektio on siten metsätaimissa alunalkaen voimakasta ja sienilajisto monikirjava.

## Mykorritsarakenne taimitarhoilla

Mykorritsakehitystä taimitarhoilla tutkittiin meillä ensimmäisen kerran 1950-luvulla (Mikola 1957b). Tuolloin esiintyi kaikissa 2+0-männyn näyte-erissä ns. Gabel-mykorritsaa (Y-mäinen haaraantumisen). Määrät vaihtelivat taimitarha taimitarhalla mutta kaikissa tapauksissa niiden ulkonäkö ja rakenne oli normaali. Taimitarhatekniikka oli tuolloin perinteistä peltoviljelyä muistuttavaa (Mikola 1957a).

Niin oli laita Hyytiälän taimitarhallakin 1960-luvun alussa. Ensimmäiset mykorritsat muodostuivat kuusi viikkoa kylvöstä (Laiho ja Mikola 1964). Tällöin taimissa oli jo toisen asteen haaroja ja nimenomaan niissä ensimmäinen infektiio esiintyikin. Syksyyn mennessä infektiio oli tavoittanut 75 % juurenkärjistä ja toisena kasvukautena se oli käytännöllisesti katsoen 100 %.

Laajemman kuvan saamiseksi pyydettiin samanaikaisesti edustava näyte tärkeimpien taimitarhojemme yksivuotisista männyntaimista (Mikola 1965). Osoittautui, että niissäkin keskimäärin 75 % lyhytjuurista oli muodostunut mykorritsoiksi.

Sienilajiston suhteen kuva oli yksioikoinen. Ns. ektendomykorritsaa (vaippa niukka, sienirihmastoa juuren kuorisolujen väleissä Hartigin verkkona ja myös solujen sisällä), muodostajanaan kotelosieni *Wilcoxina mikolae* (Mikola 1988) oli kokonaisinfektiosta lähes puolet. Mustaa *Cenococcum*-mykorritsaa oli hieman ja pääosa muista oli tasalaatuista tanniiniruskeaa sileää normaalimykorritsaa. Näin sienilajisto oli ilmiselvästi hyvin vähäinen.

Sittemmin taimitarhatekniikka on muuttunut paljonkin (kasvuturpeen käyttö, muovihuoneet, runsas lannoitus jne., ks. Rikala 1978). Mykorritsanmuodostus ei ole samassa määrin muuttunut. Ektendomykorritsaa on edelleen noin kolmannes ja sienilajisto on ilmeisen niukka. Infektio tapahtuu hieman myöhemmin kuin ennen ja on kasvuturpeessa kivennäismaata heikompa. Infektio prosentti voi olla korkeakin, mutta mykorritsarakennetta on vain aivan lyhytjuurten kärkiosassa. Hajakylvö kasvuturpeeseen muovihuoneessa on mykorritsakehityksen kannalta heikoin vaihtoehto (Lehto 1989).

## Mykorritsarakenne pellolla

Mykorritsatilanteen selvittämiseksi pelloille istutetuissa männiköissä otettiin Keski-Pohjanmaalta juuristonäyte 40 männiköstä. Männiköt olivat iältään 9 - 18-vuotiaita ja näytetainten pituusvaihtelu oli 0,9 - 6,1 m. Osa taimikoista oli turvemaalla ja osa kivennäismaalla. Jotkut olivat virheettömän hyviä ja toiset pahoin kituvia, tällöin pääosin liian märkyden vaivaamia. Osassa taimikoita oli neulasten booripitoisuus alle puutosrajan. Tällöin esiintyi latvakatoa, joskin puut muuten saattoivat olla hyvin reheviä (Hytönen 1991).

Näytteeksi otettiin pala pintajuurta siten, että voitiin olla varmoja minkä puun juuresta oli kysymys. Samalta alalta otettiin näyte hyvästä puusta (yleensä lähellä ojaa) ja kituvasta puusta (yleensä keskisaralla). Näin siksi, että voitaisiin tutkia puun kunnan vaikutusta mykorritsarakenteeseen.

Näytteistä määritettiin lyhytjuurten määrä emojuuren pituusyksikköä kohti, tehtiin silmävarainen laatuluokittelu, valmistettiin ja tutkittiin mikroskooppileikkeet sekä määritettiin sienirihmaston esiintymistä mittaava kitiinipitoisuus (Halonen ja Laiho 1991).

Tässä vaiheessa lopulliset tulokset vielä puuttuvat, mutta päälinjaukset ovat kuitenkin nähtävissä. Ensiksikin mykorritsarakenne oli heikko. Hyviä ja tyydyttäviä mykorritsoja oli vähän, vain noin kuudennes lyhytjuurten kokonaismäärästä. Näin siitä huolimatta, että näytteenä oli pintajuuristoa, jossa mykorritsarakenne aina on paras. Hyvissä mykorritsoissa vaipan paksuus oli noin kaksinkertainen huonoihin verrattuna (16  $\mu\text{m}$  ja 8  $\mu\text{m}$ ). Hartigin verkkoa oli kaikissa tapauksissa. Mykorritsarakenne ei siten mistään näytteestä puuttunut.

Juurten yleisvaikutelma oli kuitenkin ankea ja myös haaroittuminen oli niukkaa. Keskimäärin lyhytjuuria oli vain 7 kpl/cm ja turvemaanäytteissä vähemmän kuin kivennäismaanäytteissä. Vähäinen haaroittuminen viittaa sekin heikkoon infekioon.

Juuriin kiinnittyneen sienirihmaston määrää mittaavaa kitiiniä aineistossa oli keskimäärin 500  $\mu\text{g}/\text{mg}$  kuivaa juurta. Hyvillä taimilla määrä oli vajaan kolmanneksen suurempi kuin huonoilla. Taimiryhmillä oli täten selvä ero mutta silti ei mykorritsarakenne huonoitakaan taimilta puuttunut.

Sienilajiston osalta tilanne näyttää niukalta ja yksipuoliselta. Ektendomykorritsaa ei esiintynyt. Näin ollen se oli taimista istutuksen jälkeen hävinnyt, sillä mitä ilmeisimmin sitä on tämän laajan aineiston viljelymateriaalissa ollut (Mikola 1965). *Wilcoxina*-sienen säilymistä edistää aikaisempien tutkimuksien mukaan maan korkea viljavuus ja pH, ilmeisesti peltomaan homogeenisuuskin ja vähäinen kilpailu (Laiho 1967). Säilymistä heikentävänä seikkana on istutuksesta kulunut aika. Jo parissa vuodessa sienilaji useimmiten korvautuu ektomykorritsan muodostajalla (Mikola 1965).

Mitään muista erottuvaa ei ektendomykorritsan tilalle Keski-Pohjanmaan pelto-männiköissä ollut tullut. Lajilleen erottuvia mykorritsoja oli erittäin vähän ja varsinaisen juuristomassa oli niukkavaippaista, sileää ja ritsomorffitonta vailla poikkeavia värivivahteita.

Aineiston käsittelyn edetessä tulee esille, että paremmissa taimissa ja taimikoissa oli parempirakenteiset mykorritsat kuin huonommissa. Tähän viittaavat jo kitiinitulokset. Johtuuko tällöin hyvä ja kitukasvu mykorritsoista. Vastaavanlaisen tilanteen esitteli jo Melin aikanaan (1917). Hän totesi, että soiden kitutaimissa oli huonokuntoi-

nen juuristo ja huonorakenteiset mykorritsat ja esitti kysymyksen, kumpi on syy ja kumpi seuraus. Pitemmällä ei olla nytkään.

Turvallisinta on etsiä syytä kasvutekijöistä. Niiden parantaminen parantaa myös mykorritsarakennetta. Metsitetyillä pelloilla on useimmiten kysymys liikavedestä ja ilmattomuudesta, joiden korjaaminen edistää sekä juurten että sienirihmaston kasvua ja sitä kautta syntyy edellytykset tehokkaalle yhteytykselle ja hyvälle mykorritsajuuristolle.

Aikakin parantaa metsitettyä peltoa. Typpitaso alenee puuston varttuessa ja sulkeutuessa ja se on omiaan parantamaan mykorritsojen rakennetta (Laiho ym. 1987). Vähitellen syntyy myös kangashumusta, jonka myötä sienilajisto aste asteelta monipuolistuu ja muutamassa kymmenessä vuodessa pelto muuttuu lähes aidoksi metsämaaksi.

Jos kohta jokavuotinen itiösade pitää meillä huolta mykorritsasienien leviämisestä kaikkialle samaten kuin peltoalueiden pienuuskin on silti tärkeää että taimimateriaali on mykorritsarakenteista. Ihanteena olisi, että taimitarhaimissa olisi useita tulevilla istutuspaikalla elinkelpoisia sienilajeja. Tämä vauhdittaisi taimien alkuunpääsyä, jolloin viljelyn onnistumisprosentti nousisi ja hoidon tarve vähenisi.

## Kirjallisuus

- Halonen, A. & Laiho, O. 1991. Metsitettyjen peltujen mykorritsat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:76-82.
- Hytönen, J. 1991. Peltujen metsityksen tuloksia Keski-Pohjanmaalta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394:
- Laiho, O. 1967. Field experiments with ectendotrophic Scots pine seedlings. Pap., IUFRO, 14th Congress, Munich, Vol. 5. s. 149-157.
- & Mikola, P. 1964. Studies on the effect of some cradicants on mycorrhizal development in forest nurseries. Seloste: Kasvinsuojeluaineiden vaikutus mykorritsain kehitykseen taimitarhassa. Acta Forestalia Fennica 77(2). 33 s.
  - Sarjala, T., Hyvärinen, R. & Rautiainen, L. 1987. Lannoituksen vaikutus männyn mykorritsoihin. Folia Forestalia 699. 22 s.
- Lehto, T. 1989. Männyntaimien mykorritsat keskustaimitarhoilla. Folia Forestalia 726. 15 s.
- Melin, E. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Norrlands Handbibliotek VII. Uppsala. 426 s.
- Mikola, P. 1957a. Taimitarhojen nykyiset työmenetelmät. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 48(4). 17 s.
- 1957b. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49(2). 78 s.
  - 1965. Studies on the ectendotrophic mycorrhiza of pine. Acta Forestalia Fennica 79(2). 56 s.
  - 1988. Ectendomycorrhiza of conifers. Seloste: Havupuiden ektendomykorritsa. Silva Fennica 22(1):19-27.
  - & Laiho, O. 1962. Mycorrhizal relations in the raw humus layer of northern spruce forests. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 55(18). 13 s.

Rikala, R. 1978. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 24. 31 s.

## Pellonmetsitysten tuloksia Alkkiassa

Seppo Kaunisto

Parkanon tutkimusaseman Alkkian alueella on metsitetty useita satoja hehtaareja suopeltoja. Osalla suopeltoja on tutkittu keinoja sopivien viljelymenetelmien kehittämiseksi. Ensimmäiset kokeet perustettiin 1960-luvun puolivälissä. Kokeet ovat varsin yksiselitteisesti osoittaneet, että viljelyn onnistumisen edellytyksenä on muokkaus ja heinän torjunta useina viljelyä seuraavina vuosina. Pintakasvillisuuden kilpailun vuoksi istutus on ollut kylvää varmempi menetelmä. Palle ja mätäs ovat olleet jyrshintämuok-kausta parempia viljelyalustoja.

Valtaosa metsityksistä on tehty männyllä. Em. edellytyksin istutukset ovat yleensä onnistuneet verrattain hyvin. Myös hieskoivun istutukset ovat onnistuneet yleensä hyvin, mutta rauduskoivun istutustaimet ovat poikkeuksetta tuhoutuneet Alkkian paksaturpeisilla suopelloilla.

Alkkian alueella ei lannoitus pääravinteilla ole vaikuttanut taimien kasvuun. Tähän todennäköisesti on ollut syynä suopelloille läheisiltä kankailta ajettu kivennäis-maa, painomaa. Joidenkin vuosien kuluttua ilmeni kuitenkin paikoin hyvinkin runsaana kasvuhäiriöitä, joiden todettiin aiheutuvan boorinpuutoksesta. Latvuston sulkeuduttua kasvuhäiriöt ovat vähentyneet, mutta eivät kadonneet.

Alkkian suopelloilta on aikaisempien tutkimusten yhteydessä tehty ravin-neanalyysyjä vain vähän. Talvella 1990 kerättiin neulasmateriaalia neljältä kokeelta (yhteensä 116 näytettä) ja kesällä 1990 maanäytteet samoilta koaloilta 0-10 ja 30-40 cm:n syvyydestä.

Maa-analyysin tuloksissa näkyy painomaan vaikutus selvänä. Orgaanisen aineksen osuus pintakerroksessa vaihteli alle 20 %:sta n. 50 %:iin, kun se 30-40 cm:n kerroksessa oli poikkeuksetta yli 90 % ja useimmissa tapauksissa yli 95 %. Pintaturpeen tiheys oli 2-4 -kertainen muokkauskerroksen alta otettuihin näytteisiin samoin kuin metsäojitettujen soiden arvoihinkin verrattuna. Samantapainen tilanne oli myös kokonaisfosforin ja -kaliumin osalta. Kummankin alkuaineen kokonaismäärät olivat pintakerroksessa hyvin korkeita (P = 250-300 kg/ha, K = 70-110 kg/ha) verrattuna niiden määriin metsäojitetuilla soilla. Toisaalta liukoista fosforia oli suopellon pintaosassa vähemmän kuin ojitetuilla, puustoisilla soilla. Liukoista kaliumia oli vain n. puolet kokonaiskaliumin määrästä, mikä osoittaa, että painomaassa on vielä liu-kenematonta kaliumreserviä.

Hivenaineista kuparia ja sinkkiä oli selvästi enemmän Alkkian peltojen pintakerroksessa kuin ojitetuilla soilla, mutta boorin määrät olivat samaa suuruusluokkaa ja erittäin niukat, n. 50-200 g/ha.

Neulasissa oli tyypeä niukanlaisesti kaikilla koalueilla (keskiarvot 1,33-1,44 %). Sen sijaan neulasten kaliumpitoisuudet olivat korkeita (keskiarvot 4,72-4,76 mg/g). Neulasten fosforipitoisuudet vaihtelivat enemmän (keskiarvot 1,47-1,66 mg/g), mutta olivat kaikissa tapauksissa kuitenkin vielä tyydyttävällä tasolla. Hivenaineista erityi-sesti booria oli neulasissa kaikilla koaloilla niukasti ja pitoisuudet olivat puutosrajan

(8-10 ppm) alapuolella tai sen tuntumassa. Yli kymmenen vuotta aikaisemmin tehdyn boorilannoituksen vaikutus näkyi kuitenkin vielä neulasissa kontrollia korkeampina booripitoisuuksina.

Eräällä paksuturpeisella suopellolla Keski-Pohjanmaalla kokonaisfosforin määrä 0-10 cm:n kerroksessa oli vain 15-17 kg/ha. Toisaalta rautaa oli 4-5 t/ha. Osa fosforista olikin ilmeisesti sitoutunut kemiallisesti rautaan eikä käytetyillä analyysimenetelmillä irronnut siitä. Kokonaiskaliumin määrä oli 20-30 kg/ha 0-10 cm:n kerroksessa. Alueella oli männynntaimissa erittäin voimakkaat kaliumin puutosoireet. Ilmeisesti myös fosforin puutosta tulee lähiaikoina ilmenemään.

Käsitellyt aineistot osoittavat, että suopellot voivat olla ravinnetilanteeltaan hyvin erilaisia ja että maa-analyysillä on mahdollista saada verrattain runsaasti perustietoa suopelloista kasvupaikkana pääravinteiden osalta. Sen sijaan hivenaineita, varsinkin booria oli turpeessa niin pieniä määriä, että niiden riittävyyden arvioiminen maa-analyysin perusteella ei ollut mahdollista. Neulasanalyysi antoi kuitenkin luotettavaa lisätietoa booritulanteesta.

Tärkeimmiksi analysoitaviksi osoittautuivat maan tiheys, kokonais-N, -P, -K ja -B sekä helppoliukoinen K. Lisäksi tulisi analysoida myös pH ja rauta, koska fosfori sitoutuu happamissa olosuhteissa raudan kanssa kasveille käyttökelvottomaan muotoon. Maa-analyysijä tulisi tehdä muokkauskerroksen lisäksi myös selvästi sen alapuolelta, koska tällä tavoin saadaan tietoa sekä suon alkuperästä että ravinteiden riittävyydestä.

On ilmeistä, että suopeltojen metsityssuunnitelmia laadittaessa on syytä ensin tarkistaa peltoalueen ravinnetilanne, ja vasta tämän pohjalta tehdä ratkaisut. Saattaa olla tapauksia, joissa puun kasvatus on kokonaan moniravinnelannoituksen varassa. Tällöin on syytä tarkoin pohtia metsityksen kannattavuutta.

## **Kirjallisuutta**

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia. Hyväksytty painettavaksi. Folia Forestalia 778.

# Neulas- ja lehtianalyysi

## Kirjallisuuskatsaus

Hannu Raitio

### Johdanto

Kasveista tehtyjen alkuaineanalyysien avulla voidaan arvioida ravinteiden puutos- ja myrkytystiloja sekä tarkkailla kasvien ravinnetilaa optimaalisen sadon ja laadun saavuttamiseksi. Lisäksi niiden avulla voidaan tutkia ilman epäpuhtauksien vaikutuksia ja levinneisyyttä.

Vaikka mineraaliravinteiden kasvua edistävä vaikutus on maataloudessa tunnettu jo yli 2000 vuotta (Woodward 1699, Ho 1975), voidaan kemiallisen kasvianalyysin kehityksen katsoa alkaneen vasta viime vuosisadalla. Saksalainen Justus von Liebig (1803-1873) lienee tunnetuin 1800-luvulla kasvien ravinnetalouden parissa työskennelleistä tutkijoista. Hän tutki ensimmäisenä systemaattisin kokein kasvien ravinnepitoisuuksien ja sadon välisiä vuorosuhteita ja loi niiden pohjalta tunnetun minimitekijälakinsa. Petersen (1878), Wolff (1878), Heinrich (1882) ja Liebscher (1887) puolestaan esittivät ensimmäiset raja-arvot kasvianalyysin tulosten tulkintaa varten.

Suurin osa 1800-luvulla tehdyistä tutkimuksista käsitteli maatalouskasvien ravinnetaloutta. Puiden neulasista ja lehdistä kemiallisia analyysejä alettiin tehdä runsaammin vasta 1800-luvun lopulla (Leyton 1948). Voimakkain kehitys neulas- ja lehtianalyysien osalta tapahtui kuitenkin 1930-1950 -luvuilla (esim. Mitchell 1935, 1936, Mitchel ja Finn 1935, Mitchel ja Chandler 1939, Lundegårdh 1945, Leyton 1948, White 1954, Tamm 1955, Will 1957, Gerhold 1959, Wehrmann 1959). Toinen voimakas kehityskausi neulas- ja lehtianalytiikassa on tapahtunut ilmansaastetutkimusten yhteydessä parin viime vuosikymmenen aikana.

Neulas- ja lehtianalyysejä koskevia kirjallisuuskatsauksia ovat laatineet eri aikakausina useat eri tutkijat, mm. White ja Leaf (1956), Mayer-Krapoll (1956), Mustaoja ja Leaf (1965), Swan (1965), Rodin ja Bazilevich (1967), Lowry (1968), Reichle (1970), Baule ja Fricher (1967), Hagner (1971), Morrison (1974), Evers ja Bücking (1976) sekä van den Burg (1985).

### Ravinnepitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä

Näytteiden keruuta suunniteltaessa sekä tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon tekijät, jotka aiheuttavat vaihtelua neulasten ja lehtien ravinnepitoisuuksissa. Tärkeimpiä neulasten ravinnepitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat:



puulaji	Kivinen 1933, Mitchell 1936, White 1954, Viro 1955, Guha ja Mitchell 1966, Lowry ja Avard 1969, Mälkönen 1974, Chapin ja Kedrowski 1983, Ferm ja Markkola 1985, Jukola-Sulonen ym. 1989, Johnson ym. 1991
kasvupaikka	Wells ja Metz 1963, Hoyle 1965, Morrison 1972, Bell ja Ward 1984
alkuperä	Gerhold 1959, May ym. 1962, Mergen ja Worrall 1965, Walker ja Hatcher 1965, Steinbeck 1966, Giertych ja Fober 1967, Forrest ja Ovington 1971, Evers 1973, Mead ja Will 1976, Snowdon ja Waring 1982
vuosi	Wehrmann 1959, 1963, Tamm 1968, Höhne ja Fiedler 1970, Leaf ym. 1970, Humphreys ym. 1971, Evers 1972, 1973, Helmisaari 1990, Raitio 1990
vuodenaika	Dulk 1875, Kivinen 1933, Mitchell 1936, Tamm 1951 a ja b, 1955, White 1954, Gerhold 1959, Wehrmann 1959, Wells ja Metz 1963, Hoyle 1965, Guha ja Mitchell 1966, Tamm 1968, Lowry ja Avard 1969, Hunger 1974, Van den Driessche 1974, Mead ja Will 1976, McColl 1980, Insley ym. 1981, Schönau 1981, Chapin ja Kedrowski 1983, Fife ja Nambiar 1984, 1987, Helmisaari 1990
vuorokauden aika	Mitchell ja Chandler 1939
latvuskerros	Höhne 1964, Madgwick 1964, Lowry 1968, Madgwick ja Mead 1990
yksilötiheys, koko ja kasvu	Leyton 1956, Leyton ja Armson 1956, Hoyle 1965, Madgwick ym. 1983, Hager 1988, Madgwick ja Mead 1990
latvuksen osa	Leyton 1948, Leyton ja Armson 1956, White 1954, Wehrmann 1957, Will 1957, Ovington ja Madgwick 1958, Strebelt 1961, Wells ja Metz 1963, Lavender ja Carmichael 1966, Morrison 1972, Fiedler ja Müller 1973, Raupach 1974, Fober 1976, Mead ja Will 1976, Veijalainen 1977, Madgwick ym. 1983, Raitio 1990
neulasen tai lehden osa	Sayre 1957
neulasten ja puiden ikä	Viro 1955, Will 1957, Wehrmann 1959, Wells ja Metz 1963, Pritchett 1968, Morrison 1972, Florence ja Chuoung 1974, Mälkönen 1974, Miller ym. 1981, Madgwick ym. 1977, 1983, Raitio ym. 1990

neulasvuosiker- tojen lukumäärä	Raitio 1987
puiden terveydentila	Raitio ja Rantala 1977, Silfverberg 1980, Nuorteva 1990

## Näytteen muodostus

Neulas- ja lehtianalytiikassa on perinteisesti käytetty kokoomanäytteitä, jolloin yksilöiden väliset vaihtelut jäävät huomiotta. Metsätaloudellisiin tarkoituksiin soveltuu parhaiten juuri kokoomanäyte, puukohtaiset analyysit puolestaan diagnostisiin tutkimuksiin. Eri yhteyksissä kokoomanäytteitä on muodostettu hyvin eri tavoin; kustakin yksittäisestä puusta on kerätty tuore- tai kuivapainoltaan eri tai yhtä suuri määrä neulasia, kappalemäärältään yhtä paljon neulasia tai neulasten määrä on suhteutettu johonkin puun tunnuslukuun esim. pituuteen tai rinnankorkeusläpimittaan (Snowdon ja Waring 1984). Suomessa kokoomanäytettä varten on lähes poikkeuksetta kerätty kustakin puusta satunnainen määrä neulasia. Suositeltavampaa olisi kuitenkin kerätä kustakin puusta kuivapainoltaan yhtä paljon neulasmassaa, jolloin kokoomanäyte edustaisi todellista keskiarvoa (Snowdon ja Waring 1984).

Paitsi kustakin yksittäisestä puusta kerättyjen neulasten määrä, niin myös puiden lukumäärä, joista neulasia kokoomanäytteitä varten on kerätty vaihtelee eri tutkimuksissa huomattavasti. Suomessa neulas- ja lehtinäyte on muodostettu perinteisesti kymmenen puun latvuksen yläosan etelänpuoleisista nuorimmista neulasista (Jukka 1988). Useissa tutkimuksissa suositellaan kuitenkin kerättäväksi neulasia vähintään 20 puusta (Wells 1969, Van den Driessche 1979, Morrison 1985, Will 1985, Marshall ja Jahraus 1987). Tällöin näytteen typpi- ja rikkipitoisuus kuvastavat luotettavasti metsikön keskimääräistä typpi ja rikkivilannetta. Mikäli muiden alkuaineiden osalta halutaan samaan luotettavuustasoon, tulee puiden lukumäärää kasvattaa alkuaineesta riippuen (Marshall ja Jahraus 1987).

Metsikön sairastuessa häiriöt näkyvät aluksi yksilöiden välisen vaihtelun lisääntymisenä ja vasta myöhemmin keskiarvojen muutoksina. Tästä syystä analyysit tulisi tehdä yksilökohtaisina sekä vertailemalla terveiden ja sairaiden yksilöiden välisiä pitoisuuksia (Raitio ja Rantala 1977, Raitio 1990).

## Analyysimenetelmät

Kasvimateriaalin kemiallisessa analytiikassa on perinteisesti määritetty alkuaineiden kokonaispitoisuuksia. Ilmansaastetutkimusten myötä analyysit ovat vähitellen monipuolistuneet. Esimerkiksi kokonaisrikkipitoisuuden ohella määritetään nykyisin jo varsin usein epäorgaanisen ja orgaanisen rikin fraktiot (Gasch ym. 1988) sekä rikin eri isotooppien suhteellisia osuuksia (Krouse ym. 1984). Kuvaan ovat tulleet myös orgaanisten ja epäorgaanisten happojen analysointi arvioitaessa kasvien

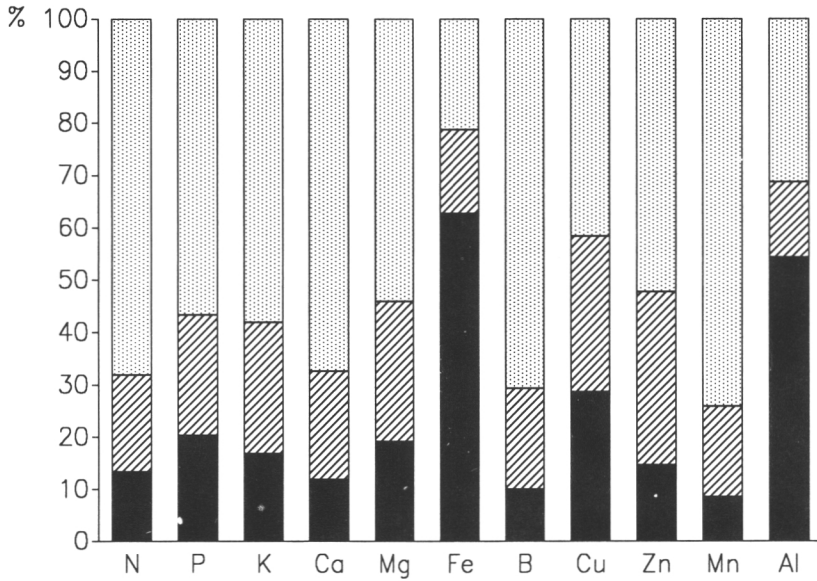
kationianionitasapainoa (Lindner ja Grill 1978, Albert 1989). Kokonaispitoisuuksien sijasta on alettu myös analysoida vesiliukoisten fraktioiden osuuksia, joiden katsotaan paremmin kuvastavan kasvien kannalta aktiivisia ositteita (Albert 1989).




## **Ravinnemäärä ja -pitoisuus**

Neulas- ja lehtianalyseissä on perinteisesti määritetty ravinnepitoisuuksia. Ravinnemäärät kuvaisivat kuitenkin paremmin kasvin ravinnetilaa kuin pitoisuudet. Koska koko taimen tai puun ravinnemäärien analysointi on hankalaa, on monissa tapauksissa päädytty määrittämään ainoastaan tuhannen neulasen ravinnemäärät (Mälkönen 1974, Raitio 1987). Analyysitulosten tulkinta pohjautuu kuitenkin nykyisellään yksistään ravinnepitoisuuksiin, joita verrataan kriitisiin raja-arvoihin. Tärkeätä on kuitenkin muistaa, että esitetyt raja-arvot ovat usein vain suuntaa antavia, eivät absoluuttisia.

## **Neulasanalyysin herkkyys**

Taimitarhalla kasvatettujen avojuuristen kolmivuotiaiden koulittujen (2A x 1A) männyn taimien ravinnemäärien suhteellinen jakautuminen neulasten, varsien ja juurten kesken (kuva 1) osoittaa, että neulasanalyysin herkkyys kuvastaa taimen ravinnetilaa vaihtelee ravinteesta riippuen (Raitio, julkaisematon aineisto). Neulasanalyysi kuvastaa parhaiten taimien boori- ja mangaanitaloutta, koska suurin osa taimien boori- ja mangaanimäärästä on neulasissa. Sen sijaan neulasanalyysi kuvastaa heikosti taimien rauta-, kupari- ja alumiinitilannetta, koska suurin osa näiden ravinteiden kokonaismäärästä on juurissa.



Kuva 1. Avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen (2A x 1A, Juuka 1985) mänyntaimien ravinnemäärien jakautuminen eri kasvinosien kesken:  neulaset,  varret,  juuret (Raitio, julkaisematon aineisto; tulokset ovat keskiarvo kasvukauden 1985 aikana viikon välein tehdyistä analyyseistä).

## Kirjallisuus

- Albert, R. 1989. Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Fichtenentlang eines Höhenprofils im Zillertal (Österreich). *Phyton* 29(3):111-131.
- Baule, H. & Fricher, C. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. BLV, München. 259 s.
- Bell, D.T. & Ward, S.C. 1984. Foliar and twig macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in selected species of *Eucalyptus* used in rehabilitation, sources of variation. *Plant and Soil* 82:363-376.
- Chapin III, F.S. & Kedrowski, R.A. 1983. Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. *Ecology* 64.2:376-391.
- Dulk, L. 1875. Forstlich-chemische Untersuchungen, ausgeführt im chem. Laboratorium der Akademie Hohenheim. IV. Untersuchung der Kiefernadeln in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien. *Landw. Vers. Sta.* 18:209-215.
- Evers, F.H. 1972. Die jährweisen Fluktuationen der Nährelementkonzentrationen in Fichtennadeln und ihre Bedeutung für die Interpretation nadelanalytischer Befunde. *Allgem. Forst- und Jagdzeitg.* 143:68-74.
- Evers, F.H. 1973. Genetische Unterschiede im Mineralstoffgehalt der Nadeln junger Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.). *Mitteilungen des Vereins für Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 23:67-71.
- Evers, F.H. & Bücking, W. 1976. Mineral analyses. *Teoksessa: Miksche J.P. (toim.), Modern methods in forest genetics.* s. 165-187. Springer-Verlag, Berlin.
- Ferm, A. & Markkola A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitöisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Summary: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia Forestalia* 613:1-28.
- Fiedler, H.J. & Müller, W. 1973. Gewicht und Nährstoffgehalt der Nadeln eines Fichtenaltenaltbestandes auf Thüringer Buntsandstein in ängigkeit von Nadelalter und Kronenposition. *Beiträge für die Forstwirtschaft* 3:122-137.
- Fife, D.N. & Nambiar, E.K.S. 1984. Movement of nutrients in *Radiata* pine needles in relation to the growth of shoots. *Ann. Bot.* 54:303-314.
- Fife, D.N. & Nambiar, E.K.S. 1987. Growth and nutrient retranslocation in needles of *Radiata* pine in relation to nitrogen supply. *Ann. Bot.* 60:147-156.
- Florence, R.G. & Chuong, P.H. 1974. The influence of soil type on foliar nutrients in *Pinus radiata* plantations. *Aust. For. Res.* 6:1-8.
- Fober, H. 1976. Distribution of mineral elements within the crown of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Arboretum Kórnickie, Rocznik XXI*:323-331.
- Forrest, W.G. & Ovington, J.D. 1971. Variation in dry weight and mineral nutrient content of *Pinus radiata* progeny. *Silvae Genetica* 20:174-179.
- Gasch, G., Grünhage, L., Jäger, H.-J. & Wentzel, K.-F. 1988. Das Verhältnis der Schwefelfractionen in Fichtennadeln als Indikator für Immissionsbelastungen durch Schwefeldioxid. *Angew. Botanik* 62:73-84.
- Gerhold, H.D. 1959. Seasonal variation of chloroplast pigments and nutrient elements in the needles of geographic races of Scots pine. *Silvae Genetica* 8:113-123.

- Giertych, M. & Fober, H. 1967. Variation among Norway spruce of Polish provenances in seedling growth and nitrogen uptake. Proc. 14th Congr. IUFRO, Munich 1967, Section 22:536-550.
- Guha, M.M. & Mitchell, R.L. 1966. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. II. Seasonal changes. Plant and soil 24:90-112.
- Hager, H. 1988. Stammzahlreduktion. Die Auswirkungen auf Wasser-Energie- und Nährstoffhaushalt von Fichtenjungwüchsen. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien. Band 1:1-189.
- Hagner, S. 1971. The present standard of practical forest fertilization in different parts of the world. Proc. XV IUFRO Congr. Div., 3, Publ. 1:184-207.
- Heinrich, R. 1882. Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume. Wismar. 244 s.
- Helmisaari, H.-S. 1990. Temporal variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. Scand. J. For. Res. 5:177-193.
- Ho, P.-T. 1975. The cradle of the east. Univ. Chicago Press.
- Hoyle, M.C. 1965. Variation in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil, and tree size. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29:475-480.
- Humphreys, F.R., Turner, J. & Watt, A.J. 1971. Annual foliar nutrient level variation in *Pinus radiata* over a nine year period. Teoksessa: Boardman, R. (toim.), The Australian forest-tree nutrition conference. Contributed Papers:258-270. Forestry and Timber Bureau. Canberra.
- Hunger, W. 1974. Untersuchungen über die jahreszeitliche und jährweise Fluktuation der Nährelementkonzentrationen in den Nadeln eines jüngeren Fichtenbestandes. Flora 163:422-442.
- Höhne, H. 1964. Investigations on the seasonal variations of weight and element content of spruce needles in younger stands of the East Erzgebirge. Arch. Forstw. 13:747-774.
- Höhne, H. & Fiedler, H.J. 1970. Beiträge zur Stickstoffdüngung mittelalter Kiefernbestände (IV). Arch. Forstwesen 19:877-898.
- Inslley, H., Boswell, R.C. & Cardiner, J.B.H. 1981. Foliar macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in lime (*Tilia* Spp.) II. Seasonal variation. Plant and Soil 61:391-401.
- Johnson, J.E., Burger, J.A., Rathfon, R.A., Kreh, R.E. & Feret, P.P. 1991. Foliar nutrient comparisons of pitch pine, loblolly pine, and the pitch x loblolly hybrid. Plant and Soil 132:1-9.
- Jukka, L. 1988. (toim.). Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. Samerka Oy. Helsinki. 168 s.
- Jukola-Sulonen, E.-L., Korhonen, M., Nöjd, P. & Raitio, H. 1989. Inkoon voimalaitoksen ympäristön metsien seuranta-tutkimus vuosina 1988-1989. Imatran Voima OY, Tutkimusraportteja IVO-A-11/89:1-64.
- Kivinen, E. 1933. Koivun- ja lepänlehtien tyypipitoisuuksista kasvukauden kuluessa. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 1933. s. 108-115.
- Krouse, H.R., Legge, A.H. & Brown, H.M. 1984. Sulphur gas emissions in the boreal forest: the West Whitecourt case study v. stable sulphur isotopes. Water, Air, and Soil Pollution 22:321-347.
- Lavender, D.P. & Carmichael, R.L. 1966. Effect of three variables on mineral concentrations in Douglas-Fir needles. Forest Sci. 12:441-446.
- Leaf, A.L., Berglund, J.V. & Leonard, R.E. 1970. Annual variation in foliage of

- fertilized and/or irrigated red pine plantations. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34:677-682.
- Leyton, L. 1948. Mineral nutrient relationships of forest trees. *Forestry Abstracts* 9(4):399-408.
- Leyton, L. 1956. The relationship between the growth and mineral composition of the foliage of Japanese larch (*Larix leptolepis* Murr.). *Plant and Soil* 7:167-177.
- Leyton, L. & Armson, K.A. 1956. Mineral composition of the foliage in relation to the growth of Scots pine. *Forest Sci.* 1:210-218.
- Liebscher, G. 1887. Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. *J. Landw.* 35:335-518.
- Lindner, W. & Grill, D. 1978. Säuren in Koniferennadeln. *Phyton* 18(3-4):137-144.
- Lowry, G.L. 1968. Variations in nutrients of black spruce needles. *Proc. 3rd N. Am. For. Soils Conf., Raleigh.* s.235-259. Oregon State University Press.
- Lowry, G.L. & Avard, P.M. 1969. Nutrient content of black spruce and jack pine needles. III. Seasonal variation and recommended sampling procedures. *Pulp Paper Res. Inst. Canada. Woodlands Pap. No. 10:1-54.*
- Lundegårdh, H. 1945. Die Blattanalyse. Gustav Fischer Verlag. Jena. 164 s.
- Madgwick, H.A.I. 1964. Variations in the chemical composition of red pin leaves: a comparison of well-grown and poorly-grown trees. *Forestry* XXXVII:87-94.
- Madgwick, H.A.I., Jackson, D.S. & Knight, P.J. 1977. Above-ground dry matter, energy, and nutrient contents of trees in an age series of *Pinus radiata* plantation. *N. Z. J. For. Sci.* 7:445-468.
- Madgwick, H.A.I., Beets, P.N., Sandberg, A.M. & Jackson, D.S. 1983. Nitrogen concentration in foliage of *Pinus radiata* as affected by nitrogen nutrition, thinning, needle age and position in crown. *N. Z. J. For. Sci.* 13(2):197-204.
- Madgwick, H.A.I. & Mead, D.J. 1990. Variation in nutrient concentrations within *Pinus radiata* trees and their relationship to tree size. *N. Z. J. For. Sci.* 20(1):29-38.
- Marshall, P.L. & Jahraus, K. 1987. Sample size for foliar analyses of coastal Douglas-fir. *Can. J. For. Res.* 17(10):1240-1245.
- May, J.T., Johnson, H.H. & Gilmore, A.R. 1962. Chemical composition of southern pine seedlings. *Georgia Forest Res. Pap.* 10:11.
- Mayer-Krapoll, H. 1956. The use of commercial fertilizers - particularly nitrogen - in forestry. *Ruhr-Stickstoff. Bochum.* 111 s.
- McCull, J.G. 1980. Seasonal nutrient variation in trembling aspen. *Plant and Soil* 54:323-328.
- Mead, D.J. & Will, G.M. 1976. Seasonal and between-tree variation in the nutrient levels in *Pinus radiata* foliage. *N. Z. J. For. Sci.* 6:3-13.
- Mergen, F. & Worrall, J. 1965. Effect of environment and seed source on mineral content of Jack pine seedlings. *Forest Sci.* 11:393-400.
- Miller, H.G., Miller, J.D. & Cooper, J.M. 1981. Optimum foliar nitrogen concentration in pine and its change with stand age. *Can. J. For. Res.* 11:563-572.
- Mitchell, H.L. 1935. A method for determining the nutrient needs of shade trees with special reference to phosphorus. *Black Rock Forest Pap. I, 1.* New York.
- Mitchell, H.L. 1936. Trends in the nitrogen, phosphorus, potassium and calcium content of the leaves of some forests trees during the growing season. *Black*

- Rock Forest Pap. 6:29-44.
- Mitchell, H.L. & Chandler, Jr. R.F. 1939. The nitrogen nutrition and growth of certain deciduous trees of north eastern United States. Black Rock Forest Pap. I, 2. New York.
- Mitchell, H.L. & Finn, R.F. 1935. The relative feeding power of oaks and maples for soil phosphorus. Black Rock Forest Pap. I, 2. New York.
- Morrison, I.K. 1972. Variation with crown position and leaf age in content of seven elements in leaves of *Pinus banksiana* Lamb. Can. J. For. Res. 2:89-94.
- Morrison, I.K. 1974. Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation: a review of literature. Can. For. Serv. Publ. 1343:1-74.
- Morrison, I.K. 1985. Effect of crown position on foliar concentrations of 11 elements in *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* trees on a till soil. Can. J. For. Res. 15:179-183.
- Mustaoja, K.J. & Leaf, A.L. 1965. Forest fertilization research, 1957-1964. Bot. Rev. 31:151-246.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Comm. Inst. For. Fenn. 84(5):1-87.
- Nuorteva, H. 1990. Sairaan metsän ravinneanalyysi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 347:127-130.
- Ovington, J.D. & Madgwick, H.A.I. 1958. The sodium, potassium and phosphorus contents of tree species grown in close stands. New Phytol. 57:273-284.
- Petersen, P. 1878. Über das Minimum der für die Haferpflanze nötigen Phosphorsäure und über die nutzbare Verbindungsform der Phosphorsäure. Jahresber. Agriculturchem., Berlin 1878:251-252.
- Pritchett, W.L. 1968. Progress in the development of techniques and standards for soil and foliar diagnosis of phosphorus deficiency in slash pine. Forest fertilization/theory and practice. Symposium 1967 Gainesville, Fla., Publ. 1968 by TVA, Muscle Shoals, Ala. s. 81-87.
- Raitio, H. 1987. Neulasvuosikertojen merkitys neulasanalyysin tulkinnessa. Abstract: The significance of the number of needle year classes in interpreting needle analysis results. Silva Fennica 21(1):11-16.
- Raitio, H. 1990. The foliar chemical composition of young pines (*Pinus sylvestris* L.) with or without decline. Teoksessa: Kauppi, P., Kenttämies, K. & Anttila, P. (toim.), Acidification in Finland. Springer Verlag. Heidelberg, Berlin. s. 699-713.
- Raitio, H. & Rantala, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Comm. Inst. For. Fenn. 91(1):1-30.
- Raitio, H., Tikkanen, E. & Nöjd, P. 1990. Mäntyjen ravinnetalous Sallan puustovaurioalueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 347:23-31.
- Raupach, M. 1974. Trace element disorders in *Pinus* and their correction. Teoksessa: Nicholas, D.J.D. & Egan, A.R. (Toim.) Trace elements in soil-plant-animal system. Academic Press, New York. s. 353-369.
- Reichle, D.E. (toim.) 1970. Analysis of temperature forest ecosystems. Springer-Verlag. Berlin. 304 s.



- Rodin, L.E. & Bazilevich, N.I. 1967. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Oliver and Boyd. Edinburgh, London. 288 s.
- Sayre, J.D. 1957. Spectrographic techniques and analyses of pine needles. *Ohio J. Sci.* 57:345-349.
- Schönauf, A.P.G. 1981. Seasonal changes in foliar nutrient content of *E. grandis*. *South African Forestry Journal* 119:1-4.
- Silfverberg, K. 1980. Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet. Summary: Micronutritional growth disorder in Norway spruce. *Folia Forestalia* 432:1-13.
- Snowdon, P. & Waring, H.D. 1982. Between-tree and between-plot variations of nutrient levels in *Pinus radiata* foliage and their implications for field sampling intensity. *Aust. For. Res.* 13:45-56.
- Snowdon, P. & Waring, H.D. 1984. Composite samples for foliar analysis. *Aust. For. Res.* 14:235-242.
- Steinbeck, K. 1966. Site, height, and mineral nutrient content relations of Scotch pine provenances. *Silvae Genetica* 15:42-50.
- Strebel, O. 1961. Nadelanalytische Untersuchungen an Fichten-Altbeständen ser guter Wuchsleistung im bayerischen Alpenvorland. *Forstwiss. Cbl.* 80:344-352.
- Swan, H.S.D. 1965. Reviewing the scientific use of fertilizers in forestry. *J. For.* 63:501-508.
- Tamm, C.O. 1951 a. Seasonal variation in composition of birch leaves. *Physiol. Plant.* 4:461-469.
- Tamm, C.O. 1951 b. Chemical composition of birch leaves from drained mire both fertilized with wood ash and unfertilized. *Svensk Bot. Tidskr.* 45.2:309-319.
- Tamm, C.O. 1955. Studies on forest nutrition: I-seasonal variation in the nutrient content of conifer needles. *Medd. Skogsforskn. Inst. Stockholm* 45(5):1-34.
- Tamm, C.O. 1968. An attempt to assess the optimum nitrogen level in Norway spruce under field conditions. *Studia For. Suec.* 61:1-67.
- Van den Burg, J. 1985. Foliar analysis for determination of tree nutrient status - a complication of literature data. *Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "de Dorschkamp" Wageningen*, Report nr. 414:1-615.
- Van den Driessche, R. 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *Bot. Rev.* 40(3):347-394.
- Van den Driessche, R. 1979. Estimating potential response to fertilizer based on tree tissue and litter analysis. Teoksessa: Gessel, S.P. (toim.), *Proceedings Forest Fertilizer Conference. Univ. Wash. Coll. For. Resour. Inst. For Resour. Contrib.* 40:214-220.
- Vejjalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. *Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemailla. Commun. Inst. For. Fenn.* 92.4:1-32.
- Viro, P. 1955. Investigations on forest litter. *Lyhennelmä: Metsäkariketutkimuksia. Commun. Inst. For. Fenn.* 45.6:1-65.
- Walker, L.C. & Hatcher, R.D. 1965. Variation in the ability of slash pine progeny groups to absorb nutrients. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 29:616-621.
- Wehrmann, J. 1957. Die Stickstoffgehalte von Fichtennadeln in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung der Bäume. *Mitt. ST Forstverw. Bayerns* 29:62-72.

- Wehrmann, J. 1959. Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen. *Forstwiss. Cbl.* 78(5/6):77-97.
- Wehrmann, J. 1963. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. *Landwirtsch. Forschunh* 16:130-145.
- Wells, C.G. 1969. Foliage sampling guides for loblolly pine. *USDA For. Serv. Res. Note SE-113.*
- Wells, C.G. & Metz, L.J. 1963. Variation in nutrient content of Loblolly pie needles with season, age, soil, and position on the crown. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 27:90-93.
- White, D.P. 1954. Variations in the nitrogen, phosphorus and potassium contents of pine needles with season, grown position and sample treatment. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 18(3):326-330.
- White, D.P. & Leaf, A.L. 1956. Forest fertilization. A bibliography, with abstracts, on the use of fertilizers and soil amendments in forestry. *State Univ. Coll. For., Syracuse, N. Y. Tech. Publ.* 81:1-305.
- Will, G.M. 1957. Variations in the mineral content of radiata pine needles with age and position in tree grown. *N. Z. J. Sci. Technol.* 38(B):699-706.
- Will, G.M. 1985. Nutrient deficiencies and fertiliser use in New Zealand exotic forests. *FRI Bulletin* 97:1-54.
- Wolff, E. 1878. Über das Minimum der Nährsalze. *Jahresber. Agriculturchem., Berlin* 1878:250-251.
- Woodward, J. 1699. Thoughts and experiments on vegetation. *Philos. Trans. R. Soc. London* 21:382-398.

# Tuhkalannoitus kangasmaalla

Teuvo Levula

Käyttökelpoisen typen puute rajoittaa useimmiten kangasmetsien kasvua. Käyttökelpoisen typen puute johtuu karikkeiden hajotustoiminnan hitaudesta, mikä puolestaan aiheutuu mm. karikkeen laadusta ja metsämaan kylmyydestä. Kangasmetsien typpilannoituksella saatavasta kasvunlisäyksestä huolimatta, metsien lannoitus on viime vuosina vähentynyt. Vähentymisen keskeisenä syynä voivat olla ne epäilyt, joita on esitetty typpilannoituksen hättävaiikutuksista. Haitat on yleisessä mielipiteessä yhdistetty ilmasta tulevaan happamaan laskeumaan. Laskeuma sisältää mm. typpi- ja rikkiyhdisteitä, joilla on maata happamoitava ja maan ravinnesuhteita muuttava vaikutus (Berdén ym. 1987). Ravinnesuhteiden on sanottu muuttuvan siten, että typen määrä maassa lisääntyy kun samalla eräiden emäskationien kuten kalsiumin, magnesiumin ja kaliumin määrä vähenee (Berdén ym. 1987). Ravinnesuhteiden muuttumisen on epäilty lisänneen mm. 80-luvun versosyöpäepidemoita ja nuorten mäntyjen kasvuhäiriöitä. Nopeimmin ilmansaasteiden aiheuttama maan alkuaine-epätasapainon pitäisi näkyä karuilla kankailla, joiden puskurikyky on pienin (Tamminen ja Mälkönen 1986).

Pitkäaikaiset lannoituskokeet ovat kuitenkin osoittaneet, ettei metsämaan happamuus ole lisääntynyt toistuvista typpilannoituksista huolimatta (Mälkönen 1989). Kasvunlisäystä kangasmaiden lannoituskokeilla männiköissä ja kuusikoissa on saatu lähinnä vain typpilannoituksella riippumatta siitä, onko kyseessä kertalannoitus tai useammin toistettu lannoitus (Viro 1972, Gustavsen ja Lipas 1975, Laakkonen ym. 1983, Kukkola ja Saramäki 1983, Derome ym. 1986). Harmaalepikoissa typpilannoituksesta ei ole ollut hyötyä, mutta fosforilannoitus on lisännyt niiden kasvua (Saarsalmi ym. 1991).

Puun tuhka sisältää typeä ja rikkiä lukuunottamatta samat ravinteet, samassa suhteessa kuin polttopuussa on ollut. Tässä mielessä puuntuhka tuntuisi hyvältä ilmansaasteiden vaikutuksia maassa vähentävältä aineelta, koska siitä puuttuu typpi- ja rikki, joita tulee maahan saasteiden mukana. Tuhka sisältää lisäksi niitä emäskationeita, joita happamat sateet maasta huuhtovat. Kangasmaiden tuhkalannoituksesta ei ole paljon koetuloksia. Harmaalepikossa tuhkalannoitus on lisännyt biomassatuotosta (Saarsalmi ym. 1991).

Vuonna 1980 tehtiin Ruoveden Siikakankaalle lannoituskoe, jonka tarkoituksena oli selvittää typpilannoituksen ja moniravinnelannoituksen vaikutuksia kuivan männikökankaan puuston kasvuun.

## Koe

Kokeessa on seuraavat koejäsenet: lannoittamaton, oulunsalpietari, typpirikas Y-lannos (20-4-8), puutarhan Y-lannos I (10-4-17) sekä oulunsalpietari ja 2000 kg puuntuhkaa hehtaarille. Väkilannoitteiden määrät laskettiin siten, että typen määrä oli kaikissa

lannoituskäsittelyissä 180 kg N/ha. Lannoitus uusittiin puuntuuhkaa lukuunottamatta keväällä 1985 (kuva 1). Kokeessa on kaksi toistoa. Koealueella oli koetta perustettaessa 50-vuotias alaharvennettu puolukkatyyppin männikkö. Metsä harvennettiin uudelleen keväällä 1989, koska alueen männyissä oli versosyöpätuhoja. Puuston tiheyden vuoksi harvennusta ei olisi vielä tarvittu (taulukko 1).

<p>EI LANNOITUSTA</p>	<p>N 180 + 180 Ca 26 + 26 Mg 14 + 14 (OULUNSALPIETARI)</p>
<p>N 180 + 180 P 40 + 40 K 75 + 75 Ca 18 + 18 Mg 9 + 9 B 0,5 + 0,5 (TYPPIRIKAS Y-LANNOS)</p>	<p>N 180 + 180 P 80 + 80 K 300 + 300 Ca 18 + 18 Mg 45 + 45 B 3 + 3 Cu 7 + 7 Mn 13 + 13 Zn 0,5 + 0,5 Mo 0,5 + 0,5 (PUUTARHAN Y-LANNOS 1)</p>
<p>N 180 + 180 P 34 K 76 Ca 570 + 26 Mg 68 + 14 B 1 Cu 1 (OULUNSALPIETARI + PUUNTUHKA)</p>	

**Kuva 1. Kaavakuva koejärjestelystä. Luvut alkuaineen tunnuksen jälkeen tarkoittavat ravinteiden määriä kg/ha vuosina 1980+1985.**

Taulukko 1. Puustotietoja koemetsiköstä huhtikuussa 1989.

	Ennen harvennusta		Harvennuksen jälkeen	
	Lannoit- tamaton	Lannoit- tettu	Lannoit- tamaton	Lannoit- tettu
Runkoluku, kpl/ha	763	794	462	505
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	18,9	22,0	13,8	16,9
Keskipituus, m	17,1	17,8	17,6	18,2
Keskiläpimitta, cm	18,9	20,0	20,4	21,3
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha (kuorineen)	162	194	122	152
Poistuma m <sup>3</sup> /ha (kuorineen)	-	-	40	42

### Kuorituhkan ominaisuuksia

Kokeelle levitetty tuhka oli syntynyt sahalla poltettaessa puun kuorta. Tuhkan laatu ja arvo maanparannusaineena vaihtelee paljon, riippuen käytetystä polttoaineesta ja -tavasta. Parasta lienee sahoilta tuleva kuorituhka ja heikointa turpeen tuhka. Kuorituhkassa on 2-3 % vesiliukoista kalsiumia eli moninkertainen määrä kalkkikivijauheeseen verrattuna (taulukko 2).

### Puuston kasvu

Koalojen puusto mitattiin keväällä 1989. Lämpimitankasvu mitattiin kasvukairan lastuista tai kaadetuista puista sahattujen kiekkojen perusteella 1,3 ja 6 m:n korkeudelta lustomikroskoopilla. Pituuskasvu arvioitiin pystypuista kasvukiikarilla ja kaadetut puut mitattiin maassa. Lisäksi puista mitattiin läpimitat ja kuoren paksuus 1,3 ja 6 m:n korkeudelta, pituus sekä elävän latvuksen pituus. Koepuita mitattiin n. 30 kpl koalaa kohti.

Eri lannoituskäsittelyt lisäsivät yhtä paljon mäntyjen kasvua. Kasvunlisäys oli keskimäärin 23 m<sup>3</sup> yhdeksän vuoden aikana eli 2,5 m<sup>3</sup> hehtaaria ja vuotta kohden. Runkopuun kasvunlisäys oli saman suuruinen kuin vastaavanlaisilla lannoituskokeilla

Taulukko 2. Kuorituhkan ja kalkkikivijauheen ravinnepitoisuuksia (%). Suluissa veteen liukeneva pitoisuus.

	Ca	Mg	K	P
Aureskoski Oy	33,7 (3,3)	2,1 (0,01)	3,5 (1,3)	1,4 (0,000)
Kinnaskoski Oy	30,6 (2,2)	2,4 (0,004)	5,1 (2,6)	1,5 (0,004)
Enso Tainionkoski	16,5 (2,6)	1,3 (0,000)	1,9 (0,9)	0,6 (0,000)
Ruskealan Marmori	23,1 (0,1)	4,1 (0,004)	0,04 (0,003)	0,003 (0,000)
Lohjan Kalkkikivi	26,1 (0,2)	-	-	-

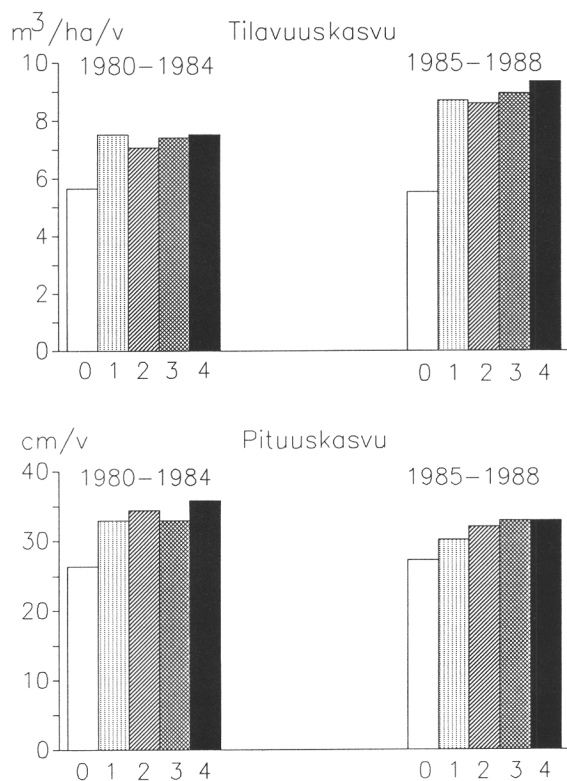
yleensä. Lannoitus lisäsi puiden pituutta koko aikana vain 0,5 m (kuva 2). Ruoveden Siikakankaalla oli 1980-luvulla kolme versosyöpäepidemiaa vuosina 1982, -85 ja -88. Erityisesti vuonna 1985 puiden läpimitankasvu oli heikko kaikilla koeruuduilla. Vuonna 1982 kasvu aleni lannoitetuilla aloilla (kuva 3).

### Elävän latvuksen pituus

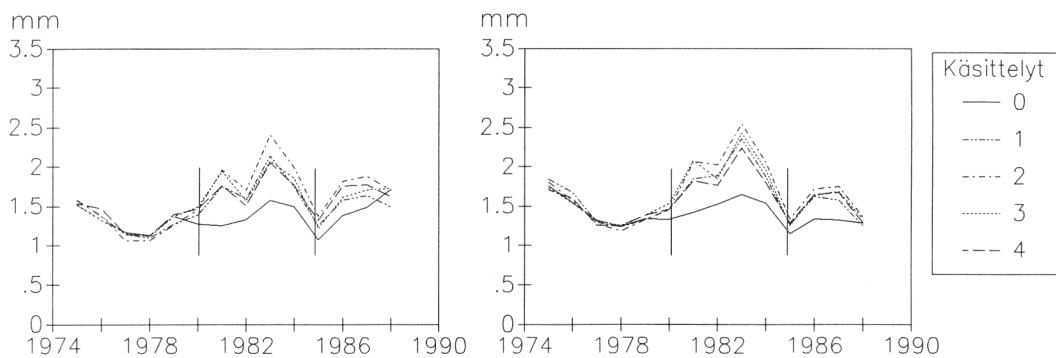
Männynversosyöpä tappaa varttuneessa puustossa alaoksia. Latvuksen supistuessa kasvu pienenee ja puu voi lopulta kuolla. Elävän latvuksen pituus oli eri käsittelyillä 6-7 m. Pisin latvus oli lannoittamattomilla koaloilla ja lyhimät puutarhan Y-lannosta ja oulunsalpietaria sekä puuntuhkaa saaneilla koaloilla (kuva 4).

### Tuhkalannoituksella kalkitusvaikutus

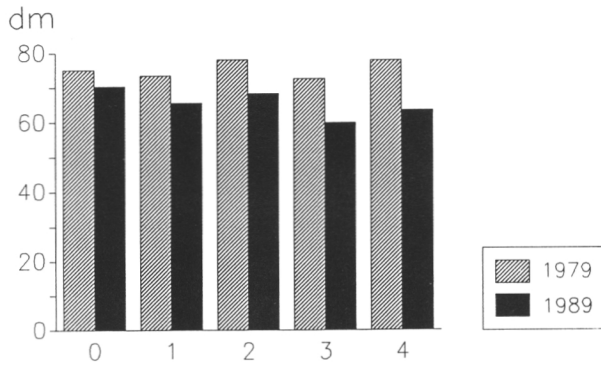
Koaloilta otettiin maanäytteet ennen uusintalannoitusta keväällä 1985. Tuhkalannoitus vähensi selvästi kangashumuksen happamuutta (kuva 5). Lannoittamattomilla ja väkilannoitetuilla aloilla pH oli 4 ja tuhkalannoitusruuduilla 5. Kivennäismaan pintakerroksessa pH oli 4,6 - 4,7 kaikilla koaloilla.



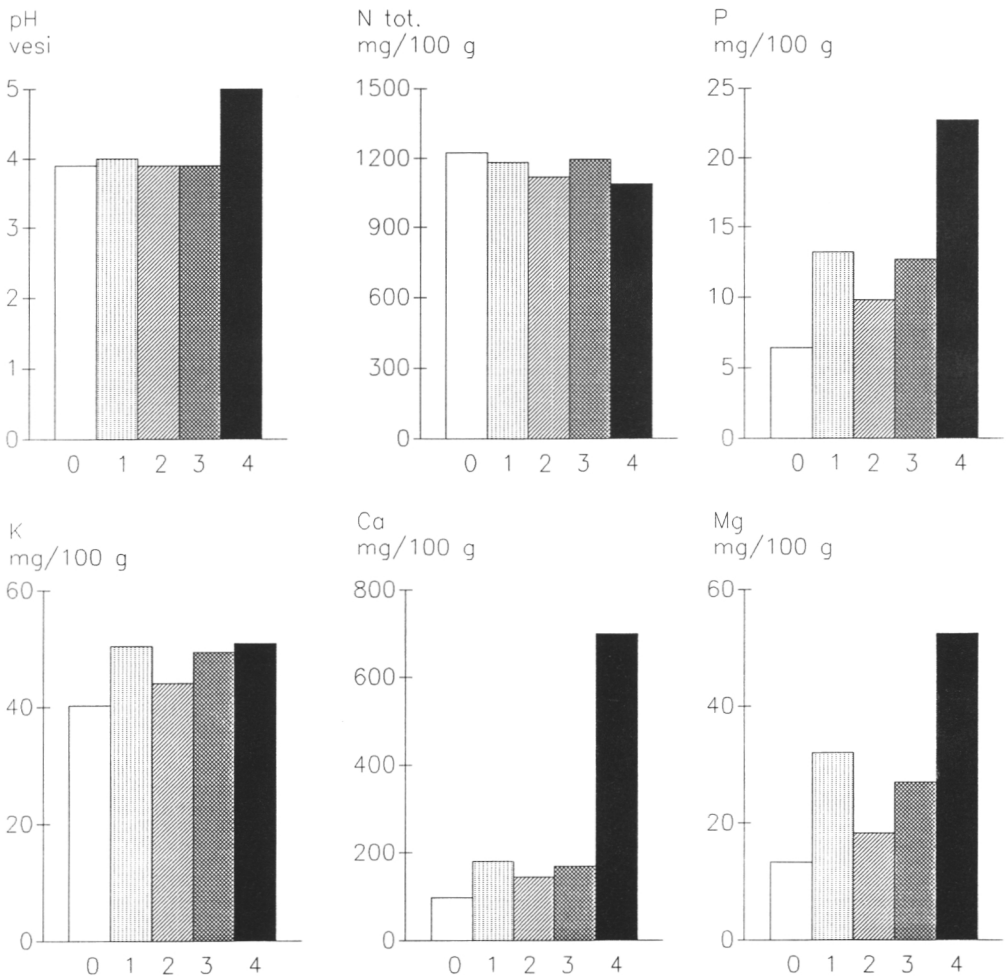
**Kuva 2.** Lannoituksen vaikutus puuston kasvuun. Selitykset: 0 = lannoittamaton, 1 = oulunsalpietari, 2 = typpirikas Y-lannos, 3 = puutarhan Y-lannos, 4 = oulunsalpietari + puuntuhka.



**Kuva 3.** Mäntyjen sädekasvu 1,3:n (a) ja 6 metrin (b) korkeudella eri käsittelyillä. Selitykset kuten kuvassa 2.



Kuva 4. Elävän latvuksen pituus vuonna 1979 ja 1989. Selitykset kuten kuvassa 2.



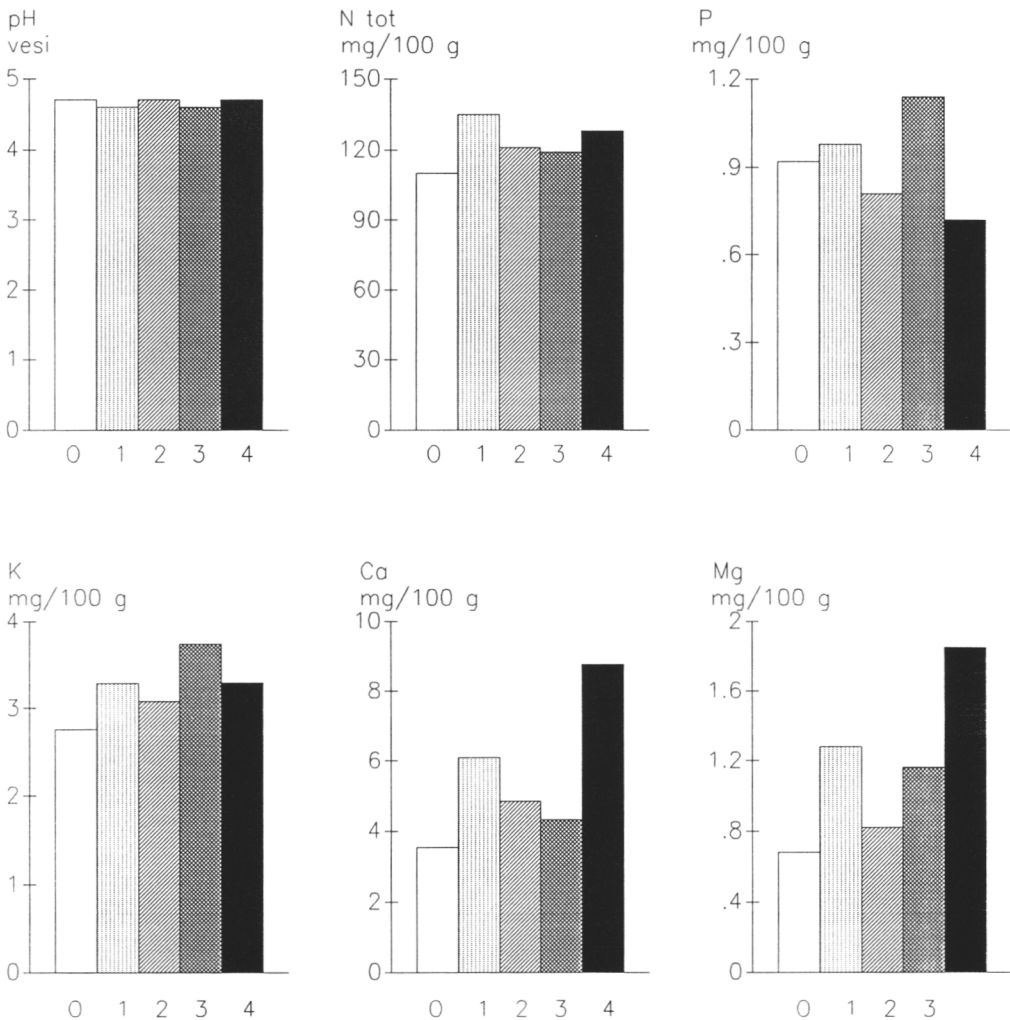
Kuva 5. Humuksen happamuus, kokonaistyppeä, helppoliukoinen fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Selitykset kuten kuvassa 2.



Lannoitus nosti humuskerroksen helppoliukaisen fosfori- ja vaihtuvien kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia lannoitelajista riippumatta (kuva 5). Huomattavaa on, että tuhkalannoitus nosti humuksen vaihtuvan kalsiumin määrän seitsenkertaiseksi. Myös kivennäismaan pintakerroksen vaihtuvan K-, Ca- ja Mg-pitoisuudet nousivat kaikilla lannoituskäsittelyillä (kuva 6).

### Neulasiin lisää kokoa ja ravinteita

Kokeelta otettiin neulasnäytteet ennen lannoitusta, maaliskuussa 1980 ja lannoituksen jälkeen samoin maaliskuussa 1983 ja 1985. Kaikki lannoitukset kohottivat neulasten



Kuva 6. Kivennäismaan happamuus, kokonaistyyppi, helppoliukoinen fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Selitykset kuten kuvassa 2.

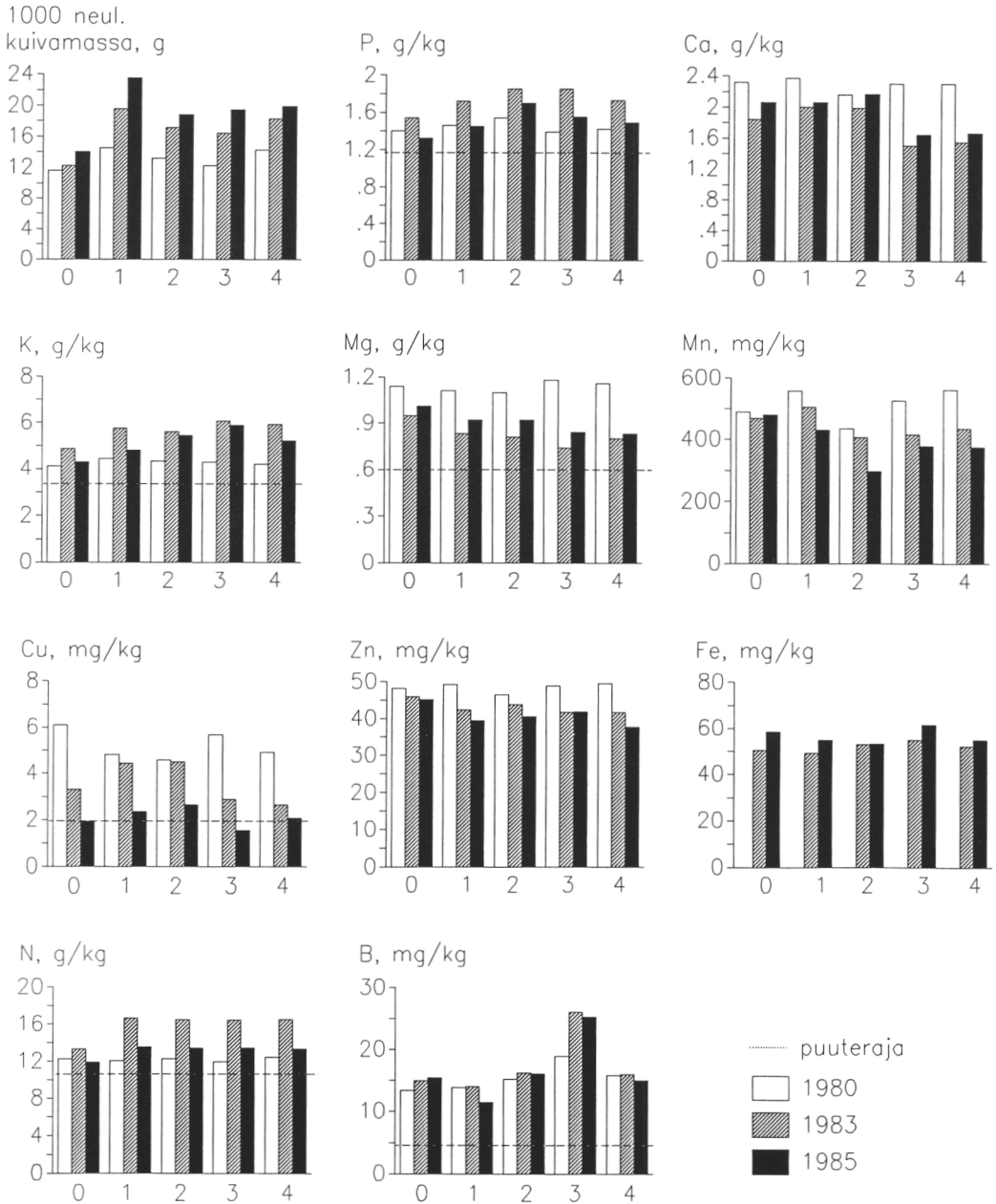
typpipitoisuutta muutamaksi vuodeksi. Kolmen kasvukauden jälkeen lannoituksesta lukien typpipitoisuus oli runsaan viidenneksen (23 %) korkeampi kuin lannoittamattomilla koelajoilla. Viiden kasvukauden kuluttua vastaava ero oli enää 13 %. Lannoitus lisäsi myös neulasten fosforipitoisuutta. Eniten vaikutti tuhkalannoitus. Lannoitusvaikeus oli yhtä selvä kolmannen ja viidennen kasvukauden jälkeen. Kaliumpitoisuudet lisääntyivät myös kaikilla lannoituksilla, mutta pysyivät koko ajan korkeina vain typen lisäksi kalia saaneissa puissa. Merkille pantavaa on, että pelkkä typpilannoitus lisäsi myös neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuksia. (Koska kokeessa on analysoitu vain näytteenottotalvea edeltäneenä kesänä kasvaneita neulasia, on todennäköistä, että männyt ovat siirtäneet kalia ja fosforia vanhemmista neulasista uusiin säilyttääkseen ravinnesuhteet uusimmissa neulasissa.) Neulasten Mg-pitoisuudet vaihtelivat eri näytteenottovuosien välillä enemmän kuin lannoituskäsittelyjen välillä. Neulasten Mg-pitoisuuteen saattaa vaikuttaa kasvukausien sääolosuhteet. Näytepuiden neulasten booripitoisuudet kohosivat selvästi puutarhan Y-lannoksella lannoitetuilla ruuduilla.

## Tarkastelua

Ilmansaasteiden mukana maahan tulevan happokuorman oletetaan vaikuttavan siten, että lisääntynyt vetyionipitoisuus irrottaa maahiukkasten pintaan sitoutuneita emäskationeja veteen ja "ylimääräiset" vetyionit siirtyvät niiden vapauttamille paikoille maahiukkasten pinnoille. Tämä reaktio pyrkii pitämään maan happamuuden vakiona. Emäskationeista kalium on pääosin maanesteessä ja kalsium on magnesiumia lujemmin pidättynyt maahiukkasiin (Derome 1989).

Magnesium saattaisi olla se ravinne, jota suhteellisesti eniten tällä tavalla joutuisi vaihtopaikoilta veteen ja huuhtoutumiselle alttiiksi (Helmisaari ja Mälkönen 1989). Neulasten Mg-pitoisuus aleni lannoituksen jälkeen siitä huolimatta, että lannoituksessa maahan lisätty magnesium lisäsi selvästi humuksen vaihtuvan Mg:n pitoisuuksia. Puuntuhkassa on vain vähän vesiliukoista magnesiumia, mutta viisi vuotta tuhkan levityksen jälkeen humuskerroksen vaihtuva Mg-pitoisuus oli viisinkertainen lannoittamattomiin koelajoihin verrattuna. Samalla kuitenkin vaihtuvan kalsiumin määrä seitsenkertaistui ja voi olla, että lisääntynyt Ca-pitoisuus humuskerroksessa vaikeuttaa juurten Mg:n ottoa. Puutarhan Y-lannoksessa annettiin vesiliukoista Mg:a 45 kg hehtaarille ja siinä oli kalsiumia vain 18 kg, joten sen olisi pitänyt lisätä Mg:n saatavuutta, kuten maanäytteiden perusteella näyttää käyneenkin, mutta neulasanalyysin tuloksissa Mg-pitoisuudet tällä käsittelyllä olivat alhaisimpia. Eräällä lannoituskokeella Kurussa n. 30-vuotiaassa puolukkatyypin männikössä olivat neulasten Mg-pitoisuudet vuoden kuluttua lannoituksesta seuraavat: lannoittamaton 1,3, typpilannoitus oulunsalpietarilla (150 kg N/ha) 0,9 ja moniravinnelannoitus, jossa annettiin typpeä, fosforia, kaliumia ja magnesiumia 80 kg/ha 1,1 mg/g (julkaisematon koetulos).

Puolangalla 13-vuotiaassa kuusentaimikossa ennen istutusta tehty kalkitus (3000 kg dolomiittikalkkia/ha) nosti neulasten Mg-pitoisuuden 0,8:sta 1,0:aan mg/g, mutta niillä koelajoilla, jotka oli kalkittu ja myöhemmin lannoitettu typpirikkaalla Y-lannoksella (900 kg/ha) neulasten Mg-pitoisuus oli sama kuin lannoittamattomilla taimilla (Levula 1990). Näyttää siis siltä, että Mg-lannoitus annettuna yhdessä muiden helpommin vaihdettavien kationien kanssa ei lisää neulasten Mg-pitoisuutta.



**Kuva 7.** Lannoituskäsittelyjen vaikutus neulasten kuivamassaan (1000 neul. kuivamassa, g) ja ravinnepitoisuuksiin. 1980 = ennen lannoitusta, 1983 ja 1985 = kolmen ja viiden vuoden kuluttua lannoituksesta. Selitykset kuten kuvassa 2.

## Kasvunlisäystä vain typpilannoituksella

Puun tuhkassa on tyypeä lukuunottamatta samoja ravinteita ja liki samassa suhteessa kuin puissa. Kulotuksessa tuhkaa syntyy 500 - 1000 kg hehtaarilla. Kokeessa käytetty tuhkamäärä (2000 kg/ha) vastaa ainakin kahta kulotuskertaa. Puutarhan Y-lannoksessa on 13 kasviravinnetta. Kokeelle on lannoitetta levitetty ennen vuoden 1989 mittauksia kahdessa erässä yhteensä 3600 kg/ha.

Mäntyjen harsuuntumista ei tässä tutkimuksessa arvioitu. Lannoitetut puut kasvoivat kuitenkin tutkimusjakson aikana selvästi enemmän kuin lannoittamattomat. Kasvu perustuu neulasissa tapahtuvaan yhteyttämiseen, joten paremmin kasvavissa puissa täytyy siten olla myös enemmän neulasia.

Talousmetsiä lannoitettaessa lannoituksen täytyy antaa taloudellista hyötyä. Lannoituksen perusteluksi ei saa riittää esim. humuksen happamuuden vähentäminen.

Kokeen tuloksesta voidaan päätellä, että tällaisella suhteellisen karulla hiekkaamalla mäntyjen kasvua voidaan parantaa ainoastaan typpilannoituksella. Merkillepantavaa on, ettei mikään lannoituskäsittely vähentänyt versosyvän aiheuttamaa latvuksen lyhentymistä.

## Kirjallisuus

- Berdén, M., Nilsson, S. I., Rosen, K. & Tyler, G. 1987. Soil acidification extent, causes and consequences. An evaluation of literature information and current research. National Swedish Environmental Protection Board 3292.
- Derome, J. 1989. Acid induced aluminium mobilization in Finnish mineral soils. Teoksessa: Regional acidification models. Springer-Verlag. s. 24-30.
- Derome, J., Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. National Swedish Environment Protection Board. Report 3084. 107 p.
- Gustavsen, H. G. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia Forestalia* 246. 20 s.
- Helmisaari, H.-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.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste. Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 114. 55 s.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttu-neissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soil. *Folia Forestalia* 577. 20 s.
- Levula, T. 1990. Muokkaus metsän uudistamiseksi. Kangasmaiden ominaisuudet ja hoito. Maantutkimuspäivä Kouvolassa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 370: 73-84.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikossa.

- Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 352. 22 s.
- Mälkönen, E. 1989. Typpilannoituksen vaikutus metsämaahan. Teoksessa: Metsänlannoituksen vaikutukset. KML Tapio. 8 s.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1991. Harmaalepän vesojen biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö. Summary: Biomass production and nutrient consumption of the sprouts of *Alnus incana*. *Folia Forestalia* 768. 25 s.
- Tamminen, P. & Mälkönen, E. 1986. Kangasmaiden herkkyys happamoitumiselle. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 210. 25 s.
- Viro, P. J. 1972. Die Walddüngung auf Finnischen Mineralböden. *Folia Forestalia* 138. 19 s.



## **Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja**

- No. 1 Eero Paavilainen ja Veikko Koskela. Parkanon tutkimusasema 1961-1970. 1972.
- No. 2 Eero Paavilainen ja Seppo Kaunisto. Männyn koneellinen istutus Mara-istutus-koneella verrattuna käsinistutukseen avosuon metsityksessä. 1973.
- No. 3 Tutkimuspäivän esitykset. 1976.
- No. 4 Seppo Kaunisto. Alkkian kenttäkokeet 1961-1975. 1976.
- No. 5 Kaarlo Kinnunen. Kylvö- ja istutusajankohdan vaikutus kennotaimien alkukehitykseen. 1977.
- No. 6 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvömenetelmien vertailua. 1977.
- No. 7 Tutkimuspäivän esitykset. 1978.
- No. 8 Tutkimuspäivän esitykset. 1979.
- No. 9 Tutkimuspäivän esitykset. 1980.

## **Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja**

- No. 94 Tutkimuspäivän 1982 esitelmät. 1982.
- No. 108 Kaarlo Kinnunen ja Ilkka Laurila. Erilaisten männyntaimien juuriston ja verson alkukehitys karuhkolla moreenimaalla. 1983.
- No. 116 Hannu Raitio. Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä taimitarhoilla ja kivennäismailla. 1983.
- No. 137 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. 1984.
- No. 144 Seppo Kaunisto. Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyntaimien kehityksestä suonpohjan turpeella. 1984.
- No. 177 Seppo Kaunisto. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. 1985.
- No. 184 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1984. 1985.
- No. 202 Seppo Kaunisto ja Kaarlo Kinnunen. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyn taimien alkukehitykseen maastossa. 1985.
- No. 215 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvötuppaiden harventamisesta. 1986.
- No. 225 Hannu Raitio ja Eero Tikkanen. Nuorten mäntyjen kalsium- ja magnesiumta-  
louden häiriö kuivalla kankaalla. 1986.
- No. 235 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1985. 1986.
- No. 236 Seppo Kaunisto, Kaarlo Kinnunen, Sulo Lehtinen, Kalle Nevanranta ja Jorma  
Tukeva. Alkkian kenttäkokeet 1961-1986. 1986.
- No. 270 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1986. 1987.
- No. 300 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1987. 1988.
- No. 337 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1988. 1989.
- No. 369 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1989. 1990.

Tiedonantoja on saatavissa Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalta  
(39700 Parkano, puh. 933-82912).

ISBN 951-40-1180-5  
ISSN 0358-4283