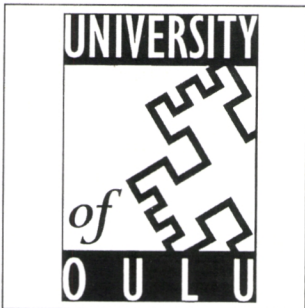
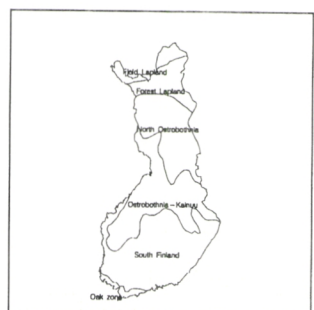


# Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995

Toimittaneet  
Marja-Leena Piironen  
Tuula Väärä



MUHOXEN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Kirjasto

METLA



# Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995

Toimittaneet

Marja-Leena Piironen ja Tuula Väärä

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 598  
1996



**Piironen, M-L. ja Väärä, T. 1996** (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 598. 128 s. ISSN 0358-4283, ISBN 951-40-1507-X.

**Hyväksynyt:** Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 20.12.1996.

**Julkaisija:** Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, FIN-91500 MUHOS. Puh. (08) 5312 200, faksi (08) 5312 211.

**Tilaukset:** Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 HELSINKI. Puh. (09) 8570 5721, faksi (09) 8570 5717.

## Sisällys

<b>Dosentti Eero Kubin / Metla:</b> Lukijalle	
<b>FK Jarmo Poikolainen / Metla:</b> Yhteistyö Karjalan tiedekeskuksen Metsäinstituutin kanssa Kostamuksen kaivoskombinaatin ympäristövaikutuksen tutkimisessa .....	1
<b>Ylitarkastaja Sirkka-Liisa Markkanen / Kainuun ympäristökeskus:</b> Lähialueyhteistyö Kainuun Ympäristökeskuksessa .....	9
<b>MH Pentti Niemistö / Metla ja Antti Isomäki / Metla:</b> Koealasarja luonnontilaisten metsien tutkimusta varten .....	13
<b>Dosentti Eero Kubin / Metla ja mti Pentti Savilampi / Metla:</b> Männyn taimikon perkaustapa ja energiapuun tuotos .....	23
<b>MH Mikko Moilanen / Metla, FM Marja-Leena Piironen / Metla ja MH Juhani Karjalainen / Metsähallitus:</b> Turpeen ravinnevarat metsähallituksen vanhoilla ojitusalueilla .....	35
<b>FT Pekka Pietiläinen / Metla ja professori Pekka Lähdesmäki / Oulun yliopisto:</b> Typen mineralisoituminen - perusteet ja vaikutukset puustolle .....	55
<b>Professori Pekka Lähdesmäki / Oulun yliopisto ja FT Pekka Pietiläinen / Metla:</b> Arginiini männyn eri kehitysvaiheissa .....	71
<b>Dosentti Eero Kubin / Metla, MH Mikko Moilanen / Metla ja FM Marja-Leena Piironen / Metla:</b> Alikasvosten hyödyntäminen metsänuudistamisessa .....	79
<b>FK Jarmo Poikolainen / Metla, dosentti Eero Kubin / Metla ja suunnittelija Jouni Karhu / Metla:</b> Metsäpuiden ja -kasvien vuotuisen rytmien seuranta .....	87
<b>Mti Pentti Savilampi / Metla ja dosentti Eero Kubin / Metla:</b> Korkeiden maiden metsänuudistamismenetelmän valinnasta .....	95
<b>MH Matti Oikarinen / Metla ja mti Jorma Pasanen / Metla:</b> Luontaisen kuusentaimikon synnystä ja taimikon jatkokäsittelystä Kainuussa .....	107
<b>MML Jukka Valtanen / Metla:</b> Metsänhoidon muutokset puolen vuosisadan aikana .....	117



# Lukijalle

Muhoksen tutkimusasema perustettiin 26 vuotta sitten Pohjanmaan ja Kainuun metsäntutkimuksen tehostamiseksi; tuomaan alueella metsätaloutta harjoittaville uutta käytäntöön soveltuvaa tutkimustietoa. Alueellisista lähtökohdista toimintansa aloittaneelle asemalle oli johdonmukaista nopea uusista tutkimustuloksista tiedottaminen heti toiminnan alkuvuosista lähtien. Ensimmäinen nykyistä vastaava tutkimuspäivä järjestettiin jo vuonna 1975. Kajaanissa 30.11.1995 pidetty tutkimuspäivä oli järjestyksessään 23. Vuorollaan on oltu Kainuussa, Koillismaalla ja Pohjanmaalla.

Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus ovat ajan kuluessa muuttuneet ja vastaavasti myös tiedon tarve. Kun Muhoksen tutkimusasemalla on vuosien mittaan perustettu runsaasti kenttäkokeita, on pohdittu sitä, mikä on näiden käyttöarvo tutkimuksen painotusten ja tiedon tarpeen muuttuessa. Meille on muodostunut se käsitys, että näitä kenttäkokeita voidaan vielä jatkossa hyödyntää monin tavoin, vaikka useimpien päätulokset on jo julkaistu. Aika on nimittäin metsäntutkijan paras apulainen. Huolellisesti perustetun kenttäkokeen jälkeen tarvitsee itse asiassa vain odottaa ja aikanaan poimia se tulos, joka kokeen vanhetessa ikäänkuin kypsyy valmiiksi. On myös niin, että hyvin vartioituun ja paalutettuun kokeeseen voi vuosien mittaan hiipiä kutsumattomia vieraita, esim. alikasvosta, ja samaa koetta voidaan hyödyntää uudesta näkökulmasta. Metsätalouden käytäntöä palvelevan metsäntutkimuksen erityinen velvollisuus on huolehtia vanhoista käyttökelpoisista kenttäkokeista ja tarpeen mukaan mitata ja raportoida uusi tieto aikaisempien johtopäätösten tueksi tai niitä täydentämään.

Muhoksen tutkimusasemalla on ollut toiminnan alkuvuosista lähtien paljon yhteistyötä yliopistojen, erityisesti 1969 perustetun Oulun yliopiston kanssa. Tähän verrattuna metsäoppilaitokset ovat jääneet vähemmälle. Jatkossa tähän on kiinnitettävä enemmän huomiota. Korostan erityisesti kenttäkokeiden merkitystä, sillä ne tarjoavat runsaasti mahdollisuuksia opetuskohteina, ja niistä löytyy myös opinnäytetöiden aiheita. Metsäntutkimuksen toimintasektorilla tulisi kiinnittää erityistä huomiota myös harjoittelupaikkojen luomiseen sen lisäksi mitä käytännön metsätalous tarjoaa.

Metsäntutkimus muuttuu ja muuttumista tapahtuu myös lähiympäristössä. Maa-kuntaliittojen rooli vahvistuu ja mm. alueellisia metsästrategioita valmistetaan. Näiden laatimisessa tutkimuksella on luonnollisesti merkittävä rooli taustatiedon ja tulevaisuuden tähtävien toimintojen vaikutusten arvioimisessa.

Kansainvälisyys on kaikilla aloilla yhä tärkeämpää. Tässä Muhoksen tutkimusasema pyrkii olemaan mukana omilla osaamisensa alueilla. Joillakin aloilla tämä yhteistyö on jo vakiintunutta ja uutta yhteistoimintaa kehitetään. Erityisesti ruotsalaiset tutkijat ovat kiinnostuneita ja nimenomaan käytännönläheisestä

koetoiminnasta, jota Muhoksen tutkimusasemalla on runsaasti. Venäläisten tutkijoiden kanssa on selvitetty Kostamuksen kaivoskombinaatista peräisin olevien päästöjen leviämistä Kostamuksesta Hyrynsalmelle asti ulottuvalla tutkimuslinjalla. Tutkimuspäivän yhden rupeaman aihepiiri käsittelikin juuri lähialueyhteistyötä.

Tutkimuspäivän ohjelma oli tälläkin kertaa pääpiirtein vastaava kuin aikaisemmin: aseman tutkijat kertoivat uusista tutkimustuloksista, ja tätä täydensivät vierailevien luennoitsijoiden esitykset. Näitä olivat tutkimusjohtaja Matti Kärkkäsen tutkimuksen suuntaamista työllisyysnäkökohtien perusteella ja prof. Pekka Lähdesmäen männyn ja kuusen ravinteiden käytön biokemiallista perustaa käsittelevät esitelmät. Lisäksi kuultiin lähialueyhteistyöhön liittyen kolmea asiantuntijaa. He olivat suunnittelija Matti Heikurainen maa- ja metsätalousministeriöstä, apul. prof. Olli Saastamoinen Joensuun yliopistosta ja ylitarkastaja Sirkka-Liisa Markkanen Kainuun ympäristökeskuksesta.

Tutkimuspäivän puheenjohtajana oli Kainuun metsälautakunnan metsänhoitopäällikkö Kalevi Keränen. Esitän kiitokset alustajille, järjestelyistä vastanneille ja kaikille osallistujille.

Muhoksella 3.12.1995 Eero Kubin



# **YHTEISTYÖ KARJALAN TIEDEKESKUKSEN METSÄINSTITUUTIN KANSSA KOSTAMUKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN TUTKIMISESSA**

**Jarmo Poikolainen**

## **1 Yhteistyön tausta**

Samaan aikaan 1980-luvun lopussa, kun todettiin Kuolan suurten sulattojen rikki- ja raskasmetallipäästöjen uhka Lapin luonnolle, huomattiin, että Venäjällä on Suomen rajan tuntumassa monia muitakin pahoja päästölähteitä. Suuria määriä rikkiä pääsee ilmaan ennen kaikkea Pietarin ja Petroskoin teollisuuslaitoksista. Petroskoin lisäksi Karjalan tasavallan alueella on useita suuria yksittäisiä päästölähteitä. Yksi näistä on Kostamuksen kaivoskombinaatti, joka sijaitsee Karjalan pohjoisosassa aivan Suomen itärajan läheisyydessä.

Karjalan ja Leningradin alueen rikki- ja raskasmetallipäästöjen katsottiin uhkaavan metsien terveydentilaa Karjalassa ja Itä-Suomessa. Tilanteen kartoittamiseksi Metla aloitti syksyllä 1991 viisivuotisen tutkimushankkeen 'Karjalan metsien terveydentila', jota ovat rahoittaneet ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö. Siinä tutkitaan Kaakkois-Suomeen ja Karjalan Kannakselle tulevaa laskeumaa ja sen vaikutuksia metsien terveydentilaan. Hankkeen vastuututkijana toimii FT Ilari Lumme Vantaan tutkimuskeskuksesta. Metlan yhteistyökumppanina tällä alueella on 'Lesproject' Pietarista. Hanketta laajennettiin vuonna 1992 niin, että siihen tulivat mukaan myös tutkimukset Kostamuksen kaivoskombinaatin päästöjen vaikutuksista metsiin Kostamuksen ja Kainuun alueilla. Tämän osahankkeen tutkimuksista vastaa Muhoksen tutkimusasema yhteistyössä Karjalan tiedekeskuksen metsäinstituutin (KTM) kanssa.

## **2 Kostamuksen kaivoskombinaatti ja sen päästöt**

Kostamuksen kaivos ja kaupunki rakennettiin pääosin suomalaisten toimesta vuosina 1977–1985. Kombinaatti, nykyiseltä nimeltään Karjalan Pelletti Oy, aloitti toimintansa vuonna 1982. Kaivoskombinaatin tuotantotilat ovat vieläkin nykyaikaisia verrattuna Karjalan muihin teollisuuslaitoksiin. Savukaasut pääsevät kuitenkin kombinaatin piipuista puhdistamattomina ilmaan. Kostamuksen rikkipäästöt olivat vuosina 1987–1992 noin 60 000 tn vuodessa. Sen jäl-

keen ne ovat vähentyneet noin 50 000 tonniin vuodessa tuotannon laskun myötä. Rikin lisäksi kombinaatista pääsee ilmaan runsaasti pölyä, noin 5 000 tn vuodessa. Pöly koostuu lähinnä raudasta ja kalsiumista. Suuret kalsiumpäästöt johtuvat siitä, että pelletteihin lisätään kalkkia.

Kostamuksen kaivoskombinaatti on yksi Suomen lähialueyhteistyön avustuskohteista. Tampella Power on asentanut ympäristöministeriön rahoituksella yhteen kombinaatin kolmesta tuotantolinjasta savukaasujen puhdistuslaitteet. Niiden on määrä olla toiminnassa näillä näkymin syksyllä 1996. Kahden muun tuotantolinjan puhdistuslaitteet saadaan toimintakuntoon todennäköisesti vuosien 1997 ja 1998 aikana.

### 3 Yhteisprojekti 'Kostamuksen päästöjen vaikutukset metsiin'

#### 3.1 Näytealat

Tutkimuksia varten Muhoksen tutkimusasema perusti yhteistyössä KTM:n kanssa kesällä 1992 kaivoskombinaatista länteenpäin gradienttilinjan, jolla on kahdeksan näytealaa (kuva 1). Läntisin näyteala sijaitsee Hyrynsalmella runsaan 100 km:n päässä kombinaatista. Näytealat on perustettu kuivan tai kuivahkon kankaan männiköihin.

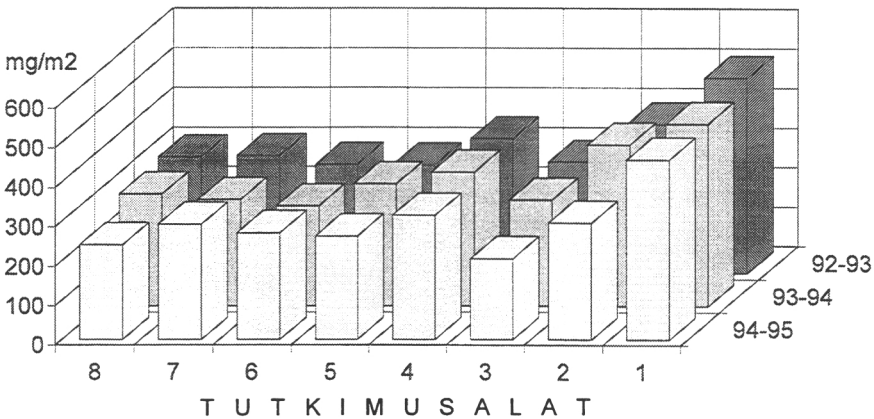


Kuva 1. Näytealojen sijainti.

### 3.2 Suomalaisen tutkimusaiheet yhteishankkeessa<sup>2</sup>

Suomesta osahankkeeseen on osallistunut seitsemän tutkijaa Metlan eri tutkimuspisteistä. Hankkeen vastuututkijan Ilari Lumpeen lisäksi mukana ovat Jarmo Poikolainen, Harri Lippo, Eero Kubin ja Pentti Niemistö Muhokselta, Seppo Nevalainen Joensuusta, Sirkka Sutinen Suonenjoelta ja Pekka Niemelä Vantaalta.

Laskeumamittaukset ovat muodostaneet tutkimusten perustan. Laskeumaa on mitattu kuukausittain kerätyistä vesinäytteistä vapaasta sadannasta, metsikkösadannasta ja maavesistä (kuva 2). Raskasmetallilaskeumaa on kartoitettu myös bioindikaattorien avulla (sammalet, jäkälät, kaarna). Laskeuman vaikutusta metsäekosysteemiin on tutkittu monin eri tavoin, mm. sen vaikutusta puuston ravinnetilaan (neulaset), puuston terveydentilaan (harsuuntuneisuus, sienituhot, hyönteistuhot, neulasvauriot) ja maaperän happamoitumiseen ja maaperän ravinnetilaan. Laskeuman vaikutusta puiden kasvuun on selvitetty lisäkoealoilta.



Kuva 2. Esimerkki laskeumamittauksista: Sulfaattiikkilaskeuma metsikkösadannassa tutkimusvuosina 1992–93, 1993–94 ja 1994–95.

### 3.3 Venäläisten tutkimusaiheet yhteishankkeessa

Karjalan tiedokeskuksen metsäinstituutin tutkijat ovat tutkineet kombinaatin päästöjen vaikutuksia metsiin jo vuodesta 1987 lähtien. He ovat perustaneet omia tutkimuksiaan varten Kostamuksen alueelle 16 näytealaa mustikkatyypin metsiin. Suuri osa yhteisprojektin venäläisten tutkijoiden tutkimusaiheista liittyy läheisesti heidän omiin tutkimuksiinsa Kostamuksen alueella.

Metsäinstituutin tutkijoiden osuus yhteishankkeen tutkimuksista on ollut merkittävä, sieltä on osallistunut tutkimuksiin kymmenkunta tutkijaa. Vastuututkijana on toiminut maaperälaboratorion johtaja Natalia Fedorets. Metsäinstituutin tutkijat ovat tutkineet myös puuston terveydentilaa ja tuhoja, mutta laajemmalla alueella kuin suomalaiset. Gradienttilinjalta he ovat kartoittaneet maaperän ominaisuuksia ja laskeuman vaikutusta maaperän mikrobiologiseen tilaan. Samoin he ovat selvittäneet ilmansaasteiden vaikutusta männyn neulasten fysiologiaan ja biokemiaan. He ovat tutkineet myös ilmansaasteiden vaikutusta epifyyttikälkien runsauteen ja sienijuurten kuntoon.

### **3.4 Seminaarit ja vierailut**

Jo ennen kuin varsinaiset tutkimukset alkoivat, pidettiin Muhoksen tutkimusaseman nykyisen johtajan Eero Kubinin aloitteesta Kajaanissa kesäkuussa 1992 Kostamuksen kaivoskombinaatin ympäristövaikutuksia käsittelevä seminaari. Seminaariin oli kutsuttu esitelmöitsijöitä sekä Suomesta että Venäjältä. Koko 'Karjalan metsien terveydentila'-hankkeen puitteissa on pidetty vuosittain seminaareja, joissa tutkijat ovat esitelleet tutkimustensa tuloksia ja keskustelleet tutkimuksista. Hankkeen loppuseminaari pidettiin helmikuussa 1996 Vantaalla.

Varsinaisten työmatkojen lisäksi on tehty myös vierailuja. Muhoksen tutkimusasemalta on käynyt tutkijoita ja muuta henkilökuntaa pariinkin otteeseen tutustumassa KTM:n toimintaan Petroskoissa. KTM:sta on puolestaan vierailut tutkijoita vuosittain Muhoksen tutkimusasemalla, viimeksi elokuussa 1995. Suomen ja Venäjän välinen TT-komissio on rahoittanut venäläisten vierailut Suomessa.

## **4 Käytännön kokemuksia yhteistyöstä**

### **4.1 Tutkimusten rahoitus**

Sekä Metsäntutkimuslaitos että Karjalan tiedekeskuksen metsäinstituutti ovat rahoittaneet yhteishankkeessa itse omat tutkimuksensa. Ympäristöministeriö on myöntänyt vuosittain Metlalle varoja näytteiden keruuta, näytteiden analysointia ja muita toimintakuluja varten. Metla on maksanut muut kulut, kuten hankkeessa mukana olevien Metlan työntekijöiden palkat, omista tutkimusvaroistaan. KTM on saanut varat omiin tutkimuksiinsa Venäjän keskushallinnolta Moskovasta. Venäjän huonosta taloudellisesta tilanteesta johtuen KTM:n tutkimusvarat ovat kuitenkin vuosi vuodelta pienentyneet. Suomen ja Venäjän välinen TT-komissio on maksanut KTM:n tutkijoiden matkakustannukset Suomen puolella. Muhoksen tutkimusasema on vastannut venäläisten majoituksista ja kuljetuksista Suomessa.

## 4.2 Näytealojen perustaminen ja näytteiden keruu

Gradienttilinjan perustamisessa ongelmana oli sopivien näytealojen löytäminen Venäjän puolelta. Niiden tuli nimittäin sijaita noin 80-vuotiaissa kuivan kankaan mäntymetsissä, joissa maaperän piti olla lisäksi kivetöntä. Metsät Kostamuksen alueella ovat suurimmaksi osaksi vanhoja ja lajittuneita maita on hyvin vähän. Loppujen lopuksi alueelta löytyi maaperän puolesta suhteellisen hyvät tutkimuspaikat. Puuston ikävaatimuksista jouduttiin kuitenkin jonkin verran tinkimään. Kostamuksen luonnonsuojelualueella sijaitsevien näytealojen perustamiseen tarvittiin erityisluvat.

Näytteiden keruu yhteishankkeessa on hoidettu siten, että kumpikin tutkimusosapuoli on kerännyt itse omat näytteensä ja käyttänyt keruussa omia menetelmiään. Muhoksen tutkimusasema on vastannut vesinäytteiden keruusta laskeumamittauksia varten ja ne on haettu koealoilta kuukausittain. Muut näytteet, sekä suomalaisten että venäläisten tutkijoiden, on kerätty aina tarpeen mukaan näillä samoilla matkoilla. Suomalaiset ovat vastanneet kuljetuksista ja kumpikin osapuoli on tarvittaessa auttanut toista osapuolta näytteiden keruussa. Ongelmia on aiheutunut jonkin verran siitä, että paikalliset asukkaat ovat vieneet Kostamuksen näytealoilta keruulaitteita ilmeisesti marja-astioikseen.

Näytealojen perustamiseen, näytteiden keräykseen ja kuljetuksiin rajan yli on tarvittu monenlaisia sopimuksia ja lupia. Metlan ja KTM:n välillä on tutkimusyhteistyösopimus, joka on taannut sen, että Venäjän eri virastoista on saatu luvat Venäjän tullia varten. Näytteiden tuontiin on tarvittu vuosittain luvat Karjalan tasavallan ekologian ja luonnonvarojen ministeriöstä, Karjalan tasavallan saniteettiepideemiologisesta keskuksista ja Venäjän maatalousministeriöstä. Suomen tullissa on selvitty selvästi pienemmällä lupamäärällä ja luvat on saatu Suomen viranomaisilta yleensä koko hankkeen ajaksi.

## 4.3 Näytteiden analysointi ja tulosten käsittely

Kumpikin osapuoli on analysoinut itse omat näytteensä. Tutkimustulosten luotettavuuden kannalta olisi ollut paras, että kaikki näytteet olisi analysoitu sekä KTM:n että Muhoksen tutkimusaseman laboratorioissa. Vähäisten tutkimusvarojen vuoksi vain osa neulas-, sammal- ja humusnäytteistä on analysoitu sekä Muhoksella että Petroskoissa. Joitakin poikkeuksia lukuunottamatta analyysitulokset ovat olleet yhteneviä. Havaitut erot tuloksissa saattavat johtua mm. erilaisista näytteenotto- ja analyysimenetelmistä. Osa KTM:n tutkijoiden mittaustuksista, mm. jäkäläien hengitysmittaukset, on tehty Pietarin yliopiston kasvitieteen laitoksella.

## 4.4 Tulosten julkaiseminen

Tutkijat ovat voineet julkaista omat tutkimustuloksensa itsenäisesti. Koska kyseessä on yhteistutkimus, tavoitteena ovat olleet myös yhteisjulkaisut. Yhteishanke ja venäläisten aikaisemmat tutkimukset mukaan lukien Kostamuksen alueelta on kertynyt runsaasti erilaista mittaustietoa päästöjen vaikutuksista. Tuloksia tutkimuksista on jo julkaistu pääasiassa suomalaisten tutkijoiden toimesta useissa yhteyksissä, mm. koko hankkeen väliraportissa. Hankkeen loppuraportti valmistuu vuonna 1996.

Vaikka Karjalan metsäinstituutin tutkijat ovat selvittäneet kombinaatin päästöjen vaikutuksia Kostamuksen alueen metsiin jo 1980-luvun lopulta lähtien, he ovat julkaisseet niistä hyvin vähän tuloksia. Syynä lienee mm. rahavarojen niukkuus. Venäjällä on suhteellisen vähän tulosten julkaisemiseen sopivia sarjoja. Tuloksien julkaisemista länsimaisissa sarjoissa rajoittaa taas monien tutkijoiden huono englanninkielen taito.

## 5 Tutkimusten ja yhteistyön merkityksestä

Kostamuksen kaivoskombinaatti ei ole Venäjällä kaikkein suurimpia päästölähteitä. Esimerkiksi Kuolan rikkipäästöt ovat lähes kymmenen kertaa suuremmat kuin Kostamuksen rikkipäästöt. Kostamuksen päästöt ovat kuitenkin lähes puolet Suomen rikkipäästöistä ja ne rasittavat paitsi Kostamuksen myös Kainuun itäosien luontoa. Yhteistutkimuksessa on pystytty selvittämään näille alueille tulevan laskeuman määrä ja laskeuman vaikutuksia metsien terveydentielle. Tutkimustulokset julkaistaan hankkeen loppuraportissa vuonna 1996.

Kostamus on laajalla alueella ainoa merkittävä päästölähde. Ennen kaivoksen ja rikastamon perustamista alue oli ilman epäpuhtauksien suhteen lähes puhdasta tausta-alueetta. Täällä voidaan tutkia laskeuman aiheuttamia vaikutuksia lähes luonnontilaisessa metsäekosysteemissä. Tutkimusten kannalta alue on siinäkin mielessä hyvä, että kombinaatista pääsee ilmaan suhteellisen vähän erilaisia yhdisteitä, jolloin vaikutusten selvittäminen on helpompaa kuin alueilla, missä on paljon erilaisia päästölähteitä. Kun rikastamon savukaasujen puhdistuslaitteet saadaan täysitehoisesti toimintaan todennäköisesti jo vuosina 1996–1997, Kostamuksen ympäristössä on mahdollisuus tutkia myös rikkilaskeuman vähenemisen vaikutuksia metsäekosysteemissä.

Tämänkaltaisen yhteisprojekti Kostamuksen alueella ei olisi ollut mahdollinen vielä runsaat viisi vuotta sitten ennen Venäjällä tapahtuneita muutoksia. On erittäin tärkeää, että Suomen ja Venäjän välillä on ympäristön tilaan ja metsiin liittyvää yhteistutkimusta. Tutkimukset lisäävät toivon mukaan ympäristötietoutta sekä Suomessa että ennen kaikkea Venäjällä. Toivottavaa olisi, että Ve-

näjän heikosta taloudellisesta tilanteesta huolimatta eri tahoilta tuleva uusi tieto päästöjen ympäristöä tuhoavista vaikutuksista lisääisi ympäristön suojeluun käytettävien rahojen osuutta Venäjällä. Suomenkin kannalta on etu, että sen lähialueilla ei ole ympäristöä kuormittavia päästölähteitä. Tällä hetkellä yhteistutkimusten pahin ongelma on Venäjän heikko taloudellinen tilanne. Yhteistyö ei voi olla täysipainoista, jos yhteishankkeen toisen osapuolen tutkijat eivät voi olla edes varmoja palkanmaksusta.

## 6 Yhteistyön jatkaminen

Kokemukset yhteistyöstä kolmen vuoden jälkeen ovat pääosin myönteisiä. "Karjalan metsien terveydentila" -hanke päättyy vuonna 1996. Muhoksen tutkimusasema on kuitenkin halukas jatkamaan yhteistyötä KTM:n kanssa Kostamuksen ympäristövaikutusten tutkimisessa hankkeen päätyttyäkin. Mikäli jatkotutkimuksiin saadaan rahoitus, niin jatkossa on tarkoitus selvittää kombinaatin savukaasujen suodatuksen vaikutus laskeumaan Kostamuksen ja Kainuun alueilla. Vuosien 1992–1995 laskeumamittaukset muodostaisivat näille mittauksille luotettavan vertailusarjan.

## Kirjallisuus

- Poikolainen, J. 1994. Kostamuksesta Kainuuseen tuleva ilman epäpuhtauksien laskeuma. Julkaisussa: Moilanen, Mikko, Murtovaara, I., Moilanen, Merja & Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508: 21-28.
- Poikolainen, J., Lippo, H. & Federets, N. 1994. Ilman epäpuhtauksien laskeuma ja neulasten ravinnetila Kostamuksen ja Kainuun männiköissä. Julkaisussa: Lumme, I. (toim.). Karjalan metsien terveydentila -tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 489: 16-20.
- Poikolainen, J. & Lippo, H. 1995. The effects of the emissions of the Kostomuksha mining complex on the chemical composition of deposition and soil water in the surrounding pine forests. Julkaisussa: Grennfelt, P., Rodhe, H., Thörmelöf, E. & Wisniewski, J. (toim.). Acid Reign '95?. Proceedings from the 5th International Conference on Acidic Deposition, Göteborg, Sweden, 26-30 June 1995. Water, Air and Soil Pollution 85: 1689-1694.





# LÄHIALUEYHTEISTYÖ KAINUUN YMPÄRISTÖKESKUKSESSA

**Sirkka-Liisa Markkanen**

Kainuun ympäristökeskus

Kainuun ympäristökeskuksessa lähialueyhteistyö sai alkunsa Ystävyden luonnonsuojelun perustamista valmisteltaessa vuonna 1990.

Tärkeimmät venäläiset yhteistyöosapuolet ovat Kostamuksen luonnonsuojelualue, joka on Ystävyden luonnonsuojelualueen venäjänpuoleinen osa ja Venäjän tiedeakatemian Karjalan tiedekeskus sekä Karjalan ympäristöministeriö.

Asiantuntija- ja harjoittelijavaihto sekä tutkimusyhteistyö ovat olleet tärkeimmät yhteistyömuodot. Myös Kostamuksen kaivoskominaatin, Karjalan Pelletti Oy:n, ympäristövaikutukset, ovat olleet yhteistyön kohteena.

Liitteenä 1 on Ystävyden luonnonsuojelualueen osa-alueita esittävä kartta, liitteenä 2 Ystävyden luonnonsuojelualueen suomalais-venäläisen yhteistyön projektit vuosina 1996–97 ja liitteenä 3 Kainuun ympäristökeskuksen luonnonsuojelututkimuksen vastuualueena toimivan Ystävyden puiston tutkimuskeskuksen toiminnan yhteistyötahot.

## YSTÄVYYDEN LUONNONSUOJELUALUEEN OSA- ALUEET



## **YSTÄVYYDEN LUONNONSUOJELUALUEEN SUOMALAIIS-VENÄLÄINEN YHTEISTYÖ 1996–97**

### **Ekologiset seurannat (pitkäaikaiset)**

- Maankäyttö
- Fenologia
- Vedet
- Kasvillisuus ja kasvisto
- Eläimistö
- Uhanalaiset
- Yhdenntetty seuranta Kostamuksessa

### **Erikoistutkimukset (määräaikaiset)**

- Soiden kasvillisuus ja dynamiikka
- Kalojen loiset
- Kiitehenjärven veden soveltuvuus juomavedeksi
- Maannoskartoitus
- Kiitehenjärven lohipopulaatio
- Radioaktiiviset alkuaineet Kostamuksen luonnonsuojelun alueen vesissä
- Metsäpeuratutkimus
- Geologinen kartoitus
- Kulttuurin ja kansanperinteen tutkimus
- Metsäpaloekologia
- Alue-ekologinen tutkimus
- Ekosysteemien ennallistaminen

### **Ympäristövalistus ja -kasvatus**

- Posterinäyttely tutkimustuloksista
- Geologinen luontopolku
- Luontokeskuksen perustaminen Kostamukseen
- Luontoleirit
- Matkailureittien suunnittelu
- Yliopisto-opiskelijoitten opintomatkat
- Koululaisten opintomatkat
- Museon rakentaminen Akonlahteen

### **Erikoisjulkaisut**

- Tieteellinen kokoomajulkaisu yhteistyön tuloksista
- Yhteinen populaarikirja
- Esitteitä, kalentereita ym. tiedotusmateriaalia

## Toiminnan yhteistyötahot

### Suomi

- Ympäristöministeriö
- Metsähallitus, Kainuun puistoalue
- Metsähallitus, luonnonsuojelun kehittämissyksikkö
- VYH, luonnonsuojelututkimusyksikkö
- VYH, Ympäristötietokeskus
- Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri
- Oulun lääninhallitus
- Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos
- Oulun yliopisto, kasvimuseo
- Oulun yliopisto, eläintieteen laitos
- Oulun yliopisto, eläinmuseo
- Oulun yliopisto, maantieteen laitos
- Helsingin yliopisto, eläinmuseo
- Helsingin yliopisto, kasvitieteen laitos
- Joensuun yliopisto
- Turun yliopisto, biologian laitos
- Jyväskylän yliopisto, biologian laitos
- Geologian tutkimuskeskus
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
- Kainuun museo
- Metsäntutkimuslaitos
- Ilmatieteen laitos

### Venäjä

- Kostamuksen luonnonsuojelualue
- Karjalan tasavallan ympäristöministeriö
- Karjalan tutkimuskeskus, Petroskoi
  - Biologian instituutti
  - Metsäinstituutti
  - Geologian instituutti
  - Kielten ja kirjallisuuden instituutti
  - Vesientutkimusinstituutti
- Petroskoin yliopisto
- Kivatsun luonnonsuojelualue
- Magadanin luonnonsuojelualue
- VNIIPRIRODA
- Venäjän tiedeakatemia, Moskova

# KOEALASARJA LUONNONTILAISTEN METSIEN TUTKIMUSTA VARTEN

Pentti Niemistö ja Antti Isomäki

## 1 Johdanto

Metsäntutkimuslaitos aloitti vuonna 1993 tutkimushankkeen luonnontilaisten metsien rakenteen ja kehityksen tutkimusta varten. Vuoden 1995 loppuun mennessä on perustettu 202 koealuetta Suomeen ja 11 Venäjälle Karjalan ja Komin alueille. Tutkimushankkeen tavoitteena on vertailla luonnonmetsien ja talousmetsien ominaisuuksia toisiinsa sekä kehittää luonnontilaa kuvaavia käsitteitä ja mittareita. Yhteistyössä kotimaisten ja ulkomaisten tutkimuslaitosten kanssa tuotetaan perustietoa monimuotoiseen metsäluontoon tähtäävästä metsänhoidosta ja parannetaan metsien luontaisen kehityksen tuntemusta.

Ensimmäisessä vaiheessa Metsäntutkimuslaitos perustaa luonnontilaisia metsiä mahdollisimman hyvin edustavan pysyvien seurantakoealojen verkon, jonka avulla pyritään tuottamaan monipuolista, aikaan ja paikkaan sidottua tietoa luonnontilaisten metsien rakenteesta ja kehityksestä sukkession eri vaiheissa. Täysin ihmisen koskemattomia *luonnonmetsiä* Suomesta tuskin enää löytyy. *Luonnontilaisiksi* tässä tutkimushankkeessa katsotaan metsät, jotka ovat syntyneet luontaisesti ja joissa ei ole havaittavissa lähivuosisikymmenien aikana ihmisen puustoon tai maaperään kohdistamia välittömiä toimenpiteitä. Nuorista metsistä tutkimuskohteiksi kelpaavat ilman maanmuokkausta luontaisesti syntyneet ja käsittelemättömät metsiköt, vaikka edellistä puusukupolvea olisikin käsitelty. Pääasia on se, että tällaisen metsän luonnontilainen kehitys on turvattu eteenpäin. Perustamisen jälkeen tutkimushanke ylläpitää koealaverkkoa ja tarjoaa siihen kuuluvia koemetsiköitä Metlan muiden tutkimushankkeiden ja myös yliopistojen ja muiden tutkimusyhteisöjen käyttöön.

Hankkeen oma tutkimuksellinen mielenkiinto kohdistuu ensisijaisesti luonnontilaisten metsien puustoihin, erityisesti luontaiseen uudistumiseen, puulajidynamiikkaan, puiden väliseen kilpailuun ja tilajärjestykseen, puiden elossapysymisen ja luontaisen kuoleamisen sääntöihin sekä runkokuun ja biomassan tuotokseen.

Koealoja ei perusteta pelkästään vanhoihin metsiin, vaan mahdollisimman monipuolisesti ikä- ja puulajisuhteiltaan vaihteleviin, erilaisilla kasvupaikoilla kasvaviin luontaisesti syntyneisiin metsiin. Tavoitteeksi asetetusta, noin 450:sta koealueesta on valmiina lähes puolet. Jatkossa pyritään löytämään lisää sellaisia metsikkötyyppejä, joihin koealoja on perustettu tähän mennessä niukasti.

Tutkimuksen piiriin tulleilta suojelualueilta puuttuu etenkin nuoria luonnontilaisia metsiä. Myös lehtipuuvaltaisia kohteita on kertynyt niukasti, vaikka kuolemassa ja lahoamassa olevia lehtipuita on löytynyt tyydyttävästi sekapuina.

Hankkeessa pyritään siihen, että pysyvien seurantakoealojen verkkoa voitaisiin laajentaa myös maan rajojen ulkopuolelle. Näin saatava maantieteellinen ulottuvuus antaisi monille metsäekologisille osatutkimuksille laajan, vertaansa vailla olevan taustan. Voidaan myös arvioida, että koealaverkon laajentaminen varsinkin Suomesta itään sijaitseville pohjoisen havumetsävyöhykkeen alueille toisi tutkijoiden ulottuville todella luonnontilaisia metsäkohteita.

## 2 Luonnonmetsäkoealojen perustamistyöt

### 2.1 Metsiköiden valinta

Kokeet sijoitetaan ensisijaisesti valtion omistamiin luonnonsuojelualueisiin eli luonnon- ja kansallispuistoihin sekä Metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen sisäisillä päätöksillä rauhoitettuihin metsiin. Myös muut metsäalueet voidaan ottaa huomioon, mikäli niiden käsittelemättömyydestä saadaan riittävät takeet.

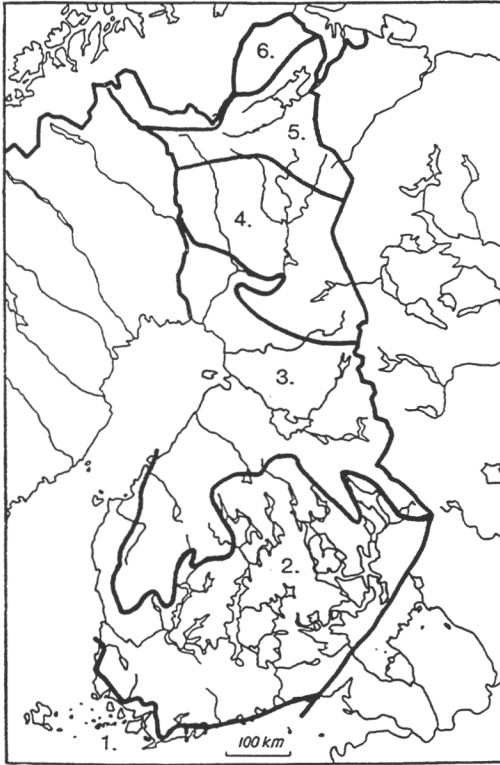
Tavoitteena on luoda eri metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin metsikkökoealojen verkko siten, että kutakin yleistä kasvupaikkatyyppiä kohti saadaan sille tyypillisiä metsikkörakenteita edustavat sarjat seuraavan jaottelun mukaisesti:

Kasvupaikkatypit	Vallitseva puulaji
Lehdot ja lehtomaiset kankaat	kuusi, lehtipuu
Tuoreet kankaat	kuusi, koivu, mänty
Kuivahkot kankaat	mänty, kuusi
Kuivat ja karut kankaat	mänty

Kutakin kasvupaikkatyyppin ja vallitsevan puulajin yhdistelmää kohti pyritään löytämään metsän eri suksessiovaiheita edustavia kohteita seuraavasti:

- uudistumisvaihe, esimerkiksi metsäpalon jälkeinen pioneeripuuston vaihe
- nuoruusvaihe, jolle on tyypillistä mm. latvuskerroksen sulkeutuminen, puulajien välinen kilpailu ja puuston voimakas kasvu
- kypsyyssvaihe, stabiili *pysähtyneisyyden* kausi
- rappeutumisvaihe.

Valtakunnan alue jaetaan kuvan 1 mukaisesti metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin (Lehto 1964).



Kuva 1. Metsäkasvillisuusvyöhykkeet: 1. Saaristo-Suomi, 2. Etelä-Suomi, 3. Pohjanmaa-Kainuu, 4. Peräpohjola, 5. Metsä-Lappi, 6. Tunturi-Lappi.

## 2.2 Metsiköiden määrä

Jos lähdetään edellä kuvatusta metsiköiden tavoitejakaumasta, täydellinen sarja eri puulajien ja kehitysvaiheiden yhdistelmiä edellyttäisi 32 metsikköä. Käytännössä tähän ei katsota päästävän — ainakaan alkuvaiheessa. Kenttätöiden ja tavoitteena olevan koeverkon mitoituksessa oletetaan, että tavoitteeksi asetusta 32 koemetsiköstä korkeintaan 20 löytyy ja voidaan ottaa mukaan.

Metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin metsikkösarjoja tavoitellaan seuraavasti:

Vyöhyke	Sarjoja	Koalueita perustettu	Alueet
1	1	0	Saaristo ja eteläinen rannikko
2	5	70	Lounais-Häme ja Uusimaa, Länsi-Suomen rannikko, Häme, Savo ja Keski-Suomi, Itä-Suomi
3	5	97	Suomenselkä, Pohjanmaa, Kainuu, Ylä-Savo, ns. Lapin kolmio
4	2	22	Etelä-Lappi, Koillismaa
5	1	13	Metsä-Lappi

Tämän jaottelun mukaisesti kangasmaille pyritään perustamaan 14 sarjaa, jotka käytännössä sisältäisivät yhteensä noin 280 metsikköä (täydelliset sarjat = 448 metsikköä). Myöhemmässä vaiheessa tehdään päätökset soiden ja soistuneiden kankaiden mukaanotosta sekä kalliometsien ja poikkeuksellisten kasvu- paikka- ja puustokohteiden seurannasta. Kokonaistavoitteena on pidetty 400–500 pysyvän seurantakokeen verkkoa.

### 2.3 Koemetsikölle asetettavat vaatimukset

Koemetsiköt valitaan yhteistyössä aluehallinnon edustajien kanssa. Karttojen ja muiden asiakirjojen avulla tehdään ennakkosuunnitelma, joka viimeistellään maastotarkastuksen yhteydessä. Koemetsiköiksi pyritään valitsemaan ko. kasvu- paikkaluokkaa keskimääräisesti edustavia, vähintään kahden hehtaarin suuruisia alueita. Mikäli valinnanvaraa on, etusija annetaan metsiköille, jotka yhdessä muodostavat mahdollisimman täydellisen sarjan tavoiteltuja metsikkötyyppejä. Myös metsiköiden sijainti tiestöön nähden ja muutkin niiden saavutettavuuteen liittyvät seikat otetaan huomioon.

### 2.4 Koealojen sijoitus maastoon

Kaikki koealat ovat ympyränmuotoisia, joten niiden sijainti määritellään keskipisteen ja säteen avulla.

Metsikköön perustetaan kaksi, osittain päällekkäistä koealaryhmää, joista toisella seurataan taimikkoa ja toisella varttunutta puustoa. Raja määräytyy puiden rinnankorkeusläpimitan ( $d_{1,3}$ ) mukaan.

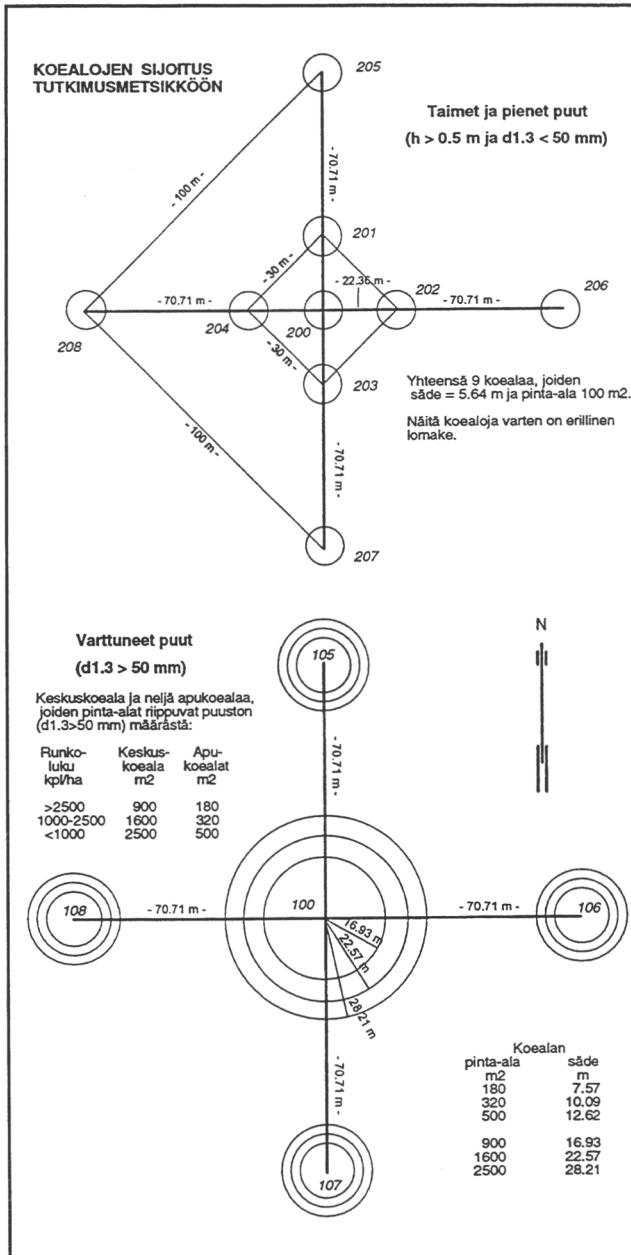
*Taimikkoa ja alle 50 mm läpimittaista puustoa* seurataan yhdeksällä ympyränmuotoisella, keskenään samankokoisella koealalla. Näiden koealojen koko on 100 m<sup>2</sup> eli niiden säde on 5,64 m.

Koealojen keskipisteet sijaitsevat kahdella toisiaan vastaan kohtisuoralla linjalla (kuva 2), jotka sijoitetaan päällimansuuntien mukaisesti siten, että leikkauspiste sijaitsee metsikkökuvion keskialueella.

Yksi koeala sijoitetaan linjojen leikkauspisteeseen eli keskuspisteeseen, neljä 22,36 m:n etäisyydelle ja neljä 70,71 m:n etäisyydelle siitä. Näin määriteltyinä koealojen keskipisteet sijaitsevat kahden sisäkkäisen neliön nurkkapisteissä. Ulommainen neliö on 100 m x 100 m eli 1 ha ja sisempi 30 m x 30 m eli 900 m<sup>2</sup>.



Varttuneen puuston eli läpimitaltaan yli 50 mm puiden seuranta varten metsikköön perustetaan ympyrän muotoinen keskuskoela em. linjojen leikkauspisteeseen ja neljä ympyrän muotoista apukoelaa, joiden keskipisteet ovat samat kuin neljän uloimman taimikkokoealan keskipisteet (kuva 2).



Kuva 2. Koealojen sijoitus tutkimusmetsikköön.

Keskuskoealan koko riippuu yli 50 mm läpimittaisten puiden lukumäärästä seuraavasti:

Runkoluku kpl/ha	Koealan koko m <sup>2</sup>	Säde m	Runkoluku kpl/koeala
<1000	2500	28,21	< 250
1000-2000	1600	22,57	160-320
>2000	900	16,93	> 180

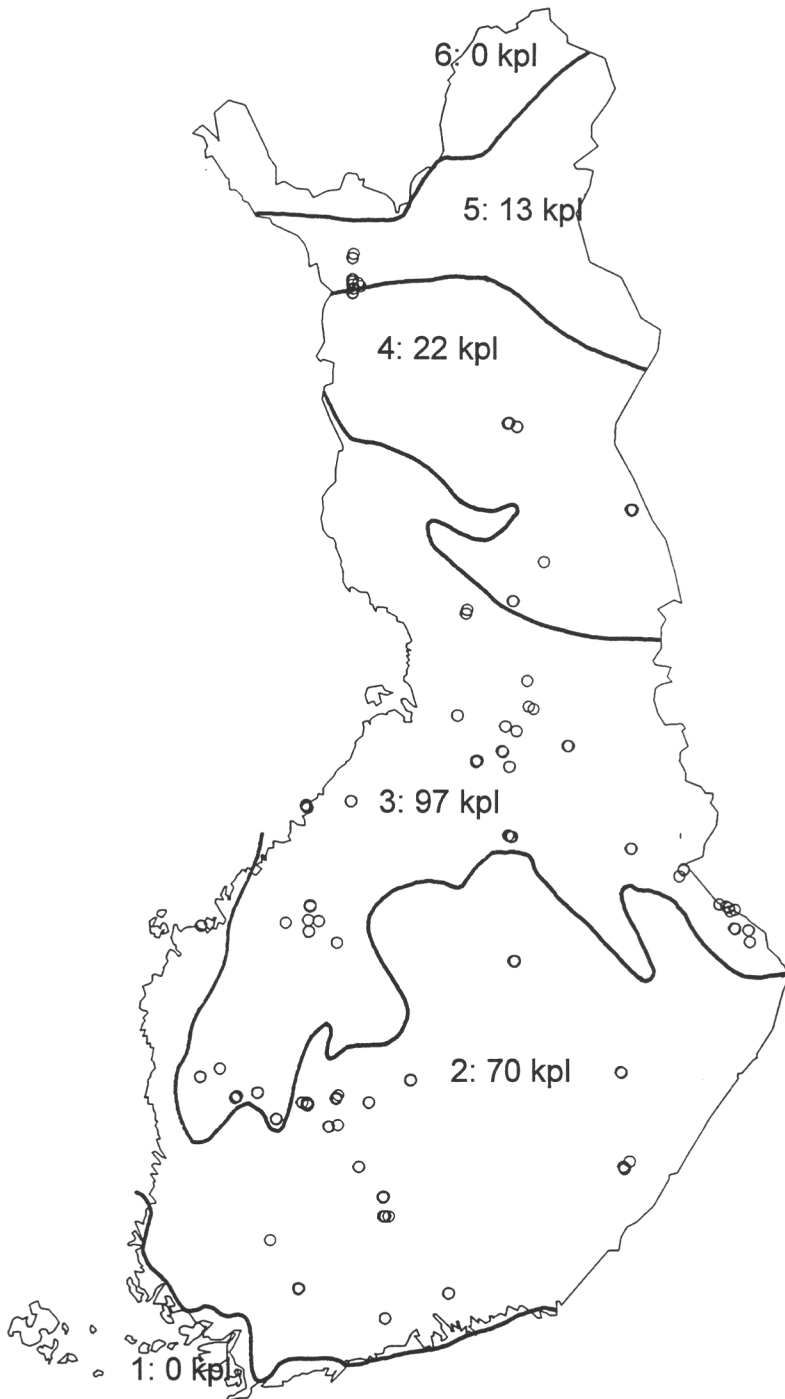
Ympyränmuotoiset neljä apukoealaa sijoitetaan pääilmansuuntien mukaan linjatuille suorille siten, että kunkin keskipisteen etäisyys linjojen leikkauspisteestä on 70,71 m eli ne ovat samankeskeisiä ulommaisten taimikkokoealojen kanssa.

### 3 Vuoden 1995 loppuun mennessä perustetut koealat

Metsäntutkimuslaitoksen eri toimipisteet ovat yhteistyössä maanomistajien ja luonnonsuojelualueiden haltijoiden kanssa perustaneet koealat kaikkiaan 202 luonnontilaisena pysyvään metsikköön Suomessa (kuva 3). Yhteistyössä Karjalan ja Komin tiedekeskusten kanssa koealat on perustettu myös 11 metsikköön Venäjällä. Koealojen perustamista koordinoi tutkija Antti Isomäki Vantaan tutkimuskeskuksesta. Vuosittain ja Metlan eri toimipaikoittain luonnontaimikkokoealoja on perustettu seuraavasti:

Vuosi	kpl	Toimipaikka	kpl
1990	6	Vantaan tutkimuskeskus	39
1991	3	Joensuun tutkimusasema	20
1992	17	Kannuksen tutkimusasema	22
1993	40	Muhoksen tutkimusasema	44
1994	62	Parkanon tutkimusasema	55
1995	74	Rovaniemen tutkimusasema	22
Yhteensä	202		202

Suomeen perustetuista koealoista lähes puolet on tuoreiden ja lehtomaisten kasvupaikkojen kuusivaltaisissa metsissä (taulukko 1). Mäntyvaltaisten metsien painopiste on puolukkatyyppin kuivahkoilla tai kanervatyyppin kuivilla kangkailla, mutta myös reheviä männiköitä sisältyy aineistoon. Koivuvaltaisia metsiä koealasarjasta löytyy tällä hetkellä 12 kappaletta eli 6 % ja onpa mukana myös kaksi paloalueelle perustettua koealaa, joissa ei ollut eläviä puita lainkaan.



Kuva 3. Luonnontilaisten metsien koalaverkosto metsäkasvillisuusvyöhykkeittäin (1995).

Puustojen keski-ikä on 130 vuotta ja tähän mennessä kerätty aineisto sisältää verraten vähän alle 50-vuotiaita tai yli 200-vuotiaita metsiä. Mainittakoon vielä, että mittausten yhteydessä löydettiin tietävästi Suomen korkein kuusi, 43,17 metriä, Vesijaon luonnonpuistosta Padasjoelta. Tasan viisi metriä matalammalla huojuui Pohjois-Suomen ennätyskuusen latva Pudasjärven Olvassuon soidensuojelualueella.

*Taulukko 1. Luonnontilaisten metsien koealasarjaan kuuluvien metsiköiden lukumäärä pääpuulajeittain ja kasvupaikoittain, tilanne vuoden 1995 lopussa.*

Kasvupaikka	Lukumäärä pääpuulajeittain ja kasvupaikoittain					Kaikkiaan
	Paloalue	Haapa	Koivu	Kuusi	Mänty	
Kuiva					25	25
Kuivahko				6	36	42
Tuore	2	1	7	58	19	87
Lehtomainen			5	34	9	48
Yhteensä	2	1	12	98	89	202

Kasvupaikka	Osuus pääpuulajeittain ja kasvupaikoittain, %					Kaikkiaan
	Paloalue	Haapa	Koivu	Kuusi	Mänty	
Kuiva					12,0	12,0
Kuivahko				3,0	18,0	21,0
Tuore	1,0	0,5	3,5	28,5	9,5	43,0
Lehtomainen			2,5	17,0	4,5	24,0
Yhteensä	1,0	0,5	6,0	48,5	44,0	100,0

#### 4 Elävien ja kuolleiden puiden määrä koealoilla

Aineistosta on tehty puuston peruslaskenta lukuunottamatta vuonna 1995 mitattuja 74 metsikköä. Koealoilta on laskettu tärkeimmät hehtaarikohtaiset puustotunnukset (runkoluku, pohjapinta-ala ja tilavuus) sekä keski- ja valtaläpimitat ja vastaavat pituudet puulajeittain niin elävälle kuin kuolleelle puustolle. Kuollut puusto on lisäksi jaoteltu maapuihin ja kuolleeseen pystypuustoon.

Mustikkatyypin tuoreen kankaan koealoilla oli elävää puustoa keskimäärin 300 m<sup>3</sup>/ha, lehtomaisilla kasvupaikoilla yli 400 m<sup>3</sup>/ha ja lehtomaisissa männiköissä peräti yli 600 m<sup>3</sup>/ha (taulukko 2). Vanhoissa kuusivaltaisissa metsissä oli eniten kuollutta puustoa, keskimäärin 45 kuutiometriä pystyssä ja 30 kuutiometriä maapuuta hehtaarilla. Vanhoissa mänty- ja koivuvaltaisissa metsissä sekä maapuuta että kuollutta pystypuuta oli vajaat puolet kuusikoihin verrattuna. Suurin kokonaispuumäärä oli 800 kuutiometriä hehtaarilla.

Taulukko 2. Elävän ja kuolleen puuston keskimääräiset tilavuudet ennen vuotta 1995 perustetuilla luonnontilaisten metsien koealoilla.

	Haapa	Koivu	Pääpuulaji Kuusi	Mänty	Kaikkiaan
<b>Elävä puusto, m<sup>3</sup>/ha</b>					
Kuiva				122	122
Kuivahko			277	192	196
Tuore	281	259	296	303	293
Lehtomainen		418	426	625	485
Keskiarvo	281	330	341	252	294
<b>Kuollut pystypuusto, m<sup>3</sup>/ha</b>					
Kuiva			11		11
Kuivahko			21		20
Tuore	27	27	29	38	35
Lehtomainen		4	17	59	39
Keskiarvo	27	17	19	45	29
<b>Maapuut metsiköissä, joissa niitä esiintyy, m<sup>3</sup>/ha</b>					
Kuiva			9		9
Kuivahko			25		25
Tuore	20	22	10	38	29
Lehtomainen			11	24	23
Keskiarvo	20	22	18	33	24

Noin joka toisella ennen vuotta 1995 perustetulla koealalla valtapuusto kuului ikäluokkaan 101–150 vuotta (taulukko 3). Tätä nuorempia puustoja oli vähän enemmän kuin yli 150-vuotiaita. Yli 200-vuotiaita kuului aineistoon vain 6 %. Mänty- ja kuusivaltaisten metsien ikäjakaumassa ei ole merkittävää eroa.

Myös taimien määrää ja sijaintia mitattiin, mutta siltä osin laskenta on vielä tekemättä. Jatkossa onkin mielenkiintoista nähdä, miten luonnontilaiset metsät uudistuvat. Erikoisuutena osa Oulangan kansallispuiston koealueista Kuusamossa aidattiin siten, etteivät porot pääse häiritsemään metsän *luonnontilaa*.

*Taulukko 3. Luonnontilaisten metsien ikäluokkajakauma ennen vuotta 1995 perustetulla luonnontilaisten metsien koealoilla.*

<b>Pääpuulaji</b>	<b>Paloalue %</b>	<b>1–50 v %</b>	<b>51–100 %</b>	<b>101–150 %</b>	<b>151–200 %</b>	<b>yli 200 %</b>
Koivu			4	3	3	
Kuusi	2	3	5	26	7	3
Mänty		3	12	23	7	3
Yhteensä	2	6	21	52	17	6

## 5 Lopuksi

Luonnontilaisten metsien koealojen sijainti- ja puustotiedot julkaistaan myöhemmin siten, että ne ovat kaikkien tarvitsijoiden käytettävissä. Tavoitteena on saattaa koealat mahdollisimman monipuolisen tutkimuksen piiriin. Metsäntutkimuslaitos vastaa koealaverkon ylläpidosta ja lähinnä puustoon kohdistuvista mittauksista. Alueellisesti niitä käytetään esimerkiksi Oulun läänin ympäristön tilan seurantajärjestelmän luonnontilaisina kontrollialueina. Mikä tahansa muukin luonnontilaisiin metsiin kohdistuva tutkimus on tervetullutta, mikäli se ei vaaranna koemetsien luonnontilaista kehitystä.

Pysyvän koealaverkon perustaminen merkitsee pitkällä aikavälillä luonnontilaisten metsien kohdistuvan tutkimuksen oleellista rationalisointia. Useiden tutkimushankkeiden kohdistaminen samoihin koemetsiköihin vähentää päällekkäistystä, lisää havaintojen luotettavuutta, parantaa ilmiöiden välisten vuorovaikutusten tutkimusmahdollisuuksia ja tuottaa myös muuta synergiaetua, jota erillisillä, lyhytaikaisilla tutkimuksilla ei voida saavuttaa.

Yhteistyö Karjalan Tiedekeskuksen metsäinstituutin kanssa aloitettiin heti hankkeen käynnistämisen jälkeen keväällä 1993. Tähän mennessä Karjalassa on perustettu kahteen luonnonsuojelualueeseen yhteensä kahdeksan seurantakoealaa. Komin tiedekeskuksen edustajat tutustuivat hankkeeseen keväällä 1994 ja käynnistivät omassa maassaan koealojen perustamisen. Tähän mennessä Komin alueelle on perustettu kolme seurantakoealaa. Hanketta kohtaan on ilmaistu kiinnostusta myös Pietarin metsäakatemiassa ja metsätaloudellisessa tutkimuslaitoksessa, Arkangelin metsäinstituutissa sekä Eestin maatalousakatemiassa ja metsäntutkimuslaitoksessa.

## Kirjallisuus

Lehto, J. 1964. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä. Helsinki. 98 s.

# MÄNNYN TAIMIKON PERKAUSTAPA JA ENERGIAPUUN TUOTOS

**Eero Kubin ja Pentti Savilampi**

## 1 Johdanto

Metsänuudistamisen onnistumisen varmistustoimenpiteitä sanotaan varhaishoi-  
doksi ja vakiintuneen taimikon hoitoon liittyviä toimenpiteitä, perkausta ja har-  
vennusta, taimikon käsittelyksi (Vuokila 1972). Tässä työssä tarkastellaan tai-  
mikon perkausta, jolla tarkoitetaan pääpuulajin kehitystä haittaavien toisten  
puulajien poistamista.

Perkauksen vaikutus männyn taimikon alkukehitykseen ilmenee selvimmin  
paksuuskasvussa (Jakkila & Pohtila 1978, Valtanen 1982). Taimet ovat sitä  
tyvekkäämpiä, mitä voimakkaammin on perattu. Taimien pituuskehitykseen ja  
elossaoloon perkauksella on vähäisempi positiivinen vaikutus. Käsitukset koi-  
vun osuudesta sekapuuna männyn taimikossa ovat viime vuosien aikana muut-  
tuneet. Uusimmat metsänhoitosuositukset korostavat erityisesti koivun merki-  
tystä sekapuuna (Metsänhoitosuositusten tarkennukset 1994, Monimuotoinen  
metsätalous 1996, Luonnonläheinen metsänhoito 1995).

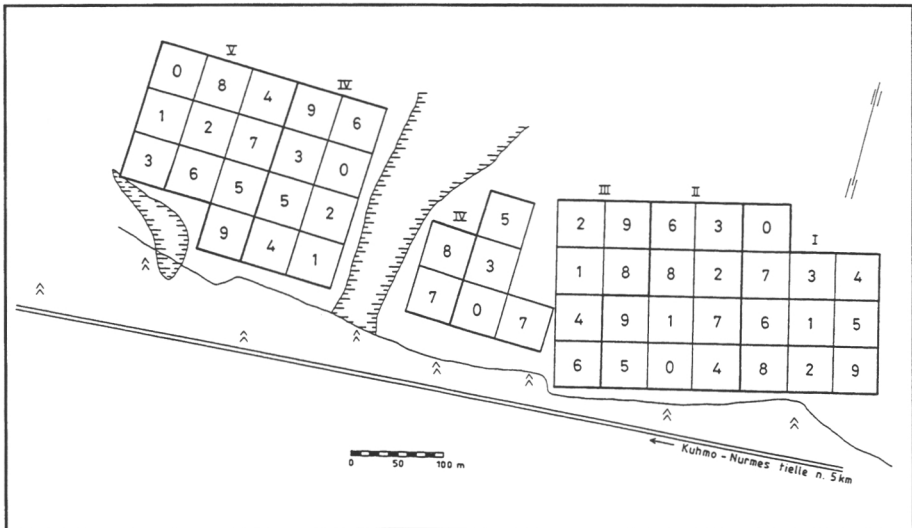
Taimikon perkauksen vaikutusta energiapuun kasvattamiseen lehtipuusekoit-  
teisessa istutusmännikössä on tutkittu vähän. Sen sijaan energiapuun kasvatta-  
mista muilla tavoin on tutkittu enemmän (esim. Pera-Symposio 1981, Mielikäi-  
nen 1995). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää perkaustiheyksien  
vaikutusta männyn istutustaimien laatuun ja taimikon kokonaistuotokseen eri-  
tyisesti energiapuun kasvattamista varten.

## 2 Aineisto ja menetelmä

Koekenttä sijaitsee Kuhmon Rastinkylässä (63°59' N, 29°45' E). Alue on tuo-  
retta kangasta (VMT), jonka korkeus merenpinnasta vaihtelee 240–250 m.  
Avohakkuu tehtiin talvella 1969–70, maan muokkaus auraamalla seuraavana  
vuonna ja istutus paljasjuurisilla männyn taimilla (2 000 kpl/ha) keväällä 1972.  
Ensimmäinen taimikon perkaus tehtiin vuonna 1978. Kaikki edellä mainitut  
työt toteutettiin ilman tutkimuksellisia tavoitteita metsähallituksessa käytössä  
olleiden metsänhoitosuositusten mukaan.

Koe perustettiin keväällä 1982 viitenä toistona (kuva 1). Käytännön ohjeiden mukaiset perkaustavat olivat perkaaminen raivaussahalla runkolukuun 2000 kpl/ha ja siihen yhdistetty kemiallinen kantokäsittely. Koivu hyväksyttiin vain täydennykseksi. Muilla perkaustavoilla pyrittiin koivujen lukumäärän lisäämiseen (tiheydet 3 000–5 000 kpl/ha). Lisäksi tehtiin reikäperkaus, jossa männyntaimien ympäriltä poistettiin lehtipuut 0,5 m ja 1 m säteeltä sekä lehtipuuston tasaaminen siten, että männyn latvoista jäi n. 1/3 vapaaksi. Perkaamaton vaihtoehto sisältyi koejäsentelyyn. Koeruuruksen yhteenlaskettu pinta-ala on 12,5 ha.

Koetta perustettaessa männyn taimet olivat lähes kaksi metriä pitkiä. Viljelytaimien harvuuden vaikutusta eliminoitiin suurella ruutukoolla (0,25 ha) ja viidellä toistolla. Kokeen systemaattisesta sijoittamisesta aiheutui koeruutukoh- taista vaihtelua.



Kuva 1. Männyn perkaustapa -tutkimuksen koekenttä Kuhmon Pitkävaarassa. Koelajojen käsittelyt: 0 = ei hoitotöitä, 1 = normaali perkaus mekaanisesti, 2 = normaali perkaus ja kantokäsittely, 3 = perkaus, 3 000 kpl/ha, 4 = perkaus, 4 000 kpl/ha, 5 = perkaus, 5 000 kpl/ha, 6 = reikäperkaus, r = 0,5 m, 7 = reikäperkaus, r = 1 m, 8 = lehtipuuston tasaaminen, 9 = lehtipuuston tasaaminen.

Jokaiselle koeruudulle perustettiin perkauksen jälkeen viisi ympyräkoelaa. Ensimmäinen inventointi tehtiin heti perkauksen jälkeen, jolloin 3 m säteeltä laskettiin viljelytaimien lisäksi kaikki 0,3 m pitemmät luontaiset taimet. Tällä mittauksella saatiin suhteellisen tarkka kuva eri perkaustavoilla saaduista taimitiheyksistä. Ruutukohtaisia inventointeja ennen perkausta ei tehty, vaan käsittelemättömän koejäsenen katsottiin antavan riittävän hyvän yleiskuvan kokeen perustamisvaiheen taimitiheyksistä. Perkaus tehtiin käytännön työnä ja käytännön työnjohdon valvonnassa. Ensimmäisessä inventoinnissa ei mitattu taimi- kohtaista tietoa.



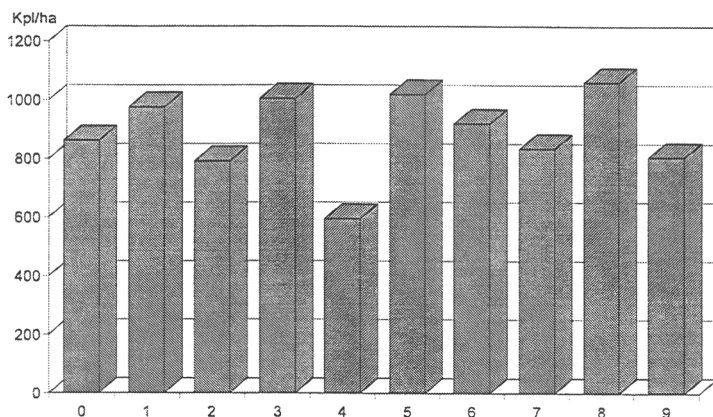
Taimikohtainen inventointi tehtiin vuonna 1984 ja se uusittiin 1995. Luontaisista ja istutetuista taimista mitattiin vain 1,3 m pitemmät taimet. Männyn taimet mitattiin (suunta ja etäisyys sekä taimitunnukset) vaihtelevalla säteellä, jotta koealaa kohti saatiin 5–6 kehityskelpoista viljeltyä mäntyä. Lyhyt kiinteä säde olisi johtanut liian pieneen aineistoon ja pitkä kiinteä säde liian suureen mittaustyöhön. Koivuilla säde oli 3,3 m, paitsi perkaustiheydellä 4 000 kpl/ha 2,82 m ja 5 000 kpl/ha 2,52 m. Näillä säteillä pyrittiin kehityskelpoisten istutusmäntyjen ja luontaisten koivujen 10 taimen yhteismäärään, mikä vastasi asetettuja tavoitetehtäviä.

Viljely- ja luontaiset taimet luokiteltiin 1984 ja 1995 kehityskelpoisiin ja kehityskelvottomiin. Yksittäisen taimen kehityskelpoisuuden kriteerinä pidettiin sen elinvoimaisuutta, kokoa ja käytettävissä olevaa kasvutilaa (Kinnunen & Nerg 1983). Kaikista taimista mitattiin pituus ja rinnankorkeusläpimitta. Männyn taimista mitattiin lisäksi paksuimman elävän ja paksuimman kuolleen oksan läpimitta ja korkeus maasta. Lisäksi luokiteltiin männyn taimien vikaisuus silmämääräisesti.

### 3 Tulokset

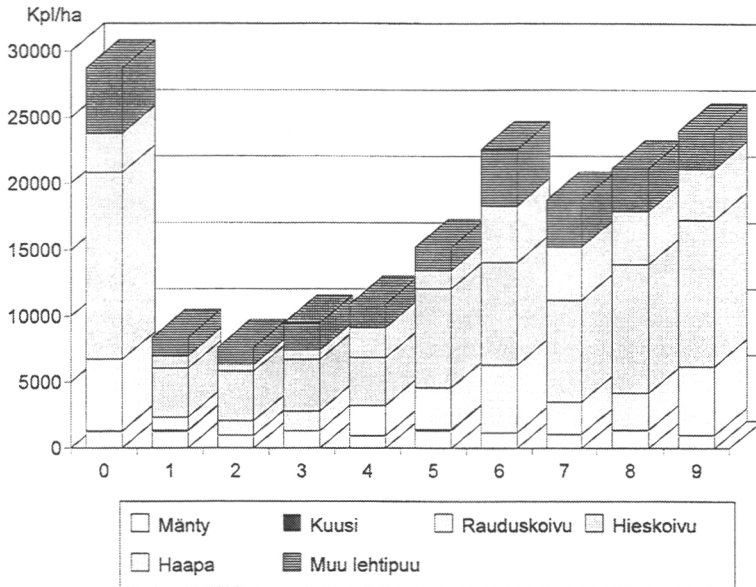
#### 3.1 Taimitiheydet perkauksen jälkeen

Istutettujen männyn taimien lukumäärä vaihteli vuonna 1982 koejäsenestä riippuen 600–1 060 kpl/ha (kuva 2). Aikaa istutuksesta kokeen perustamisen yhteydessä tehtyyn inventointiin oli 11 vuotta. Aikaisemmin taimikko oli perattu sen ollessa kuuden vuoden ikäinen.



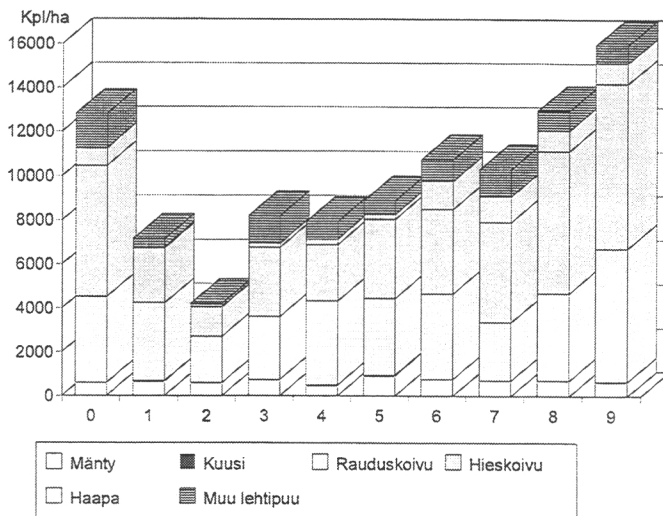
Kuva 2. Viljelytaimet 1982. Viljely 1972, koejäsentelyn mukainen taimikonhoito 1982, jonka jälkeen taimet laskettu 3 m säteellä. Perkauskäsittelyt selostettu kuvassa 1.

Perkaamattomalla koejäsenellä oli viljelytaimien lisäksi luontaisia taimia, ensisijaisesti koivua, 28 000 kpl/ha (kuva 3). Muilla koejäsenillä taimimäärät olivat koetta varten tehdyn perkauksen jälkeen tavoitetiheyksiä suurempia, mikä johtui siitä, että mukaan laskettiin myös 0,3–1,3 m mittaiset taimet. Niiden lukumäärän huomioon ottaminen perkaustyön aikana ei käytännössä ollut mahdollista.



Kuva 3. Koejäsenkohtaiset yli 0,3 m pituiset taimet 1982 ( $r = 3$  m). Perkauskäsitellyt selitetty kuvassa 1.

Taimikohtaisen kehityksen seuraamiseksi ja tuotoksen mittaamista varten vuonna 1984 uusittu inventointi osoitti, että taimimäärät olivat myös yli 1,3 pituisten taimien osalta tavoitetiheyksiä suuremmat (kuva 4). Ero selittyy sillä, että osa kantovesoista ja katkaisuperatuista taimista oli kasvanut yli 1,3 m mittaisiksi. Koejäsenten väliset erot kokonaisrunkoluvuissa olivat kuitenkin tavoitetiheyksien suuntaiset, joten eri tiheyksien vaikutuksen tarkastelu laatuun ja tuotokseen on mahdollista.



Kuva 4. Yli 1,3 m pituisten taimien lukumäärä koejäsenittäin 1984. Perkauskäsittelyt selitetyt kuvassa 1.

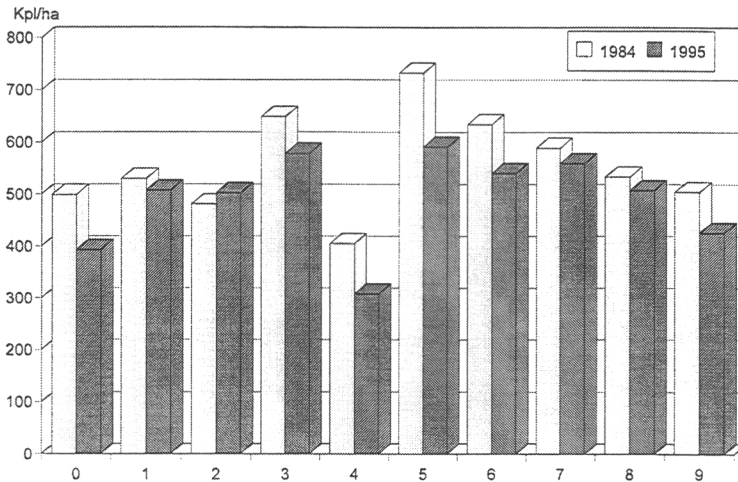
### 3.2 Perkaustavan vaikutus kehityskelvottomien taimien lukumäärään

Taimien kokonaismäärässä ei tapahtunut 10 vuoden aikana olennaista muutosta. Kehityskelvottomien taimien lukumääräksi saatiin reikäperkauksessa 1 500 kpl/ha, hoitamattomalla alalla 2 100 kpl/ha ja lehtipuiden tasaamisessa 3 100 kpl/ vähemmän kuin 10 vuotta aikaisemmin tehdyssä inventoinnissa. Käytännön mukaan peratulla kantokäsittelyllä alalla lisäystä oli vastaavasti 160 kpl/ha.

### 3.3 Kehityskelpoisten taimien lukumäärä ja laatu

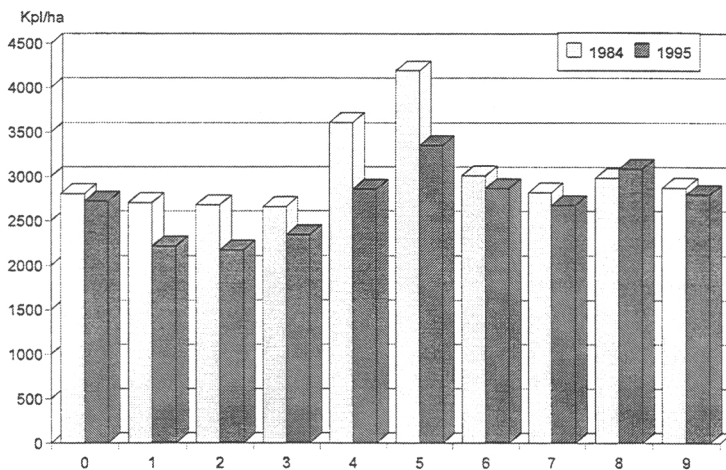
Kasvatuskelpoisia viljelytaimia oli vuonna 1984 perkaustavasta riippuen 405–733 kpl/ha ja 10 vuotta myöhemmin 4–21 % vähemmän (kuva 5). Eniten vähennystä oli hoitamattomalla ja tiheäksi (4 000–5 000 kpl/ha) jätetyillä aloilla.

Kehityskelpoisista koivuista rauduskoivuja oli keskimäärin 60 %. Kymmenen vuoden aikana käytännön tavoin ja runkolukuun 4 000 ja 5 000 kpl/ha perattujen alojen kasvatettavien koivujen lukumäärä oli vähentynyt eniten (20 %). Lehtipuut tasatuilla aloilla koivujen määrä oli hiukan lisääntynyt, mikä selittyi katkaistujen koivujen hyväksymisestä kasvatettaviksi taimiksi (kuva 6). Kuusia oli 14–77 kpl/ha perkauskäsittelystä riippuen ja ne arvioitiin kaikki kehityskelpoisiksi.



Kuva 5. Kasvatuskelpoiset viljelytaimet 1984 ja 1995. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

Kasvatettavien kaikkien taimien yhteinen lukumäärä oli suurin perkaustiheydellä 5 000 kpl/ha ja pienin käytännön tavoin peratuilla koealolla, mikä johtui asetetuista tavoiteteiheyksistä, joiden mukaan kehityskelpoiset taimet oli valittu. Vastaavasti 0-ruuduilla kehityskelpoisiksi luokiteltiin suositusten mukainen taimimäärä. Runkolukuun 4 000–5 000 kpl/ha peratulla alalla taimien määrä oli pudonnut kymmenen vuoden aikana 20 % ja käytännön suositusten mukaisessa perkauksessa 18 %. Muutaman prosentin pudotusta oli perkaamattomalla, reikäperkauksen ja lehtipuuston tasauksen koealoilla.

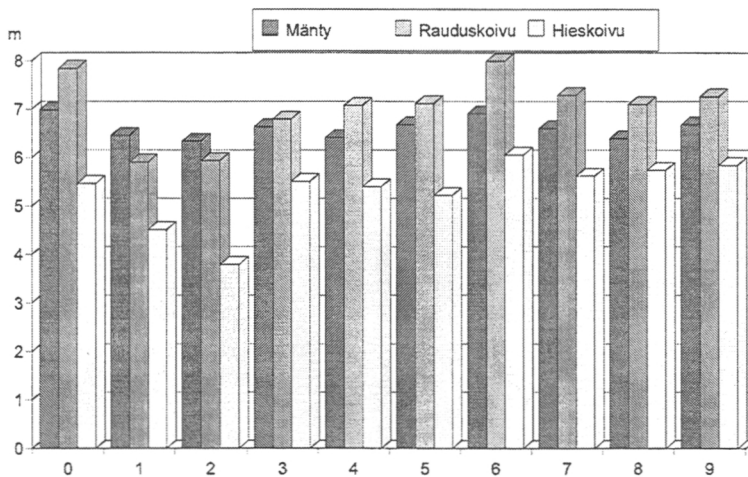


Kuva 6. Kasvatuskelpoisia taimia vuosina 1984 ja 1995. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

### 3.3.1 Pituus

Hoitamattoman ja reikäperatun ( $r = 0,5$  m) alan männyn taimet olivat keskimäärin 0,5 m käytännön tavoin perattuja taimia pitempiä (kuva 7). Pisimmät rauduskoivut olivat 2 m ja hieskoivut 1,5 m pitempiä reikäperatulla alalla käytännön ohjeen mukaan perattuihin aloihin verrattuna. Käytännön suositusten mukaan perattuja koealoja lukuunottamatta männyn taimet olivat rauduskoivun taimia lyhyempiä ja hieskoivun taimia pitempiä. Raudus- ja hieskoivujen suurin pituusero oli hoitamattomalla alalla lähes 2,5 m.

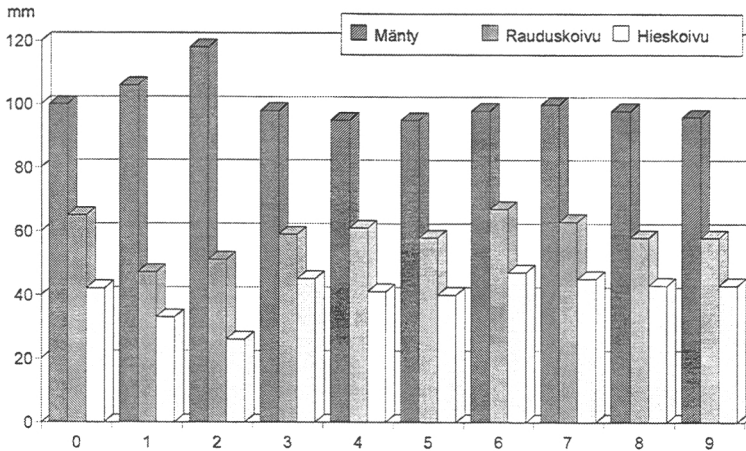
Sadan paksuimman (d 1.3) männyn taimen keskipituus oli reikäperkauksessa ( $r = 0,5$ ) pisin ja käytännön tavoin peratulla + kantokäsitellyllä alalla lyhin.



Kuva 7. Männyn, rauduskoivun ja hieskoivun taimien keskimääräinen pituus. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

### 3.3.2 Rinnankorkeusläpimitta

Taimikon perkaus nopeutti männyn taimien järeytymistä. Suurin läpimitta (d 1.3) 118 mm oli käytännön ohjeen mukaan peratulla ja kantokäsitellyllä alalla (kuva 8) ja pienin 95 mm perkaustiheyksissä 4 000 ja 5 000 kpl/ha. Perkauksen vaikutus koivuihin oli päinvastainen. Käytännön perkausaloiilla oli raudus- ja hieskoivujen keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat pienimpiä ja hoitamattomalla sekä reikäperkatulla alalla suurimpia.

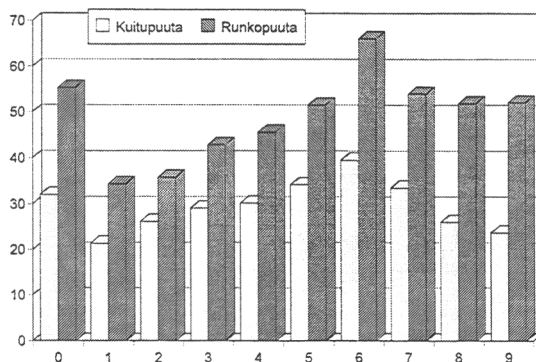


Kuva 8. Kasvatuskelpoisten taimien keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

### 3.3.3 Kuutiomäärä

Käytännön suositusten mukaisessa perkauksessa kertyi 22 vuoden kuluessa kuitupuuta 21,4 m<sup>3</sup>, josta mäntyä oli 18,2 m<sup>3</sup>, rauduskoivua 2,9 m<sup>3</sup> ja hieskoivua 0,3 m<sup>3</sup> (kuva 9). Reikäperkauksessa ( $r = 0,5$  m) kuitupuuta oli eniten, 40 m<sup>3</sup>, josta mäntyä oli 17 m<sup>3</sup>, mutta koivua lähes 20 m<sup>3</sup> enemmän kuin käytännön mukaisessa perkauksessa. Hoitamattomalla alalla kuitupuuta oli 32 m<sup>3</sup>, josta mäntyä oli 13 m<sup>3</sup>.

Runkopuun määrä oli suurin reikäperatulla ( $r = 0,5$ ) alalla (66 m<sup>3</sup>/ha) ja pienin käytännön suositusten mukaan käsitellyillä aloilla oli (34,5 m<sup>3</sup>).

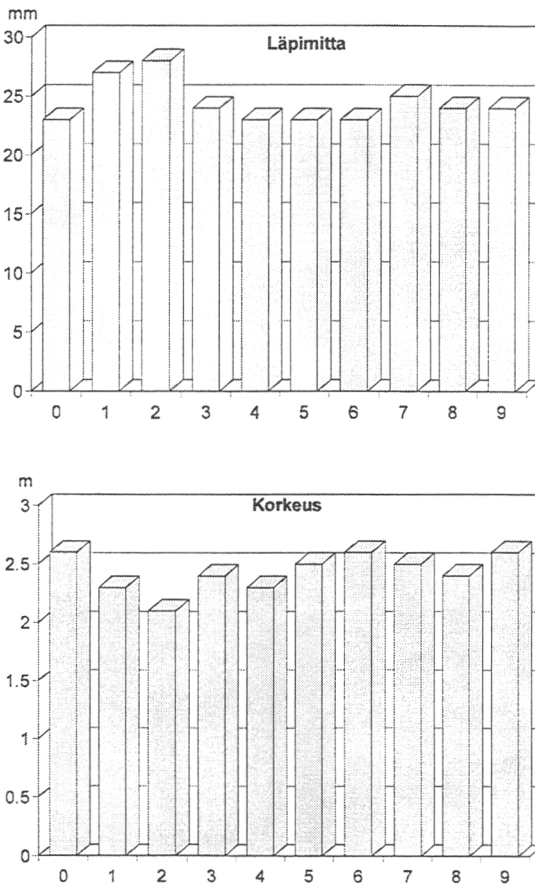


Kuva 9. Kuitu- ja runkopuun määrä. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

### 3.3.4 Istutusmäntyjen laatu

Perkaustavan vaikutus männyn oksaisuuteen näkyi selvimmin oksien paksuuskasvussa käytännön mukaan hoidetuilla aloilla. Paksuimmat elävät oksat olivat 4–5 mm vahvempia ja 10–50 cm alempana kuin hoitamattomilla aloilla ja tiheissä perkauskäsittelyissä (kuva 10). Erot olivat suhteellisen pieniä ja kuolleissa oksissa vielä vähäisempiä.

Perkaustavalla oli vähäinen merkitys myös männyn karsiutumiseen. Käytännön suositusten mukaisella kantokäsittelyllä alalla elävän latvuksen osuus taimien pituudesta oli lähes 80 % ja kuolleiden oksien osuus 18 %. Muilla perkausaloilla elävän latvuston osuus oli vastaavasti 3–8 prosenttiyksikköä pienempi ja kuolleiden oksien osuus saman verran suurempi. Täysin oksattoman rungon osuus oli vain muutama prosentti taimen pituudesta.



Kuva 10. Perkaustavan vaikutus männyn taimien paksuimman elävän oksan läpimittaan ja alimman elävän oksan korkeuteen maasta. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 1.

## 4 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen koekenttä perustettiin tuoreen kankaan 10-vuotiaaseen runsaasti vesottuneeseen männyn taimikkoon, joka oli ennen kokeen perustamista perattu kuuden vuoden kuluttua istutuksesta. Perustamisvaiheen inventointi osoitti viljelytaimien tiheydeksi koeruudusta riippuen 600–1 060 kpl/ha ja kolme vuotta myöhemmin vastaavasti 430–860 kpl/ha. Viljelytaimien pieni määrä johtui pikemmin taimien kuolemista kuin alhaisesta istutustiheydestä, joka ohjeen mukaan oli 2 000 kpl/ha. Inventointien 1984–95 välisenä aikana kehityskelpoisia männyn taimia kuoli edelleen niin, että lukumäärä aleni 21 % hoitamattomalla ja tiheimmiksi jätetyissä perkauskäsittelyissä. Käytännön suositusten mukaan peratuilla aloilla taimien lukumäärä aleni 4 prosenttiyksikköä. Samansuuntaisen tuloksen ovat saaneet Jakkila & Pohtila (1978) Lapissa, missä perkauksen todettiin selvästi parantavan istutustaimien elossapysymistä, mutta vaikuttavan vähän pituuskasvuun.

Taimet kasvoivat pituutta parhaiten tiheissä taimikoissa. Männyllä pituusero oli 0,5 m perkaamattoman ja voimakkaasti peratun välillä. Koivuilla ero oli suurempi. Reikäperkauksessa rauduskoivut olivat keskimäärin 2 m ja hieskoivut 1,5 m pitempiä kuin käytännön ohjeen mukaisessa perkauksessa.

Taimikon voimakas perkaus nopeutti männyn taimien järeytymistä; koivuihin vaikutus oli taas päinvastainen. Voimakkaammin käsitellyillä koealoilla koivujen pienempi pituus ja läpimitta selittyvät suurimpien koivujen perkaamisella. Myös Salmisen ym. (1990) kylvömänniköiden harvennustutkimuksissa harventaminen ei parantanut taimien pituuskehitystä, mutta nopeutti järeytymistä.

Etelä-Suomen sekametsiköissä männyn kuutiokasvun on havaittu olevan puhtaata männiköitä suuremman. Myös koivut kehittyvät keski-äälle saakka sekametsikössä nopeammin (Lappi-Seppälä 1930). Tässä työssä taimikon perkaus lisäsi männyn kuitupuun määrää, koivuilla taas kuutiomäärä pieneni perkauksen voimakkuudesta riippuen. Perkaus kannattaisi tehdä siten erittäin lievänä, jos ensiharvennukseen halutaan mahdollisimman paljon kuitupuuta. Reikäperkauksessa runkopuun kokonaiskasvu on lähes kaksi kertaa normaaliperkausta suurempi.

Taimien laatu heikkenee kasvun parantuessa, johtuipa hyvä kasvu mistä tahansa (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982). Heiskasen (1965) mukaan männyn tyvitukin oksaton osuus on sitä lyhyempi ja oksat ovat sitä suurempia, mitä nopeampi puun läpimitan kasvu on ollut taimivaiheesta alkaen. Tässä työssä paksuimman elävän ja kuolleen männyn oksan läpimitta ei poikennut paljonkaan eri perkaustiheyksissä. Jos karsintakelpoisuuden rajana pidetään paksuimman oksan läpimittaa 20 mm, merkitsee se Halisen (1985) mukaan korkeintaan 2 mm:n keskimääräistä lustonleveyyttä. Tässä tutkimuksessa elävän oksan 20 mm läpimita ylittyi kaikilla koejäsenillä ja myös kuivien oksien paksuus oli tätä luokkaa.



Huurin ym. (1987) VT:n istutustiheyskokeessa vuosiluston 3 mm:n rajan alittamiseen tarvittiin valtapuuryhmillä jopa 7000 rungon tiheys. Myös Varmolan (1989) tutkimustulokset ovat saman suuntaisia. Kellomäen ym. (1992) ohje männyn oksien paksuuskasvunopeuden rajoittamiseen on kasvattaa taimikko nuoruusvaiheessa mahdollisimman tiheänä. Tämän tutkimuksen paksuimpien oksien pienet erot perkaustiheyksien välillä johtunevat istutusmäntyjen alhaisesta lukumäärästä, kuin myös taimikon perkauksesta 6 vuotta viljelyn jälkeen. Huippulaatuisen puun kasvattamisessa on taimikon alkutiheys harvennuksen voimakkuutta tärkeämpi (Varmola 1986), jota myös Heiskanen (1965) korosti.

Männyn taimien elävän latvuksen osuus puun pituudesta oli 70–78 %, kuolleiden oksien 18–27 % ja karsiutuneen rungon 3,2–3,8 % perkaustavasta riippuen. Suurista lehtipuulukumääristä huolimatta karsiintuminen oli 24 ikävuoteen mennessä vielä vähäinen, mikä suurelta soin johtui siitä, että alle 10 vuoden iässä viljelytaimet ovat perkauksesta johtuen kasvaneet suhteellisen väljässä tilassa.

Yleistäen voidaan todeta, että kaksi kertaa peratun 24-vuotiaan männyn istutustaimien laatu oli heikohko, eikä voimakaskaan perkaus oleellisesti vaikuttanut taimien laatuun verrattuna hoitamattoman alueen taimiin. Voimakkaasti peratuilla koaloilla oli sen sijaan männyn kuitupuuta kolmannes enemmän kuin hoitamattomalla alalla. Reikäperatuilla aloilla oli kuitenkin männyn ja koi-vun kuitupuuta eniten, yhteensä 40 m<sup>3</sup>/ha sekä lisäksi energiapuuta 27 m<sup>3</sup>/ha, mikä oli lähes kaksi kertaa enemmän kuin voimakkaasti peratuilla aloilla. Nykyisen halvan ulkomaisen energian aikana kotimaisen energiapuun korjuu ei kuitenkaan ole kannattavaa. Tästä johtuen sekä poliittisia päätöksiä että pienpuunkäyttöä edistävien menetelmien pitäisi pyrkiä löytämään ratkaisuja, jotka luonnon tarjoama kasvupotentiaali voitaisiin hyödyntää täysimääräisenä jo ensiharvennusvaiheessa.

## Kirjallisuus

- Halinen, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. *Silva Fennica* 19(4): 377-385.
- Heiskanen, V. 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. *Acta For. Fenn.* 80(2):1-62.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. *Folia Forestalia* 685. 48 s.
- Jakkila, J. ja Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia For.* 360:1-27.

- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatu-  
kasvatus. *Silva Carelica* 23. 133 s.
- Kinnunen, K. & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11–12 vuotta viljelystä  
Länsi-Suomen yksityismetsissä. *Folia Forestalia* 546. 20 s.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia  
tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young pines. *Folia Fo-  
restalia* 515. 28 s.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger  
Mischbestände aus Kiefer und Birke. Suomenkielinen selostus: Tutkimuk-  
sia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä. *Metsätieteellisen tut-  
kimuslaitoksen julkaisuja* 15(2): 227-241.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksat 1994. (3. painos). Met-  
säkeskus Tapion julkaisuja 6/1994. Metsäkeskus Tapio. Helsinki. 71 s.
- Metsänhoitosuositusten tarkennukset. Metsähallitus 1994.
- Mielikäinen, K. 1995. Energiapuu osana metsänkasvatusta. *Metsäntutkimus-  
laitoksen tiedonantoja* 556. 56 s.
- Monimuotoinen metsätalous. Metsähallitus 1996. 24 s.
- Pera-Symposio 3-4.3.1981. Kokousesitelmät. *Moniste* 409 s.
- Varmola, M. 1986. Lapin luontaisesti syntyneiden männyntaimikoiden harven-  
nus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 253:109-119.
- Varmola, M. 1989. Männyn istutustaimikoiden lustonleveysmalli. *Silva Fenni-  
ca* 23(4):259-269.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys  
taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen.  
*Folia Forestalia* 752. 29 s.
- Valtanen, J. 1982. Perkauksen vaikutus männyntaimikon alkukehitykseen.  
*Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 70: 51-62.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summa-  
ry: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia  
Forestalia* 141. 36 s.

# TURPEEN RAVINNEVARAT METSÄHALLITUKSEN VANHOILLA OJITUSALUEILLA

**Mikko Moilanen, Marja-Leena Piironen ja  
Juhani Karjalainen**

## **1 Johdanto**

Turvemaiden metsänparannuksessa Suomi on maailman kärkimaa. Vuoden 1990 loppuun mennessä maassamme oli kuivattu metsänkasvatusta varten noin 5,9 miljoonaa hehtaaria soita ja soistuneita kankaita, mikä on noin viidennes maapinta-alasta ja kolmannes koko metsätalousmaan alasta. Ojitusten seurauksena metsä- ja kitumaan pinta-ala on lisääntynyt viimeisten 40 vuoden aikana 1,4 miljoonaa hehtaaria (Aarne 1993). Kuivatusten ansiosta suometsien kasvun arvioidaan tätä nykyä lisääntyvän vuositasolla n. 10 milj. m<sup>3</sup> (Paavilainen ja Päivänen 1995).

Ojitus vaikuttaa merkittävästi turpeen vesi- ja ravinnetalouteen. Puiden juuristokerroksen ilmavuuden lisääntyminen vilkastuttaa hajotustoimintaa, mikä puolestaan johtaa ravinnemineralisaation voimistumiseen (Boggie 1977, Lähde 1969, Lieffers 1988, Silvola 1988). Aluksi vesivaraston poistumisesta ja pitkällä aikavälillä turpeen hajoamisesta aiheutuva suonpinnan painuminen aiheuttaa sen, että pohjamaan kivennäisravinteita tulee helpommin puiden juuriston ulottuville (Lukkala 1949, Laine ja Laiho 1992). Samaan suuntaan vaikuttavat turpeen tiivistyminen ja maatuminen (Laiho ja Laine 1994). Esim. typpi- ja fosforimäärät ovat vanhoilla ojitusalueilla selvästi suuremmat kuin vastaavan tyyppisillä luonnontilaisilla soilla (Kaunisto ja Paavilainen 1988).

Ojitus ei aina tuota toivottua tulosta. Jos kyseessä on alunperin neväinen, paksturpeinen ja ravinnesuhteiltaan tasapainoton suotyyppi, metsikön suotuisa alkukehitys monesti tyrehtyy ja puusto rappeutuu jo nuorella iällä. Puuston heikkoon kasvuun on tällöin usein syynä fosforin puutteen lisäksi kalium- ja boorivarojen niukkuus (Kaunisto ja Tukeva 1984, Kaunisto ja Paavilainen 1988, Kaunisto 1992, Laiho ja Laine 1995). Metsänkasvatuksen kannalta epäonnistuneita ojituksia arvioidaan olevan n. 10–15 % ojitusalasta (Keltikangas ym. 1986). Tällaiset kohteet on syytä jättää ylläpitokelvottomina metsänkasvatuksen ulkopuolelle.

Luonnontilaisina ollessaan suot yleensä saavat keväisin lumensulamisesien mukana ravinnelisyksen, mikä on peräisin ympäröiviltä kangasmailta. Tämä

ns. reunavaikutus määrää suon reunavyöhykkeiden kasvillisuuden lajikoostumuksen ja trofiatason ja näkyy kasvillisuudessa ja turpeen ravinteisuudessa vielä yli 50 vuoden kuluttua kuivatuksesta (Eurola ym. 1995). Niskaajilla varustettu ojaverkosto ehkäisee mineraaliravinteiden kulkeutumista kangasmailta suolle. Vähäistä ravinnelisäystä soille tulee myös suoraan ilman kautta kuiva- ja märkälasseumina (Järvinen 1986, Finér 1992b). Ojituksen seurauksena vesien valunta alueelta voimistuu, mikä merkitsee tiettyjen ravinteiden kuten kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin huuhtoutumisriskin kasvamista (Ahti 1983, Ahtiainen 1988, Lundin 1988, Sallantausta 1992). Seurauksena saattaa olla metsikön ravinnetaseen heikentyminen.

Puuston kasvua ojitusalueilla on pyritty lisäämään myös lannoituksen avulla. Lannoitustoiminta oli vilkkaimmillaan 1970-luvun puolimaissa. Tuolloin lannoitus tehtiin yleensä fosfori-kalium-käsittelynä (PK-lannoitus). Runsastyyppisillä soilla PK-lannoitus lisää suomännikön kasvua suotyyppistä riippuen 1–3 m<sup>3</sup>/ha yli 20 vuoden ajan (Paavilainen 1979, Penttilä ja Moilanen 1987, Moilanen 1993). Fosforin ja kaliumin vaikutuksen on havaittu Pohjois-Suomessa muodostuvan yleensä sitä suuremmaksi, mitä enemmän kasvualustassa on tyypeä (Moilanen 1993). Suursaratasoa karummilla kasvupaikkatyypeillä turpeesta ei vapaudu puiden käyttöön riittävästi tyypeä huolimatta kasvualustan runsaista kokonaistyyppivaroista. Lannoitetypen käyttö tällaisessa tilanteessa parantaa puuston kasvua, joskin vaikutus jää verraten lyhytaikaiseksi (Paavilainen 1979, Moilanen ja Issakainen 1990).

Ojitusalueen ikääntyessä ja metsikön varttuessa sitoutuu puustoon huomattava osa turpeen ravinnevaroista. Varttuneessa suomännikössä etenkin kaliumia ja booria on runsaasti – jopa enemmän kuin kasvualustassa (Kaunisto ja Paavilainen 1988, Finér 1992b). Hakkuiden yhteydessä kasvupaikalta kulkeutuu ravinteita pois, osa hakkuupoistuman mukana (Kaunisto 1995), osa huuhtoutumisen kautta (Ahtiainen 1988). Kokopuunkorjuun, jossa metsästä viedään runkopuun lisäksi myös latvukset, pelätään köyhdyttävän etenkin kalium- ja boorivaroja – sisältäväthän puiden oksat, neulaset ja kävyt yli puolet puuston maanpäällisiin osiin sitoutuneista ravinteista (Paavilainen 1980, Finér 1989, 1992a). On päätelty, että etenkin paksuturpeisten turvekankaiden hakkuin käsitellyissä metsiköissä joudutaan ennen pitkää turvautumaan lannoitukseen, mikäli kestävä puuntuotos halutaan niillä varmistaa (Kaunisto ja Paavilainen 1988). Tutkimustulokset ravinnevarojen riittävydestä vanhoilla ojitusalueilla ovat niukkoja ja osin ristiriitaisia. Nevarämeiden hakkaamattomista puustoista tehdyissä tutkimuksissa (Laiho ja Laine 1994, 1995) turpeen ravinnemäärien ei nähty riippuvan selkeästi ojitusiästä: aikaa myöten ravinnemäärät 50 cm:n pintakerroksessa pysyivät keskimäärin samalla tasolla ja pääravinteiden osalta näyttivät jopa hiukan lisääntyvän.

Vuosina 1993-95 tehtiin Metlan Muhoksen tutkimusaseman ja Metsähallituksen välisenä yhteistyönä tutkimus, jossa selvitettiin suometsien kasvukuntoa,

puuston ravinnetilaa ja turpeen ravinnevaroja eräillä vanhoilla valtionmaiden ojitusalueilla. Hankkeen tavoitteena oli kartoittaa suomänniköiden ravinnepuustosten yleisyys ja tutkia lannoituksen pitkäaikaisvaikutuksia puuston ravinnetilaan. Puustoon sitoutuneita ja kasvualustassa olevia ravinnemääriä vertaamalla pyrittiin arvioimaan, turvaavatko turpeen luontaiset ravinnevarat kestävän metsänkasvatuksen edellytykset pitemmällä aikavälillä. Lisäksi haettiin vastausta kysymykseen, missä määrin puiden ravinnetila riippuu kasvupaikkatyypistä, turpeen paksuudesta ja kohteen maantieteellisestä sijainnista.

## 2 Aineisto ja -menetelmät

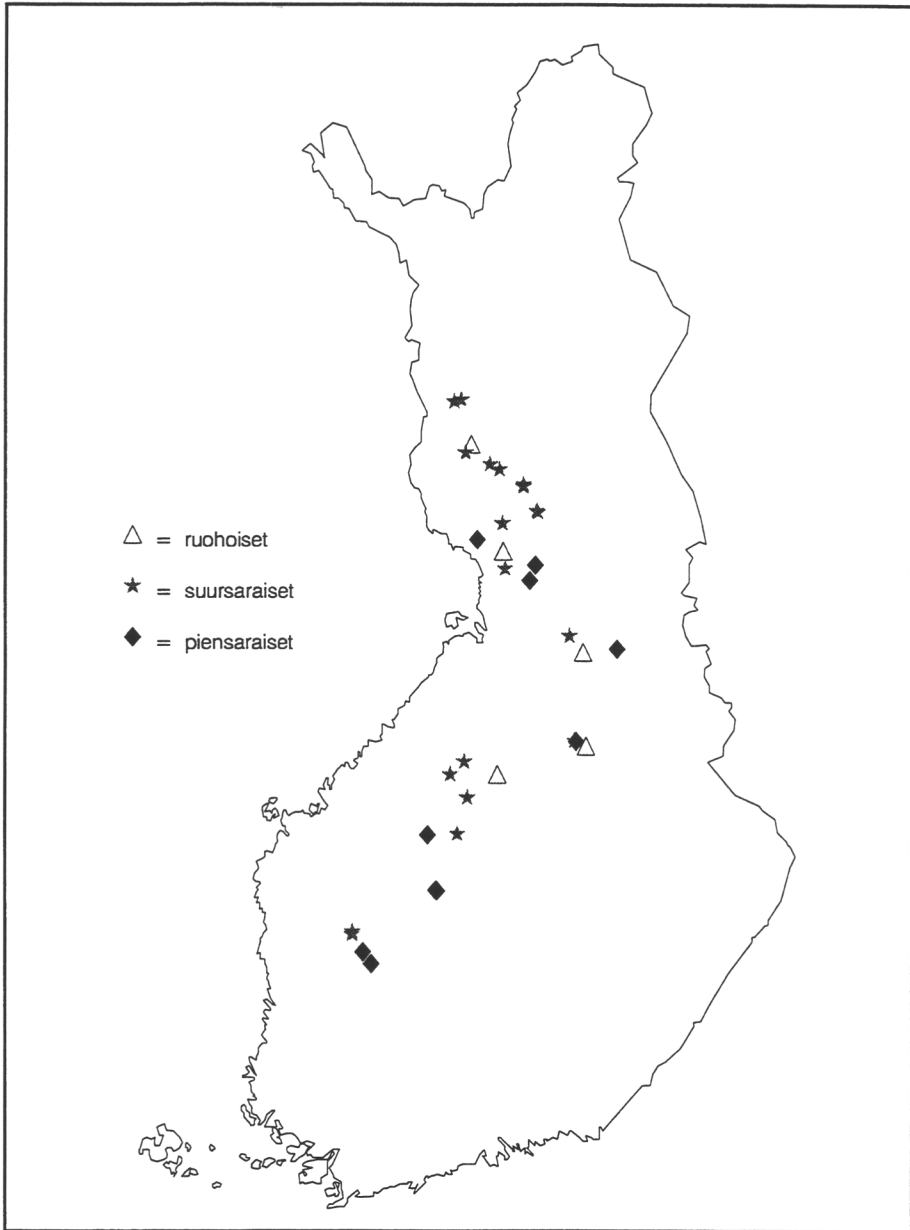
### 2.1 Tutkimusmetsiköt

Selvitykseen valittiin 34 ojitusaluetta Metsähallituksen hoitoalueista (nyk. yksiköistä) eri puolilta Suomea, eteläisimmät Parkanosta ja pohjoisimmat Pellon hoitoalueesta (kuva 1). Alkuperäisistä ojitussuunnitelma-asiakirjoista saatujen tietojen avulla otanta tehtiin niin, että kohteet jakaantuivat kasvupaikkatyypeittäin ja ojituksesta kuluneen ajan suhteen tasaisesti eri ilmastovyöhykkeisiin. Mitattavat metsikkökuviot (3 kpl/kohde) valittiin ojitussuunnitelmakartoilta. Kuvioiden välinen etäisyys vaihteli välillä 50–100 m. Metsiköiden tuli täyttää seuraavat ehdot:

- ojituksesta on kulunut vähintään 30 vuotta
- lannoituksesta on kulunut vähintään 20 vuotta
- metsikön hakkuuhistoria on tiedossa
- ojituskohde täyttää ylläpitokelpoisuuden nykykriteerit puuston määrän ja suotyypin suhteen (ns. "hukkaojitukset" rajattiin tarkastelun ukopuolelle)

### 2.2 Aineiston keruu ja mittaukset

Kullekin metsikkökuviolle rajattiin kartalta 300 m<sup>2</sup>:n suuruinen koeala, joka myöhemmin paikannettiin ja merkittiin maastoon. Koealoilta (kaikkiaan 102 kpl) määritettiin kesällä 1993 relaskooppiarviona puuston pohjapinta-ala (m<sup>2</sup>/ha). Koepuista (5–7 kpl/koeala) mitattiin pituus (dm) sekä määritettiin niissä esiintyvät viat, sairaudet ja tuhot: kuivalatvaisuus, ranganvaihdot, neulas- ja lehtikato sekä sieni- ja hyönteistuhot. Lisäksi tehtiin kasvupaikkaa ja puustoa koskevia mittauksia ja luokituksia: kasvupaikka- ja suotyyppi (Heikurainen 1986), lämpösusma, korkeus merenpinnasta, ojituksesta kulunut aika, turvekerroksen paksuus, kuivatusaste, ojaston tekninen kunto ja kunnostustarvearvio, metsikön toimenpide- ja hakkuutarve, metsikön kehitysluokka ja laatu sekä puulajisuhteet.



*Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti. Kullakin alueella kolme metsikkökuviota.*

Kultakin koealalta otettiin suon tasapinnasta elävän sammalkerroksen alta (0–20 cm:n kerros) turvenäyte syyskuussa 1993. Näyte koostui viidestä osanäytteestä (á 515 cm<sup>3</sup>), joista yksi otettiin koealan keskipisteestä ja muut neljän metrin etäisyyksiltä keskipisteestä kuhunkin päällmansuuntaan. Koepuista kerättiin neulasnäytteet kahdesti, helmi-maaliskuussa 1993 ja helmikuussa 1995. Molempina keruujankohtina käytettiin samoja koepuita. Neulaset kerättiin

elävän latvuksen ylimmästä kolmanneksesta latvuksen eteläpuolelta. Näytteen otettiin mukaan uusimman vuosikerran edellisenä kesänä syntyneet neulasen 2–3 vuosikasvaimesta.

Turve- ja neulasnäytteet analysoitiin Muhoksen metsäntutkimusasemalla (menetelmät ks. Halonen ym. 1983). Turvenäytteistä määritettiin maatuneisuus (silmävarainen von Postin luokitus 1–10) sekä typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium-, magnesium- ja booripitoisuudet. Neulasnäytteistä analysoitiin em. ravinnetun- nusten lisäksi rauta-, mangaani-, sinkki- ja kuparipitoisuudet. Turvenäytteiden tilavuuden ja kuiva-aineprosentin avulla ravinnepitoisuudet muunnettiin hehta- arikohtaisiksi määriksi. Puustoon sitoutuneiden ja harvennushakkuiden mu- kana metsiköstä poistuneiden ravinnemäärien selvityksessä käytettiin hyväksi Paavilaisen (1980) ja Finérin (1989) tutkimustuloksia. Ravinnepuutosten tul- kintaan sovellettiin Paarlahten ym. (1971) suomännyille määrittämiä ravinne- pitoisuuksien raja-arvoja. Kasvupaikka- ja ympäristömuuttujien yhteyttä kas- vualustan ravinnemääriin ja koepuiden ravinnepitoisuuksiin tutkittiin BMDP- tilasto-ohjelmiston korrelaatio-, varianssi- ja regressioanalyysillä. Tekijöiden parittainen vertailu tehtiin Bonferronin ja Tukeyn testeillä.

### 3 Tulokset ja tarkastelu

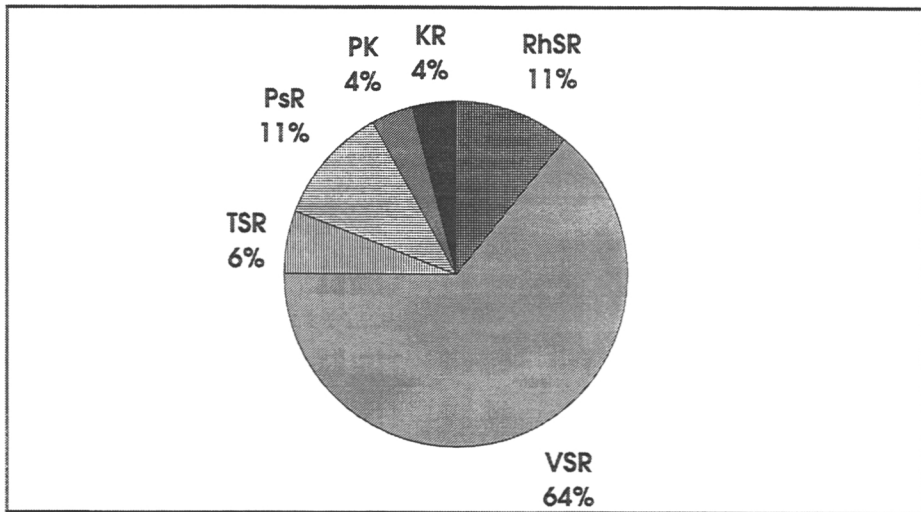
#### 3.1 Ojitusalueiden kuivatustila, kasvupaikkatyypit ja puusto

Aineiston vanhimmat lapiotyönä tehdyt ojitukset ajoittuvat 1920-luvulle ja nuorimmat auraojitukset 1960-luvun alkuun. Perusojituksesta oli kulunut kes- kimäärin 45 vuotta (taulukko 1). Kahdella kolmasosalla kohteista oli 1970–80- luvuilla tehty kunnostusojitusta, joten nykyinen sarkaleveys vaihteli välillä 25– 35 m. Noin joka kymmenes alue oli saavuttanut turvekangasvaiheen 1990-lu- vulle tultaessa. Muuttuma oli 83 % ja ojikkoja 8 %. Vuonna 1993 kuivatustila todettiin monessa tapauksessa puutteelliseksi: kolme kohdetta neljästä kaipasi kuivatuksen kunnostusta joko täydennysojituksen tai ojanperkauksen muodos- sa. Lähes puolet metsiköistä oli peruslannoitettu 1960-luvulla. Lannoituksesta oli kulunut keskimäärin 25 vuotta ja se oli lähes poikkeuksetta tehty PK-käsit- telynä (450–500 kg/ha). Yhdessä metsikössä oli suoritettu myös jatkolannoit- tus.

Suon alkuperäinen päämuoto oli yhtä korpikohdetta lukuunottamatta kaikissa tapauksissa räme. Trofiaaltaan tutkimusmetsiköt edustivat niukka- ja keskira- vinteisia kasvupaikkoja. Aineistossa oli ruohotason metsiköitä 15 %, suursara- tason metsiköitä 55 % ja piensaratason metsiköitä 30 %. Yli puolella kohteista suotyypiksi oli ojitushetkellä määritetty varsinainen sararäme (Kuva 2).

Taulukko 1. Tutkimusmetsiköiden yleistietoja vuodelta 1993. Tunnusten keskiarvot ja vaihteluvälit (suluissa) kasvupaikkatyypeittäin.

	Kasvupaikkatyyppi		
	Ruohoinen (n = 15)	Suursarainen (n = 57)	Piensarainen (n = 30)
Korkeus merenpinnasta, m	134 (80–160)	140 (60–200)	152 (40–270)
Lämpösumma, d.d.	980 (912–1078)	950 (837–1071)	1013 (872–1122)
Ojitusikä, v	49 (29–62)	43 (30–69)	45 (32–65)
Puustotunnukset:			
• keskipituus, m	11 (7–16)	9 (2–18)	11 (4–15)
• pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha	21 (15–34)	14 (2–27)	16 (5–32)
• runkotilavuus, m <sup>3</sup> /ha	132 (62–235)	76 (5–232)	103 (20–240)



Kuva 2. Kohteiden (n = 102) suotyypijakauma ojitushetkellä. Suotyypit Lai-  
neen ja Vasanderin (1990) mukaan.

Mänty muodosti metsiköiden valtaapuuston. Sekapuuna esiintyi vaihtelevasti hieskoivua (yleensä alle 20 % runkotilavuudesta). Neljäsosa metsiköistä lähes-  
tyi mittaushetkellä tukkipuvaihetta. Ensiharvennusvaihetta edusti 67 % ja riu-  
kuvaihetta 8 %. Puuston keskitilavuus vaihteli kasvupaikkatyypistä riippuen  
välillä 76–132 m<sup>3</sup>/ha ja keskipituus välillä 9–11 m. Viidesosalla metsiköistä oli  
tehty harvennushakkuuta viimeisen 30 vuoden aikana. Joissakin tapauksissa  
puustoa oli myös raivattu riukuvaiheessa. Kohteiden metsänhoidollinen tila oli  
yleensä hyvä. Joka viidennen metsikön katsottiin kuitenkin olevan harvennus-  
tarpeessa.



### 3.2 Metsiköiden ravinnetila

Turpeen ravinteisuudessa oli selviä eroja kasvupaikkatyyppien välillä (taulukko 2). Ruohotason rämeillä typpi-, fosfori- ja kalsiumpitoisuudet olivat merkitsevästi korkeammat ja kaliumpitoisuus merkitsevästi alhaisempi kuin piensarjatasoilla. 1960–70-luvulla tehdyt lannoitukset eivät näkyneet maaperän ravinnepitoisuuksissa.

Turpeen ja neulasten vastaavien ravinnepitoisuuksien välinen yhteys oli löyhä. Tutkituista ravinteista vain turpeen kaliumpitoisuus korreloi positiivisesti neulasten kaliumpitoisuuden kanssa. Vuonna 1995 vastaava yhteys löytyi Pohjois-Suomessa myös typen kohdalla. Turpeen typpi-arvolla 1,6 % neulasten typpipitoisuus oli keskimäärin 1,2 % (= puuteraja, ks. Paarlahti ym. 1971) ja turpeen typpi-arvolla 2,4 % vastaavasti 1,3 % (= puiden kannalta tyydyttävä).

*Taulukko 2. Pintaturpeen (0–20 cm kerros) ravinnepitoisuudet kasvupaikkatyypeittäin syyskuussa 1993. Samoja kirjaimia sisältävät yhdistelmät tarkoittavat, ettei kasvupaikkatyyppien välillä ole ko. ravinteen kohdalla merkitsevää eroa ( $p < 0.05$ ).*

	Ruohoinen (n=15)	Suursarainen (n=57)	Piensarainen (n=30)	Selite
Typpi, %	2,60 a	2,10 b	1,70 c	Kasvupaikat eroavat toisistaan
Fosfori, mg/g	1,38 ab	1,13 ac	0,99 c	Ruohoinen eroaa piensarjaisesta
Kalium, mg/g	0,31 ab	0,38 ac	0,45 c	Ruohoinen eroaa piensarjaisesta
Kalsium, mg/g	2,70 ac	3,70 ab	1,80 c	Suursarainen eroaa piensarjaisesta
Magnesium, mg/g	0,35 a	0,58 b	0,35 a	Suursarainen eroaa muista ryhmistä
Boori, ppm	1,17 a	1,24 a	1,02 a	Kasvupaikkatyyppien välillä ei eroja

Huomattava osa tutkimusmetsiköistä poti talvella 1993 neulasanalyysin mukaan pääravinteiden puutosta (taulukko 3). Varsinkin fosforin puutos oli tuntuva. Lannoittamattomissa metsiköissä männynneulasten keskimääräinen fosforipitoisuus jäi kaikilla kasvupaikkatyypeillä puutosrajan 1,4 mg/g (ks. Paarlahti ym. 1971) alapuolelle. Joka kolmannen tutkimusmetsikön tulkittiin kärsivän voimakkaasta fosforin vajauksesta. Typen vähyyttä (pitoisuus <1,2 %) ilmeni samoin joka kolmannessa ja kaliumin niukkuutta (pitoisuus <3,5 mg/g) joka neljännessä metsikössä. Boorin puutosta (pitoisuus <7,5 ppm) esiintyi noin 10 %:lla ja alhaisia kuparin arvoja (pitoisuus <2,5 ppm) noin 25 %:lla metsiköistä. Ravinne-epätasapaino oli yleisintä ruohotason soilla, joissa puiden neu-

lasten typpipitoisuus oli merkitsevästi korkeampi, mutta kalium-, sinkki-, kupari- ja booripitoisuudet merkitsevästi alhaisempia kuin karumilla, ravinnesuhteiltaan vakaammilla piensaraton soilla. Puiden typen saatavuus riippui myös kuivatustehosta (kuva 3). Männynneulasten typpipitoisuus oli selvästi puuterajan alapuolella sellaisissa kohteissa, joilla ojaot olivat pitempään olleet huonosti toimivia ja joiden katsottiin tarvitsevan kunnostusta. Turpeen paksaus näytti vaikuttavan neulasten kaliumravitsemustilaan (korrelaatiokerroin  $r = -0,333$ ,  $p < 0,001$ ). Kohteissa, joissa turvetta oli alle 40 cm, ei selviä puutoksia juuri havaittu ja neulasten kaliumpitoisuus oli merkitsevästi korkeampi kuin paksuturpeisemmissa kohteissa.

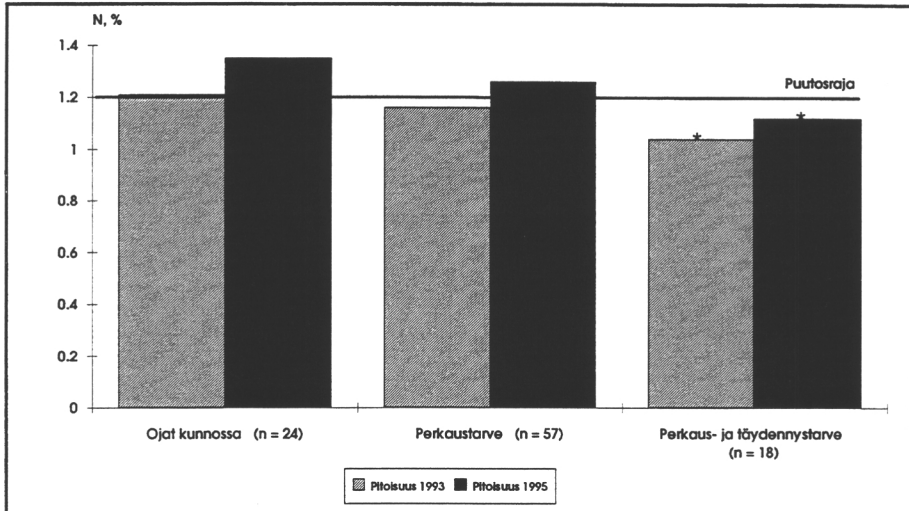
*Taulukko 3 . Männynneulasten ravinnepitoisuudet talvikausina 1993 ja -95 kasvupaikkatyypeittäin sekä varianssianalyysin p-arvot kasvupaikkatyyppien ja vuosien välisille eroille. (Alleviivatut p-arvot osoittavat merkitseviä eroja.)*

**Ravinnepitoisuudet:**

	Ruohoinen		Suursarainen		Piensarainen	
	1993	1995	1993	1995	1993	1995
Tuhka, %	1,45	1,46	1,50	1,71	1,60	1,70
N, %	1,26	1,37	1,11	1,27	1,21	1,27
P, mg/g	1,23	1,25	1,21	1,30	1,33	1,36
K, mg/g	2,89	3,20	3,40	4,00	3,90	4,10
Ca, mg/g	1,52	1,54	1,69	1,87	1,78	1,99
Mg, mg/g	1,13	1,12	1,05	1,20	1,08	1,15
Fe, ppm	32	35	29	29	29	30
Mn, ppm	388	382	380	390	246	256
Zn, ppm	30	31	34	39	37	41
Cu, ppm	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,5
B, ppm	6,0	7,1	8,8	9,9	9,2	11,2
Neulasmassa, g/100 neul.	1,10	1,24	1,00	1,10	1,09	1,13

**2-suuntaisen varianssianalyysin p-arvot:**

Ravinne	Kasvu- paikka	Vuosi	Yhdys- vaikutus	Ravinne	Kasvu- paikka	Vuosi	Yhdys- vaikutus
Tuhka-%	<u>0.0000</u>	<u>0.0004</u>	0.0238	Fe	<u>0.0315</u>	0.2469	0.6261
N	<u>0.0080</u>	<u>0.0006</u>	0.2237	Mn	<u>0.0000</u>	0.8592	0.9747
P	0.0574	0.2836	0.7642	Zn	<u>0.0003</u>	<u>0.0225</u>	0.5942
K	<u>0.0000</u>	<u>0.0001</u>	0.0500	Cu	<u>0.0016</u>	0.9151	0.0293
Ca	<u>0.0002</u>	<u>0.0360</u>	0.5518	B	<u>0.0086</u>	0.1016	0.8190
Mg	0.9737	<u>0.0301</u>	0.1024	Neulas- massa	0.0528	<u>0.0160</u>	0.5739

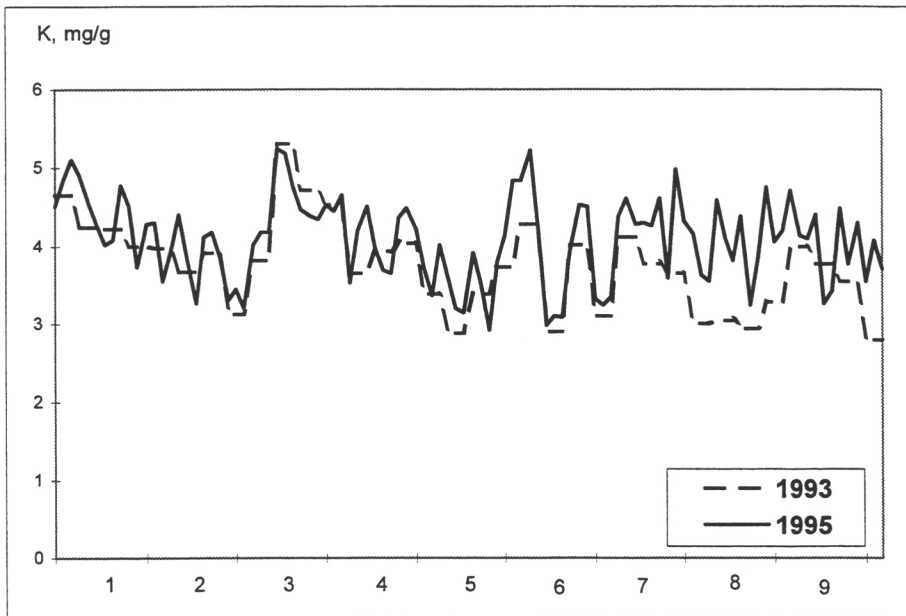
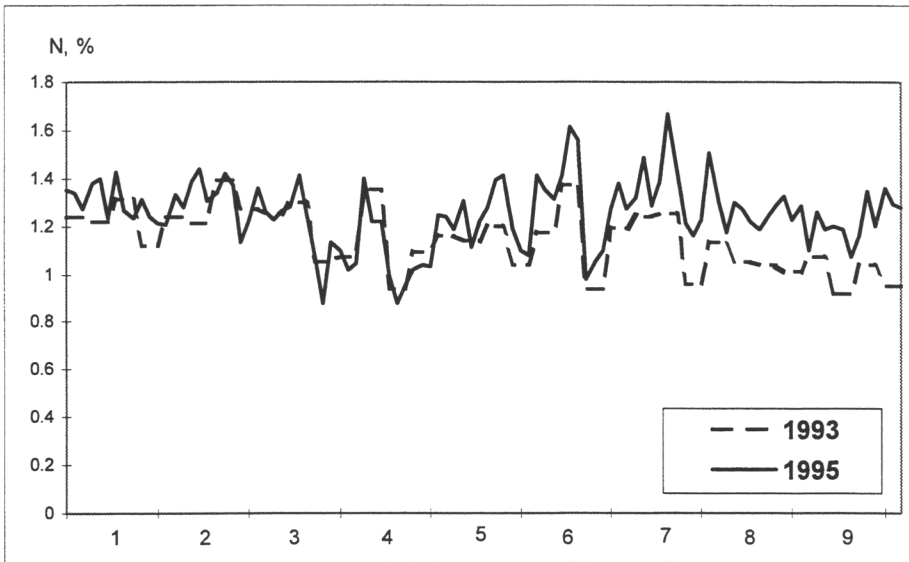


Kuva 3. Männyneulasten typpipitoisuus kuivatusltilaltaan erilaisissa metsiköissä vuosina 1993 ja 1995. \* = ero tilastollisesti merkitsevä verrattuna tilanteeseen, jossa ojat toimivat hyvin.

Puiden typpi- ja kaliumravitsemustilan havaittiin parantuneen tutkimusjakson aikana kaikilla kasvupaikkatyypeillä (taulukko 2). Kun vuonna 1993 todettiin voimakas typen puutos 33 %:lla metsiköistä ja voimakas kaliumin puutos 24 %:lla metsiköistä, niin vuonna 1995 vastaavat luvut olivat 13 % ja 11 %. Alueittainen tarkastelu osoitti, että ravinnetilan muutos näkyi selkeästi vain Pohjois-Suomessa, jossa typen ja kaliumin pitoisuudet kohosivat merkitsevästi jaksolla 1993-95 (kuva 4). Vuosien välinen sääolojen vaihtelu näyttää siis vaikuttaneen puiden ravinnetilaan Etelä-Suomessa eri tavoin kuin Pohjois-Suomessa. Pääravinnepitoisuudet korreloivat positiivisesti lämpösumman (so. pohjoisuus/eteläisyys) kanssa vain vuonna 1993.

Eri vuosien välinen neulasten ravinnepitoisuuksien voimakas vaihtelu on todettu monessa yhteydessä (Leaf ym. 1970, Humphreys ym. 1971, Helmsaari 1990). Viileän alkukesän jälkeen syntyneiden neulasten kuivamassan ja pituuden on havaittu pienentyneen merkitsevästi ja neulasten N-, P- ja K-pitoisuuksien kohonneen verrattuna lämpimämpinä kasvukausina syntyneiden neulasten vastaaviin arvoihin. Helmsaaren (1990) mukaan alkukesän lämpöolot määräävät neulasten pituus- ja kuivamassakehityksen. Eräissä muissakin tutkimuksissa on päädytty siihen, että neulasten keruuvuoden tai edellisvuoden sääolot saattavat vaikuttaa neulasanalyysin diagnostiseen arvoon (van den Driessche 1974) tai että ravinnepitoisuudet ovat yhteydessä kasvukauden sademäärän kanssa (Leaf ym. 1970, Humphreys ym. 1971). Leaf ym. (1970) totesivat, että neulasten ravinnepitoisuudet jäivät yleensä alhaisiksi kuivien kesien jälkeen, ja että edellisen syyskesän ja seuraavan kesäkauden sademäärien summa korreloi positiivisesti neulastunnusten kanssa. Mainitussa tutkimuksessa neulasten

ravinnepitoisuuksien vaihtelu vuodesta toiseen oli varsin huomattavaa: pitoisuusarvot saattoivat jonakin vuonna osoittaa ankaraa kaliumin puutostilaa, toisena vuonna puiden ravinnetila taas oli tyydyttävä (Leaf ym. 1970).



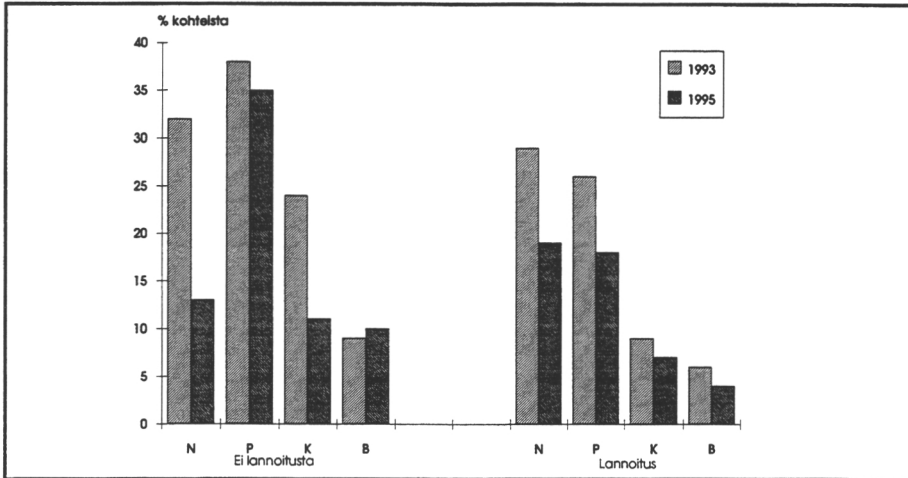
Kuva 4. Männyneulasten typpi- ja kaliumpitoisuudet vuosina 1993 ja 1995. 1 = Parkano, 2 = Karstula, 3 = Haapajärvi, 4 = Nurmes, 5 = Puolanka, 6 = Pudasjärvi, 7 = Ranua, 8 = Rovaniemi, 9 = Pello.

Tuhoja ja sairauksia esiintyi tutkimusmetsiköissä verraten vähän. Silmävaraisesti arvioituna 90 % koepuista oli syyskesällä 1993 terveydeltään normaaleja. Jonkin verran esiintyi monilatvaisuutta, kasvuhäiriöitä ja neulaskatoa (9 % koepuista). Puustossa näkyi kasvupaikan laadusta riippuen merkkejä yli 5 vuotta vanhoista, mutta jo ohimenneistä kehityshäiriöistä (40 % metsiköistä). Eniten tällaisia puuston eri kehitysvaiheissa ilmenneitä tuhoja tavattiin nevaisilla ruohotason rämeillä (lähes 80 % ko. tyyppin metsiköistä) ja vähiten piensaratason rämeillä (noin 30 % metsiköistä).

Noin 20 vuotta aiemmin tehty PK-käsittely näkyi edelleen puiden ravinnepitoisuuksissa. Lannoitetuilla metsikkökuvioilla fosforin ja kaliumin puutostiloja esiintyi selvästi vähemmän kuin lannoittamattomilla (kuva 5). Lisäravinteita saaneilla puilla neulasten tuhka-, fosfori-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet olivat talvella 1995 merkitsevästi korkeampia ja neulasten kuivamassa suurempi kuin lannoittamattomilla puilla (liite 2). Typpipitoisuutta lannoitus vastaavasti alensi (nk. ohentumisilmiö, ks. Veijalainen 1977). Tulos tukee aikaisempia havaintoja fosfori-kaliumlannoituksen pitkästä vaikutusajasta (mm. Penttilä ja Moilanen 1987, Veijalainen 1992, Moilanen 1992, 1993). Turpeen hajoamisnopeuteen lannoitus ei näyttänyt vaikuttaneen. Von Postin silmävaraisella luokituksella määritettynä pintaturpeen keskimääräinen maatuneisuusaste oli sekä lannoitetuissa että lannoittamattomissa kohteissa keskimäärin luokkaa 6 eli kohtalaisen maatunutta (1= täysin maatumaton, 10 = täysin maatunut).

Ilmatieteen laitoksen säähavaintojen mukaan syyskuun ja lokakuun keskilämpötilojen välinen ero oli vuonna 1992 n. 15 °C, mutta vuonna 1994 vain 5–6 °C. Näin ollen puiden talveentuminen tapahtui 1992 nopeammin ja aikaisemmin kuin 1994: lokakuun keskilämpötila oli 1992 tämän tutkimuksen koemetsiköitä lähinnä sijaitsevilla säähavaintoasemilla –5 °C, kun se v. 1994 oli +1,5 °C.

Teoriassa voidaan ajatella, että männynneulasten typpi- ja kaliumpitoisuuksien korkeammat arvot talvella 1995 verrattuna vastaaviin talvella 1993 ovat seurausta edellisten syyskausien lämpöolojen erilaisuudesta. Hitaammin edennyt talveentumisprosessi vuonna 1994 kenties mahdollisti sen, että puut mm. ennättivät siirtää ravinteita vanhoista neulasista uusiin pitemmän ajan kuin syksyllä 1992.

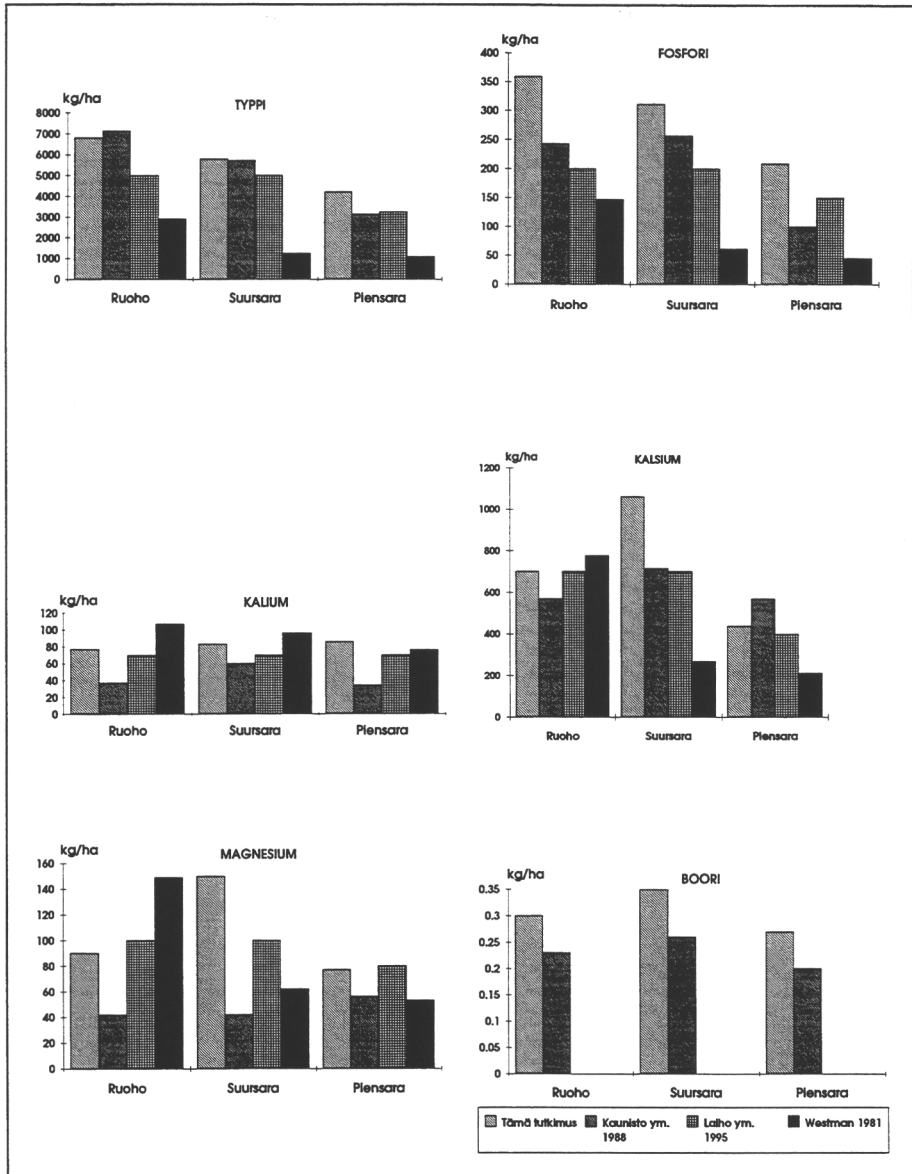


Kuva 5. Puiden ravinnepuutokset lannoittamattomissa ja lannoitetuissa metsiköissä vuosina 1993 ja 1995. Puutosrajat: N 1,2 %, P 1,4, mg/g, K 3,5 mg/g ja B 7,5 ppm.

### 3.3 Kasvualustan ravinnevarat ja puuston sitomat ravinnemäärät

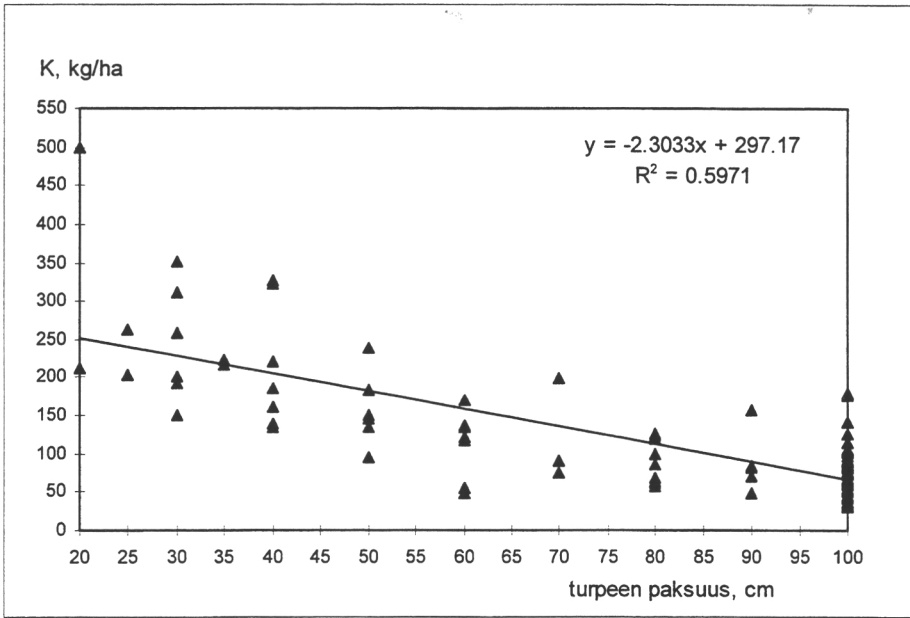
Tutkimuskohteiden pintaturve (0–20 cm) sisälsi kasvupaikkatyyppistä riippuen tyyppiä 4200–6800 kg/ha ja fosforia 209–359 kg/ha (kuva 6). Määrät olivat 2–5 kertaa suurempia kuin mitä vastaavantyyppisiltä luonnontilaisilta soilta on aiemmin esitetty (ks. Westman 1981). Turpeen kaliummäärät (77–86 kg/ha) olivat taas hiukan pienempiä kuin em. Westmanin tutkimuksessa. Turvekerroksen paksuus korreloi voimakkaasti pintaturpeen kaliummäärien kanssa (kuva 7). Koska turvenäytteisiin tuli ohutturpeisissa kohteissa mukaan myös kivennäismaata, rajattiin pintaturpeen ja puuston ravinnemäärävertailussa pois ne kohteet, joilla turvetta oli vähemmän kuin 50 cm.

Pintaturpeen ravinnemäärät olivat typen ja kalsiumin osalta samaa suuruusluokkaa kuin vanhoja ojitusalueita koskevissa muissakin selvityksissä (Kaunisto ja Paavilainen 1988, Laiho ja Laine 1994, 1995) (kuva 6). Sen sijaan fosfori- ja boorimäärät olivat tässä tutkimuksessa noin neljänneksen ja kalium- ja magnesiummäärät kaksi kertaa suuremmat kuin Kauniston ja Paavilaisen (1988) rämekoeala-aineistossa. Laihon ja Laineen (1995) Keski-Suomesta vastaavanikäisiltä ojitusalueilta kerättyyn aineistoon verrattuna fosforin määrät olivat tässä tutkimuksessa hieman suuremmat ja kaliumin määrät samaa suuruusluokkaa. Erot Kauniston ja Paavilaisen (1988) selvitykseen johtunevat siitä, että huomattava osa maaperän kaliumvaroista oli heidän tutkimistaan metsiköistä kulkeutunut pois hakkuupoistumien mukana. Tässä aineistossa puuston harvennukset olivat olleet verraten lieviä.



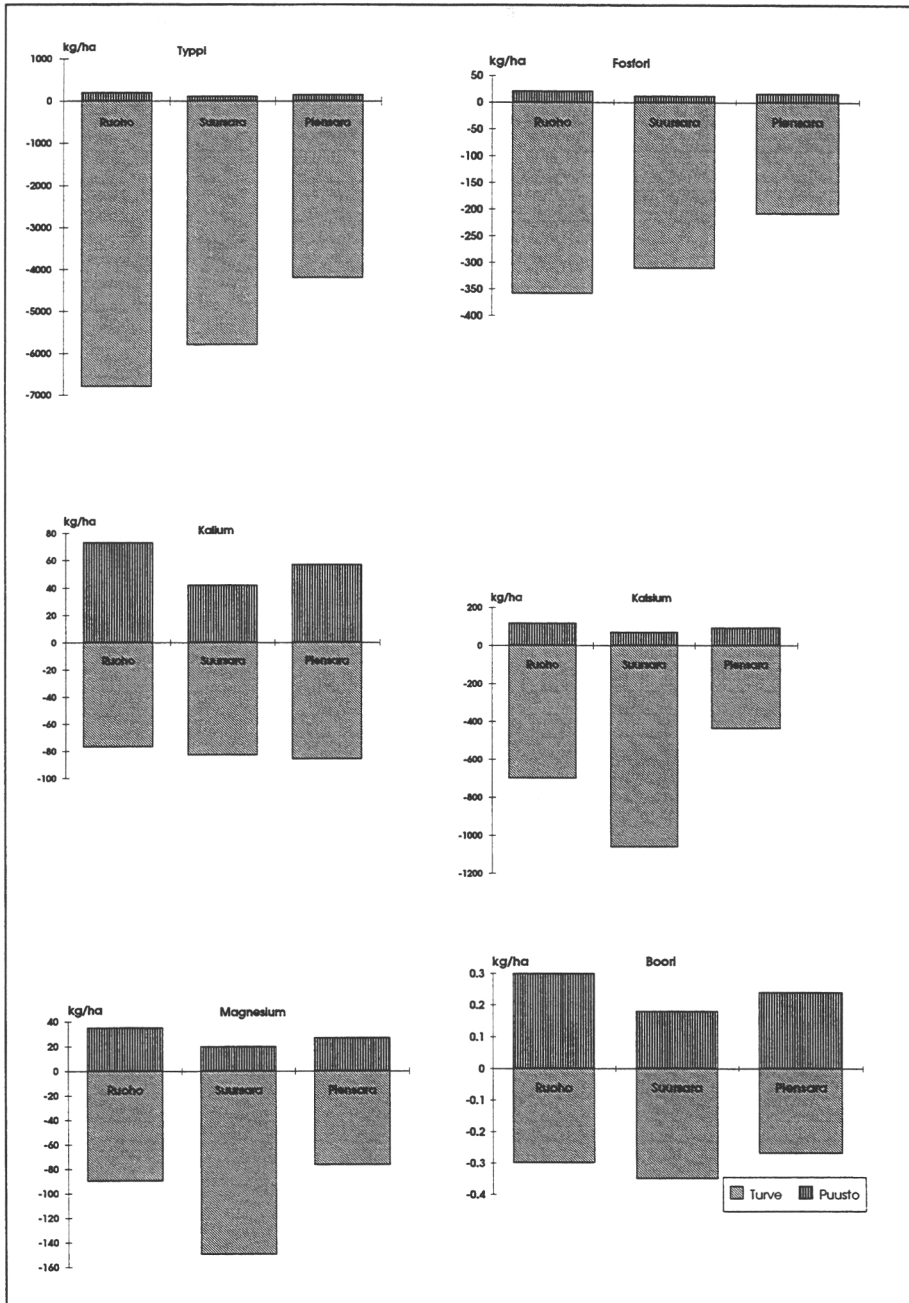
Kuva 6. Turpeen pintakerroksen (0–20 cm) ravinnemäärät kasvupaikkatyypeittäin tämän ja eräiden muiden tutkimusten mukaan.

Tutkittujen metsiköiden kasvualusta sisälsi typpeä, fosforia ja kalsiumia moninkertaisesti verrattuna nykypuustoon sitoutuneisiin ja harvennushakkuissa metsiköstä runkopuun mukana poistuneisiin ravinnemääriin (kuva 8). Kaliumia ja booria puustossa oli 50–95 % ja magnesiumia 13–39 % turpeen sisältämisistä ravinnemääristä. Kaliumin ja boorin niukkuus kasvualustassa on merkki siitä, että suuri osa mainituista ravinteista on sitoutunut puustoon ja pintakasvillisuuteen.



Kuva 7. Turpeen pintakerroksen (0–20 cm) kaliummäärä turvekerroksen paksuuden suhteen.





Kuva 8. Turpeen pintakerroksen ja puuston (mukaanlukien hakkuupoistumat) sisältämät ravinnemäärät kasvupaikattyypeittäin.

## 4 Päätelmiä

Selvitys ojitusaluemetsien ravinnetilasta tehtiin aineistosta, jossa kuivatuksesta oli kulunut keskimäärin 45 vuotta. Metsiköiden ravinne- ja terveydentilan tulkittiin olevan tyydyttävällä tasolla. Vaikka pääravinteiden – etenkin fosforin – puutteen todettiin rajoittavan metsiköiden kehitystä, ei akuutteja ja voimakkaita kehityshäiriöitä puustoissa ilmennyt. Lannoituksen havaittiin vaikuttaneen puiden ravinnetilaan pitkäaikaisesti, selvästi yli 20 vuoden ajan. Puiden ravinnetilan todettiin – mahdollisesti sääolojen muutosten kautta – vaihtelevan voimakkaasti eri vuosien kesken. Ajalliset muutokset näkyivät Pohjois-Suomessa voimakkaampina kuin Etelä-Suomessa.

Kasvualustan ravinnevarojen tulkittiin ravinteesta riippuen joko lisääntyneen (typpi, fosfori) tai vähentyneen (kalium). Tyyppistä ja fosforista ei pitkälläkään aikavälillä tullene puutetta, vaikka niiden mobilisaatio jää puiden kannalta monesti alhaiselle tasolle viileän ilmaston ja vajaan kuivatuksen vuoksi. Ohutturpeisilla kohteilla myös kaliumin saatavuus on edelleen kohtalaisen hyvä. Tulevaisuutta ajatellen kaliumin ja boorin riittävydestä saattaa paksuturpeisilla soilla tulla kuitenkin ongelmia, sillä mainittuja ravinteita sitoutuu puustoon sen kiertoaikana jopa enemmän kuin mitä niitä kasvualustaan jää jäljelle. Toisaalta ainakin kannot ja juuret ajan myötä palautuvat ravinnekiertoon. Kovin suureksi ongelma ei siis välttämättä muodostu ainakaan ensimmäisen puusukupolven aikana. Vähäisestä määrästä huolimatta esimerkiksi kalium liikkuu vilkkaasti maaperän ja kasvillisuuden välisessä kierrossa. Paitsi että pääravinteiden sisäinen kierto latvuksessa vanhoista neulasista uudempiin ja sisäkuoreen on tehokasta (Mälkönen 1974, Finér 1991, Helmisaari 1992), kaliumia myös huuhtoutuu metsikkösadannan mukana latvuksista maahan, mikä tuo puille ravinnelisiä (Helmisaari ja Mälkönen 1989). Kokopuukorjuuta tulee kyseisentyypisillä soilla tulevaisuudessa kuitenkin välttää. Samoin tulee huolehtia ojastojen kuivatustehon säilymisestä vähintään tyydyttävällä tasolla.

## Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.). 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. Yearbook of forest statistics 1992. SVT. Maa- ja metsätalous 1993:5. 317 s.
- Ahtiainen, M. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes study. Proceedings of the international symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions, Joensuu, Helsinki, Finland, 6 - 8 June. Publications of the Academy of Finland 4: 206-219.
- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja

- kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 111. 20 s.
- Boggie, R. 1977. Water-table depth and oxygen content of deep peat in relation to rot growth of *Pinus contorta*. *Plant Soil* 48: 447–454.
- Eurola, S., Laukkanen, A. & Moilanen, M. 1995. The significance of the original mire site type in the classification of old drainage areas. An example from Muhos, Finland (64° 49' N, 26° E). *Aquilo Ser. Botanica* 35: 39–44.
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Acta Forestalia Fennica* 208. 63 s.
- Finér, L. 1991. Effect of fertilization on dry mass accumulation and nutrient cycling in Scots pine on an ombrotrophic bog. *Acta Forestalia Fennica* 223. 42 p.
- Finér, L. 1992a. Nutrient concentrations in *Pinus sylvestris* L. growing on an ombrotrophic pine bog, and the effects of PK and NPK fertilization. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7 (2): 205–218.
- Finér, L. 1992b. Biomass and nutrient dynamics of Scots pine on a drained ombrotrophic bog. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 420. 43 s.
- Halonen, O. & Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121. 28 s.
- Heikurainen, Leo. 1986. Suo-opas metsänkasvatusta varten. 4. uudistettu painos. Kirjayhtymä. 51 s.
- Helmisaari, H-S. 1990. Temporal variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 177–193.
- Helmisaari, H-S. 1992. Spatial and age-related variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. Tiivistelmä: Männyn neulasten ravinnepitoisuuksien paikallinen ja iänmukainen vaihtelu. *Silva Fennica* 26: 145–153.
- 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.
- 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.*
- Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa 1971-1982. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 408. 142 s.
- Kaunisto, S. 1992. Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine. *Seloste: Kalilannoituksen vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilään. Suo* 43: 45–62.
- Kaunisto, S. 1995. Massahakemenetelmä ja ravinnepoistuma rämeen ensiharvennusmetsäkoissa. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.) 1996. *Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 593: 15–23.
- 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 p.

- Kaunisto, S. & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia Forestalia* 585. 40 s.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: Results from field surveys of drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Laiho, R. & Laine, J. 1994. Nitrogen and phosphorus stores in peatlands drained for forestry in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 251-260.
- Laiho, R. & Laine, J. 1994. Changes in mineral element concentrations in peat soils drained for forestry in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 218-224.
- Laine, J. & Vasander, H. 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä. Helsinki. 80 s.
- Laine, J. & Laiho, R. 1992. Effect of forest drainage on the carbon balance and nutrient stores of peatland ecosystems. In Kanninen, M. and Anttila, P. (eds.). The Finnish research programme on climate change. Progress report. Publications of the Academy of Finland 3: 205-210.
- 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.
- Lieffers, V. J. 1988. Sphagnum and cellulose decomposition in drained and natural areas of an Alberta peatland. *Canadian Journal Soil Science* 68: 755 - 761.
- Lukkala, O.J. 1949. Soiden turvekerrosten painuminen ojituksen vaikutuksesta. Über die Setzung des Moortorfes als Folge der Entwässerung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(1): 1 - 67.
- Lundin, L. 1988. Impacts of drainage for forestry on runoff and water chemistry. Proceedings of the international symposium on the hydrology of wetlands in temperature and cold regions, Joensuu, Helsinki, Finland, 6 - 8 June. Publications of the Academy of Finland 4: 197-205.
- Lähde, E. 1969. Biological activity in some natural and drained peat soils with special reference to oxidation-reduction conditions. *Acta Forestalia Fennica* 94. 69 s.
- Moilanen, M. 1992. Suopuustojen ravinnetila Pohjois-Suomen vanhoilla ojitusalueilla. Julkaisussa: Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, M. (Merja) (toim.). Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 419: 58 - 65.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia Forestalia* 820. 37 p.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1990. Suometsien PK-lannos ja typpilannoittelajit karuhkojen ojitettujen rämeiden lannoituksessa. Summary: PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs. *Folia Forestalia* 754. 20 s.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5): 1-87.

- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. *Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä*. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 74 (5): 1 - 58.
- Paavilainen, E. 1979. *Metsänlannoitusopas*. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.
- Paavilainen, E. 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. *Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvubiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä*. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 98(5). 71 p.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. *Peatland forestry. Ecology and principles*. *Ecological Studies* 111. 248 p.
- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoittamisessa Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 136-148.
- Sallantaus, T. 1992. Leaching in the material balance of peatlands - preliminary results. *Suo* 43: 253 - 258.
- Silvola, J. 1988. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus turpeen hiilen vapautumiseen ja ravinteiden mineralisoitumiseen. *Summary: Effect of drainage and fertilization on carbon output and nutrient mineralization of peat*. *Suo* 39(1-2): 27 - 37.
- Van den Driessche, R. 1974. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *Bot. Rev.* 40 (3): 347 - 394.
- Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. *Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidella*. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 92(4): 1 - 32.
- Veijalainen, H. 1992. *Neulasanalyysituloksia suometsistä talvella 1987 - 88*. *Summary: Nutritional diagnosis of peatland forests by needle analysis in winter 1987 - 88*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 408. 28 s.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. *Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin*. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

Liite 1. Männyneulasten ravinnepitoisuudet tutkimusmetsiköissä talvella 1995.  
**0**: = lannoittamattomat metsiköt, **PK**: fosfori-kaliumkäsitteilyn saaneet metsiköt. \* = ravinnepitoisuus poikkeaa merkitsevästi lannoittamattomasta ( $p < 0.05$ ).

	<b>0</b>	<b>PK</b>
Tuhka, %	1,68	1,83 *
N, %	1,28	1,22 *
P, mg/g	1,32	1,46 *
K, mg/g	3,94	4,24 *
Ca, mg/g	1,88	2,19 *
Mg, mg/g	1,17	1,13
Fe, ppm	30	31
Mn, ppm	337	355
Zn, ppm	39	39
Cu, ppm	2,5	2,4
B, ppm	10,1	10,0
Neulasmassa, g/100 neulasta	1,13	1,29 *

# TYPPIAINEENVAIHDUNNAN AVAITAPAHTUMAT MÄNNYN SOLUKOISSA

**Pekka Pietiläinen ja Pekka Lähdesmäki**

## 1 Johdanto

Männyt ottavat juurillaan maasta ammonium- ja nitraattityppeä. Juurissa nitraattireduktaasi (NR; EC 1.6.61) pelkistää nitraatin nitriitiksi solujen sytoplasmassa ja nitriittireduktaasi (NiR, 1.7.71) edelleen nitriitin ammoniakiksi viherhiukkasissa (Beever ja Hageman 1980, Guerrero ym. 1981). Molemmat entsyymit indusoituvat substraattillaan (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988, Sarjala 1991). Männyssä on kaksi erillistä nitraatin pelkistyssysteemiä. Kesällä nitraatin pelkistys tapahtuu juurissa (Oaks 1979, Oaks ja Hirel 1985, Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986, Sarjala ym. 1987, Pietiläinen ym. 1991). Keväällä ja syksyllä, päivien ollessa lyhemmät ja maan lämpötilan rajoittaessa juurten entsyymitoimintaa, nitraattia kulkeutuu neulasiin indusoiden näihin NR-aktiivisuutta (Smirnoff ym. 1984, Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986, Wingsle ym. 1987, Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988, Pietiläinen 1994, Lähdesmäki 1989, Pietiläinen ym. 1991). Keväällä ja syksyllä männyt ottavat ammoniumtyppeä enemmän kuin nitraattityppeä (Clarkson ja Warner 1979).

Maasta otettu tai nitraatin pelkistyksestä saatu ammoniumtyyppi sitoutuu juuristossa glutamiiniin glutamiinisyntetaasin (GS, EC 6.3.1.2) ja glutamaattiin glutamaattisyntetaasin (Fd-GOGAT; EC 1.4.1.14) välityksellä (Skokut ym. 1978, Fentem ym. 1983). Neulasissa ammoniakkin hyödyntämistä edistävät samat entsyymit tai isoentsyymit. Glutamiinin ja glutamaatin tuotanto riippuu juuriin kuljetettujen (Pate 1971, 1980, Kirkby ja Armstrong 1980) ja siellä tuotettujen metaboliittien ja pelkistimien määrästä (Kirkby ja Huges 1970). Glutamiini (2N/5C) ja glutamaatti (2N/4C) ovat pääasialliset tyyppiyhdisteet, joissa tyyppiä kuljetetaan juurista neulasiin (Pate 1971, Higgins ja Payne 1982). Latvuksessa nämä yhdisteet hyödynnetään neulasten tarpeen mukaisissa aineenvaihduntatapahtumissa. Yksi muodostuvista yhdisteistä on arginiini (4N/6C), joka on proteiinien osa ja toimii myös typen varastoyhdisteenä (Durzan ja Steward 1967). Arginiini puskuroi liian typen (van Eerden 1982, van Dijk ja Roeleofs 1988, Ferm ym. 1990), ja reagoi moniin ympäristö- ja ravinnetekijöihin (Durzan 1971, Rabe 1990). Korkeina pitoisuuksina arginiini (Ferm ym. 1990) voi häiritä vakavasti proteiinisynteesiä (Higgins ja Payne 1982).

Tutkimuksessa seurattiin männyn neulasten vapaiden aminohappojen ja proteiinien vuodenaikaisvaihtelua sekä typen käyttöön liittyvän neljän entsyymin glutamaattisyntaasin, glutamiinisyntaasin, nitraattireduktaasin ja nitriittireduktaasin aktiivisuutta. Tutkimuksessa selvitettiin fosfori- ja kalilannoituksen (PK) vaikutusta männyn neulasten arginiinipitoisuuteen ohut- ja paksuturpeisella ojitusalueella sekä PK-lannoituksen vaikutusta 10 ja 40 m:n saroilla kasvavien mäntyjen neulasten arginiinipitoisuuteen. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin neulasten typen, fosforin, kaliumin ja boorin vaikutusta typen varastoyhdisteenä toimivan arginiinin määrään.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa otettiin vuonna 1984 männyn neulasnäytteitä Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusalueessa sijaitsevalta piensararämeeltä, joka oli ojitettu vuonna 1967 ja lannoitettu vuonna 1969. Neulasnäytteet kerättiin erikseen lannoittamattomalta ja NPK-lannoitetuilta koealoilta. Näytteistä määritettiin aminohapot, proteiinit ja  $\gamma$ -glutamyyli-transferaasiaktiivisuus. Koealatiidot ja analyysimenetelmät on selostettu aikaisemmin (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986).

Männyn taimien juurten ja neulasten NR-aktiivisuus määritettiin kaksi vuotta vanhoista Pyhännän alkuperää olevista männyn taimista, jotka oli kasvatettu Nuojuan taimitarhalla. Analyysimenetelmät on selostettu aikaisemmin (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988). Männyn neulasten NR-aktiivisuuden, neulasten  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  ja  $\text{NH}_4^+$  pitoisuuksien vuodenaikaista vaihtelua seurattiin ojitetun piensararämeen lannoittamattomalta ja NPK-lannoitetuilta ruuduilta kerätyistä näytteistä. Analyysimenetelmät on selostettu julkaisussa Lähdesmäki ja Pietiläinen (1989).

Männyn neulasten arginaasi-, glutamaattisyntaasi- ja NR-aktiivisuuden vuodenaikaista vaihtelua seurattiin piensararämeen lannoituskokeen lannoittamattomilta ja NPK-lannoitetuilta ruuduilta vuosina 1984 ja 1987 kerätyistä neulasista. Analyysimenetelmät on selostettu muualla (Pietilä ym. 1989).

Männyn neulasten pitkäaikaista NR-aktiivisuuden vaihtelua lämpötilan ja roudan syvyyden funktiona seurattiin vuosina 1984–88. NR-aktiivisuus määritettiin piensararämeen lannoituskokeen männynneulasista. Roudan syvyys mitattiin kivennäismaalta Muhoksen tutkimusaseman läheisyydestä. Oulun lentotaseaman maksimi- ja minimilämpötiloja käytettiin julkaisussa Pietiläinen ym. (1991). Myös analyysimenetelmät on selvitetty samassa julkaisussa.

Typpilaskeuman seurauksena puustoon tulleen liiallisen typen vaikutusta männyn neulasten aminohappo- ja proteiinkoostumukseen seurattiin Kannuksen



ympäristössä olevien turkistarhojen lähimetsiköistä. Tarkemmat tiedot metsiköistä ja analyysimenetelmistä ovat julkaisuissa Ferm ym. (1990) ja Pietilä ym. (1991).

PK-lannoituksen vaikutusta neulasten arginiinipitoisuuteen (3–5 vuotta jatkolannoituksen jälkeen) selvitettiin Muhoksen tutkimusalueen kokeilla 55d, 93a, 294, 297, 310 ja 574 vuonna 1990. Taulukossa 1 on esitetty kokeiden suotyyppi, turpeen paksuus, perus- ja täydennysojitus, sarkaleveys sekä perus- ja jatkolannoitusajankohdat. Taulukossa 2 on esitetty kokeiden perus- ja jatkolannoitukset.

*Taulukko 1. Kokeiden suotyyppi, turpeen paksuus, perus- ja täydennysojitus, sarkaleveys sekä perus- ja jatkolannoitusajankohdat.*

koe	suotyyppi	turpeen paksuus	perus- ojitus	täyd.- ojitus	sarka- leveys	perus- lann.	jatko- lann.
55d	suur-piensararäme	0,5–1,0 m	1939	1972	30 m	1967	1984
93a	tupasvillaräme	yli 1,0 m	1950	1970	30 m	1967	1985
294	piensararäme	0,2–0,4 m	1950	1970	40 m	1985	
297	piensararäme	0,2–0,4 m	1966	1977	25 m	1985	1989
310	tupasvillaneva	0,4–0,6 m	1954	1981	20 m	1985	1989
574	suursararäme	0,6–1,1 m	1974		10 m/20 m	1987	

*Taulukko 2. Kokeiden perus- ja jatkolannoitukset.*

koe	peruslannoitus / ha	jatkolannoitus / ha
55d	PKa (600 kg)	Os (400kg, PK (400kg)
93a	PKa (600kg)	U (200kg), Ks (200kg), Rf (300kg)
294	Os (1000kg), PK (600kg)	
297	U (300kg), PK (400kg)	U (300kg), PK (400kg)
310	U (300kg), PK (400kg)	U (300kg), PK (400kg)
574	U (130kg), PKb (260kg)	

PKa = (0-7.4-12.5); PKb = (0-8.7-16.6); Ua = (46-0-0); U = urea (46.3-0-0); Ks = kalisuola (0-0-60); Rf = raakafosfaatti (0-15-0); Os = (27.5-0-0) + Mg 2.2 %; PK = (0-9-17) + B 0.2 %

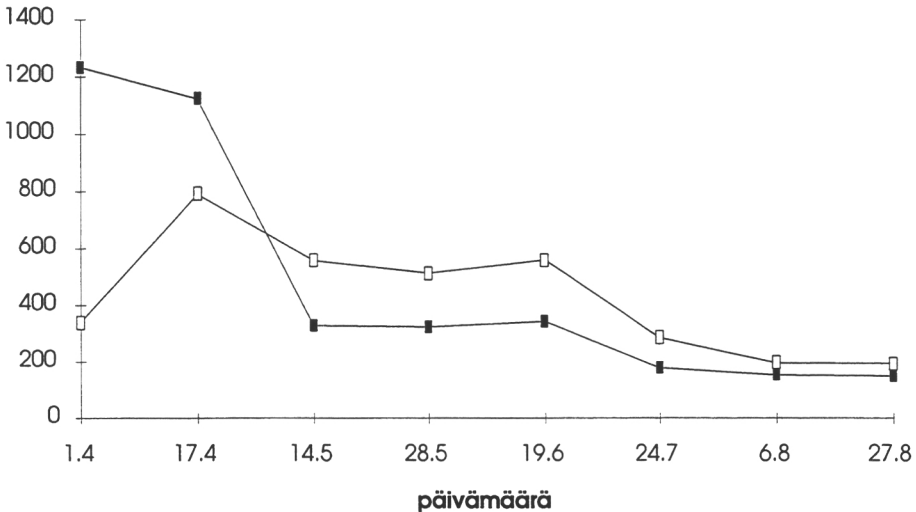
Typen, fosforin, kaliumin ja boorin vaikutusta neulasten arginiinipitoisuuteen 13 vuotta jatkolannoituksen jälkeen selvitettiin Vesikkosuon ja Köhisevän soiden lannoituskentillä. Koealatiiedot ovat julkaisussa Paavilainen ja Pietiläinen (1986) ja Pietiläinen (1994).

### 3 Tulokset

Männyn neulasten typen vuodenaikaisvaihtelua on tutkittu aikaisemmin (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986). Typpipitoisuus nousi maaliskuun aikana ja laski kesällä kasvukauden aikana, nousten taas syksyllä. Keväällä neulasiin siirtyi puun muissa osissa varastoitua tyyppiä.

Silmujen ja nuorempien vuosikasvainten proteiinipitoisuus vaihteli välillä 7–14 mg/kg tuorepainosta tutkimusjakson aikana. Silmuista ja kasvaimista tunnistettiin 43 ninhydriiniposiitivista yhdistettä. Eniten oli arginiinia, glutamiinia, glutamiinihappoa,  $\gamma$ -aminovoihappoa, alaniinia ja asparagiinihappoa (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986). Arginiiniin mänty varastoi tyyppiä. Kuvassa 1 on esitetty arginiinin ja glutamiinin vaihtelu keväällä 1984. Neulasten arginiinipitoisuus tuorepainosta oli huhtikuun alussa 1,25 mmol/kg ja elokuun lopussa 0,2 mmol/kg.

Arginiini mmol/kg  
tuorepaino



Kuva 1. Neulasten arginiini- (■-■) ja glutamiinipitoisuudet (□-□) (mmol/kg neulasten tuorepaino) 1.4.–27.8.1985.

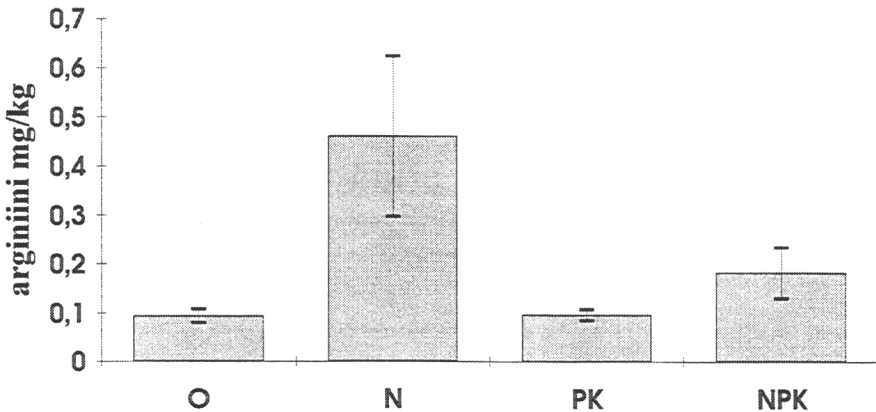
Juurten nitraattireduktaasi-aktiivisuus oli 35 °C:ssa seitsemän kertaa korkeampi kuin neulasten vastaava aktiivisuus (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988).

Männyn neulasten NR-aktiivisuuden vuodenaikaisvaihtelu on esitetty julkaisussa Pietiläinen ym. (1991). Neulasten nitraatin pelkistysaktiivisuus on korkeimmillaan keväällä ja syksyllä, kun maa on roudassa. Kasvukauden aikana neulasten nitraatin pelkistys on minimissä.

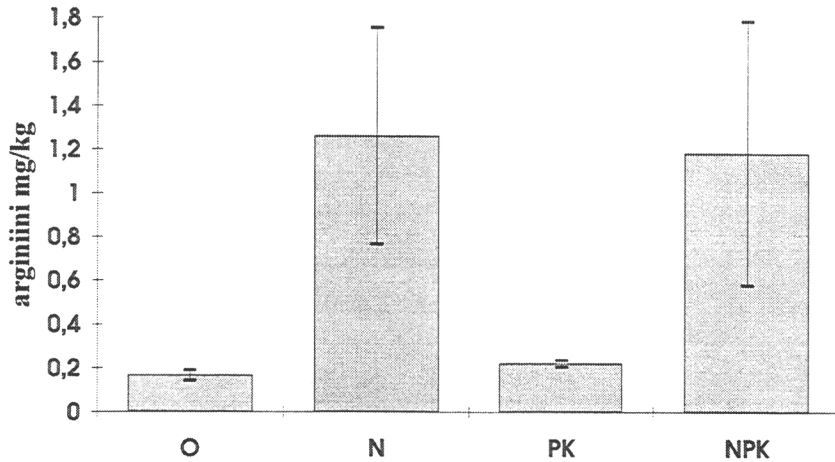
Ojitetun piensararämeen männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli 1,87 mmol/kg. PK-lannoituksen seurauksena vastaava neulasten arginiinipitoisuus laski tasolle 1,54 mmol/kg. PK-lannoitusta seurannut neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuden nousu vaikutti voimakkaimmin neulasten arginiinipitoisuuden laskuun (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986).

Fermin ym. 1990 tutkimuksissa turkistarhojen läheisyydessä männyn neulasten typpipitoisuus kohosi (korkeimmillaan 2,5 %) ja arginiinipitoisuus kuivapainosta oli korkeimmillaan yli 418 mmol/kg. Kontrollialoilla neulasten typpipitoisuus oli 1,2 % ja vastaavasti neulasten arginiinipitoisuus oli 1,5 mmol/kg.

Muhoksen tutkimusalueen ohutturpeisella piensararämeen jatkolannoituskokeella 294 männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli lannoittamattomilla 0,094 mg/kg. PK-lannoitus (600 kg /ha) ei laskenut pitoisuutta. Typpilannoitus (Oulunsalpietari 1000 kg/ha) nosti neulasten liukoisen arginiinipitoisuuden tasolle 0,460 mg/kg. NPK-lannoituksen seurauksena vastaava arginiinipitoisuus oli 0,182 mg/kg (kuva 2). Toisella ohutturpeisella piensararämeen jatkolannoituskokeella 297 lannoittamattomien mäntyjen neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli 0,166 mg/kg. PK-lannoitus (400kg/ha) ei laskenut vastaavaa pitoisuutta. Typpilannoitus (Urea 300kg/ha) puolestaan nosti pitoisuuden tasolle 1,259 mg/kg. NPK-lannoituksen seurauksena neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli 0,182 mg/kg (kuva 3).

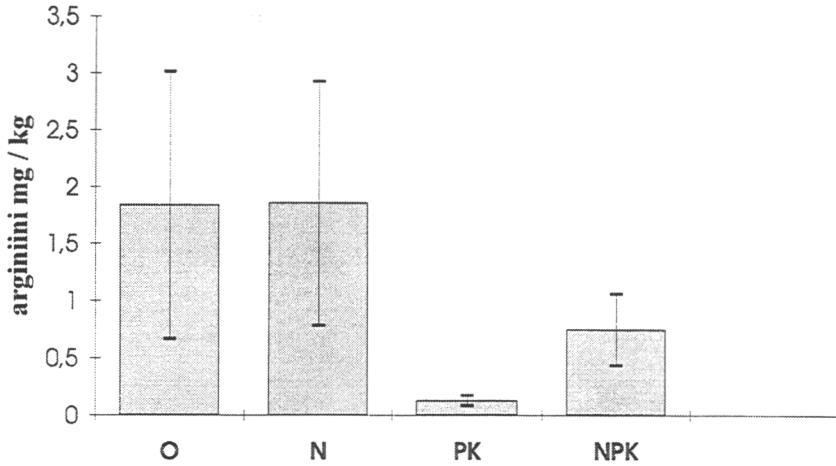


Kuva 2. Ohutturpeisen piensararämeen (koe 294) männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyittäin. Lannoitukset taulukossa 2.

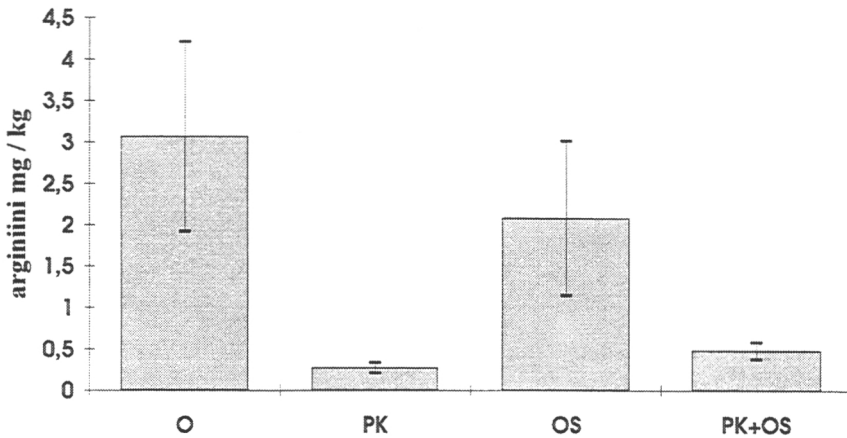


Kuva 3. Ohutturpeisen piensararämeen (koe 297) männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyittäin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.

Paksuturpeisemmalla alueella (turvetta 0,4–0,6 m), tupasvillanevan metsitys- ja lannoituskokeella 310, lannoittamattomien ruutujen männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli 1,839 mg/kg. Typpilannoitus (Urea 300 kg/ha) ei nostanut neulasten vastaavaa arginiinipitoisuutta. PK-lannoitus (400 kg/ha) laski neulasten vastaavan pitoisuuden tasolle 0,128 mg/kg tuorepainosta. NPK-lannoitus laski myös neulasten liukoisen arginiinipitoisuuden tuorepainosta tasolle 0,751 mg/kg (kuva 4). Kokeella 55d, joka on paksuturpeisen (turvetta 0,5–1,0m) suursara-piensararämeen lannoituskoe, männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus oli 3,065 mg/kg tuorepainosta. N-lannoitus (Oulun salpietari 400 kg/ha) ei nostanut neulasten liukoista arginiinipitoisuutta. PK-lannoitus (400 kg/ha) laski neulasen vastaavan pitoisuuden tasolle 0,272 mg/kg. NPK-lannoitus laski myös neulasten liukoisen arginiinipitoisuuden tasolle 0,0479 mg/kg tuorepainosta (kuva 5).

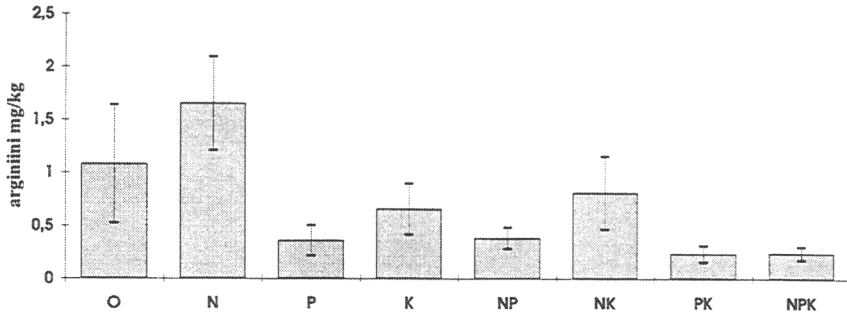


Kuva 4. Paksaturpeisen metsitetyn tupasvillanevan (koe 310) männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyittäin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.



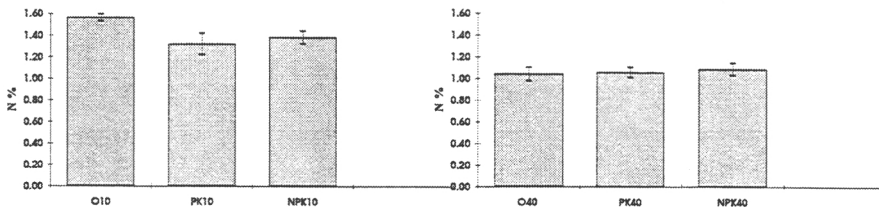
Kuva 5. Paksaturpeisen tupasvillasararämeen (koe 55d) männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyittäin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.

Paksaturpeisen tupasvillärämeen (turvetta yli 1,0 m) faktorikokeella 93a selvitettiin N-, P- ja K-lannoitteiden yksittäis- ja yhdysvaikutusta männyn neulasten liukoiseen arginiinipitoisuuteen. Kontrollialojen mäntyjen neulasten arginiinipitoisuus oli 1,079 mg/kg. Yksittäisistä lannoitteista N (Ua 200 kg/ha) nosti vastaavan pitoisuuden 1,651 mg/kg. P-lannoitus laski voimakkaimmin neulasten liukoisesta arginiinin pitoisuuteen 0,360 mg/kg ja kalium vastaavasti 0,657 mg/kg. N-, P- ja K-lannoitteiden yhdistelmästä PK-lannoitus laski neulasten liukoista arginiinia eniten, tasolle 0,233 mg/kg tuorepainosta (kuva 6).

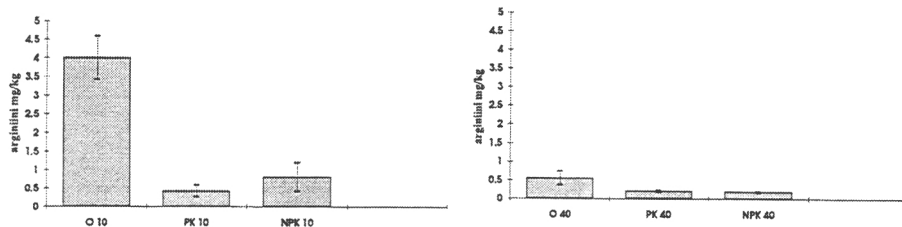


Kuva 6. Paksuturpeisen tupasvillarämeen (koe 93a) männyn neulasten liukoisen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyittäin. Lannoitukset taulukossa 2.

Paksuturpeisella (0,6–1,1 m) suursararämeellä, kokeella 574 selvitettiin sarkaleveyden (10 m ja 40 m) ja lannoituksen (PK = 260 kg/ha ja N+PK = Urea 130 kg + PK = 260 kg/ha) vaikutusta männyn neulasten typpi- ja liukoiseen arginiinipitoisuuteen. Neulasten typpipitoisuudet on esitetty kuvassa 7. PK- ja NPK-lannoitukset laskivat 10 m saroilla neulasten typpipitoisuutta. Lannoittamattomilla 40 m saroilla männyn neulasissa oli typen puutos (N = 1,04 %). Samat PK- ja NPK-lannoitukset eivät vaikuttaneet neulasten typpipitoisuuteen. Kuvassa 8 on esitetty männyn neulasten liukoiset arginiinipitoisuudet. Lannoittamattomilla 10 m saroilla neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta oli korkeampi (4,0 mg/kg) kuin 40 m sarkojen vastaava pitoisuus (0,546 mg/kg tuorepainosta). PK- ja NPK-lannoitukset laskivat myös neulasten liukoista arginiinipitoisuutta.

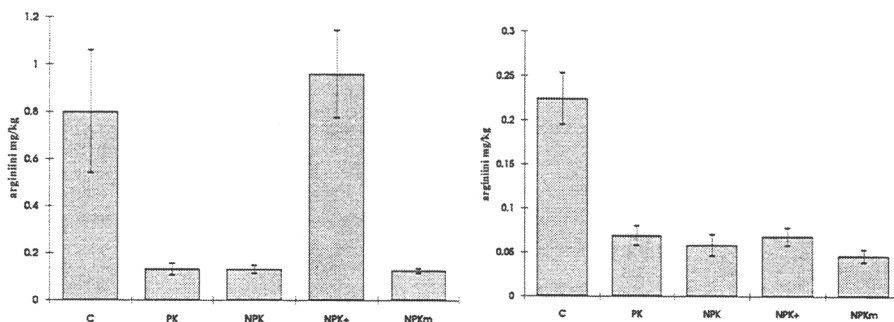


Kuva 7. Paksuturpeisen tupasvillasararämeen (koe 574) männyn neulasten typpipitoisuus lannoituskäsittelyittäin 10 m ja 40 m saroilla. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.



Kuva 8. Paksuturpeisen tupasvillasararämeen (koe 574) männyn neulasten liukoinen arginiinipitoisuus lannoituskäsittelyttään 10 m ja 40 m saroilla. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2.

Köhisevän koekentän ruohoisella sararämemuuttumalla oli peruslannoitettujen mäntyjen neulasten liukoinen arginiinipitoisuus 0,8 mg/kg tuorepainosta 18 vuoden kuluttua peruslannoituksesta. 13 vuotta PK-jatkolannoituksen jälkeen neulasten liukoinen arginiinipitoisuus oli laskenut alle 0,1 mg/kg neulasten tuorepainosta. Suurimman typpimäärän (600 kg/ha) lannoituksessa saaneiden puiden neulasten liukoinen arginiinipitoisuus ei ollut laskenut. Vesikko-suon koekentän tupasvillasararämeellä peruslannoitettujen puiden liukoinen arginiinipitoisuus oli 0,23 mg/kg neulasten tuorepainosta ja kaikki jatkolannoitukset laskivat pitoisuuden alle 0,1 mg/kg neulasten tuorepainosta (Kuva 9a ja b).



Kuva 9. Neulasten liukoinen arginiinipitoisuus (mg/kg tuorepainosta). Köhisevän ruohoisella sararämemuuttumalla (a) ja Vesikko-suon tupasvillasararämeellä (b). C = jatkolannoittamaton, PK = (500 kg/ha), NPK+ = (N 364 kg/ha+PK 500 kg/ha) ja NPKm = (N 364 kg/ha+PK 500+hivenseos 100 kg/ha).

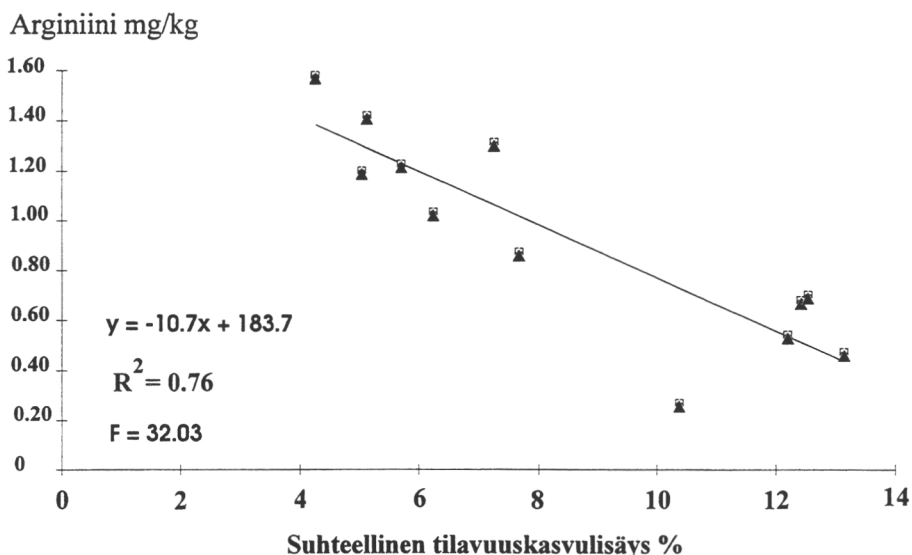
Neulasten arginiinipitoisuus korreloi positiivisesti neulasten typpipitoisuuden kanssa ja negatiivisesti neulasten fosfori-, kalium- sekä booripitoisuuden kanssa molemmissa kohteissa (taulukko 1). Vahvin negatiivinen korrelaatio oli neulasten kaliumin ja liukoisen arginiinin välillä, mikä osoittaa, että neulasten kaliumipitoisuus vaikutti voimakkaimmin neulasten arginiinipitoisuuden alenemiseen 13 vuotta jatkolannoituksen jälkeen. Köhisevällä neulasten sinkkipitoisuus korreloi negatiivisesti liukoisen arginiinin kanssa.

*Taulukko 1. Neulasten ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu ja B) ja neulasten liukoisen arginiinipitoisuuden logaritmin (logArg) välinen korrelaatio (n = 10; \* = p < 0,05; \*\* = p < 0,01).*

	Vesikkosu	Köhisevä
logArg / N	0.6113*	0.6756*
logArg / P	-0.4969	-0.4598
logArg / K	-0.8591**	-0.6245*
logArg / Ca	-0.1260	-0.2481
logArg / Mg	-0.0897	0.3789
logArg / Zn	-0.1912	-0.5407*
logArg / Cu	-0.2371	-0.3417
logArg / B	-0.6209*	-0.4146

Köhisevällä ja Vesikkosuolla puuston suhteellisen kasvunlisäyksen ja neulasten liukoisen arginiinipitoisuuden välillä oli merkitsevä korrelaatio ( $r = 0,87$ ). Tulos viittaa siihen, että puuston arginiiniin sitoutunut typpi on hyödynnetty kasvussa (kuva 10). Köhisevän ja Vesikkosuon jatkolannoitusaloilla, jotka saivat typpeä 600 kg/ha PK-lannoksen lisäksi, oli huomattavia puustovaurioita.





Kuva 10. Suhteellisen tilavuuskasvulisäyksen (%) ja neulasten liukoisen arginiinin (mg/kg tuorepaino) välinen korrelaatio Vesikkosuolla ja Köhisevällä. Suhteellinen tilavuuskasvulisäys = puuston tilavuuskasvu vuosina 1982–1988 jaettuna vuoden 1982 tilavuudella  $\times 100$ .

## Tulosten tarkastelu

Keväisin huhtikuun aikana maa on roudassa eikä puu saa juurillaan ravinteita maasta. Mäntyjen neulasten arginiinipitoisuus aleni samaan aikaan neljäsosaan ja samalla glutamiinipitoisuus kaksinkertaistui (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986). Tämä aminohapposuhteiden vaihtelu on merkki neulasissa alkavista elintoinnoista, joissa edellisenä kesänä arginiiniin varastoitua tyyppiä siirretään tyyppiaineenvaihduntaan ennen varsinaista kasvukautta, joka alkaa touko-kesäkuussa (Sarvas 1972). Maalis-huhtikuussa ribosomeissa tapahtuu rakennemuutoksia, jotka ovat merkkejä neulasten ja silmujen alkavasta aineenvaihdunnasta (Kupila-Ahvenniemi 1985). Ennen kuin ravinteidenotto käynnistyy myöhemmin keväällä on männyn tultava toimeen varastoimallaan tyypellä.

Ammonium-ionien lisäys inhiboi juurten ja neulasten NR-aktiivisuutta (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988). Ilmeisesti kysymyksessä oli kilpailu reaktioissa käytettävistä samoista yhdisteistä. Aikaa myöten ammoniakkipitoisuuden laskeessa NR-aktiivisuus palautui (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988). Tutkituista juurten entsyymeistä havaittiin, että lämpötila ei rajoittanut juurten nitraatti-reduktaasiaktiivisuutta yhtä paljon kuin  $\gamma$ -glutamylitransferaasiaktiivisuutta. Tulosten mukaan näyttää siltä, että puun juuristo pystyisi tehokkaasti pelkistämään ottamaansa nitraattia maan eri lämpötiloissa. Toisaalta ammonian otto on

nopeampaa alhaisessa lämpötilassa (Clarkson ja Warner 1979) aiheuttaen juuristossa nitraattireduktaasin inhibition (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988), jolloin nitraattia pääsee kulkeutumaan translokaatioissa neulasiin (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988). Neulasissa nitraatti indusoi NR-aktiivisuuden nousun keväisin ja syksyisin (Pietiläinen ym. 1991).

Kasvun alettua keväällä neulasten typpipitoisuus laskee, kun tyypeä siirtyy vanhoista neulasista kasvupisteisiin (Lähdesmäki ja Pietiläinen 1989). Kesäkuukausina neulasten nitraatin pelkistysaktiivisuus oli alhainen, mikä osoittaa juurten pelkistävän suurimman osan näinä kuukausina otetusta nitraatista. Kasvuun tarvittava typpi saadaan maasta. Samalla täydennetään myös puun typpi-varastoja. Keväisin ja syksyisin – päivien ollessa lyhemmät ja maan lämpötila alhainen – neulasiin indusoi korkea nitraattireduktaasiaktiivisuus (Pietiläinen ym. 1991). Lisäksi neulasten  $\gamma$ -glutamyyli transferaasi-, glutamaattisyntaasi- ja arginaasiaktiivisuudet ovat korkeat (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986). Tämä viittaa siihen, että vahvojen ionien, nitraatin ja ammoniakkin, pitoisuudet puu pyrkii pitämään elävässä solukossa mahdollisimman alhaisena. Nitraattia neutralisoituu vahvan positiivisen varauksen omaavalla arginiinilla (Tumanov 1967). Talveentumisen yhteydessä solun sisältä poistuu vettä ja samalla soluun jäävää vettä sitoutuu proteiinien pinnalle hydraattivedeksi, mikä suojaa proteiineja saostumiselta. Jos esimerkiksi nitraatti- ja ammoniakkipitoisuus jää tässä vaiheessa korkeaksi, veden poistuminen solusta ja hydraattiveden muodostus jää vaillinaiseksi. Silloin solukalvoja vahingoittavien jääkiteiden muodostumisen riski nousee ja solujen talvenkestävyys laskee.

Männyn neulasten typpipitoisuus voi nousta yli 2 %:n joko kasvupaikan rehevyyden (Kontula-Soppela ym. 1993), lannoituksen tai typpilaskeumien (Ferm ym. 1990) vuoksi ja indusoida toisen ravinteiden puutteen. Turkistarhojen läheisyydessä puusto satoi liian typen arginiiniin ja neulasten ravinteista K- ja B-pitoisuudet laskivat (Ferm ym. 1990). Ilmeisesti nämä kaksi ravinnetta rajoittivat arginiiniin sidotun typen liikkuvuutta. Vaikka arginiini kuuluu luontaisena osana proteiineihin, sen pitoisuuden yletön kohoaminen voi häiritä proteiinisynteesiä. Seurauksena on proteiinien rakenteen ja proteiinkoostumuksen muuttuminen. Tämä heikentää männyn talvenkestävyyttä ja seurauksena on kasvupisteiden paleltuminen (Pietilä ym. 1991). Neulasten N/P- tai N/K-suhde nousi syys-lokakuussa turkistarhojen ympäristössä. Aronsson (1980) on todennut N/P- ja N/K- suhteiden noustessa puiden talvenkestävyyden alenemista.

Ojitetuilla ohutturpeisilla piensararämeillä (kuvat 2 ja 3) PK-lannoitus ei vaikuttanut männyn neulasten liukoiseen arginiinipitoisuuteen. Tämä osoittaa, että neulasten arginiinitaso (0,1 mg/kg tuorepainosta) oli alhainen ja neulasiin varastoitunut typpi oli minimissään. Pelkkä typpilannoitus nosti liukoisen arginiinipitoisuuden viisinkertaiseksi. NPK-lannoituksen jälkeen neulasten arginiinipitoisuus nousi keskimäärin kolminkertaiseksi. Alueella vallitsi typen puute ja typpilannoitus auttoi siihen.

Paksuturpeisilla kokeilla (kuvat 4 ja 5) typpilannoitus ei lisännyt neulasten liukoista arginiinipitoisuutta. Tämä osoittaa, että neulasten liukoinen arginiinitaso oli korkea ja neulasiin varastoitunutta typpeä oli runsaasti. PK-lannoituksen seurauksena neulasten liukoinen arginiinipitoisuus tuorepainosta laski keskimäärin tasolle 0,2 mg/kg ja NPK-lannoituksen jälkeen vastaavasti tasolle 0,6 mg/kg. Tällä alueella tarvittiin PK-lannoitusta. Typpeä oli puuston tarpeisiin riittävästi.

PK-lannoitus aiheutti voimakkaan arginiinitason laskun viisi vuotta jatkolannoituksen jälkeen paksuturpeisen tupasvillarämeen faktorikokeella (kuva 6). Vain yhtä ravinnetta sisältävistä lannoitteista puolestaan P-lannoitus laski liukoista arginiinitasoa eniten.

Tutkimukseen otettiin mukaan esimerkinomaisesti sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutus männyn neulasten typpipitoisuuteen 3 vuotta lannoituksen jälkeen. Kapeammilla 10 metrin saroilla neulasten typpipitoisuus oli 1,56 %. PK- ja NPK-lannoituksen jälkeen neulasten typpipitoisuus laski tasolle 1,36 %. Leveämmillä 40 metrin saroilla neulasten typpipitoisuus oli alhaisempi (1,04 %) kuin kapeilla saroilla. Lannoitusten vaikutukset eivät kuitenkaan näkyneet 40 metrin sarkojen mäntyjen neulasten typpipitoisuuksissa. Männyn neulasten liukoisen arginiinin pitoisuus tuorepainosta oli 4 mg/kg 10 metrin saroilla ja PK- sekä NPK- lannoitukset laskivat sitä. Vastaavasti 40 m saroilla neulasten arginiinipitoisuus tuorepainosta oli 0,5 mg/kg ja PK- ja NPK- lannoitukset laskivat sen tasolle 0,2 mg/kg. Pitoisuus on samaa suuruusluokkaa kuin paksuturpeisilla kokeilla 55 ja 310, joiden sarkaleveys on 30 m.

Köhisevän ja Vesikkosuon kokeilla selvitettiin neulasten kokonaisravinteiden ja liukoisen arginiinipitoisuuden välistä riippuvuutta. Negatiivinen ja voimakas korrelaatio oli neulasten P- ja K-pitoisuuksien ja liukoisen arginiinin välillä. Lisäksi Vesikkosuolla yksittäisistä ravinteista boori oli negatiivissa korrelaatioissa liukoisen arginiinin kanssa ja vastaavasti sinkki Köhisevällä.

Ohutturpeisilla karuilla rämeillä, joilla typpipitoisuudet olivat alhaiset ja puustossa on puute tyyppistä, PK-lannoitus ei vaikuta neulasten arginiinipitoisuuteen. Typpilannoituksen jälkeen neulasten arginiinipitoisuus nousi. Paksuturpeisilla soilla P-, PK- ja NPK-lannoitukset laskivat eniten neulasten liukoista arginiinipitoisuutta 3 ja 5 vuotta jatkolannoituksen jälkeen. 13 vuotta jatkolannoituksen jälkeen neulasten kalium- ja fosforipitoisuus korreloi negatiivisesti liukoisen arginiinipitoisuuden kanssa. Tulokset osoittavat, että jatkolannoitettuna puuston neulasten arginiinipitoisuutta, johon mänty sitoo ylimäärätyyppeä, voidaan alentaa PK-lannoituksella. Myös Hällgren ja Näsöholm (1988) ovat todenneet, että PK-lannoituksen jälkeen männyn neulasten arginiinipitoisuus on laskenut.

## Kirjallisuus

- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrient status. *Studia Forestalia Suecica*. 155: 1-27.
- Beevers, L. and Hageman, R.H. 1980. Nitrate and nitrite reduction in plants. In: Mifflin, B.J. (ed.) *The Biochemistry of Plants*. Vol. 5. pp. 609-635. Academic Press, New York.
- Clarkson, D.T. and Warner, A.J. 1979. Relations between root temperature and transport of ammonium and nitrate ions by Italian rye-grass *Lolium multiflora* and *Lolium perenne*. *Plant Physiol.* 64: 557-561.
- van Dijk, H.F.G. and Roelofs, J.G.M. (1988) Effects of excessive ammonium deposition on the nutritional status and condition of pine needles. *Physiol. Plant.* 73: 494-501.
- Durzan, D.J. and Steward, F.C. 1967. The nitrogen metabolism of *Picea glauca* (Moench) Voss and *Pinus banksiana* Lamb. as influenced by mineral nutrition. *Can. J. Bot.* 45: 695-710.
- Durzan, D.J. 1971. Free amino acids as affected by light intensity and the relation of responses to the shade tolerance of white spruce and shade intolerance of jack pine. *Can. J. For. Res.* 1: 131-140.
- van der Eerden, L.J.M. 1982. Toxicity of ammonia to plants. *Agriculture and Environment* 7: 223-235.
- Fentem, P.A., Lea, P.J. and Steward, G.R. 1983. Ammonia assimilation in the roots of nitrate- and ammonia-grown *Hordeum vulgare* (cv. Golden promise). *Plant Physiol.* 71: 496-501.
- Ferm, A., Hytönen, J., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P. and Pätilä, A. 1990. Effects of high nitrogen deposition on forests: Case studies close to fur animal farms. In: Kauppi, P., Anttila, P. and Kenttämies, K. (eds) *Acidification in Finland*. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 635-668.
- Guerrero, M.G., Vegan, J.M., and Losada, M. 1981. The assimilatory nitrate reducing system and its regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 32, 169-204.
- Higgins, C.F. and Payne, J.W. 1982. Transport and utilization of amino acids and peptides in higher plants. In: Payne, J.W. (ed.) *Micro-organisms' nitrogen sources*. pp. 609-639. Wiley, Chichester, U.K.
- Hällgren, J-E. and Näsholm, T. (1988b). Critical loads of sulphur and nitrogen. *Miljörapporten 1988*, 15. Nordic Council of Ministers.
- Kirkby, E.A. and Armstrong, M.J. 1980. Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate assimilation in the shoot of castor oil plant. *Plant Physiol.* 65:286-290.
- Kirkby, E.A. and Huges, A.D. 1970. Some aspects of ammonium and nitrate nutrition in plant metabolism. In: Kirkby, E.A. (ed.) *Nitrogen nutrition of the plant*. pp.69-77. University Press. Leeds.
- Kontunen-Soppela, S., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Hytönen, J. and Ferm, A. 1991: Typpiaineenvaihdunnan häiriöstä johtuva kasvuhäiriö pellonmet-sitysmäntyjen vaivana. In: Peltojen metsitysmenelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. (eds. A. Ferm ja K. Polet) . MTJ. 391: 80-85.
- Kupila-Ahvenniemi, S. 1985. Winter time changes in the fine structure and ribosome content of the buds of Scots pine. In: Kairin, Å., Junttila, O. and

- Nilssen, J. (eds) Plant production in the North. pp. 4-9. Proc. Plant Adaption Workshop. Tromsø, Norway, September 1983.
- Lähdesmäki, P. and Pietiläinen, P. 1989. Seasonal variation in nitrate reductase activity and concentration of  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  in buds and needles of Scots pine. *Aquilo Ser. Bot.* 26: 7-11.
- Oaks, A. 1979. Nitrate reduction in the roots and its regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 32: 169-204.
- Oaks, A. and Heril, B. 1985. Nitrogen metabolism in roots. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36: 345-365.
- Paavilainen, E. and Pietiläinen, P. 1986. Foliar responses caused by different nitrogen rates of the fertilization of fertile pine swamps. *Comm. Inst. For. Fenn.* 116: 91-103.
- Pate, J.S. 1971. Movement of nitrogenous solutes in Plants. In: Nitrogen-15 in soil plant studies. International Atomic Energy Agency, IAEA-PI-341/13, pp. 165-187. Vienna.
- Pate, J.S. 1980. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: 313-340.
- Pietilä, M., Kuusipuro, P., Pietiläinen, P. and Lähdesmäki, P. 1989. Specificity and seasonal variation of arginase, glutamate synthase and nitrate reductase activities in Scots pine needles. *Plant Science.* 64: 153-160
- Pietilä, M., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Ferm, A., Hytönen, J. and Pätilä, A. 1991. High nitrogen deposition causes changes in amino acid concentrations and protein spectra in needles of Scots pine *Pinus sylvestris*. *Environmental pollution.* 72: 103-115.
- Pietiläinen, P. 1994. Seasonal fluctuations in the nitrogen assimilation of Scots pine. *Acta Univ. Oul. Series A.* 256: 1-28 + 8 osajulk. (Väitöskirja)
- Pietiläinen, P. and Lähdesmäki, P. 1986. Free amino acid and protein levels, and  $\gamma$ -glutamyltransferase activity in *Pinus sylvestris* apical buds and shoots during the growing season. *Scand. J. For. Res.* 1:387-395.
- Pietiläinen, P. and Lähdesmäki, P. 1988. Effect of various concentrations of potassium nitrate and ammonium sulphate on nitrate reductase activity in the roots and needles of Scots pine seedlings in N Finland. *ASnn. Bot. Fennici.* 28: 131-134.
- Pietiläinen, P., Poikolainen, J. and Lähdesmäki, P. 1991. Long-term monitoring of nitrate reductase activity in the needles of Scots pine in context to the environmental temperature and ground frost as an indicator of nitrogen balance in N Finland. *Ann. Bot. Fennici.* 28: 131-134
- Rabe, E. 1990. Stress Physiology: The functional significance of the accumulation of nitrogen-containing compounds. *J. Hort. Sci.* 65: 231-243.
- Sarjala, T. 1991. Nitrogen assimilation in ectomycorrhizal fungi and mycorrhizal and nonmycorrhizal Scots pine seedlings. *Acta Univ. Oul.*, A. 218: 1-33.
- Sarjala, T., Raitio, H. and Turkki, E.-M. 1987. Nitrate metabolism in Scots pine seedlings during their first growing season. *Tree Physiol.* 3: 285-293.
- Sarvas, R. 1972. Investigation on the annual cycle of development of forest trees. Active period. *Comm. Inst. For. Fenn.* 53: 1-110.
- Skokut, T.A., Wolk, C.P., Thomas, J., Shaffer, P.W. and Chien, W.S. 1978. Initial organic products of assimilation of  $^{13}\text{N}$ -ammonium and  $^{13}\text{N}$ -nitrate by tobacco cell cultured on different sources of nitrogen. *Plant Physiol.* 62: 299-304.

- Smirnoff, N., Todd, P. and Steward, G.R. 1984. The occurrence of nitrate reduction in the leaves of woody plants. *Ann. Bot.* 54: 363-374.
- Tumanov, I. 1967 Physiological mechanism of frost resistance of plants. *Soviet Plant Physiol.* 14: 440-455.
- Wingsle, G., Näsholm, T., Lundmark, T. and Ericsson, A. 1987. Induction of nitrate reductase in needles of Scots pine seedlings by  $\text{NO}_x$  and  $\text{NO}_3^-$ . *Physiol. Plant.* 40: 193-212.

# ARGINIINI MÄNNYN ERI KEHITYSVAIHEISSA

**Pekka Lähdesmäki ja Pekka Pietiläinen**

## 1 Johdanto

Mänty on eräiden kanervakasvien ja muidenkin kangas- ja nummikasvien tapaan sopeutunut kasvamaan erittäin niukkaravinteisilla paikoilla. Tällaisilla paikoilla mänty kuitenkin kasvaa suorarunkoiseksi, vähäoksaiseksi puuksi. Ravinteiden niukkuus hiekkakankailla ja soraharjuilla koskee ennen kaikkea tyypeä. Sopeutumisen ehtona on ollut tehokkaan kierrätysjärjestelmän kehittyminen typen saamiseksi talteen vanhemmista ja kuolevista kasvinosista ja karikkeesta. Humusta tyypilliselle männyn kasvupaikalle, kuivalle kankaalle, kertyy erinomaisen vähän, ja ravinteiden, varsinkin typpiyhdisteiden huuhtoutuminen valumavesien mukana on lähes olematonta (Piispanen ja Lähdesmäki 1989). Myös denitrifikaatio harju- ja hiekkamaissa on aivan vähäistä (Foster ym. 1982, Tamm 1982). Kun mänty kerran on saanut tietyn typpivarannon solukoihinsa, pystyy se hyvin tulemaan toimeen ja kasvattamaan tällä uutta vähätyypistä puusolukkoa, eikä tarvitse juurikaan uutta ulkopuolista typpilisäystä. Päinvastoin männyn kasvu kärsii herkästi liiallisesta typpimäärästä ympäristössä, esimerkiksi lannoituksen tai typpilaskeuman muodossa. Tehokkaasta typen kierrätyksestä ja typpiyhdisteiden otosta kertovat myös eräät korkeat typpiaineenvaihdunnan entsyymiaktiivisuudet männyn juurissa ja ilmaperson solukoissa (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1988, 1996, Pietilä ym. 1989).

Mänty varastoi tehokkaasti ylimääräisen liukoisen typen arginiiniksi, missä kuutta hiiliatomia kohti on neljä typpiatomia. Männyn ja muidenkin sen kanssa karuilla hiekkamailla kasvavien kasvien liukoisen typen varastoiminen arginiiniin (Lähdesmäki ym. 1990) on erikoinen piirre, sillä arginiini on vielä ammo-  
niakkiakin voimakkaammin emäksinen aine. Valtaosa kasveista varastoi tyypeä glutamiiniin, hernekasvit ja monet muutkin myös asparagiiniin (Lähdesmäki 1968) ja jotkut (kuten omenapuu ja poppeli) proliiniin (Sagisaka ja Araki 1983). Nämä aminohapot ovat neutraaleja, mutta typen määrä niissä hiilirunkoa kohti on paljon alhaisempi kuin argiinissa. Tässä kirjoituksessa tarkastellaan arginiinin merkitystä männyn typpitalouden orgaanisena välityksineena juuri itävissä siemenissä, kaksivuotiaissa taimissa sekä 15–20 vuotiaissa ja täysikasvuissa puissa. Työryhmä, jonka jäsenet tulevat mainituiksi erillisissä julkaisuissa, on työskennellyt Oulun yliopistossa sekä Muhoksen ja Kannuksen tutkimusasemilla.

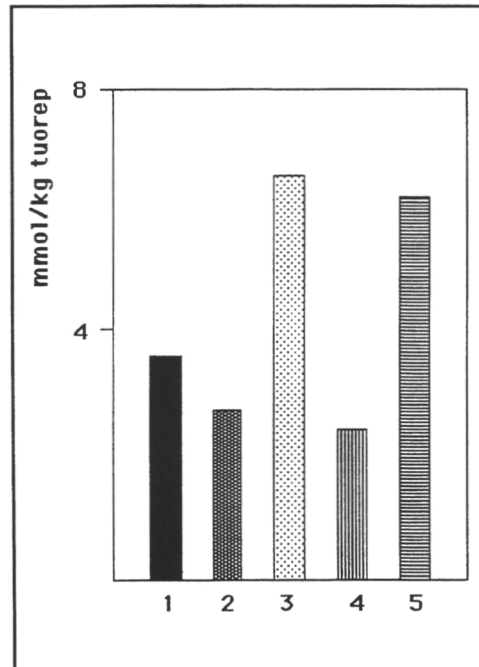
## 2 Siementen proteiinien arginiini

Kypsissä männyn siemenissä on suhteellisen pienen alkion lisäksi runsaasti varastoproteiineja sisältävä endospermi. Siemenen itäessä nämä varastoproteiinit hydrolysoituvat asteittain, ja hydrolyysituotteet käytetään kasvavan sirkkataimen ensitarpeisiin. Proteiinien elektroforeettisen profiilin lisäksi eroja siementen ja sirkkataimien liukoisten proteiinien välillä havaittiin vähäsen myös aminohappo-koostumuksessa (Tirri ym. 1995). Varastoproteiineissa runsaimmin esiintyvät aminohapot olivat glutamiinihappo (+ glutamiini), asparagiinihappo, alaniini, arginiini, valiini ja treoniini. Siirryttäessä siemenen varastoproteiineista sirkkataimen proteiineihin vain glutamiinihapon ja arginiinin määrät pienenivät, mutta useimpien muiden aminohappojen suhteelliset määrät lisääntyivät (Tirri ym. 1995). Arginiinilla on siten vähäsen osuutta typen varastoitumisessa myös proteiineihin, mutta glutamiini-glutamiinihappoparilla toki paljon enemmän.

## 3 Sirkkataimien arginiinin otto

Mänty ottaa muiden kasvien tavoin aminohappoja juurillaan maaliuoksesta. Yleensä neutraalien, lyhytketjuisten aminohappojen otto on vilkkaampaa kuin emäksisten, suurimolekyylisten aminohappojen otto (Lähdesmäki ja Siltaloppi 1985). Kaksivuotiaat männyn taimet ottivat juurillaan ravintoliuoksesta kuitenkin painoyksikköä kohti kaksinkerroin enemmän  $^{14}\text{C}$ -arginiinia ja  $^{14}\text{C}$ -lysiiniä kuin glysiiniä, glutamiinihappoa tai asparagiinihappoa (kuva 1). Joka tapauksessa männyn taimien juurissa on tehokas aminohappojen ottosysteemi, vaikka niihin ei olisikaan vielä kehittynyt mykorritsa.

Kuva 1. Eräiden  $^{14}\text{C}$ -merkittyjen aminohappojen suhteellinen otto ravintoliuoksesta (mmol kg tuorepainoa kohti) kaksivuotiailla männyn taimilla. 1 = glysiini, 2 = glutamiinihappo, 3 = lysini, 4 = asparagiinihappo, 5 = arginiini.



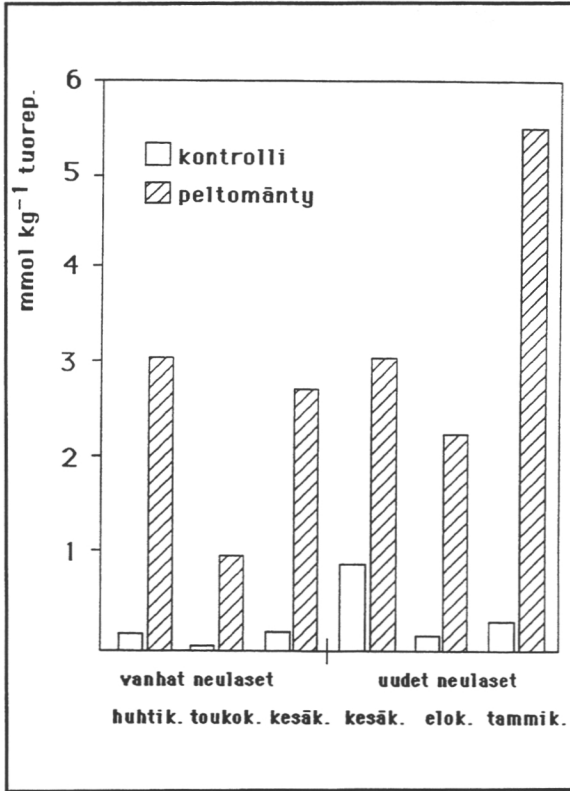


## 4 Typpilaskeuma ja arginiini

“Normaalitilanteissa” (hiekk- tai sorapohjaisten kankaiden tai ojittamattomien soiden) mäntyjen neulasissa on arginiinia vain 1–3 mmol/kg kuivapainosta, eteläisemmillä alueilla yleensä vähän enemmän kuin pohjoisessa (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986, Ferm ym. 1990, Pietilä ym. 1991, Flaig ja Mohr 1992). Arginiini on siten tavallisista aminohapoista yksi kaikkein pienimpinä pitoisuuksina esiintyvä, mutta mitä runsaamman typpilaskeuman alueella männyt kasvavat, sen korkeampi niiden neulasten arginiinipitoisuus on. Hyvin selvästi tämä käy ilmi Keski-Pohjanmaan turkistarhojen läheisyydessä tehdyissä neulasanalyyseissä (Ferm ym. 1990, Pietilä ym. 1991). Nuorehkojen mäntyjen neulasissa saattoi olla satoja, jopa tuhansia kertoja korkeampia arginiinipitoisuuksia aivan turkistarhojen vieressä verrattuna kilometrin päässä kasvaviin kontrollipuihin. Hyvin samantapaisia tuloksia on julkaistu Keski-Euroopasta kanaloiden, navettojen ja sikaloiden liepeillä kasvavista männyistä (Mothes 1929, Kühne 1966, den Boer 1986, Ferm ja Christensen 1987, von Glatzel ym. 1987, Kaupenjohann ym. 1989). Lievästä typpilaskeumasta männyt kärsivät myös kaupunkiasutuksen liepeillä, teollisuusalueilla ja suurten moottoriteiden varilla, jolloin niihin samoin kuin muihinkin kasveihin liukoista typpeä varastoituu arginiinina (Lähdesmäki ym. 1993). Lievää (muutamankertaista) arginiinipitoisuuden nousua on havaittu myös salpietarilannoituksen jälkeen (Pietiläinen ja Lähdesmäki 1986, Pietiläinen ym. 1996).

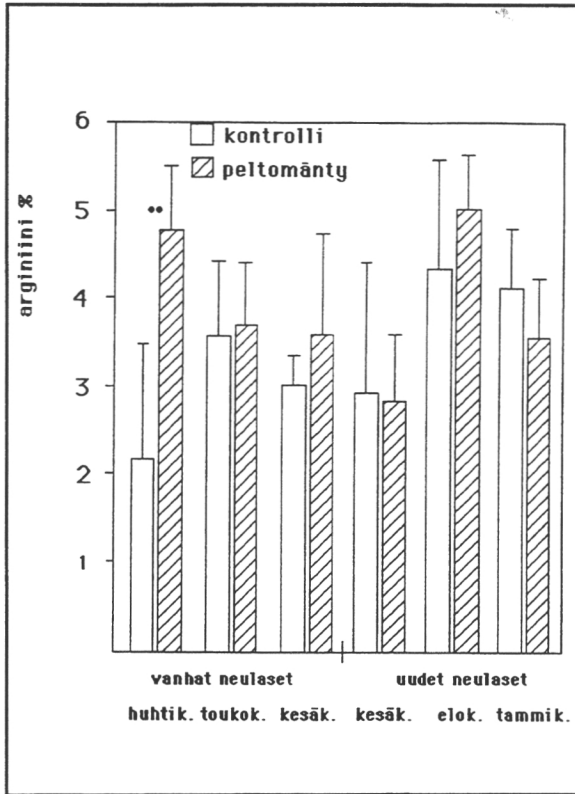
## 5 Peltomännyt ja arginiini

Vanhoilla viljelyksestä poistetuilla pelloilla, joihin mäntyä on istutettu tai kylvetty, typpitilanne muistuttaa hyvin paljon turkistarhojen tai karjatilojen lähellä kasvavien mäntyjen typpitilannetta. Ylimääräinen typpi tulee tällöin paksusta humuskerroksesta, vaikka peltohumuksen ja kangashumuksen typpipitoisuudessa sinänsä ei ole kovin suurta eroa (molemmissa 2–3 %, Kontunen-Soppela ym. 1991, 1996), mutta kun humuskerroksen paksuus pelloilla on noin 40 cm ja vertailualueella hiekkakankaalla vain 5 cm, on puilla edellisessä tapauksessa käytettävissä 8-kertainen typpivaranto jälkimmäiseen verrattuna. Peltomäntyjen solukoiden (silmuten, neulasten, kuoren) arginiinipitoisuus on läpi vuoden 8–20 -kertainen verrattuna läheisen hiekkakankaan mäntyjen vastaaviin solukoihin (kuva 2, Lankila 1994). Muutamissa tapauksissa ero on jopa satakertainen (Kontunen-Soppela ym. 1996). Kaiken kaikkiaan peltomäntyjen neulasten aminohappoprofiili muistuttaa hyvin paljon turkistarhojen vieressä kasvavien mäntyjen neulasten aminohappopitoisuuksia (Pietilä ym. 1991, Kontunen-Soppela ym. 1996).



Kuva 2. Neulasten vapaan arginiinin pitoisuus (mmol kg tuorepainoa kohti) peltomännnyillä, jotka kasvavat 40 cm humuskerroksessa verrattuna kontrollipuihin 5 cm humuskerroksessa vuoden eri aikoina.  $n = 4$ , merkitsevyysero kontrollipuiden ja peltomänttyjen välillä vähintään  $P < 0.05$ .

Kun vapaata arginiinia solukoissa on runsaasti, näyttää sitä menevän myös solujen liukosiin proteiineihin tavallista enemmän. Näin on tilanne varsinkin talvella ja varhaiskevällä (kuva 3, Lankila 1994). Mistä johtuu se, että liukoisien aminohappovarojen koostumus vaikuttaa proteiinien aminohappokoostumukseen, ei ole vielä tiedossa. Ylimääräinen arginiini on kuitenkin sitoutuneena proteiineihin kovalenttisilla sidoksilla, sillä se vapautuu liukoiseen tilaan vain hydrolyysillä (Kontunen-Soppela ym. 1996), ei esimerkiksi heikkoja sekundärisidoksia katkovalla väkevällä urealiuksella (Lankila 1994).



Kuva 3. Neulasten proteiiniin sitoutuneen arginiinin prosenttinen osuus proteiinin painosta (+ 1/2 SD) kontrolli- ja peltomäntyillä kuten kuvassa 2.  $n = 6$ , merkitsevyysero kontrollipuiden ja peltomäntyjen välillä:  $**P < 0.01$ .

## 6 Arginiinin vaikutuksista solu ympäristössä

Kuten jo mainittiin, arginiini on sekä vapaana että proteiineihin sitoutuneena vahvasti emäksinen aine guanidiiniryhmänsä takia. Positiivisen varauksensa takia se voisi sitoa vaikutuspiiriinsä suuret määrät negatiivisia ioneja, esim.  $\text{NO}_3^-$ -ioneja. Nitraatti-ioneja ei kuitenkaan ole männyn neulasissa talvella, jolloin niiden arginiini-pitoisuus on korkeimmillaan, kuin aivan pieninä pitoisuuksina (Lähdesmäki ja Pietiläinen 1989). Luultavaa onkin, että arginiinin positiivinen varaus neutraloituu esim. bikarbonaatti-ioneilla. Mikä liukoisen arginiinipitoisuuden suhde sitten on havaittuihin kasvuhäiriöihin (Ferm ym. 1990, Pietilä ym. 1991, Kontunen-Soppela ym. 1991), on vielä lopullisesti selvittämättä. Arginiinia on povattu kylmänkestävyyttä lisääväksi tekijäksi (Sagisaka ja Araki 1983), mutta meidän havaintojemme mukaan se päinvastoin alentaa männyn kylmänkestävyyttä, koska kasvuhäiriövauriot syntyvät juuri kärkisilmujen tai nuorimpien vuosikasvaimien talvisen kuoleman seurauksena.

Sitoutuneen arginiinin suuri määrä proteiineissa vaikuttaa varmasti myös proteiinien varauksiin ja siten esim. niiden elektroforeettiseen liikkuvuuteen. Tällaisia muutoksia neulasten proteiineissa onkin havaittu (Pietilä ym. 1991). Proteiiniprofiilin tai niiden elektroforeettisen liikkuvuuden muutosten suhde kylmänkestävyyden muutoksiin ja sitä kautta lisääntyneisiin kasvuhäiriöihin on kuitenkin sekin vielä selvittämättä, vaikka ilmeisiä yhteyksiä proteiinimuutosten ja kasvuhäiriön välillä on (Pietilä ym. 1991).

## Kirjallisuus

- den Boer, W.M.J. 1986. Ammonia, not only a nutrient but also a cause of forest damages. Teoksessa: Gregor, H.-D., Hübner, M., Niegengerd, E., Ries, L., Schneider, M. ja Schröder, W. (toim.). Texte Wissenschaftliches Symposium "Neue Ursachenhypothesen", ss. 405-406. Umwelt Bundes Amt, Berlin.
- Ferm, A., Hytönen, J., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P. ja Pätilä, A. 1990. Effects of high nitrogen deposition on forests: Case studies close to fur animal farms. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. ja Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland, ss. 635-638. Springer Verlag, Heidelberg.
- Ferm, M. ja Christensen, T. 1987. Determination of NH<sub>3</sub> volatilization from surface-applied cattle slurry using passive flux samplers. Teoksessa: Asman, W.A.H. ja Diederer, H.S.M.A. (toim.). Ammonia and Acidification, ss. 28-41. Proceedings of EURASAP Symposium, Bilthoven, The Netherlands, 13-15 April, 1987.
- Flaig, H. ja Mohr, H. 1992. Assimilation of nitrate and ammonium by the Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedling under conditions of high nitrogen supply. *Physiologia Plantarum* 84: 568-576.
- Foster, S.S.D., Cripps, A.C. ja Smith-Carington, A. 1982. Nitrate leaching to ground-water. *Philosophical Transactions of the Royal Society in London* 296: 477-489.
- von Glatzel, G., Kazda, M., Grill, D., Halbwachs, G. ja Katzensteiner, K. 1987. Ernährungsstörungen bei Fichte als Komplexwirkung von Nadelschäden und erhöhter Stickstoff-deposition - ein Wirkungsmechanismus des Waldsterbens? *Allgemeine forstliche Zeitung* 158: 91-97.
- Kaupenjohann, M., Döhler, H. ja Bauer, M. 1989. Effects of N-emissions on nutrient status and vitality of *Pinus sylvestris* near a hen-house. *Plant and Soil* 113: 279-282.
- Kontunen-Soppela, S., Lankila, J., Pietiläinen, P. ja Lähdesmäki, P. 1996. Seasonal changes in concentrations of free and bound arginine in context to growth disturbances in Scots pine. *Käsikirjoitus*.
- Kontunen-Soppela, S., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Hytönen, J. ja Ferm, A. 1991. Typpiaineen- vaihdunnasta johtuva kasvuhäiriö pellonmetsitysmäntytien vaivana. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 391: 80-85.
- Kühne, H. 1966. Absterbeerscheinungen an Koniferen in der Nähe von Hühnerställen mit Entlüftung durch Ventilatoren. *Nachrichtenblatt der deutschen Pflanzenschutzdienst* 18: 121-123.

- Lankila, J. 1994. Männyn neulasten, kuoren ja silmujen liukoinen ja proteiineihin sitoutunut arginiini. Tutkielma, Oulun yliopiston kasvitieteen laitos.
- Lähdesmäki, P. 1968. Free amino acids in the leaves of *Salvinia natans* and *Azolla filiculoides* grown in light and dark. *Physiologia Plantarum* 21: 1097-1103.
- Lähdesmäki, P., Laine, K., Saari, E., Pakonen, T. ja Havas, P. 1991. Comparison of protein and amino acid concentrations in tissues from two populations of the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Northern Finland. *Aquilo Ser. Botanica* 30: 35-41.
- Lähdesmäki, P., Pakonen, T., Saari, E., Laine, K., Tasanen, L. ja Havas, P. 1990. Changes in total nitrogen, protein, amino acids and  $\text{NH}_4^+$  in tissues of bilberry, *Vaccinium myrtillus*, during the growing season. *Holarctic Ecology* 13: 31-38.
- Lähdesmäki, P. ja Pietiläinen, P. 1989. Seasonal variation in nitrate reductase activity and concentration of  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{NH}_4^+$  in buds and needles of Scots pine. *Aquilo Ser. Botanica* 26: 7-11.
- Lähdesmäki, P. ja Siltaloppi, E. 1985. Uptake of amino acids in developing bean seedlings (*Phaseolus vulgaris*): Is g-glutamyltransferase involved? *Finnish Chemical Letters* 1985: 21-24.
- Mothes, K. 1929. Physiologische Untersuchungen über das Asparagin und das Arginin in Coniferen. Eine Beitrage zur Theorie der Ammoniakentgiftung im pflanzlichen Organismus. *Planta* 7: 585-649.
- Pietilä, M., Kuusipuro, P., Pietiläinen, P. ja Lähdesmäki, P. 1989. Specificity and seasonal variation of arginase, glutamate synthase and nitrate reductase activities in Scots pine needles. *Plant Sciences* 64: 153-160.
- Pietilä, M., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Ferm, A., Hytönen, J. ja Pätilä, A. 1991. High nitrogen deposition causes changes in amino acid concentrations and protein spectra in needles of the Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Environmental Pollution* 72: 103-115.
- Pietiläinen, P. ja Lähdesmäki, P. 1986. Free amino acid and protein levels, and g-glutamyl transferase activity in *Pinus sylvestris* apical buds and shoots during the growing season. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 387-395.
- Pietiläinen, P. 1988. Effect of various concentrations of potassium nitrate and ammonium sulphate on nitrate reductase activity in the roots and needles of Scots pine seedlings in N Finland. *Annales Botanici Fennici* 25: 201-206.
- Pietiläinen, P. 1996. Temperature dependence and relative activation energy of nitrate and ammonium uptake and of nitrate reductase, aspartate aminotransferase and g-glutamyltransferase activities in the roots of Scots pine seedlings. *Käsikirjoitus*.
- Pietiläinen, P., Moilanen, M. ja Lähdesmäki, P. 1996. Effect of nutrition on soluble arginine concentration in Scots pine needles. *Käsikirjoitus*.
- Piispanen, R. ja Lähdesmäki, P. 1989. Eluviation and illuviation of organic molecules in a podzolic soil profile in northern Finland. *Aquilo Ser. Botanica* 26: 13-17.
- Sagisaka, S. ja Araki, T. 1983. Amino acid pools in perennial plants at the wintering stage and at the beginning of growth. *Plant and Cell Physiology* 24: 479-494.

- Tamm, C.O.: 1982. Nitrogen cycling in undisturbed and manipulated boreal forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society in London* 296: 419-425.
- Tirri, H., Tuomisto, P., Pietiläinen, P. ja Lähdesmäki, P. 1995. Changes in protein spectra of germinating seeds of the Scots pine (*Pinus sylvestris*) at different temperatures. *Aquilo Ser. Botanica* 34 (in press).

# ALIKASVOSTEN HYÖDYNTÄMINEN METSÄNUUDISTAMISESSA

**Eero Kubin, Mikko Moilanen ja Marja-Leena Piironen**

## 1 Taustaa

Tunnusomaista tämän hetken metsäkeskustelulle on luonnon monimuotoisuuden ja metsän monikäyttöarvojen korostaminen. Metsänhoitoa tai metsänuudistamista ajatellen asenteiden muutokset ovat johtaneet siihen, että käytännön metsänhoito-ohjeita on tarkennettu tai jopa uusittu. Sellaiset käsitteet kuten biodiversiteetti, ennallistaminen tai luonnonmukaisuus koetaan positiivisina – vastaavasti termeillä maanmuokkaus, ojitus, metsänistutus jne. on yleisessä mielipideilmastossa kielteinen arvovaraus.

Arvojen muutokset heijastuvat myös metsäntutkimukseen. Metlan tutkimusten painoalat ovat viiden viimeisen vuoden aikana tuntuvasti muuttuneet. Esim. metsänuudistamisen tutkimushanke nro 3148 “Luonnonläheinen ja taloudellinen metsänuudistaminen” ilmaisee jo nimessään ne lähtökohdat, jotka se pitää sisällään: työssä selvitetään metsittymisen perusteita ja sitä kautta pyritään kehittämään luontaisen metsänuudistamisen menetelmiä. Samalla haetaan niitä kasvupaikkoja, joilla luontainen uudistaminen on mahdollista ja taloudellisesti järkevää.

Metsikön varttuessa syntyy sen alle kasvupaikasta, valoilmastosta yms. riipuen vaihtelevasti alikasvosta. Alikasvos vakiintuu ylispuuston alle pitemmän ajan kuluessa ja sen ikävaihtelu on suurta. Viime aikoina käytännön metsätaloudessa on syntynyt pyrkimyksiä hyödyntää alikasvoksia entistä tehokkaammin. Yleisimmin tämä tarkoittaa sitä, että alikasvos vapautetaan päällyspuuston hakuulla.

Käytännön metsätaloudella ei ole kuitenkaan käytössään riittävästi tutkimustietoa alikasvosten esiintymisedellytyksistä, jotta pätevän metsänhoito-ohjeen laatiminen olisi mahdollista. Vaikka alikasvosten esiintymisen yleisyydestä on VMI:ien yhteydessä tehty havaintoja ja vaikka niiden elpymisreaktiota on josain määrin selvitetty (Niemistö 1995), alikasvoksen hyväksikäytön mahdollisuudet tunnetaan huonosti (Saksa 1995). Keskeisintä on vastata kysymykseen, mikä on alikasvosuudistamisen käytännön merkitys, miten elpymiskykyinen alikasvos voidaan tunnistaa ja vapauttaa.

Muhoksen tutkimusasemalla käynnistettiin syksyllä 1995 selvitys, jonka tavoitteena on laatia synteesi tämänhetkisestä alikasvostietoudesta ja saattaa se kir-

jan muodossa metsänkasvattajien käyttöön. Samalla käytännön metsätaloudelle saadaan tietoa alikasvosten yleisyydestä ja alikasvoksen käyttökelpoisuuden määrittämisestä. Yhteenvedon laatiminen Muhoksella on perusteltua siksi, että aseman toimialueella on runsaasti kangas- ja turvemaiden metsänuudistamiskokeita, joista osalla on joko seurattu tai voidaan seurata alikasvosten esiintymistä ja elpymisreaktioita.

## **2 Alikasvosprojektin aikataulu ja toimintamalli**

Tutkimus ajoittuu vuosille 1996–97. Aluksi tehdään esiselvitys olemassaolevien kenttäkokeiden käyttömahdollisuuksista ja kokeilta jo aiemmin kerätyistä mittausaineistoista. Esiselvitysraportin, alkuvuodesta 1996 järjestettävän tutkijaseminaarin ja kirjallisuustarkastelujen pohjalta laaditaan maastotyösuunnitelma kesäkaudelle 1996. Samalla täsmentyy lopputuotteen (alikasvoskirja) sisältö.

Toinen seminaari järjestetään keväällä 1997, jolloin lopulliset tulokset alkavat hahmottua. Seminaarijulkaisu on samalla yhteenveto alikasvostutkimuksen nykytilasta ja alikasvosten sovellusmahdollisuuksista käytännön metsänuudistamisessa. Kirja osoittaa myös tiedon aukot ja lisätutkimustarpeet.

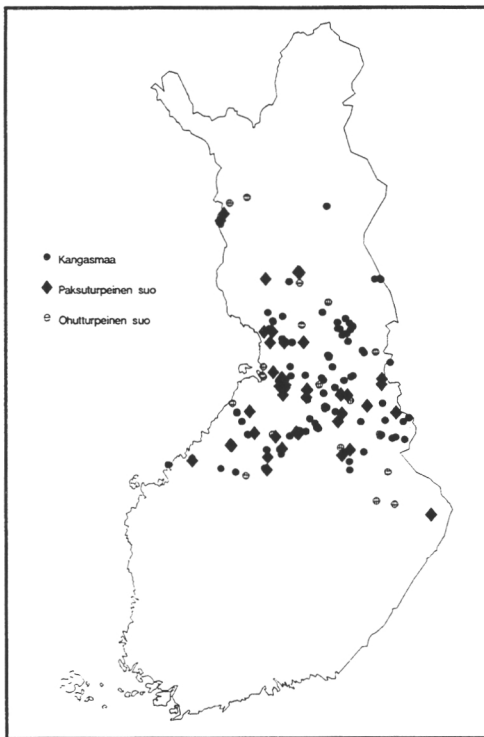
Hankkeen työt tehdään pääosin Muhoksen tutkimusaseman toimesta. Tutkijaseminaareihin kutsutaan käytännön metsätalouden edustajia ja saman aihepiirin tutkijoita muista Metlan yksiköistä. Muhoksen tutkimusasemalla on yhteistoimintaa Petroskoissa toimivan Karjalan Tiedekeskuksen metsätutkimuslaitoksen kanssa. Yhteistyötä pyritään kehittämään myös tässä hankkeessa. Kiinnostusta Muhoksella tehtävää metsänuudistamistutkimusta kohtaan on viime aikoina osoitettu myös Ruotsin ja Norjan suunnalta.

## **3 Metsänuudistamiskokeiden evaluointi Muhoksella – alustavia tuloksia**

Seuraavassa esitettävät tulokset pohjautuvat syys-marraskuussa 1995 laadittuun koe-evaluointiin, jossa käytiin läpi kaikki Muhoksen tutkimusaseman vastuulla olevat metsänuudistamiseen liittyvät kenttäkokeet. Kenttäkokeiden hoidosta vastaaville tutkimusaseman metsätalousinsinööreille ja -tekniikoille osoitetulla kyselylomakkeella pyrittiin kartoittamaan kokeiden nykytilaa nimenomaan alikasvosten esiintymisen ja niistä kokeen ylläpidon aikana tehdyn seurannan suhteen.



Kyselyn mukaan Muhoksen tutkimusaseman vastuulla on kaikkiaan 261 kpl metsänuudistamisen tutkimusta palvelevaa kenttäkoetta. Huomattavaa osaa näistä kokeista on hyödynnetty aiemmissa tutkimuksissa (Valtanen 1995). Suurin osa uudistamiskokeista sijaitsee Oulun läänin alueella (kuva 1). Kokeista vain puolet (52 %) on perustettu kivennäismaalle, neljännes (27 %) ojitetulle turvemaalle ja viidennes (20 %) soistuneella kankaalla tai ohutturpeiselle suolle. Yleisin kasvupaikkatyyppi kivennäismaiden kokeilla on kuivahko kangas, joksi oli luokiteltu n. 70 % kokeista. Loput kangasmaakohteista edustavat tuoretta kangasta, viljavia tai toisaalta karuja metsätyyppejä löytyy vain muutama. Suokokeet ovat keskimäärin selvästi viljavampia – yli 80 % niistä sijoittuu suursara- tai ruohotason kasvupaikkatyyppeihin (kuva 2).

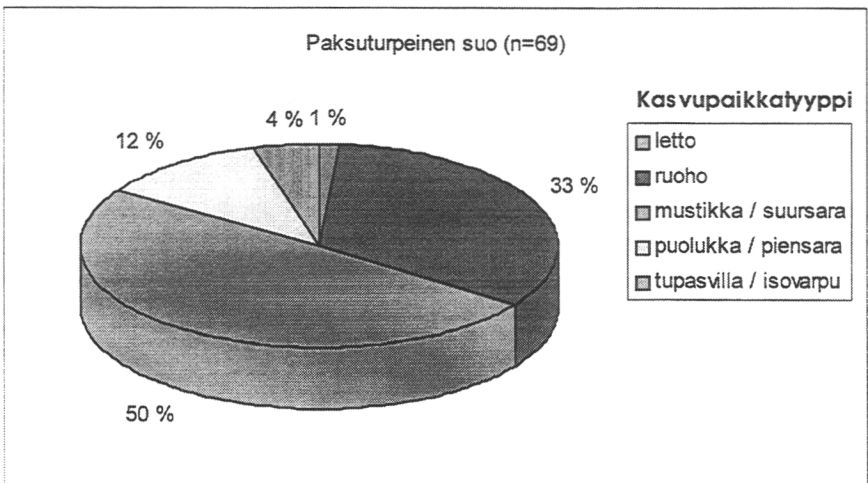
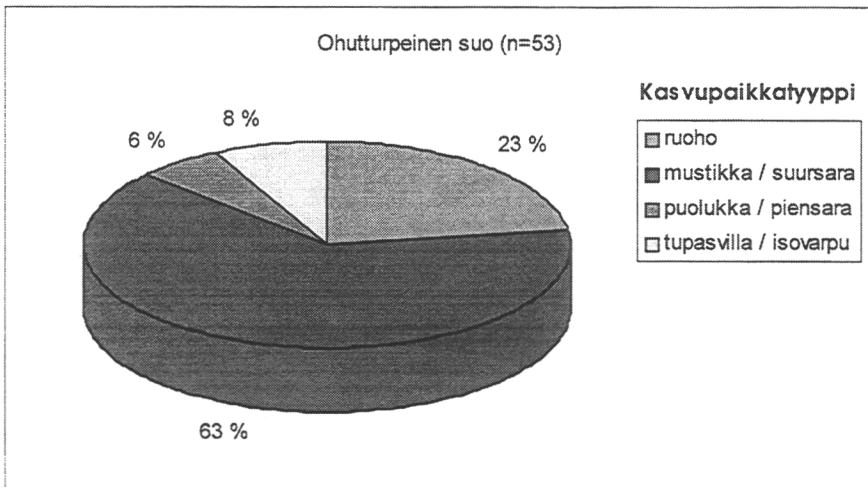
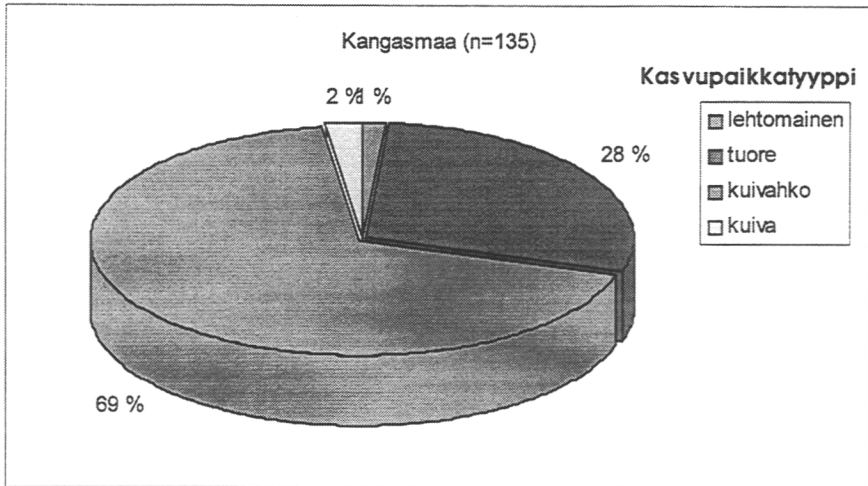


*Kuva 1. Muhoksen tutkimusaseman metsänuudistamiskokeet vuonna 1995.*

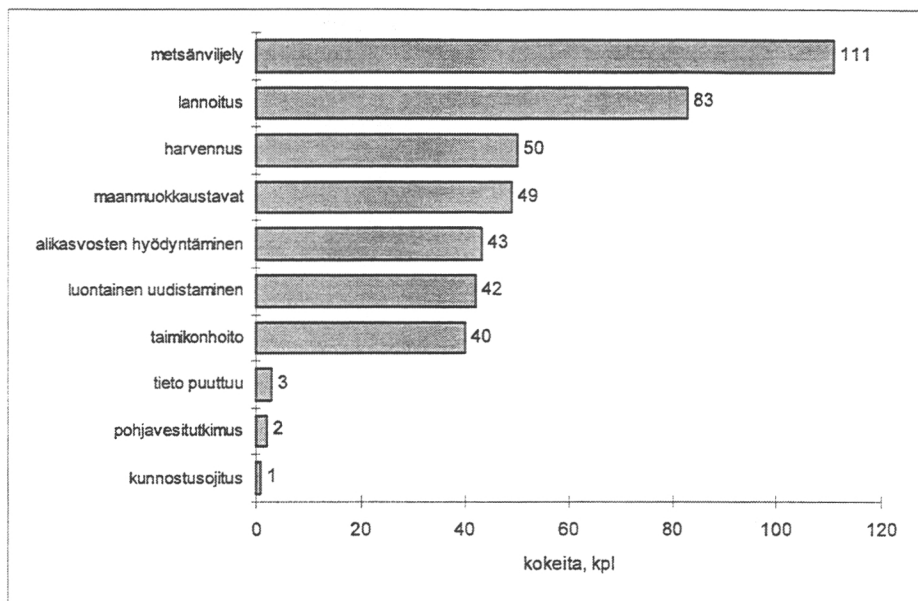
Metsänviljelyn tutkimista varten perustettuja kokeita on yhteensä 111 kpl. Luontaisen uudistamisen problematiikka ja alikasvokset ovat perustamisvaiheessa olleet esillä 85 kokeella (kuva 3). Alikasvoksia on syntynyt esim. lannoitus- tai harvennuskokeiksi perustettuihin metsiköihin, etenkin ojitetuilla soilla. Tässä selvityksessä myös nämä kokeet ovat mukana. Kokeisiin sisältyy muitakin tutkimusteemoja kuin metsänuudistaminen. Mänty esiintyy päällyspuuston valtapuuna 87 metsikössä, koivu 67 metsikössä ja kuusi 20 metsikössä. Sellaisia kokeita, joissa päällyspuuston valtapuulaji vaihtelee lohkoittain, on 21 kpl (kuva 4). Päällyspuuston alle on tehty istutuksia 26 metsikössä ja kylvöjä 3 metsikössä.

Vakiintunutta alikasvosta esiintyy soilla enemmän kuin kankailla. Noin 80 %:lla kangasmaakohteista alikasvosta on ollut "niukalti" eli vähemmän kuin 1 000 kpl/ha. Vastaavasti turvemaakokeilla alikasvosta on "kohtalaisesti" (1 000–2 500 kpl/ha) tai "runsaasti" (yli 2 500 kpl/ha) kaikkiaan yli 60 %:ssa tapauksista (kuva 5). Valtaosalla niin kivennäismaa- kuin turvemaakohteitakin alikasvoksen pääpuulaji on kuusi. Turvemailla esiintyy myös mänty- ja koivu-alikasvoksia. Mänty- ja koivuvaltaisia alikasvoksia löytyy lähinnä mänty- ja koivuylispuustojen alta (kuva 6).

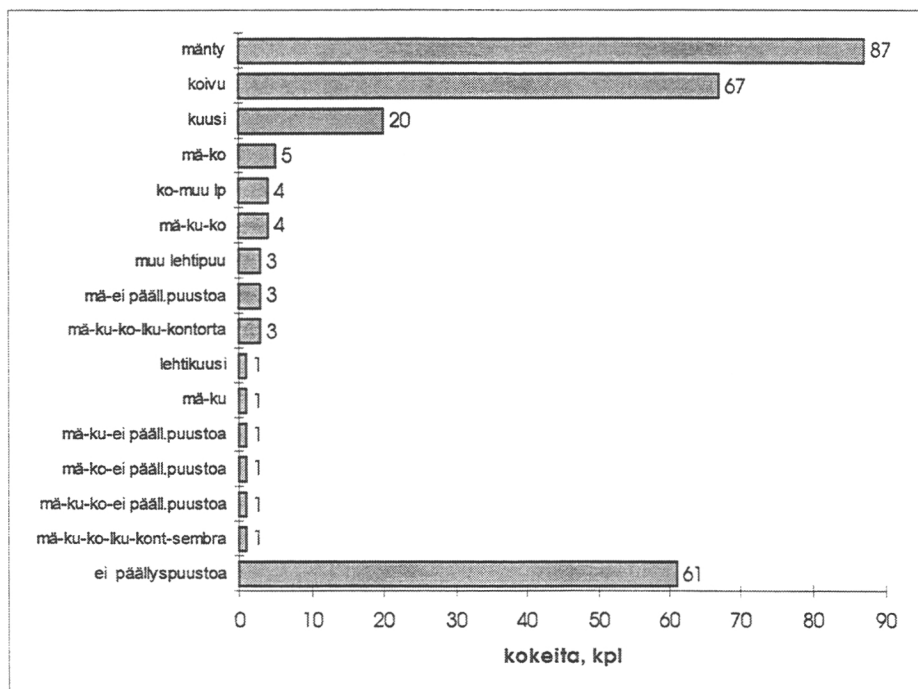
Hakkuita oli tehty 79 %:lla kokeista. Yleensä kyseessä on ollut avohakkuu. Kohteita, joissa tutkitaan erilaisten hakkuutapojen ja uudistumisen välistä yhteyttä, on 35 kpl (13 % kokeista). Kokeiden hoitajien mielestä tutkimusmetsiköistä soveltuu alikasvostutkimuksiin hyvin 32 %, tyydyttävästi 34 % ja huonosti 31 %. Kymmenesosalla kokeista (28 metsikköä) on käytettävissä tuloksia niiden aiemmista mittauksista, joissa on selvitetty alikasvoksen runsautta ja kehitystä.



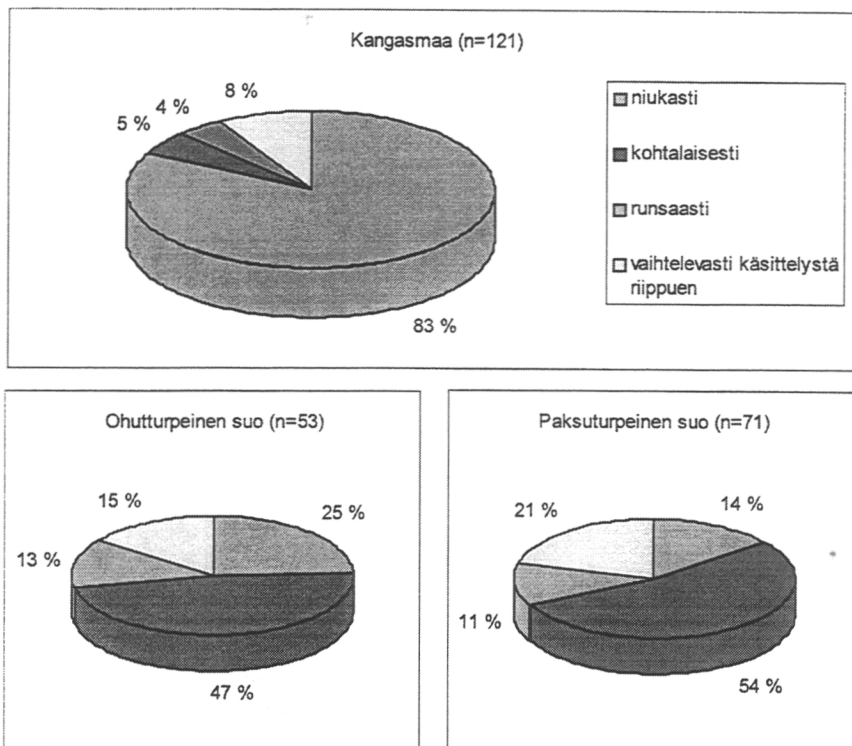
Kuva 2. Tutkimusmetsiköiden kasvupaikkatyypit.



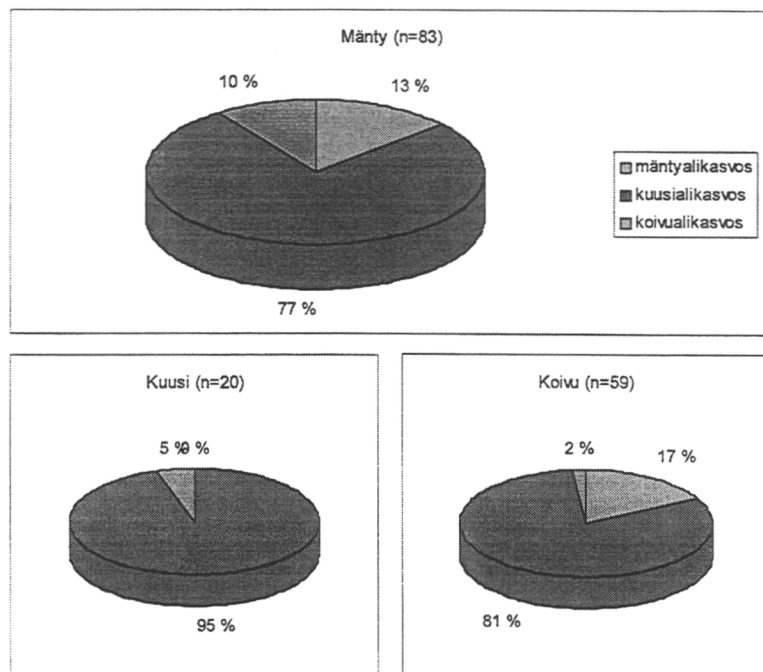
Kuva 3. Tutkimusmetsiköiden jakaantuminen kokeen perustamistarkoituksen mukaan.



Kuva 4. Päälyspuuston valtapuulajit metsänuudistamiskokeilla.



Kuva 5. Vakiintuneen alikasvoksen runsaus eri kasvupaikoilla.



Kuva 6. Alikasvoksen esiintyminen erilaisten päällyspuustojen alla.

## 4 Johtopäätökset ja jatkotoimet

Kenttäkokeiden tarkastelusta kävi ilmi, että Muhoksen tutkimusaseman hoidossa on runsaasti tutkimusmetsiköitä, joissa esiintyy tehdyistä käsittelyistä riippuen vaihtelevasti alikasvosta. Monella kokeella luontaisia taimia on inventoitu. Alikasvosten kehittymisen seuranta ei kuitenkaan ole ollut kovin intensiivistä. Laaja metsikköjoukko tarjoaa kuitenkin hyvät mahdollisuudet lisämittauksille ja aineistojen täydentämiseen, koska kokeiden historia on lähes poikkeuksetta tiedossa.

Valmiit mittausaineistot käsitellään alkuvuodesta 1996. Seuraavan maastokauden aikana tehdään lisämittauksia, joiden avulla tarkennetaan kuvaa alikasvosten elpymisestä, niiden tilajärjestyksestä ja kehitystä määräävistä kilpailutekijöistä. Koska mittausresurssit ovat rajallisia, kohdevalinnan tulee olla tarkoin harkittua.

### Kirjallisuutta

- Niemistö, Pentti. 1995. Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon kehitykseen. Julkaisussa: Poikolainen, Jarmo & Väärä Tuula (toim.): Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 87–103.
- Saksa, Timo. 1995. Alikasvosten synty ja kehitys. Kirjallisuustarkastelu. Muistio 12.9.1995, Metla. 8 s.
- Valtananen, Jukka. 1995. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969–1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 550. 108 s.

# METSÄPUIDEN JA -KASVIEN VUOTUISEN RYTMIN SEURANTA

**Jarmo Poikolainen, Eero Kubin ja Jouni Karhu**

## 1 Johdanto

Fenologia tutkii biologisten ilmiöiden rytmiiikkaa ja eri tekijöiden, ennen kaikkea ilmaston, vaikutusta siihen. Tutkimuskohteina ovat mm. sellaiset ilmiöt kuin kasvien lehteentulo, kukinta ja marjojen kypsyminen. Suomessa fenologisia havaintoja kasveista on tehty jo 1700-luvun lopulta alkaen (Moberg 1857). Koko maan kattava järjestelmällinen fenologinen seuranta aloitettiin Suomen Tiedeseuran toimesta vuonna 1846 ja se jatkui pieniä katkoksia lukuunottamatta aina 1960-luvulle asti (Lappalainen & Heikinheimo 1992). Myös Metlassa on tehty fenologiseen seurantaan läheisesti liittyviä, erilaisia luonnonilmiöitä koskevia havaintoja eri toimipisteissä aina 1950-luvulta lähtien. Toiminta on kuitenkin vähitellen hiipunut lukuunottamatta Kilpisjärven tutkimusaluetta, jossa havaintoja on tehty aina näihin päiviin saakka.

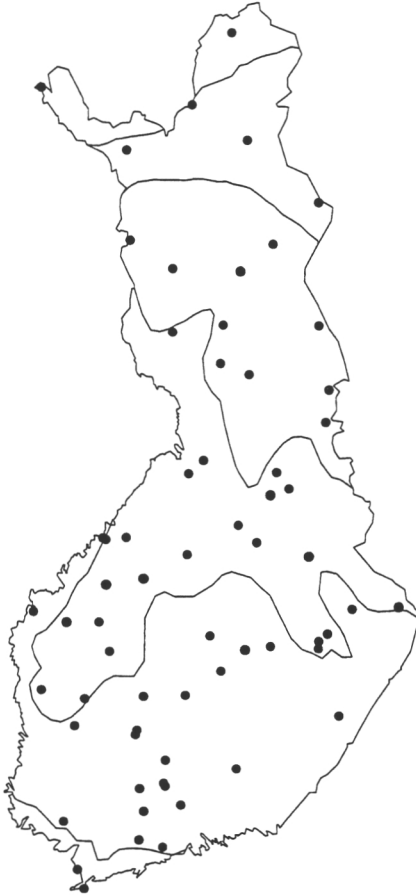
Tällä hetkellä Suomessa ei ole koko maan kattavaa säännöllistä fenologista seurantaa. Fenologista havainnointia tehdään joillakin yliopistojen (Heino 1995, Leikola 1985), Maatalouden tutkimuskeskuksen ja Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemilla. Suomen Akatemian rahoittamana on seurattu myös pihlajan viittä eri kantaa muutamilla paikoilla eri puolilla maata (Lappalainen 1992). Suomessa on myös kolme Saksan ilmatieteen laitoksen eurooppalaiseen fenologisten puutarhojen verkostoon kuuluvaa puutarhaa, joissa seurataan perimältään samanlaisten puu- ja pensaslajien fenologiaa (Polte-Rudolf 1993).

Jo 1980-luvun alkupuolelta lähtien on eri tahoilla ollut suunnitelmia perustaa ekologinen tai fenologinen havaintoverkosto Suomeen (mm. Havas 1985, Kubin 1993). Metsäntutkimuslaitoksen laaja tutkimusalueverkosto tarjoaa koko maan kattaville seurannoille hyvän perustan. Laitoksella on myös runsaasti kokemuksia erilaisista metsiin ja ympäristön tilaan liittyvistä pitkäaikaisista tutkimuksista. Metsäntutkimuslaitoksen toimesta onkin tarkoitus aloittaa lähivuosina valtakunnallinen metsiin liittyvä fenologinen seuranta. Sitä varten suoritettiin vuosina 1994–95 esitutkimus, jossa tehtiin fenologisia havaintoja muutamista lehtipuista ja varvuista koko Suomen alueella. Esitutkimuksessa testattiin mm. sitä, mitä havaintokasveja ja mitä havaintoja seurantaan pitäisi ottaa ja miten havaintojen teko onnistuu valtakunnan laajuisesti.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Koealaverkosto

Esitutkimuksessa oli vuonna 1995 kaikkiaan 68 eri puolilla maata sijaitsevaa seurantapistettä (kuva 1). Seurantapisteteiksi valittiin yliopistojen ja eri tutkimuslaitosten tutkimusasemia, kenttäkoeasemia jne. Havaintolomakkeet lähetettiin keväällä 1995 lähes sataan eri paikkaan. Näistä 28 oli Metlan omia ja 11 eri yliopistojen toimipisteitä. Havainnot tehtiin vapaaehtoistyönä, mikä osaltaan vaikutti siihen, ettei havaintotietoja saatu aivan kaikista paikoista, joihin havaintolomakkeet lähetettiin. Käyttökelpoista aineistoa kertyi 68 kohteesta. Lisäksi havaintoja tehtiin Ympäristökeskuksen toimesta kaikkiaan 58 havaintokohteesta.



*Kuva 1. Fenologisen seurannan havaintopisteiden sijoittuminen suhteessa Suomen kasvimaantieteelliseen aluejakoon.*



## 2.2 Havaintokasvit ja havainnoitavat ilmiöt

Seurannassa oli mukana neljä eri lehtipuulajia eli rauduskoivu (*Betula verrucosa* Ehrh.), hieskoivu (*Betula pubescens* Ehrh.), tuomi (*Prunus padus* L.) ja pihlaja (*Sorbus aucuparia* L.) ja kaksi varpulajia eli mustikka (*Vaccinium myrtillus* L.) ja puolukka (*Vaccinium vitis-idaea* L.). Raudus- ja hieskoivusta seurattiin seuraavien ilmiöiden ajoittumista: lehtien hiirenkorvalletulo, lehtien puhkeaminen, lehtien tulo täysikasvuiseksi, lehtien kellastuminen ja lehtien variseminen. Tuomesta ja pihlajasta seurattiin vain kukkimisajankohtaa. Mustikasta ja puolukasta tehtiin havainnot kukkimisesta ja marjojen kypsymisestä. Havainnot kirjattiin seurantalomakkeisiin 2–3 kertaa viikossa.

## 2.3 Tulokset karttasarjoina

Tulosten kuvaamisessa käytettiin apuna Suomen kasvimaantieteellistä aluejakoa (Kalliola 1973). Tässä aluejaossa aivan eteläisin Suomi kuuluu tammivyöhykkeeseen. Muu osa Suomesta kuuluu boreaaliseen havumetsävyöhykkeeseen, joka on jaettu viiteen eri osa-alueeseen: Etelä-Suomi, Pohjanmaa–Kainuu, Peräpohjola, Metsä-Lappi ja Tunturi-Lappi (kuva 1). Havaintopisteitä sattui eri osa-alueille vaihteleva määrä eli kahdesta havaintopisteestä (Tammivyöhyke) 24 pisteeseen (Etelä-Suomi). Kaikista seuratuista fenologisista ilmiöistä laskettiin jokaiselle kasvimaantieteelliselle alueelle keskimääräiset esiintymisajat, joiden perusteella tulostettiin jokaisesta ilmiöstä karttasarja. Siinä kuvataan ilmiön etenemistä viikon välein alkaen siitä ajankohdasta, jolloin ilmiö on ensimmäisen kerran havaittu.

## 3 Tulokset

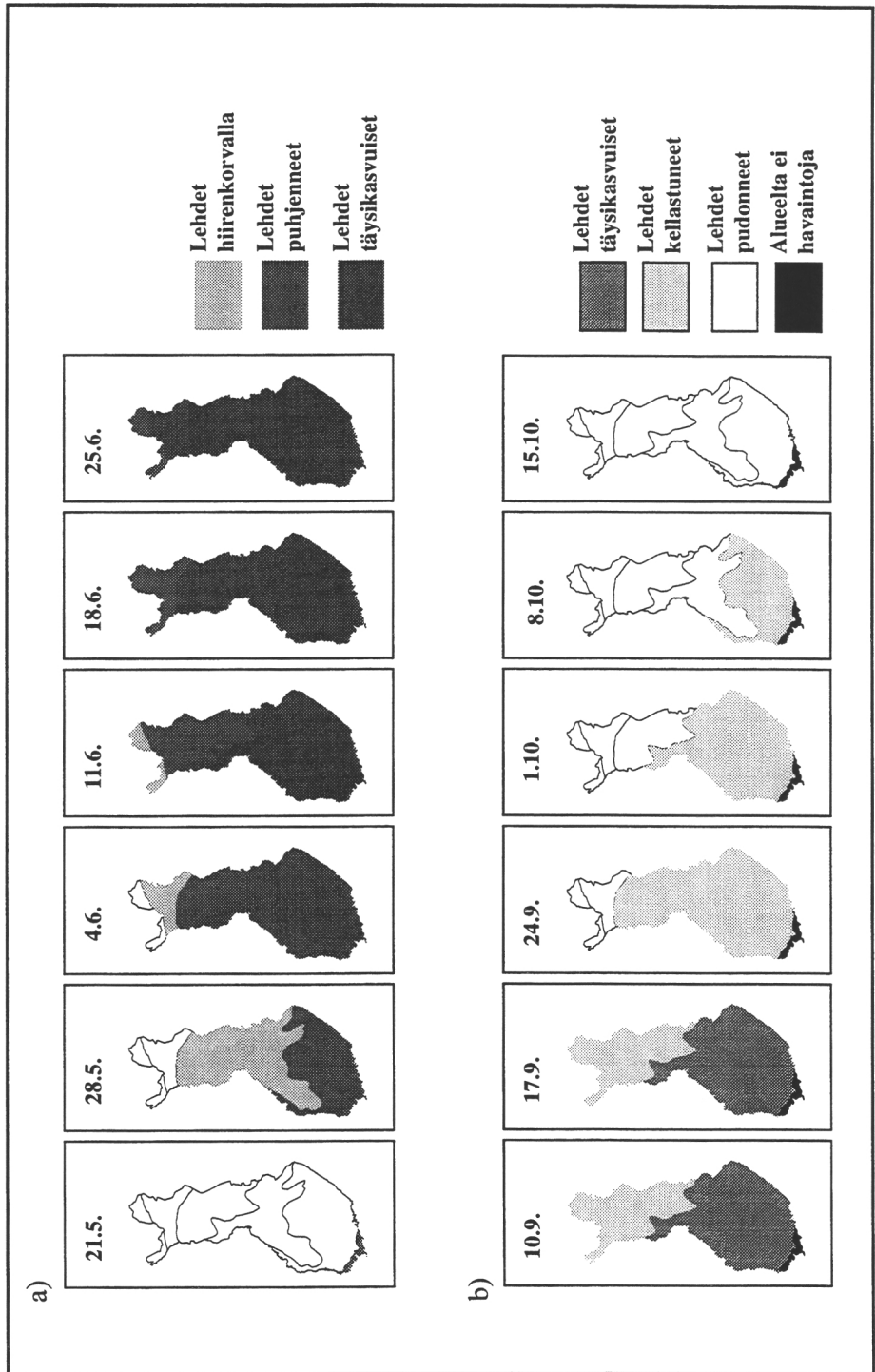
### 3.1 Havainnot hieskoivusta

Tulokset osoittivat, että eri biologisten ilmiöiden ajoittumisessa on suuria eroja maan eri osien välillä. Hieskoivullakin tuloksia on yhdistelty niin, että hiirenkorvalle tulo, lehtien puhkeaminen ja lehtien tulo täysikasvuiseksi on yhdistetty samaan karttasarjaan ja samoin lehtien kellastuminen ja variseminen on yhdistetty samaan karttasarjaan. Muiden kasvien osalta havaintotulokset esitetään suppeammin.

Hieskoivun lehdet puhkesivat hiirenkorvalle aivan eteläisimmässä Suomessa jo toukokuun puoliväliin mennessä (kuva 2a). Kahta viikkoa myöhemmin hieskoivun lehdet olivat hiirenkorvalla jo lähes koko Suomessa Keski-Lappia myöten. Tunturi-Lapissa lehdet tulivat hiirenkorvalle kuitenkin vasta kesäkuun puoliväliin mennessä.

Lehtien puhkeaminen on se ajankohta, jolloin lehti lehtiruotia myöten on työntynyt silmusta ulos. Eteläisimmässä Suomessa lehdet puhkesivat keskimäärin toukokuun 21. päivään mennessä (kuva 2a). Lehtien puhkeaminen eteni nopeasti pohjoista kohti niin, että kesäkuun alussa lehdet olivat puhjenneet jo Keski-Lappia myöten. Tunturi-Lapissa hieskoivun lehdet puhkesivat vasta noin kuukautta myöhemmin kuin etelä-rannikolla. Samalla tavalla lehtien tulo täysikasvuiseksi eteni etelästä pohjoiseen niin, että kun lehdet olivat etelärannikolla täysikasvuisia jo kesäkuun alussa, niin Tunturi-Lapissa puut olivat täydessä lehdessä vasta kesä-heinäkuun vaihteessa (kuva 2a).

Tunturi-Lapissa hieskoivun lehtien puussaolo jäi lyhyeksi. Lehdet kellastuivat siellä jo syyskuun alussa (kuva 2b). Suurimmassa osassa Lappia ja Kainuuta lehtien kellastuminen tapahtui ennen syyskuun 10. päivää. Eteläisimmässä Suomessa lehdet kellastuivat vasta syyskuun lopulla. Samaan aikaan lehdet Tunturi-Lapissa jo varisivat puista (kuva 2b). Lehtien varisu eteni pohjoisesta etelää kohti niin, että hieskoivun lehdet olivat varisseet jo aivan etelärannikoltakin lokakuun puoliväliin mennessä.



Kuva 2. a) Hieskoivun lehtien tulo hiirenkorvalla, lehtien puhkeaminen ja lehtien tulo täysikasvuiseksi, b) Lehtien kellastuminen ja lehtien variseminen.

### 3.2 Havainnot rauduskoivusta, tuomesta, pihlajasta, mustikasta ja puolukasta

**Rauduskoivu.** Rauduskoivulla lehteentulo, lehtien kellastuminen ja lehtien variseminen etenivät jokseenkin samalla tavalla kuin hieskoivulla. Etelä-Suomessa rauduskoivun lehteentulo tapahtui jonkin verran aikaisemmin kuin hieskoivun lehdet. Pohjois-Suomessa ei koivulajien lehteentulossa ollut suurta ajallista eroa. Rauduskoivun lehdet kellastuivat ja varisivat koko Suomessa keskimäärin muutamia päiviä myöhemmin kuin hieskoivun lehdet (taulukko 1).

**Tuomi ja pihlaja.** Tuomi kukki eteläisimmässä Suomessa jo toukokuun lopussa ja Tunturi-Lapissa vasta juhannuksen tienoilla. Pihlaja puolestaan kukki Etelä- ja Keski-Suomessa runsasta viikkoa myöhemmin kuin tuomi (taulukko 1). Pohjois-Lapissa tuomi ja pihlaja kukkivat suurin piirtein samaan aikaan heinäkuun alkupäivinä.

**Mustikka.** Eteläisimmässä Suomessa mustikka oli nupulla poikkeuksellisen aikaisin eli jo toukokuun toisella viikolla, kun mustikan kukat tulivat koko Etelä-Suomen alueella nupulle keskimäärin vasta toukokuun lopulla, Keski-Suomessa touko-kesäkuun vaihteessa ja pohjoisimmassa Lapissa vasta kesäkuun puolivälissä. Eteläisimmän Suomen tuloksiin on suhtauduttava kuitenkin varauksella, sillä alueelta oli vain yksi havaintotulos. Keskimäärin viikon kuluttua nupulletulosta mustikat kukkivat. Mustikat olivat kypsä Etelä-Suomessa keskimäärin kesä-heinäkuun vaihteessa, Keski-Suomessa heinäkuun toisella viikolla ja Tunturi-Lapissa vasta elokuun puolivälissä (taulukko 1).

**Puolukka.** Puolukka tuli nupulle Etelä-Suomessa jo toukokuun lopulla, Keski-Suomessa ja Etelä-Lapissa kesäkuun puoliväliin mennessä ja Tunturi-Lapissa keskimäärin vasta kesäkuun viimeisellä viikolla. Puolukka kukki koko maassa noin puolentoista viikon kuluttua nupulletulosta. Puolukan raakileita alkoi ilmestyä eteläisessä Suomessa heinäkuun alkupäivinä, Keski-Suomessa ja Etelä-Lapissa heinäkuun puolivälin jälkeen, Metsä-Lapissa heinäkuun lopulla ja Tunturi-Lapissa keskimäärin vasta elokuun puolenvälin tienoilla. Raakilevaiheesta kului yllättävän pitkä aika puolukoiden kypsyymiseen. Etelä- ja Keski-Suomessa aina Etelä-Lappia myöten puolukat tulivat kypsiksi elo-syyskuun vaihteessa. Pohjoisimmassa Lapissa puolukat kypsyivät keskimäärin vasta syyskuun puolenvälin jälkeen.

*Taulukko 1. Fenologisia havaintoja rauduskoivusta, tuomesta, pihlajasta, mustikasta ja puolukasta jaoteltuna Suomen aluemaantieteellisen aluejaon mukaan. Taulukon päivämäärät osoittavat sen ajankohdan, jolloin kulloinkin kyseessä oleva ilmiö oli keskimäärin tapahtunut alueella. \* Alueelta ei havaintoja.*

	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5	Alue 6
<b>Rauduskoivu</b>						
1. Lehdet hiirenkorvalla	7.5.	17.5.	24.5.	25.5.	4.6.	*
2. Lehdet puhjenneet	15.5.	24.5.	28.5.	1.6.	8.6.	*
3. Lehdet täysikasvuiset	2.6.	5.6.	8.6.	12.6.	19.6.	*
4. Lehdet kellastuneet	7.10.	23.9.	22.9.	10.9.	3.9.	*
5. Lehdet varisseet	18.10.	13.10.	9.10.	2.10.	26.9.	*
<b>Tuomi</b>						
1. Kukkimisajankohta	28.5.	29.5.	1.6.	9.6.	24.6.	5.7.
<b>Pihlaja</b>						
1. Kukkimisajankohta	5.6.	5.6.	10.6.	16.6.	28.6.	5.7.
<b>Mustikka</b>						
1. Nuppuja esiintyy	9.5.	22.5.	29.5.	2.6.	15.6.	13.6.
2. Kukut auenneet	25.5.	28.5.	5.6.	8.6.	26.6.	20.6.
3. Kukut varisseet	10.6.	6.6.	21.6.	16.6.	7.7.	8.7.
4. Marjat raakileita	-	15.6.	18.6.	26.6.	21.7.	25.7.
5. Marjat kypsä	22.6.	22.7.	23.7.	3.8.	12.8.	12.8.
<b>Puolukka</b>						
1. Nuppuja esiintyy	26.5.	31.5.	7.6.	9.6.	23.6.	27.6.
2. Kukut auenneet	6.6.	10.6.	16.6.	23.6.	2.7.	14.7.
3. Kukut varisseet	19.6.	24.6.	2.7.	9.7.	23.7.	31.7.
4. Marjat raakileita	3.7.	7.7.	19.7.	22.7.	28.7.	16.8.
5. Marjat kypsä	28.8.	1.9.	2.9.	3.9.	17.9.	22.9.

Alue 1 = Tammivyöhyke; Alue 2 = Etelä-Suomi; Alue 3 = Pohjanmaa–Kainuu; Alue 4 = Peräpohjola; Alue 5 = Metsä-Lappi; Alue 6 = Tunturi-Lappi

## 4 Tutkimusten jatko

Esitutkimus osoitti, että seurantaa on vielä kehitettävä. Seurantapisteitä on lisättävä niin, että kaikilla kasvimaantieteellisillä alueilla on riittävästi havaintokohteita. Esimerkiksi eteläisimmässä Suomessa oli vain kaksi ja Tunturi-Lapissa kolme seurantapistettä. Havaintopaikkojen valintaan on kiinnitettävä myös entistä suurempaa huomiota. Jonkin ilmiön esiintymisessä saattaa olla pienenkin alueen sisällä suuria eroja riippuen siitä, onko havaintopaikka esim. metsikön sisällä, sen eteläreunalla vai pohjoisreunalla tai onko havaintopaikka tasaisella paikalla, etelärinteessä vai pohjoisrinteessä. Havaintojen teossa pyritään jatkossa siihen, että havainnoitavat ilmiöt edustaisivat mahdollisimman hyvin aluetta keskimäärin. Myöskin itse ilmiöiden havainnointiohjeita on parannettava. Havainnoitsijoille on laadittava entistä yksiselitteisemmät ohjeet jokaisesta

havainnoitavasta ilmiöstä. Esimerkiksi puolukan kukkimisajankohdan määrittäminen ei ole suinkaan niin yksinkertainen tehtävä, kuin saattaisi kuvitella.

Esitutkimusta jatketaan vielä vuonna 1996. Sitä on tarkoitus laajentaa niin, että siihen tulisivat mukaan myös metsämarjojen satoennusteet (vastuututkijana Kauko Salo Joensuun tutkimusasemalta), siemensatoennusteet (vastuututkijana Tatu Hokkanen Vantaan tutkimuskeskuksesta) ja metsäpuiden tuhoennusteet (vastuututkijana Katriina Lipponen Vantaan tutkimuskeskuksesta). Fenologisia havaintoja voidaan hyödyntää mm. erilaisissa ekosysteemi- ja ilmaston muutostutkimuksissa. Siemensatoennusteita voidaan käyttää apuna mm. käytännön metsätaloudessa metsiä uudistettaessa. Marjasatoennusteet taas antavat tietoa tulevasta marjasadosta maan eri osissa. Fenologisilla havainnoilla on myös yleistä mielenkiintoa. Kautta aikojen ihmiset ovat olleet kiinnostuneita erilaisista luonnonilmiöistä. Mikäli säännöllinen vuotuinen havaintojen teko toteutuu suunnitelmien mukaan, pyritään siihen, että havaintojen tulokset julkaistaan säännöllisin välein ja tulokset olisivat tiedotusvälineiden käytettävissä karttasarjoina samaan tapaan kuin esim. valtakunnalliset siitepölytiedotukset.

## Kirjallisuus

- Havas, P. 1985. Fenologisen seurannan kehittäminen Suomessa. Teoksessa: Helminen, J. & Ikonen, E. (toim.). Suomen kansallinen ilmastokokous. Suomen Akatemian julkaisuja 7: 236-241.
- Heino, S. 1995. Lehteentulon ja ruskaantumisen vuotuinen vaihtelu pohjoisella metsänrajalla. Julkaisussa: Poikolainen, J. & Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 62-68.
- Kalliola, R. 1973. Suomen kasvimaantiede. 308 s. WSOY. Porvoo.
- Kubin, E. 1993. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. Abstract: Improvement of forest ecological monitoring network. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 461. 26 s.
- Lappalainen, H. 1992. Kasvifenologiatutkimuksesta. Luonnon Tutkija 96: 120-125.
- Lappalainen, H. & Heikinheimo, M. 1992. Relations between climate and plant phenology. 1. Survey of plant phenological observations in Finland from 1986-1965. Meteorologisia julkaisuja 20. 74 s.
- Leikola, M. 1985. Metsämeteorologinen tutkimus Helsingin yliopiston metsäasemalla. Teoksessa: Helminen, J. & Ikonen, E. (toim.). Suomen kansallinen ilmastokokous. Suomen Akatemian julkaisuja 7: 268.
- Moberg, A. 1894. Fenologiska iakttagelser i Finland åren 1750-1845. Finska Litteratursällskapet, Helsingfors. 165 s.
- Polte-Rudolf, Ch. 1993. Die IPG-Datenbank im Deutschen Wetterdienst. Arboreta Phaenologica. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Internationaler Phaenologischer Gärten No 38: 5-27.

# KORKEIDEN MAIDEN METSÄNUUDISTAMISMENETELMÄN VALINNASTA

**Pentti Savilampi ja Eero Kubin**

## **1 Johdanto**

Korkeilla alueilla ja pohjoisissa oloissa ilmaston kylmyys on keskeinen metsän kasvua ja uudistamista rajoittava tekijä. Kun korkeiden alueiden uudistamistutkimuksia oli vähän, päätettiin metsähallituksessa 1980-luvun puolivälissä luopua korkeiden alueiden metsänuudistamisesta, sillä varsinkin männyn viljely oli usein johtanut heikkoon tulokseen (Pohtila ja Pohjola 1983, 1985, Norokorpi 1987, Valtanen ja Engberg 1987, Valtanen 1988, Valkonen 1992). Tutkimukselle haluttiin varata aikaa (Sandström 1987) ja suunnittelu korkeiden maiden metsänuudistamistutkimuksesta aloitettiin (Ritari ja Timonen 1989).

Vastaavasti kuin Lapissa, korkeiden maiden metsänuudistaminen oli koettu ongelmalliseksi myös Koillismaalla (Tapaninen 1988), jonne Muhoksen tutkimusasema perusti uudistamisen kenttäkokeen vuonna 1986 (Kubin 1990, 1992, Tolvanen ja Kubin 1990). Koillismaan–Kainuun alueen uudistamistutkimusta laajennettiin vielä 1990, kun Suomussalmelle perustettiin uudistamistapojen vertailukoe (Kubin ja Savilampi 1995). Tässä raportissa esitellään tuloksia Suomussalmelle perustetusta kokeesta.

## **2 Aineisto ja menetelmä**

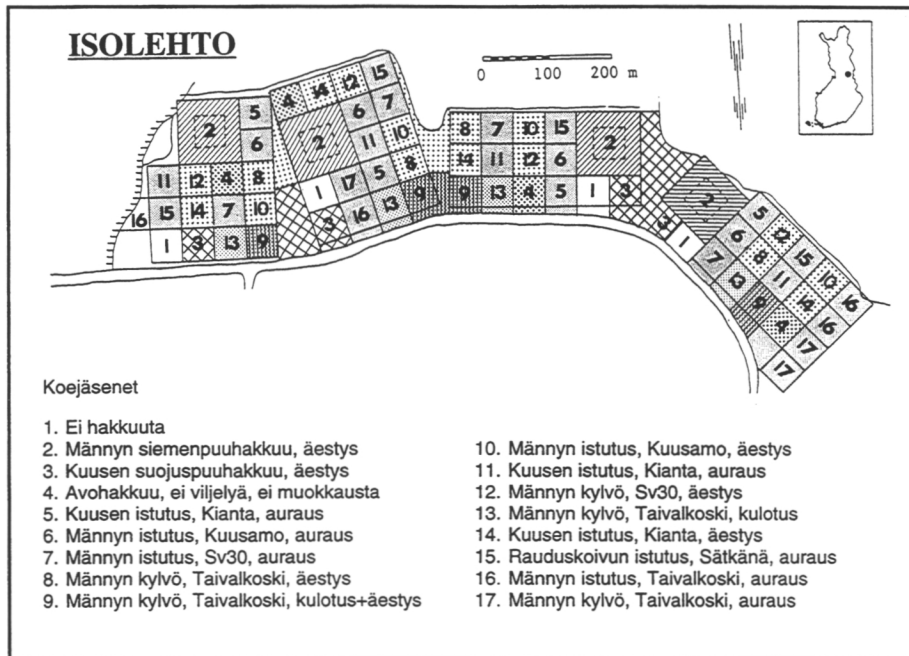
Koekenttä perustettiin vuonna 1990 metsähallituksen Suomussalmen yksikön Näljängän toimintapiiriin Isolehto-nimiselle alueelle (65°16' N, 28°51' E). Korkeus merenpinnasta on 280–290 m, maalaji hietamoreenia ja laskennallinen lämpösumma 840 vuorokausiastetta. Vallitseva puusto ennen hakkuuta oli kuusen, männyn ja koivun muodostamaa sekametsää (hakkuukertymä suhteessa 50-40-10). Kokonaispuusto oli 170 m<sup>3</sup>/ha, josta kuusitukkia oli 17 % ja mänty-  
tukkia 13 %. Mäntyjen ikä vaihteli 100–200 v. ja niiden rungoissa oli runsaasti palokoroja. Kuusi ja koivu edustivat siten palonjälkeistä sukkessiokehitystä. Kuusen aiheuttaman rehevyyden ja osin maalajin perusteella kasvupaikka luokiteltiin tuoreeksi kankaaksi.

Koe perustettiin neljänä lohkona (kuva 1). Männyn luontaisessa uudistamisessa siemenpuita jätettiin 40 kpl/ha. Kuusen suojuspuuala hakattiin runkolukuun 200 kpl/ha. Siitä kuusta on n. 50 %, koivua 45 % ja mäntyä 5 %.

Paljaasihakatut alueet äestettiin ja aurattiin syksyllä 1990. Samanaikaisesti äestettiin siemenpuu- ja kuusen suojuspuualat. Kuusen suojuspuualan äestyskellä pyrittiin nopeuttamaan koivun uudistumista. Jokaiselle lohkolle jätettiin yksi vertailuruutu muokkaamatta ja viljelemättä sekä yksi hakkaamatta. Kulotus tehtiin 1992 keväällä sateisen alkukesän 1991 takia. Kulotetuista ruuduista toinen äestettiin ja toinen jätettiin muokkaamatta. Muokatuilla aloilla äestysvakoja oli 44 kpl/100 m ja aurausvakoja 22 kpl/100 m. Paljastettua kivennäismaata oli äestyksessä 26 % ja aurauksessa 59 %.

Männyn suunnattu hajakylvö tehtiin toukokuun puolivälissä (1991) ja kulotusruuduille vastaavasti keväällä 1993. Männyn kylvössä käytettiin sekä Taivalkosken alkuperää että siemenviljelysiementä Sv30, molempia 1 kg/ha.

Männyn (1Mk Ps 408) ja kuusen (1 lk Ps 408) istutustiheys oli 2500 kpl/ha. Männyn siementen alkuperät olivat Kuusamo, Taivalkoski ja Sv30; kuusella Kianta. Rauduskoivun (1Mk Ps 1010) siemen oli kerätty Kittilän Sätkenästä. Kuusamon alkuperää olevat taimet kasvatettiin Ketolan taimitarhalla, rauduskoivu Pakatissa ja muut Nuojuan taimitarhalla.



Kuva 1. Isolehdon koekenttä. Hakkuu keväällä 1990, maanmuokkaukset syksyllä 1990 ja metsänviljely keväällä 1991. Kulotus sekä kulotus+äestys keuhällä 1992 ja männyn hajakylvö näille ruuduille keuhällä 1993.



Kuusen suojuspuualoilla sirkkataimet laskettiin ensimmäisen kerran kokeen perustamisvuoden (1990) syksyllä. Vuosina 1991 ja 1992 taimet laskettiin sekä keväällä että syksyllä ja 1993–95 vain syksyllä. Laskentaa varten perustetut koealat sijaitsivat muokkaamattomassa pinnassa. Muiden koealojen taimettumista seurattiin vuosittain syksyllä poikkeuksena hajakylvö, jonka taimet laskettiin myös keväällä 1992. Männyn luontaiseen uudistamiseen ja hajakylvöön (poislukien kulotus) syntyneet luontaiset kuuset ja lehtipuiden taimet on laskettu vain vuosina 1994 ja 1995.

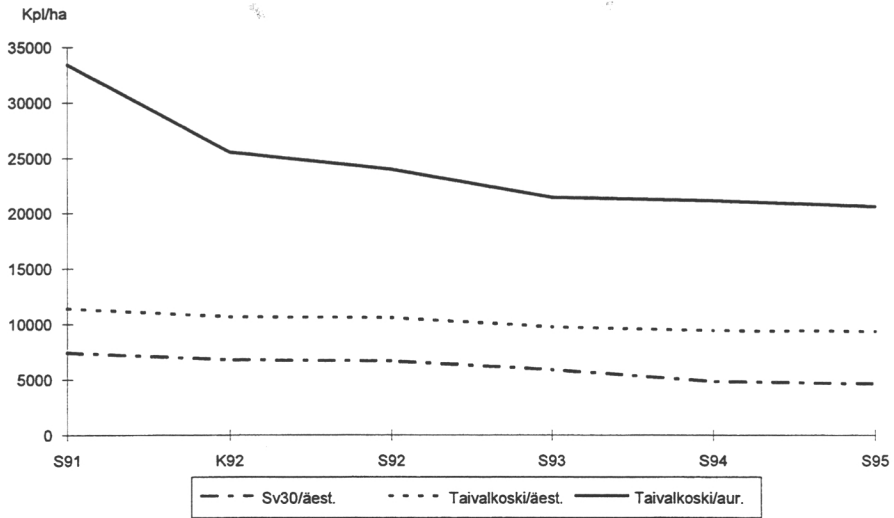
Neljän kilometrin päähän Isolehdosta perustettiin Kirnukumpu nimiselle kuiville samanaikaisesti 15 ha suuruinen vertailukoekenttä. Tämän alueen uudistushakkuu oli tehty vuotta aikaisemmin kuin Isolehdossa, joten tältä koekentältä puuttuu männyn ja kuusen luontainen uudistaminen sekä hakkaamatta jätetty vertailu. Alue on 25 metriä Isolehtoa alempana. Kasvupaikka on vähäkivisempi ja maa kosteampi kuin Isolehdossa. Näiden tekijöiden suhteen Kirnukumpu on mielenkiintoinen vertailukohde Isolehdon koekentillä tehdyille viljelyille.

### **3 Tulokset**

#### **3.1 Männyn suunnattu hajakylvö**

Taivalkosken alkuperällä saatiin parempi kylvötulos kuin siemenviljelyssiemenellä (kuva 2). Taimien kuoleminen oli äestyksessä suhteellisen vähäistä. Sen sijaan aurauksen taimimäärät laskivat ensimmäisen talven aikana 24 %, mutta niitä oli viiden vuoden kuluttua kylvöstä kuitenkin yli kaksinkertainen määrä äestykseen verrattuna. Tutkimuksen vertailualueella Kirnukummussa paikallisella siemenellä saatiin aurauksessa 10 % ja äestyksessä lähes 80 % enemmän taimia kuin varsinaisella koekentällä (kuva 1), mikä johtunee suurelta osin kosteammasta maaperästä. Sv30 alkuperän taimia oli molemmilla saman verran.

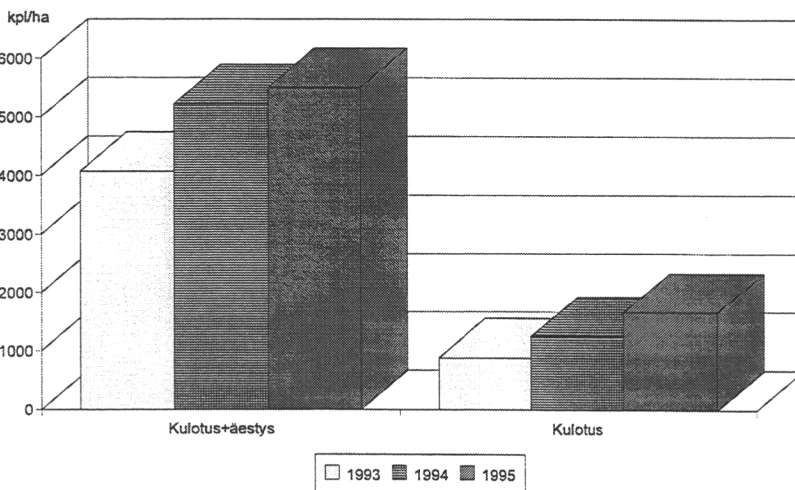
Auraus lisäsi jonkin verran äestystä enemmän koivun luontaista taimettumista. Syksyllä 1995 taimia oli auratulla alalla 3 200 kpl/ha, josta 5 % oli rauduskoi-vua. Äestyksessä koivua oli vastaavasti 2 600 kpl/ha.



Kuva 2. Männyyn hajakylvötaimien lukumäärä äestys- ja aurausaloilla. Inventoinnit syksystä 1991 (S91) syksyyn 1995 (S95).

### 3.2 Taimettuminen kulotetuilla aloilla

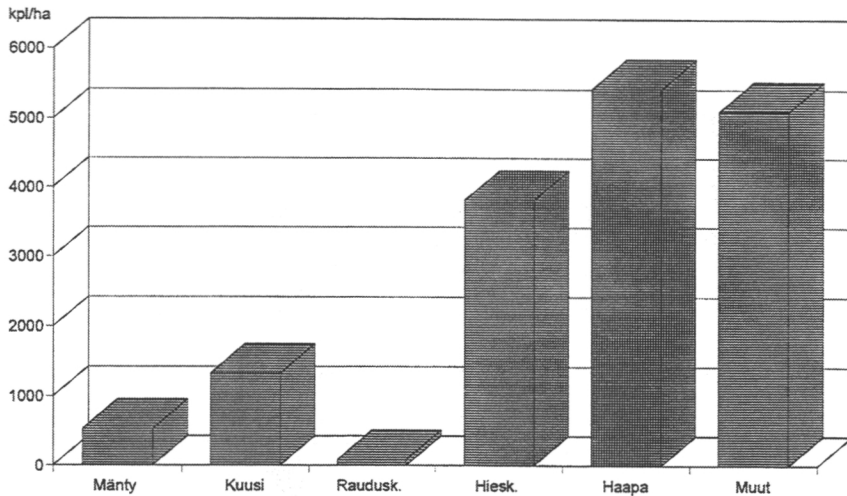
Kylvötaimien lukumäärä oli kulotuksen ja äestyksen jälkeen kolmannen vuoden syksyllä 5 500 kpl/ha (kuva 3). Tulos oli lähes puolta pienempi kuin pelkästään äestetyllä alalla vastaavana ajankohtana (kuva 2). Hajakylvössä äestämättömälle kulotusalueelle saatiin 1 700 tainta/ha (kuva 3).



Kuva 3. Kulotettujen koealojen taimimäärät.

### 3.3 Männyn luontainen uudistaminen

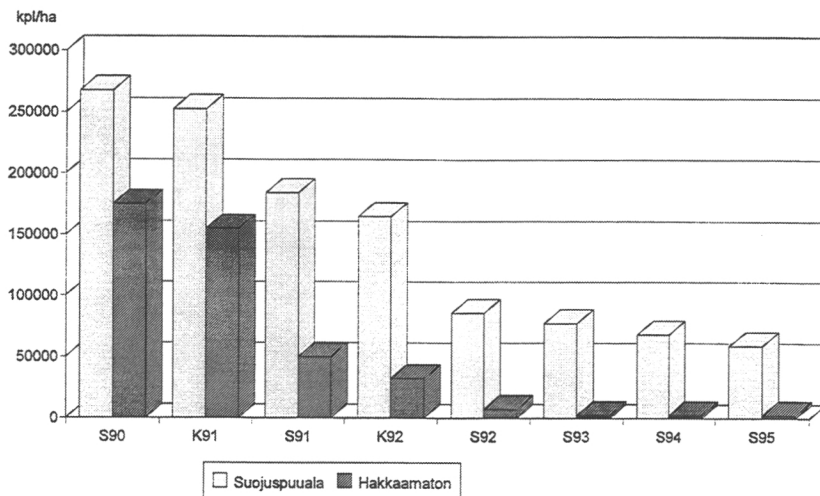
Männyn luontainen uudistamisen tulos jäi heikoksi (kuva 4). Taimia oli viiden vuoden kuluttua 530 kpl/ha, josta suurin osa syntyi ensimmäisenä kesänä muokkauksesta. Lähes kaikki taimet olivat muokatussa maassa. Muuta luontaista ainesta oli runsaasti.



*Kuva 4. Männyn luontainen uudistuminen siemenpuuhakkuun ja maanmuokkauksen (1990) jälkeen. Inventointitulos syksyllä 1995.*

### 3.4 Kuusen luontainen uudistaminen

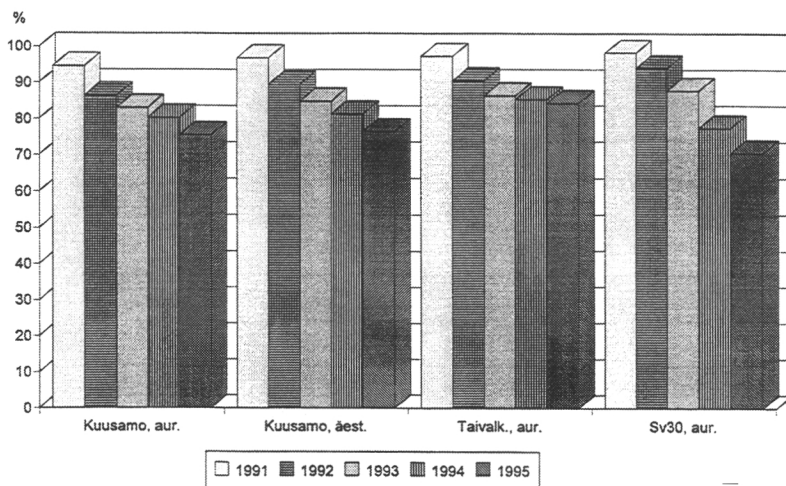
Luontainen uudistaminen korkeilla alueilla on mäntyä voimakkaammin riippuvainen hyvistä siemenvuosista. Tämän tutkimuksen kannalta erinomaisesti ajoituneen siemensadon ansiosta käsittelemättömässä maassa oli syksyllä 1990 kuusen sirkkataimia 270 000 kpl/ha (kuva 5). Taimien kuolleisuus oli suurinta kahden seuraavan kesän aikana. Sen jälkeen taimien kuolleisuus on ollut huomattavasti vähäisempää. Syksyllä 1995 jäljellä oli vielä lähes 60 000 kpl/ha. Parina ensimmäisenä vuonna keväin syksyin toteutettu inventointi osoitti kuolleisuuden kesällä suuremmaksi kuin talvella. Myös hakkaamattomassa metsässä oli sirkkataimia runsaasti (kuva 5), mutta siellä taimettumista ei kuitenkaan päässyt tapahtumaan.



Kuva 5. Kuusen suojuspuualan ja hakkaamattoman metsän taimettuminen kuuselle kevään 1990 runsaan siemensadon jälkeen. Inventoinnit syksystä 1990 (S90) syksyyn 1995 (S95).

### 3.5 Männyn istutus

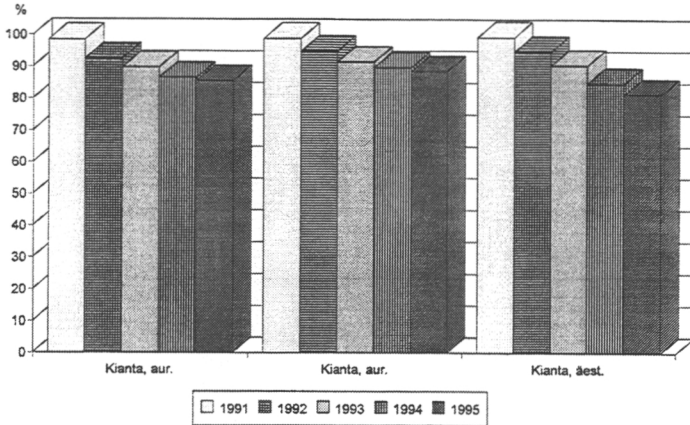
Männyn istutustaimien elossaolo viiden kasvukauden jälkeen oli 70–84 % (kuva 6). Taivalkosken alkuperän taimet menestyivät parhaiten ja siemenviljelyssiemenistä kasvatetut heikoimmin. Kuusamon alkuperää olevia taimia oli elossa 76 % auraus- ja äestysaloilla. Kirnukummun koekentällä vastaavat elossaolot olivat 7–19 prosenttiyksikköä suuremmat.



Kuva 6. Männyn istutustaimien elossaolo 1991–95.

### 3.6 Kuusen istutus

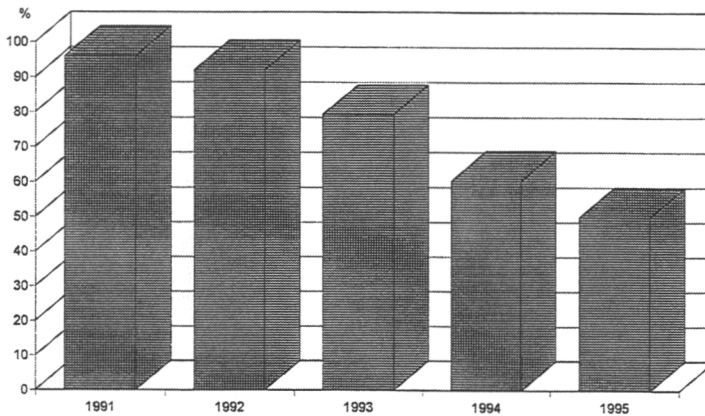
Kuusen taimia (alkuperä Kianta) oli elossa yli 80 % (kuva 7). Aurauksessa taimet menestyivät paremmin kuin äestyksessä. Kirmukummun koekentän auralueilla kuusen taimia oli vastaavasti 9 prosenttiyksikköä enemmän, mutta äestysaloilla saman verran kuin Isolehdon koekentällä.



Kuva 7. Kuusen istutustaimien elossaolo 1991–95.

### 3.7 Rauduskoivun istutus

Rauduskoivun taimia oli viiden vuoden kuluttua elossa vain puolet (kuva 8) ja nekin kaikki kehityskelvottomia. Syynä tähän olivat porot. Kirmukummun koekentällä tulos oli yhtä huono.



Kuva 8. Rauduskoivun istutustaimien elossaolo 1991–95.

## Tulosten tarkastelu

Männyn suunnattu hajakylvö onnistui hyvin. Tulos oli yhtenevä Wallin (1993) havaintojen kanssa. Taimien kuolleisuus oli suurinta aurauksessa ensimmäisen talven aikana. Sirkkataimet ovat alttiita tuhoutumaan kuivuuteen syntymisvaiheessa (Yli-Vakkuri 1963) mutta selviävät yleensä poutajaksoista kun ovat päässeet hyvään kasvun alkuun (Vaartaja 1955). Maan lämpöolot palteissa ovat äärevät (Kubin ja Kempainen 1994), mikä osaltaan vaikuttaa sirkkataimien mehtymiseen. Kokeen olosuhteissa kylvökesä oli kostea, mistä johtuen ensimmäisenä kesänä taimia oli aurausaloilla paljon. Kahtena seuraavana kesänä taimia kuoli noin 10 % kumpanakin, jonka jälkeen tilanne näytti vakiintuneelta.

Pohjois-Suomen muokatuilla uudistusaloilla männyn luontainen uudistaminen onnistuu keskimäärin hyvin (Norokorpi 1983, Valtanen 1985, Tolonen 1990). Tässä tutkimuksessa viiden vuoden jälkeen uudistusalan perustamisesta männyntaimia oli vain 530 kpl/ha. Samansuuntaisen tuloksen on Peiponen (1991) saanut Kuusamosta yli 300 metriä merenpinnan yläpuolella olevilta siemenpuualoilta. Tiheästä metsästä hakatulla uudistusalalla siemenpuiden siemenmäärä on heikoimmillaan heti hakkuun jälkeen. Heikinheimon (1937) mukaan siemenpuiden suhteellinen siemensato lisääntyi siemenpuiden seistessä uudistusalalla, mikä näkyi erityisen selvänä huonoina siemenvuosina. Uusimpien tulosten mukaan siemenpuiden seisottaminen ei kuitenkaan lisää taimettumista muokatuilla uudistusaloilla (Valtanen 1994, Kubin 1995). On myös osoitettu, että 20 siemenpuuta on hyvän taimettumisen kannalta riittävä määrä (Valtanen 1994).

Vanhat muokkaamattomat kuusen kaistalehakuut ovat uudistuneet Etelä-Lapissa epätasaisesti (Pohtila 1990), kun taas yleisesti Pohjois-Suomen korkeiden alueiden hyvin muokatuille kuusen kaistalehakuualoille on saatu riittävä taimimäärä aina 350 metrin korkeuteen saakka (Valkonen 1992). Tämän tutkimuksen kuusen suojuspuualoilla oli muokkaamattomassa maassa kevään 1990 runsaasta siemensadosta syntyneitä taimia elossa kuuden kasvukauden jälkeen lähes 60 000 kpl/ha. Hakkaamattoman metsän alla keväällä 1990 syntyneitä taimia oli vain 2 500 kpl/ha ja paljaaksi hakatuilla alueilla kaikki olivat kuolleet.

Siemenviljelysiemenen Sv30 sopivuutta testattiin nykyistä käyttöaluetta huomattavasti pohjoisempana olevalla koekentällä. Äestysjäljessä siemenviljelysiemenestä syntyi 35 % vähemmän taimia kuin Taivalkosken alkuperästä. Viiden vuoden aikana Sv30 taimista kuoli kolmannes, mutta Taivalkosken taimista vajaa viidesosa. Sv30 käyttöaluetta ei siten voida laajentaa Kainuun pohjoisosiin. Kuusamon alkuperää olevista männyntaimista oli äestys- ja aurausaloilla elossa 76 %. Auratuilla aloilla Taivalkosken alkuperää olevista taimista oli elossa 84%. Tulokset ovat parempia kuin mitä aikaisemmin on Pohjois-Suomesta ra-

portoitua (Valtanen 1983 ja Valkonen 1992). Aurasalueella kuusen istutustaimista on elossa keskimäärin 87 % ja äestysalueella 81 %. Rauduskoivun taimista oli elossa vain puolet. Niistäkin lähes jokainen oli poron turmelema. Porohoitoalueelle koivun viljely ei onnistu ilman viljelyalueen aitaamista.

Kulotetun alan äestyksessä oli puolta vähemmän taimia kuin samanikäisiä taimia oli yksistään äestysaloilla. Ero johtunee kylvökesien 1991 ja 1993 erilaisista sademääristä. Ensin mainittuna keväänä satoi lähes joka päivä, kun taas vuoden 1993 kevät oli vähäsateisempi. Kulotus yksin ei kuitenkaan riitä, vaan lisäksi tarvitaan äestys tai laikutus. Kulotuksessa humuksesta paloi keskimäärin 78 % ja kokonaisbiomassasta yli 70 % (Kubin ja Puustinen 1994).

Vuokilan (1982) männyn laatukasvatuksen yleisohjeissa metsikkö suositellaan uudistettavaksi mahdollisuuksien rajoissa luontaisesti ja sopivilla kasvupaikoilla kylvämällä. Varmolan (1996) suositus kylvökohtien määräksi on vähintään 5000 kpl/ha ja kylvötuppaiden harventaminen pitäisi tehdä taimien valtapituuden ollessa noin 6 metriä. Tässä tutkimuksessa männyn kylvö näyttäisi antavan laatukasvatukseen tarvittavan taimimäärän yhdessä luonnontaimien kanssa. Hajakylvöä on taimien suhteellisen tasaisen jakauman vuoksi pidettävä muita kylvötapoja parempana.

Männyn luontainen uudistaminen ei johtanut koeolosuhteissa nopeasti riittävään taimettumiseen. Sen sijaan suunnatun hajakylvön tulos viiden kasvukauden jälkeen oli hyvä. Istuttaminen on varteen otettava vaihtoehto, mutta taimien kuolleisuudesta johtuen taimitiheydet voivat jäädä pieniksi. Toisaalta luontaista lehtipuuta ja kuusta tulee runsaasti täydennykseksi. Poronhoitoalueella lehtipuusekoituksen saanti on kuitenkin vaikeaa ja koivun viljely täysin mahdotonta.

*Kiitokset.* Tutkimuksen koekenttä perustettiin vuonna 1990 Metsähallituksen Kiannan hoitoalueeseen. Kokeen suunnittelusta vastasivat ymh Viljo Kaartinen ja Eero Kubin. Perustamistyöt ja inventoinnit on toteuttanut mti Pentti Savilampi, joka on laatinut käsikirjoituksen yhdessä Eero Kubinin kanssa.

## Kirjallisuus

- Heikinheimo, O. 1937. Metsäpuiden siementymiskyvystä II. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 24(4): 1–53.
- Kubin, E. 1990. Lumi-, routa- ja lämpöolot eri tavoin muokatussa metsämaassa Kuusamossa. Abstract: The effect of site preparation on snow, soil frost and temperature conditions at a site near Kuusamo. Julkaisussa: Leikola, M. ja Koponen, A. (toim.-eds.). *Metsä Akatemiana*. Professori Paavo Yli-Vakku-

- ri 75 vuotta. Professor Paavo Yli-Vakkuri 75 years. *Silva Fennica* 24(1): 35–45.
- Kubin, E. 1992. Tutkimustuloksia korkeiden alueiden metsänuudistamisen ekologiselta koekentältä Kuusamosta. Julkaisussa: Valtanen, J., Murtovaara, I. ja Moilanen, M. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 419: 66–85.
- Kubin, E. 1995. Männyn siemenpuiden poiston ajankohta. Julkaisussa: Poikolainen, J. ja Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 20–27.
- Kubin, E. ja Kempainen, L. 1994. Effect of Soil Preparation of Boreal Spruce Forest on Air and Soil Temperature Conditions in Forest Regeneration Areas. *Acta Forestalia Fennica* 244. 56 s.
- Kubin, E. ja Puustinen, M. 1995. Kulotuksessa palavan hakkuutähteen ja huumuksen määrä sekä niistä vapautuvat ravinteet. Julkaisussa: Poikolainen, J. ja Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 55–61.
- Kubin, E. ja Savilampi, P. 1995. Uudistamistapojen vertailukoe. Tutkimussuunnitelma ja perustamisvaiheen tuloksia. *Moniste*. 10 s. Muhoksen tutkimus-  
asema.
- Ritari, A. ja Timonen, M. 1989. Kamu -korkeiden alueiden metsänuudistamistutkimusta. *Metsä ja Puu* 1. 3 s.
- Norokorpi, Y. 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 57–71.
- Norokorpi, Y. 1987. Metsänviljelyn onnistuminen korkeilla alueilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 17–29.
- Peiponen, P. 1991. Äestyksen ja siemenpuuston vaikutus männyn luontaiseen uudistumiseen Kuusamossa. *Pro Gradu -työ*. Joensuun yliopisto. 49 s.
- Pohtila, E. ja Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970-1972 Lappiin perustetun aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970-1972. *Silva Fennica* 17(3): 201–224.
- Pohtila, E. ja Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- Pohtila, E. 1990. Metsän uudistuminen Kivalon vanhoilla kaistalehakkuaaloilla. Summary: Forest regeneration of old strip cutting areas in Kivalo. Northern Finland. *Silva Fennica* 24(1): 105–122.
- Sandström, O. 1987. Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemien tutkimuspäivät 24.–25.2.1987. *Moniste*. 4 s. Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikuntakonttori.
- Tolonen, J. 1990. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Vuoliijoella, Kainuun metsälautakunnan eteläosassa. *Metsänhoitotieteen pro gradu -työ*. Helsingin yliopisto. 99 s.
- Tolvanen, A. ja Kubin, E. 1990. The effect of clear felling and site preparation on microclimate, soil frost and forest regeneration at elevated sites in Kuusamo. Julkaisussa: Kubin, E. (ed.). Proceedings of the SNS Seminar on “Stress in Nature” held at Oulanka, Finland, on September 11-14, 1989. *Aquilo Series Botanica Tom. 29*: 77–86.



- Vaartaja, O. 1955. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. *Acta Forestalia Fennica* 62(3): 1–31.
- Valkonen, S. 1992. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Summary: Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia Forestalia* 791. 84 s.
- Wall, A. 1993. Männyn suunnatun hajakylvön onnistuminen eri tavoin muokattulla metsämaalla. *Metsänhoitotieteen pro gradu -työ*. Helsingin yliopisto. 86 s.
- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamisen tulos. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 119: 63–72.
- Valtanen, J. 1985. Muokattujen alueiden luontainen taimettuminen Keski-Pohjanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 58–67.
- Valtanen, J. 1988. Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä. Summary: Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland. *Folia Forestalia* 718. 41 s.
- Valtanen, J. 1994. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 503. 65 s.
- Valtanen, J. ja Engberg, M. 1987. Vuosina 1970-72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970-72. *Folia Forestalia* 686. 42 s.
- Varmola, M. 1996. Viljelymänniköt - määrää vai laatua? Julkaisussa: Hökkä, H., Salminen, H. ja Varmola, M. (toim.). *Pohjoisten metsien kasvu ennen, nyt ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 589: 85–95.
- Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia* 523. 54 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1963. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental Studies on the Emergence and Initial Development of Tree Seedlings in Spruce and Pine Stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1): 1–110.



# LUONTAISEN KUUSENTAIMIKON SYNNYSTÄ JA TAIMIKON JATKOKÄSITTELYSTÄ KAINUUSSA

**Matti Oikarinen ja Jorma Pasanen**

## **1 Johdanto**

Kuusen luontaisesta uudistamisesta perinteisillä suojuspuu- ja kaistalehakkuumenetelmillä on saatu heikkoja tuloksia (esim. Hänninen ym. 1972, Valtanen 1988) eikä kylvötuloksetkaan ole olleet kovin rohkaisevia (Valtanen & Engberg 1987), minkä vuoksi kuusen uudistamisessa on käytännön metsänuudistamisohjeissa päädytty suosittelemaan avohakkuuta ja istutusta nopeana ja luotettavana menetelmänä (esim. Ohjekirje ...). Ongelmaksi on viime aikoina tullut menetelmän kalleus ja sen yhteydessä usein käytetty maanpinnan voimakas käsittely. Monet tutkimukset, joissa luontaista uudistamista on käytetty sopivan maanpinnan käsittelyn yhteydessä ja aloitus on sattunut hyvään siemenvuoteen, luontainen uudistaminen on antanut hyviä tuloksia (Oikarinen 1994). Nämä yhdessä metsäluonnon monimuotoisuusvaatimusten kanssa ovat lisänneet mielenkiintoa myös kuusen luontaista uudistamista kohtaan (esim. Luonnonläheinen ... 1994).

Vastaavasti kuusen taimikon jatkokäsittelyssä on perinteisesti pyritty suoraan puhtaaseen kuusikkoon ja puulajisekoitus – varsinkin lehtipuiden muodostama – on nähty vain haittana, joka on keinolla millä hyvänsä pyritty poistamaan kasvutilasta ja ravinteista kilpailemasta (Ohjekirje ... 1985). Yleisimmän lehtipuumme koivun kantohinnan ilmeisen pysyvä nousu havupuiden tasolle on muuttanut tilanteen siten, että koivusta on tullut varteenotettava kasvatusvaihtoehto. Kuusen taimikon käsittelyäkin on siten jouduttu tarkastelemaan kokonaan uudelta pohjalta.

## **2 Aineisto**

Kirjavaisenvaaran koe (VMT, 280 m mpy, 865 d.d., 539 IP ja 7218 PL yhtenäiskoordinaatistossa) sijaitsee Puolangan pohjoisosassa Kainuun läpi Sotkamosta Iso-Syötteelle ulottuvalla vaarajonolla. Metsikössä on tehty kaistalehakkuu 1972, auraus 1973 ja viljelyt 1974. Syntyneeseen taimikkoon perustettiin 1987 taimikon käsittelykoe, josta esitetään kuuden kasvukauden seurantajakson tuloksia. Luontaisessa kuusen taimikossa harvennettiin lehtipuiden muo-

dostamaa verhopuustoa asteittain ja verrattiin vastaavaa kasvua ja tuotosta viereisiin kuusen ja männyn istutusaloihin. Luontaisesti syntyneeseen kuusen taimikkoon arvottiin neljänä toistona lehtipuuston harvennus asentoon 1 000 kpl/ha, 2 000 kpl/ha sekä koskematon kontrolli. Kuusen istutusta on vain kaksi ruutua, joista toisesta perattiin lehtipuut pois toisen jäädessä vertailuruuduksi. Männyn istutusta on kolme ruutua, joille ei perustamisvaiheessa ollut olemassa mielekkäitä käsittelyvaihtoehtoja, vaan ne jäivät vertailuksi kuusen uudistamiselle.

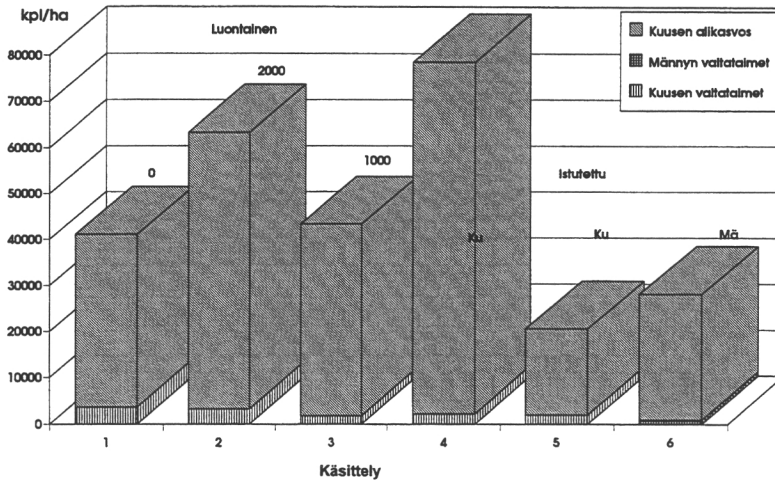
## 3 Tulokset

### 3.1 Runkoluku

Maanmuokkausta seuraavana keväänä 1974 maahan varisi erinomainen kuusen siemensato, minkä seurauksena uudistusalalle saatiin runsaasti luontaisia kuusen taimia. Koetta perustettaessa 1987 luontaisen uudistamisen eri käsittelyillä tavattiin 1 800–3 700 vallitsevan jakson tainta, 19 000–76 000 alikasvotainta ja 20 000–30 000 taimiainekseen kuuluvaa tainta/ha (kuva 1). Alikasvotaimet, joiden pituus oli alle 75 % vallitsevan jakson tainten pituudesta, olivat suurimmaksi osaksi täysin kelvollisia jatkokasvatukseen.

Lehtipuita oli samaan aikaan eri käsittelyillä 4 400–4 900 kpl/ha paitsi kuusen istutusaloilla, jotka oli muutama vuosi aikaisemmin harvennettu 1 000 kpl/ha asentoon. Lehtipuista rauduskoivu oli yleisin, mutta hieskoivua esiintyi myös yleisesti ja erällä koealoilla haapaa.

Luontainen uudistaminen oli onnistunut erinomaisesti ja paikalla oli hyvin elinvoimainen sekapuutaimikko, joka antoi mahdollisuudet kaikille mahdollisille jatkokäsittelyille. Oikeastaan kuusen uudistaminen oli onnistunut liian hyvin, sillä sen harventaminen on kova työ.



Kuva 1. Havupuiden runkoluvut. Käsittelyt: 1 = Luontainen kuusi, käsittelemätön, 2 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 2000 kpl/ha, 3 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 4 = Istutettu kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 5 = Istutettu kuusi, lehtipuu poistettu, 6 = Istutettu mänty, käsittelemätön.

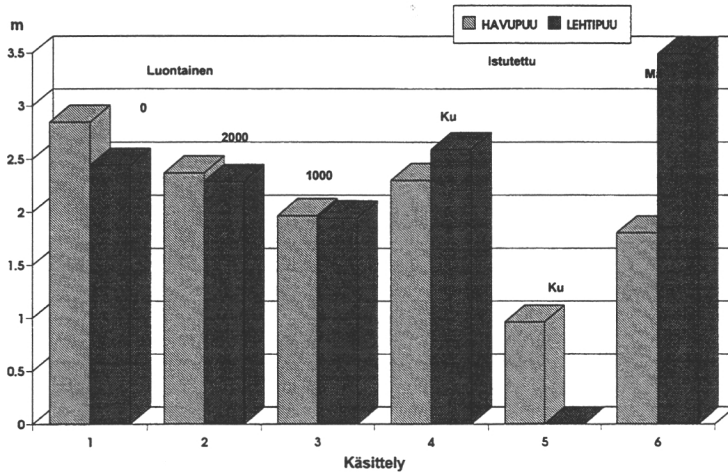
### 3.2 Valtapituus

Havupuun tainten valtapituus kokeen perustamisvaiheessa 1987 oli luontaisella kuusella eri käsittelyillä 1,6–1,8 m, istutetulla kuusella 4,3 m ja istutetulla männyllä 4,0 m. Lehtipuiden vastaavat arvot olivat luontaisen uudistamisen käsittelyillä 6,3–6,6 m, istutuskuusikossa 5,7 m ja istutusmännikössä 2,6 m.

Valtapituuden kasvu kuuden vuoden mittausjaksolla ilmenee kuvasta 2. Kuusen tainten valtapituuden kasvu oli paras luontaisen uudistamisen käsittelemättömällä koejäsenellä ja laski tasaisesti lehtipuuston vähetessä tiheyksiin 2 000 ja 1 000 kpl/ha.

Kuusen istutusruudulla, jolle lehtipuuta oli jätetty 1 000 kpl/ha kuusen valtapituuden kasvu oli samaa tasoa luontaisen kuusen kanssa, mutta puhtaalla kuusiruudulla vain 43 % edellisestä. Männyn valtapituuden kehitys oli hiukan lehtipuusekotteisten kuusien tason alapuolella (kuva 2).

Lehtipuuston valtapituuden kasvu oli selvästi ripeintä männyn istutusaloilla. Kuusen istutusala oli seuraavana ja sen tuntumassa luontaisen uudistamisen koskematon käsittelyvaihtoehto, mistä tultiin tasaisesti alaspäin harvennussasteen voimistuessa (kuva 2).



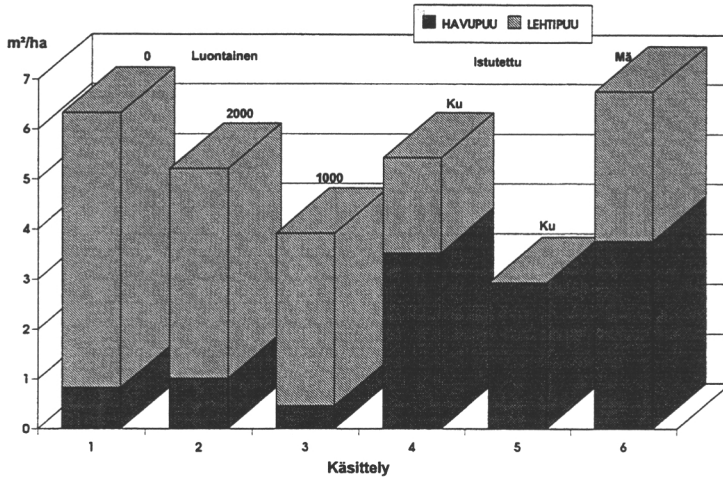
Kuva 2. Valtapituuden kasvu kuuden vuoden aikana. Käsittelyt: 1 = Luontainen kuusi, käsitlemätön, 2 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 2000 kpl/ha, 3 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 4 = Istutettu kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 5 = Istutettu kuusi, lehtipuu poistettu, 6 = Istutettu männyn, käsitlemätön.

### 3.3 Pohjapinta-ala

Taimikon havupuiden pohjapinta-alat kokeen perustamisvaiheessa 1987 olivat kuusen luontaisen uudistamisen aloilla  $\pm 0$  ja kuusen ja männyn istutusaloilla  $1,3 \text{ m}^2$ ,  $1,2 \text{ m}^2$  ja  $1,7 \text{ m}^2$ . Vastaavat lehtipuuston pohjapinta-alat olivat luontaisen uudistamisen aloilla (käsitlemätön, 2 000 kpl/ha, 1 000 kpl/ha lehtipuuta)  $4,3 \text{ m}^2$ ,  $4,5 \text{ m}^2$ ,  $5,0 \text{ m}^2$  ja kuusen ja männyn istutusaloilla  $1,4 \text{ m}^2$ ,  $0,6 \text{ m}^2$  ja  $0,5 \text{ m}^2$ .

Pohjapinta-alan 6 vuoden kasvu/ha on esitetty kuvassa 3. Istutusmännyn ja -kuusi ovat kasvaneet samaan tahtiin,  $3,7 \text{ m}^2$  ja  $3,5 \text{ m}^2$ , ja puhdas kuusikko  $2,9 \text{ m}^2$ . Luontaisen kuusentaimikon pohjapinta-alan kasvu oli  $0,5\text{--}1,0 \text{ m}^2$ . Lehtipuuston kasvu oli käsitlemättömällä, 2 000 kpl/ha ja 1 000 kpl/ha asennossa  $5,5 \text{ m}^2$ ,  $4,2 \text{ m}^2$  ja  $3,5 \text{ m}^2$ . Kuusen istutusallalla lehtipuuston pohjapinta-alan kasvu oli  $1,9 \text{ m}^2$  ja männikössä  $3,0 \text{ m}^2$ .

Pohjapinta-alan kokonaiskasvu (havupuut + lehtipuut/6 v.) oli suurin ( $6,8 \text{ m}^2$ ) männyn istutusallalla, hyvänä kakkosena tuli luontainen kuusi käsitlemätön ( $6,3 \text{ m}^2$ ), seuraavina kuusen istutus ( $5,4 \text{ m}^2$ ), luontainen kuusi 2 000 kpl/ha lehtipuuta ( $5,2 \text{ m}^2$ ), luontainen kuusi 1 000 kpl/ha lehtipuuta ( $3,9 \text{ m}^2$ ) ja heikoin puhdas kuusen istutus ( $2,9 \text{ m}^2$ ).

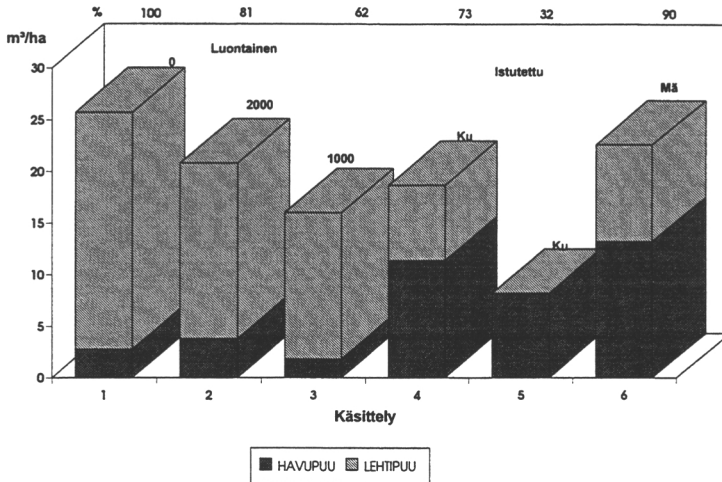


Kuva 3. Pohjapinta-alan kasvu kuuden vuoden aikana. Käsittelyt: 1 = Luontainen kuusi, käsittelemätön, 2 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 2000 kpl/ha, 3 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 4 = Istutettu kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 5 = Istutettu kuusi, lehtipuu poistettu, 6 = Istutettu mänty, käsittelemätön.

### 3.4 Tilavuuskasvu

Taimikoiden tilavuus lähtötilanteessa 1987 oli luontaisen uudistamisen käsittelemättömällä koejäsenellä 10,3 m<sup>3</sup>, 2 000 kpl/ha 9,2 m<sup>3</sup> ja 1 000 kpl/ha asennossa 12,0 m<sup>3</sup>. Vastaavat lukemat olivat istutuskuusen sekapuualalla 7,3 m<sup>3</sup>, puhtaassa kuusikossa 5,8 m<sup>3</sup> ja istutusmännikössä 5,4 m<sup>3</sup>. Kaiken kaikkiaan lähtötilanne oli tasainen ja antoi hyvän perustan käsittelyjen kasvuvaikutusten tutkimiseen.

Kuuden kasvukauden tilavuuskasvu oli paras eli 25,7 m<sup>3</sup>/ha kuusen luontaisen uudistamisen käsittelemättömillä ruuduilla ja heikkeni sitä mukaa, kun lehtipuuta harvennettiin. 2 000-asennossa tilavuuskasvu oli 81 % käsittelemättömän tilavuuskasvusta ja vastaavasti 1 000-asennossa 62 %. Kuusen istutuksessa, jossa oli jätetty koivua 1 000 kpl/ha, 73 %, puhtaassa kuusen istutuksessa 32 % ja männyn istutuksessa 90 % käsittelemättömän tilavuuskasvusta (kuva 4). Luontainen kuusi käsittelemätön oli siis selvästi paras ja heikoin kasvutulos saatiin kuusen istutuksessa, jossa lehtipuu oli perattu pois.



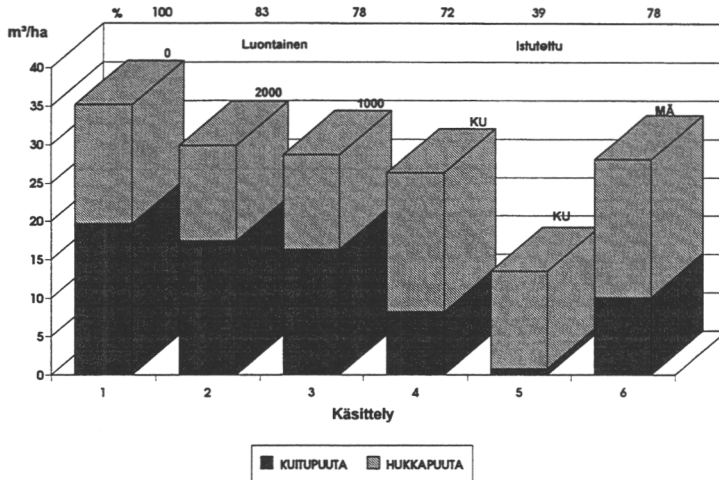
Kuva 4. Tilavuuden kasvu kuuden vuoden aikana. Käsittelyt: 1 = Luontainen kuusi, käsittelemätön, 2 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 2000 kpl/ha, 3 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 4 = Istutettu kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 5 = Istutettu kuusi, lehtipuu poistettu, 6 = Istutettu mänty, käsittelemätön.

### 3.5 Kokonaistuotos

Kokonaistuotos oli 19 kasvukauden jälkeen parhaimmillaan (36 m<sup>3</sup>/ha) luontaisella käsittelemättömällä koejäsenellä ja pieneni käsittelyn voimistuessa. 2 000-asennossa se oli 83 % käsittelemättömän tuotoksesta ja 1 000-asennossa 78 %, kuusen istutuksessa, jossa oli jätetty koivua, 72 %, puhtaassa kuusen istutuksessa 39 % ja männyn istutuksessa 78 % (kuva 5).

Tutkimusjakson tilavuuskasvulle ja kokonaistuotokselle tehtiin varianssianalyysi, jossa ei löydetty tilastollisia eroja luontaisen kuusen eri käsittelyjen ja männyn viljelyn välillä, vaikka keskiarvojen tasolla erot olivat johdonmukaisen selvät. Mutta tilavuuskasvut luontaisesti syntyneen kuusen taimikon eri käsittelyillä erosivat toisistaan 10 % riskillä, mitä pidetään suuntaa antavana. Koska kuusen istutuksessa ei ollut toistoja, sitä ei voitu ottaa tilastolliseen analyysiin mukaan. Tämä oli hyvin harmillista, sillä mielenkiintoisinta uutta oli juuri kuusen istutuksen ja luontaisen uudistamisen vertailu eri käsittelyineen. Kuitenkin kuusen istutus oli onnistunut hyvin ja istutusruudut olivat uudistusalan rehevimmässä osassa, minkä vuoksi tulokset ovat pikemminkin istutusta suosivia kuin päin vastoin.





Kuva 5. Kokonaistuotos 19 vuoden aikana. Käsittelyt: 1 = Luontainen kuusi, käsittelemätön, 2 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 2000 kpl/ha, 3 = Luontainen kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 4 = Istutettu kuusi, lehtipuuta 1000 kpl/ha, 5 = Istutettu kuusi, lehtipuu poistettu, 6 = Istutettu mänty, käsittelemätön.

## 4 Tarkastelu

Tulokset osoittavat, että kuusen luontainen uudistaminen on Kirjavaisenvaaran kaistalehakkuaalalla onnistunut erinomaisesti. Tulos on yhdenmukainen aikaisempien tutkimusten kanssa, ja viittaa vahvasti siihen suuntaan, että mikäli maanpinnan käsittely ajoittuu hyvään siemenvuoteen, luontainen uudistuminen on varmaa ja nopeaa (Oikarinen ym. 1995).

Näiden tulosten perusteella voidaan tehdä myös sellainen yleinen johtopäätös, että kuusen kylvö taiten suoritettuna johtaa todennäköisesti hyvään lopputulokseen Kainuun vaarojen kuusimailla. Harvoin toistuvista siemenvuosista aiheutuva ongelma voitaisiin näin välttää ja säästää istutuskustannuksiin verrattuna.

Männyn kylvö on viime vuosina ollut 20–25 % kokonaisviljelystä, mutta kuusen osuus siitä vain 2,7–0,5 % (Metsätilastolliset vuosikirjat 1975–1991). Kuusen kylvöä on vierastettu ilmeisesti sen hitaan alkukehityksen ja rehevien viljelykohteiden vuoksi, joilla pintakasvillisuus muodostuu helposti ongelmaksi. Kaiken kaikkiaan kuusen kylvöstä on luotettavaa kokeellista tietoa vähän. Pohjois-Suomessa kuusen kylvö oli koejäsenenä ns. runkotutkimus 1:ssä (Valtanen & Engberg 1987), jossa sitä voidaan verrata männyn kylvöön. Kuusen kylvö onnistui Kainuussa selvästi mäntyä paremmin ja Pohjanmaalla ne olivat tasavertaiset. Molemmilla alueilla kylvötuppaiden taimimäärät olivat kuusella selvästi suuremmat. Kuusi on lisäksi pysynyt mäntyä sitkeämmin hengissä sille oi-

keutta tekevissä olosuhteissa (Oikarinen ym. 1995). Tämän perusteella on johdonmukaista olettaa, että kuusen kylvö onnistuu mäntyä paremmin ainakin Pohjois-Suomessa. Lisäksi on pidettävä mielessä, että männyn kylvöistä on saatu entistä parempia tuloksia koneelliseen maanmuokkaukseen sopeutetulla suunnatulla hajakylvöllä (Wall 1993). Sama pitää varmasti paikkansa kuusen kylvön osalta niin, että Valtasen ja Engbergin (1987) vakoruutukylvön tuloksissa on parantamisen varaa.

Kuusen kylvössä pintakasvillisuuden rehevöityminen on vakava ongelma. Todennäköisesti kylvö ei johda toivottuun tulokseen rehevimmillä kasvupaikoilla. On ilmeistä, että kuusen kasvupaikkojen karummassakin päässä uudistamisketjua on käsiteltävä "kuumana" eli hakkuun, maanmuokkauksen ja kylvön väli on pidettävä mahdollisimman pienenä kuusen taimien alkuunlähdön nopeuttamiseksi suhteessa pintakasvillisuuteen. Tämän ei sellaisenaan tarvitse merkitä lisäkustannuksia, vaan päinvastoin pieniä säästöjä uudistamisajan lyhenemisen ja perkaustarpeen vähenemisen muodossa.

Kuusen taimikon käsittelyssä on aikaisemmin pyritty puhtaaseen kuusikkoon. Mielikäisen (1985) tutkimusten jälkeen on hyväksytty rauduskoivu sekapuuksi, mutta vasta koivun markkinahinnan kohoaminen havupuiden tasolle on lopullisesti muuttanut tilanteen sellaiseksi, että koivusta on tullut varteenotettava vaihtoehto taimikon käsittelyssä.

Kirjavaisenvaaran kokeessa kuusen ja männyn istutus on johtanut huomattaviin tuotostappioihin isojen (2+2 v.) tainten istutuskustannusten lisäksi. Karkean laskelman mukaan kuusen viljely ja pyrkimys kasvattaa syntynyt taimikko puhtaana kuusikkona on 19 kasvukaudessa johtanut lähes 10 000 mk/ha tappioon luontaiseen uudistamiseen ja ylispuujaksoksi kohonneen koivikon kasvattamiseen verrattuna. Tuloksista näkyy selvästi, että kuusen uudistamisvaiheessa koivun kasvattaminen sekapuuna jopa ylispuuna on hyvin tuottoisaa. Pohjois-Suomessa Norokorpi ja Puoskari (1987) ja Forss (1990) sekä Etelä-Suomessa Lähde (1992) ovat raportoineet samansuuntaisista tuloksista. Ne ovat myös hyvin ymmärrettäviä. Käsittelemätön koejäsen on käyttänyt kasvupaikan potentiaalisen tuotoskyvyn parhaiten hyväkseen, mitä lehtipuuston harventaminen tai poistaminen on heikentänyt. Ylitiheys ei ole vielä aiheuttanut luonnonpoistuman lisäästä eikä kuusen taimien kehitys kärsinyt lehtiylispuustosta. Vuokila (1980) on tarkastellut kasvatustiheyden ja kasvun välistä suhdetta perusteellisesti, mutta hänen omat samoin kuin hänen preferoimansa tutkimukset käsittelevät yhden puulajin metsiköitä, joten ne eivät tee oikeutta kuusi-lehtipuusekametsikoille, joissa puulajidynamiikka ja sen ekologiset vaikutukset tulevat kuvaan mukaan. Kuusi ja koivu täydentävät toisiaan erilaisella kasvurytmillään, ravinnetaloudellaan ja ekologisilla ominaisuuksillaan siten, että molemmat hyötyvät siitä. Puuntuotos lisääntyy, lehtipuusto parantaa kasvupaikan ravinnetaloutta ja ylläpitää sen tuotoskykyä pitkällä tähtäimellä samalla kun se huolehtii mm. luonnon monimuotoisuuden säilymisestä (Saramäki 1981, Oika-

rinen 1994). Kun kuusi- ja koivukuitupuun markkinahinnat ovat hyvin lähellä toisiaan, metsänomistajan on hyvin kannattavaa käyttää tätä synergiaetua hyväkseen kuusen uudistamisessa ja syntyneen taimikon käsittelyssä.

Kirjavaisenvaaran koe vahvistaa sen hyvin tunnetun asian, että koivu kasvaa nopeasti nuorella iällä (Saramäki 1978, Oikarinen 1983). Nopean nuoruuskehityksen seurauksena koivikko saavuttaa myös nopeasti kehitysasteen, jossa puiden latvustot supistuvat ja voimakas luonnonpoistuma alkaa. Ellei harvennuskäsittelyä ajoiteta tarkasti oikeaan aikaan puuston koon ja tiheyden mukaan, saavutettu kasvutulos voidaan menettää muutamassa vuodessa.

## Kirjallisuus

- Forss, E. 1990. Harvennuksen vaikutus luontaisesti syntyneen hieskoivu-kuusisekametsän tuotokseen. Metsän tuotantotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 67 s.
- Hänninen, T., Räsänen, P.K. & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistumisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 7. 95 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6 1994. 72 s.
- Lähde, E. 1992. Luontaisen kuusivaltaisen taimikon kehitys lehtomaisella kankaalla. Summary: Development of *Picea abies* -dominated naturally established sapling stand. *Folia Forestalia* 793. 12 s.
- Metsätilastolliset vuosikirjat 1975-1991. *Folia Forestalia* 295, 345, 375, 430, 460, 510, 550, 590, 620, 660, 690, 715, 730, 760, 790.
- Mielikäinen, K. 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Norokorpi, Y. ja Puoskari, J. 1987. Peräpohjolan kuusentaimikoiden perkausmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278:123-135.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Pohjanmaan piirikunnassa. Metsähallitus. Helsinki 3.5.1985. N:o Mh. 112. 24 s + 12 liitettä.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113. 75 s.
- Oikarinen, M. 1994. Biologinen metsänparannus: teoreettinen perusta ja käytännön esimerkkejä. Julkaisussa: Moilanen, Mikko, Murtovaara, I., Moilanen, Merja & Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508:13-20.
- Oikarinen, M. 1995. Forest regeneration in Finland and the use of dielectricity measurements and GIS-system in the choice of regeneration procedure. In: Valtanen, J.(ed.) The natural regeneration of forests in Finland and Russian Karelia. Summary in Russian. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 551:8-15.

- Oikarinen, M., Karhu, J. ja Pasanen, J. 1995. Metsän uudistumiseen vaikuttavista tekijöistä Kainuun vaara-alueilla. Teoksessa: Poikolainen, J. ja Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 69-86.
- Saramäki, J. 1978. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 91.2. 59 s.
- Saramäki, J. 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 3.37 s.
- Valtanen, J. & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970-72 perustetun aurausalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970-72. *Folia Forestalia* 686. 42 s.
- Valtanen, J. 1988. Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä. Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland. *Folia Forestalia* 718. 41 s.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Porvoo. 256 s.
- Wall, A. 1993. Männyn suunnatun hajakylvön onnistuminen eri tavoin muokattulla metsämaalla. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ MMK-tutkimtoa varten. Helsingin yliopisto. 95 s.

# METSÄNHOIDON MUUTOKSET PUOLEN VUOSISADAN AIKANA

**Jukka Valtanen**

## **1 Metsänhoidon suuret muutokset**

Tervakauden jälkeen metsän omistajan tavoitteena on aina ollut runsaan ja teknisesti hyvälaatuisen tukkisadon irrottaminen metsästä pitkäaikaista kestävyyttä vaarantamatta. Päämäärä on siis ollut taloudellinen. Harsintakaudella, jolloin metsistä poimittiin aina parhaat puut, isot ja “kypsät”, ei puulle ollut juuri muuta menekkiä. Vain koivuhalko oli tukin ohessa markkinapuuta.

Harsinta johti vähitellen tukkisadon vähenemiseen. Sahoille saadun tukin koko pieneni vuosikymmenien kuluessa. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaan yksityismetsien leimauksissa runkokoko vuonna 1926 oli 11,2 j<sup>3</sup> ja vuonna 1956 6,4 j<sup>3</sup> eli keskimääräinen runko pieneni 30 vuodessa 43 % (Alho 1968 s.109). Jo valtakunnan metsien toisen inventoinnin aikaan ja sen jälkeen eräät metsänhoitomiehet asettivat tavanomaisen metsien harsintakäsittelyn jatkamisen kyseenalaiseksi. Nähtiin, että kaskikauden jälkeisten nuorehkojen metsien tukkipuureservit alkoivat ehtyä eikä uutta ollut enää tulossa. Puustot eivät elpyneet harsinnan jäljiltä toivotulla tavalla, vaan metsät muuttuivat laajoilla aloilla vähäpuustoisiksi raiskioiksi, joissa tukkimitan täyttävät puut olivat tekniseltä laadultaan huonoja. Pää alkoi tulla vetävän käteen ja oli paikoin jo tullutkin.

Marraskuun 13. päivä vuonna 1948 on uuden metsänhoidon “perustamispäivä”. Silloin kuusi maamme johtavaa metsänhoitomiestä – Eric Appelroth, Olli Heikinheimo, Erkki K. Kalela, Erkki Laitakari, Jarl Lindfors ja Risto Sarvas – allekirjoitti ns. harsintajulkilausuman. Siinä osoitettiin harsintahakkuut Suomen metsille turmiollisiksi ja esitettiin niiden sijaan kasvatushakkuitten käyttöönottoa ja niissä parhaan puustoaineuksen suosimista, jotta aikanaan saadaan hyvälaatuinen ja runsas tukkisato. Pilalle hakatut metsät tuli uudistaa tasaikäisiksi taimikoiksi. Entisen “jatkuvan kasvatuksen” sijalle tuli metsikkötalous ja selvä metsiköittäinen uudistaminen ja kiertoaika.

Kuusikoiden käsittelyksi oli jo jonkin aikaa suositeltu suojuspuumenetelmää, josta käytettiin nimeä lohkoharsinta tai keskitetty harsinta. Koska hakkuutavalla ei ollut paljonkaan yhteistä harsinnan kanssa ja koska nimitykset olivat harhaanjohtavia, ehdotettiin uudeksi nimeksi suojuspuuhakkaus. Samalla ehdotettiin koko harsinta-sanana poistamista metsäsanastostamme merkitsemästä meikäläisiin olosuhteisiin soveltuvaa hakkausmenetelmää.

Tässä yhteydessä on paikallaan mainita myös termimuutoksesta hakkaus - hakkuu. 1950-luvulle asti hakkaus oli metsänhoitoa ja hakkuu oli metsäteknologiaa. Esimerkiksi leimikossa osalle aluetta suunniteltiin harvennushakkaus ja osalle siemenpuuhakkaus. Tekomies oli silti hakkuulla, hän oli hakkuumies. Oli hakkuu ja ajo.

Harvennushakkuut yleistyivät pinotavaran menekin parantuessa vähitellen koko maan peittäväksi. Sen sijaan pilalle ja vajaatuottoisiksi harsittujen metsiköitten uudistaminen eteni hitaasti. Siihen ei ollut rohkeutta, sillä liian usein kokemus osoitti työn kalliiksi ja tulokset huonoiksi. Kenttämiehistä oli tulossa "ikuisia harventajia". Vasta Erkki K. Kalelan mm. Ruoveden Siikakankaalla pitämät kurssit vauhdittivat uudistamista. Muistan eräitten metsäteknikoitten 1950-luvun alkupuolella puhuneen, kuinka nyt "vihdoinkin päästään eroon niistä ikuisista harvennuksista". Kalela oli valanut kenttämiesten mieliin rohkeutta, ja uudistaminen pääsi yksityismetsissäkin vähitellen alkuun. Yhtiöiden mailla ote oli ollut rohkeampi jo 1940-luvun lopulta lähtien. Valtion mailla määrärahojen puute hidasti uudistamistoiminnan vauhdittamista.



*Kuva 1. Rovaniemeläinen tuoreen kankaan metsä on käsitelty harsien 1910-luvulla. 80 vuoden kuluessa ei yhtään uutta tukkipuuta ole kehittynyt. Paksu sammalikko ja humuskerros peittävät kylmän kivennäismaan. Aukkoisuudesta huolimatta taimia ei ole syntynyt. Kuvattu 1993.*

Harsinnasta luopumisen ohessa toinen suuri muutos metsänhoidossa on ollut koivun pääseminen pannasta. Metsämiehet ovat metsäkoulussa aina saaneet opetuksen koivun merkityksestä ja tarpeellisuudesta metsässä, mutta tätä oppia ei ennen 1980-lukua voitu toteuttaa käytännössä, koska riittävää menekkiä koivulle ei ollut. Parhaat koivut poistettiin harsien vaneriteollisuuden raaka-aineksi. Koivikkoseuduilla, etenkin Savossa, oli monessa talossa edessä se totuus, että metsässä ei juuri ollut myytävää. Vanerikoivut oli hakattu, ja halolla ei ollut menekkiä. Vielä 1960-luvun lopussa teollisuuden edustajat viestittivät “älkää kasvattako koivua; sillä ei tule koskaan olemaan menekkiä”. Tällä tarkoitettiin pinotavaramittaista koivua. Kenttäväki oli ongelman edessä. Koivua jouduttiin hakkuualoilla säälittä tuhoamaan vain havupuun kelvatussa myyntiin. Puhuttiin koivuvihasta.

Koivupinotavaran kysyntä kasvoi nopeasti 1970-luvulla ja 80-luvun alussa, kun tehtaille rakennettiin uuden tiedon avaamat lehtipuun sellulinjat. 1980-luvun loppupuolelta alkaen voidaan todeta koivun kaupan käyneen esteettä. Tämä on muuttanut meidän metsänhoitomme tavoitteita ja toteutusta. Voimme sanoa, että metsänhoidossa on koettu myönteinen vallankumous. Enää ei uudistettaessa tarvita 2000 kasvatettavaa havupuuta hehtaarille, enää ei tarvitse yhtä aktiivisesti torjua koivua uudistusaloilta ja taimikoista, ja vesakkokemikaalien käyttö on voitu rajoittaa lähes kokonaan vain haapaan ja pajuun. Koivun takia uudistamisesta, taimikonhoidosta ja nuoren metsän kasvatuksesta on nyt tullut ehyt kokonaisuus, jossa voidaan toteuttaa metsänomistajan taloudelliset tarpeet, metsän kestävän kehityksen turvaaminen ja metsäluonnon laajaspektrisyys ylläpitäminen.

## **2 Metsänhoidollinen tieto ja metsänhoidon tekniikka**

“Aika on paras tutkimusapulainen.” Suomessa metsänhoidolla on jo kohtalaisen pitkä historia ja siksi siinä on kokemuksen antamaa vahvuutta ja käytännössä testattua tietoa. Joissakin uusissa metsänhoidon maissa on ensin perustettu metsäntutkimuslaitos ja vasta sen selvitettyä parissa vuosikymmenessä maahan sopivat puulajit ja niiden oikeat kasvattamistavat on alettu perustaa metsiä. Meillä taas metsänhoidon käytäntö on aina ollut tutkimuksen rinnalla vahva ja metsänhoidon tekniikan tiedossa jopa tutkimuksen edellä.

Esimerkkeinä metsänhoidollisen tiedon lisääntymisestä mainitsen muutamia. Maaperän ominaisuuksien merkitys on opittu tietämään kenttäporrasta myöten. Maan hienoaainesosuuden ja vedenpidätysominaisuuksien mukaan valitaan uudistamisessa muokkaustapa ja puulaji. Tämä oli vierasta vielä 1960-luvulla, jolloin silloinkin tehtiin oikeita ratkaisuja metsätyyppin perusteella. Metsätyyppin tunteminen ei kuitenkaan riittänyt vaikeimmissa paikoissa ohjaamaan ratkaisua aina oikeaan. – Siemenen alkuperän merkitys tunnetaan ja siemenen

siirron rajat on asetettu. Enää ei männyn siementä siirretä 400 km pohjoiseen. – Taimien kasvatusta taimitarhoissa on muuttunut rationaaliseksi taimiteollisuudeksi. 1970-luvun puolivälissä paakkutaimituotanto nousi paljasjuuristen tuotannon ohi ja on kaiken aikaa lisännyt osuuttaan. Nisulan rullataimet, Jiffypotit ja Ahlströmin turveruukut jäivät lyhytaikaisiksi paperikennon (japanilainen paperpot-menetelmä) saavuttaessa paakkutaimien valta-aseman jo 1970-luvun alussa. Sen ohessa on käytössä muutamia muitakin hyviä paakkuratkaisuja. – Metsänjalostajat ovat valinneet pluspuita ja plusmetsiköitä sekä perustaneet siemenviljelykset. Taimia tuotetaan valioaineksesta jo pistokkaina ja jopa mikrolisäyksenä soluviljelmillä. Koivusta on kehitetty jänikselle kelpaamaton kanta, karhea ja pahanmakuinen. – Taimikon hoidon ajankohdasta ja harvennuspituudesta käydään keskustelua jatkuvasti. Se näkyy mm. siinä, että uusituissa metsänhoito-ohjeissa kerta kerralta pituusrajoja on nostettu. Aktiivisimmassa vaiheessa metsähallinnon taimikoita harvennettiin 1600 taimen asentoon jo puolentoista metrin pituudessa, jos seutukunnalle tultiin vähän varttuneempien taimikoiden hoitoon. Vielä 1980-luvun alkupuolella Tapion ohjeissa ensisijaisiksi kohteiksi osoitettiin 1–3 metrin pituiset taimikot. Metsähallituksen samanaikaisten ohjeitten mukaan kylvötaimikot tuli harventaa 1–2 metrin ja istutus- ja luonnontaimikot 2–4 metrin pituudessa. Nyt harvennuspituus on ohjeissa 4–7 metriä. – Tämän muutoksen ohessa myös nimi on muuttunut. 1970-luvun alkuun asti hoidettiin taimistoja, sen jälkeen taimikoita.

Myös kuusikoiden kasvatukseen on saatu uutta tietoa. Hyvinkin rohkeat harvennukset ovat sallittuja nuorissa kuusikoissa (Vuokila 1975), eikä kasvu silti alene. Tämä oli vanhempiin aikoihin verrattaessa myönteistä tietoa, joka antaa metsänomistajalle entistä joustavamman mahdollisuuden valita työtapsansa. Ennen arvioitiin kuusen varjonkestävyyden eli alaoksien vihreänä säilymisen takia kuusikon kasvattaminen tiheänä tuotoksen kannalta parhaaksi. Mm. ensiharvennukset voidaan tehdä nyt entistä kannattavammin.

Metsänhoidon menetelmissä ja toteutustavoissa tapahtunutta kehitystä on tukenut yleinen tekniikan edistyminen. Koneet on kehitetty metsään soveltuviksi, ja työsaavutukset ovat kasvaneet samalla kun ihmistyön osuus on alentunut. Vahvin esimerkki on soiden ojitus, jossa 1960-luvulla suunniteltu työurakka on jokseenkin valmis. Huippuvuosi oli 1969, jolloin ojitettiin 297 000 ha. Suomi ojitti silloin soitaan enemmän kuin maailman muut maat yhteensä. Oja-aura kehitettiin 1950-luvun puolivälissä, ja nimenomaan sen avulla suuret työsaavutukset olivat mahdollisia. Samalla kehitettiin kaivureita ja kaivinkoneita, jotka ovat työmaiden pienentyessä 1960-luvun loppupuolelta alkaen ottaneet ojitustyöt hallintaansa. Oja-auraja ei enää käytetä.

Muita 50 vuoden aikana tapahtuneita muutoksia ja uudistuksia ovat metsien lannoitus, metsänhoitoa ja muuta metsän käyttöä tukeva metsäteiden rakentaminen, uudistusalojen muokkaaminen, vesakoitten ja pintakasvillisuuden kemiallinen torjunta ja peltojen metsitys. Näistä kemiallinen vesakontorjunta on



1980-luvulla loppunut lähes kokonaan koivun muututtua selluteollisuuden raaka-aineeksi. Samoin ainakin toistaiseksi on lannoitus vähentynyt vain osaan 1970-luvun suoritteista. Ilmeisesti myös tienrakennuksessa on huippukausi jo takanapäin. Uudistusalojen muokkaamisessa, paakkutaimien käytössä, pintakasvillisuuden torjunnassa ja peltojen metsityksessä lienee saavutettu likimääräinen vakiotaso.

Kenttämiesten työalalla erityisesti uudistusalojen muokkaaminen – sekä luontaisesti uudistettavien että viljeltävien – on suuri muutos vanhoihin aikoihin verrattuna. Lisääntyneen metsien uudistamistoiminnan toteutuminen ei olisi ollut mahdollista ilman käyttökelpoisiksi kehitettyjä muokkauskoneita.



*Kuva 2. Uudistusala Kuhmossa. Maa on muokattu luontaista uudistumista varten. Männyn taimia on 8 000 kpl hehtaarilla ja koivua ja muuta lehtipuuta vielä enemmän. Pintakasvillisuus on rikasta. Maan mikrobeista alkaen eliöitä on paljon. Linnunlaulua on moninkertaisesti viereiseen vanhaan metsään verrattuna. Mustikka-, puolukka- ja vadelmasadot ovat runsaat.*

1950-luvun loppupuolella oli laikkuri maanmuokkauksen yleisratkaisu. Vuodesta 1964 alkaen tuli Pohjois-Suomessa märkien maiden muokkaukseen metsäaura, jonka käyttö levisi nopeasti jokseenkin kaikille viljelyaloille. Etelä-Suomessa sen käyttö jäi vähäiseksi uudistusalojen pienemmän koon takia. Metsäauraukseen verrattavaa vaotusta oli tehty kevyellä oja-auralla näytteeksi jo v. 1951 Loimaalla, runsaammin Rovaniemen Hirvaalla ja vuodesta 1962 alkaen Kuusamossa, mutta vasta auran rakenteen kehittäminen avasi sille tien laajaan käyttöön. Etelä-Suomen pienille uudistusaloille sopivaa muokkauskonetta kehittäeli Työtehoseura 1960-luvun alkupuolella. Pohjana oli maataloudessa van-

hastaan käytetty lautasaura. TTS-metsä-äkeen nimen saanut tuote tuli markkinoille 1965. Sitä on vähitellen paranneltu mm. hydrauliiikan käyttöön otolla, ja siitä on tullut yleisratkaisu tuoreiden ja kuivien uudistusalojen muokkaamiseen.

Märkien maiden ratkaisuksi Etelä-Suomeen kehitettiin kaivurimätästys. Osallistuessaan Keskusmetsäseura Tapion ja Kansallis-Osake-Pankin järjestämään suometsäkilpailuun mätästi Myllykoski Oy:n piiriesimies Antti Seppänen Saarjärvellä oman suonsa vuonna 1964. Sillä kerralla mätästys jäi yksittäiseksi työksi. Kolme vuotta myöhemmin Porin metsänparannuspiirin metsänhoitaja Väinö Ranta mätästi Eurajoella omalla maallaan urpasavisuon männyn istutusta varten. Menetelmän nimi oli silloin möykytys. Sen jälkeen menetelmä yleistyi Porin metsänparannuspiirissä päämetsänhoitaja Aarne Nikkilän todettua menetelmän märeille maille sopivaksi ratkaisuksi. Samalla nimi muuttui möykytyksestä mätästykseksi. Alkuaikoina se oli yleensä kuoppamätästystä, mutta muuttui pian ojitusmätästykseksi. Mätästyksen käyttö laajeni nopeasti. Kuitenkin vielä vuonna 1985 oli metsälautakunta-alueita, joissa mätästystä ei juuri tunnettu. Vasta vuonna 1988 voidaan mätästyksen katsoa yleistyneen koko maahan märkien paikkojen maankunnostusmenetelmäksi.

### 3 Metsien käsittely

Sodan jälkeen metsäretkeilyllä oli kullakin kohteella ensimmäinen kysymys "Mikä metsätyyppi". Näin vahvistettiin metsätyypin tuntemusta, sillä se oli kaiken metsäsuunnittelun pohjana. Metsätyyppi on vähitellen jäänyt metsämiesten kielenkäytössä vähemmäksi Aarno Kalelan, Peitsa Mikolan ja Jaakko Lehdon kehiteltyä kasvupaikkatyyppijärjestelmän. Silti metsätyypit ovat edelleen metsänhoidomme perusta.

Toinen retkeilykohteitten vakiokysymys oli harvennuskierto, harvennetaanko metsä viiden vai kymmenen vuoden välein. Lyhyellä harvennuskierrolla oli puoltajansa. Voitiinhan hevostyönä ottaa puuta kerralla 10–20 m<sup>3</sup>. Toisten mielestä metsä oli sillä tavalla aina sokkitilassa. Metsälle piti antaa ainakin 10 vuoden rauhanaika, jotta se toipuu hakkuun aiheuttamasta häiriöstä.

Harvennuskiertokeskustelu vaimeni relaskoopin tultua käyttöön 1950-luvun lopulta alkaen (Nyyssönen 1954). Relaskoopilla alettiin määrittää metsän harvennuksen ajankohta ja voimakkuus. Laadittiin pohjapinta-alaan ja pituuteen perustuvat käyrät. Samalla unohtui harvennushakkuun ajankohdan määrittämisen metsänhoidollinen perusta, nimittäin latvuksen hoito eli oikeankokoisien latvuksen säilyttäminen kasvatettaviksi jätettävillä puilla. Vasta aivan viime vuosina on latvuksen hoito otettu uudestaan esille ja käyttöön ovat tulleet vihreän latvuksen osuuksiksi männyllä 40 %, koivulla 50 % ja kuusella 60 %.

Näiden lukujen alle latvussuhdetta ei saa päästää. Uusien ohjeitten mukana myös harvennuskierro on pidentynyt. Viiden vuoden harvennusväli ei metsänhoidollisessa keskustelussa ole enää esillä.

Metsien harvennuskäsittelyyn tuli uusi tekijä 1950-luvun puolivälin tienoilla, jolloin palstatien varteen hakkuu yleistyi. Siihen asti pinotavara oli tehty yleensä ns. hajalleenhakkuuna palstalle juuri ajattelematta hevosajon helppoutta. Samaan aikaan traktorit alkoivat yleistyä metsäajossa. Alettiin keskustella palstatiestön tiheydestä, tien leveydestä, kasvutilan menetyksestä johtuvasta kasvun alenemisesta ja puustovaurioista. Tutkimus on selvittänyt ongelmaa, ja tiedollinen pohja on rakennettu. Koneellisen hakkuun kehittyminen ei ole toistaiseksi poistanut metsänhoidon ja hankintatekniikan välillä olevaa ristiriitaa kokonaan.

Metsien uudistamistoiminnan tuloksena syntyi paljon taimikoita. Niiden hoito opittiin ja yleensä niiden kunnosta pidettiin huoli. Myös metsänparannusrahoituksen turvin taimikoita perattiin ja harvennettiin. Syntyi käsite risusavotta. 1950-luvun lopulta alkaen 15 vuoden ajan hoidettiin Suomen taimikoita sadointuhansin hehtaarein kuntoon risusavotoilla. Etenkin ns. karanneet taimikot saivat silloin jo vuosia odottamansa hoidon. Tällä työllä on ollut ja on edelleen kauaskantoinen vaikutus Suomen metsiin.

Taimikkovaiheesta alkaen hyvä metsien käsittely johtaa tulevaisuudessa vähitellen myös uudistamistapojen suhteen muuttumiseen. 1950-luvulta alkaen viljelyuudistamisen määrä ja osuus nousi ja luontaisen uudistamisen osuus laski noin neljännekseen. Sitä myöten kuin metsien puulajikoostumus, perinnölliset ominaisuudet ja tekninen laatu saadaan oikeilla harvennuskäsittelyillä johdetuksi oikeaan, lisätään myös luontaisen uudistamisen käytön edellytyksiä. Näin on etenkin männiköissä. Niissä väljennyshakkuitten tultua taas kolmen vuosikymmenen tauon jälkeen käyttöön voi luontainen uudistaminen lisääntyä; viljelyä ei tarvita, vaan taimiaines syntyy paikalle itsestään tai se on helppo hankkia luontaisesti. Tämä vaihe Suomen metsien uudistamisessa on jo alullaan.

1920- ja 30-luvuilla kohtalaisen laajaksi levinnyt nuorten koivikoiden pystykarsinta koki viisi vuosikymmentä myöhemmin uuden tulemisen. Kertyneen tutkimustiedon takia työ ohjautuu nyt pääasiassa mäntyyn. Aluksi työvoimatuen avulla valtion mailla tehty työ levisi 1980-luvulla metsänparannuslain säästösten avarruttua yksityismetsiin, joissa aktiivisimmat ja metsänhoitoon innostuneet metsänomistajat ovat tehneet sitä jo paljon. Uusin tieto viittaa siihen, että hyväkasvuisten nuorten kuusikoitten pystykarsinta voi osoittautua männiköitten karsintaa kannattavammaksi.

Kuusikoiden luontaisessa uudistamisessa on vielä ongelma. Keskitetyn harsinnan ja lohkoharsinnan saatua vuonna 1948 uuden nimen suojuspuuhakkuu tuli kuusikoitten uudistamiseen selväpiirteisyyttä. Toistuvien väljennyksien – taimet-

tamis- ja jouduttamishakkuun kautta – edettiin vapauttamishakkuuseen, jonka jälkeen alalla olevan taimiaineksen otaksuttiin kasvavan hyväksi kuusentaimikoksi. Tämä teoreettisesti puhdas metsänhoito-oppi ei ole käytännössä osoittautunut oikeaksi. Taimettuminen ei yleensä tapahdu toivotussa aikataulussa, ja syntynyt aines tuhoutuu jopa lähes kokonaan loppu- eli vapauttamishakkuussa. Koska suojuspuumenetelmä on näennäisesti halpa, se on asiaatuntemattomien metsänomistajien vaatimana edelleen liian yleisesti käytetty, vaikka metsämattimiehet eivät sitä enää suosittele. Metsänomistajat vieroksuvat kuusen istutusta.



*Kuva 3. Tässä kuvassa korostuvat taloudellisen metsänhoidon tulokset. Istutusmännikkö Pudasjärven pohjoisosan Sarvivaarassa on 30-vuotias ja sen kasvu on 5–6 m<sup>3</sup> vuodessa. Tekninen laatu on moitteeton. Ennen paikalla oli lahoava harsittu kuusikko.*

1950-luvulta alkaen on metsien käsittelyyn tullut edellä mainittujen asioiden lisäksi selkeyttä muullakin tapaa. Metsähallitus, Tapio ja metsäyhtiöt ovat laatineet metsänhoito-ohjeistoja, joita on uusittu tiedon lisääntyneenä ja menetelmien muuttuessa. Metsälautakunnat ovat antaneet omille alueilleen Tapion ohjeitten täydennyksiä. Ensimmäiset ohjeet pohjoisten ja korkeiden maiden metsien käsittelyyn antoi metsähallitus pääjohtaja N.A. Osaran allekirjoittamassa kiertokirjeessä vuonna 1956 (Suonkuivaus ja ... 1956). Siinä otettiin käyttöön termi toimenpideraja, joka perustui toiminnan taloudellisuuteen. Mm. metsänviljely rajoitettiin Oulun läänissä 300 metrin, Peräpohjolassa 250 metrin ja Saariselän pohjoispuolella 200 metrin tason alapuolelle. Kiertokirjeellä metsähallitus rauhoitti toistaiseksi korkeiden maiden metsät, sillä niiden uudistaminen oli koettu ongelmalliseksi. Peruskartoituksen eteneminen ja lämpösumma-

karttojen valmistuminen ovat 1960-luvulta alkaen luoneet pohjaa tutkimukselle, jonka tulosten ansiosta mainitut toimenpiderajat voidaan jo ylittää ja siten ottaa käyttöön myös korkeiden vaaraseutujen metsävaroja. Suojametsälain (1922) ja asetuksen (1927) soveltamiseen saatiin ohjeet vasta 1960 (Oinonen, Sarvas ja Sirén 1960).

## 4 Muuttuneen metsänhoidon tulokset

Suomen metsissä on taakse jääneen puolen vuosisadan aikana ollut kolme suurta työvaihetta, jotka edelleen jatkuvat. Ensin nähtiin tärkeäksi vanhojen ja harsinnan pilaamien metsien uudistaminen. Koska nuoretkin metsät jatkuvasti vanhenevat, tämä työlaji ei lopu koskaan. Kuitenkin varsinainen huonojen ja vaaja tuottoisten metsien uudistaminen on joitakin pohjoisia metsiä lukuunottamatta hoidettu kuntoon. Puulajien ominaisuudet ja niiden käyttö erilaisilla kasvupaikoilla on opittu, maan kunnostaminen on jo rutiinia, kylvön ja istutuksen käyttöalat tunnetaan ja taimilajeja on tarjolla riittävästi. Myös uudistusalan hoito kemikaaleilla hallitaan. Viime vuosina on säädösten muututtua – mm. uudistamisen turvaavaa vakuustalletusta ei enää tarvita – jäänyt kuitenkin monia uudistusaloja hoitamatta. Tämä on selvä huononnuksia siihen hyvään tasoon verrattaessa, mihin meillä jo usean vuosikymmenen ajan totuttiin.

Toinen - ensimmäisestä johtuva – suuri urakka oli taimikoiden hoito. Se oli edellisen työn ja sen ohessa laajan ojitustoiminnan seurausta. Taimikoiden hoito opittiin ja omaksuttiin nopeasti ja sen merkitys ja välttämättömyys tiedetään. Tarvitaan vain metsänomistajan aloitteellisuutta. Ammattitaitoa metsänomistajilla on yleensä riittävästi. Työtapa on muuttunut 10–15 vuotta sitten koivun saatua hyväksymisen taloudelliseksi puuksi. Myös tässä työlajissa työsaavutus on jäänyt jälkeen arvioidusta tarpeesta.

Uudistamisen ja taimikonhoidon tuloksena meillä on nyt mittavasti nuoria metsiä, joiden hoitamisessa on tullut eteen uusi ongelma. Se on itse asiassa meidän metsänhoitomme tähänastisista töistä suurin, urakkana suurempi kuin ovat olleet edellä mainitut vanhojen metsien uudistaminen ja taimikoiden hoito. Ensiharvennushakkuuta pitää lisätä jyrkästi, jotta hyvin perustetut ja alkuun lähteneet nuoret metsät kehittyvät nopeasti myös järeiksi laatumetsiksi. Kemiallisen metsäteollisuuden laajeneminen on luonut edellytykset pienimittaisen puun käytölle. Toistaiseksi metsäteollisuus ei kuitenkaan ole korostanut riittävästi ensiharvennusten tarpeellisuutta, vaikka harvennukset nimenomaan teollisuuden itsensä kannalta ovat välttämättömät. Muuten hyvälaatuisen puuston kehitys hidastuu ja teollisuuden hyvän raakapuun saannille tulee hidastavia esteitä. Jos ensiharvennukset saadaan lisättyä tarpeelliseen määrään, voivat kaikki Suomen metsien tuotokyvystä ja laadusta kiinnostuneet olla tyytyväisiä metsisämme tapahtuneeseen kolmivaiheiseen rakennustyöhön. Pilalle hakattuja metsiä ei enää näe, vaan käsittely on ollut oikeata. Myönteinen kehitys jatkuu.

## 5 Metsänhoito ja luonto

Muutamana viime vuotena on keskustelu metsien hoidosta laajentunut. Erityisesti ns. vihreä liike on ollut aktiivinen. Kantaa on otettu vanhojen metsien säilyttämisen puolesta ja avohakkuuta on vastustettu. Edellinen lahopuineen ei juuri kuulu metsänhoidon aihepiiriin – se on metsätalouden järjestelyä – mutta avohakkuukeskusteluun metsänhoitomiesten tulee osallistua aktiivisesti.

Luonnonmukainen metsänhoito on ollut yksi vihreän liikkeen iskusana. Paperin tulee olla “avohakkuuvapaata”. Uhanalaisten lajien säilymisestä tulee huolehtia turvaamalla niille muuttumaton elinympäristö. Vaatimus ei ole toteutettavissa, sillä metsä muuttuu ja vanhenee koko ajan ja aikanaan se uudistuu. Ekologia, biotooppi ja biodiversiteetti ovat tulleet metsäkeskustelun tunnussanoiksi. Pohjois-Suomen metsiä asetetaan hakkuukieltoon luontoarvojen kartoittamista varten ja rauhoituspäätöksiä valmistellaan. Ulkomaille levitetään yksipuolista, virheellistä ja ilmeisen tarkoitushakuista tietoa Suomen metsien tilasta ja kehityksestä. Tämä on 1990-luvun alkupuoliskon tiedonvälitystä. Se on uutta menneitten vuosikymmenien vaimeaan metsäkeskusteluun verrattuna.

Metsäluonnon rikkaus alkaa avohakkuusta. Varmin tapa hyvän kehityksen pysäyttämiseksi ja luonnonrikkouden vähentämiseksi on avohakkuitten lopettaminen. Se johtaa vähitellen puulajiston köyhtymiseen. Ensin kuolevat leppä, koivu ja haapa, sitten mänty löytää turvapaikan karuilta kankailta, kallioilta ja rämeiltä. Kuusi selviää voittajana ja kuihduttaa vähitellen maan viljavuuden ja sitä tietä kahlitsee elämän viriämistä. Biodiversiteetti kuristuu. Marjasadot loppuvat ja linnunlaulu heikkenee. Uusi avohakkuu virittää taas elämän.

Suomen metsistä 80 % on luonnonmetsiä. Aktiivisesta metsänhoidosta ja metsien uudistamisesta huolimatta vain viidennes on viljellen perustettuja. Niissäkin luontaisesti syntyneen aineksen osuus on yleensä merkittävä. Meidän metsämme ovat siis todella luonnonmetsiä. Viime vuosikymmenellä tapahtunut puulajien arvosuhteiden “uudellenjärjestely” – koivun nousu arvopuuksi – edistää edelleen luonnon omaa osuutta Suomen metsäkuvassa. Tällä tapaa metsänhoito on kehittynyt luonnon omia lakeja myötäileväksi, ja se näkyy tulevaisuudessa biodiversiteetin vahvistumisena edelleen.

## 6 Taustasta tulevaisuuteen

Mitä suomalainen metsä ja metsänhoito on viidenkymmenen vuoden kuluttua. Puolet sen ajan metsistä on jo olemassa eli nykyiset 1–50-vuotiaat metsät. Ne ovat silloin varttuneita kasvatusmetsiä ja päätehakkuuikässä olevia metsiä. Uusia luodaan vuosi vuodelta. Jos ilmasto lämpenee, on puulajisuhteita mahdollista ohjata.

Näköpiirissä ei ole mitään, mikä muuttaisi nykyistä käytäntöä merkittävästi. Metsäteollisuus on luotu ainakin tulevaksi kolmikymmenvuotiskaudeksi. Silloiset metsät ohjaavat jatkamaan saman raaka-aineen käyttöä. Kehitys ei tietenkään pysähdy nykyhetkeen, mutta puun käyttöä tuskin lopetetaan. Tekniikka edistyy, mutta puulajien perinnöllisiä ominaisuuksia ei juuri voida muuttaa.

Jos metsien hoito lopetetaan, ei mitään katastrofia tapahdu. Metsätalous ei sen jälkeen ole enää valtakunnan elinkeino, vaan Suomessa eletään jollakin muulla. Metsät kasvavat ylitieheiksi, puita kuolee, lehtipuitten ja männyn osuus alenee, kuusi yleistyy ja puuston määrä kasvaa. Siitä voidaan halutessa ja tarpeen niin vaatiessa valita taas aikanaan oikeaksi katsottu metsänkäsittelyn suunta. Mitään korvaamatonta ei ole menetetty.

Viisikymmentä vuotta eteenpäin ei ole paljon pitempi aika kuin sama jakso taaksepäin. Oikeastaan se on lyhyempi. Menneellä jaksolla metsänhoito löysi koetellut uomansa. Kasvupaikkojen edut ja puulajien ominaisuudet opittiin tuntemaan ja hyödyntämään ja metsät luotiin suurelta osalta uusiksi. Tästä eteenpäin on aika rakentaa luodun tietopohjan varaan. Suuria muutoksia ei tapahtune. Puustotilavuus kasvaa, kasvu lisääntyy ja talouskäytön ja sillensä jättämisen jako selkiintyy. Mitään vakiintumista ei kuitenkaan tule, sillä ihmisen innovatiivisuus löytää luonnon rikkaudesta aina uusia etenemisreittejä.

## Kirjallisuus

- Alho, P. 1968. Pohjois-Pohjanmaan metsien käytön kehitys ja sen vaikutus metsien tilaan. Summary: Utilization of forests in North Ostrobothnia and its effect on their utilization. Acta Forestalia Fennica 89. 109 s.
- Ilvessalo, Y. 1948. Nyky-Suomen metsät. Summary: The forests of present-day Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 35(5):1 - 52.
- Nyyssönen, A. 1954. Metsikön kuutiomäärän arvioiminen relaskoopin avulla. Summary: Estimation of stand volume by means of the relascope. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 44(6):1 - 31.
- Oinonen, E., Sarvas, R. & Siren, G. 1960. Lapin suojametsien käsittelyohjeet. Konekirjoite. 24 s.
- Suonkuivaus ja metsänviljelytyöt; toimenpideraja. 1956. Kiertokirje nro 73. Metsähallitus. 5 s.
- Vuokila, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. Folia Forestalia 247. 24 s.









## **Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot**

- Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
- Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- Nro 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikoista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaarella 1977.
- Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

## **Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot (Muhoksen tutkimusasema):**

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeillä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Met-säämmattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämalliin tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.

- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysaikankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-  
asemien yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimi-  
koiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten  
jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupätee metsässä kerättävän tiedon tal-  
lennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tut-  
kimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tut-  
kimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-  
luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät  
Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
- Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
- Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vaiku-  
tus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 23.11.1993. 1994.
- Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mätäs-  
tyksen perusteet. 1994.
- Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen keski-  
näisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The im-  
portance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth in-  
crease of tree stands on pine mires. 1994.
- Nro 533. Jukka Valtanen. Pohjois-Suomen suuret avohakkuut 1946-70. Yhteiskunnalli-  
nen tausta, toteutus ja vaikutukset. 1994.
- Nro 550. Jukka Valtanen. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969-94.  
1995.
- Nro 551. Jukka Valtanen (toim.). The natural regeneration of forests in Finland and Rus-  
sian Karelia. 1995.
- Nro 552. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. 1995.