

FOLIA FORESTALIA 400

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN
TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN
SEMINAARI 15. 2. 1979

RESULTS AND TASKS IN FOREST
FERTILIZATION RESEARCH

PROCEEDINGS OF THE FINNISH FOREST
RESEARCH INSTITUTE SYMPOSIUM ON FOREST
FERTILIZATION RESEARCH 15. 2. 1979

- 1978 No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi.
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoaltius ruokintakokeiden mukaan.
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaamahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae)
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pysynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based in a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.

FOLIA FORESTALIA 400

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ

Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitus-
tutkimuksen seminaari 15. 2. 1979

Results and tasks in forest fertilization research

Proceedings of the Finnish Forest Research
Institute symposium on forest fertilization
research 15. 2. 1979

ODC 237.4
ISBN 951-40-0403-5
ISSN 0015-5543

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979. Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979. Folia For. 400:1-69.

Julkaisuun on koottu Metsäntutkimuslaitoksen käytännön metsäammattimiehille 15. 2. 1979 järjestämän metsänlannoitustutkimuksen seminaarin seitsemän alustusta, joissa selostetaan lähinnä laitoksen omaa lannoitustutkimusta ja sen keskeisiä tuloksia puun tuotannon näkökulmasta. Eri tutkimusalojen yhteistyö on tärkeää tulosten mielekkääksi esittämiseksi päätöksentekijöille.

Keski-ikäisten mustikka- ja puolukkatyyppin metsiköiden tyyppilannoituksella saavutetaan suurimmat kuutiokasvun lisäykset. Lähiajan tärkeimpiä tutkimustehtäviä on metsikön jatkolannoitustarpeen määrittämismenetelmän kehittäminen. Tutkimuksen painopiste on siirtymässä käytännön sovellutuksiin ja lannoitusohjeiden kehittämiseen pyrkivästä yhä enemmän lannoituksen perustutkimukseen. Tämä koskee sekä kivennäis- että turvemaiden lannoituksia. Kasvu- ja tuotostutkimuksen puolelta lannoituksen ja harvennuksen keskinäinen ajoittaminen, jatkuvien lannoitusten puuntuotannolliset vaikutukset ja lannoitusvaihtuksen mittausmenetelmien kehittäminen ovat tärkeimpiä lähiajan tutkimusaiheita. Lannoitus heikentää puun laatua, mutta mitään suurta merkitystä sillä ei vielä ole ollut. Eläin- tai sienituhojen ei yleisesti ottaen ole havaittu lisääntyvän lannoitetuissa metsiköissä, mutta seurantaa on syytä suorittaa.

Lannoituksen kannattavuus vaihtelee suuresti kohteen mukaan. Etelä-Suomessa sopivien metsiköiden lannoitusinvestoinnille saadaan 5-20 % sisäinen korko, Pohjois-Suomessa se jää yleensä välille 0-10 %.

The publication includes seven position papers prepared for a symposium on forest fertilization research which was organized for forestry decision makers. The symposium was conducted from the standpoint of wood production. The research activities and the main results are summarized. The importance of multi-disciplinary cooperation in research and in the presentation of the results, is pointed out.

The largest increases in volume growth have been obtained with middle-aged stands on intermediate fertile, *Myrtillus* and *Vaccinium*, site types using nitrogen fertilizers. The development of methods for determining the refertilization requirements is a major research task. From strong orientation to application the emphasis in research is shifting to more basic topics. This applies both to mineral soils and peatlands. The biology of repeated fertilization and the coordination of thinnings with fertilization as well as the further development of methods for measuring the effect of fertilization are main research tasks from the point of view of wood production and forest mensuration. Forest fertilization deteriorates wood quality, but so far this fact has not had any practical importance. The same applies to the damage caused by animals or decay fungi.

The profitability of fertilization varies largely, and is dependant upon the characteristics of the stand and fertilizers used. In South Finland a 5 to 20 percent and in North Finland a 0 to 10 percent real internal rate of return can be expected from forest fertilization investments in proper stands.

ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitos järjesti 15. 2. 1979 metsänlannoitustutkimuksen seminaarin Espoon Suomenojalla Kemira Oy:n tutkimuskeskuksen tiloissa. Tilaisuudessa selostettiin tähänastisia metsänlannoitustutkimuksia, niiden keskeisiä tuloksia sekä sitä, millä tavoin lannoitustutkimusta pyritään Metsäntutkimuslaitoksessa suunnittelemaan ja koordinoimaan. Seminaarin osanottajiksi kutsuttiin metsänlannoituksen parissa käytännössä, opetuksessa ja tutkimuksessa työskenteleviä ammattihenkilöitä, joista kolmisenkymmentä osallistui tilaisuuteen.

Tutkimus sai seminaarissa arvokasta palautetta, mikä osaltaan osoittaa tutkimuksen

ja käytännön yhteistyön tarpeellisuuden. Seminaarissa esitettyihin alustuksiin sisältyy paljon tiivistettyä tietoa. Sen saattamiseksi osanottajia laajemman piirin ulottuville, alustukset päätettiin painaa laitoksen Folia Forestalia-sarjassa.

Helsingissä huhtikuulla 1979

Jouko Hämmäläinen

Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoituksen
yhteistutkimusryhmän puheenjohtaja

SISÄLLYS – CONTENTS

Jouko HÄMÄLÄINEN:	Metsänlannoitustutkimus eri tutkimusalojen yhteistyönä	5
	<i>Summary: Forest fertilization research as a multidisciplinary cooperation</i>	5
Eino MÄLKÖNEN:	Kangasmaiden lannoitustutkimus	20
	<i>Summary: Research on forest fertilization on mineral soils</i>	20
Eero PAAVILAINEN:	Turvemaiden metsänlannoitustutkimuksista	29
	<i>Summary: Research on fertilization of forested peatlands</i>	29
Olavi LAIHO:	Lannoitusmetsiköiden metsätuhotutkimus	43
	<i>Summary: Forest protection problems in fertilized forest</i>	43
Jussi SARAMÄKI:	Metsänlannoituksen kasvu- ja tuotostutkimus	48
	<i>Summary: Forest fertilization research concerning growth and yield</i>	48
Seppo KELLOMÄKI:	Lannoituksen vaikutus puun laatuun	53
	<i>Summary: Effect of fertilization on wood quality</i>	53
Kari KEIPI:	Metsänlannoituksen kannattavuus	58
	<i>Summary: Profitability of forest fertilization</i>	58

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUS ERI TUTKIMUSALOJEN YHTEISTYÖNÄ

Jouko Hämäläinen

Summary

Forest fertilization research as a multi- disciplinary cooperation

Forest fertilization is one of man's production activities, aimed at achieving different benefits from forest nature, especially from the growing stock. Of those, the most important gain in Finnish conditions is the increase in the volume growth of the forest growing stock and consequently increased timber cutting volumes and incomes.

Forest fertilization research is, in the first place, to be considered from the point of view of the forestry decision makers and of the whole of society. The question is, how the fertilization research can promote varied desirable forestry practices, and other activities based on forests, and prevent possible harmful effects. These research problems are manifold. Achieving results based on research and their meaningful presentation to the decision makers, requires systematical multidisciplinary cooperation.

Figure 1 shows the research-task description of the principal disciplines of the forest fertilization research. Biological-technical and yield-related research sectors concentrate mostly on production inputs and respective yields of different fertilization alternatives. Economic and social research then evaluates the inputs and outputs and compares them using different criteria. These criteria are derived from the objectives and restrictions of the enterprises and also from those of society's other decision makers who deal with aspects of fertilization.

In the beginning of the 1970's the forest fertilization project group of the Institute was quite loosely organised, but in 1976 a joint research team for fertilization studies was established. The members came from the following research departments or sections: Soil Science, Peatland Forestry, Forest Yield, Forest Protection, Silviculture, Forest Operations and Business Economics of Forestry. The research team itself does not exercise research proper, but coordinates on-

going investigations in different departments. It also plans and controls multidisciplinary projects.

It is to be remembered that many long-lasting studies on forest fertilization have started within the frame of only one department or research section. To coordinate such part studies into a systematic whole requires time and can probably never be totally realized due to the nature and extent of the problem. The Institute has some other joint research teams alike, e.g. "Alternative regeneration activity chains".

Table 1 is based on a paper prepared at the Forest Research Institute in 1973 and 1974. Some aspects of forest fertilization have been relatively little studied. Tables 2 to 6 show the publications in the series *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* and *Folia Forestalia* concerning biological-technical and yield-related aspects of forest fertilization up until March 1979. The bibliography at the end of paper includes all the research reports published in scientific series of the Institute, which at least partly deal with forest fertilization problems. Also included are those papers which concern the economics of fertilization.

The Finnish forest fertilization research which will be emphasized in the future, include: methods to determine the most meaningful fertilization alternatives including (business) economic considerations, the effects of fertilization on wood quality including rot and the coordination of thinnings with fertilization. From the fertilization experiments the joint research team has emphasized all those characteristics of the growing stock which should be measured in order to estimate the effects of fertilization on the timber assortment distribution and especially on the size of sawntimber. This contributes to the research of the economics of fertilization, which has so far been hampered by the lack of yield data.

1. METSÄNLANNOITUS METSÄTALOUELLISENA TOIMENPITEENÄ

Metsänlannoitus on ihmisen harjoittamaa tuotantotoimintaa, minkä tarkoituksena on aikaansaada metsäluonnon, erityisesti puuston avulla erilaisia hyötyvaikutuksia. Näistä on Suomen oloissa tärkein puuston kasvun lisääntyminen ja sen johdannaisena vuorostaan hakkuumäärien ja -tulojen kasvu. Metsänlannoituksessa on kysymys nimenomaan metsätalouden voimaperäisyysasteen kohottamisesta. Metsätaloudelliseen tuotantotoi-

mintaan liittyvänä toimenpiteenä metsänlannoitus on joka tapauksessa yksi keino monien joukossa, jota on tarkasteltava osana puunkasvatuksen pitkäaikaista, pohjimmiltaan biologista tuotantoprosessia. Kun metsätalouden kokonaisuuden tutkimiseen tarvitaan metsäntutkimuksen kaikkien alojen myötävaikutusta, pitää sama ainakin periaatteessa paikkansa myös metsänlannoitustutkimukseen nähden.

2. METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TEHTÄVÄT JA YHTEISTYÖHAKUINEN TYÖNJAKO

Metsänlannoitustutkimuksen päätehtävät ovatkin johdettavissa metsäntutkimuksen kokonaisuudelle lankeavista tehtävistä. Esimerkiksi Metsäntutkimuslaitoksen ensimmäisenä ja tärkeimmäksi katsottavana tehtävänä on asetuksen mukaan suorittaa tutkimuksia ja kokeita Suomen metsätalouden sekä metsävarojen ja metsien eri käyttömuotojen tarkoituksenmukaiseksi edistämiseksi. Tutkimuksen kaikki muut tehtävät ovat joko tästä perustehtävästä johdettavissa tai sen rinnalla vähemmän tärkeitä. Siten lannoitustutkimusta ja sen tarkoituksenmukaista kehittämistä on tarkasteltava ensisijaisesti metsätalouden ja yhteiskunnan päätöksentekijöiden näkökulmasta. Kysymys on siitä, millä tavoin lannoitustutkimus voi edistää monimuotoisen metsätalouden harjoittamista ja muita metsiin perustuvia toimintoja sekä estää lannoituksen mahdollisia haittavaikutuksia. Nämä tutkimustehtävät ovat siksi moninaiset ja tutkimusongelmat niin monitahoiset, että tutkimustulosten aikaansaaminen ja esittäminen päätöksentekijöitä todella hyödyttävässä muodossa vaatii eri tutkimussuuntien suunnitelmallista yhteistyötä. Metsänlannoitustutkimuksen tehtäväksi jää näissä puitteissa selvittää lannoitustoiminnasta kiinnostuneille erilaisille päätöksentekijöille ja intressipiireille, millaisia eri tavoin mitattavissa olevia seurauksia metsien lannoitustoiminnasta ylipäänsä on, millaisia biologis-teknisiä vaihtoehtoja on konstruoitavissa lannoituksen toteuttamiseksi erilaisissa metsissä, millä tavoin lannoituksen biologisia, tuotosopillisia, ekologisia, ekonomisia ja muita

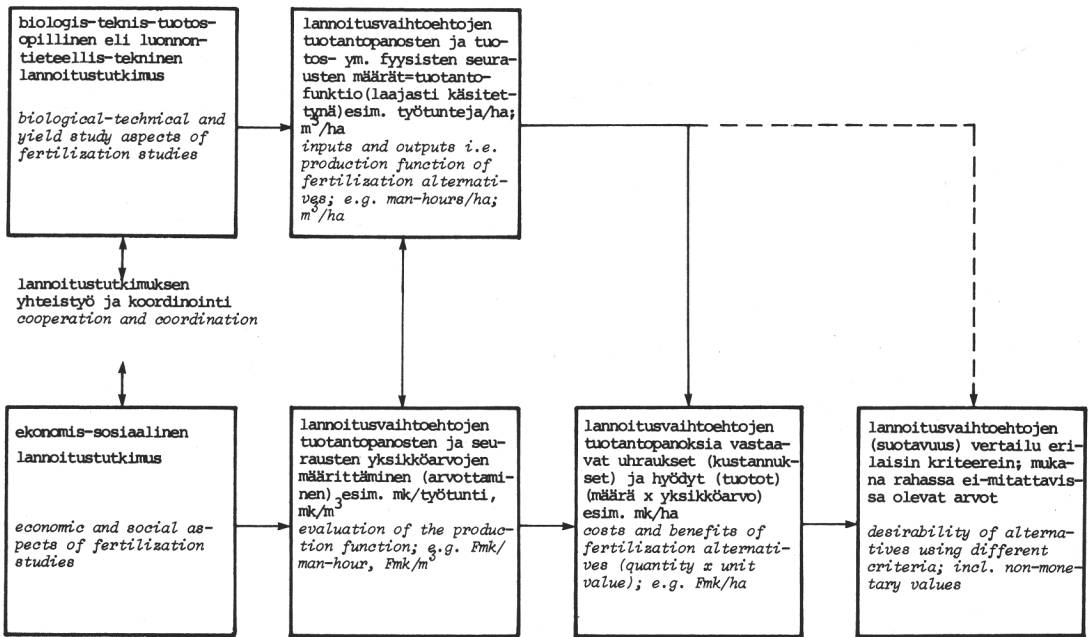
sellaisia seurauksia pitäisi tarkoituksenmukaisella tavalla mitata jne. Viime kädessä tutkimuksen tarkoituksena on siis osoittaa päätöksentekijöille taloudellisesti mielekkäitä biologis-teknis-tuotosopillisia lannoitusvaihtoehtoja, samoin se, mitä erilaisista vaihtoehtoista seuraa ja kehittää menetelmiä näiden seurausten mittaamiseksi ja arvioimiseksi. Näistä tutkimustoiminnan avulla muodostetuista lannoitusvaihtoehtoista, tuotantoketjuista, päätöksentekijä voi saamansa informaation perusteella valita jonkin tai olla valitsematta eli pidättäytyä metsänlannoituksesta. Sanotunlaisten synteessin tekoa vaativien tutkimussuuntien tuottamisessa tarvitaan eri tutkimussuuntien suunnitelmallista yhteistyötä alunalkaen niin, että probleema tulee valaistuksi eri puoliltaan. On kuitenkin selvää, että myös metsänlannoitustutkimuksella, niin kuin muullakin tutkimustoiminnalla, on sellaisiakin tavoitteita, joiden toteuttaminen ei johda melko välittömästi sovellutuksiin ja hyväksikäyttöön metsätaloudessa, ympäristönhoidossa jne.

Kuvasta 1 käy ilmi metsänlannoitustutkimuksen päätutkimusalojen tehtäväkuvaus. Erilaisten metsänlannoitusvaihtoehtojen muodostamisessa ja niiden seurausten selvittämisessä metsänlannoitustutkimuksessa voidaan erottaa ensinnäkin biologis-teknis-tuotosopillisen eli luonnontieteellis-teknisen lannoitustutkimuksen pääalue. Tämä laaja tutkimusala keskittyy lähinnä lannoitusvaihtoehtoihin liittyvien tuotantopanosten ja niillä aikaansaatavien tuotosten ja muiden

fyysisten seurausten osatekijöiden tutkimiseen. Kysymyksessä on siis laajasti käsitellyn tuotantofunktion riippuvuuksien selvittely. Esimerkiksi selvitetään eri vaihtoehtojen vaatimat lannoitemäärät tai työtunnit hehtaaria kohden ja näillä panoksilla saatavat tuotoslisäykset. Toinen lannoitustutkimuksen pääalue on laajasti käsitelty ekonomis-sosiaalinen ja sitä lähellä oleva tutkimustoiminta. Sen tehtävänä on ensinnäkin selvittää lannoitusvaihtoehtoihin liittyvien tuotantopanosten ja tuotos- ym. seurausten yksikköarvot. Selvitetään siis esim. työtunnin tai lannoitekilon yksikköarvot lannoitusvaihtoehdon edellyttämässä olosuhteissa ja vastaavasti lannoituksella saatavan tuotoslisäyksen yksikköarvo. Näiden yksikköarvojen sekä luonnontieteellis-teknisen tutkimuksen selvittämien tuotantopanosten määrien ja vastaavien tuotosten määrien avulla lasketaan edelleen vaihtoehdon vaatimat uhraukset ja saatavat hyödyt. Sen jälkeen ensisijaisesti ekonomis-sosiaalinen tutkimus vertaa näitä positiivisia ja negatiivisia eriä keskenään käyttäen perusteiltaan ja tekniseltä muodostamistavaltaan erilaisia kriteerejä. Nämä kri-

teerit ovat johdettavissa lannoituksesta päättävien yrittäjien ja yhteiskunnan muidenkin päätöksentekijöiden tavoitteista ja heidän lannoitustoiminnalle asettamistaan rajoitteista. Kuvan loppupäässä olevalla katkoviivalla halutaan sanoa sitä, että lannoitustoiminnasta on sellaisiakin esim. rahassa ei-mitattavissa olevia seurauksia, joiden suotavuuden arvioinnissa tarvitaan loppuun saakka luonnontieteellis-teknisen tutkimuksen näkemystä ja keinoja. Tällaisia kysymyksiä ovat mm. lannoituksen aiheuttamat ympäristöongelmat. Tällöin on kuitenkin useinkin jo kysymys siitä, että tarvitaan yhteistyötä myös metsäntutkimuksen ulkopuolella oleviin tieteenaloihin.

Todellisuudessa luonnontieteellis-teknisen lannoitustutkimuksen tuloksista saadaan usein jo ilman varsinaisia taloudellisia vertailuja selville, että jokin lannoitusmenetelmä on suotava, edullinen. Näin on esim. silloin, kun vaihtoehtoinen lannoitusmenetelmä on työsuojelun tai ympäristön suojelun kannalta suotavampi kuin joku toinen, mutta tuotot ja kustannukset eivät muutu.



Kuva 1. Metsänlannoitustutkimuksen yhteistyöhön ja työnjakoon perustuva periaatteellinen tehtäväkuvaus
Figure 1. Schematic description of the field of forest fertilization studies

3. METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN YHTEISTYÖ METSÄNTUTKIMUSLAITOKSESSA

Edellä esittämilläni metsänlannoitustutkimuksen tavoitteita ja tehtäviä koskevilla ajatuksilla voidaan perustella erilaisen lannoitustutkimuksen ja muun vastaavanlaisen tutkimustoiminnan koordinoitua. Eri tutkimusaloilla on tällöin yhteinen tutkimusobjekti, esim. metsänlannoitus, jonka tarkoituksenmukainen suorittaminen vaatii monitieteellistä tutkimusta. Metsäntutkimuslaitoksessa toimi 1970-luvun alussa eri osastojen professoreista ja tutkijoista muodostettu lannoitustutkimusten projektiryhmän nimellä käynyt suhteellisen löyhä elin. Keväällä 1976 laitoksen istunnossa perustettiin metsänlannoitustutkimuksen koordinoituryhmä. Jäsenet ovat maantutkimusosastolta, suontutkimusosastolta, puuntuotoksen tutkimussuunnalta, metsänsuojelun tutkimusosastolta, metsänhoidon tutkimusosastolta, metsätyötieteen tutkimussuunnalta sekä liikeloudellisen metsäekonomian tutkimussuunnalta. Vuonna 1977 voimaantulleen laitoksen asetuksen mukaisesti näitä koordinoituryhmiä nimitetään yhteistutkimusryhmiksi. Metsänlannoitustutkimuksen yhteistutkimusryhmä on neuvoo-antava elin, jonka tarkoituksena on edistää lannoitustutkimukseen liittyvien tutkimuskokonaisuuksien mahdollisimman tarkoituksenmukaista ja tehokasta toteuttamista Metsäntutkimuslaitoksessa. Yhteistutkimusryhmä ei ole mikään projektiryhmä, joka itse harjoittaisi tutkimusta. Sen sijaan metsänlannoituksen yhteistutkimusryhmän piirissä toimii myös tiettyä, määriteltyä tutkimusaihetta "Toistuvien lannoitusten edullisuus kangasmailla" tutkiva määräaikainen, useiden tutkimusalojen yhteinen projektiryhmä.

Voidaan sanoa, että Metsäntutkimuslaitoksessa lannoitustutkimuksiin osallistuvat tutkimussuunnat pääpiirtein edustavat niitä metsätieteen aloja, jotka ylipäättäänkin tulevat kysymykseen metsien lannoitusta tutkittaessa. Esimerkiksi lannoitukseen liittyvät ympäristöongelmat ovat kuitenkin kysymyk-

siä, jotka ilmeisesti vaativat myös koko yhteistutkimusryhmän eikä vain laitoksen yksittäisten tutkimusalojen yhteydenpitoa myös muihin ulkopuolisiin tieteellisiin laitoksiin.

Yhteistyötä metsänlannoitustutkimuksen alalla tapahtuu Metsäntutkimuslaitoksessa nimenomaan tutkimustyön suorittamisen tasolla virallisen yhteistutkimusryhmän ulkopuolellakin. Itse yhteistutkimusryhmän toiminnasta todettakoon kuitenkin ensinnäkin, että yhteistutkimusryhmässä koostetaan laitoksen kunkin vuoden metsänlannoituksen tutkimusohjelma. Tällöin voidaan vaikuttaa lähinnä uusiin tutkimusaiheisiin ja niiden sisältöön. Yhteistutkimusryhmä tekee myös esityksen lannoitustutkimusmomentin määrärahojen jakamisesta eri tutkimussuuntien kesken ja laatii lannoitustutkimusta koskevan osan laitoksen vuosikertomukseen. Ryhmän kokouksessa kukin tutkimussuunta esittää pääpiirteisen selostuksen toiminnastaan ja asioista keskustellaan yhteistyön näkökulmasta. Metsänlannoituksen yhteistutkimusryhmän kokouksissa on pyritty huolehtimaan myös erilaisten tutkimusyksiköiden yhteistyöstä lannoituskoealoja perustettaessa ja mitattaessa, laskentaohjelmia kehitettäessä jne. Kaiken kaikkiaan on kuitenkin muistettava, että Metsäntutkimuslaitoksen lannoitustutkimukset ovat aikoinaan syntyneet ainakin ensinäkemältä enemmän tai vähemmän erillisinä, yleensä vain yhden tutkimussuunnan tai osaston puitteissa. Tällaisten osatutkimusten yhteen nivominen elimelliseksi kokonaisuudeksi vaatii aikaa eikä se ongelman luonteesta ja laajuudesta johtuen voine koskaan täysin toteutua. Silloin kun puhutaan laajasta, koko lannoitustutkimusten alueesta, ei missään tapauksessa voi olla kysymys tietystä, kestoaltaan määriteltävissä olevasta tutkimusprojektista. Kysymys on metsäntutkimuksen eräästä painoalueesta, eri tutkimussuuntien yhteisestä tutkimusobjektista.

4. METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN KOHTEENA OLEVAT TEKIJÄT (OSAONGELMAT)

Taulukosta 1 näkyvät käytäntöä jotakuinkin välittömästi palvelevat metsänlannoitus-
tutkimuksissa esille tulevat tärkeimmät tekijät. Selvitystyö, johon luettelo perustuu, tehtiin Metsäntutkimuslaitoksessa vuosien 1973–74 vaihteen aikoihin. Muuttujat ja tekijät on luettelossa jaoteltu neljään pääryhmään:

- A. Lannoitus ja kasvupaikkatekijät
- B. (Lannoitus ja) Puusto
- C. Lannoitteet ja niiden käyttö
- D. Lannoituksen ekonomia

Lannoitusta koskevan käytännön päätöksenteon kannalta tällainen ongelman osakysymykseen jakaminen on osittain keinotekoista ja käsitteellisiin päällekkäisyyksiin, mahdollisesti aukkoihinkin johtavaa. Tutkimustoiminnan suunnittelun, toteuttamisen ja seurannan kannalta se on kuitenkin välttämätöntä. Menemättä tässä yhteydessä sen pi-

demälle voidaan todeta, että metsänlannoituksen eräiden tekijöiden tutkimus on tähän mennessä ollut vielä määrällisesti melko vaatimatonta tai ainakin niitä koskevia valmiita tutkimustuloksia on vähän. Taulukoista 2–6 näkyy, missä v:n 1979 alkuun mennessä ilmestyneissä Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja -sarjan ja Folia Forestalia -sarjan numeroissa on tutkittu noista taulukoista erikseen ilmeneviä metsänlannoitukseen liittyviä tekijöitä. Mainitut taulukot perustuvat liiketaloudellisen metsäekonomian tutkimussuunnalla hiljattain suoritettuun taloudellisiin laskelmiin sopivien tutkimustulosten ja aineistojen kartoitukseen. Kun alkuperäinen tarkoitus oli siis tämä, niin laitoksen sarjoissa ilmestyneistä taloudellisista tutkimuksista ei ole tässä tehty erillistä jäsentelyä. Sen sijaan lannoituksen ekonomiaakin käsittelevät tutkimukset ovat liitteenä olevassa julkaisu luettelossa.

5. METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULEVIA PAINOALOJA

Käytännön lannoitustoiminnan kannalta olisi tärkeää edelleen kehittää menetelmiä, joilla voidaan määrittää metsikön lannoitus-tarve. Tässä yhteydessä tuolla käsitteellä tarkoitan myös taloudellisesti mielekkäimmän lannoitusvaihtoehdon määrittämistä metsäläisten tunnusten ja metsänomistajan taloudellisten tavoitteiden ja resurssien pohjalta. Huomattavaksi ongelmaksi käytännön kannalta on nousemassa myös lannoituksen vaikutus puun laatuun. Näin erityisesti siksi, että laatusahapuun kasvattaminen on tulevaisuudessa ilmeisesti metsätaloudenharjoittajillemme nykyistäkin suhteellisesti houkuttelevampi vaihtoehto ja siis metsätaloustuotantomme fyysisiä päätavoitteita. Laajasti ottaen tähän aihepiiriin kuuluvat laitoksen työohjelmassa jo olevat tutkimukset, jotka koskevat lannoituksen vaikutusta kuusen ja männyn tyvilahoisuuteen. — Erityisesti puuntuotoksen tutkimussuunnan ja liiketaloudellisen tutkimuksen tärkeänä tutkimus-
tehtävänä on lannoituksen ja harvennushakuiden yhteensovittaminen ja sitä varten niiden välisen vuorovaikutuksen selvittäminen.

Kysymystä tutkitaan parhaillaan pohjoismaisena yhteistutkimuksena, mutta varsinaisten tulosten saaminen siirtyy pitkälle ensi vuosikymmenen puolelle. Alustavia tuloksia saataneen kuitenkin jo 1980-luvun alkupuolella. Pelkkien uusintalannoitusten eli toistuvien lannoitusten ongelmaan saadaan valaisua parin vuoden kuluttua yhteistutkimuksesta ”Toistuvien lannoitusten edullisuus kangasmailla”.

Vähitellen lannoitustutkimuskapasiteettia on ilmeisesti siirrettävä perustutkimuksen suuntaan. Lannoituksen vaikutusta maaperän kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä pieneliöstöön tunnetaan vielä puutteellisesti. Senkin vuoksi lannoituksen puissa aiheuttamassa kasvureaktiossa esiintyy vielä paljon selittämätöntä vaihtelua.

Niin kuin taulukosta 4 näkyy, on tähänastisissa lannoitustutkimuksissa tyydytty miltei poikkeuksetta tulostamaan lannoitusreaktio vain kasvunlisäyksenä tai erillisten keskimääräisten puustotunnusten muutoksina. Yhteistutkimusryhmässä on korostettu, että lannoitustutkimuksissa pitäisi mitata

sellaisia puustotunnuksia, joiden avulla voidaan laskea lannoitusreaktio myös puutavara-lajeina ja erityisesti tukkipuun osalta saada myös järeysjakautuma. Tämäkin edistäisi

lannoituksen ekonomisia tutkimuksia, joita on haitannut erilaisten tuotantovaihtoehtojen koostamisessa tarvittavien tuotos- ja muiden fyysisten faktojen puute.

Taulukko 1. Käytäntöä välittömästi palvelevissa metsänlannoitustutkimuksissa esille tulevat tärkeimmät muuttujat ja tekijät.

Table 1. Most important variables and factors in application-oriented forest fertilization studies.

- | | |
|--|--|
| <p>A. Lannoitus ja kasvupaikkatekijät
<i>Fertilization and site factors</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kasvupaikkaluokka — <i>Site class</i> 2. Maalaji — <i>Soil type</i> 3. Maan vesiolot — <i>Water relations in soil</i> 4. Ilmastotekijät — <i>Climatic factors</i> <p>B. Puusto — <i>Growing stock</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Puulaji — <i>Tree species</i> <ol style="list-style-type: none"> 51. Mänty — <i>Scots pine</i> 52. Kuusi — <i>Norway spruce</i> 53. Koivu — <i>Birch</i> 54. Muut — <i>Others</i> 6. Puuston taksatoriset tunnuukset lannoituskelpoisuuden kriteerinä
<i>Mensurational characteristics as criteria for fertilization</i> 7. Lannoituksen puuntuotannolliset ja puuteknologiset vaikutukset
<i>Effects of the fertilization on wood production and wood technology</i> <ol style="list-style-type: none"> 71. Puiden fysiologia ja kasvureaktiot
<i>Tree physiology and growth response</i> 72. Tuotos ja sen rakenne
<i>Yield and its structure</i> 73. Käsitteilyn ja lannoituksen koordinaatio
<i>Coordination of thinnings with fertilization</i> 74. Puun rakenne ja ominaisuudet
<i>Structure and properties of wood</i> <p>C. Lannoitteet ja niiden käyttö
<i>Fertilizers and their uses</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Lannoitelajit
<i>Types of fertilizers</i> <ol style="list-style-type: none"> 81. Typpilannoitteet
<i>Nitrogen fertilizers</i> 82. Forsforilannoitteet
<i>Phosphorus fertilizers</i> 83. Kalilannoitteet
<i>Potassium fertilizers</i> 84. Moniravinteiset lannoitteet
<i>Multi-nutrient fertilizers</i> 85. Hivenlannoitteet
<i>Micro-nutrients</i> 9. Lannoitemäärät
<i>Doses of fertilizers</i> | <ol style="list-style-type: none"> 10. Lannoitustarpeen määrittäminen
<i>Methods of determining the need for fertilizers</i> 11. Lannoitusajankohta (vuodenaika)
<i>Fertilization date (season)</i> 12. Lannoitteiden levitystekniikka
<i>Fertilization spreading techniques</i> 13. Lannoituksen vaikutusajan pituus
<i>Duration of effect of fertilization</i> 14. Uusintalannoitus
<i>Refertilization</i> 15. Lannoitus ja metsikön uudistaminen
<i>Fertilization and forest regeneration</i> <ol style="list-style-type: none"> 151. Luontainen uudistaminen
<i>Natural regeneration</i> 152. Keinollinen uudistaminen
<i>Artificial regeneration</i> 16. Lannoitus ja metsänsuojelu
<i>Fertilization and forest protection</i> 17. Lannoitus ja metsän sivutuotanto sekä ympäristövaikutukset
<i>Fertilization, forest by-product and environmental effects</i> <ol style="list-style-type: none"> 171. Marjat, sienet ja riista
<i>Berries, mushrooms and game</i> 172. Ympäristövaikutukset
<i>Environmental effects</i> <p>D. Lannoituksen ekonomia
<i>Economics of fertilization</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 18. Metsänlannoituksen taloudellinen edullisuus ja sen osatekijöiden analysointi
<i>Economic profitability and analysis of factors involved</i> <ol style="list-style-type: none"> 181. Metsälön ja yrityksen tasolla
<i>At the level of forest enterprise</i> <ol style="list-style-type: none"> 1811. Edullisuustarkastelu metsiköittäin
<i>Analysis by forest stands</i> 1812. Lannoitus metsälön koko talouden osana
<i>Fertilization as a part of the whole economy of the enterprise</i> 182. Kansantalouden tasolla
<i>At the level of national economy</i> <ol style="list-style-type: none"> 1821. Edullisuustarkastelu metsiköittäin
<i>Analysis by forest stands</i> 1822. Lannoitus maan tai sen suuralueen metsätalouden osana
<i>Fertilization as a part of national or regional forestry</i> |
|--|--|

Taulukko 2. Metsäntutkimuslaitoksen lannoitusjulkaisut 31. 3. 1979 mennessä ryhmiteltyinä alueen, kasvupaikan, puulajin ja kehitysluokan perusteella.

Table 2. Publications of the Forest Research Institute on forest fertilization up to 31. 3. 1979 classified according to various factors

ETELÄ-SUOMI – SOUTH FINLAND

Kasvupaikka <i>Site</i>	Puulaji <i>Tree species</i>	Viljelyn yhteydessä <i>Forest regeneration</i>	Kehitysluokka – <i>Stand Development Class</i>		
			Taimistot ja riukuaste <i>Sedling and sapling stands</i>	Kasvatusmetsät <i>Thinning stands</i>	Varttuneet metsät <i>Stands in advanced state</i>
KIVENNÄISMAAT <i>MINERAL SOILS</i>	Kuusi <i>Spruce</i>	201; 61.4	59.3,61.4,70.5, 85.5	138,246; 85.5	138,246,362; 73.4,85.5,
Tuoreet kankaat	Mänty <i>Pine</i>	201; 61.4	61.4,85.5	138; 85.5,86.3	138,184,246; 85.3,85.5
<i>Moist</i>	Koivu <i>Birch</i>	252; 81.4	81.4	81.4,85.5	81.4
	Kuusi <i>Spruce</i>	201; 61.4	61.4,85.5		
Kuivat kankaat <i>Dry</i>	Mänty <i>Pine</i>	22,137,201; 61.4,86.7	59.3,61.4, 70.5,85.5	138; 37.7, 79.2,85.5,88.6	138,184,246; 85.1,85.5
	Koivu <i>Birch</i>				
Pellot <i>Arable land</i>	Kuusi <i>Spruce</i>	201	61.4		
	Mänty <i>Pine</i>	201			
	Koivu <i>Birch</i>				
TURVEMAAT <i>PEATLANDS</i>	Kuusi <i>Spruce</i>			239	64.1
Korvet <i>Spruce swamps</i>	Mänty <i>Pine</i>				
	Koivu <i>Birch</i>				64.1
	Kuusi <i>Spruce</i>				64.1
Rämeet <i>Pine swamps</i>	Mänty <i>Pine</i>	61.6	31,55,75,272; 63.4,74.5,77.3	55,327; 77.3,79.2	43,241; 64.1
	Koivu <i>Birch</i>				
	Kuusi <i>Spruce</i>	78,			
Nevat <i>Bogs</i>	Mänty <i>Pine</i>	12,14,78,139, 203,317,390; 59.5,66.1,85.2	74.5,77.3,92.1	77.3,79.2	
	Koivu <i>Birch</i>	78			
	Kuusi <i>Spruce</i>				
Pellot <i>Arable land</i>	Mänty <i>Pine</i>	77			
	Koivu <i>Birch</i>				

POHJOIS-SUOMI - NORTH FINLAND

Kasvupaikka <i>Site</i>	Puulaji <i>Tree species</i>	Viljelyn yhteydessä <i>Forest regeneration</i>	Kehitysluokka - <i>Stand Development Class</i>		
			Taimistot ja riukuaste <i>Seedling and sapling stands</i>	Kasvatusmetsät <i>Thinning stands</i>	Varttuneet metsät <i>Stands in advanced state</i>
KIVENNÄISMAAT <i>MINERAL SOILS</i>	Kuusi <i>Spruce</i>			352	246,352
Tuoreet kankaat <i>Moist</i>	Mänty <i>Pine</i>	201; 86.7,91.3		246	246
	Koivu <i>Birch</i>	252,279		81.4	
	Kuusi <i>Spruce</i>			85.5	85.5
Kuivat kankaat <i>Dry</i>	Mänty <i>Pine</i>	201		85.5	246,85.5
	Koivu <i>Birch</i>	279		85.5	81.4,85.5
	Kuusi <i>Spruce</i>				
Pellot <i>Arable land</i>	Mänty <i>Pine</i>	201			
	Koivu <i>Birch</i>				
TURVEMAAT <i>PEATLANDS</i>	Kuusi <i>Spruce</i>				64.1
Korvet <i>Spruce swamps</i>	Mänty <i>Pine</i>				
	Koivu <i>Birch</i>				64.1
	Kuusi <i>Spruce</i>				
Rämeet <i>Pine swamps</i>	Mänty <i>Pine</i>		55,75;74.5, 77.3,86.4	55,343;77.3	64.1
	Koivu <i>Birch</i>				
	Kuusi <i>Spruce</i>	203			
Nevat <i>Bogs</i>	Mänty <i>Pine</i>	203;83.2	74.5		
	Koivu <i>Birch</i>				
	Kuusi <i>Spruce</i>	203			
Pellot <i>Arable land</i>	Mänty <i>Pine</i>	203			
	Koivu <i>Birch</i>				

Numerointi - *Numbering:*ilman pistettä - *without decimals:* Folia For.pisteen kanssa: - *with decimals:* Commun. Inst. For. Fenn.

Taulukko 3. Levitystekniikkaa selvittävät tutkimukset
Table 3. Publications on fertilizer spreading techniques

Levitystekniikka Spreading technique		Lannoitustapa — Spreading method			
		Hajalannoitus Even	Laikkulannoitus Patch-wise	Sijoituslannoitus Spot-wise	Kaistalannoitus Strip-wise
Käsin Manual	Levitys kylvövakasta tai muusta astiasta <i>Broadcasting</i>	12,75,78,139,297,382;52.3,66.1,77.3,85.2,86.1,59.5	12,77,78,203*),61.4,61.6,77.3,79.2,81.4,83.2,85.1,85.2,86.7*)	77,201;61.4,61.6,81.4	203,252*)
	Teho-Reppulevitys <i>Teho-rucksack</i>	86.1			
Koneellisesti Mechanical	Moottorikelkkalevitin <i>Motor-sledge</i>	382;86.1			
	Traktorilevitin <i>Tractor</i>	297;86.1			137*)
	Lentokonelevitin <i>Aircraft</i>	297,305,382;86.1,90.2			

*) Levitys maanmuokkauksen yhteydessä — Spreading in connection of soil preparation

Taulukko 4. Lannoituksen vaikutusta selvittävät tutkimukset.
Table 4. Publications on the effects of fertilization.

Lannoituksen vaikutus — Effect of fertilization		Lannoituksen vaikutus — Effect of fertilization	
Puiden kasvu-reaktioihin*) <i>On the growth response of trees</i>	12,22,31,43,55,75,77,78,137,138,139,184,201,239,241,246,252,272,297,300,304,317,327,343,352,362; 37.7,59.3,61.4,61.6,63.4,64.1,66.1,70.5,74.5,77.3,81.4,83.2,85.1,85.2,85.3,85.5,86.4,86.7,91.3,92.1	Puun rakenteeseen ja ominaisuuksiin <i>On wood structure and properties</i>	184; 85.1,85.3,85.5,88.6
		Tuhonkestävyyteen <i>On resistance to damage</i>	14,348; 85.2,88.6
Tuotokseen ja sen rakenteeseen **) <i>On yield and its structure</i>	43,138,352	Metsikön käsittelyyn <i>On thinnings</i>	
		Ympäristöön <i>On environment</i>	
		Sivutuotantoon <i>On by production</i>	

*) Mitattu erilaisia puustotunnuksia (esim. pituus, läpimitta, kuutiomäärä)
Different tree stand characteristics measured (e.g. height, diameter, volume)

**) Vaikutus ilmoitettu puutavaraajoina
Effect reported as timber assortments

Numerointi — Numbering:

ilman pistettä — without decimals: Folia For.

pisteen kanssa — with decimals: Commun. Inst. For. Fenn.

Taulukko 5. Uusintalannoituksia, lannoitusvaikutuksen kestoa ja levitysjankohtaa (vuodenaika) käsittelevät tutkimukset kivennäis- ja turvemailla.

Table 5. Publications on refertilization, on duration of fertilization effect and on optimal fertilization date (season)

Kasvupaikka Site	Tutkimukset, joissa uusinta- lannoitus on suoritettu Refertilization	Lannoitusvaikutuksen kestoa selvittelevät tutkimukset Duration of fertilization effect	Levitysjankohtaa (vuodenaika) käsittelevät tutkimukset Fertilization date (season)
Kivennäismaat Mineral soils	138,184, 304,352; 37.7,73.4,81.4,85.3, 85.5	138,201,362; 59.3,81.4	203,246; 70.5
Turvemaat Peatlands	78,241, 272, 327, 343; 77.3,86.4,92.1	241,317,327; 77.3,86.4	75,77,300; 59.3,63.4,79.2

Numerointi — *Numbering:*
ilman pistettä — *without decimals:* Folia For.
pisteen kanssa — *with decimals:* Commun. Inst. For. Fenn.

Taulukko 6. Lannoitus yhdessä jonkin muun puunkasvatustoimenpiteen kanssa.

Table 6. Fertilization together with other silvicultural measures.

	Ojitus Drainage	Maanmuokkaus Soil preparation	Ojitus + maanmuokkaus Drainage & soil prep.	Täydennysojitus Supplementary drainage
Lannoitus Fertilization	12,14,55 75,139,272, 317, 77.3,83.2, 85.2,86.4	77,137, 252,279, 317,390 86.7,88.2, 91.3	203	239, 77.3

Numerointi — *Numbering:*
ilman pistettä — *without decimals:* Folia For.
pisteen kanssa — *with decimals:* Commun. Inst. For. Fenn.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUSARJOISSA 31. 3. 1979 MENNESSÄ ILMESTYNEET TAI PAINATUSLUVAN SAANEET, AINAKIN OSAKSI METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA SISÄLTÄVÄT JULKAISUT.

PUBLICATIONS BY THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE UP TO 31. 3. 1979 CONCERNING, AT LEAST PARTLY, FOREST FERTILIZATION

FOLIA FORESTALIA

- No 6 REINIKAINEN, A. 1964. Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungsversuchsfeld von Kivisuo in Mittel-Finnland.
- No 12 PAAVILAINEN, E. 1965. Tuloksia männyn istutus- ja kylvökokeesta rahkanevalla. Results of pine planting and sowing experiment on open *Sphagnum fuscum* swamp.
- No 14 KURKELA, T. 1965. Männyn lumikaristaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestant* Karst.) and fertilization in Scots pine seedlings.
- No 22 PAAVILAINEN, E. 1966. Havaintoja kasvaturpeen käytöstä männyn istutuksessa. Observations on the use of garden peat in Scots pine planting.
- No 31 PAAVILAINEN, E. 1967. Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin. The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands.
- No 43 PAAVILAINEN, E. 1968. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpymisen lannoituksen vaikutuksesta. On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps.
- No 55 PAARLAHTI, K. & KARSISTO, K. 1968. Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käytökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests.
- No 75 PAAVILAINEN, E. 1969. Tutkimuksia levitysajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat.
- No 77 PAAVILAINEN, E. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Experimental results of the afforestation of swampy fields.
- No 78 KOSKELA, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experiment area at Kivisuo.
- No 84 KEIPI, K. & KEKKONEN, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta.
- No 137 MÄLKÖNEN, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Some aspects concerning cultivation of forest soil.
- No 138 VIRO, P. J. 1972. Die Walddüngung auf Finnischen Mineralböden.
- No 139 KAUNISTO, S. 1972. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä. Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field.
- No 152 KEIPI, K. 1972. Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland.
- No 184 SAIKKU, O. 1973. Lannoituksen vaikutus männyn kuoren määrään kangasmailla. The effect of fertilization on the amount of the bark of Scots pine in forest land.
- No 201 LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils.
- No 203 KAUNISTO, S. 1974. Männyn kylvöajan kohta ojitetulla suolla. Direct seedling on peatland.
- No 239 PAAVILAINEN, E. 1975. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat.
- No 241 IPATIEV, V. & PAAVILAINEN, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä. Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp.
- No 246 GUSTAVSEN, H. G. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 252 RAULO, J. & MÄLKÖNEN, E. 1975. Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmailla. Natural generation of birch

- (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil.
- No 272 PAAVILAINEN, E. 1976. Typpilannoitus ohutturpeisilla piensaräreimeillä. Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 279 RAULO, J. & LÄHDE, E. 1976. Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökoikeista Lapissa. Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 297 PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 300 PAAVILAINEN, E. 1977. Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levityssajankohdasta turvemaalla. Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatland.
- No 304 PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 VIRTANEN, J. & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 314 ANTTILA, T. & LÄHDE, E. 1977. Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa. Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 317 KAUNISTO, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless *Sphagnum* bogs.
- No 327 PAAVILAINEN, E. 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 343 PAAVILAINEN, E. 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 348 LÖYTTYNIEMI, K. 1978. Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimennävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 352 SARAMÄKI, J. 1978. Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 362 KUKKOLA, M. 1978. Lannoituksen vaikutus eri larvuserosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa. Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 382 PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 389 KOLARI, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Micronutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland.
- No 390 KAUNISTO, S. & METSÄNEN, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 394 RIKALA, R. 1979. Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla. The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA – COMMUNICATIONES INSTITUTI
FORESTALIS FENNIAE

- No 37.7 VIRO, P. J. 1950. Fertilization trials on forest soil. Metsämaan lannoituskokeita.
- No 42.2 HUIKARI, O. 1955. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Studies of the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps.
- No 48.3 VIRO, P. J. 1956. Kloridi-ionin myrkyväikutuksesta. On toxicity of the chloride ion.
- No 59.3 VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Metsän lannoituksen vaikutuksien arvioiminen.
- No 59.5 REINIKAINEN, A. 1965. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungs-Versuchsfeld des Moores Kivisuo. Kirschsp. Leivonmäki, Mittelfinnland. Suomenkielinen lyhennelmä on julkaistu sarjassa Folia Forestalia n:o 6, 1964.
- No 61.4 VIRO, P. J. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Manuring of young plantations.
- No 61.6 PAAVILAINEN, E. 1966. Istutettujen männyn taimien juuriston ensi kehityksestä tupasvillärämeellä. Initial development of root systems on Scots pine transplants in an *Eriophorum vaginatum* swamp.

- No 63.4 PAARLAHTI, K. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. Influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil.
- No 64.1 HUIKARI, O. & PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta.
- No 66.1 PAAVILAINEN, E. 1968. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Root studies at the Kivisuo forest fertilization area.
- No 70.5 VIRO, P. J. 1970. Time and effect of forest fertilization.
- No 73.4 MÄLKÖNEN, E. 1971. Fertilizer treatment and seed crop of *Picea abies*.
- No 74.5 PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä.
- No 77.3 PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla.
- No 79.2 PAAVILAINEN, E. 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using ^{15}N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysaikakohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypin ottoon.
- No 81.4 VIRO, P. J. 1974. Fertilization of birch. Koivun lannoitus.
- No 83.2 LÄHDE, E. & MUTKA, K. 1974. Kylvösuojan ja raakafosfaattilannoituksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen ojitetulla avosuolla Pohjois-Suomessa. The effect of sowing shelters and rock phosphate on germination of pine (*Pinus silvestris* L.) seeds and development of the germlings on a drained open swamp in Northern Finland.
- No 85.1 HILTUNEN, R., v. SCHANTZ, M. & LÖYTTYNIEMI, K. 1975. The effect of nitrogen fertilization on the composition and the quantity of volatile oil in Scots pine (*Pinus silvestris* L.).
- No 85.2 KURKELA, T. 1975. Incidence of snow blight on Scots pine as affected by fertilization and some environmental factors. Lannoituksen ja eräiden ympäristötekijäin vaikutuksesta männyn tainten lumikaristeisuuteen.
- No 85.3 SAIKKU, O. 1975. The effect of fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). A densitometric study on the X-ray chart curves of wood. Lannoituksen vaikutuksesta männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyteen. Densitometritutkimus puuaineen röntgenkuvista.
- No 85.5 SAIKKU, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and common birch (*Betula verrucosa*).
- No 86.1 VIRTANEN, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Spreading evennes in forest fertilization.
- No 86.3 DEROME, J. R. M. 1975. Urease activity and distribution in a forest soil. Ureaasin aktiivisuus ja jakautuminen metsämaassa.
- No 86.4 PAAVILAINEN, E. & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland.
- No 86.7 VOSS-LAGERLUND, K. 1976. Effects of soil preparation on bacterial population in forest soil. Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus metsämaan mikrobistoon.
- No 88.2 KAUNISTO, S. & NORLAMO, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa.
- No 88.6 LÖYTTYNIEMI, K. & HILTUNEN, R. 1976. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of Scolytids. Typpilannoituksen ja männyn nilan haihtuvan öljyn koostumuksen vaikutus kaarnakuoriaisten orientointiin.
- No 90.2 VIRTANEN, J. 1976. Lannoitustasaisuus lentolannoituksessa. Spreading evennes in aerial fertilization.
- No 91.3 MUTKA, K. & LÄHDE, E. 1977. Maankäsitely, kalkituksen ja fosforilannoituksen vaikutus paljasjuuristen männyn taimien alkukehitykseen. Effect of soil treatment, liming, and phosphate fertilization on initial development of bare-rooted Scots pine transplants.
- No 92.1 KAUNISTO, S. & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotropic peat. Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla.
- No 97.2 DEROME, J. R. M. 1979. Urea hydrolysis and ammonia volatilization from urea pellets spread on top of the litter layer. Ureaan hydrolysoituminen ja ammoniakkin haihtuminen karikkekerroksen päälle levitetyistä urearakeista.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN VUODEN 1979 TUTKIMUSOHJELMASSA OLEVAT LANNOITUS-
TUTKIMUKSET:

ON-GOING RESEARCH PROJECTS OF THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE IN 1979:

- A. Yksittäistutkimukset
Individual projects
- A.1. *Lannoitus ja kasvupaikkatekijät*
Fertilization and growing site factors
- MAA Lyhytkiertometsiköiden ravinnetase. *Nutrient balance of short rotation stands.*
- SUO Ojituksen, lannoituksen ja maanparannustoimenpiteiden vaikutus ravinteiden mobilisaatioon ja turpeen ominaisuuksiin. *The influence of ditching, fertilization and soil improvement measures on nutrient mobilization and peat characteristics.*
- SUO Ravinteiden kierto. *The nutrient cycle.*
- A.2. *Puusto*
Growing stock
- MAA Eri puulajien ravinnetarve. *Nutrient requirements of different tree species.*
- ARP Lannoituksen vaikutus runkomuotoon. *The effect of fertilization on tree form.*
- ARP Lannoituksen vaikutus latvuksen kehitykseen. *The effect of fertilization on the development of tree crowns.*
- MHO Lannoituksen vaikutus puiden juuristoon. *The effect of fertilization on the root systems of trees.*
- A.3. *Lannoitteet ja niiden käyttö*
Fertilizers and their use
- MAA Lannoitustarpeen määrittäminen. *Determining the need for fertilizer.*
- MAA Lannoitus aika. *Fertilizing time.*
- MAA Typpilannoitemäärät. *Amounts of nitrogen-fertilizers.*
- SUO Lannoitus- ja ojitustarpeen määrittämisselämetelmät. *Methods for determining the fertilization and drainage requirements of peatland stands.*
- SUO Metsäojituksen ja lannoituksen vaikutus vesien laatuun. *The effect of forest drainage and fertilization on run off water quality.*
- SUO Varttuneiden puustojen lannoitus. *Fertilization of mature stand.*
- SUO Jatkolannoitusprojekti. *Refertilizations project.*
- SUO Metsäojitettujen soiden hivenlannoitus. *Micro-nutrient fertilization of peatland areas drained for forestry.*
- SUO Fosforilannoitelajitutkimukset. *The effect of different phosphorus fertilizers on tree growth.*
- SUO Kasvuhäiriöprojekti. *Growth-disorder project.*
- SUO Tuhkaprojekti. *Ash fertilization project.*
- SUO Lannoitteiden levitysmenetelmien kehittäminen. *Techniques for spreading fertilizers.*
- ARP Kasvatuslannoitus ja metsän käsittely. *Fertilization and thinning.*
- MHO Koivun luontaisen uudistamisen edistäminen lannoituksin ja muokkauksin. *Improvement of the natural regenerations of birch by fertilization and soil preparation.*
- MSP Lannoituksen vaikutus kuusen tyvilahoon Etelä-Suomessa. *The effect of fertilization on spruce butt rot in southern Finland.*
- MSP Lannoituksen vaikutus männiköiden tyvivirstautiin. *The effect of fertilization on Fomes annosus root rot in pine stands.*
- MSP Lannoituksen vaikutus kuusen lahoamisalttuteen. *The effect of fertilization on the decay-susceptibility of spruce.*
- TET Tuhkan palauttamisen tekniikka. *Techniques for utilizing wood-ash for fertilizer.*
- A.4. *Lannoituksen ekonomia*
Economics of fertilization
- EKL Varttuneiden suopuustojen lannoituksen ekonomia. *Profitability of fertilization of mature stands on peatland.*
- EKL Erilaisten typpilannoitusten kannattavuus kivennäismaiden varttuneissa metsiköissä. *Profitability of fertilization of mature stands on mineral soils.*
- EKL Metsänomistajan lannoituspäätökset epävarmuuden vallitessa. *Forest owners' fertilization decisions made under uncertainty.*

- B. Yhteistutkimukset
Joint projects
- B.2. Puusto
Growing stock
- ARP Kokopuun korjuun vaikutus harvennuskokopuun puuntuotukseen. *The effect of whole-tree harvesting on the yield of a thinning stand.*
- B.3. Lannoitteet ja niiden käyttö
Fertilizers and their use
- MAA Toistuvasti lannoitettujen metsiköiden kehitys. *Development of repeatedly fertilized forest stands.*
- ARP Toistuvien lannoitusten edullisuus kangasmailla. *The profitability of repeated fertilization on mineral soils.*
- ARP Kasvatushakkuun ja lannoituksen keskinäinen ajoittaminen. (Pohjoismainen yhteistutkimus). *The timing of fertilization and thinning (Joint Scandinavian project).*
- B.4. Lannoituksen ekonomia
Economics of fertilization
- ARP Toistuvien lannoitusten edullisuus . . . ; ks. kohta B3. *The profitability of repeated fertilization . . . ; see section B3.*

TOIMINTAYKSIKÖIDEN NIMILYHENTEET
ABBREVIATIONS OF THE NAMES OF THE RESEARCH UNITS

MAA	Maantutkimusosasto — <i>Dept. of Soil Science</i>		puuntuotoksen tutkimussuunta — <i>Dept. of Forest Inventory, section of Forest Yield</i>
SUO	Suontutkimusosasto — <i>Dept. of Peatland Forestry</i>	TET	Metsäteknologian tutkimusosasto, metsätyötieteen tutkimussuunta — <i>Dept. of Forest Technology, section of Forest Operations.</i>
MHO	Metsänhoidon tutkimusosasto — <i>Dept. of Silviculture</i>		
MSP	Metsänsuojelun tutkimusosasto, metsäpatologian tutkimussuunta — <i>Dept. of Forest Protection, section of Forest Pathology</i>	EKL	Metsäekonomian tutkimusosasto, liike-taloudellisen metsäekonomian tutkimussuunta — <i>Dept. of Forest Economics, section of Business Economics of Forestry</i>
ARP	Metsänarvioimisen tutkimusosasto,		

KANGASMAIDEN LANNOITUSTUTKIMUS

Eino Mälkönen

Summary

Research on forest fertilization on mineral soils

The results of forest fertilization research carried out on mineral soil sites by the Department of Soil Science, the present situation as regards to research in this field and the most important problems in the near future are summarized in this article.

Tree stands gaining the most benefit from fertilization are those growing on sites of the *Myrtillus*, *Vaccinium* and *Oxalis-Myrtillus* site types where the primary need is for nitrogen fertilization. Especially in the fertilization of Norway spruce stands it is recommended to give NP-fertilizer. The largest volume increment has been obtained with middle-aged stands since the growth increase is most strongly correlated with stand age and the growth level preceding fertilization. The growth increase for Scots pine and Norway spruce

has proved to be of almost the same magnitude.

The most pressing research task is the development of methods for determining the refertilization requirements of stands. In addition, it is considered to be time to start determining how the continuous use of different types of nitrogen fertilizer affects the properties of the humus and the biological activity of the soil.

As far as the basic principles underlying the fertilization of mineral soil sites is concerned, further study of the nutrient reserves of forest soils, the nutrient requirements of different tree species and the relationship between soil fertility and other site factors is required.

1. JOHDANTO

Kangasmetsien lannoitusta koskeva systemaattinen koe- ja tutkimustoiminta aloitettiin maassamme vuonna 1958. Alan tutkimuksesta on ensisijaisesti vastannut Metsätutkimuslaitoksen maantutkimusosasto, jonka voimavarat ovat kuluneen 20 vuoden ajan olleet lähes kokonaisuudessaan kohdennettuina lannoitustutkimuksiin. Kokemusten ja voimavarojen lisääntymisen myötä metsänlannoitustutkimus on nyttemmin laajentunut myös puuntuotoksen, metsänsuojelun, puuteknologian ja liiketaloudellisen metsäekonomian tutkimusaloja koskevaksi yhteis-

työksi. Huomattava merkitys lannoitustutkimuksen edistymisessä on ollut metsätalouden eri organisaatioilla, jotka ovat tukeneet kenttäkoetointaa merkittäväällä panoksella. Metsätutkimuslaitoksen ohella kangasmetsien lannoittamista on selvitetty myös lannoiteteollisuuden toimesta.

Seuraavassa yhteenvedossa pyritään tarkastelemaan pääpiirteitä maassamme suoritettun kangasmaiden metsänlannoitustutkimuksen antamista tuloksista, alan tutkimuksen nykytilasta ja lähiajan keskeisimmistä ongelmista.

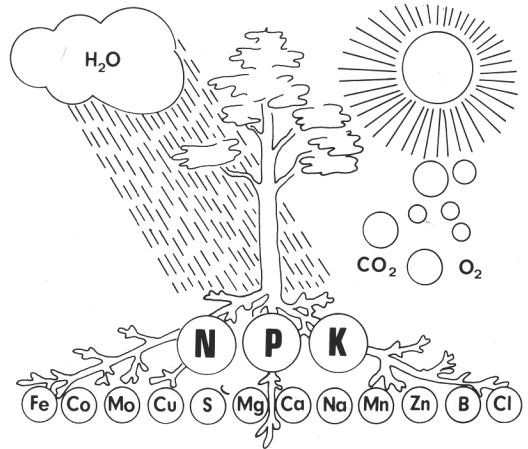
2. KANGASMETSIIEN LANNOITUKSEN PERUSTEET

Lannoitustutkimuksen perustana tulisi olla riittävä tietämys

- metsämaan ravinnevaroista,
- puuston ravinnetarpeesta sekä
- maan ravinteisuuden ja muiden kasvupaikkatekijöiden välisestä suhteesta.

Kangasmaiden luontaista ravinteisuutta on Suomessa selvitetty suhteellisen vähän. Kuitenkin jo yli puolen vuosisadan ajan on tiedetty, että käyttökelpoisen typen puute on ravinteisuuden puolesta kangasmetsiämme kasvua voimakkaimmin rajoittava tekijä (kuva 1). Vaikka kokonaistypen määrä on metsämaassa huomattavan suuri, vain noin 1 % siitä on kasveille käyttökelpoista mineralisoitunutta typpeä.

Metsämaan ravinteisuuden yleispiirteistä ollaan selvillä pääravinteiden osalta (V i r o 1969, U r v a s ja E r v i ö 1974). Metsätyyppit kuvastavat maan typpi-, kalium- ja kalsiumvaroja, mutta fosforin määrä ei sen sijaan lisääntynyt metsätyyppin muuttuessa viljavammaksi (taulukko 1). Kangasmaiden hivenravinnetilannetta ei vielä tunneta. Arveluja hivenravinteiden riittävydestä on esitetty lähinnä pääravinteilla tehtyjen lannoituskokeiden antamien kasvatulosten perusteella.



Kuva 1. Puut tarvitsevat normaalisti kehittyäkseen ainakin 16 ravinnettä.

Fig. 1. Trees require at least 16 nutrients for normal growth and development.

Lannoitustutkimuksen kehittämiseksi ja lannoitussuosituksen tarkentamiseksi tarvittaisiin tietoja metsämaan ravinteisuuden alueellisesta jakautumisesta maassamme. Lannoituskokeista saatavat tiedot eivät ole tässä suhteessa riittäviä.

Metsiköiden ravinnetasetta ja pääpuulajiemme ravinnetarvetta ryhdyttiin maantutkimusosastolla selvittämään vuonna 1968.

Taulukko 1. Kokonaistypen, helppoliukkoisen fosforin sekä vaihtuvan kaliumin ja kalsiumin määrä eri metsätyypeillä Etelä-Suomessa (V i r o 1969).

Table 1. The amount of total nitrogen, easily soluble phosphorus, and exchangeable potassium and calcium in different site types of southern Finland (V i r o 1969).

Metsätyyppi Site type	Maakerros Soil layer	N_{tot}	P	K	Ca
			kg/ha		
Puolukkatyyppi <i>Vaccinium</i> type	Humuskerros	430	9	29	88
	Humuskerros				
	0-30	1910	18	97	149
	30-60	820	12	73	93
Mustikkatyyppi <i>Myrtillus</i> type	Humuskerros	620	12	38	118
	Humuskerros				
	0-30	2210	15	104	179
	30-60	970	10	78	94
Käenkaali-mustikkatyyppi <i>Oxalis-Myrtillus</i> type	Humuskerros	570	10	37	145
	Humuskerros				
	0-30	2930	13	128	444
	30-60	1260	7	96	204

Taulukko 2. Ravinteiden käyttö tuotettua biomassayksikköä kohti (kg ravinnetta/1000 kg kuiva-ainetta) *M ä l k ö n e n* (1974, 1977).

Table 2. Nutrient consumption per unit of biomass produced (kg nutrient/1000 kg dry matter). *M ä l k ö n e n* (1974, 1977).

	N	P	K	Ca
Mänty - Scots pine	4,5	0,5	2,4	1,8
aluskasvillisuus ground vegetation	7,6- 11,3	0,9 1,4	2,9- 6,4	3,2- 4,1
Koivu - Birch	9,3	0,8	4,0	4,8
aluskasvillisuus ground vegetation	14,3	1,9	17,0	6,4
Harmaaleppä Grey alder	17,5	1,1	5,3	5,9

Tulokset osoittavat eri puulajien ravinnetarpeessa olevan huomattavia eroja ja että aluskasvillisuudella on suuri merkitys ravinteiden käyttäjänä (taulukko 2). Samalla on käynyt ilmi, että puuston ravinnetarve on

suurimmillaan 30–50 vuoden iällä eli samanaikaisesti runkopuun suurimman vuotuisen kasvun kanssa (taulukko 3). Ravinnetasetutkimukset selvittävät siten osaltaan metsänlannoituksen perusteita.

Lähitulevaisuudessa ravinnetasetutkimuksia on mahdollista jatkaa vain pienessä mittassa niiden vaatiman suuren työpanoksen takia. Tällaista metsikön ravinnetalouden tarkastelua kaivattaisiin välttämättä myös hivenravinteiden osalta.

Maan fysikaaliset ominaisuudet, kangasmailla erityisesti riittävä veden saanti, vaikuttavat lannoituksella saatavaan kasvunlisäykseen. Kangasmaiden hydrologiaa on meillä tutkittu varsin vähän. Lähinnä lannoituskokeiden tulosten perusteella on käynyt ilmi, että veden puute muodostuu kasvua voimakkaimmin rajoittavaksi tekijäksi puolukkatyyppiä karummilla kasvupaikoilla. Lannoituksesta on odotettavissa hyvä tulos vain silloin, kun maan fysikaaliset ominaisuudet ovat kunnossa, joten kangasmaiden parhaita lannoituskohteita ovat mustikkatyyppin, puolukkatyyppin ja käenkaali-mustikkatyyppin metsiköt (V i r o 1967).

Taulukko 3. Puuston vuotuinen ravinnetase 45-vuotiaassa mustikkatyyppin männikössä ja käenkaali-mustikkatyyppin koivikossa (*M ä l k ö n e n* 1974, 1977).

Table 3. The annual nutrient balance of the tree crop in a 45-year-old Scots pine stand on a Myrtillus site and a birch stand on an Oxalis-Myrtillus site (*M ä l k ö n e n* 1974, 1977).

Tase Balance	Männikkö Scots pine stand				Koivikko Birch stand			
	N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
Puusto otti maasta Uptake from the soil	39	4,2	18	19	110	10,9	48	77
Sitoutui puustoon Retained by tree crop	28	3,2	15	12	82	7,3	35	42
Palautui karikkeissa Returned in litter	11	1,0	3	8	28	3,6	13	35

3. LANNOITUSTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN

Metsän lannoitustarpeen määrittäminen, josta on muodostunut lannoitustutkimuksen avainkysymys, voi perustua

- lannoituskokeiden antamaan kasvunlisäykseen,
- maa-analyysiin,
- neulasanalyysiin sekä
- taimilla astiakokeisiin.

Koska kangasmetsissä käyttökelpoisen tyyppin puute rajoittaa voimakkaimmin puuston kasvua, tarvitaan ensimmäisillä lannoituskerroilla aina tyyppiä. Ainoastaan viljavien maiden kuusikoissa on NP-lannoituksella päästy parempaan kasvunlisäykseen kuin pelkällä typpilannoituksella. Tästä syystä met-

sien lannoittaminen on voinut perustua suhteellisen yleisiin, laajoihin lannoituskokeisiin pohjautuviin suosituksiin (V i r o 1967, 1968, 1972, G u s t a v s e n ja L i p a s 1975).

Lähtökohtana maantutkimusosaston tämän alan tutkimuksissa ovat olleet ns. faktoriaaliset lannoituskokeet, jotka sisältävät koejäseninä typpi-, fosfori-, kalilannoituksen ja/tai kalkituksen erikseen ja kaikkina mahdollisina yhdistelminä. Kokeet antavat siten mahdollisuuden tarkastella niin yksittäisen ravinteiden lisäämisen kuin ravinnesuhteiden merkitystä.

Metsämaan ravinnevarojen niukkuuden perusteella on helppo päätellä, että jatkolannoituksissa joudutaan aikanaan käyttämään muitakin ravinteita kuin typpeä. Samalla lannoitustarpeen määrittäminen vaikeutuu nykyisestäään. Lisäksi määrittäminen pitäisi pystyä tekemään metsikkökohtaisesti. Laajasta ul-

komaisestakaan tutkimuksesta huolimatta ei vielä ole onnistuttu kehittämään maa- tai neulasanalyysistä käytännön tarpeisiin soveltuvaa menetelmää, jolla lannoituskokeiden kasvutuloksiin perustuvia yleisiä lannoitus-suosituksia voitaisiin tarkistaa. Ratkaisemattomiin ongelmiin kuuluu edelleen näytteenoton edustavuuteen, kemialliseen määritysmenetelmään sekä tulosten tulkintaan liittyviä kysymyksiä. Nopeaa ratkaisua tähän määrittäsongelmaan ei ole odotettavissa, sillä ravinnepuutteen korjaamiseksi tarvittavien lannoitemäärien selvittäminen tulee joka tapauksessa viemään aikansa.

Koska metsän lannoitustarpeen määrittäsongelma koskee erityisesti jatkolannoituksia, pyritään maantutkimusosastolla selvittämään lannoitustarpeen kehitystä toistuvasti lannoitetuilta faktorikokeilta säännöllisesti otettavia maa- ja neulasnäytteitä analysoimalla.

4. LANNOITTEIDEN SOVELTUVUUS METSÄNLANNOITUKSEEN

4.1. Typpilannoitteet

Kangasmetsien lannoitukseen käytettyjen lannoitteiden typpi on tunnetusti joko ammonium-, nitraatti- tai ureamuodossa. Jotuen lannoitteen sisältämästä typpilajista sekä muista ominaisuuksista, lannoitteet soveltuvat eri tavoin metsän lannoitukseen. Puiden ravinteiden saannin kannalta olisi tärkeää, että ravinnepitoisuus maassa pysyisi mahdollisimman tasaisena ja hyvän kasvun turvaavalla tasolla. Tästä syystä hidasliukoisia lannoitteita pidetään metsänlannoitukseen sopivina. Erittäin vähäiset kotimaiset kokemukset hidasliukoisten typpilannoitteiden käytöstä (V i r o 1966), samoin kuin useimmat ulkomaiset tulokset, eivät kuitenkaan ole olleet erityisen lupaavia.

Typpilannoittelajien soveltuvuutta metsänlannoitukseen on maantutkimusosastolla selvitetty laajojen vertailevien kenttäkokeiden avulla. Oulunsalpietari ja ammoniumsulfaatti ovat antaneet likimain tasavertaisia tuloksia, kun taas urealla saatu kasvunlisäys on jäänyt heikoimmaksi varsinkin suurilla typpimäärillä (esim. taulukko 4). Osatekijänä tällaiseen tulokseen on kokeissa käytetty lan-

noitteiden levitysaika. Ammoniumsulfaatti on nyt jäänyt pois käytöstä, joten ainoastaan urean ja oulunsalpietarin vertailu on aiheellista.

Koska urean hinta typpikiloa kohti on selvästi halvempi kuin muiden typpilannoitteiden ja korkea typpipitoisuus on levityksen kannalta eduksi, on urea ollut maassamme eniten käytetty typpilannoite metsänlannoituksessa.

Lannoitussuosituksia varten on erityisesti urean soveltuvuutta metsänlannoitukseen selvitetty

- maassa olevan ureaasientsyymien aktiivisuuden,
- haihtumis- ja huuhtoutumisalttiuden sekä
- biologisen pidättymisen osalta.

Ureaasitutkimuksen avulla on käynyt ilmi, ettei ureaasientsyymien aktiivisuus ja jakaantuminen metsämaassa todennäköisesti rajoita urean hydrolyysiä (D e r o m e 1975, 1979), jonka tuloksena muodostuva ammoniumtyppi sitoutuu maahan, jos kosteusolot ovat sopivat. Levitysjankohdalla ja lannoituskohteen valinnalla on siten ureaa käytettäessä suurempi merkitys kuin oulunsalpietarilla lannoitettaessa. Urealle on myös

Taulukko 4. Eri typpilannoitelajeilla ja -määrillä saatu kasvunlisäys puolukkatyyppin männikössä Kerimäen Pata-salossa. Kokeessa on 73 koealaa.

Table 4. The growth increase produced by different amounts and types of nitrogen fertilizer in the fertilization experiment in a Scots pine stand on Vaccinium site at Kerimäki. The number of sample plots 73.

Lannoitelaji Type of nitrogen fertilizer	Tyyppiä Nitrogen dose kg/ha	Lannoituksella saatu kasvunlisäys Growth increase produced by fertilization		
		1966-70	m ³ /ha 1971-75	1966-75
Ammoniumsulfaatti <i>Ammonium sulphate</i>	80	7,0	0,0	7,0
	160	14,5	4,0	18,5
	240	16,5	8,0	24,5
Urea <i>Urea</i>	80	5,0	2,0	7,0
	160	12,5	3,5	16,0
	240	13,5	5,0	18,5
Typpirikas Y-lannos <i>Nitrogen-rich NPK</i>	80	9,0	1,5	10,5
	160	15,5	5,5	21,0
	240	18,5	11,0	29,5

Kokeen yleistiedot:

General data concerning the experimental stand:

Lannoitettu vuonna 1966, jolloin

Fertilized in 1966 when

— ikä, a 85

age, a

— runkoluku, kpl/ha 420

stem number per ha

— pohjapinta-ala, m²/ha 18,1

basal area o. b., m²/ha

Luontainen kasvu

Increment without fertilization

1966-70 5,0 m³/ha/a

1971-75 4,9 m³/ha/a

ominaista, että sen aiheuttama kasvureaktio on jonkin verran hitaampi kuin muiden typpilannoitteiden (B r a n t s e g 1967, M a l m ja M ö l l e r 1974). Viileissä olosuhteissa, joissa biologinen aktiivisuus maassa on hidasta, on arveltu ureana annetun typen voivan sitoutua mikrobiologisesti maahan pitkäksi aikaa (N ö m m i k 1977). Huuhtoutuminen ja siitä johtuvat ympäristöhaitat jäävät ruotsalaisten tutkimusten mukaan selvästi vähäisemmiksi urealannoituksessa kuin ammoniumnitraattia käytettäessä.

Päätösvaiheessa olevat typpilannoitelajiko-keet antavat lähiaikoina lisää tietoa käytössä olevilla typpilannoitteilla saatavasta kasvu-reaktiosta. Tämän jälkeen typpilannoitelajeja tulee tarkastella jatkolannoitusten kannalta. Uutena tutkimustehtävänä on selvittää, miten erityyppisten typpilannoitteiden jatkuva käyttö muuttaa biologista aktiivisuutta humuskerroksessa ja miten nämä muutokset vaikuttavat humukseen sidottujen ravinteiden vapautumiseen sekä mahdolliseen huuhtoutumiseen.

42. Fosforilannoitteet

Kangasmetsien lannoitussuosituksissa pidetään fosforilannoituksen lähtökohtana kasveille käyttökelpoisen typen ja fosforin suhdetta eri metsätyypeillä (V i r o 1969), joka on epäedullisin viljavimmilla kasvupaikoilla (taulukko 1). Lannoituskokeiden tuloksissa tämä typen ja fosforin suhteen muutos on käynyt ilmi siten, että NP-lannoitus on kuusikoissa monesti antanut pelkkää typpilannoitusta paremman kasvunlisäyksen (V i r o 1967, 1972). Männiköissä vastaava NP-yhdysvaikutus on ilmennyt harvemmin kuin kuusikoissa. Kuusen tiedetäänkin olevan mäntyä vaateliaamman fosforin tarpeeseen nähden. NP-lannoitusta on siten suositeltu käytettäväksi kuusikoiden jatkolannoituksissa joka toisella lannoituskerralla. Tähän tarkoitukseen hyvin soveltuva lannoitetta ei kuitenkaan nykyisellään valmisteta.

Fosforilannoitteista on kangasmaiden kokeissa käytetty ensisijaisesti superfosfaattia, alkuvaiheessa myös kotka- ja hienofosfaattia. Sen sijaan raakafosfaattia on kokeiltu vain

eräissä yksittäistapauksissa. Koska fosforilannoitusta kaipaavilla kasvupaikoilla maan pH on suhteellisen korkea voi raakafosfaatin liukoisuus olla jossain määrin heikompi kuin esim. suometsissä.

Fosforilannoituksen tarpeellisuudesta erityisesti jatkolannoitusten yhteydessä samoin kuin eri fosforilannoitelajien soveltuvuudesta kangasmetsien lannoitukseen kaivataan vielä runsaasti lisätutkimuksia.

43. Seoslannoitteet

Paras kasvunlisäys on yleensä saatu typpi-rikkaalla Y-lannoksella (esim. taulukko 4). Moniravinteisen lannoitteen paremmuus on tullut selvimmän esille suurilla typpimääriä käytettäessä (V i r o 1972, G u s t a v - s e n ja L i p a s 1975).

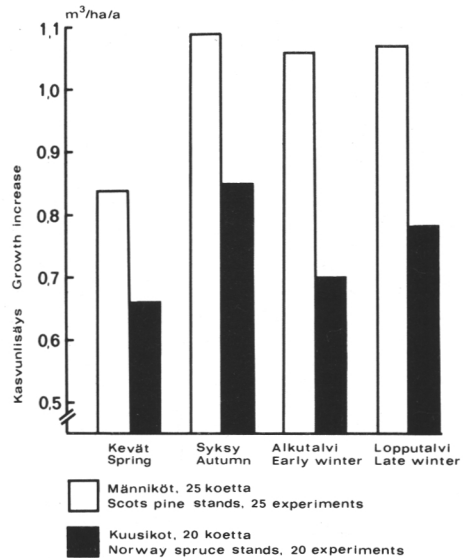
5. LANNOITUSAIKA

Koska lannoitteet sisältävät tyyppiä erilaisina yhdisteinä, saadaan niillä vaihtelevia kasvunlisäyksiä levitysjän olosuhteista riippuen. Eri lannoitteille parhaiten sopivaa levitysaikaa on pyritty selvittämään sekä kasvukauden mittaan että eri vuodenaikoina suoritetuilla lannoitusaikakokeilla (V i r o 1963, 1970, S a l o n e n 1973, M ö l l e r 1974, L e v u l a 1976). Maantutkimusosaston nykyisessä työohjelmassa olevista kokeista saadaan lopulliset tulokset vuonna 1986.

Tähän mennessä saaduista tuloksista käy yleispiirteensä ilmi, että helposti huuhtoutuvaa nitraattityyppiä sisältävä lannoite, kuten oulunsalpietari, on paras levittää keväällä kasvukauden alkupuoliskolla. Urean hydrolyysille tarpeellinen kosteus tulee parhaiten turvatuksi syyslannoituksissa ja käyttämällä ureaa tuoreilla kankailla. Ennakkotulosten mukaan syyskaudella urealla saatu kasvunlisäys on selvästi parempi kuin kevätlannoituksessa (kuva 2). Urean parasta levitysaikaa on siten syyskuusta alkutalveen saakka. Lumellekin levitetynä urea on antanut paremman kasvunlisäyksen kuin keväällä.

44. Kalkki

Kangasmaiden typpiongelmaan on jo pitkään yritetty löytää ratkaisua kalkituksesta. Sillä ei kuitenkaan ole niin kotimaisten kuin pohjoismaistenkaan koetulosten mukaan päästy toivottuun tulokseen joitakin poikkeustapauksia lukuunottamatta (V i r o 1962, T a m m 1974). Kalkituksen on päinvastoin todettu johtavan tyyppivoimistuneeseen sitoutumiseen kangashumuksessa (N ö m m i k 1968), mikä voi kuvastua jopa puuston kasvun taantumisena. Perusteellisempi käsitys kalkituksen merkityksestä saadaan lähitulevaisuudessa muokkauskokeista, joissa kalkki on sekoitettu maahan.



Kuva 2.

Lannoitusajankohdan merkitys urealannoituksella keskimäärin saatuun kasvunlisäykseen lannoitusta seuranneen 5-vuotiskauden aikana käytettäessä 120 kg N/ha. Koemetsiköiden keski-ikä noin 100 vuotta.

Fig. 2.

Effect of season of application of urea fertilizer (120 kg N/ha) on growth increment during 5-year period following fertilization. Mean age of experimental stands about 100 years.

6. LANNOITEMÄÄRÄT

Optimaalisen typpiannoksen selvittämiseksi on maantutkimusosaston kokeissa käytetty tyyppiä 60 – 600 kg/ha. Nykyisin käynnissä olevista kokeista saadaan lopulliset tulokset vuonna 1985. Typpimääräkokeiden tarkastelussa ovat keskeisiä kysymyksiä saatava kasvu- ja lannoituksen vaikutusajan pituus.

Nuorilla puilla suoritetuissa kokeissa puista on löydetty varsin pieni osa, alle 10 %, vuotta aiemmin lannoitteena annettua tyyppiä (Björkman ym. 1967). Lannoituksen hyötysuhde ei kuitenkaan jää näin pieneksi, sillä pääosa lannoitteena annettua tyyppiä sitoutuu maahan. Lannoitus edistää maassa orgaanisesti sidotun typen mineralisaatiota ja parantaa siten luontaisten typpivarojen hyväksikäyttöä.

Koetulokset osoittavat, että puuston kasvu lisääntyy suoraviivaisesti typpiannoksen noustessa noin 60:sta kg/ha ainakin noin 200:aan kg/ha saakka (Viro 1972, Gustavsen ja Lipas 1975, Päivinen ja Salonen 1978). Lisättäessä typpiannosta edelleen kasvu ei enää ole parantunut samassa suhteessa, joten lannoitteesta puiden käyttöön tuleva osa suhteellisesti pienenee. Typpimääriä, jotka menevät yli 200 kg/ha, voidaan pitää yliannostuksena, vaikka lannoituksen vaikutusaika piteeneekin. Lannoitteen levitystasaisuudella on siten tärkeä merkitys, sillä epätasainen levi-

tys ei anna yhtä hyvää kasvu- ja lannoitus- kuin tasainen levitys. Lisäksi suuret typpiannokset voivat aiheuttaa pakkasvaurioita ainakin Pohjois-Suomessa (Norokorp 1977). Jatkolannoituksissa nykyistä suositusta (150 kg N/ha) pienemmälläkin määrällä on usein toistettuna saatavissa suurempi kasvu- ja lannoitus- kuin harvoin levitetyillä suurilla annoksilla. Levityskustannukset rajoittavat luonnollisesti lannoituskertojen määrää.

Männyllä sama lannoitemäärä lisää kasvua yleensä voimakkaammin kuin kuusella, mutta lannoitusvaikutus jää vastaavasti lyhytaikaisemmaksi (Puro 1977). Nykyisin suositeltavan 150 kg/ha typpiannoksen vaikutusaika on yleensä männyllä 5–6 vuotta, kuusella 7–8 vuotta olosuhteista riippuen. Molemmat pääpuulajimme, mänty ja kuusi, ovat siten lannoituksen kannalta likimain tasavertaisia. Koivun lannoituksesta on tuloksia varsin niukalti ja koetoimintakin on hyvin vähäistä. Lannoituksella saatava kasvu- ja lannoitus- jää koivulla ilmeisesti heikommaksi kuin havupuilla (Viro 1974, Jonsson ja Möller 1975).

Lannoitus jouduttaa metsikön kehitystä. Lannoitusvaikutuksen päätyttyä puuston kasvu näyttää jatkuvan sen kehitysvaiheen mukaisesti, jonka metsikkö on saavuttanut normaalia nopeammin (Lipas 1975). Kasvun taantumista ei siten ole havaittu kertalannoituksen vaikutuksen päätyttyä.

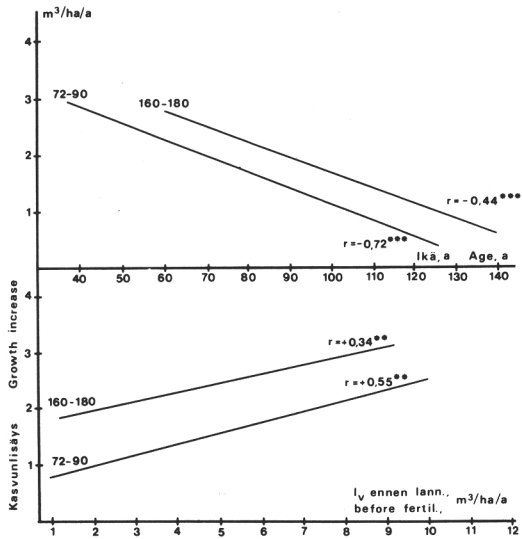
7. LANNOITUSKOHTEET

Lannoituskohteen valinta ratkaisee sen, millaiseen puuntuotannolliseen ja taloudelliseen tulokseen lannoituksella päästään. Kohteen valintaan vaikuttavia tekijöitä on tietysti lukuisia. Tässä yhteydessä kysymystä voidaan tarkastella puuston ravinnetarpeen kannalta.

Metsänviljelyn yhteydessä suoritettujen lannoituskokeiden osoittivat melko nopeasti, ettei kangasmailla pystytä lannoituksella parantamaan metsänviljelyn onnistumista (Viro 1966, Leikola ja Rikala 1974). Kun myöhemmin on käynyt ilmi, että uudistamisvaiheessa tapahtuu maan luontai-

senkin viljavuuden hukkaanmenoa, on em. tulos helposti ymmärrettävissä.

Ravinteiden puutteen voidaan odottaa rajoittavan selvimmin kasvua suurimman kokonaistuotoksen aikana. Lannoitus onkin lisännyt kasvua eniten keski-ikäisissä hyväkasvuissa metsiköissä (kuva 3) ja lannoituksella saatu kasvu- ja lannoitus- korreloi voimakkaammin lannoitusta edeltäneen kasvun ja puuston iän kanssa (Gustavsen ja Lipas 1975, Puro 1977). Sen sijaan puuston kuutiomäärällä ei ole mainittavaa merkitystä, jos vain kasvutilaa on riittävästi. Biologisin perustein vaikuttaa parhaalta lan-



Kuva 3. Lannoituksella saadun kasvunlisäyksen riippuvuus metsikön iästä lannoitushetkellä sekä lannoitusta edeltäneen 5-vuotiskauden kasvusta (Gustavsen ja Lips 1975). Käytetyt typpimäärät 72–90 ja 160–180 kg N/ha.

Fig. 3. The dependence of the growth increase produced by fertilization on the age of the stand and the annual growth during the five years period before fertilization (Gustavsen and Lips 1975). Amount of nitrogen applied 72–90 and 160–180 kg N/ha.

noitusajankohdalta se kehitysvaihe, jolloin puusto on saavuttamassa tukkipuun mitat. Kertalannoituksella (150 kg N/ha) voidaan tällöin odottaa saatavan noin 12 m³ lisää puuta. Käytännön lannoitustoiminnasta saadut kokemukset ovat samansuuntaisia (Silvennoinen 1976). Kiertoaajan loppuun mennessä metsikkö voitaisiin lannoittaa 3–4 kertaa 5–7 vuoden välein harvennushakkuiden mukaan ajoittaen. Jatkolannoituksista metsikön tältä kehitysjaksolta on jo huomattavasti koetuloksia, vaikka ensimmäinen perusteellisempi selvitys onkin vasta tekeillä.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- BJÖRKMANN, E., LUNDBERG, G. & NÖMMIK, H. 1967. Distribution and balance of N^{15} labelled fertilizer nitrogen applied to young pine trees (*Pinus silvestris* L.). Sammanfattning: Fördelning och återvinning av N^{15} -märkt kväve vid gödning i tallungskog. Stud. For. Suec. 48.
- BRANTSEG, A. 1967. Skogsgödning på fastmark. Skogsgödsel. Nya Vetenskap. Rön 9.
- DEROME, J. R. M. 1975. Urease activity and distribution in a forest soil. Seloste: Ureaasin aktiivisuus ja jakautuminen metsämaassa. Commun. Inst. For. Fenn. 86.3.
- 1979. Urea hydrolysis and ammonia volatilization from urea pellets spread on top of the litter layer. Seloste: Ureaan hydrolysoituminen ja ammoniakkin haihtuminen karikkekerroksen päälle levitetystä urearakeista. Commun. Inst. For. Fenn. 97.2.
- GUSTAVSEN, H. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. Folia For. 246.
- JONSSON, S. & MÖLLER, G. 1975. Björkens reaktion på kvävegödning. Summary: The response of birch (*Betula verrucosa*) to nitrogen fertilization. Fören. skogsträdsförädl. o. inst. för. skogsförbättr. årsbok.
- LEIKOLA, M. & RIKALA, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soil. Folia For. 201.
- LEVULA, T. 1976. Ureaan levitysjankohdasta Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 13.
- LIPAS, E. 1975. Metsän kasvu lannoitusvaikutuksen loputtua. Leipä leveämmäksi 3.
- MALM, D. & MÖLLER, G. 1974. Skillnader i volymtillväxtökning efter gödning med urea resp ammoniumnitrat. Summary: Differences in volume growth increase after fertilization with urea and ammonium nitrate fertilizer. Fören. skogsträdsförädl. o. inst. för skogsförbättr. årsbok.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. Commun. Inst. For. Fenn. 84.5.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku erässä koivikossa. Commun. Inst. For. Fenn. 91.5.
- MÖLLER, G. 1974. Val av gödselmedel och gödslingstidpunkt. Skogen 3.
- NOROKORPI, Y. 1977. Epätasainen lannoitus ja männiköiden pakkasvauriot. Metsä ja Puu 4.
- NÖMMIK, H. 1968. Nitrogen mineralization and turnover in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) raw humus and influenced by liming. 9th Int. Congr. Soil Sci Trans. II (56).
- 1977. Förändringar i humuslagret efter skogsgödning. Silva Fenn. 11:3.
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. Folia For. 304.
- PÄIVINEN, L. & SALONEN, K. 1978. Eri typpimäärien sekä fosforin ja kalin vaikutus kangasmetsien kasvuun Etelä-Suomessa. Summary. Metsäntutkimuksia Kemira Oy 1.
- SALONEN, K. 1973. Eri vuodenaikoina annetun typpilannoituksen vaikutuksesta kangasmetsissä. Summary: On the response of mineral-soil forests to nitrogen application during different seasons of the year. Suo 24(6).
- SILVENNOINEN, S. 1976. Odotettuja tuloksia käytännön metsänlannoituksesta. Metsä ja Puu 5.
- TAMM, C. O. 1974. Kalkproblemet för jord, skog och miljövård. II. Summary. Skogs- o. Lantbr.-akad. Tidskr. 113.
- URVAS, L. & ERVIÖ, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Summary: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. Maataloustiet. Aikakauskirja 46.
- VIRO, P. J. 1962. Kalkkikysymys metsässä. Sementtiyhdistyksen Tiedotuksia 1.
- 1963. Metsän lannoittaminen talvella. Summary: Forest fertilization in winter. Metsätaloudell. Aikakauslehti 1.
- 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Summary: Manuring of young plantations. Commun. Inst. For. Fenn. 61.4.
- 1967. Forest manuring on mineral soils. Medd. Norske Skogforsöksv. 85:23.
- 1968. Metsän lannoitus. Metsätaloudell. Aikakauslehti 4.
- 1969. Prescribed burning in forestry. Commun. Inst. For. Fenn. 67.7.
- 1970. Time and effect of forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 70.5.
- 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. Folia For. 138.
- 1974. Fertilization of birch. Seloste: Koivun lannoitus. Commun. Inst. For. Fenn. 81.4.

TURVEMAI DEN METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSISTA

Eero Paavilainen

Summary

Research on fertilization of forested peatlands

The article examines the research activity into the fertilization of forested peatlands carried out at the Finnish Forest Research Institute, with reference to work done at the University of Helsinki and abroad.

In order to develop the basic principles underlying fertilization activity, mineralisation and cycling of nutrients, the nutrient balance in different types of stand, growth disturbances and the fertilization requirement of stand and its determination should be determined.

However, the major share of research resources are

utilized directly in practical aspects of fertilization, in which the dependence of the growth increase resultant upon fertilization is examined with respect to different factors such as the site, tree stand, type and amount of fertilizer, date of fertilizer application and spreading technique. In addition, the side-effects of fertilization, in particular the effect on water quality and yields of berries and edible fungi, are being studied.

The most important research results are summarized and short-term requirements for the development of research activity are estimated.

1. JOHDANTO

Turvemaiden metsänlannoitusta koskeva tutkimus- ja koetoiminta on eräs Metsäntutkimuslaitokseen vuonna 1928 perustetun suontutkimusosaston tehtävistä. Koetoiminta aloitettiin prof. O. J. Luukkalan toimesta jo vuonna 1929, jolloin tehtiin ensimmäiset soiden kalkituskokeet. Vanhimmat tuhkalannoituskokeet ovat vuodelta 1937. Kokeet väkilannoitteilla aloitettiin vuosina 1929–32 levittämällä lannoitetta nevojen kylvön yhteydessä kylvöruutuun pieniä määriä. Ensimmäiset hajalannoituskokeet perustettiin 1940-luvulla. Laaja systemaattinen koetoiminta käynnistettiin 1950-luvulla, jolloin metsäojituksen koneellistamisen johdosta tapahtunut ojituskustannusten aleneminen loi edellytykset käytännön lannoitustyölle. Vuoden 1978 loppuun mennessä on Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston ja tutkimusosastojen toimesta perustettu soille kaikkiaan yli 27 000 lannoituskoealaa. Niistä sekä kasvihuone- ja laboratoriotutkimuksista saatavan tiedon avulla pyritään luo-

maan kestävä pohja turvemaiden metsänlannoitustoiminnalle Suomessa. (1, 4, 9, 11, 66, 67, 68, 154)

Metsänlannoitustutkimukset voidaan jakaa: 1) perusteita selvittäviin tutkimuksiin ja 2) käytäntöä välittömästi palveleviin tutkimuksiin. Tutkimalla esimerkiksi puuston lannoitustarvetta ja sen määrittämismenetelmiä, kasvuhäiriöitä tai ravinteiden kiertoa erilaisissa metsiköissä, selvitetään lähinnä lannoitustoiminnan kehittämisen perusteita. Tällä hetkellä tutkimustoiminnan pääpaino on kuitenkin käytäntöä välittömästi palvelevien kenttäkokeiden perustamisessa ja mittaamisessa. Näiden kenttäkokeiden avulla saadaan käsitys ennen muuta siitä, mikä on lannoituksella aikaansaattava puuston kasvunlisäys erilaisissa olosuhteissa.

Käsillä olevassa yhteenvedossa tarkastellaan turvemaiden metsänlannoitustutkimuksen nykytilaa ja kehittämistarpeita. Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyn ja käynnissä olevan tutkimuksen lisäksi on pyritty ottamaan

huomioon Helsingin yliopistossa sekä jossakin määrin myös ulkomailla tehty tutkimus. Numerot kappaleiden lopussa viittaavat kirjallisuusluetteloon.

Esitän parhaat kiitokset ylijohtaja Viljo Holopaiselle ja MML Kimmo Paarlahdelle, jotka ovat lukeneet käsikirjoituksen.

2. TURVEMAIDEN RAVINNETALOUS

Keskeisiä tutkittavia kysymyksiä ovat mm. ravinteiden mineralisaatio, kierto ja ravinnetase erilaisissa metsiköissä, eri ravinteiden ja ravinnesuhteiden vaikutus puiden kasvuun sekä kasvussa esiintyvät häiriöt ja niiden syyt.

Turvemaiden ravinnetalouden ja puuston kasvun välistä suhdetta sekä sen riippuvuutta muista kasvutekijöistä selvitetään metsäekologisissa kenttäkokeissa, joista tärkeimmät sijaitsevat Vilppulassa ja Kivalossa. Niillä on käynnissä laaja maabiologinen tutkimustyö, jota täydennetään muista kenttäkokeista ja laboratoriotutkimuksista saatavilla tuloksilla. Tarkoituksena on selvittää erityisesti ravinteiden mineralisaatiota ja sen riippuvuutta ojituksen tehokkuudesta ja lannoituksesta. Tähän mennessä on tutkittu mm. tuhkan, kalkituksen ja eräiden lannoittelajien vaikutusta turpeen mikrobistoon. Koekentillä on selvitetty myös lannoituksen vaikutusta puiden juuristosuhteisiin. Lähivuosina on odotettavissa runsaasti lisätietoja turpeiden kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista. (3, 52, 53, 55, 58, 71, 80, 84, 87, 97, 116)

Ravinteiden kiertoa ja ravinnetasetta koskevat tutkimukset turvemaan männiköissä on käynnistetty v. 1974 ja koivikoissa v. 1978. Niistä saadut ja mm. eräiden aikaisempien ¹⁵N-isotoopilla tehtyjen kokeiden tulokset osoittavat, että puut ottavat varsin pienen osan lannoituksessa annetuista ravinteista ja että karikkeiden mukana palautuvien ravinteiden määrä on samoin vähäinen. Pintakasvillisuuden huomattava merkitys ravinteiden käyttäjänä on ilmennyt näissä ja muissakin, myös Helsingin yliopiston suorittamissa tutkimuksissa. Vuoden 1979 aikana laaditaan männyn osalta raportti edellisen vuoden aikana tehtyjen mittausten tuloksista. Ravinteiden kiertoa koskevaa tutkimustyötä on tarpeen jatkaa ainakin nykyisessä laajuudessaan. (40, 50, 94, 107, 124, 143, 158, 167, 180, 181)

Kaikki lannoituskokeet antavat luonnolli-

sesti tietoja eri ravinteiden ja ravinnesuhteiden vaikutuksesta puuston kasvuun. Tehostettua ravinnetalouden perusteita koskevaa tutkimustyötä tarvitaan kuitenkin niissä tapauksissa, jolloin turvemaan metsiköissä havaitaan kasvuhäiriöitä tai suoranaista puiden kuolemista. Tunnetuimpia esimerkkejä tästä ovat ravinneköyhät rahkaiset suot sekä tyyppirikkaat molinianevat ja rimpiletot, joilla joko lannoituksen turvin tai luonnostaan alunperin hyvin kasvamaan lähtenyt taimisto alkaa taantua yhden tai useamman ravinteiden puutteen takia. Yksipuolinen lannoitus – esim. typellä – kärjistää tässä vaiheessa ravinnesuhteita edelleen puiden kasvun kannalta epäedulliseen suuntaan. Tutkimuksissa on selvitetty ravinnesuhteiden merkitystä niukkaravinteisten soiden jatkolannoituksessa, ja on mm. todettu, että typen tarve voidaan arvioida neulasten N/P-suhteen perusteella. Runsaravinteisilta soilta on niukasti tietoja, joten varsinkin niillä tulisi tehostaa tutkimustoimintaa. (59, 105)

Viime vuosina on todettu, että kasvuhäiriöitä saattaa esiintyä ojitetuilla turvemailla paitsi edellä mainituissa tapauksissa myös yleisemminkin. Ilmiö näyttää niin laajalle levinneeltä, että kasvuhäiriöiden tutkimista ja torjuntamenetelmien kehittämistä varten on aloitettu erityinen tutkimusprojekti. Tähän mennessä on mm. todettu, että kasvuhäiriöpuiden maanpäällisissä osissa ja juuristoissa on ollut solurakennemuutoksia ja että niiden neulasten hivenravinnepitoisuus on yleensä alempi kuin terveiden puiden. Runsa lannoitus saattaa lisätä häiriöiden määrää. Eräissä tapauksissa on häiriöitä kyetty ehkäisemään tuhka- tai hivenlannoituksella. Paitsi Suomessa myös ulkomailla on pidetty mahdollisena, että hivenravinteiden puute voi aiheuttaa kasvuhäiriöitä. Useita tätä kysymystä selvittäviä tutkimusraportteja valmistuu lähivuosina. Projektiä on tarkoitus jatkaa ainakin vuoden 1981 loppuun asti (10, 13, 57, 60, 61, 63, 102, 112, 118, 119, 120, 121, 128, 129, 132, 133, 143, 144)

3. LANNOITUSTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN

Suometsien lannoitustarpeen määrittämisen lähtökohtana on kasvupaikkojen luokittelu niiden luontaisen ravinteisuuden perusteella sekä kenttäkoetointa, jolla selvitetään lannoituksen vaikutus puuston kasvuun eri ravinteisuusluokissa. Käytännön lannoitustoimintaa varten on kehitetty pintakasvilisyyteen ja puustoon perustuva luokitus, joka käsittää kuusi ravinteisuusluokkaa. Lannoitus suositus on annettu kullekin ravinteisuusluokalle erikseen tärkeimpien pääravinteiden tyypin, fosforin ja kaliumin osalta. Toistuvilla kenttäkoekoiden inventoinneilla pyritään varmistamaan suositusten paikkansa pitävyyden. Toistaiseksi ovat koetulokset tuoneet suosituksissa esitettyjä suuntaviivoja. (2, 4, 7, 9, 20, 94, 102, 109, 112)

Paikalliset olosuhteet saattavat aiheuttaa keskimääräissuosituksista poikkeavaa vaihtelua, joka ilmenee varsinkin arvioitaessa ensimmäistä lannoitusta seuraavan jatkolannoituksen tarvetta. Jatkolannoitusvaiheessa ei aina saada selville alkuperäistä suotyyppiä, minkä lisäksi lannoituksen laatu ja monet muutkin tekijät vaikeuttavat lannoitustar-

peen määrittämistä. Tämän vuoksi on tutkittu muita menetelmiä lannoitustarpeen arvioimiseksi.

Tällä hetkellä näyttää puiden neulasten ravinnepitoisuuksien ja niiden välisten suhteiden tutkiminen yhdistettynä puuston kasvua sekä kasvupaikkaa koskeviin tietoihin olevan verraten käyttökelpoinen ja ainakin maan kemiallista analyysiä parempi menetelmä suometsien lannoitustarpeen määrittämisessä. Myös puiden ravinnepuuteoireita on kuvattu ja niiden tarkkailu onkin eräs varsin tärkeä apukeino lannoitustarvetta arvioitaessa. Muina menetelminä on kokeiltu mm. juuristoanalyysiä. Kokeet monikaistakuvauksella, joka kenties voi osoittaa ravinteiden puutteen ennen silmin havaittavia häiriöitä, ovat lähdössä käyntiin. (76, 81, 122, 123, 131, 177, 178, 179)

Resursseja lannoitustarpeen määrittämisessä koskevaan tutkimukseen tulisi lisätä nykyisestä. Menetelmiä kehitettäessä olisi erityisesti tutkittava, voidaanko niiden avulla ennustaa lannoituksella aikaansaattava kasvunlisäys.

4. KÄYTÄNNÖN LANNOITUSOHJEISIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1. Suotyyppi

Lukuisten tutkimusten perusteella tiedetään, että turvemaat ovat ravinteisimpia lehto- ja ruohokorpiä lukuunottamatta fosfori- ja kaliköyhiä. Näiden ravinteiden lisääminen on siis lannoituksessa tarpeen. Sen lisäksi on tutkimuksissa pyritty selvittämään, millä suotyypeillä tarvitaan fosforin ja kaliumin lisäksi myös typpeä. (4, 9, 36, 54, 56, 57, 68, 91, 154, 159, 165, 166, 188, 189)

Tupasvilla- ja isovarpuisten rämeiden sekä niitä niukkaravinteisempien karujen soiden lannoituksessa on tyypin käyttö tarpeen, sillä tämän ravinteiden puute voi estää ko. suotyypeillä PK-lannoituksenkin vaikutuksen ilmenemisen. Myös piensararämeillä, etenkin niiden ollessa ohutturpeisiä, NPK-lannoitus lisää enemmän puuston kasvua kuin pelkkä PK-lannoitus. Sen sijaan lannoitettaessa ensimmäistä kertaa suursaraisia ja niitä ravinteisempia rämeitä tyypin puute ei

näytä olevan puiden kasvua rajoittava minimitekijä. (9, 36, 56, 95, 102, 105, 107)

Ojituksen vanhetessa puuston kasvu paranee, sen kuutiomäärä lisääntyy ja ravinteiden tarve samalla kasvaa. Vanhojen ojitusalueiden hyväkasvuisissa metsiköissä voi tyypin käyttö nousta tämän johdosta niin suureksi, että myös tyyppi — vaikkei se olisikaan puuston kasvuun vaikuttava minimiravinne — saattaa parantaa kasvua. Lannoitus suosituksissa esitetäänkin tyyppiä käytettäväksi turvekankailla ja muuttumilla edellyttäen, että puusto on hyväkasvuista ja täystiheää. (10, 20, 98, 103, 182)

Typpirikkaat lettosuot ovat paitsi metsäojituksen myös lannoituksen kohteina ongelmallisia. On kyllä koetuloksia, joiden mukaan PK- tai tuhkalannoitus ovat selvästi parantaneet puuston kasvua letoilla, mutta myös epäonnistumisia on todettu. Myös la-

boratoriokokeissa lettoturve on ollut lannoitettunakin esim. korpiturvetta heikompi puiden kasvualustana. Tähänastisten kokeusten perusteella on suositeltu PK-lannoitusta letoille, vaikka niiden ravinnetalous on vielä jossakin määrin puutteellisesti tunnettu. (20,85,114)

Karuilla soilla lannoitusvaikutuksen kesäaika on yleensä verraten lyhyt. Tämä johtuu siitä, että NPK-lannoituksesta huolimatta typen puute muodostuu jo vajaan 10 vuoden kuluttua puiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Sen sijaan luontaisesti typpirikkailla soilla (esim. suursara- ja ruohorämeet) on PK-lannoituksen puuston kasvua lisäävä vaikutus tavallisesti pitkäaikainen, mikäli ojitus on riittävän tehokas, (9, 21, 25, 26, 31, 36, 103, 104, 109, 112)

Vähäravinteisten soiden jatkolannoituksessa on varmintä käyttää kaikkia pääravinteita: typpeä, fosforia ja kaliumia. Pelkkä typpilannoitus lisää koetulosten mukaan vähemmän puuston kasvua kuin NPK-lannoitus. Lisäksi on todettu, että yksipuolinen typpilannoitus vaikuttaa suorastaan haitallisesti puuston kasvuun kaikkein karuimmilla rahkaisilla soilla. Samoin tulokset osoittavat, että PK-jatkolannoituskin saattaa heikentää puuston kasvua, jos käyttökelpoisen typen määrä on kasvupaikalla vähäinen. Eräiden koetulosten perusteella on arveltu, että pienillä määrillä usein toistettu lannoitus, jossa typpeä käytetään varovaisesti, antaisi karuilla soilla parhaan tuloksen. (57,59,109,111,113)

Suursaraisten ja niitä ravinteisempien soiden jatkolannoituksessa olisi kaikesta päätellen edullista, että eri ravinteiden käyttö porrastettaisiin keskenään. Ensimmäisessä lannoituksessa vaikuttaa eri pääravinteista fosfori tavallisesti aluksi voimakkaimmin puuston kasvuun, mutta varsinkin paksuturpeisilla ja ruohoisilla soilla tulee viimeistään 10 vuoden kuluttua puutetta myös kaliumista. Typen tarvetta alkaa esiintyä puuston ollessa täystiheää ja hyväkasvuista. Teoriassa olisi edullisinta antaa jatkolannoituksessa kerrallaan vain kulloinkin minimissä olevaa ravinnetta, siis aluksi fosforia sekä myöhemmin kaliumia ja ehkä typpeäkin. Käytännössä mm. työtekniset näkökohdat eivät kuitenkaan suosi tällaista menettelyä ainakaan laajoilla työkohteilla. (36,103,112,113)

Pelkän typen käyttöä runsasravinteisten soiden jatkolannoituksessa ei voida yleensä suositella. Paitsi sitä, ettei typpellä yksinään

voida paljontaan vauhdittaa puuston kasvua, on odotettavissa erilaisia kasvuhäiriöitä, kuten latvojen kuolemista. Tutkimukset ovat antaneet viitteitä siitä, että hivenravinteiden käyttö saattaa olla tarpeen jatkolannoitusvaiheessa, etenkin kasvuhäiriöiden torjumiseksi. Kokeet ovat kuitenkin vielä siksi nuoria ja tuloksiltaan vaihtelevia, että käytännön suosituksia varten tarvitaan lisätietoja. Kuitenkin jo nyt on suometsien PK-lannokseen lisätty boori. (10,13,112,129)

Lannoitteiden käytön ja suotyypin välistä riippuvuutta selvitetään lukuisissa kenttäkokeissa, joita inventoidaan kulloinkin käytävissä olevien määrärahojen puitteissa. Nimenomaan jatkolannoitustutkimusten tehostamiseksi on laadittu erityinen ohjelma. Sen mukaiset kenttätyöt aloitettiin keväällä 1973 ja niitä on jatkettu vuosittain siten, että viimeiset koekentät valmistuivat vuonna 1977.

Tämän ohjelman lisäksi jatkolannoituskokeita on perustettu jo aikaisemmin sekä etenkin 1970-luvulla monien erityiskysymysten selvittämiseksi paitsi suontutkimusosaston myös tutkimusasemien toimesta. On selvää, että tarvetta uusien kokeiden perustamiseen on edelleenkin.

42. Muut kasvupaikkatekijät

Sarkaleveys- ja ojasyvyyskokeentillä tehtyjen tutkimusten tulokset osoittavat, että turvemaiden lannoituksen vaikutus on olennaisesti riippuvainen ojituksen tehokkuudesta. Maan vesitalouden huomattava vaikutus lannoitusreaktioon on hyvin ymmärrettävissä kun otetaan huomioon, että puiden ravintoa ja vettä ottavien juurien valtaosa on aivan turpeen pintakerroksessa. Jos ojitus on heikko ja pohjavesi tämän vuoksi lähellä maanpintaa, on maan ilmatila kasvukauden aikana liian pieni juurten toiminnan kannalta. Tehokkaalla ojituksella on edullinen vaikutus paitsi juuriston toimintaan myös muun muassa juuriston syvyyteen ja mykoritsasuhteisiin. Hyvin suunniteltu ja riittävän tehokas ojitus onkin eräs perusedellytys, jotta metsikkö kannattaisi valita lannoituskohdeksi turvemaalla. (6,9,16,56,77,85,106,157)

Lannoitus olisi yleensä syytä suorittaa aikaisintaan 3–5 vuotta ojituksen jälkeen, jolloin puusto on jo elpynyt ja ravinteiden mineralisaatio vauhdittunut. Näin voidaan yhdistää ojituksella ja lannoituksella saatava

hyöty. Niukkaravinteisilla soilla, joilla lannoitus vaikuttaa varsin hitaasti puiden kasvedellytyksiin ja kasvuun, voi odotusaika olla pitempikin ja ulottua jopa päätehakkuvaiheeseen saakka. Lannoitus tulisi kuitenkin suorittaa siinä vaiheessa, jolloin puusto on vielä kasvuisaa ja elpymiskykyistä. (37, 82, 83, 186)

Ojitus toimintaa varten määritely metsäojituskelpoisuuden raja on tärkeä myös metsänlannoituksen kannalta. Luontaisesti ojituskelvottomat suot on syytä jättää — mahdollisia erikoistapauksia lukuunottamatta — kokonaan paitsi ojitus- myös lannoitustoiminnan ulkopuolelle.

Lannoituksen vaikutuksen on todettu turvemaiden kokeissa jonkin verran heikkenevän kasvukauden lämpösunnan pienentyessä. Kuitenkin mm. Oulun korkeudella voidaan lannoituksella saavuttaa vielä varsin huomattavia kasvunlisäyksiä. Kasvu on parantunut lannoituksen johdosta kaikkein pohjoisimmillakin, Kolarissa ja Sodankylässä sijainneilla, tutkimusalueilla. (99, 117)

Ravinteiden hitaasta mineralisaatiosta johtuu, että niiden puute on Pohjois-Suomessa todennäköisesti suhteellisesti suurempi kuin maan eteläisissä osissa. Helsingin yliopiston tutkimuksissa on ilmennyt, että orgaanisesti sitoutuneita ravinteita, kuten fosforia ja typpeä, voi olla samalla suotyypillä liukoisessa muodossa Pohjois-Suomessa vähemmän kuin Etelä-Suomessa. Viime aikoina on pyritty erityisesti selvittämään, lisääkö typen hidas mineralisaatio typpilannoituksen tarvetta soilla Lapissa ja muualla Pohjois-Suomessa. (187)

Typpilannoituksen tarpeen on todettu olevan Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapin eteläosissa samanlaisen kuin Etelä-Suomessakin, missä typpi ei ole männyn kasvua rajoittava minimitekijä lannoitettaessa ensimmäistä kertaa suursaraisia ja niitä ravinteisempia rämeitä.

Helsingin yliopiston tutkimuksissa on todettu, että Koillis-Lapissa (kasvukauden tehoisa lämpösomma alle 850 ddC°) PK-lannoitus ei parantanut juuri lainkaan puuston kasvua viljavillakaan suotyypeillä. Suurin kasvunlisäys saatiin NPK- ja NP-lannoituksilla. Metsäntutkimuslaitoksen koekentillä on myöhemmän tutkimuksen perusteella todettu, että PK-lannoitus lisäsi selvästi männyn kasvua ravinteisuudeltaan suursaraisilla ja ruohoisilla soilla vielä Sodankylässäkin.

NPK-lannoituksen vaikutus oli noin viiden vuoden ajan voimakkaampi kuin PK-lannoituksen, mutta typen käyttö lisäsi toisaalta kasvuhäiriöitä. Ojituksen erilainen ikä selittää ainakin osaksi esitettyjen tutkimustulosten välisiä eroja. Toistaiseksi ei typpilannoituksen käyttöä ravinteisilla soilla voida suositella Lapinkaan olosuhteissa, vaan jatkotutkimukset ovat tarpeellisia. Ojituksen ja ilmaston ym. kasvupaikkatekijöiden vaikutuksesta saadaan jatkuvasti lisätietoja inventoimalla olemassa olevia kenttäkokeita. Resurssien lisätarve on ilmeinen. (99, 112, 117, 186)

43. Puusto

Lannoitusreaktion ja puuston laadun välisen riippuvuussuhteen yksityiskohtaista tutkimista ei ole pidetty suontutkimusosaston tehtävänä sen vuoksi, että Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen osastossa on erillinen kasvu- ja tuotostutkimuksen tutkimussuunta. Kenttäkokeiden inventoinnin yhteydessä on kuitenkin saatu tietoja myös puulajin, puuston rakenteen ym. tekijöiden ja lannoituksella saavutettavan kasvunlisäyksen välisestä riippuvuudesta. Valtaosa lannoituskokeista on perustettu joko metsänviljelyn yhteydessä tai taimistoihin taikka nuoriin metsiin. Lannoitteiden käytöstä istutuksen ja kylvön yhteydessä on jo runsaasti tietoa sekä Suomesta että muista maista. Uusien kenttäkokeiden perustamiseen ei tältä osin ole enää kovin suurta tarvetta. Sama koskee myös taimistojen lannoitusta. Sen sijaan kasvatus- ja päätehakkuikäisten metsiköiden lannoituksesta tarvittaisiin lisäainestoa. Tutkimuslaitos on jo perustanut v. 1965 koesarjat varttuneisiin männiköihin ja vuosina 1973–74 varttuneisiin koivikoihin ja kuusikoihin. Männiköt on kertaalleen mitattu. Niiden uusintamittaus sekä koivikoihin ja kuusikoihin perustettujen kokeiden ensimmäinen mittaus ovat ohjelmassa vuosina 1979–80. Uusia koekenttiä tulisi kuitenkin vielä perustaa mahdollisuuksien mukaan. (9, 36, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 69, 72, 77, 78, 79, 88, 89, 105, 110, 115, 140, 141, 142, 147, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 160, 164, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 183, 184, 190, 191, 192, 193, 194)

Turvemaiden lannoitusta etupäässä puhdaita männiköitä tai mäntyvaltaisia metsiä. Tiedot muiden puulajien reagoinnista lan-

noitukseen perustuvat lähinnä metsityskoikeista saatuihin tuloksiin. Eräitä kokeita on tosin perustettu varttuneisiin koivikoihin ja kuusikoihin, kuten jo edellä todettiin. Jo mitatussa mustikkakorven kuusikon koesarjassa lannoitus vaikutti neulasten ravinnepiitoisuuteen ja puuston kasvuun samaan tapaan kuin männiköissäkin. Typpi tehosti PK-lannoituksen vaikutusta harvennusikäisessä kuusikossa, mutta ei lisännyt sanottavasti kasvua puuston ollessa uudistuskypsää. Lannoituskokeita on kuitenkin vielä liian vähän, jotta puulaji ja puuston kehitysvaihe voitaisiin ottaa riittävästi huomioon lannoitussuosituksissa. (9, 47, 49, 98, 169 ja ulkomaiset tutkimukset)

Lähes kaikki tähänastiset koetulokset osoittavat, että lannoitus lisää tiettyyn rajaan asti sitä enemmän kasvua, mitä paremmin puusto kasvaa ennen lannoitusta. Lannoitusreaktion voimakkuus on riippuvainen ennen muuta puiden latvuston ja yhteyttävän neulasiston tilasta. Puuston elpymiskykyyn ja muuhun metsänhoidolliseen tilaan onkin kiinnitettävä erityistä huomiota metsänlannoituksia suunniteltaessa ja tehtävä tarpeelliset kunnostushakkuut hyvissä ajoin ennen lannoitusta. Kasvu- ja tuotostutkimuksissa tulisi mm. selvittää lannoitusreaktion riippuvuutta metsikön kehitysvaiheesta, rakenteesta ja hakkuiden voimakkuudesta. (37, 82, 83, 185)

44. Lannoitelajit ja -määrät

Fosforilannoitelajin valinnalla on tärkein merkitys soiden metsänlannoituksessa. Yksiravinteisista lannoitteista superfosfaatti lisää nopeimmin kasvua, mutta kokonaisuudessaan se vaikuttaa puuston kasvuun lyhyemmän ajan kuin raakafosfaatti. Hyviä tuloksia on saatu myös kotimaisilla apatiiteilla. Mikäli lannoituksessa annetaan fosforin lisäksi myös kaliumia, kuten yleensä tehdään, on raakafosfaattipohjainen, myös booria sisältävä, rakeinen PK-lannos erityisesti turvemaille sopiva lannoite. Yksiravinteisena kalilannoitteena käytetään kalisuolaa. (5, 12, 23, 28, 36, 41, 75, 145, 146, 148, 149, 152, 163)

Typpilannoitteista on urea antanut turvemaiden kokeissa jonkin verran oulunsalpietaria heikomman tuloksen. Laboratoriokokeet viittaavat sekä säätelijöiden että urean tyypin voimakkaan biologisen pidättymisen turpeeseen lannoituksen jälkeen voivan olla osasy-

nä urean muita tyypilajeja heikompaan vaikutukseen. Lannoitteen hinta, levityskustannukset ja ympäristön suojeluun liittyvät näkökohdat huomioon ottaen on ureaa kuitenkin pidettävä tällä hetkellä edullisempänä typpilannoitteena edellyttäen, että levitys tapahtuu sääsuhteiden puolesta sopivaan aikaan. (5, 12, 90, 91, 92, 95, 96, 116)

Kokeita eri lannoitelajeilla on jo perustettu runsaasti ja ne antavat luotettavan pohjan lannoitelajin valinnalle. Sitä mukaa kun uusia lannoitteita kehitetään, joudutaan niiden käyttökelpoisuus turvemaiden lannoitukseen testaamaan kenttäoloissa.

Sopivaksi fosforimääräksi lannoituksessa suositellaan yleensä 100 kg P₂O₅/ha, mutta puiden kasvu paranee jo puolta pienempääkin määrää käytettäessä. Fosforimäärän noustessa lannoituksen vaikutusaika pitenee. Typpilannoituksella saatava kasvunlisäys suurenee typpimäärän noustessa ainakin 125 kg N/ha saakka. 500 kg N/ha suuremmat määrät vaikuttavat haitallisesti. Kovin pienien lannoitemäärien käyttö ei anna hyvää tulosta sen vuoksi, että suuri osa ravinteista pidättyy maahan ja pintakasvillisuuteen eikä tule puiden käyttöön. (5, 12, 23, 28, 36, 41, 90, 91, 92, 95, 96, 145, 146, 148, 149, 152)

45. Lannoitusajankohta

Hitaasti liukenevien fosforilajien, kuten raakafosfaatin, huuhtoutuminen veden sulamisvesien mukana on varsin vähäistä, minkä vuoksi niitä voidaan levittää talvellakin. Sen sijaan helppoliukoisista NPK- ja aikaisemmin myös PK-lannoitteista voi fosforia kulkeutua sulamisvesien mukana niin paljon, että lannoituksella aikaansaatava kasvunlisäys jää talvilevityksessä pienemmäksi kuin suoritettaessa levitys paljaalle maalle. Typpilannoitteista oulunsalpietari on altis huuhtoutumiselle ja mahdollisesti ureakin, jos lumikerros on paksu levitysaikana tai jos levitys suoritetaan suoraan sulavaan lumeen. (17, 32, 34, 43, 44, 86, 94)

Tarkoin ei tiedetä, mikä on lannoitteiden edullisin levitysjankohta sulan maan aikana. NPK-lannoitus antoi kokeissa kaikkina kuukausina hyvän tuloksen, joskin syyslevitys oli vaikutukseltaan jonkin verran muita parempi. Siinä tapauksessa, että halutaan mahdollisimman voimakas kasvureaktio jo lannoitusvuotena, on lannoitettava ennen puiden kasvun alkamista. Urealannoituksen

vaikutuksen on todettu riippuvan sääsuhteista. Vaikutus jää heikoksi pitkän poutajakson lopulla alunperin kostean turpeen kuivuessa. (22, 73, 86, 100, 108)

Lannoitusajankohdan merkitystä koskevaa tutkimustoimintaa on tarpeen edelleen jatkaa mm. entistä paremman käsityksen saamiseksi sääsuhteiden vaikutuksesta lannoitustulokseen.

46. Levitystekniikka

Lannoitteiden edullisimman levitystekniikan selvittämiseksi on aloitettu vuonna 1973 erityinen tutkimusprojekti, joka jatkuu eräiltä osin vielä v. 1979. Siinä on selvitetty erilaisten lannoitteiden levitysmenetelmien vaikutusta lannoitustasaisuuteen sekä saavutetun lannoitustasaisuuden merkitystä puuston kasvulle. (93, 134, 135, 136, 137, 138, 139)

Lannoitustasaisuuden perusteella arvostelun sekä käsinlevitys, lentokonelevitys että moottorikelkkalevitys soveltuvat turvemaiden metsänlannoitukseen, mikäli kutakin menetelmää käytetään siihen sopivassa kohteessa. Kokeissa oli myös puuston kasvun elpyminen jokseenkin yhtä hyvä kaikkia em. menetelmiä käytettäessä. Jos moottorikelkkalevityksessä käytetään suometsien jauhe- maista PK-lannosta, leviävät tämän mekaa-

nisen lannoiteseoksen fosfori- ja kalifraktiot eri tavalla ja ravinnesuhteet muodostuvat lannoitusalueella todellisuudessa erilaisiksi kuin on tarkoitettu ja muutos voi olla puiden kasvun kannalta epäedullinen. Tämä haitta vältetään käyttämällä rakeista PK-lannosta. Koetulokset ovat selvästi osoittaneet, että lannoitustasaisuutta parantamalla voidaan tehostaa lannoituksen vaikutusta. Tämä edellyttää huolellista töiden suunnittelua ja valvontaa. Uusien levitysmenetelmien ja koneiden, kuten helikopterin, käyttömahdollisuuksia tulee edelleen selvittää. (29, 30, 35, 137, 139)

47. Lannoituksen taloudellinen edullisuus

Turvemaiden lannoituksen taloudellisen edullisuuden tutkiminen kuuluu metsäekonomin tutkimusosaston liiketaloudellisen metsäekonomin tutkimussuunnalle. Alustavia selvityksiä on käynnissä suontutkimusosaston aineistoon perustuen ja niistä saadaan tietoja jo lähiaikoina.

Helsingin yliopistossa on tutkittu turvemaiden lannoituksen kannattavuutta pyrkimyksenä osoittaa, mikä on lannoituksen suhteellinen edullisuus erilaisilla kasvupaikoilla Suomen eri osissa. (161, 162)

5. LANNOITUKSEN SIVUVAIKUTUKSET

Eräs lannoituksen sivuvaikutuksista on puun laadun muuttuminen. Sitä tutkittiin aluksi suontutkimusosaston ja Keskuslaboratorion yhteistyönä, mutta nykyisin puun laatua koskevat tutkimukset kuuluvat metsäteknologian osaston puuteknologian tutkimussuunnalle. Myös metsätuhoista on tehty muiden tutkimusten yhteydessä havaintoja (mm. Kivisuon metsänlannoituskoe kentällä), mutta varsinainen alan tutkimustyö tapahtuu metsänsuojelun tutkimusosastossa. (14, 15, 62, 64, 65)

Veden laatua on selvitetty ojasyvyys- ja sarkaleveyskoe kentillä ja niin on perusteltua tehdä vastaisuudessakin, vaikka varsinainen vesistöjä koskeva tutkimus kuuluu lähinnä Vesihallituksen tehtäväpiiriin. Tutkimuksissa on todettu, että PK-lannoitus lisää vesistöihin tulevan fosforin ja kaliumin määrää,

joskin varsin vähän käytettyihin lannoite- määriin verrattuna. Lannoitteiden levitystä kevättalvella ja lumen sulamisvesiin on tulosten mukaan syytä välttää, siitäkään huolimatta, että tärkein turvemaiden fosforilannoite, raakafosfaatti, ei liukene lainkaan veteen. (18, 19, 24, 27, 32, 39, 43, 44, 70, 74, 101)

Metsänparannusalueilla on tehty havaintoja ja mittauksia lannoituksen vaikutuksesta metsien sivutuotantoon: riistaan, marjoihin ja sieniin. Lannoituksen vaikutus on ollut yleensä ainakin lyhytaikaisesti edullinen. Näiden tutkimusten jatkaminen on tarpeellista. Marjojen ja sienten tuotannon sekä puuntuotannon välisiä riippuvuussuhteita ja moninaiskäytössä kysymykseen tulevia lannoitus- ja muita metsänhoidollisia menetelmiä tulisi selvittää nykyistä perusteellisemmin. (8, 33, 38, 42, 125, 126, 127, 130)

KIRJALLISUUS – REFERENCES

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSESSA TEHDYT TUTKIMUKSET – RESEARCH WORK DONE IN THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

1. AVERY, M. 1975. Peatland forest fertilization bibliography 1949–75. Metsäntutkimuslaitoksen suونتutkimusosaston tiedonantaja 1 (1975).
2. HUIKARI, O. 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöä silmällä pitäen. Summary: On the determination of mire types especially considering their drainage value for agriculture and forestry. *Silva Fenn.* 75.1.
3. – 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. *Commun. Inst. For. Fenn.* 42.2.
4. – 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 5 (1961).
5. – 1964a. Erilaisten fosfori- ja typpilannoitteiden soveltuvuudesta ojitettujen suometsien lannoitukseen. *Leipä leveämmäksi* 1 (1964).
6. – 1964b. Metsänhoidon perusteista. Summary: On the principles of forestry. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 8(1964).
7. – 1967. Om gödsling av torvmarker för att öka skogens avkastning. Gödsel- och Kalkindustriernas Samarbetsdelegation. Skriftserie 9.
8. – 1972. Marjojen ja sienten tuotanto metsäojitusalueella. Summary: Berry and mushroom production in forest drainage areas. *Lapin Tutkimusseura. Vuosikirja XIII.*
9. – 1973 Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. *Metsäntutkimuslaitoksen suونتutkimusosaston tiedonantaja* 1 (1973).
10. – 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11(1974).
11. – 1975. Metsänlannoituksen kansantaloudellinen ja energiapoliittinen merkitys. *Leipä Leveämmäksi* 2 (1975).
12. – 1976. Use of different N, P and K fertilizers in forests growing on drained peat. *International Symposium of Forest Fertilization. FAO-IUFRO. Rome 1973:391–404.*
13. – 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth disturbances in trees. *Silva Fenn.* 11.3.
14. – JENSEN, W. & PALENIUS, I. 1967. Influence of fertilization of Finnish softwood grown on swamp on yield and quality of pulp. *Proceedings of the 5th Colloquium of the International Potash Institute. Jyväskylä, Finland, 1967.*
15. – JENSEN, W., VIRKOLA, N-E. & PAARLAHTI, K. 1964. Wood grown in fertilized forests as a raw material for pulp manufacture. *Paper and Timber* 8(1964).
16. – & PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. *Selustus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. Commun. Inst. For. Fenn.* 64.1.
17. – & PAAVILAINEN, E. 1970. Lannoitteiden levitysjankkohta suometsissä. *Leipä Leveämmäksi* 1(1970).
18. – & PAAVILAINEN, E. 1971a. Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö. Summary: Forest improvement works and multiple use of nature. *Folia For.* 113.
19. – & PAAVILAINEN, E. 1971b. Moorentwässerung und Moorschutz in Finland. *Allgemeine Forstzeitschrift* 40(1971).
20. – & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus 2 painos. Helsinki.
21. IPATIEV, V. & PAAVILAINEN, E. 1975. Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillärämeen männikössä. Summary: Duration of the effect of fertilization in an old pine stand growing on a cottongrass pine swamp. *Folia For.* 241.
22. KARSISTO, K. 1967. Eri ajankohtina annetun NPK-lannoituksen aiheuttamista reaktioista rämeen männyntaimistoissa. Summary: The effects of NPK fertilization at different dates on pine seedling stands. *Suo* 18.4
23. – 1968. Eri fosforilannoitelajien soveltuvuus suometsien lannoitukseen. Summary: Using various phosphatic fertilizers in peatland forests. *Suo* 19.6.
24. – 1970. Lannoituksessa annettujen ravinteiden huuhtoutumisesta turvemailta. Summary: On the washing of fertilizers from peat soils. *Suo* 21:3–4.
25. – 1972a. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of fertilizer application to peatland forests. *Suo* 23:3–4.
26. – 1972b. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. *Metsäntutkimuslaitoksen Pyhä-*

- kosken tutkimusaseman tiedonantoja 2 (1972).
27. - 1972c. Ravinteiden huuhtoutumisesta lannoitetuista suometsistä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 2 (1972).
 28. - 1973a. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikoista. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 4 (1973).
 29. - 1973b. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 5 (1973).
 30. - 1973c. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 6 (1973).
 31. - 1974a. On the duration of fertilization influence in peatland forests. Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu, Finland. 1974.
 32. - 1974b. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 13 (1974).
 33. - 1974c. Metsänparannusalueet riistan kannalta. Summary: Forest amelioration and the stocks of game. Suo 25.
 34. - 1974d. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 7 (1974)
 35. - 1975. Metsänlannoitteiden maastovarastointi. Leipä Leveämmäksi 1 (1975).
 36. - 1976a. Fosforilannoitelajit suometsien lannoituksessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6 (1976).
 37. - 1976b. Puuston elpyneisyyden vaikutus lannoitustulokseen. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 15 (1976).
 38. - 1976c. Effect of forest improvement measures on the game. Discussion paper presented at XVI IUFRO World-Congress. Oslo 1976.
 39. - 1976d. Ravinteiden lisäämisen ympäristölliset vaikutukset. Metsä ja Puu 9 (1976).
 40. - 1976e. Lisätyt ravinteet metsän ekosysteemissä. Metsä ja Puu 11 (1976).
 41. - 1977. Kotimaisten fosforirikasteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Suo 28.2.
 42. - & ISSAKAINEN, J. 1974. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 11 (1974).
 43. - & RAVELA, H. 1971a. Washing away of phosphorus and potassium from areas drained for forestry and topdressed at different time of the year. Acta Agr. Fenn. 123.
 44. - & RAVELA, H. 1971b. Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhtoutumisesta metsäojitusalueilla. Summary: Washing away of phosphorus and potassium from areas drained for forestry and topdressed at different times of the year. Suo 22:3-4.
 45. KAUNISTO, S. 1968. Lannoitettu kasvuturve metsäpuiden siementen itämisalustana. Summary: Fertilized garden peat as a substratum for germinating forest tree seeds. Suo 19.3-4.
 46. - 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Summary: Effect of fertilization, soil preparation and distance of water level on the initial development on Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. Commun. Inst. For. Fenn. 75.2.
 47. - 1972a. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä. Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. Folia For. 139.
 48. - 1972b. Effect of soil preparation and fertilization on the growth of young pine plantations on peat. Proceedings of the 4th International Peat Congress. Otaniemi, Finland. 1972.
 49. - 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetulla suolla. Summary: Afforestation of open peatlands with *Betula pubescens* and *Betula verrucosa*. Suo 24.1.
 50. - 1975a. Jyrsintämuokkaus ja lannoitteiden sijoitus männyn kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilizer placement in connection with direct seeding of Scots pine on peat. Greenhouse experiments. Commun. Inst. For. Fenn. 85.4.
 51. - 1975b. Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments. Folia For. 235.
 52. - 1976a. Aspects of nitrogen mobilization in peat. Proceedings at the 5th International Peat Congress. Poznan. Vol. II:295-305.
 53. - 1976b. Jyrsintämuokkauksen ja lannoituksen vaikutus turpeen eräisiin fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 3 (1976).
 54. - 1976c. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus metsänviljelyn onnistumiseen suolla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 3 (1976).
 55. - 1976d. Effect of rotary tilling and fertilization on certain physical and biological properties of peat. Voluntary paper presented at XVI IUFRO World-Congress, Oslo 1976.

56. — 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless sphagnum bogs. *Folia For.* 317.
57. — 1978. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus istutustaimien kehitykseen avosoilla. Välituloksia. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7 (1978).
58. — & NORLAMO, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Seloste: Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88.2.
59. — & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92.1.
60. KOLARI, K. 1977. Näkökohtia mikroravinnepuutteiden (B, Cu, Zn ja Mn) vaikutuksista kasvien aineenvaihdunnassa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 7 (1977).
61. — , PAAVILAINEN, E & RAITIO, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Summary: Pine root condition and growth disturbances. *Folia For.* 313.
62. KOSKELA, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. *Folia For.* 78.
63. KOSONEN, R & SILFVERBERG, K. 1976. Havaintoja "eskimosis" ilmiöstä männyllä Kivisuolla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8 (1976).
64. KURKELA, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. Summary: On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) and fertilization in Scots pine seedlings. *Folia For.* 14.
65. — 1975. Lannoituksen ja eräiden ympäristötekijöiden vaikutuksesta männyn taimien lumikaristeisuuteen. Summary: Incidence of snow blight on Scots pine as affected by fertilization and some environmental factors. *Commun. Inst. For. Fenn.* 85.
66. LUKKALA, O. J. 1949. Metsänkasvatusta varren ojitetujen soiden hiekoituksesta, kalkituksesta ja lannoituksesta. Koetoiminta ja Käytäntö 6 (1949).
67. — 1951. Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoin suon experimental drainage area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39.6.
68. — 1955. Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsäojituksen tukena. Summary: Soil improving substances and fertilizers as an aid to forest drainage. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 6–8 (1955).
69. MOILANEN, M. 1978. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus rämeeen luontaiseen uudistumiseen. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 17 (1978).
70. NORLAMO, M. 1976a. Lannoituksen aiheuttama fosforin huuhtoutuminen suometsistä. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6 (1976).
71. — 1976b. Effect of fertilization on bacteria in peat soil. Voluntary paper presented at XVI IUFRO World-Congress. Oslo 1976.
72. NUMMINEN, E. 1973. Auras-, lannoitus- ja puulajikoe Sodankylän Vaalolehdossa. Metsäntutkimuslaitoksen Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja 3 (1973).
73. PAARLAHTI, K. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. Summary: On the influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil. *Commun. Inst. For. Fenn.* 63.4.
74. — 1976. Ravinteiden ja humuksen huuhtoutumisesta Piipsannevan hydrologisella kokeella. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 15 (1976).
75. — & KARSISTO, K. 1968. Koetuloksia kaliumfosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. Summary: On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, and superphosphate in fertilizing peatland forests. *Folia For.* 55.
76. — , REINIKAINEN, A & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74.5.
77. PAAVILAINEN, E. 1965. Tuloksia männyn istutus- ja kylvökokeesta rahkanevalla. Summary: Results of pine planting and sowing experiment on open *Sphagnum fuscum* swamp. *Folia For.* 12.
78. — 1966a. Istutettujen männyn taimien juuriston ensi kehityksestä tupasvillärämeeellä. Summary: Initial development of root systems of Scots pine transplants in *Eriophorum vaginatum* swamp. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61.6.
79. — 1966b. Istutettujen mäntyjen ensi kehityksestä turvemaalla. *Suo* 17.4.
80. — 1967a. Lannoituksen vaikutus rämemännikön

- juurisuhteisiin. Summary: The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. *Folia For.* 31.
81. — 1967b. Juuristoanalyysin käyttömahdollisuus suometsien lannoitustarpeen selvityksessä. Summary: Potential use of root analysis in determining the fertilizer requirements of peatland stands. *Suo* 18.6.
82. — 1968a. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. Summary: On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. *Folia For.* 43.
83. — 1968b. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. *Suo* 19.5.
84. — 1968c. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskokeentällä. Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 66.1.
85. — 1969a. Sarkaleveyden vaikutus rämemännikön kasvuun Liesnevan koeojitusalueella. Summary: On the influence of drain spacing on the growth of a pine stand growing on peat. *Suo* 20.6.
86. — 1969b. Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Summary: Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. *Folia For.* 75.
87. — 1969c. Juuristojen ja kasvualustan hivenainepitoisuuksien välisestä suhteista suometsissä. Summary: On the correlation between the contents of trace elements in roots and growth substratum in certain peatland sites. *Suo* 20.2.
88. — 1970a. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. *Folia For.* 77.
89. — 1970b. Astiakokeita pinalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. *Commun. Inst. For. Fenn.* 72.1.
90. — 1971. The effect of various nitrogen fertilizers on the leader growth of pine on peatlands. *Acta Agr. Fenn.* 123.
91. — 1972a. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 77.3.
92. — 1972b. N¹⁵ urea uptake by Scots pine growing on peat. Proceedings of the 4th International Peat Congress. Otaniemi, Finland. 1972.
93. — 1972c. Lannoituksen lentolevityksen tasaisuudesta. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 3 (1972).
94. — 1973a. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using ¹⁵N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysjankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypin ottoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 79.2.
95. — 1973b. Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Summary: Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. *Suo* 24.1.
96. — 1974a. The use of nitrogen in fertilizing peatland forests. Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Jyväskylä—Oulu, Finland. 1974.
97. — 1974b. Die Einwirkung der Düngung auf die Wurzelverhältnisse der Kiefer auf Moorböden. II Intern. Symp. Ökologie und Physiologie des Wurzelwachstums. Potsdam 1971.
98. — 1975a. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. Summary: On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. *Folia For.* 239.
99. — 1975b. Typpilannoituksen tarve Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. *Suo* 26.3—4.
100. — 1975c. Urea suometsien lannoitteena. *Metsä ja Puu* 12 (1975).
101. — 1976a. Effect of drainage and fertilization on the environment. *Ecol. Bull.* 21:137—141.
102. — 1976b. Typpilannoitus ohutturpeisilla pien-sararämeillä. Summary: Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps. *Folia For.* 272.
103. — 1976c. Piipsannevan lannoituskokeiden tuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 15 (1976).
104. — 1976d. Forest fertilization on oligotrophic peatlands. Voluntary paper presented at XVI IUFRO World-Congress. Oslo. 1976.
105. — 1976e. Taimistojen lannoitus niukkaravinteisillä soilla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 3 (1976).
106. — 1976f. Metsänlannoitus niukkaravinteisillä soilla. *Metsä ja Puu* 8 (1976).
107. — 1977a. Effect of fertilization on nutrient contents of needles and litter fall of Scots pine on dwarf-shrub pine swamps. *Silva Fenn.* 11.3.
108. — 1977b. Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta turvemaalla. Summary: Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers in peatlands. *Folia For.* 300.
109. — 1977c. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 327.
110. — 1977d. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. *Folia For.* 326.

111. — 1978a. Opiti po vneseniju udobrenii na osušennich bolotach. Osušenie lesnich zemelj. Leningrad 1978: 150–156.
112. — 1978b. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: PK fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results. Folia For. 343.
113. — 1978c. Turvemaiden jatkolannoitus. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7(1978).
114. — 1978d. Rauduskoivun ja männyn ensi kehitys rimpisellä lettoturpeella. Summary: Initial development of *Betula verrucosa* and *Pinus silvestris* on peat from flarky fen. Suo 29.2.
115. — & KAUNISTO, S. 1973. Männyn koneellinen istutus MARA-istutuskoneella verrattuna käsinistutukseen avosuon metsityksessä. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 2(1973).
116. — & NORLAMO, M. 1975. Effect of nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. Seloste: Kokeita typpilannoittelajien vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn ensi kehitykseen. Commun. Inst. For. Fenn. 86.2.
117. — & SIMPANEN, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 86.4.
118. PIETILÄINEN, P. 1978. Kasvuhäiriöistä. Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 17 (1978).
119. RAITIO, H. 1977. Tallarnas växtstörningar, markens näringsbalans och mikronäringsbrist. Silva Fenn. 11.3.
120. — 1978. Pääravinlannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7 (1978).
121. — & RANTALA, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91.1.
122. REINIKAINEN, A. 1965. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungs-Versuchsfeld des Moores Kivisuo, Kirchsp. Leivonmäki, Mittelfinnland. Commun. Inst. For. Fenn. 59.5.
123. — 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Proceedings of the 5th Colloquim of the International Potash Institute. Jyväskylä, Finland 1967.
124. — 1975. Lannoituksen vaikutuksesta suoekosysteemiin. Suomen Luonto 6 (1975).
125. VEIJALAINEN, H. 1974a. Berries, mushrooms and wild life on drained peatlands. Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Jyväskylä–Oulu, Finland, 1974.
126. — 1974b. Metsäojitusalueiden sienisadosta. Summary: Mushroom production on drained peatlands. Suo 25.2.
127. — 1974c. Ojitettujen soiden sienisadoista. Sienilehti 2 (1974).
128. — 1974d. Makro- ja mikrolannoituskoekausen ”eskimosis” alueella. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6 (1974).
129. — 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26.5.
130. — 1976. Effect of forestry on the yields of wild berries and edible fungi. Ecol. Bull. 21:63–65.
131. — 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. Commun. Inst. For. Fenn. 92.4.
132. — 1978a. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa. Metsä ja Puu 2 (1978).
133. — 1978b. Kuparilannoitteiden vaikutus rauduskoivun pituuskasvuun kasvuhäiriöalueen turpeella. Kasvihuonekoe. Esituloksia. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2 (1978).
134. VIRTANEN, J. 1973a. Lannoitteiden leviämisoimaisuudet auramallisella levittimellä. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6 (1973).
135. — 1973b. Ammoniumsulfaatti Sauna-ahon lentolannoituskoeksessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 9 (1973).
136. — 1973c. Lannoitustasaisuus koneella ja käsin. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 11 (1973).
137. — 1973d. Moottorikelkkalevitin ja suometsien PK-lannokset. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 12 (1973).
138. — 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Summary: Spreading evenness in forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 86.1.
139. — & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Summary: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. Folia For. 305.

140. ADAMS, S. N. & CORNFORTH, I. S. 1973. Some short term effects of lime and fertilizers on a Sitka spruce plantation. II. Forestry 46.1.
141. – & DICKSON, D. A. 1973. Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka spruce plantation. I. Forestry 46.1.
142. BINNS, W. O. 1962. Some aspects of peat as a substrate for tree growth. Irish For. 19:32–55.
143. BRAEKKE, F. H. 1977a. Growth and chemical composition of Scots pine on nutrient-deficient peat after drainage and fertilization. Medd. Norsk Inst. for Skogforskning 33.8.
144. – 1977b. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient-poor peatland. Seloste: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus. Suo 28.3.
145. DICKSON, D. A. 1971. The effect of form, rate and position of phosphatic fertilizers on growth and nutrient uptake of Sitka spruce on deep peat. Forestry 44:17–26.
146. – 1972. Effects of limestone, phosphate and potash on the early growth and nutrient uptake of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) on deep peat in Northern Ireland. Proceedings of the 4th International Peat Congress Otaniemi, Finland, 1972.
147. – & SAVILL, P.S. 1974. Early growth of *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. on deep oligotrophic peat in Northern Ireland. Forestry 47:57–88.
148. EDWARDS, M. V. 1958. Use of triple superphosphate for forest manuring. For. Comm. Report on For. Res. (1958) 3.
149. – 1959. Effects of different forms and amounts of basic slag and mineral phosphate on the growth of Japanese larch planted on planket bog. For. Comm. Report on For. Res. (1959) 3.
150. – 1962. The progress of peatland afforestation in Britain. Irish For. 19:102–109.
151. HAUGE, T. 1971. Rotutvikling efter planting og gjødsling av gran på myr. Tidsskr. Skogbr. 79(3):314–326.
152. – 1972. Fosfatgjødsling med planting av gran *Picea abies* (L.) Karst. på myr i Vestnorge. Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstasj. 53:319–360.
153. HAVERAAEN, O. 1967. Vekst- og næringsstudier i et gjødslingsforsøk med svartgran, *Picea mariana*, på myr. Medd. Norske Skogsfor. ves. 85:137–175.
154. HEIKURAINEN, L. 1967. The effects of manuring on organic soils. Proceedings of the 5th Colloquium of Intern. Potash Institute. Jyväskylä, Finland. 1967.
155. – & LAINE, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimien kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. Acta For. Fenn. 150.
156. – , PÄIVÄNEN, J. & SEPPÄLÄ, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. Silva Fenn. 119.2.
157. – & VEIJOLA, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämmeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. Acta For. Fenn. 114.
158. HOLMEN, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Parts I–III. Studia Forest Suecica 16.
159. – 1969. Skogsproduktion på torvmark. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskr. 108:216–235.
160. JACK, W. H. 1965. Experiments on tree growing on peat in Northern Ireland. Forestry 38.1.
161. KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1973a. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueittainen vaihtelu. Summary: Regional variations in the profitability of forest drainage, forest fertilization, and afforestation. Helsingin yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisuja 11.
162. – & SEPPÄLÄ, K. 1973b. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: The variations in the profitability of forest fertilization. Silva Fenn. 7.3.
163. MacKENZIE, J. M. 1972. Early effects of different types, rates and methods of application of phosphate rock on peatland. Proceedings of the 4th Intern. Peat Congress. Otaniemi, Finland. 1972. Vol. III:531–546.
164. – 1974. Fertilizer/herbicide trials on Sitka spruce. Scott. For. 28:211–221.
165. MALMSTRÖM, C. 1952. Svenska gödslingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. Commun. Inst. For. Fenn. 40.17.
166. – , TAMM, C.O. & HANSSON, A. 1956. Om gödsling av torvmarker som medel att höja deras skogsproduktiva förmåga. Medd. K. Skogs-Lantbr. Akad. Komm. Skogl. växtnäringsfrågor 2.
167. MANNERKOSKI, H. 1970. Lannoituksen vaikutus kylvölaikkujen kasvillisuuteen. Summary: On the influence of fertilization on the vegetation appearing in seed spots. Suo 21.5.
168. – 1971. Lannoituksen vaikutus kylvösten ensi

- kehitykseen turvealustalla. Summary: Effect of fertilization on the development of Scots pine and Norway spruce plantations established by sowing on peat. *Silva Fenn* 5:105–128.
169. – 1972. Havaintoja koivun esiintymisestä Haukivahonsuon lannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of birch on fertilized peat. *Suo* 23.5.
170. – & SEPPÄLÄ, K. 1970. Lannoituksen vaikutus istutustaimien alkukehitykseen lyhytkortisella nevalalla. Summary: On the influence of fertilization on the initial development of plantations in open low-sedge bogs. *Suo* 21.1.
171. Mc CONAGHY, S. 1962. The effects of fertilizer treatments on the growth and composition of Sitka spruce. *Irish For.* 19:56–59.
172. MESHECHOK, B. 1968. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 87.
173. – 1969. Skogreising på Myr. *Norsk Skogbr.* 15:295–299.
174. – 1971. Kalkning ved skogkultur på nedbørsmyr. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 90.
175. O'CARROLL, N. 1962. The progress of peatland afforestation in the republic of Ireland. *Irish For.* 19:93–101.
176. PARKIN, K. F. 1957. Afforestation of peatlands in Northern Ireland. *Irish For.* 14:111–117.
177. PUUSTJÄRVI, V. 1962a. Turpeen typen mobilisoinnista ja sen käyttökelpoisuudesta suometsissä neulasanalyysin valossa. Summary: On the mobilization of nitrogen in peat and its usefulness in peatland forests in the light of needle analyses. *Suo* 13.1.
178. – 1962b. Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N-suhteesta neulasanalyysin valossa. Summary: On the phosphorus nutrition of wet peatland forests and on the P/N ratio in their needles. *Suo* 13.2.
179. – 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scots pine. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 1 (1965).
180. PÄIVÄNEN, J. 1970. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. Summary: On the influence of broadcast fertilization on the field layer of the vegetation of open low-sedge bogs. *Suo* 21.1.
181. – 1972. The effect of fertilization on throughfall and ground water table in peatlands drained for forestry. *Proceedings of the 4th Intern. Peat Congress. Otaniemi Finland. Vol. III:469–477.*
182. ROSVALL, O. 1977. Gødslingsforsøk på tallmossar. *Institutet för Skogsförbättring. Gødslingsinformation* 6 (1976/77).
183. SEPPÄLÄ, K. 1968. Välituloksia ojitettujen soiden viljelykoikeista. Summary: Results of seeding and planting experiments on peatland. *Suo* 19.2.
184. – 1971. Metsälannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimien alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. *Silva Fenn.* 5.2.
185. – 1972. Estimation of the effect of fertilizer application on peatlands drained for forestry. *Proceedings of the 4th Intern. Peat Congress. Otaniemi. Finland. 1972.*
186. – & WESTMAN, C. J. 1976. Results of some fertilization experiments in drained peatland forests in North-Eastern Finland. *Proceedings of 5th Intern. Peat Congr. Poznan. Poland, 1976. Vol. III: 199–210.*
187. STARR, M. & WESTMAN, C. J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. *Seloste: Helpoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa. Silva Fenn.* 12.2.
188. TAMM, C. O. 1956. Studier över skogens näringsförhållanden. IV. Effekten av kalium och fosfortillförsel till ett oväxligt bestånd på dikad myr. *Medd. Stat. Skogsforsk.* 46.7.
189. – 1965. Some experiences from forest fertilization trials in Sweden. *Silva Fenn.* 117.3.
190. THURMAN-MOE, P. 1956. Eldre og nyere skogskultur og gjødslingsforsøk på Åsmyra. *Norsk Skogbruk* 8,9 (1956).
191. VALK, U. 1972. Rezultaty udobrenija lesnych kultur na Estonskih ologotrofnich bolotah. Summary: Results of fertilizing forest cultures on Estonian oligotrophic bogs. *Metsanduslikud Uurimused* 9:124–245.
192. ZEHETMAYR, J. W. L. 1954. Experiments in tree planting on peat. *For. Comm. Bull.* 22.
193. ØDELIEN, M. & JERVEN, O. 1968. Gjødslingsforsøk i skogplanteelter på myr. *Tidsskr. Skogbr.* 76.3.
194. – 1971. Gjødslingsforsøk i skogplanteelter på myr. *Naeringshusholdning – vekst. Tidsskr. Skogbr.* 79.2.

LANNOITUSMETSIKÖIDEN METSÄTUHOTUTKIMUS

Olavi Laiho

Summary

Forest protection problems in fertilized forest

The article, based on studies in Finland and abroad, deals with the effect of fertilizer use on the health of trees. It is concluded that, so far, fertilization (mainly with nitrogen) has not caused any severe damage in our forests. However, the risk that decay will increase is apparent. The root rot fungus (*Heterobasidion annosum*) is a dangerous pathogen in our forests and may become more common as a result of mechanized timber harvesting. Many studies have also shown that

well-growing trees with high content of nitrogen represent a better substrate for decay fungi than slow-growing ones. In the nearest future it will be very important to investigate rot frequencies in refertilized sample plots and gain additional information to guide fertilization practice. So far there is no need for restrictions. However, the selection of stands to be fertilized must be made with more discrimination.

1. JOHDANTO

Lannoitus vaikuttaa puiden ja niiden tuhonaiheuttajien välisiin suhteisiin monin tavoin. Puiden kasvu paranee, latvusto tuuheetuu ja neulasten, nilan ja pintalustojen kemiallinen koostumus muuttuu. Muutokset vaikuttavat sekä puun puolustusreaktioihin että sen eri osien arvoon tuhonaiheuttajien ravintona. Toisaalta lannoitus muuttaa tuhonaiheuttajien elinmahdollisuuksia maassa sekä suoranaisesti että kilpailevan pien-

eliöstön välityksellä. Lopputulos jää riippumaan kulloisestakin lannoituksesta, kasvupaikasta, patogeenista, sääoloista ym. tekijöistä. Yleisesti ottaen näkymät ovat valoisat, sillä tuhojen syynä on usein häiriö ravitsemuksessa (2) ja niin muodoin mahdollisuudet parantaa niitä lannoituksella ovat hyvät. Sen sijaan korkean tuotoksen yhdistäminen tuhonkestävyyteen on vaikeampaa.

2. ABIOTTISET TUHOT

Maaperämme on karua, mutta ravinnesuhteet ovat kuitenkin tasapainoiset. Pahoja puutosilmiöitä ei esiinny. Poikkeuksen muodostavat vain eräät paksuturpeiset suot. Esim. karuilla rämeillä pääravinnelannoitus johtaa rehevään kasvuun, mutta varsin pian alkaa esiintyä ns. kasvuhäiriöitä. Pääverso tuhoutuu, sivuoksat tanakoituvat, puu pen-

sastuu. On ilmeistä, että häiriön primäärisenä syynä on hivenpuute (22, 23, 24). Sen seurauksena solukkojen rakenne muuttuu epänormaaliksi ja toiminta puutteelliseksi ja se johtaa pakkaskuivumiseen ym. seuraustuihin.

Lannoituksen vaikutus näkyy ensin latvustossa. Lehtivihreän määrä kasvaa ja neulasto

rehevöityy. Lannoitusta seuraavina vuosina rungon ja oksien taakka on raskaimmillaan ja lumi- sekä myrskytuhojen riski normaalia suurempi. Ruotsin viimeaikaisilla myrskya ja lumituhoalueilla onkin todettu vauriot lannoitusmetsissä muita runsaammiksi (21). Sama pätee yleisimminkin (2). Meillä on toistaiseksi tehty vain satunnaisia havaintoja.

Ylisuuri lannoitus johtaa puuston totaali-

seen tuhoon. Tarvittavat ravinnemäärät ovat kuitenkin suuria. Koivu ei aina tuhoudu, vaikka esim. tyypeä annettaisiin 5000 kg/ha (27). Männyllä alkaa 2000 kg/ha olla kriittinen. Kuusi on matalajuurisin ja kuolemista esiintyy jo tasolla 1000 kg N/ha. Käytännön lannoitusmäärät ovat ja tulevat pysymäänkin riittävän kaukana em. arvoista.

3. ELÄINTUHOT

Viime vuosina meillä on ilmestynyt joukko lannoitusmetsiköiden eläintuhoja koskevia tutkimuksia (7, 17, 18, 19). Mitään hälyttävää ei ole ilmennyt. Pientä lisäystä typpilannoitus on esim. männyin haihtuvien öljyjen määrässä eräissä tapauksissa aiheutta-

nut, mutta esim. tukkimiehentäitä ja ytimennävertäjiä ei kyseinen puutavara ole normaalia enemmän houkuttellut. Ulkomaisissa tutkimuksissa (2) korostetaan tasapainoisella lannoituksella voitavan torjua monia eläintuhoja.

4. SIENITUHOT

Karisteet ovat esimerkki sienitaudeista, joihin lannoituksella voidaan nopeasti vaikuttaa. Männykaristetta torjutaan lannoituksella säännöllisesti, samoin lumikaristetta (2). Lannoituksen kohtuullisuutta ja erityisesti kalin osuutta korostetaan tässä yhteydessä. Myös meillä on karuilla soilla tasapainottava lannoitus vähentänyt männyllä lumikaristetta (14) ja erästä koivunkin tautia (13).

Selvästi tärkeimmäksi muodostuu lannoituksen yhteydessä kysymys, miten se vaikuttaa puuston lahonkestävyyteen. Kuusen tyvilaho on metsiämme pahiten jäytävä sairaus ja sen tärkein aiheuttaja on maannousemasieni. Sama sieni aiheuttaa männyllä tyvitervastaudin. Erityisesti Keski-Euroopassa (5, 6) on todettu, että maan korkea kalkkipitoisuus ja pH-arvo sekä toisaalta alhainen kali- ja mangaanimäärä lisäävät tyvilahoa. Meidän metsämaamme puolestaan ovat lähinnä kalkkiköyhiä ja happamia, mutta silti maannousemaa esiintyy runsaasti. Se ei selvästi keskity karuille eikä viljaville maille (10, 11, 12), joskin monet käytännön miehet katsovat, että kanervatyypillä ja lehdoissa kuuset ovat terveimmät.

Lahoosiintymien laikuttaisuuden, vaikean toteamisen, hitaan kehittymisen, maaperäl-

listen tekijäin suuren vaihtelun ym. seikkojen vuoksi tiedot lannoituksen vaikutuksesta pystypuuston lahoamiseen ovat puutteelliset ja ristiriitaiset (5, 6, 8, 16, 20, 26). Meidän oloissamme muodostuu keskeiseksi tyypin vaikutusten tunteminen. Typpilannoitus lisää mm. nilan ja mantopuun typpipitoisuutta (9, 15, 17) ja se puolestaan parantaa lahottajasienien kasvua puuaineksessa (3, 4, 28). Meillä on todettu kuusen hakkuu- ja ajovaurioista lähteneiden väriköiden leviävän nopeammin lannoitetuissa kuin lannoitamattomissa metsiköissä (10). Voimakkaan lannoitus (1000 kg N/ha) ei kuitenkaan muuta kuusen lahoamisomaisuuksia nopeasti, sillä lahottajasienet viihtyvät parhaiten sydänpuussa ja se muuttuu lannoituksen seurauksena hitaammin (15). Puun typpipitoisuus kasvaa myös metsätyypin parantuessa. Vastaavasti on todettu, että OMT:llä väriköki leviää nopeammin kuin MT:llä ja VT:llä ynnä valtapuissa nopeammin kuin väli- ja aluspuissa (10, 15).

Edellä oleva merkitsee, että hyväkasvuinen puu lahoaa kitupuuta nopeammin johtuupa kasvuero maan luontaisesta viljavuudesta tai lannoituksesta. Näin kuitenkin vain, jos puuta on mekaanisesti vaurioitettu ja siten tai suorastaan ymppäämällä autettu lahon-

aiheuttaja kasvun alkuun. Aivan eri kysymys on, miten lannoitus vaikuttaa lahottajien luontaisiin iskeytymismahdollisuuksiin. Esim. nilassa on hartseja ja fenoleja, jotka estävät maannousemasiemen kasvua (1). Niiden määrä riippuu puun ravitsemuksesta (6). Korkea typpitaso merkitsee yleensä heikentynyttä kestävyyttä (1), mutta toisaalta on

lohdullista tietää, että lepiköissä sekapuuna kasvavat kuuset ovat eräät terveimmistä, vaikka typpipitoisuus niiden puuaineksessa on erittäin korkea (15). Lisätutkimuksia tarvitaan runsaasti ennenkuin lahonkestävyyteen vaikuttavat tekijät riittävässä määrin tunnetaan.

5. TUTKIMUSTARPEET

Metsäntutkimuslaitoksen vuoden 1979 työohjelmassa on neljä metsätuhoihin ja lannoitukseen liittyvää tutkimusaihetta. Vaikka useassa muussakin metsänsuojelun aiheessa sivutaan lannoitusta, olisi aihepiirin tutkimusta syytä kauttaaltaan laajentaa. Virheelinen lannoitus aiheuttaa pahojakin tuhoja, mutta oikealla menettelyllä voidaan metsän terveydentilaa parantaa siitä, mitä se luonnostaan on. Tärkeänä aihepiirinä on mainittava mm. kasvuhäiriötutkimus. Sen suoranaisten arvo puuntuotoksen nostamisessa ei tosin ole kovin suuri, mutta se antaa soveltamiskelpoista perustietoa puiden fysiologiasta kaikkia kasvupaikkojamme varten.

Keskeisin tehtävä nykyhetkellä on laho- tutkimusten vahvistaminen. Kuusen laho- ongelmien tunnettuus on pitkä. Parhailaan on männyn tyvitervastauti osoittautumassa paljon luultua yleisemmäksi. Metsän-

viljelyn, kesähakkuiden ja puun koneellisen korjuun ennustetaan parantavan mm. maannousemasiemen leviämismahdollisuuksia. Lannoituksella ei tätä lahoriskiä ole syytä tarpeettomasti lisätä. Onneksi mahdollisuudet tutkia lannoituksen vaikutuksia metsän terveydentilaan ovat nyt poikkeuksellisen hyvät. Maantutkimusosasto on luovuttanut tuhotutkijain käytettäväksi vajaat sata lannoituskoesarjaa, joista enimmäkseen on perustettu 1960-luvun alussa ja on useaan kertaan jatkolannoitettu. Näissä metsiköissä lannoituslustoitukset muodostavat jo sydänpuuta ja laholla on ollut aikaa päästä alkuun ja levitä. Aineisto tulee suuresti tarkentamaan kuvaa lannoituksen vaikutuksista metsän terveydentilaan, mutta toisaalta on jo nyt nähtävissä, että ainakin hivenaineilla tehtyjen lisäkokeiden tarve on ilmeinen (25).

6. SUOSITUKSET

Varmojen ohjeita ei metsänlannoittajalle voida tässä vaiheessa antaa. Kohtuudessa pysymistä, ravinnetasapainoa ja kasvupaikan luonteen huomioon ottavaa lannoitusta korostetaan kuitenkin yleisesti (2, 4, 5) ja se sopinee yleisohjeeksi meillekin. Kasvuennätyksiin ei tule pyrkiä ja tyypin ylisuurta ja toistuvaa käyttöä tulee välttää (1). Kuusi-koista on turvallisinta lannoittaa päte-

kuukää lähentelevät metsiköt. Riskialttein- ta on puolestaan lannoittaa toisen polven kuusikoita jo nuorelta iältä lähtien. Turve- mailla lahoriski on vähäisin. Käytännön lannoitustoiminnassa sovelletut ravinnelisäykset mahtuvat hyvin kohtuullisuuden rajoihin eikä lannoitusta ole syytä laho- tai muun tuhoriskin takia vähentää, kunhan kohteet valitaan huolella.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. ALCUBILLA, M., DIAZ-PALACIO, M. P., KREUTZER, K., LAATSCH, W., REHFUESS, K. E. & WENZEL, G. 1971. Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand der Fichte (*Picea abies* Karst.), ihrem Kernfäulebefall und Pilzhemmwirkung ihres Basts. Eur. J. For. Path. 1:100-114.
2. BAULE, H. 1973. Effect of fertilizers on resistance to adverse agencies. International symposium of forest fertilization. FAO, IUFRO. Paris 1973.
3. COWLING, E. B. & MERRILL, W. 1969. Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. Canadian Journal of Botany 44:1439-1554.
4. DILLNER, B. & RYDHOLM, S. 1969. Comparative decay susceptibility of sapwood in nitrogen-fertilizer and nonfertilizer stands of Norway spruce and Scots pine. Phytopathology 59:1022.
5. DIMITRI, L. 1976. Influence of nutrition and fertilizer use on the resistance of forest plants to fungus diseases. In Fertilizer Use and Plant Health. XII Welt Kolloquium. International Potash Symposium. Izmir.
6. – 1978. Einfluss der Düngung auf die Gesundheit der Waldbestände. Allg. Forstzeitschrift 411-413.
7. HILTUNEN, R., SCHANTZ, M. von & LÖYTTYNIEMI, K. 1975. The effect of nitrogen fertilization on the composition and the quantity of volatile oil in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) Commun. Inst. For. Fenn. 85.1.
8. HINTIKKA, V. 1972. Kuusen tyvilaho ja metsänlannoitus. Metsä ja Puu 10:5-6.
9. HÖLL, W., TRÜB, E., REHFUESS, K. E. & ALCUBILLA, M. 1975. Konzentrationsgradienten von Stickstoff, Zuckern und Adenosintriphosphat in Stammscheiben von verschieden ernährten Fichten (*Picea abies* Karst.) aus einem Stickstoffdüngungsversuch. Forstw. Cbl. 94:78-88.
10. ISOMÄKI, A. & KALLIO, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. Acta For. Fenn. 136.
11. KALLIO, T. 1961. Missä on eniten maannousemaa? Metsätaloudellinen Aikakauslehti no. 4.
12. – & TAMMINEN, P. 1974. Decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Åland Islands. Seloste: Ähvenanmaan kuusien lahovikaisuus. Acta For. Fenn. 138.
13. KURKELA, T. 1973. *Godronia multisporan* aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsänlannoituskokeissa turvemaalla. Summary: A disease caused by *Godronia multispora* groves on young *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. on fertilized peatland. Suo 24(1).
14. – 1975. Incidence of snow blight on Scots pine as affected by fertilization and some environmental factors. Seloste: Lannoituksen ja eräiden ympäristötekijäin vaikutuksesta männyn tainten lumikaristeisuuteen. Commun. Inst. For. Fenn. 85.2.
15. LAIHO, O. 1978. Lannoituksen vaikutus kuusen lahoamiseen. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7.
16. LARSEN, M. J., JURGENSEN, M. F. & HARVEY, A. E. 1978. N₂ fixation associated with wood decayed by some common fungi in western Montana. Can. J. For. Res. 8:341-345.
17. LÖYTTYNIEMI, K. 1978. Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimennävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Summary: Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae). Folia For. 348:1-19.
18. – & HILTUNEN, R. 1976a. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of scolytids. Seloste: Tyypilannoituksen ja männyn nilan haihtuvan öljyn koostumuksen vaikutus kaarnakuoriaisten orientointiin. Commun. Inst. For. Fenn. 88.6.
19. – & HILTUNEN, R. 1976b. The effect of nitrogen fertilization and terpene content on the attractiveness of pine trapping bolts to *Hylobius abietis* L. and *Pissodes pini* F. (Col., Curculionidae). Ann. Ent. Fenn. 42:185-188.
20. PECHMANN, H. v., AUFSESS, H. v. & REHFUESS, K. E. 1973. Ursachen und Ausmass von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten. Forstw. Cbl. 92:68-89.
21. PERSSON, P. 1975. Stormskador på skog. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser no. 36.
22. RAITIO, H. 1977. Tallarnas växtstörningar, markens näringsbalans och mikronäringssubst. Silva Fenn. 11:255-257.

23. - 1978. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin karulla avosuolla. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7.
24. - & RANTALA, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopie symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91.1.
25. SALONEN, K & PÄIVINEN, L. 1974. Onko boorin puute osasyynä maannouseman esiintymiseen? *Metsä ja Puu* 9:16-17.
26. SEIBT, G. 1964. Zur Frage des Einflusses von Düngung und Melioration auf die Fäule von Wurzel- und Stammholz. *Forstwiss. Cbl.* 83:101-118.
27. ULPOVAARA-GREENLEES, M. 1978. Lannoituksen vaikutus puiden juuriin ja juurisieniin. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
28. VIHAVAINEN, T. 1975. Metsänlannoituksen vaikutuksesta männyn sinistymän- ja lahonaltiuteen sekä kyllästyvyyteen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, puunsuojalaboratorion tiedonanto no. 6.

METSÄNLANNOITUKSEN KASVU- JA TUOTOSTUTKIMUS

Jussi Saramäki

Summary

Forest fertilization research concerning growth and yield

The paper deals with the wood production and mensurational aspects of forest fertilization studies and the need for research in this sector in Finland. Research emphasis today lies in the biology of repeated fertilization and in the coordination of thinnings with fertilization. According to the result of these studies it is known that the increase in volume growth produced

by fertilization is greatest in the dominant trees; particularly in the co-dominants. The development of methods for measuring the effects of fertilization is a major research topic for the future. Studying the interaction of fertilization and thinnings is another important task.

1. JOHDANTO

Vaikka lähes kaikkien metsänlannoitustutkimukseen liittyvät olennaisina osina kasvu- ja tuotostutkimuksen menetelmät ovat varsinaiset puuntuotannolliset ja mittausopilliset kysymykset jääneet lannoitustutkimuksissa toistaiseksi vähemmälle huomiolle. Tämä on ymmärrettävää, koska ensi vaiheessa on tärkeää selvittää, mitä ravinteita tarvitaan. Kun eri ravinteiden merkitys on selvitetty, tulevat kuvaan puuntuotannolliset kysymykset, jotka vasta luovat pohjan lannoituksen taloudellisten vaikutusten selvittelyyn.

Kasvu- ja tuotostutkimuksilla tarkoitetaan tässä tutkimuksia, joissa on selvitetty tai selvitetään lannoituksen vaikutusta puun eri osiin (puunmittausopilliset vaikutukset) ja metsikön puuston eri osiin, puuston rakenteeseen (puuntuotannolliset vaikutukset) sekä metsän eri käsittelymuotojen ja lannoituksen yhteisvaikutuksia.

Metsänarvioimisen tutkimusosaston puuntuotoksen tutkimussuunnan ohjelmaan lannoitustutkimukset tulivat pienessä mittakaavassa vuonna 1971, mutta toiminta tällä sektorilla laajeni vasta vuonna 1974, jolloin saatiin Metsäntutkimuslaitoksen budjetista

määräraha tutkimusten aloittamiseen. Kun puuntuotostutkimuksen omat kokeet ovat näinkin nuoria, on selvää, ettei näistä vielä ole saatu sanottavasti tuloksia. Lannoituksen kasvu- ja tuotostutkimuksia ovat julkaisseet aiemmin metsänlannoituksen perusteita tutkivat osastot; maantutkimusosasto (V i r o 1967, 1972, 1974, G u s t a v s e n ja L i p a s 1975, P u r o 1977) ja suontutkimusosasto (P a a v i l a i n e n 1968, 1975). Myös Ruotsissa on julkaistu lannoitusta koskevia puuntuotostutkimuksia (F a h l r o t h 1969, E r i c s o n ym. 1972, M ö l l e r ja R y t t e r s t e d t 1975, F r i b e r g 1974, J o n s s o n ja M ö l l e r 1977).

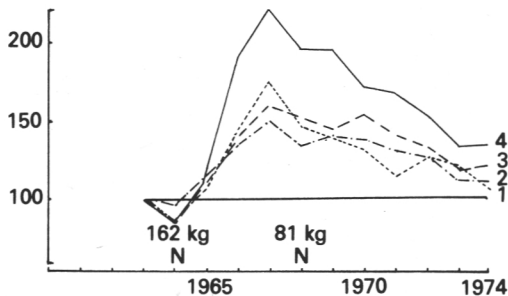
Metsäntutkimuslaitoksessa tämän hetkinen metsänlannoituksen kasvu- ja tuotostutkimus on mitä suurimmassa määrin yhteistyötä muiden tutkimusosastojen kanssa. Maantutkimusosasto on luovuttanut käytön aineistojaan hyödynnettäväksi puuntuotostomiesissä. Toisaalta puuntuotoksen tutkimussuunta on pyrkinyt ottamaan huomioon liiketaloudellisen tutkimuksen toivomukset sellaisen tiedon hankkimiseksi, jota tarvitaan lannoituksen ekonomian tutkimisessa.

2. PUUNTUOTOKSEN TUTKIMUSSUUNNAN METSÄNLANNOITUKSEEN LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

Puunmittausopillisia vaikutuksia selvitetään tutkimalla lannoituksen vaikutusta puiden runkomuotoon. Tutkimus on loppuvaiheessa ja tällä hetkellä näyttää siltä, että keralannoitus aiheuttaa useimmissa tapauksissa ohimenevän runkomuodon heikkenemisen, joka suuruusluokaltaan vastaa lievän harvennuksen jälkeen tapahtuvaa puun tyviosan vahvistumista (ks. *B r a n d e l* 1969). Alkamassa on selvitys puun latvuksen merkityksestä lannoitusreaktion suuruuteen.

Metsikköä koskevista tutkimuksista on etualalla maosaston kanssa yhteistyönä tehtävä toistuvasti lannoitettujen metsikköjen kehityksen selvittely, jossa hyödynnetään puuntuotostmielessä prof. *V i r o n* johdolla vuodesta 1958 alkaen perustettujen lannoitustestokoealojen tietoja. Ensi vaiheessa selvitetään toistuvan lannoituksen vaikutusta ensiharvennuskertymän määrään ja rakenteeseen. Toinen tärkeä aihe on lannoituksen liittyminen harvennuksiin. Selvitetään harvennustavan ja harvennusvoimakkuuden vaikutusta lannoituksella saatavaan kasvunlisäykseen. Näistä kokeista saadaan alustavia tuloksia parin vuoden kuluttua. Ruotsissa on julkaistu tuloksia ylitieiden männiköiden lannoituksesta ja harvennuksesta (*J o n s s o n* ja *M ö l l e r* 1977). Niissä todettiin lannoituksella saatavan parempi reaktio, mikäli metsikkö lannoituksen yhteydessä harvennetaan (ks. myös *H a a p a n e n* 1977). Lannoituksen ja harvennuksen synkronointiin liittyy myös pohjoismaisena yhteistyönä tehtävä tutkimus kasvatushakkuun ja lannoituksen keskinäisestä ajoittamisesta.

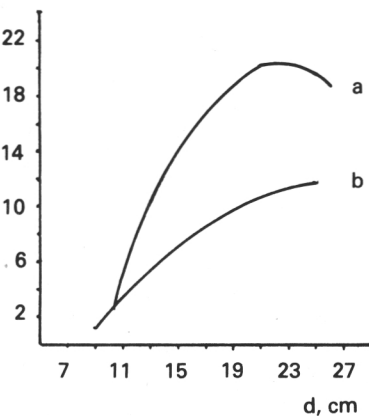
S a r a m ä k i (1978) selvitti työssään puuston määrän ja kasvukunnon merkitystä kuusikon lannoitusreaktioon. Puuston kasvukunnon todettiin vaikuttavan enemmän kuin kuutiomäärän ja iän. Metsikön aiempi kasvu ei yksin riitä kuvaamaan puun kasvukuntoa, vaan tarvitaan lisäksi tietoa yhteyttävän neulamassan määrästä. *K u k k o l a n* (1978) tutkimassa kuusikossa vallitseva latvuseros reagoi lannoitukseen absoluuttisina lukuina vallittua latvuserosta paremmin, mutta suhteellisesti ottaen tilanne oli päinvastainen. Hän totesi myös päävaltapuiden kasvunlisäyksen menevän nopeammin ohi kuin aluspuiden (kuva 1). *J o n s s o n i n* ja *M ö l l e r i n* (1977)



Kuva 1. Typpilannoituksen vaikutus suhteelliseen kuutiokasvuun eri latvuserroksissa. Vertailupuiden kasvu = 100. 1 = päävaltapuut, 2 = lisävaltapuut, 3 = välipuut ja 4 = aluspuut (*K u k k o l a* 1978).

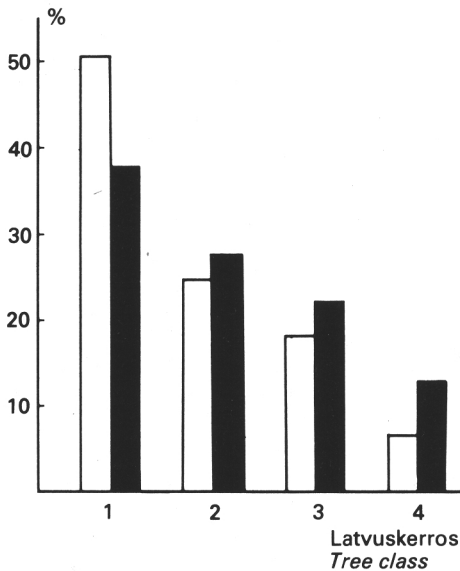
Figure 1. Effect of nitrogen fertilization on relative volume growth in different tree classes. Volume growth of control trees = 100. 1 = predominant trees, 2 = co-dominant trees, 3 = intermediate trees and 4 = suppressed trees (*K u k k o l a* 1978)

Kasvunlisäys
dm³/puu/5 v
Growth increase
dm³/tree/5 years



Kuva 2. Lannoituksella saadun kasvunlisäyksen riippuvuus puun läpimitasta harvenneissa (a) ja ylitieissä (b) männiköissä (*J o n s s o n* & *M ö l l e r* 1977).

Figure 2. Correlation between volume growth increase and diameter in thinned (a) and unthinned (b) Scots pine stands (*J o n s s o n* & *M ö l l e r* 1977).



Kuva 3. Latvuskerrosten osuudet metsikön kuutiomäärästä (vaaleat pylväät) ja kuutiokasvun lisäyksestä (mustat pylväät). 1 = päävaltapuut, 2 = lisävaltapuut, 3 = välipuut ja 4 = aluspuut (K u k o l a 1978).

Figure 3. Distribution of volume (unbatched columns) and volume growth increase (batched columns) in different tree classes. 1 = predominant trees, 2 = co-dominant trees, 3 = intermediate trees and 4 = suppressed trees (K u k o l a 1978).

tulosten mukaan harvennetuilla koealoilla parhaiten lannoitukseen reagoivat keskikokoiset puut mutta harventamattomilla koealoilla suurimmat puut (kuva 2). Aiemmin F a h l r o t h (1969) totesi hieman keskiläpimittaa suurempien puiden reagoivan parhaiten lannoitukseen. G u s t a v s e n

(1976) totesi lannoituksen lisännen erityisesti tukkipuun tuotosta.

Yhteenvedona voidaan todeta lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen keskittyvän metsikön vallitsevaan latvuskerrokseen (kuva 3).

Suuri yhteistutkimus maantutkimusosaston ja metsäekonomian tutkimusosaston liiketaloudellisen metsäekonomian tutkimussuunnan kanssa on toistuvien lannoitusten edullisuutta kangasmailla käsittelevä aihe. Työn on määrä valmistua vuoden 1980 loppupuolen mennessä, ja puuntuotoksen tutkimussuunnan osuus on toistuvilla lannoituksilla saatavan kasvunlisäyksen ennusteyhtälön laatiminen. Pyritään saamaan aikaan yhtälö, jolla voidaan ennustaa lannoitetun metsikön kasvu, kun tunnetaan tiettyjä metsikkö- ja ilmastotunnuksia sekä käytettävä lannoitelaji ja -määrä. Saman tutkimuksen yhteydessä saadaan myös tuloksia lannoituksen vaikutuksesta puutavaralajirakenteeseen. Puuntuotoksen tutkimussuunnan osuutena on muokata maantutkimusosastolta saatu aineisto taloudellisten vaikutusten selvittämistä varten tarvittavaan muotoon. Maantutkimusosaston kanssa yhteistyönä selvitetään lannoitukseen läheisesti liittyvää kysymystä metsikön ravinnetaseesta ja siitä erityisesti kokopuun korjuun vaikutusta harvennusemetsikön puuntuotokseen. Tästä työstä pyritään saamaan ennakkotuloksia ensi vuoden aikana.

Mainittujen tutkimusten lisäksi on ainakin Tehdaspuu Oy:llä ja Enso-Gutzeit Oy:llä (ks. H a a p a n e n 1977) meneillään omia lannoituksen puuntuotosvaikutuksia selvittäviä kokeita. Tehdaspuu Oy:n kokeista saadaan mittaustuloksia kuluvan vuoden aikana. Myös Kemira Oy on yhdessä eri metsäyhtiöiden ja metsähallituksen kanssa suorittanut omia kokeitaan.

3. KASVU- JA TUOTOSTUTKIMUKSISSA OLEVAT PUUTTEET

31. Mittausmenetelmien kehittäminen

Lannoituksia edeltänyttä kasvuja on käytetty ja käytetään edelleenkin kuvaamassa metsikön kasvuja lannoittamattomana. Kuitenkin riippuvuus kahden kasvujakson välillä heikkenee, mitä kauempana nämä jaksot ovat, ts. lannoitusta edeltänyttä jaksoa voi-

daan käyttää kovarianttina ensimmäisen lannoituksen vaikutuksen selvittämisessä. Esim. kolmannen lannoituksen jälkeisen kasvun osalta riippuvuus ei ole enää yhtä selvä. Edellä oleva pitää paikkansa vaikka olisi lannoittamaton vertailukoeala. Näyttääkin siltä, että olisi ryhdyttävä puhumaan lannoitetun puuston ja vastaavasti lannoitta-

mattoman puuston kasvusta. Näiden erotus kuvaisi lannoituksella saatavaa kasvunlisäystä keskimäärin ja pitkällä tähtäimellä. Se ei kuitenkaan kuvaa millään yksittäisellä lannoituskerralla saatavaa kasvunlisäystä. Toistuvan lannoituksen jälkeinen kasvu, jos lannoitus lopetetaan, on toistaiseksi selvittämättä.

Jotta muutokset runkolukusarjassa ja puutavaralajirakenteessa saataisiin selville, täytyisi kaikki tunnukset mitata mahdollisimman tarkasti ts. läpimitat millimetrin ja pituus desimetrin tarkkuudella. Mittaustarkkuuden parantamisesta hyötyvät eniten puuntuotostutkimukset ja liiketaloudelliset tutkimukset. Mittaustarkkuuden parantamisen voisi ottaa uusia kokeita perustettaessa lähtökohdaksi nyt, kun Metsäntutkimuslaitoksella on juuri valmistunut monipuolinen laskentaohjelmisto, jota käyttäen lisääntynyttä mittaustarkkuutta voidaan täysimääräisesti käyttää hyväksi.

32. Puuttuvat puuntuotostutkimukset

Suurin puute on tällä hetkellä kasvatushakkuiden ja lannoituksen synkronoinnissa; kuinka ja mihin aikaan metsää tulisi käsitellä lannoituksen yhteydessä. Kysymyksestä on meneillään tutkimuksia, jotka ovat nuoria eivätkä vielä vastaa kysymykseen. Erityisesti puuttuu laajempia tutkimuksia hakuutuvan ts. yläharvennus- tai alaharvennusperiaatteiden soveltamisesta lannoituksen

yhteydessä. Samaan asiaan nivoutuu erilaisien puiden reagointi lannoitukseen. Millaiset puut reagoivat hyvin lannoitukseen ja miten ne voidaan tunnistaa harvennettaessa.

Viljelymetsien oksaisuuden herättäessä yhä suurempaa huolta kaivataan tietoa myös toistuvan lannoituksen vaikutuksesta puuston tekniseen laatuun. Koska karsimalla pyritään laatupuun kasvatukseen, tarvittaisiin tietoa karsinnan ja lannoituksen yhteisvaikutuksista. Voidaanko karsintakorkeutta nostaa ja korvata kasvutappio lannoituksella. Kuinka kasvunlisäys jakautuu karsittujen ja karsimattomien puiden kesken. Tutkimukset ovat alullaan suontutkimusosastolla ja myös puuntuotoksen tutkimussuunnalla.

Eräs tärkeä osa-alue, josta on hyvin vähän tietoa, ovat turvemaiden lannoituksen puuntuotannolliset vaikutukset. Suontutkimusosastolla on käynnissä asiaa koskevia tutkimuksia, mutta turvemaiden lannoituksen laajuus edellyttäisi intensiivisempää tutkimusta. Soilla tulee kangasmaita korostuneemmin esiin sekametsiköiden lannoitus ja tähän liittyvä metsien käsittely. Lannoitusvaikutuksen jakaantumisesta eri puulajien kesken tiedetään toistaiseksi varsin vähän (ks. V i r o 1974).

Koska varsinaiset lannoituksen puuntuotostutkimukset ovat vielä nuoria, on tällä sektorilla tiedon puute huomattava. Tilanne korjaantuu toivottavasti nykyisten kokeiden vanhetessa.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

- BRANDEL, G. 1969. Studier över gödslingens inverkan på trädens tillväxt och form. Licentiatavhandling i ämnet skogsproduktion vid Skogshögskolan. Moniste. 132 s.
- ERICSON, B., FRIBERG, R. & NÖMMIK, H. 1972. Ett doseringsförsök i tall. Föreningen skogssträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1971:87–110.
- FAHLROTH, S. 1969. Diameterökningen i gödslade bestånd – dess storlek och fördelning på diameterklasser. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1968:78–90.
- FRIBERG, R. 1974. Jämförelser mellan träds volym-, grundyte- och höjdtillväxt efter gödning. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1973:76–123.
- GUSTAVSEN, H. G. 1976. Miten puut reagoivat lannoitukseen varttuneissa metsiköissä? Metsä ja Puu n:o 4:15–18.
- , LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia For.* 246:1–20.
- HAAPANEN, T. 1977. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus nuorten metsien kasvuun. Metsänhoitotieteen laudaturtyö metsätutkintoa varten. 44 s.
- JONSSON, S. & MÖLLER, G. 1977. Gödslings- och gallringseffekter i överslutna tallbestånd. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1976:62–116
- KUKKOLA, M. 1978. Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyyppin kuuksossa. Abstract: Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site. *Folia For.* 362:1–15.
- MÖLLER, G. & RYTTERSTEDT, P. 1975. Gödslingseffektens varaktighet och förlopp hos tall och gran. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1974:75–97.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. Summary: On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. *Folia For.* 43:1–15.
- 1975. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. Summary: On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. *Folia For.* 239:1–10
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. *Folia For.* 304:1–15.
- SARAMÄKI, J. 1978. Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Abstract: Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland. *Folia For.* 352:1–14.
- VIRO, P. J. 1967. Forest Manuring on Mineral Soils. Medd. Norske Skogforsöksv. Nr. 85, Bind XXIII: 113–136.
- 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. *Folia For.* 138:1–19.
- 1974. Fertilization of birch. Seloste: Koivun lannoitus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 81 (4):1–36.

LANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUN LAATUUN

Seppo Kellomäki

Summary

Effect of fertilization on wood quality

The review of literature shows that considerable changes occur in wood quality as a result of forest fertilization. Especially, the application of nitrogen fertilizers affects the technical and chemical properties of wood. Increased amounts of branches and decreased basic density of wood are the most important changes

as regards the properties of the raw wood material needed in mechanical wood processing industry. These changes are also important in pulp and paper industry, but their influence on paper products appears to be negligible.

1. JOHDANTO

Metsänlannoitus parantaa ratkaisevasti puiden ravinteiden saantia. Muuttunut ravinnetalous heijastuu kaikkiin kasvun eri vaiheisiin: fotosynteesiin, fotosynteesituotteiden saatavuuteen ja sijoittumiseen sekä solukkojen kasvuun. Tämän seurauksena puun eri osien – esimerkiksi latvuston, rungon ja juurten – kasvussa havaitaan muutoksia, jotka ilmenevät myös syntyvän

puuaineen ja koko puun laadussa ja käyttökelpoisuudessa teollisiin tarkoituksiin. Tekniseltä kannalta ovat tärkeitä muutokset esimerkiksi puuaineen tiheydessä, oksaisuudessa ja kuoren osuudessa sekä puuaineen kemiallisissa ominaisuuksissa. Seuraavassa luodaan lyhyt katsaus näihin ilmiöihin sekä Metsäntutkimuslaitoksessa että muualla tehtyjen tutkimusten perusteella.

2. LANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUAINEN TIHEYTEEN

Puuaineen tiheydellä tarkoitetaan puun massan ja tilavuuden suhdetta (esim. kg/m³). Sahateollisuudessa tiheyttä käytetään mm. kuvaamaan puun mekaanisia ominaisuuksia, sillä puuaineen tiheyden ja puun mekaanisten lujuusominaisuuksien välillä on voimakas positiivinen riippuvuus (vrt. esim. S i i m e s ja L i i r i 1952). Massateollisuudessa kuitupuun tiheys vaikuttaa sekä massan saantoon että paperin laatuun. Esimerkiksi paksuseinäisten kesäpuusolujen osuus kohoaa puun tiheyden kasvaessa, mikä merkitsee pienempää puun kulutusta massan

keitossa ja suurempaa paperin repäisyjuut-ta.

Metsäntutkimuslaitoksessa suoritettujen tutkimusten (S a i k k u 1975a, 1975b) mukaan vain typpilannoitus vaikuttaa eri puulajien puuaineen tiheyteen. Tämä johtuu kahdesta seikasta. Ensinnäkin tyyppi on kangasmailla ainoa ravinne, joka lisää merkittävästi luston paksuutta. Toiseksi typpilannoitus muuttaa puuaineen muodostumistapah-tumaa siten, että kesäpuun muodostuminen viivästyy ja sen osuus vuosilustossa jää vähäiseksi (vrt. esim. B r i x 1972). Koska ke-

vätpuun tiheys on korkeintaan vain puolet kesäpuun tiheydestä (vrt. K o l l m a n & C o t ' e 1968, s. 174), on ymmärrettävää, että vuosiluston tiheydessä kokonaisuutena tapahtuu alenemista.

S a i k u n (1975b) mukaan 100 – 200 kg suuruinen typen lisäys hehtaaria kohti vähentää männyn puuaineen tiheyttä keskimäärin 2,5 % ja kuusen puuaineen tiheyttä 4,1 %. Samaan aikaan tapahtunut kuutiokasvun lisäys oli 31 % ja 26 %. Mäntyyn ja kuuseen verrattuna koivun puuaineen tiheys sen sijaan laskee vähän, 1 – 2 % lannoittamattomiin koealoihin verrattuna. Tiheyden aleneminen näyttää kuitenkin riippuvan typpilisäyksen suuruudesta. Esimerkiksi E r i c s s o n i n ym. (1971) mukaan 180 kg typpilisäys hehtaarille alentaa männyn puuaineen tiheyttä 5 % ja 600 kg typpilisäys hehtaarille alentaa tiheyttä 13 %.

Tiheyden alenema on jossain määrin riippuvainen kasvupaikan laadusta. S a i k u n (1975b) mukaan männyn puuaineen tiheys aleni mustikkatyypin kasvupaikalla keskimäärin 2,3 % ja puolukkatyypin kasvupaikalla 3,2 %, ja se oli suoraan verrannollinen lannoituksen aiheuttaman kasvureaktion suuruuteen. Myös kuusen puuaineen tiheyden alenema riippuu kasvupaikan laadusta. Keskimääräinen alenema käenkaali-mustikkatyypin kankailla oli 1,3 %, mustikkatyypin kankailla 5 % ja puolukkatyypin kankailla 4,6 %. Variksenmarja-puolukkatyypin kasvupaikoilla on tiheyden alenema yksitistästapauksissa ollut jopa 9,6 %.

Puuston iällä ei havaittu olevan vaikutusta lannoituksen aiheuttamaan tiheyden alene-

maan. Aikatekijä on kuitenkin sikäli tärkeä, että tiheyden alenema on suurinta välittömästi lannoitusta seuranneina kasvukausina (S a i k k u 1975a). Myöhemmin tiheyden alenema vähenee kasvureaktion alenemisen myötä, ja lannoitetuissa puissa on voitu havaita jopa lievää puuaineen tiheyden kasvua. Havainnot tästä ilmiöstä ovat kuitenkin vähäisiä eikä sen luonnetta tunneta. Luultavasti se liittyy puun vanhenemisessa tapahtuvaan puuaineen tiheyden kasvuun, minkä säätelyjärjestelmää lannoitus muuttaa (vrt. esim. H a k k i l a 1966).

Lannoituksella saatava kuiva-ainetuotoksen lisäys riippuu tilavuuskasvun ja puuaineen tiheyden muutoksesta. S a i k k u (1975b) esittää seuraavan jaotelman lannoituksen aiheuttamasta todellisesta kuiva-ainetuotoksesta verrattuna kasvunlisäykseen.

	Mänty			Kuusi		
	MT	VT	CT	OMT	MT	VT
	m ³ /ha/a					
Kasvun lisäys lannoitettaessa	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1
Todellinen kuiva-ainetuotoksen lisäys kuutiometreiksi muunnettuna	1,0	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9

Voidaan havaita, että tässä tapauksessa todellinen kuiva-ainetuotoksen lisäys on 10 – 20 % alhaisempi kuin pelkän kuutiokasvun lisäyksen perusteella on pääteltävissä.

3. LANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUN KUOREEN

S a i k u n (1973) mukaan 200–400 kg typpilannoitus hehtaarilla vähentää mäntyrunkojen keskimääräistä kuoriprosenttia yhdellä yksiköllä lannoittamattomiin puihin verrattuna. Ero on suurimmillaan pienissä, alle 10-metrisissä puissa ja vähenee puiden pituuden kasvaessa. Yli 20 metrin pituisissa puissa ero lannoittamattomien ja lannoitetujen puiden välillä on enää noin puoli prosenttia. V i r o n (1965) mukaan typpilannoitus edistää rungon läpimitan kasvua niin voimakkaasti, että tapahtuu tavallista runsaammin kuoren hilseilyä. Tämän vuoksi

myös kuoren suhteellinen osuus pienenee.

Myös kuoren paksuudessa havaitaan lannoituksen aiheuttamia muutoksia. S a i k u n (1973) mukaan oli kuoren paksuus lannoitetujen puiden tyvellä keskimäärin 1 mm pienempi kuin lannoittamattomissa puissa puun koosta riippumatta. Myös K a r s i s t o ja P a a v i l a i n e n (1969) ovat kiinnittäneet huomiota samaan ilmiöön ojitetulla turvealustalla kasvavissa männyissä. Havaitut erot näyttävät kuitenkin rajoittuvan puun tyviosaan, sillä S a i k k u (1973) havaitsi niiden tasoittu-

van jo 2 metrin korkeudella. Hilsekuoren alueella, noin neljännesrungosta ylöspäin ei eroja ole havaittu, vaan hilsekuoren paksuus pysyy jokseenkin muuttumattomana myös lannoitetuissa puissa.

Kaiken kaikkiaan lannoituksen vaikutus puun kuoren määrään on vähäinen. Havaittu

0,5–1,0 % suuruinen alenema kuoren määrässä merkitsee kuorimäärältään 13,5 tilavuusprosentin puustossa 4 % vähennystä kuoren kokonaistilavuuteen. Ilmiö näyttää samanlaiselta kuin siirryttäessä huonosti kasvavalta paikalta viljavammalle kasvupaikalle (S a i k k u 1973).

4. LANNOITUKSEN VAIKUTUS OKSAISUUTEEN

Lannoituksen vaikutusta puiden oksaisuuteen ei tunneta, eikä siitä ole systemaattisiin havaintoihin perustuvia tutkimuksia. On kuitenkin luultavaa, että ravinnelisyäkset lisäävät oksaisuutta, nopeuttavat latvuksen kasvua ja hidastavat sen karsiutumista. Ilmiö on otaksuttavasti samanlainen kuin kasvupaikan laadun vaikutus puiden oksaisuuteen. Tällöin varsinkin latvuksen karsiutuminen ja yksittäisten oksien läpimitat kuvastavat, missä määrin oksia runkopuussa tulee esiintymään.

U s v a a r a n (1974) tutkimusten mukaan on latvuksen osuus varttuneissa, viljellen syntyneissä männiköissä puolukkatyyppin kasvupaikoilla keskimäärin 55–57 % puun pituudesta, mustikkatyyppin kasvupaikalla 57–60 % ja käenkaali-mustikkatyyppin kasvupaikalla 60–63 %. Erot eivät ole suuret, mutta riittänevät osoittamaan millaisia muutoksia latvuksen kokonaisuudessa ilmenee lannoituksen seurauksena. Luultavasti

myös oksien paksuus keskimäärin lisääntyy, kuten kasvupaikan laadun ja oksien paksuuden välisestä suhteesta voidaan päätellä. Jos elävän latvuksen paksuimpien oksien paksuutta puolukkatyyppin kasvupaikalla merkitään 100:lla, niin vastaava arvo mustikkatyyppin kasvupaikalla on 109 ja käenkaali-mustikkatyyppin kasvupaikalla 124 (vrt. U s v a a r a 1974).

Päätelmänä lannoituksen vaikutuksesta puun oksaisuuteen voidaan todeta, että lannoitus luultavasti aina nopeuttaa latvuksen kasvua ja hidastaa sen karsiutumista. Varsinkin harvassa kasvatettavissa puustoissa oksaisuusongelma voi olla vakava. Tiheissä puustoissa ja kasvattamalla puustot tiheinä nämä ongelmat ovat ilmeisesti pitkälle vältettävissä. – Käytännössä oksaisuuskysymys ei kuitenkaan liene olennainen, koska ensisijaisesti pyritään lannoittamaan jo varttunutta puustoa. Tällöin lannoituksella ei ole enää vaikutusta tyvitukin oksaisuuteen.

5. LANNOITUKSEN VAIKUTUS PUUAINEEN KEMIALLISIIN OMINAISUUKSIIN

Puuaineen tiheyden ja massan saannon väliseen riippuvuuteen viitattiin jo edellä. S a s t r y ym. (1972) olettavat tiheyden aleneman liittyvän eri selluloosasolujen suhteissa tapahtuviin muutoksiin. Myös E t t e r i n (1972) sekä L ö y t t y n i e m e n ja H i l t u s e n (1976) havainnot viittaavat perusteellisiin muutoksiin puuaineen kemiallisissa ominaisuuksissa ja koostumuksessa. Varsinkin tyypilannoitus aiheuttaa muutoksia (vrt. B r i x 1972), jotka ovat havaittavissa myös selluloosan ja siitä valmistetun paperin ominaisuuksissa.

Eriyisesti kevätpuuosuuden lisääntymisen vaikuttaa puun massateknisiin ominaisuuksiin. Saanto pienenee, mutta toisaalta massan vaaleus lisääntyy ja kuidun pituusy-

sikön massa vähenee (vrt. J e n s e n ym. 1964, 1967). Kevätpuukuitujen runsaus parantaa toisaalta massan jauhautuvuutta. Tällaisesta massasta valmistetun paperin repäisyjuisuus on tosin pienempi kuin paperin, joka on valmistettu lannoittamattomasta puusta. Runsaasti kevätpuukuituja sisältävä massa on kuitenkin edullista pyrittäessä valmistamaan tasapintaista painopaperia, jonka puhkaisu- ja vetolujuuden tulisi olla suuri (vrt. S a i k k u 1975). Typen lisäksi voivat myös muut ravinteet, etenkin kali ja fosfori, vaikuttaa puuaineen teknisiin ominaisuuksiin ja massan saantoon. Yleisesti ottaen lannoittamatta ja lannoittaen kasvatettua puuainetta pidetään kuitenkin samanarvoisina selluloosan ja paperin valmistuksessa.

6. PÄÄTELMIÄ

Erityisesti typpilannoituksen on havaittu aiheuttavan varteen otettavia muutoksia puuaineen laadussa. Varsinkin lannoitettujen puiden todennäköinen oksaisuus ja puuaineen alentunut tiheys voivat alentaa oleellisesti mekaanisen puunjalostuksen tarvitse-

man raaka-aineen laatua. Lannoitus muuttaa myös puuaineen massateknisiä ominaisuuksia. Valmiissa lopputuotteessa näiden muutosten merkitys näyttää kuitenkin jäävän vähäiseksi.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

- BRIX, H. 1972. Nitrogen fertilization and water effects on photosynthesis and earlywood – latewood production in Douglasfir. *Can. J. For. Res.* 2:467–478.
- ERICSSON, B., FRIBERG, R. & NÖMMIK, H. 1971. Ett doseringsförsök i tall. Föreningen Skogsträdsförädling och Institutet för Skogsförbättring. Årsbok 1971:87–110.
- ETTER, H. M. 1972. Effect of nitrogen nutrition upon sugar content and dry weight of juvenile lodgepole pine and white spruce. *Can. J. For. Res.* 2:434–440.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Seloste: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61.5.
- JENSEN, W., HUIKARI, O. & PALENIUS, I. 1967. Influence of fertilization of Finnish softwood grown on swamp on yield and quality of pulp. Proceedings of colloquim on Forest Fertilization, Jyväskylä/Finland 1967, pp., 332–340. International Potash Institute. Bern.
- , VIRKOLA, N-E., HUIKARI, O. & PAARLAHTI, K. 1964. Wood grown in fertilized forests as a raw material for pulp manufacture. *Paper and Timber* 46(8):443–452.
- KARSISTO, K. & PAAVILAINEN, E. 1969. Parkanon tutkimusaseman koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta kuoreen. *Moniste*. Helsinki.
- KOLLMAN, F. & CÔTÉ, W. A. Jr. 1968. Principles of wood science and technology. I. Solid wood. Berlin.
- LÖYTTYNIEMI, K. & HILTUNEN, R. 1976. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of *Scolytids*. Seloste: Typpilannoituksen ja männyn nilan haihtuvan öljyn koostumuksen vaikutus kaarnakuoriaisten orientointiin. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88.6.
- SAIKKU, O. 1973. Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla. Summary: The effect of fertilization on the amount of the bark of Scots pine in forest land. *Folia For.* 184.
- 1975 a. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and common birch (*Betula verrucosa*). *Commun. Inst. For. Fenn.* 85.5.
- 1975 b. The effect of fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). A densitometric study on the X-ray chart curves of wood. Lyhennelmä: Lannoituksen vaikutuksesta männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyteen. Densitometritutkimus puuaineen röntgenkuvista. *Commun. Inst. For. Fenn.* 85.3.
- SASTRY, C. B. R., KOZAK, A. & WELLWOOD, R. W. 1972. A new approach evaluation of wood from fertilized trees. *Can. H. For. Res.* 2:417–426.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymännikössä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80.2.
- VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Seloste: Metsän lannoituksen arvioiminen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 59.3.

METSÄNLANNOITUKSEN KANNATTAVUUS

Kari Keipi

Summary

Profitability of forest fertilization

The paper first views the alternative criteria for evaluating the profitability of forest fertilization. The internal rate of return and present net value methods are recommended. Then some examples of the profitability of fertilizing stands on *drained peatlands* with PK (20-20) and NPK (15-20-15) fertilizers are presented. The internal rates of return vary between some 8-14 percent in Southern Finland and around 5 percent in Northern Finland. The variance, however, is great.

The major emphasis of the paper lies on assessing the profitability of fertilizing mature pine and spruce stands on *mineral soils*. According to the results of Gustavsen and Lipas (1975) the *increment increase* due to fertilization is approximately a linear, increasing function of the fertilizer doses of 60-240 kg/ha N. The NPK fertilizer (18-12-6) produces the highest, urea (46 % N) the lowest increment increase. The growth effect of ammonium nitrate (26 % N) is somewhere in between. The studies also indicate that during the five year period considered, the increment increase has been greater in pine than in spruce stands. The response is higher in South than in North Fin-

land. Also the *profitability* of pine stand fertilization is greater than that in spruce stands; fertilization in the South is more advantageous than that in the North. The optimal dose lies around the 150 kg/ha N applied to day.

The economically best fertilizers on mineral soils are urea and ammonium nitrate. In South Finland a 5 to 20 percent and in North Finland a 0 to 10 percent real internal rate of return can be expected from forest fertilization investments in proper stands (for proper stands, see other papers of this publication). In pine stands even higher gains are possible.

The results presented in this paper are preliminary. The newly gained outcomes of the biological-technical research of the Institute will enhance four more concise economic studies to be published 1980-81. One of them will deal with profitability of fertilizing mature stands on drained peatlands. The other three will concern mineral soils. Those three projects will analyze the forest owners' fertilization decisions under uncertainty, the economically optimal timing of cut after fertilization and the profitability of repeated fertilizations.

1. JOHDANTO

Metsänlannoitustutkimuksissa taloudelliset selvitykset ovat ketjun viimeinen vaihe. Lannoituksen biologis-tuotosopilliset kysymykset ovat monisäikeisiä ja tulosten tuottaminen vie pitkän ajan. Jos taloudellisia laskelmia päätöksentekijöiden käyttöön kaikesta huolimatta halutaan saada, on laskelmiin tutkimustulosten puuttuessa tehtävä oletuksia lannoituksen vaikutuksista. Näiden ole-

tusten tekemiseksi on biologis-, teknis- ja tuotosopillisten tutkijoiden oltava läheisessä yhteistyössä. Tällaiseen kanssakäymiseen on turvauduttu myös tätä esitystä valmisteltaessa. Olen kiitollinen erityisesti Eino Mälkösen ja Eero Paavilaisen antamasta avusta tehtyjen laskelmien pohjana esiintyvien oletusten täsmentämisessä.

2. KANNATTAVUUDEN LASKENTAMENETELMÄT

Metsäntutkimuslaitoksen metsäekonomin tutkimusosastossa on laadittu metsänlannoituksen kannattavuuslaskelmia noin kymmenen vuoden aikana. Tuloksena on kaksi laajajakoa tutkimusta. Niistä toinen koskee tyypilannoituksen kannattavuutta varttuneissa kangasmaiden männiköissä ja kuusikoissa (Keipi ja Kekkonen 1970). Toinen käsittelee kannattavuuslaskelmien teoriaa (Keipi 1972). Lisäksi osastossa on julkaistu kymmenkunta lannoituksen edullisuutta koskevaa artikkelia. Taloudellisia laskelmia ovat eri yhteyksissä tehneet mm. Huikari, Keltikanen ja Seppälä sekä Mälkönen, Paavilainen, Riihinen, Salonen, Sarämäki ja Viro. Edellämäinuituissa selvityksissä kannattavuutta laskettaessa ei ole otettu huomioon lannoituksen riistalle, marjoille ja sienille tai vesistöille aiheuttamia hyötyjä tai haittoja. Myös tässä esityksessä keskitytään pelkästään puun tuottamisen kannattavuuteen.

Kannattavuutta voidaan mitata monella eri tavalla. Tavanomaisimmat ovat katetuotomenetelmä, nykyarvomenetelmä ja sisäisen koron menetelmä. Katetuottolaskelmassa tarkastellaan, paljonko nimellisesti rahaa lannoitus on hehtaaria kohden tuonut, kun syntyneen lisäpuun arvosta vähennetään lannoituskustannus. Yksinkertaistettu esimerkki:

Kasvunlisäys 10 m ³ /ha á 100 mk	= 1000 mk/ha
Lannoituskustannus	= 400 mk/ha
Katetuotto	= 600 mk/ha

Tällaisen laskelman puutteellisuus on helppo osoittaa. Yksityismetsänomistajista suurin osa saa lannoitushankkeelleen valtion lainaa 3 tai 5 %:n korolla. Siten heidän kannattaa ennen lannoittamista varmistua siitä, että nimelliskoroksi tulee vähintään 3 tai 5 %. Ei yhtiöille eikä valtiollekaan lannoitusraha ole ilmaista. Lannoitukseen ei luonnollisesti kannata ryhtyä, jos vaihtoehdot antavat samalle rahamäärälle paremman koron. Jotta voitaisiin tietää, kuinka edullista lannoitus on muihin sijoituksiin verrattuna, on käytettävä sisäisen korkokannan tai nykyarvon menetelmää. Korkoa on laskelmissa käytettävä, jos investointi ulottuu pitkälle

ajanjaksolle. Näin on metsänlannoitusinvestoinneissa. Maatalouden lannoitusinvestoinnit ovat lyhytjaksoisia. Niiden kannattavuuden tutkimiseen soveltuu myös katetuottolaskenta.

Nykyarvomenetelmässä tarkastellaan, paljonko tietyn korkovaatimuksen ylittävää puhdasta rahaa lannoitus on hehtaaria kohden tuottanut. Siinä tuotetun lisäpuun diskontatusta arvosta vähennetään lannoituskustannus. Yksinkertaistettu esimerkki, kun korkovaatimus on 5 % ja laskentajakso 8 vuotta, jolloin diskonttaustekijä on

$$\frac{1}{(1,05)^8} = 0,677:$$

Kasvunlisäys 10 m ³ /ha á 100 mk x 0,677	= 677 mk/ha
Lannoituskustannus	= 400 mk/ha
Nykyarvo	= 277 mk/ha

Matti Keltikanen ja Kustaa Seppälän Helsingin Yliopistossa edullisuuskriteerinä käyttämä ns. hyötykerroin on nykyarvomenetelmän erityissovellutus. Hyötykerroin lasketaan diskontattujen lannoitustuottojen ja -kustannusten osamääränä. Kun hyötykerroin saa arvon yksi, investointi tuottaa täsmälleen diskonttauskorkoa vastaavan sisäisen koron. Sisäisen korkokannan menetelmässä katsotaan, kuinka suuri korko lannoitukseen sijoitetulle pääomalle saadaan. Yksinkertaistettu esimerkki, kun laskentajakso on 8 vuotta:

Kasvunlisäys 10 m ³ /ha á 100 mk	= 1000 mk/ha
Lannoituskustannus	= 400 mk/ha

$$\text{Sis.korko lasketaan kaavasta } 1000 \cdot \frac{1}{(1+x)^8} = 400;$$

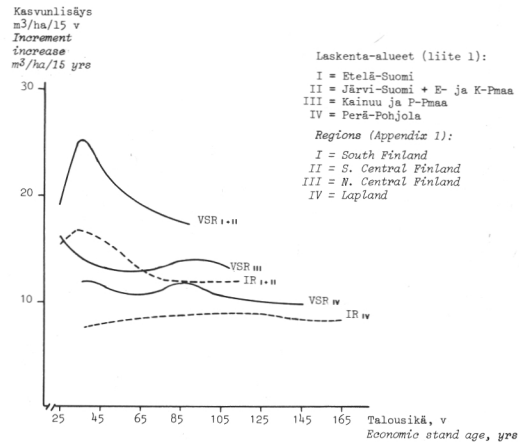
$$x = 12 \%$$

Seuraavassa käytetään lannoituksen kannattavuuden mittaamiseen lähinnä sisäistä korkoa. Osa laskelmista on Metsäntutkimuslaitoksen käynnissäolevien tutkimusten välitulosia, osa on tehty yksinomaan tätä esitystä varten.

3. VARTTUNEIDEN SUOMETSIEEN LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS

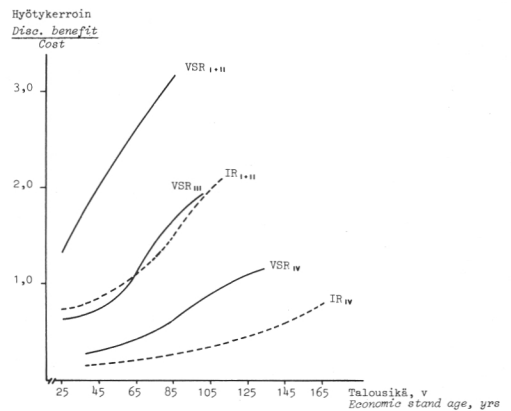
Turvemaiden lannoituksen kannattavuutta ovat Helsingin yliopistossa tutkineet yhteisjulkaisuissaan Matti Keltikangas ja Kustaa Seppälä (1968, 1973a, b). He ovat pyrkineet osoittamaan lannoituksen taloudellisen mielekkyyden eri kasvupaikoilla ja maan eri osissa. Koeaineiston puuttuessa he ovat joutuneet tekemään koko joukon oletuksia. Tuloksissaan he eivät pyrikään selvittämään lannoituksen absoluuttista kannattavuutta, vaan pikemminkin eri vaihtoehtojen suhteellista edullisuutta. Kuva 1 osoittaa yli 30 vuotta sitten ojitettujen varsinaisten sararämeiden (VSR) ja isovarpuisten rämeiden (IR) PK-lannoituksen aiheuttamat, oletetut kasvunlisäykset, ja kuva 2 niitä vastaavat hyötykerroimet. Kuvan 1 perusteella näyttää siltä, että Etelä-Suomessa nuorten metsien lannoitus antaisi parhaan kasvunlisäyksen; Pohjois-Suomessa kasvunlisäys ei iän funktiona juuri vaihtelisi. Kuva 2 puolestaan osoittaa, että taloudellisesti edullisinta on päätehakkuukää lähevien metsiköiden lannoitus. Varsinaisen sararämeen lannoitus on huomattavasti edullisempaa kuin isovarpuisen rämeen lannoitus. Perä-Pohjolassa isovarpuisten rämeiden sisäinen korko jäisi alle viiden prosentin, varsinaisissa sararämeissä päästäisiin noin viiden prosentin sisäiseen korkoon. Etelä-Suomessa lannoittaminen on kannattavampaa kuin Pohjois-Suomessa. Tein Keltikankaan ja Seppälän kasvunlisäysten perusteella esimerkinomaisia laskelmia suometsien päätelannoituksen antamista sisäisistä koroista nykyisillä kustannuksilla ja kantohinnoilla. Kun kasvunlisäys realisoidaan 15 vuotta lannoituksen jälkeen, saadaan seuraavat sisäiset korot:

	Eteläisin Suomi		Perä-Pohjola	
	Kasvunlisäys (15 v.)	Sis. korko	Kasvunlisäys (15 v.)	Sis. korko
Isovarpuinen räme, PK	18 m ³ /ha	11 %	14 m ³ /ha	5 %
Varsinainen sararäme, PK	27 m ³ /ha	14 %	16 m ³ /ha	6 %



Kuva 1. Suometsien PK-lannoituksen (550 kg/ha) tuottama kuutiokasvun lisäys varsinaisella sararämeellä (VSR) ja isovarpuisella rämeellä (IR). Lannoituksen vaikutusaika 15 vuotta. Lähde: Keltikangas ja Seppälä 1973b.

Figure 1. Increment increase due to PK-fertilizer (20% P₂O₅, 20% K₂O) dose of 550 kg/ha in the medium good, drained peatland site (VSR) and lower than medium site (IR). Assumed length of fertilization effect, 15 years. Source: Keltikangas and Seppälä 1973b.



Kuva 2. Suometsien PK-lannoituksen antama hyötykerroin varsinaisella sararämeellä ja isovarpuisella rämeellä. Lähde: Keltikangas ja Seppälä 1973b.

Figure 2. Profitability coefficient due to PK-fertilization (see. Fig. 1).

Tärkein Keltikankaan ja Seppälän oletuksista koskee lannoituksen vaikutusaikaa: 15 vuotta on ilmeisesti optimistinen arvio. Jos lannoituksen vaikutusaika on lyhyempi kuin 15 vuotta, kasvunlisäys pienenee, ja sen seurauksena kannattavuus voi jonkin verran vähentyä.

Eero Siltaanen on Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston aineiston pohjalta laskenut alustavasti NPK-päätelannoitusten kannattavuutta varputurvekankaila ja PK-lannoituksen kannattavuutta mustikkaturvekankaila lähinnä maan eteläpuoliskon sisäosissa. Lannoitus- ja mittaushetken välinen aika on ollut 7 vuotta. NPK-lannoitetta (15-20-15) levitettiin 500 kg/ha ja PK-lannoitetta (0-20-20) 430 kg/ha. Siltaasen alustavien laskelmien mukaan Sisä-Suomessa voidaan odottaa keskimäärin seuraavia sisäisiä korkoja:

	Kasvunlisäys (7 v.)	Sis.korko
Varputurvekangas, NPK	8,5 m ³ /ha	8 %
Mustikkaturvekangas, PK	4,5 m ³ /ha	9 %

Edellä esitettyihin turvemaiden lannoituksen kannattavuuslukuihin sisältyy runsaasti epävarmuutta. Lannoituskoela-aineisto on vielä riittämätön lopullisten johtopäätösten vetämiseen. Puustoisilla turvekankaila kasvunlisäykseen liittyy runsaasti selittämätöntä vaihtelua. Tässä tarkastellussa aineistossa kasvunlisäys on vaihdellut esim. Kankaanpään NPK-kokeissa rajoissa 0-9 m³/ha ja Vilppulan PK-kokeissa 3-15 m³/ha. Turvemaiden vireä tutkimus tuottanee lähiaikoina uusia, käyttökelpoisia lannoituskoela-aineistoja vanhojen ojitusaluiden varttuneiden metsien kannattavuuslaskelmia varten.

4. VARTTUNEIDEN KANGASMETSIEN LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS

41. Eri lannoitelajien ja -määrien käytön kannattavuus

Kangasmetsissä, kuten suometsissäkin lannoitus on kannattavinta päätehakkuikeä lähenevissä metsissä (Keltikangas ja Seppälä 1973b). Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla on suuri määrä koelajoja varttuneissa kangasmetsissä. Kuvassa 3 esitetään erään laajan, Kerimäellä sijaitsevan puolukkatyyppin männikön koesarjojen kasvunlisäyksiä. Puuston kuutiomäärä on ollut lannoitushetkellä 170 m³/ha ja kasvu 5 m³/ha sekä ikä 85 v. Laskentajakso on mittausten välinen aika, 10 vuotta. Lannoitteina ovat typpirikas Y-lannos ja urea. Lannoitemäärät ovat puhtaana typpenä laskien 80, 160 ja 240 kg/ha. Kuvasta havaitaan, että typpirikas Y-lannos lisää kasvua enemmän kuin urea. Lannoitemäärän noustessa kasvu lisääntyy Y-lannoksella suoraviivaisesti, urealla kasvunlisäys loivenee suurilla määrillä. Kuvasta 4 nähdään, että urean käyttö on kannattavampaa kuin Y-lannoksen. Edullisinta lienee lannoitus 160 typpikilolla, joskaan lannoitemäärän muuttuessa kannattavuus ei vaihtele kovin merkittävästi.

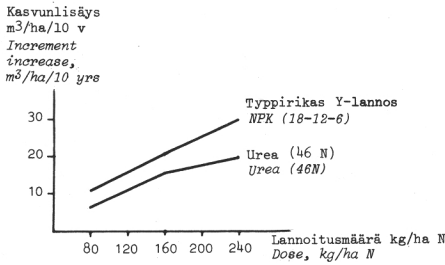
Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastossa ovat aiemmin Gustavsen ja Lipsas (1975) selvittäneet lannoituksella

saatavan kasvunlisäyksen riippuvuutta typpimäärästä päätehakkuikeissä metsissä. Olen ryhmitellyt heidän tutkimustuloksensa lannoitelajeittain ja alueittain kuvaan 5. Keskimääräisten kasvunlisäysten ympärille on piirretty keskihajonnan levyinen "luottamusvyö". Kuvasta nähdään, että käytetystä kolmesta lannoitteesta typpirikas Y-lannos lisää kasvua eniten, urea vähiten. Männyllä kasvunlisäys on tarkasteltavana olleena 5-vuotisjaksona kohonnut suuremmaksi kuin kuusella. Lannoitemäärän noustessa kasvu lisääntyy likipitään suoraviivaisesti. Männyllä lannoitusvaikutus lisääntyy pohjoisesta etelään. Kuusella alueellisista eroista ei voida tehdä päätelmiä aineiston vajavuuden tähden.

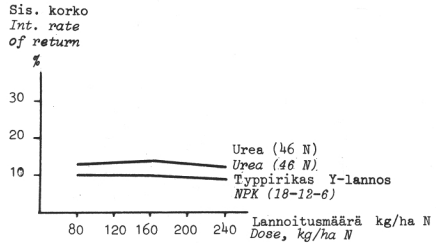
Tätä esitystä varten Gustavsenin ja Lipsasen aineiston pohjalta tehdyissä kannattavuuslaskelmissa laskentajaksona pidetään kahdeksaa vuotta, joka metsänparannuslainsäädännössä on lannoituksen ja sitä seuraavan hakkuun välinen lyhin sallittu aika. Tiina Puron (1977) tutkimuksen mukaan voidaan päätellä, että kahdeksan vuoden kasvunlisäys on männyllä 20 ja kuusella 23 prosenttia suurempi kuin viiden vuoden kasvunlisäys. Hänen selvityksensä koskee lannoitusta pienillä typpimäärillä (96 kg/ha N). Tarkemman julkaistun tiedon

puuttuessa on P u r o n tuloksia tässä selvityksessä sovellettu myös suurin lannoitemääriin. Käyttäen kuvan 5 osoittamia kasvunlisäyksiä hänen luvuillaan korjattuina ja nykyisiä kantohintoja sekä lannoituskustannuksia on laskettu lannoituksen sisäiset korot ja 5 prosentin koron mukaiset nykyarvot Kuvassa 6 esitellään sisäiset korot männikössä. Kuvasta nähdään, että urea- ja oulunsalpietarilannoitus ovat likimain yhtä kannattavia, Y-lannos tuottaa pienimmät sisäiset ko-

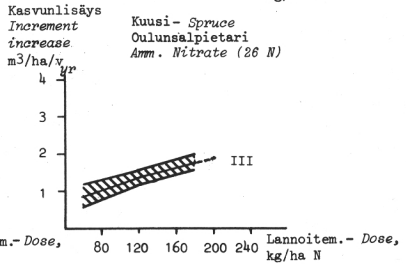
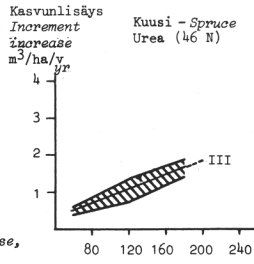
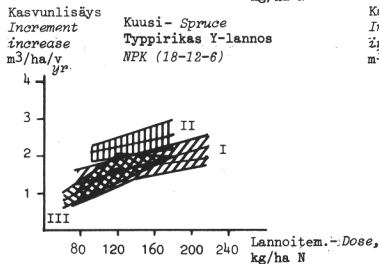
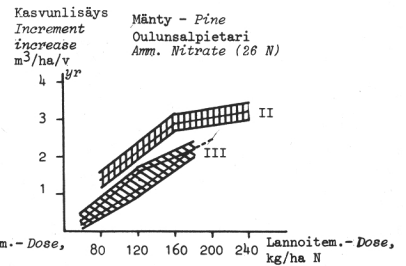
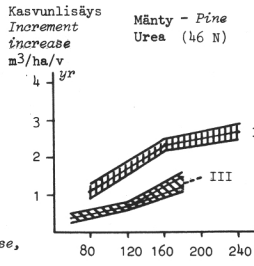
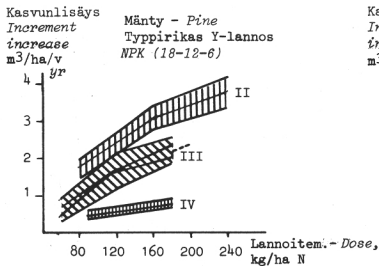
rot. Laskelmien mukaan sisäiseksi koroksi Sisä-Suomessa saadaan parhaimmillaan 20 prosenttia ja Pohjois-Pohjanmaan–Kainuun alueella 10 prosenttia. Laskelmien perusteella nykyistä lannoitussuositusta 150 kg/ha N voidaan pitää melko sopivana. Samantapaisia tuloksia lannoituksen kannattavuudesta eri lannoitelajeilla ja lannoitemäärillä antavat myös nykyarvomenetelmällä tehdyt laskelmat.



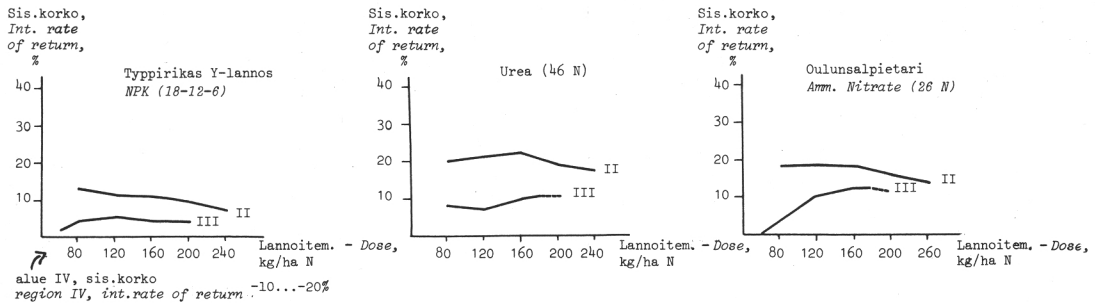
Kuva 3. Erilaisten typpimäärien aiheuttama kuutiokasvun lisäys maantutkimusosaston Kerimäen VT-männikkökoesarjassa.
Figure 3. Increment increase due to different nitrogen fertilization doses in a pine stand.



Kuva 4. Erilaisten typpimäärien aiheuttama sisäinen korko maantutkimusosaston Kerimäen VT-männikkökoesarjassa.
Figure 4. Internal rate of return due to fertilization in a pine stand (see Fig. 3).



Kuva 5. Erilaisten typpimäärien ja lannoitelajien aiheuttama keskimääräinen kuutiokasvun lisäys keskivirheineen männiköissä ja kuusikoissa maan eri osissa viiden vuoden aikana G u s t a v s e n i n ja L i p a k s e n (1975) mukaan. Katkoviivat ekstrapolointia. Laskenta-alueet, vrt. liite 1.
Figure 5. Average increment increases and standard errors due to different nitrogen fertilizers and doses in pine and spruce stands in various regions during five years according to G u s t a v s e n and L i p a s (1975). Broken lines extrapolated. For the regions, see Appendix 1.



Kuva 6. Erilaisten typpimäärien ja lannoitelajien tuottamat sisäiset korot männiköissä maan eri osissa Gustavsenin ja Lipaksen (1975) aineiston mukaan. Katkoviivat ekstrapolointia. Laskenta-alueet, vrt. liite 1.

Figure 6. Internal rate of return due to different nitrogen fertilizers and doses in pine stands in various regions (see Fig. 5).

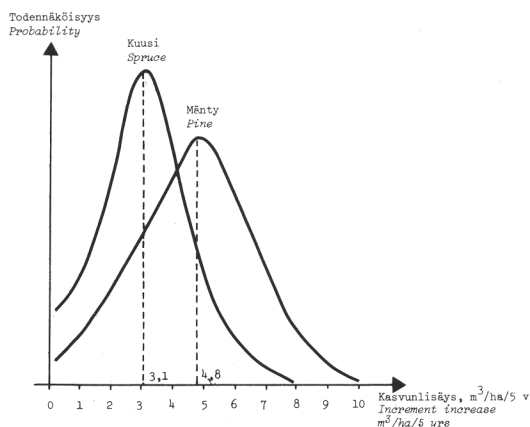
42. Männikön ja kuusikon urealannoituksen kannattavuuden vaihtelusta Pohjois-Suomessa

Edellä olevat karkeat laskelmat on tehty pelkästään tätä esitystä varten. Tässä luvussa esitetään Pohjois-Suomea koskevia esituloksia kirjoittajan ja Olavi Laakosen valmistumassa olevasta tutkimuksesta. Edellisen luvun laskenta-alueista se kattaa Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun sekä Perä-Pohjolan. Tutkimuksen lähtökohtana on kirjallisuudessa esiintyvä havainto, jonka mukaan urealannoituksen kasvua lisäävä vaikutus vaihtelee huomattavasti. Tutkimuksessa selvitetään satunnaisvaihtelun määrää eräässä Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston päätehakkuikäisessä koeala-aineistossa. Satunnaisvaihtelulla tarkoitetaan kasvu- ja tuotantovarmuutta, jonka määrää ei voida selittää lannoitusta edeltäneen kasvun, puuston kuutiomäärän eikä lannoitusajankohdan vaihtelulla. Kuutiomäärä oli lannoitushetkellä sekä männiköissä että kuusikoissa keskimäärin 170 m³/ha ja kasvu 2,8 m³/ha/v sekä ikä 110v. Tässä yli 250 koeympyrää käsittäneessä aineistossa lannoitusajankohta (kevät, syksy, alkutalvi tai loppupalvi) ei ole männiköissä selittänyt kasvu- ja tuotantovarmuutta, kun asiaa tarkastellaan 90 %:n merkitsevyystasolla. Sen sijaan kuusikoissa syyslannoitus on antanut merkittävästi paremman tuloksen kuin muina ajankohtina tapahtunut levitys. Mahdollisesti myös lannoitushetkellä vallinneilla sääolosuhteilla on merkitystä kasvu- ja tuotantovarmuuden selittäjänä. Valitettavasti lannoitushetken

tarkoista sääoloista ei ole tietoa. Siten sääsuhteista aiheutuva vaihtelu sisältyy kasvu- ja tuotantovarmuuden satunnaisvaihteluun. Kuvassa 7 on esitetty kasvu- ja tuotantovarmuuden vaihtelu Pohjois-Suomen männiköissä ja kuusikoissa, kun ureaa on levitetty 260 kg/ha, mikä vastaa 120 kg/ha puhdasta typpeä. Havaintojako on lannoituksen ja mittauksen välinen aika, viisi vuotta. Tässä aineistossa Pohjois-Suomen männiköiden keskimääräinen lannoitusreaktio on ollut 4,8 ja kuusikoiden syyslannoituksissa 3,7 m³/ha viiden vuoden aikana. Männiköissä lannoitus on lisännyt kasvua enemmän kuin kuusikoissa. Syy tähän ei ole ainakaan metsiköiden erilainen kasvu ennen lannoitusta. Mahdollisesti kuusikot eivät ole viiden vuoden mittausaikana ehtineet reagoida lannoitukseen yhtä nopeasti kuin männiköt. Männiköissä kasvu- ja tuotantovarmuuden vaihtelu on ollut jonkin verran suurempi kuin kuusikoissa. Kaksi kolmannesta kasvu- ja tuotantovarmuushavainnoista asettuu seuraaville vaihteluväleille:

männiköissä	2,8–6,8 m ³ /ha/5 v.
kuusikoissa	1,9–5,5 m ³ /ha/5 v.

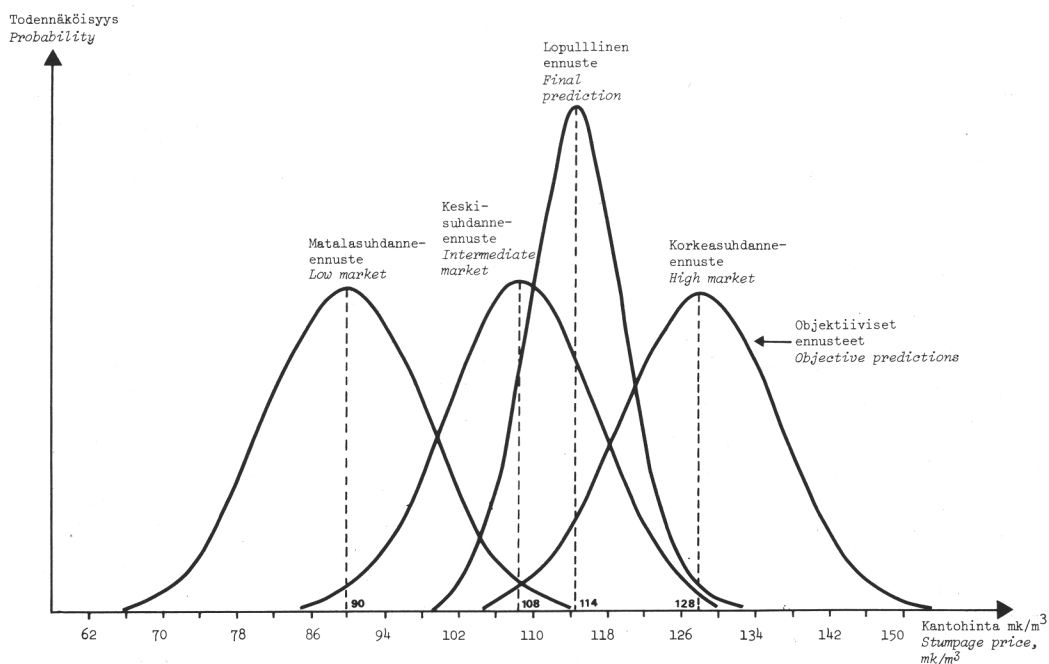
Kasvu- ja tuotantovarmuuden ohella myös lannoitusta seuraavien hakkuiden aikana vallitsevat kantohinnat ovat epävarmoja. Lannoituksen oletetaan tapahtuvan ennen vuoden 1980 kasvukauden alkua ja päätehakkuun hakkuuvuonna 1984/85. Tutkimuksessa on ennustettu päätehakkuuajankohdan kantohinnat. Tätä varten on kerätty ensin koko maata koskevaa hinta-aineistoa vuodesta 1900 lähtien. Siitä tutkitaan hintojen pitkän ajan suhdannevaihtelua koko Suomessa. Seuraa-



Kuva 7. Urealannoituksen (120 kg/ha N) aiheuttaman kasvunlisäyksen vaihtelu Pohjois-Suomen pätehakkuikäisissä männiköissä ja -kuusikoissa.

Figure 7. Increment increase probability distribution due to urea fertilization (120 kg/ha N) in North Finland mature pine and spruce stands.

vaksi on laadittu Pohjois-Suomea koskevat hintasarjat hakkuuvuodesta 1949/50 ja niiden pohjalta lineaariset trendit. Trendien selitysasteet ovat sängen vaatimattomat. Tästä johtuen ennustettavuutta on pyritty lisäämään pyytämällä Pohjois-Suomen metsänomistajilta subjektiivisia arvioita siitä, millä todennäköisyydellä hakkuuvuotena 1984/85 eletään korkea-, keski- tai matalasuhdannetta. Suhdanteiden mukaanottaminen parantaa ennustettavuutta. Mallien selitysaste kohoaa yli 80 prosentin ja siten epävarmuus pienee. Kuvasta 8 nähdään mallin tuottamat mäntysahapuun "objektiivisten" kantomaintaennusteiden todennäköisyysjakaumat eri suhdannevaiheissa. Lopullisen ennusteen selville saamiseksi on tiedettävä, mitkä ovat eri suhdannevaiheiden todennäköisyydet hakkuuvuonna 1984/85. Metsänomistajat arvioivat matala-, keski- ja korkeasuhdanteen todennäköisyyksiksi 0,1, 0,5 ja 0,4. Matalasuhdanteessa kantominnat asettuvat runsaat 20 % trendin osoittamien hintojen alapuolelle, korkeasuhdanteessa vastaavasti



Kuva 8. Pohjois-Suomen mäntysahapuun "objektiiviset" regressioanalyysillä lasketut kantomaintaennusteet eri suhdannevaiheissa hakkuuvuodelle 1984/85 sekä lopullinen ennuste, kun matala-, keski- ja korkeasuhdanteen subjektiiviset, metsänomistajien esittämät todennäköisyydet ovat 0,1, 0,5 ja 0,4.

Figure 8. The "objective" pine sawlog stumpage price predictions through regression analysis for 1984/85 in three market situations and the final prediction when the forest owners' "subjective" probabilities for low, intermediate and high markets are 0,1, 0,5 and 0,4.

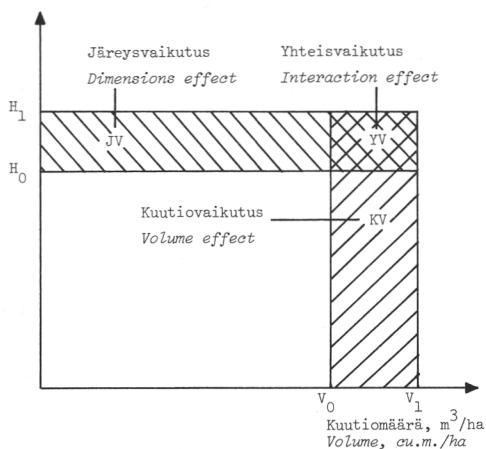
yli 20 % trendihintojen yläpuolelle. Keski-
suhdanne on näiden väliin jäävä alue. Ku-
vasta 8 havaitaan, että lopulliseen objektiivisten ja subjektiivisten todennäköisyyksien ennusteeseen liittyvä epävarmuus on pienempi kuin pelkkiin objektiivisiin ennusteisiin liittyvä epävarmuus. Pohjois-Suomen kantohintojen ennustetaan siten hakkuuvuonna 1984/85 kahdessa kolmasosassa tapauksia asettuvan seuraaviin rajoihin (reaaliarvoina):

mäntysahapuu	109–120	mk/m ³
kuusisahapuu	93–104	„
mäntykuitupuu	41–48	„
kuusikuitupuu	45–52	„

Luvussa 2 laskettiin lannoituksen tuottoja kertomalla lannoituksen aiheuttamalla kasvunlisäyksellä jokin sopivaksi katsottu kantohinta. Pyrittäessä tuottojen tarkempaan määrittelyyn on otettava huomioon puuston rakenne lannoitushetkellä ja puiden järeytyemisestä aiheutuva hyöty kuvan 9 periaatteen mukaisesti (vrt. S a r a m ä k i 1978).

Kuvassa lannoittamattoman metsikön kuutiomäärä on V_0 ja kantohinta H_0 , sen hakkuuarvo $V_0 \times H_0$. Jos tämä sama metsikkö lannoitettaisiin, hakkuutulot olisivat $V_1 \times H_1$. Lannoituksen kokonaisvaikutus ($V_1 \times H_1 - V_0 \times H_0$) lasketaan kuutiovaikutuksen, järeytysvaikutuksen ja yhteisvaikutuksen summana.

Kantohinta, mk/m³
Stumpage price, Fmk/cu.m.



Kuva 9. Lannoitustuottojen jakaminen kuutio-, järeys- ja näiden yhteisvaikutukseen.
Figure 9. Division of fertilization returns into volume, dimensions and interaction effects.

Kantohintojen järeyssporrastuksen arvioidaan olevan nykyistä jonkin verran jyrkemmän. Esim. hakkuuvuonna 1984/85 hakatavassa lannoitusmetsikössä tuotot muodostuvat em. tutkimuksen edellyttämässä aineistossa Pohjois-Suomessa seuraaviksi:

	männikkö		kuusikko	
	mk/ha	%	mk/ha	%
kuutiovaikutus	528	70	286	73
järeysvaikutus	222	29	102	26
yhteisvaikutus	5	1	2	1
kokonaisvaikutus	755	100	390	100

Kahdessa kolmasosassa tapauksia odotetaan urealannoituksen viiden vuoden kokonaistuottojen Pohjois-Suomessa asettuvan seuraaviin rajoihin:

männikkö	524–986	mk/ha
kuusikko	259–523	mk/ha

Jos 260 ureakilon lannoituskustannukset arvioidaan minimilevitys- ja kuljetuskustannusten mukaan olevan 250 mk/ha, on männikön lannoitus tuottojen vaihtelusta huolimatta melko kannattava toimenpide vaikka korkovaatimus olisi suurikin. Kuusikon lannoitus saattaa usein tuottaa negatiivisen sisäisen koron. Tämä nähdään kuvasta 10, johon on piirretty viiden vuoden lannoitusinvestoinnin tietokonesimulointina lasketut sisäisten korkojen todennäköisyysjakaumat. Kuvan perusteella voidaan päätellä sisäisen koron asettuvan kahdessa kolmasosassa tapauksia seuraaviin rajoihin:

männikkö	16–32	%
kuusikko	0–16	%

Laskelmien tuloksista voidaan päätellä, että männikkö on käsitellyssä Pohjois-Suomen aineistossa edullisempi lannoituskohde kuin kuusikko. Ellei lannoituksen kuusikossa aiheuttama kasvunlisäys ole jonkin verran suurempi kuin männikön kasvunlisäys, lienee myös Etelä-Suomessa päätehakkuuikäinen männikkö kuusikkoa edullisempi lannoituskohde. Tämä johtuu mäntysahapuun kuusisahapuuta korkeammista kantohinnoista. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huo-

mioon, että laskentajakso on vain viisi vuotta. Mm. edellä mainitun P u r o n (1977) tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että erityisesti kuusikoissa lannoituksen vaikutusaika on pitempi kuin viisi vuotta. Kuusikossa lannoitusreaktiota on esitettyissä laskelmissa jäänyt siten huomioimatta enemmän kuin männiköissä. Toisaalta tehty erilliselvitys osoittaa, että laskentajakson pidentäminen merkinnee männiköissä pienentyvää ja kuusikoissa likimain ennallaan pysyvää sisäistä korkoa.

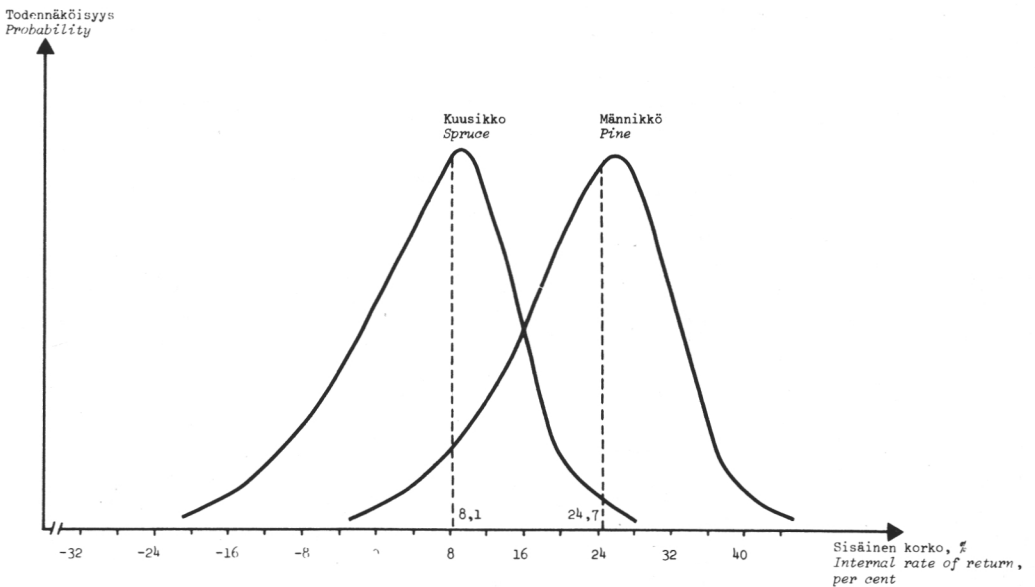
Edellisessä luvussa G u s t a v s e n i n ja L i p a k s e n tutkimukseen perustuvissa laskelmissa on Pohjois-Suomessa päädytty sekä männiköiden että kuusikoiden urealannoituksissa alle 10 prosentin sisäisiin korkoihin. Tässä luvussa esitettyssä laajhkoissa maantutkimusosaston aineistossa (alueilla III ja IV) kuusikoiden keskimääräinen sisäinen korko asettuu keskimäärin samalle tasolle kuin G u s t a v s e n i n ja L i p a k s e n tutkimukseen perustuvissa laskelmissa. Sen sijaan männiköiden sisäinen korko kohoaa tämän luvun laskelmissa huomattavan suureksi: keskimäärin yli 20 prosentiksi. Osasyynä tähän lienee tämän luvun mäntyaineiston G u s t a v s e n i n ja

L i p a k s e n aineistoa suurempi kasvunliikitys. Toisena syynä lienee se, että edellisessä luvussa kantohinnat olivat nykyhintoja, kun taas tässä on kyse ennusteista. Mäntysahapuun reaalihintojen ennustetaan Pohjois-Suomessa kohoavan viidessä vuodessa nykyisestä suhdannetaantumatasosta noin 20 markalla kuutiometriltä.

Tässä luvussa urealannoituksen muiden kuin lannoitekustannusten on oletettu asetuvan tasolle 26 p/kg. Oletus edellyttää lyhyitä kuljetusmatkoja ja halpaa levitystä. Käytännössä kuljetus- ja levityskustannukset voivat olla esimerkiksi 45 tai 85 p/kg. Tällöin kokonaiskustannuksiksi muodostuisi 300 tai 400 käytetyn 250 mk/ha asemasta. Tällöin keskimääräisiksi sisäisiksi korkoiksi saataisiin Pohjois-Suomessa:

kustannus	männikkö	kuusikko
250 mk/ha	25 %	8 %
300 mk/ha	20 %	5 %
400 mk/ha	14 %	0 %

Kustannusten kohotessa lannoituksen kannattavuutta osoittavat sisäiset korot alenevat. Männikön ja kuusikon lannoituksen edullisuussuhteisiin kustannusten lisäys ei



Kuva 10. Pohjois-Suomen männiköiden ja kuusikoiden urealannoituksen tuottaman sisäisen koron vaihtelu esimerkkiaineistossa.

Figure 10. Variation of internal rate of return due to urea fertilization in pine and spruce stands in North Finland.

kuitenkaan vaikuta. Myös kannattavuuden vaihtelu säilyy suurena, kuvan 10 osoittamaan tapaan. Edellisissä luvuissa esitettyihin sisäisiin korkoihin on tehtävä vastaavat korjaukset, jos lannoitekiloa kohden lasketut kuljetus- ja levityskustannukset kohoavat 25

pennin minimitasosta esimerkiksi 45 penniin. Kuvien 4 ja 6 sisäisiin korkoihin olisi tehtävä 1–5 prosenttiyksikön tason alennus. Se ei kuitenkaan vaikuttane puulajien, eri lannoitemäärien tai lannoitelajien käytön keskinäiseen edullisuuteen.

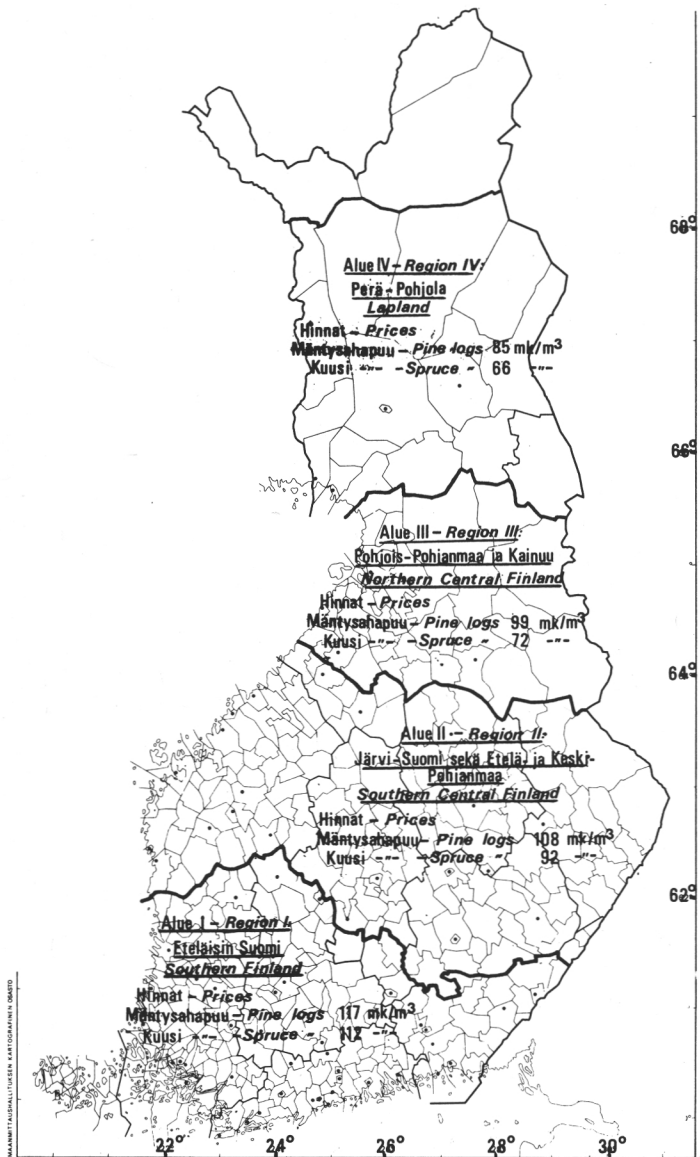
5. TARKASTELUA

Metsänlannoituksen kannattavuudesta on esitettävänä julkaistua tietoa vähemmän kuin laajan lannoitustoiminnan huomioonottaen olisi toivottavaa. Tässäkin esityksessä on jouduttu turvautumaan esimerkinomaisesti lannoituksen kannattavuutta koskeviin laskelmiin sen sijaan, että voitaisiin esittää yksityiskohtaisia kangas- tai turvemaiden lannoitusuosituksia. Suurimpana syynä julkaisujen vähäisyyteen on ollut biologis-tuotopillisen tiedon puute. Mittausvaiheeseen tulossa olevat laajahkot lannoituskoesarjat

tuottavat aineistoa jo lähivuosina myös taloudellisia laskelmia varten. Lähiaikoina voitaneen antaa täsmennettyjä tuloksia varttuneiden kangasmetsien lannoituksesta. Käytännön metsänlannoittajille lienevät erityisen tärkeitä muutaman vuoden päästä valmistuvan kangasmaiden toistuvien lannoitusten edullisuutta metsikön eri kehitysvaiheissa koskevan tutkimuksen tulokset. Vähitellen saataneen myös turvemaita koskevia kattavia kannattavuuslaskelmia päätöksentekijöiden tarpeisiin.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

- GUSTAVSEN, H. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia For.* 246, 20 s.
- KEIPI, K. 1972. Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsänlannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. Summary: The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. *Folia For.* 152, 38 s.
- & KEKKONEN, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Seloste: Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. *Folia For.* 84, 23 s.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta. Summary: Estimates on the profitability of fertilizing drained peatlands. *Suo* 1968:1, s. 1–11.
- & SEPPÄLÄ, K. 1973a. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueellinen vaihtelu. Summary: Regional variations in the profitability of forest drainage, forest fertilization and afforestation. Helsingin yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisu no. 11, 67 s.
- & SEPPÄLÄ, K. 1973b. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. *Silva Fenn.* 1973:3, s. 192–235.
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. *Folia For.* 304, 15 s.
- SARAMÄKI, J. 1978. Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Summary: Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland. *Folia For.* 352, 14 s.



Liite 1. Laskenta-alueet I-IV sekä niillä hintasuositussopimuksen 1978 mukaan vallitsevat mäntysahapuun ja kuusisahapuun kantohinnat, mk/m³. (Alueet I+II = Etelä-Suomi, alueet III+IV = Pohjois-Suomi.)

Appendix 1. Regions I-IV and the associated pine and spruce sawlog stumpage prices of 1978/79, mk/m³. (Regions I+II, South Finland; regions III+IV, North Finland.)

ODC 237.4
ISBN 951-40-0403-5
ISSN 0015-5543

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979. Folia For. 400:1-69.

The publication includes seven position papers prepared for a symposium on forest fertilization research which was organized for forestry decision makers. The symposium was conducted from the standpoint of wood production. The research activities and the main results are summarized. Methods for determining the refertilization requirements is a major research topic for the near future. The importance of multidisciplinary cooperation in research and in the presentation of the results, is pointed out.

The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 237.4
ISBN 951-40-0403-5
ISSN 0015-5543

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979. Folia For. 400:1-69.

The publication includes seven position papers prepared for a symposium on forest fertilization research which was organized for forestry decision makers. The symposium was conducted from the standpoint of wood production. The research activities and the main results are summarized. Methods for determining the refertilization requirements is a major research topic for the near future. The importance of multidisciplinary cooperation in research and in the presentation of the results, is pointed out.

The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 237.4
ISBN 951-40-0403-5
ISSN 0015-5543

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979. Folia For. 400:1-69.

The publication includes seven position papers prepared for a symposium on forest fertilization research which was organized for forestry decision makers. The symposium was conducted from the standpoint of wood production. The research activities and the main results are summarized. Methods for determining the refertilization requirements is a major research topic for the near future. The importance of multidisciplinary cooperation in research and in the presentation of the results, is pointed out.

The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 237.4
ISBN 951-40-0403-5
ISSN 0015-5543

METSÄNLANNOITUSTUTKIMUKSEN TULOKSIA JA TEHTÄVIÄ. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Summary: Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979. Folia For. 400:1-69.

The publication includes seven position papers prepared for a symposium on forest fertilization research which was organized for forestry decision makers. The symposium was conducted from the standpoint of wood production. The research activities and the main results are summarized. Methods for determining the refertilization requirements is a major research topic for the near future. The importance of multidisciplinary cooperation in research and in the presentation of the results, is pointed out.

The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuskerrosten puiden kasvuun mustikka-tyypin kuusikossa.
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtilus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja simensadon määrän mittauksista metsäpuilla.
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryytänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phelibia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.
Phelibia gigantea and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla.
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatuotkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkoikeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhousta.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.

- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalajoilla ja metsite-
tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the
years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-
myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv.
1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.),
in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio
Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-
tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots
pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn-
karisteen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic
on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen
taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce
transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests
in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boo-
rinpuutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron
deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976
(1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973)
by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa
männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce
stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan-
noitustutkimuksen seminaari 15.2.1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest
Research Institute symposium on forest fertilization research 15.2.1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan
fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in
Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja
ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsi-
tyksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.