

FOLIA FORESTALIA 577

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

OLAVI LAAKKONEN, KARI KEIPI
JA ERKKI LIPAS

TYPPILANNOITUKSEN KANNATTAVUUS
VARTTUNEISSA KANGASMETSISSÄ

PROFITABILITY OF NITROGEN
FERTILIZATION IN MATURE FORESTS
ON MINERAL SOILS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

<i>Ylijohtaja:</i> <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
<i>Yleisinformatio:</i> <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
<i>Julkaisujen jakelu:</i> <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
<i>Julkaisujen toimitus:</i> <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 577

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Olavi Laakkonen, Kari Keipi ja
Erkki Lipas

TYPPILANNOITUKSEN KANNATTAVUUS VARTTUNEISSA
KANGASMETSISSÄ

Profitability of nitrogen fertilization in mature forests
on mineral soils

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. KASVUNLISÄYS	3
21. Koeala-aineisto	3
22. Aineiston käsittely	4
23. Puusadon lisäys lannoitusaikana	5
3. KANTOHINNAT JA LANNOITUSKUSTANNUKSET	8
31. Kantohinnat	8
32. Lannoituskustannukset	10
4. LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS	11
41. Sisäinen korko	11
42. Nykyarvo	14
43. Kannattavuus metsänparannustuki huomioonottaen	14
5. TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO	16
KIRJALLISUUS — <i>BIBLIOGRAPHY</i>	17
SUMMARY	18
LIITTEET	19

LAAKKONEN, O., KEIPI, K. & LIPAS, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia For.* 577:1—20.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kangasmaiden päätehakkuuikäisten männiköiden ja kuusikoiden typpilannoituksen kannattavuutta Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Vertailtavina oli kolme lannoitetta: oulunsalpietari, urea ja typpirikas Y-lannos. Tutkimus antoi uutta tietoa myös lannoituksen vaikutusajasta. Taloudellisen kannattavuuden mittareina käytettiin investoinnin reaaliaistia sisäistä korkoa ja neljän prosentin reaalikoron ylittävää, metsänomistajalle jäävän nettotulon määrää.

Lannoitus (120 kg N/ha) lisäksi puiden kasvua keskimäärin 4—8 m³/10 vuotta. Suurin keskimääräinen kasvunlisäys saavutettiin typpirikkaalla Y-lannoksella. Ero oulunsalpietariin ei kuitenkaan ollut suuri. Lannoitusvaikutuksen kestoajaksi oli Etelä-Suomessa männillä noin seitsemän vuotta ja kuusella 10 vuotta. Pohjois-Suomessa kasvureaktio jatkui yli 10 vuotta lannoituksen jälkeen sekä männikoissä että kuusikoissa.

Lannoitus osoittautui yleensä hyvin kannattavaksi toimenpiteeksi. Parhaan taloudellisen tuloksen tuotti oulunsalpietari- ja seuraavaksi parhaan urealannoitus. Etelä-Suomen männikoissä eri typpilannoitteiden keskimääräiseksi reaalisiksi sisäiseksi koroksi metsänomistajan omarahoituksella saatiin 12 % ja vastaavasti Pohjois-Suomessa 4 %. Nettotulojen reaaliset nykyarvot 4 %:n korkokannalla olivat ko. männikoissä 450 mk/ha ja 7 mk/ha. Etelä-Suomen kuusikoissa sisäinen korko oli 10 % ja Pohjois-Suomen kuusikoissakin positiivinen. Typpilannoitteiden keskimääräiseksi reaalisiksi netto nykyarvoksi saatiin 4 %:n korkokannalla yli 330 mk/ha Etelä-Suomen kuusikoissa, kun sen sijaan Pohjois-Suomessa vastaava nykyarvo jäi negatiiviseksi.

Valtion metsänparannustuki nosti yksityistaloudellista kannattavuutta. Tutkimuksen laskelmissa lannoituskustannukset peitettiin vaihtoehtoisesti kokonaan valtion metsänparannuslainalla Etelä-Suomessa sekä Pohjois-Suomessa 25 % avustuksella ja loput lainalla. Kun näissä laskelmissa oletettiin vuodesta toiseen 7 %:n hintojen nousua vastaava inflaatio, samalla kun raakaapuun hintatason katsottiin säilyvän reaalisuolallaan, niin Etelä-Suomen männikoissä mainittujen typpilannoitteiden keskimääräinen reaalin sisäinen korko nousi metsänparannusrahoitusta käytettäessä 34 %:iin ja vastaavasti Pohjois-Suomessa 17 %:iin. Tällöin otettiin positiivisena tekijänä huomioon myös suhteellisen vähän asiaan vaikuttava lainan korkojen verovähennysoikeus. Vastaavat korot maan eri osien kuusikoissa olivat 30 ja 7 %. Nettotulojen reaalin nykyarvo muodostui positiiviseksi eri typpilannoitteilla myös Pohjois-Suomen kuusikoissa, ts. keskimäärin 120 mk:ksi/ha ja vastaavasti Etelä-Suomessa 490 mk:ksi/ha. Vastaava nykyarvo oli männillä Etelä-Suomessa 610 mk/ha ja Pohjois-Suomessa 280 mk/ha.

The study concerns the profitability of nitrogen fertilization of Scots pine and Norway spruce forests in South and North Finland. Three different fertilizers were compared. The study also produced new information concerning the reaction period of forest fertilization. The profitability criteria were the real internal rate of return and the present net value with four per cent calculative rate of interest.

The average growth increase from fertilization (120 kg N/ha) on sample plots was 4—8 m³/ha/10 yrs. The best result was obtained with the NPK fertilization (18—12—6) but almost as good was the effect of ammonium nitrate and the next best from urea (46 % period in South Finland was about seven years for pine and 10 years for spruce. In North Finland the growth increase lasted well over 10 years for both species.

Forest fertilization was generally a profitable undertaking. The best economic result was obtained from ammonium sulphate and the next best from urea (46 % N) fertilization. The real internal rate of return of different nitrogen fertilizers of pine stands in South Finland with own financing was, on average, 12 per cent and in North Finland 4 per cent. The real net present values, with a per cent calculative rate of interest, were FIM 450/ha (USD 90/ha) in pine stands in South Finland and FIM 7/ha (USD 1.4/ha) in pine stands in North Finland. In spruce stands in South Finland the internal rate of return exceeded 10 per cent, and it was also positive for North Finland. The real net present value of nitrogen fertilizers, with a 4 per cent calculative rate of interest, was, on average, FIM 330/ha (USD 66/ha) in spruce stands in South Finland, but in North Finland the corresponding value was negative.

Government subsidies increased the real profitability considerably. In the calculations fertilization costs were covered wholly with the state's forest improvement loan in South Finland, while in North Finland 25 per cent of costs were covered by a subsidy and the 75 per cent by a loan. When assuming a 7 per cent annual inflation rate and when the interest on the loan was considered to be a deductible expense against taxation, the real internal rate of return of nitrogen fertilizers in pine stands amounted to 34 per cent in South Finland and to 17 per cent in North Finland. In different spruce stands throughout the country, the corresponding rates of return were 30 and 7 per cent, respectively. The real net present value of the investment turned out to be positive even in the spruce stands in North Finland, i.e. FIM 120/ha (USD 24/ha) on average and in South Finland the average was FIM 490/ha (USD 98/ha). The corresponding net values of pine stands were FIM 610/ha (USD 122/ha) in South Finland and FIM 280/ha (USD 56/ha) in North Finland.

ODC 237.4 + 651.79 + 941
ISBN 951-40-0645-3
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Käytännön metsänlannoitusten voidaan katsoa alkaneen vuonna 1961, jolloin lähinnä valtion mailla lannoitettiin yhteensä parituhatta hehtaaria. Toiminta laajeni nopeasti myös metsäteollisuuden maille. Yksityismetsien lannoitukset käynnistyivät 1960-luvun lopulla, kun metsänparannusvaroja alettiin myöntää myös lannoitustoimintaan (Keltikangas ja Seppälä 1973). Samoiksi vuosiksi ajoittui myös Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston typpilannoitelajien käyttökelpoisuutta selvittävien kokeiden perustaminen kangasmetsiin. Kokeiden perustamisen rahoitti nykyisen Kemira Oy:n Oulun tehtaiden edeltäjä Typpi Oy. Tässä tutkimuksessa julkistetaan koetulosten perusteella tehtävissä olevat sekä biologiset että taloudelliset päätelmät.

Tutkimuksessa tarkastellaan eri typpilannoitusten keskinäistä edullisuutta päätehakkuikäisissä Etelä- ja Pohjois-Suomen män-

niköissä ja kuusikoissa. Samalla tutkimus tuottaa täsmennettyä tietoa kertalannoituksen vaikutusajan pituudesta. Tähänastisissa selvityksissä (esim. Gustavsen ja Lipas 1975, Lipas ja Levula 1980) tarkastelujaksona on mittauskäytännöstä johtuen ollut yleensä viisi vuotta. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan lannoitusvaikutuksen vuotuista kehitystä kymmenenä lannoituksen jälkeisenä vuotena.

Tämä työ on toteutettu Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston ja metsäekonomian tutkimusosaston liikeloudellisen metsäekonomian tutkimusosaston yhteistyönä. Raportin yleissuunnittelusta ja luvusta 4 on vastannut Olavi Laakkonen. Koejärjestelyn kuvaus ja luku 2 ovat Erkki Lipaksen käsialaa sekä luku 3 Kari Keipin kirjoittama. Luvut 1 ja 5 ovat Laakkonen ja Keipi laatineet yhdessä.

Lausumme parhaat kiitokset professoreille Jouko Hämäläin ja Eino Mälkönen, jotka ovat valvoneet tutkimuksen toteuttamista ja lukeneet käsikirjoituksen sekä mainittujen tutkimusosastojen henkilökunnille, jotka ovat auttaneet työn valmistumisessa.

2. KASVUNLISÄYS

21. Koeala-aineisto

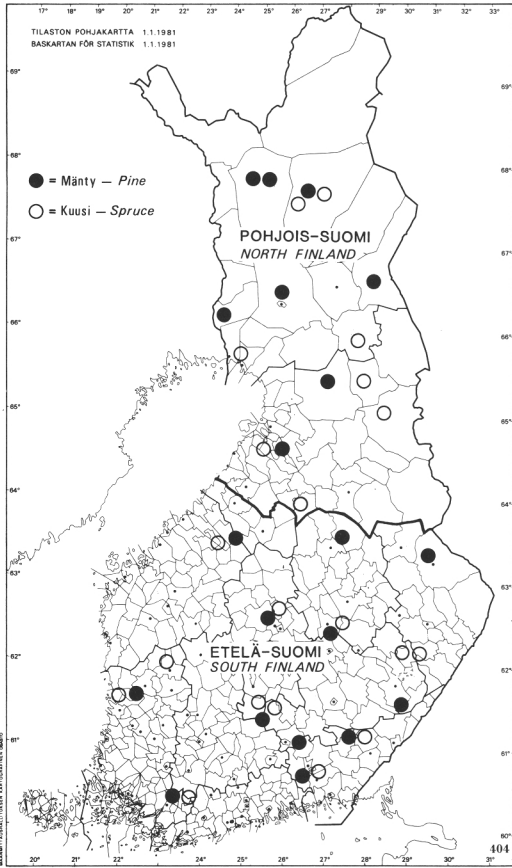
Aineistona käytetyt kokeet perustettiin vuosina 1968—69 Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston ja silloisen Typpi Oy:n (fuusioitu Kemira Oy:öön) yhteistyönä. Kokeiden tarkoituksena oli typpirikkaan Y-lannoksen (18—12—6), oulunsalpietarin (26 % N) ja urean (46 % N) vertailu metsänlannoitteina. Tavoitteena oli saada tasaisesti koko maan peittävä koeverkko varttuneisiin männiköihin ja kuusikoihin (kuva 1).

Koejärjestelynä käytettiin satunnaistettuja lohkoja. Tavallisin koetyyppi oli kahden lohkon koe, joissa kummassakin oli neljä käsiteltyä (kuva 2):

- U = urea
- OS = oulunsalpietari
- Y = typpirikas Y-lannos (120 kg N/ha)
- O = lannoittamaton

Lannoiteannos oli siis kaikilla lannoitelajeilla typen suhteen sama (120 kg N/ha), mikä vastasi silloista suosituksen ylärajaa. Tällöin Y-lannoksella käsitellyt koealat saivat typen lisäksi 35 kg P/ha ja 33 kg K/ha. Y-lannoksen osalta tarkoituksena oli näin selvittää, lisäävätkö fosfori ja kali puuston kasvua typen ohella annettuina. Koealat olivat ympyrän muotoisia, säteeltään yleisimminkin 20 m. Puustoa mitattaessa jätettiin kuitenkin koealan reunaan 2,15 m vaippavyöhyke, jolloin mitattavan koealan säteeksi jäi 17,85 m, mikä antaa koealan kooksi 10,0 aaria.

Sijainnin perusteella aineisto jaettiin kahteen osaan, Etelä- ja Pohjois-Suomeen, jolloin Pohjois-Suomeen laskettiin Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu sekä Perä-Pohjola (kuva 1). Kokeista tuli täten Etelä-Suomen osal-



Kuva 1. Kokeiden sijainti.
Figure 1. Location of the experiments.

le 12 männikköä (96 koealaa) ja 12 kuusikkoa (92 koealaa).

Vastaavat luvut Pohjois-Suomessa olivat 8 männikköä (60 koealaa) ja 8 kuusikkoa (60 koealaa). Männiköt sijaitsivat kuivahkoilla ja kuivilla kangasmailla, kuusikot tuoreilla kankailla. Taulukossa 1 on esitetty eräitä tietoja puustosta kokeen alkaessa. Nähdään, että puustot olivat yleisesti haku-kuukypsiä järeitä metsiköitä, joissa tukkipuuston osuus oli huomattava.

Ilmasto-olojen vaihtelun vuoksi metsien kasvu koeaikana on Suomen eteläpuoliskossa ollut keskimäärin 2,5 % normaalia pienempi, Pohjois-Suomessa taas saman verran suurempi (Timonen 1981). Kasvuindeksin vaikutus lannoitusreaktion lienee siten myös mainittua suuruusluokkaa. Tätä ei kuitenkaan ole laskelmissa otettu huomioon, sillä

paikallisesti kasvunvaihtelu voi poiketa paljonkin keskimääräisluvuista (Timonen m.t.).

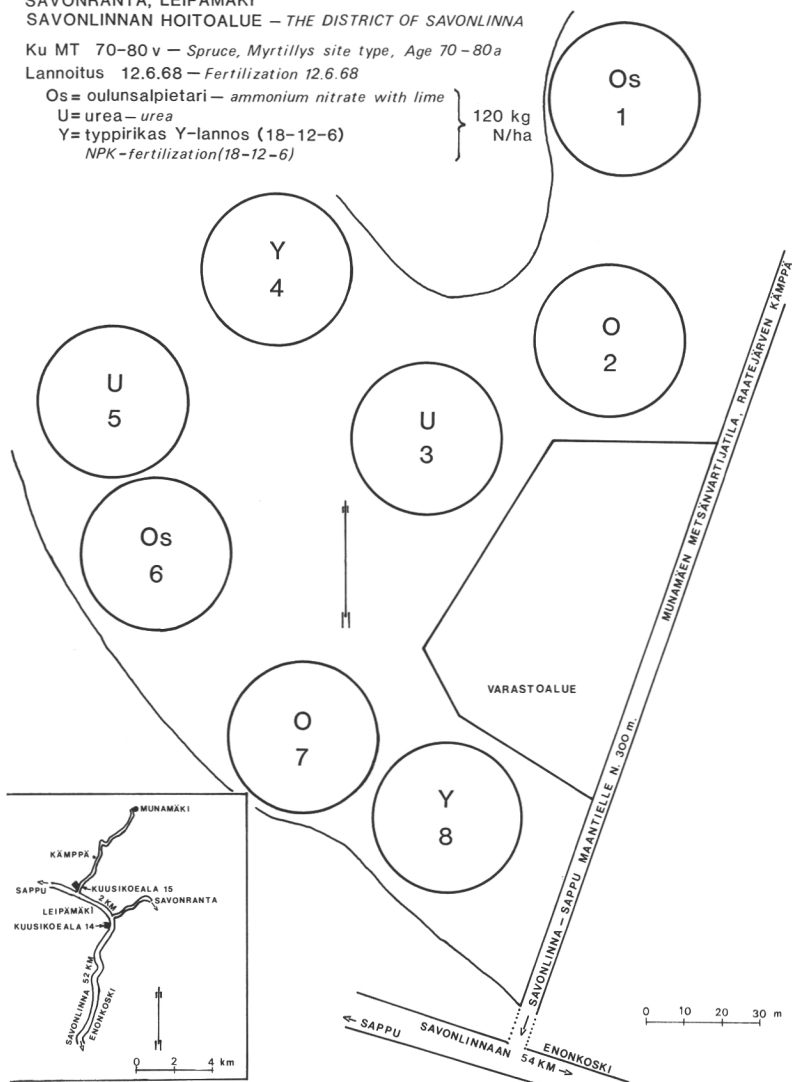
22. Aineiston käsittely

Koealojen puusto mitattiin 10 kasvukauden kuluttua perustamisesta. Kaikkien puiden läpimitat rinnankorkeudelta luettiin 1 cm tasaavaa luokitusta käyttäen pohjapinta-alan määrittämiseksi. Koepuut valittiin relaskoopin avulla tähtäyspisteenä koealan keskipiste. Tavoitteena oli saada noin 20 koeputa koealalta, johon päästiin joko valitsemalla sopiva relaskoopin aukko, tai runsaspuustoisessa metsikössä jättämällä systemaattisesti osa valituista puista mittaamatta. Koepuista mitattiin läpimitta 1,3 m ja 6 m korkeudelta, pituus, pituuskasvu, kuoren paksuus rinnankorkeudelta sekä otettiin kairanlastu rinnankorkeudelta sädekasvun määrittystä varten.

Puustotiedot laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisella osastolla kehitetyllä koealojen peruslaskentaohjelmistolla (Heinonen 1981) PDP-11 tietokonetta käyttäen. Kasvutunnusten avulla muodostettiin pohjapinta-ala, keskipituus ja kuutiomäärä kullekin vuodelle erikseen kokeen aikana sekä määritettiin kasvut kokeen perustamista edeltäneenä 5-vuotiskautena. Koska pituuskasvut oli mitattu viiden vuoden jaksoissa, oletettiin vuosittaisia keskipituuksia laskettaessa pituuskasvun jakaantuneen tasan jakson eri vuosille. Sen sijaan pohjapinta-alan kasvut saatiin kairanlastuista vuosittain. Lisäksi laskettiin puuston jakaantuminen puutavaralajeihin eri ajankohtina, joka oli tarpeen kasvunlisäyksen hinnoittelemiseksi.

Kuten taulukosta 1 on nähtävissä, lannoitettujen ja lannoittamattomien koealojen puustot kokeen alkaessa poikkesivat toisistaan jossakin määrin kussakin aineistoryhmässä. Säännönmukaisin tämä ero oli kasvuissa ennen lannoitusta, jotka olivat lannoitetuilla koealoilla systemaattisesti hieman suurempia kuin vertailukoealoilla. Jotta tämä ei aiheuttaisi lannoitusvaikutuksen yliarviointia, korjattiin kaikki kasvuluvut kovarianssikorjauksella vastaamaan samaa keskimääräistä kasvun tasoa ennen lannoitusta. Menetelmä on luotettava erityisesti kokeen alkuvuosien kasvujen korjauksessa, mutta aikavälin pidettäessä korjauksen teho heikkenee (Lipas 1979). Korjattavana tunnuksena oli tämän vuoksi kumulatiivinen

LANNOITUSKOE 15 – FERTILIZATION EXPERIMENT 15 TYPPI OY
 SAVONRANTA, LEIPÄMÄKI
 SAVONLINNAN HOITOALUE – THE DISTRICT OF SAVONLINNA
 Ku MT 70–80 v – Spruce, Myrtilly site type, Age 70–80 a
 Lannoitus 12.6.68 – Fertilization 12.6.68
 Os = oulunsalpietari – ammonium nitrate with lime } 120 kg N/ha
 U = urea – urea }
 Y = typpirikas Y-lannos (18–12–6) }
 NPK-fertilization (18–12–6)



Kuva 2. Esimerkki kojärjestelyistä.
 Figure 2. An example of the experimental design.

kasvu kokeen alusta tarkasteluvuoteen asti. Vuotuiset kasvut saatiin näin korjattujen kasvujen erotuksena ja lannoitusvaikutukset lannoitetun ja lannoittamattoman koelan korjattujen vuotuisen kasvujen erotuksina.

23. Puusadon lisäys lannoitusaikana

Eri lannoitteilla saatujen kasvunlisäysten kehitys nähdään kuvassa 3. Lisäykset on esi-

tetty kumulatiivisina, jotta nähtäisiin kokonaistulos yhdeltä lannoituskerralta. Etelä-Suomen männikoissä kuutiomääräero lannoittamattomaan verrattuna lisääntyi 7–8 vuotta lannoituksesta ja alkoi sen jälkeen lievästi laskea. Muissa ryhmissä sen sijaan lannoituksen kasvua lisäävä vaikutus jatkui vielä 10 vuotta lannoituksesta, joten kokonaisvaikutus on saavutettuja loppuarvoja suurempi. Yhdellä lannoituskerralla saatiin Etelä-Suomessa lisää puuta 7–8 m³/ha, Pohjois-Suomessa 5–7 m³/ha, kun käytettiin

Taulukko 1. Yleistietoja koalojen puustosta lannoitushetkellä (suluissa hajonnat).

Table 1. General data on the experiment stands at the time of fertilizer application (standard deviations in parentheses).

Puulaji, lannoituskäsitely <i>Tree species, treatment</i>	Koalojen lukumäärä <i>Number of plots</i>	Ikä <i>Age</i>	Keskipituus <i>Mean height</i>	Pohjapinta- ala <i>Basal area</i>	Tukkiprosentti <i>Sawlog percentage</i>	Kuutiomäärä <i>Volume</i>	Kasvu ennen lan- noitusta <i>Increment with bark before fertilization</i>
		a	m	m ² /ha		m ³ /ha	m ³ /ha/a
<i>Etelä-Suomi — South Finland</i>							
Mänty, lannoittamaton <i>Pine, unfertilized</i>	24	95	19,3 (2,6)	16,4 (3,8)	84 (13)	159 (45)	4,1 (1,4)
Mänty, lannoitettu <i>Pine, fertilized</i>	72	95	19,2 (2,5)	16,4 (3,7)	83 (12)	160 (47)	4,3 (1,5)
Kuusi, lannoittamaton <i>Spruce, unfertilized</i>	23	80	18,2 (2,8)	19,6 (3,8)	74 (13)	192 (48)	6,0 (2,0)
Kuusi, lannoitettu <i>Spruce, fertilized</i>	69	80	18,6 (2,7)	20,1 (3,8)	76 (13)	200 (47)	6,4 (1,8)
<i>Pohjois-Suomi — North Finland</i>							
Mänty, lannoittamaton <i>Pine, unfertilized</i>	15	140	15,4 (1,8)	13,5 (2,6)	79 (16)	114 (30)	2,2 (0,9)
Mänty, lannoitettu <i>Pine, fertilized</i>	45	140	15,5 (1,5)	13,4 (1,6)	79 (12)	113 (19)	2,4 (0,9)
Kuusi, lannoittamaton <i>Spruce, unfertilized</i>	15	130	13,2 (2,5)	16,8 (4,6)	63 (18)	135 (51)	2,6 (1,3)
Kuusi, lannoitettu <i>Spruce, fertilized</i>	45	130	13,5 (2,8)	16,6 (4,7)	63 (18)	134 (55)	2,8 (1,2)

oulunsalpietaria tai Y-lannosta. Urealla kasvunlisäys jäi yleensä selvästi näitä pienemmäksi. Lannoitusreaktio oli näin ollen melko pieni verrattuna eräisiin aikaisemmin julkaisuuihin tietoihin (esim. Gustavsen ja Lipas 1975, Päivinen ja Salonen 1978). Osaltaan tähän lienee vaikuttanut koepuustojen korkea ikä, sillä reaktio pienenee puuston vanhetessa (Gustavsen ja Lipas 1975). Kun ikä, kuutiomäärä ja kokeiden sijainti otetaan huomioon, ovatkin kasvunlisäykset samaa suuruusluokkaa kuin Operaatio metsänlannoituksesta (1969) saadut.

Toinen syy yllämainittuun tulosten poikkeavuuteen voi olla tässä työssä käytetty uusi laskentamenetelmä. Suoritetut vertailut osoittivat näet, että käytetty koalojen peruslaskentaohjelmisto antoi yleisesti 20—25 % pienempiä kasvunlisäyksiä kuin aiemmin käytetty Kuuselan (1966) kehittämä pohjapinta-alakeskipuumenetelmä. Koska nyt käytetty laskentatapa ottaa huomioon muotoluvun ja kuoren osuuden muutoksen kokeen aikana, on sitä pidettävä luotettavampana kuin pohjapinta-alakeskipuumenetelmää, jossa mainitut tekijät oletettiin vaikioksi.

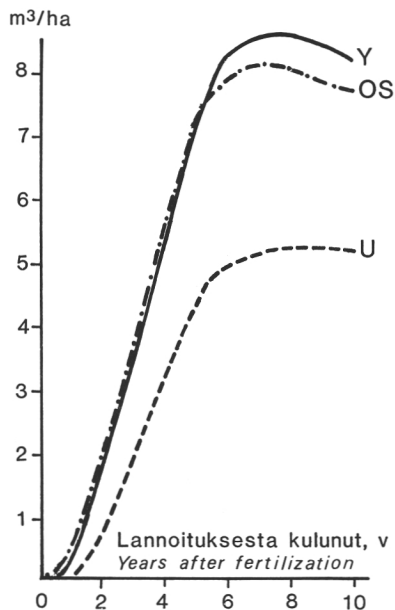
Y-lannos tuotti suurimman kokonaiskasvun lisäyksen kaikissa ryhmissä. Tulosta on lähinnä verrattava oulunsalpietarilannoitukseen, jossa tyyppi on annettu samassa muodossa kuin Y-lannoksessa. Ero Y-lannoksen ja oulunsalpietarin välillä kuvastaa siten fosforin ja kalin tuottamaa lisävaikutusta pelkkään tyypeen verrattuna. Kymmenen vuoden kuluttua lannoituksesta tämä PK:n lisävaikutus oli seuraava:

Etelä-Suomi		Pohjois-Suomi	
mänty	kuusi	mänty	kuusi
6,7 %	20,2 %	5,7 %	6,4 %

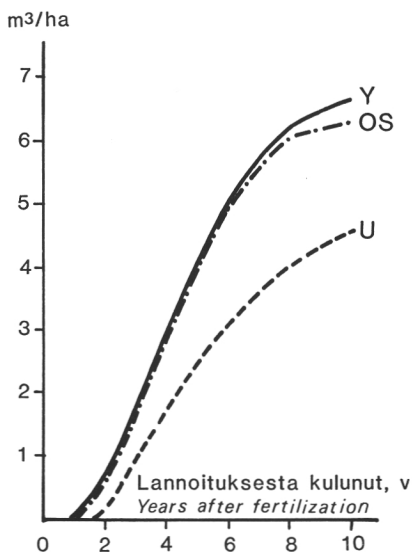
Tulosten mukaan kuusi hyötyi N:n yhteydessä annetusta PK-lisäyksestä enemmän kuin mänty, varsinkin Etelä-Suomessa. Lisäksi voidaan kuvasta 3 todeta, että kuusella saatiin Y-lannoksella pitempiaikainen kasvunlisäys kuin oulunsalpietarilla. Y-lannoksen oulunsalpietaria tehokkaampi vaikutus perustunee etupäässä sen sisältämään fosforiin, sillä kivennäismailla ei ole muissa kokeissa todettu kalilannoituksen tarvetta (Viro 1972).

Urean vertailukelpoisuutta muihin lannoitelajeihin nähden haittaa se, että kaikki lannoitukset tehtiin keväällä. Koska sääolot täl-

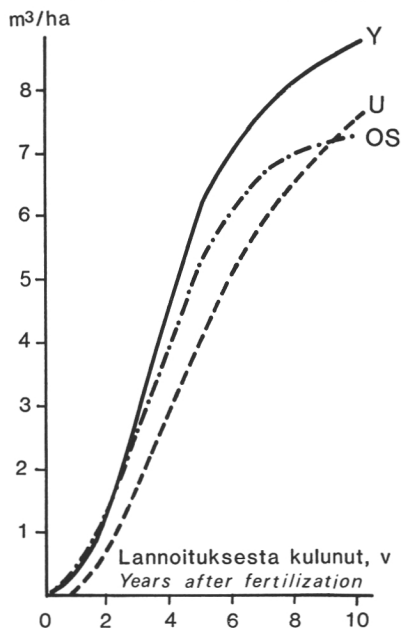
MÄNTY – PINE
Etelä-Suomi – South Finland



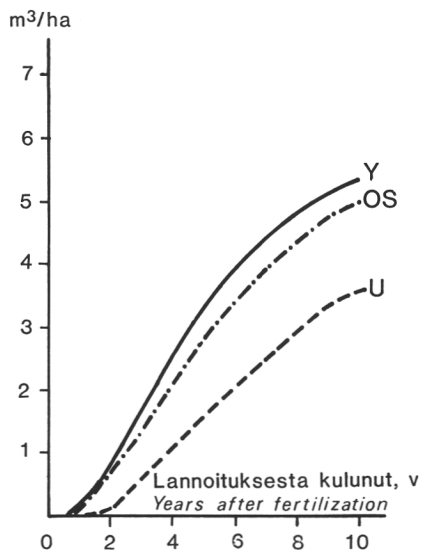
MÄNTY – PINE
Pohjois-Suomi – North Finland



KUUSI – Spruce
Etelä-Suomi – South Finland



KUUSI – Spruce
Pohjois-Suomi – North Finland



U = urea (46 % N)
OS = oulunsalpietäri (26 % N) — ammonium nitrate with lime (26 % N)
Y = typpiirikas Y-lannos (18—12—6) — NPK-fertilization (18—12—6)

Kuva 3. Yhdellä lannoituskerralla (120 kg N/ha) saatu kuutiomäärän lisäys 10 vuoden aikana.
Figure 3. The increase of volume produced during 10 years from one application of fertilizer (120 kg N/ha).

löin ovat usein epäsuotuisat urean hydrolysoitumiselle, voi seurauksena olla typen osittainen haihtuminen ammoniakkikaasuna (Lipas ja Levula 1980). Urealla saatiinkin vaihtelevia tuloksia, kuten kuvasta 3 voidaan havaita. Männiköissä kuutiomäärän lisäys tutkimusjakson lopussa oli vain noin 70 prosenttia oulunsalpietarilla saadusta, kun taas Etelä-Suomen kuusikoissa urea ja oulunsalpietari olivat käytännöllisesti katsoen yhtä tehokkaita. Koska Pohjois-Suomen kuusikoissa urea oli taas selvästi oulunsalpietaria huonompi, eivät tulokset anna aihetta päätellä, että urea olisi kuuselle yleisesti sopivampi lannoite kuin mänyllle.

Lannoitusvaikutuksen vuotuisen kehityksen kuvaamiseen kuvan 3 murtoviivat ovat siinä suhteessa epävarmoja, että pituuskasvut jouduttiin ottamaan viiden vuoden keskiarvoina, kuten edellä todettiin. Muotoluuvun kehitys pohjautuu koepuista saatuun tasoitettuun muotolukukäyrään, samoin kuorenpakisuuden kehitys vastaavaan kuorikäyrään. Varmin tieto saatiin näin ollen kuoretoman sädekasvun kehityksestä, joka perustui vuotuisiin lustonpaksumuksiin. Koska pituuskasvujen tasaaminen johtaa toisella 5-vuotiskaudella viimeisten vuosien kasvun yliarvioimiseen, ovat lannoitusvaikutuksen jatkumista yli 10 vuotta koskevat havainnot epävarmoja. Tästä huolimatta voitaneen kehityksen ainakin karkeasti olettaa noudattavan esitettyjä piirroksia.

Kasvun lisäyksen alkaminen oli oulunsalpietarilla ja Y-lannoksella suunnilleen samanlaista. Ensimmäisenä vuonna lannoituksen jälkeen vaikutusta tuskin havaitsi ainakaan Pohjois-Suomen kokeilla, mutta toisesta vuodesta lähtien vaikutus jatkui voimakkaana Etelä-Suomessa mänyillä 4—5 vuotta, kuusella 6—7 vuotta. Pohjois-Suo-

nessa voimakas vaikutus kesti mänyillä kahdeksan, kuusella yhdeksän vuotta. Ureal-la vaikutus alkoi hitaammin kuin oulunsalpietarilla ja Y-lannoksella ja jatkui vastaavasti myöhempään, varsinkin Etelä-Suomen kuusikoissa.

Lannoitusvaikutuksen kestoaikana on yleisesti pidetty 5—7 vuotta, mikä perustuu Viron (1965) tutkimuksiin neulasten typpi- ja klorofyllipitoisuuksien kehityksestä lannoituksen jälkeen. Kuitenkin kuvan 3 mukaan kasvu voi jatkua lannoittamattoman koealan kasvua voimakkaampana jonkin verran yllämainittua pitempäänkin. Tätä tukevat myös Puron (1977) tulokset, joiden mukaan ainakin vielä seitsemäntenä vuonna lannoituksesta oli erityisesti vanhemmissa metsiköissä vaikutusta havaittavissa. Myös kuusen mäntyä pitkäaikaisempi reagointi on yhtäpitävä Puron (1977) havaintojen kanssa. Etelä-Suomen männiköissä todettu kasvun alenema kahdeksannen vuoden jälkeen (kuva 3) viittaa siihen, että tässä tapauksessa seitsemän vuoden vaikutusaika on oikea arvio. Kun puuston kehitystä on lannoituksella nopeutettu, se on saavuttanut vertailualaa vanhemman puuston kypsyysasteen, johon liittyy vertailualaa pienempi kasvu vanhoissa puustoissa (Lipas 1979). Todennäköisesti kasvukäyrät myös muissa ryhmissä kääntyisivät laskeviksi, jos kokeita jatkettaisiin ilman uusintalannoitusta.

Tuloksista voidaan päätellä, että jos päätehakkuuta odottavaa metsikköä lannoitetaan, tulisi se tehdä Etelä-Suomen olosuhteissa männiköissä 7—8 vuotta, kuusikoissa noin 10 vuotta ennen hakkuuta. Pohjois-Suomessa kannattaisi odottaa 10—12 vuotta, jotta lannoitusvaikutus tulisi kokonaisuudessaan puusatoon mukaan.

3. KANTOHINNAT JA LANNOITUSKUSTANNUKSET

31. Kantohinnat

Kantohintojen ennustamiseen käytettiin samantapaista menettelyä kuin Keipin ja Laakkosen (1980) tutkimuksessa. Käytettävissä olivat Selinin (1957) julkaisemat, hakkuuvuosia 1949/50—1954/55 koskevat havusahapuun ja -kuitupuun hintasarjat sekä

MML Mikko Tervon ja MMK Raimo Rauskalan (Metsäntutkimuslaitos) vastaavat hakkuuvuosien 1954/55—1979/80 sarjat. Eri vuosien kantohinnat muunnettiin 1980 tammikuun rahanarvoon tukkuhintaindeksin kokonaisindeksiä käyttäen.

Hintasarjojen perusteella laadittiin vuotuisien reaalisten kantohintojen ennustemal-

lit, joissa selittävinä muuttujina olivat aika ja suhdannevaihe (liitekuvat 2 ja 3):

havusahapuu

Etelä-Suomi

$$y_1 = -23,436 + 1,7758 v + 61,428 e_1 + 23,833 e_2$$

$$R^2 = 0,81$$

Pohjois-Suomi

$$y_2 = -69,616 + 2,0323 v + 39,107 e_1 + 20,658 e_2$$

$$R^2 = 0,79$$

havukuitupuu

Etelä-Suomi

$$y_3 = 7,6162 + 0,52026 v + 33,923 e_1 + 10,306 e_2$$

$$R^2 = 0,71$$

Pohjois-Suomi

$$y_4 = -15,254 + 0,55385 v + 35,754 e_1 + 14,650 e_2$$

$$R^2 = 0,59$$

Yhtälöissä y kuvaa puutavaralajin kantohintaa ja v vuotta (esim. hakkuuvuodella 1980/81 $v = 80$); e_1 ja e_2 ovat valemuuttujia, jotka määrittelevät suhdannevaiheen. Korkeasuhdannetta kuvaavat valemuuttujien arvot $e_1 = 1$, ja $e_2 = 0$, keskusuhdannetta tilanne $e_1 = 0$ ja $e_2 = 1$ sekä matalasuhdannetta tilanne $e_1 = 0$ ja $e_2 = 0$. $R^2 =$ selitysaste. Korkeasuhdanne määriteltiin tilanteeksi, jossa kantohinta asettuu yli 10 % yksinkertaista lineaarista trendiä korkeammaksi; matalasuhdanteessa kantohinta on puolestaan vähintään 10 % tuota trendiä alempana. Näiden väliin jää keskusuhdanne.

Havusahapuun kantohintaennusteiden muuntamiseksi mänty- ja kuusisahapuun ennusteiksi käytettiin Keipin ja Laakkosen (1980) soveltamia mänty- ja kuusisahapuun hintasuhteita: Etelä-Suomessa 1,076 ja Pohjois-Suomessa 1,188. Viime vuosina mäntykuitupuun hinta on lähestynyt kuusikuitupuun hintaa (esim. Keipi ja Laakkonen 1980). Myös viimeisissä hintasuositussopimuksissa kaikelle havukuitupuulle on käytetty yhtenäishintaa (Puun ... 1980). Koska mänty- ja kuusikuitupuun kantohintojen havaittiin muodostuvan ennustejaksolle 1 % riskitasolla samoiksi, päätettiin tutkimuksessa käyttää kummallekin havukuitupuulle samaa kantohintaa. Lopulliset havukuitupuun ennusteet ovat peräisin kuusikuitupuun hintamalleja paremman selitystason antaneista mäntykuitupuun malleista.

Liitekuviin 2 ja 3 on merkitty hintaennusteita eri suhdannevaiheissa kuvaavat trendisuorat. Pohjois-Suomessa hintaennus-

teet nousevat tai laskevat 15—20 mk/m³ perusennusteen tasosta suhdanteesta riippuen. Etelä-Suomessa korkeasuhdanteen aiheuttama hintojen nousu oli samojen laskelmien mukaan 10—15 mk/m³ suurempi kuin matalasuhdanteen aiheuttama hintojen lasku. Kantohintalaskelmien tulokset osoittavat havusahapuun keskimääräiseksi vuotuiseksi reaalihintojen nousuksi Etelä-Suomessa 1,2 % ja Pohjois-Suomessa 1,6 %. Vastaava kuitupuun reaalihintojen nousu oli 0,8 ja 1,2 %.

Tutkimuksessa käytetyllä ennustejaksolla 1980—87 keskusuhdanteen kantohintojen kehitys olisi (mk/m³):

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
mäntysahapuu	147—161	124—139
kuusisahapuu	137—150	104—117
havukuitupuu	60—64	44—48

Keskusuhdanteen mukaiset hintaennusteet ovat tämän tutkimuksen kantohintojen perusennusteita. Matala- ja korkeasuhdanteen mukaisia hintoja käytetään kannattavuuslaskelmissa hintavaihtelun merkityksen selvittämiseksi.

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton ja Maataloustuottajain Keskusliiton hinnoitteluohjeissa perusleimikon hintoihin tehdään leimikon koon, tiheyden, metsäkuljetusmatkan ja puuston järeyden mukaisia yksikköhinnan korjauksia. Tässä lannoituksen kannattavuuden metsikkökohtaisessa selvityksessä otettiin huomioon vain järeyden korjaus. Korjaus tehtiin hakkuuvuoden 1979/80 hintasuositussopimuksen mukaisesti (Puun ... 1980).

Hintasuositussopimusten ehdottamien, leimikon aritmeettisen keskipuun järeyteen perustuvien hintaportaiden pohjalta laadittiin seuraavat kantohintojen järeydenkorjauskertoimet:

mäntysahapuu	
Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
$P_1 = 0,889 + 0,23 s$	$P_2 = 0,363 + 0,036 s$
kuusisahapuu	
Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
$P_3 = 0,938 + 0,16 s$	$P_4 = 0,969 + 0,896 s$
kuitupuu	
Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
$P_5 = 0,87 + 1,5 k$	$P_6 = 0,844 + 1,8 k$

Yhtälössä p on kerroin, jolla erikseen kutakin kolmea suhdannevaihetta vastaava ”korjaamaton” kantohinta kerrotaan saha- ja

kuitupuun metsikkökohtaisen kantohinnan saamiseksi, *s* on sahapuurunkojen ja *k* kuitupuurunkojen käyttöosan keskitilavuus.

Kasvunlisäysten hinnoittelussa käytettiin em. nousevia kantohintoja ja järeyden mukaista korjaustekijää. Muita taloudelliseen tulokseen vaikuttavia tekijöitä ei voitu huomioida (ks. Hämäläinen ja Laakkonen 1983).

32. Lannoituskustannukset

Lannoituskustannusten suuruuteen vaikuttavat lannoitelajit ja käyttömäärä sekä maasto-olosuhteet, lannoitusajankohta, levitysmenetelmä ja lannoitteiden kuljetusmatka (Keltikangas ja Seppälä 1973). Tämän tutkimuksen koaloille levitettiin lannoitteita puhtaana typpinä mitaten 120 kg/ha. Oulunsalpietarin ja Y-lannoksen koostumukset ovat sittemmin hieman muuttuneet. Laskelmissa käytettiin nykyisin käytössä olevien lannoitteiden keskimääräisiä lannoitusvuoden 1979/80 hintoja. Käytetty typpimäärä vastaa nykyisen käytännön mukaan taulukossa 2 esitettyjä levitysmääriä ja lannoituskustannuksia.

Levityskustannukset määräytyvät lähinnä lannoitteiden käyttömäärän perusteella. Keskimääräisissä maasto-olosuhteissa käsilevityksinä toteutetuissa kevätlannoituksissa saadaan seuraavat työmenekit ja levityskustannukset.

	miestyöpv.	mk/miestyöpv.	mk/ha
levitys urealla	1,0	136	136
” oulunsalpietarilla	1,15	136	156
” Y-lannoitteella	1,30	136	177

Lannoitteen kaukokuljetusmatkaksi oletetaan alle 50 km ja lähikuljetusmatkaksi alle 200 m. Näin kuljetuskustannuksiksi saadaan 10 p/kg. Kun lisäksi suunnittelu- ja työnjohdokustannuksiksi oletetaan 50 mk/ha, saadaan kokonaiskustannuksiksi talulukon 2 osoittamat arvot 436—803 mk/ha (vrt. Keipi ja Laakkonen 1980).

Valtio myöntää yksityisille metsänomistajille rahoitustukea sekä lainan että avustuksen muodossa. Suunnitelman teko ja työnjohto ovat silloin aina ilmaisia. Muun rahoitustuen määrä vaihtelee alueittain. Etelä-Suomi kuuluu rahoitusvyöhykkeisiin I ja II (joille rahoitusehdot ovat samat) sekä Pohjois-Suomi vyöhykkeisiin III ja IV. Metsän-

Taulukko 2. Lannoituskustannukset ilman metsänparannusrahoitusta.

Table 2. Fertilization cost to the forest owner before State subsidy.

Kustannuserä — Cost item	Urea (260 kg/ha)	Lannoite — Fertilizer	
		Oulun salpiet. (436 kg/ha)	Y-lannos (660 kg/ha)
Lannoite— Fertilizer	224 mk/ha	275 mk/ha	516 mk/ha
Levitys — Spreading	136 ”	156 ”	177 ”
Kuljetus — Transportation	26 ”	44 ”	66 ”
Suunnittelu ja työnjohto — Planning and supervision	50 ”	50 ”	50 ”
Kokonaiskustannus — Total cost	436 mk/ha	525 mk/ha	809 mk/ha

omistajan on mahdollista peittää lannoituskustannukset lainalla, jonka korko on viisi prosenttia. Takaisinmaksu ja koron suoritus tapahtuvat tasasuuruusina vuotuiserinä kahdeksan vuoden kuluessa, joista ensimmäinen vuosi on sekä koron maksun että lyhennyksen suhteen vapaavuosi. Vyöhykkeillä I ja II ei lainan lisäksi myönnetä avustusta kuten vyöhykkeillä III ja IV, missä on mahdollisuus saada lainan lisäksi avustusta 20 ja 30 % kustannuksista. Tässä tutkimuksessa avustuksen määräksi oletetaan Pohjois-Suomessa 25 %. Mahdollista olisi anoa myös pelkästään avustusta ja luopua siis kokonaan lainasta, jolloin metsänomistaja saa avustusta Etelä-Suomessa 15 ja Pohjois-Suomessa 35 tai 45 prosenttia.

Yksityisten metsänomistajien vuosittain metsänlannoitukseen käyttämistä varoista n. 95 % on valtion metsänparannuslainaa ja -avustusta. Esimerkiksi vuonna 1981 näistä varoista 68 % oli valtion lainaa, 27 % avustusta ja loput katettiin omalla rahoituksella. Maan eri osien välillä rahoitusmuoto vaihteli siten, että eteläpuoliskossa valtion metsänparannusvaroista 79 % oli lainaa ja loput avustusta, kun taas pohjoispuoliskossa lainan osuus oli 42 % ja avustuksen 58 % (Metsätilastollinen ... 1982).

Keipin ja Laakkosen (1980) laskelmien mukaan laina on reaali-markkoina mitaten avustusta edullisempi vaihtoehto silloin, kun vuotuisen inflaation ja metsänomistajan käyttämän laskentakoron summa kohoaa

yli 9 %. Mainitussa tutkimuksessa vuotuinen inflaatioprosentti oli vuosien 1956—77 keskimääräisenä arvona 7 %. Metsänparannuslainan korot ovat verotuksessa vähennyskelpoisia. Kun 45 % marginaaliprosentin mukaista vähennysoikeutta käytetään, on laina Etelä-Suomessa avustusta edullisempi vaihtoehto jo silloin, kun vuotuisen inflaation ja käytetyn laskentakoron summa kohoaa yli 7 %:n (vrt. Hämäläinen ja Laakkonen 1983). Kun tässä tutkimuksessa inflaation oletetaan jatkuvan vähintään 7 %:n suuruisena, laina osoittautui avustusta edullisemmaksi sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa reaalkorkovaatimuksen ollessa positiivinen. Seuraavassa tarkastellaan lannoituksen kannattavuutta nimenomaan metsänparannuslainan saaneissa yksityismetsätalouden kohteissa. Kun lainasta lankeavat reaalisiksi muunnetut lyhennykset ja korot (verovähennyksen jälkeen) diskontataan lannoitusajankohtaan 4 % reaalista laskentakorkokantaa käyttäen, saa-

daan metsänomistajan lannoituskustannuksiksi, mk/ha:

	urea	oulun salpietari	Y-lannos
Etelä-Suomi	259	319	505
Pohjois-Suomi	194	239	379

Verrattaessa asetelman ja taulukon 2 arvoja keskenään havaitaan, että metsänparannustuki (laina) alentaa reaalisia lannoituskustannuksia 177...424 mk/ha (41...53 %) lannoitteesta ja maantieteellisestä alueesta riippuen. Kustannusten aleneminen vaihtelee myös metsänomistajan korkovaatimuksen mukaan. Mitä suurempi on korkovaatimus, sitä pienemmäksi tulee eri aikoina maksuuntulevien, diskontattujen lannoituskustannusten summa.

Olosuhteista riippuen lannoituskustannukset saattavat poiketa taulukon 2 arvoista. Luvussa 4 tarkastellaan näiden poikkeamien ($\pm 20\%$) vaikutusta lannoituksen kannattavuuteen.

4. LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS

41. Sisäinen korko ilman metsänparannustukea

Lannoituksen kannattavuuden mittareina käytetään tässä tutkimuksessa lannoitusinvestoinnin sisäistä korkoa ja nykyarvoa. Sisäisellä korolla tarkoitetaan sitä suhteellista reaalista nettotuottoa (korkoa), joka lannoituksiin sijoitetuille rahoille saadaan kohonneiden päätehakkutulojen ansiosta.

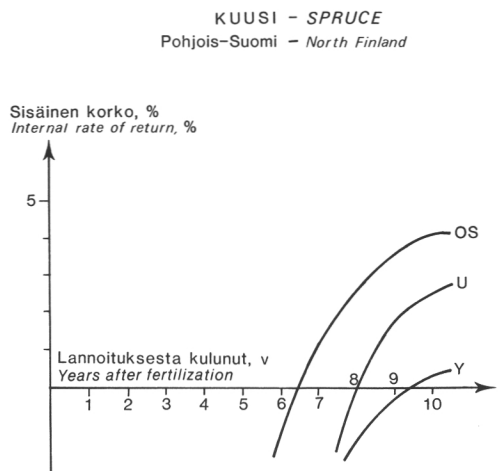
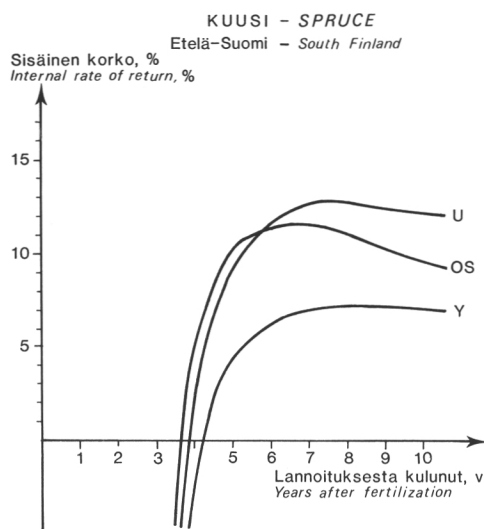
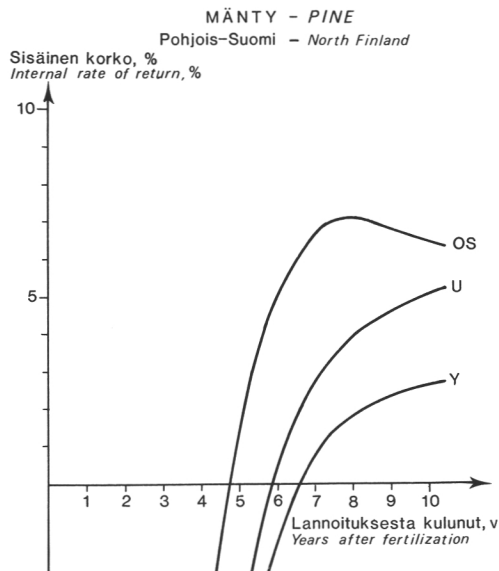
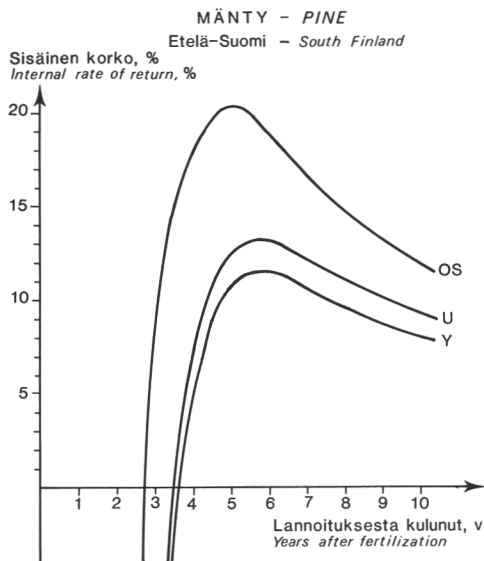
Tässä tutkimuksessa päätehakkuu oletetaan suoritettavaksi lannoitusajanjakson lopussa, jolloin realisoidaan lannoituksella aikaansaatu puuston hakkuuarvon lisäys. Nykyarvo- ja sisäisen korkokannan menetelmissä investointimenoa siis edustaa lannoitusmeno ja siitä saatavaa tuloa po. hakkuuarvon lisäys.

Kuvassa 4 on esitetty eri tyyppilannoitteilla toteutettujen lannoitusinvestointien reaalisesta sisäisen koron kehittyminen lannoituksen jälkeen, kun hanke on toteutettu *ilman valtion metsänparannusrahoitusta* ja mainitun rahoituksen jälkeen. Kuvan 4 taustalla olevat laskelmat perustuvat luvussa 3 esitettyihin keskimääräisiin kustannuksiin ja kanto-

hintoihin. Kuvan 4 mukaan eri tyyppilannoituksilla on *ilman metsänparannustukea* kahdeksassa vuodessa (suluisissa Pohjois-Suomen osalta kymmenessä vuodessa) odotettavissa keskimäärin seuraavan suuruiset reaaliset sisäiset korot:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	mänty	
Urea	11 %	4 % (5 %)
Oulunsalpietari	15 %	7 % (7 %)
Y-lannos	10 %	2 % (3 %)
	kuusi	
Urea	13 %	0 % (3 %)
Oulunsalpietari	11 %	3 % (4 %)
Y-lannos	7 %	-1 % (1 %)

Osaksikin valtion metsänparannusvaroilla lannoitetun metsikön varhaisin sallittu hakkuuajankohta on 8 vuotta lannoituksen jälkeen. Vaikka edellä ei olekaan kysymys mainituilla varoilla suoritetuista lannoitushankkeista, on korot otettu juuri kahdeksannen vuoden kohdalta lannoituksen jälkeen, jotta niitä olisi helpompi vertailla jäljempänä esitettäviin metsänparannusvaroilla toteutettujen lannoitusinvestointien sisäisiin korkoihin. Investointijakson pituus on valittu Ete-



U = urea (46 % N)
OS = olulunsalpietari (26 % N) — ammonium nitrate wiht lime (26 % N)
Y = typpirikas Y-lannos (18—12—6) — NPK-fertilization (18—12—6)

Kuva 4. Yhden lannoituskerran (120 kg N/ha) investoinnin reaalisen sisäisen koron kehitys ilman metsänparannustukea.

Figure 4. The real internal rate of return from one application of nitrogen fertilization without State subsidies.

lä- ja Pohjois-Suomessa samaksi, jotta sisäisiä korkoja voitaisiin verrata keskenään.

Kuvasta 4 nähdään edelleen, että ilman metsänparannustukea sisäinen korko ei yleensä ole maksimissaan 8 vuoden kuluttua lannoituksesta. Etelä-Suomen männikoissä suurimmat sisäiset korot saavutetaan n. 5 vuoden kuluttua lannoituksesta, jolloin ne ovat lannoitteesta riippuen 2—6 prosenttiyksikköä em. asetelman lukuja korkeammat.

Etelä-Suomen kuusikoissa sisäinen korko on suurimmillaan n. 7 vuoden kuluttua lannoituksesta. Pohjois-Suomessa sekä männikoissä että kuusikoissa reaalinen sisäinen korko on vielä 8 vuoden kohdalla yleensä nousussa. Aineisto antaa mahdollisuuden tarkastella asiaa 10 vuoden päähän lannoituksesta, jolloin sisäiset korot ovat Pohjois-Suomessa 1—2 prosenttiyksikköä asetelmasa esitettyjä suuremmat. Poikkeuksen tekee

vain männikön lannoitus oulunsalpietarilla, jolloin sisäinen korko asettuu maksimiinsa n. 7 vuoden kuluttua lannoituksesta. Ero Etelä- ja Pohjois-Suomen lannoitusinvestointien sisäisen koron kehittämisessä johtuu kasvunlisäyksen erilaisesta jakautumisesta sekä sisäisen koron tasoeroista. Kasvunlisäyksen painottuu Etelä-Suomessa voimakkaammin tarkastelujakson alku- ja keskivaiheille kuin Pohjois-Suomessa. Myös kasvunlisäyksen kehitys on Pohjois-Suomessa tasaisempaa kuin Etelä-Suomessa (ks. luku 2).

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös kuinka herkkä sisäinen korko on sen osatekijöissä tapahtuviin muutoksiin nähden. Tätä varten vaihdeltiin vuoronperään erikseen kasvunlisäystä, kantohintoja ja lannoituskustannuksia näistä kahden pysyessä keskimääräisellä tasolla. *Kantohintoja varioitiin* luvussa 3 esitettyjen matala- ja korkeasuhdanteiden mukaisten ennusteiden välissä eli kantohinnat poikkeavat matalasuhdanteessa koko maassa n. 15 % ja korkeasuhdanteessa Etelä-Suomessa n. 25 % ja Pohjois-Suomessa vain 7 % keskisuhdanteen mukaisista hinnoista. Tällöin lannoituksen reaalin sisäinen korko (ilman metsänparannusrahoitusta) vaihteli seuraavasti:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	mänty	
Urea	9...14 %	2...5 %
Oulunsalpietari	12...18 %	5...8 %
Y-lannos	7...13 %	0...3 %
	kuusi	
Urea	10...16 %	-2...1 %
Oulunsalpietari	9...14 %	1...3 %
Y-lannos	5...10 %	-3...1 %

Kasvunlisäyksen suhteellisessa vaihtelussa ei maan eri osien eikä eri lannoitelajien välillä havaittu merkittävää eroa kummankaan puulajin kohdalla. Tästä seurasi, että tutkitessa kasvunlisäyksen vaihtelun merkitystä sisäiseen korkoon, tuo vaihtelu pidettiin kaikissa tarkasteluissa 30 % suuruisena luvussa 2 esitettyistä keskimääräisistä arvoistaan. Sisäinen korko (ilman metsänparannustukea) vaihteli tällöin seuraavasti:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	mänty	
Urea	4...12 %	-3...5 %
Oulunsalpietari	7...16 %	0...8 %
Y-lannos	2...11 %	-5...3 %
	kuusi	
Urea	5...12 %	-7...-1 %
Oulunsalpietari	4...12 %	-4...4 %
Y-lannos	0...8 %	-8...0 %

Lannoituskustannukset voidaan lannoitushetkellä laskea hyvinkin tarkkaan, mitä samaa ei voida sanoa lannoituksella aikaansaataavasta kasvunlisäyksestä eikä sen realisoitihetken kantohinnoista. Toisaalta myös lannoitusinvestointien kohdalla saattaa päätöksenteosta ja sen toteutuksesta kulu useitakin vuosia. Koska lannoituskustannukset saattavat lannoitteiden hinnoittelun, kehitettyjen levitysmenetelmien, metsäyhteistyön lisääntymisen, öljyn hinnan ja työvoimakustannusten nousun yms. takia lyhyelläkin tähtämällä vaihdella, katsottiin tässä tutkimuksessa tarpeelliseksi tarkastella myös kustannusten vaihtelun vaikutusta kannattavuuden vaihteluun. *Vaihdeltaessa kustannuksia 20 % luvussa 3 esitettyjen keskimääräisten arvojen kummankin puolen, vaihteli sisäinen korko (ilman metsänparannustukea) seuraavasti:*

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	mänty	
Urea	9...14 %	2... 7 %
Oulunsalpietari	12...18 %	5...10 %
Y-lannos	7...13 %	-1... 5 %
	kuusi	
Urea	10...16 %	-3... 3 %
Oulunsalpietari	9...14 %	0... 5 %
Y-lannos	4...10 %	-4... 1 %

Asetelmasta havaitaan, että kustannusten aleneminen tai nostaminen 20 %:lla vaikuttaa sisäiseen korkoon samalla lailla kuin aiemmin tarkasteltu kantohintojen odotettavissa oleva vaihtelu. Toteutettaessa päätehakkuiäkäisen VT-männikön tai MT-kuusikon lannoitus *ilman valtion metsänparannusrahoitusta* voidaan kuvan 4 ja edellisten asetelmien mukaan tehdä seuraavat johtopäätökset (vrt. Keipi ja Laakkonen 1980):

- 1) Lannoitus on Pohjois-Suomessa kuusikoita lukuunottamatta ollut reaalisella sisäisellä korolla mitaten melko kannattava investointi.
- 2) Oulunsalpietari on ollut lannoitteista edullisin; urea on osoittautunut sen kanssa tasavertaiseksi erityisesti kuusikoissa, kun sitä vastoin Y-lannos on antanut selvästi pienemmän reaalisien sisäisen koron.
- 3) Etelä-Suomessa lannoituksen kannattavuus on reaalisella sisäisellä korolla mitaten ollut paljon edullisempi kuin Pohjois-Suomen vastaavan lannoituksen kannattavuus.
- 4) Männikön ja kuusikon lannoitus on Etelä-Suomessa ollut lähes yhtä kannattavaa, kun sitä vastoin Pohjois-Suomessa männiköt ovat olleet kuusikoita selvästi edullisempia lannoituskohteita.

42. Nykyarvo

Seuraavassa tarkastellaan lannoitusinvestoinnista saatavien nettotulojen nykyarvoa eli lannoituksella aikaansaadun lannoitusketken diskontatun hakkuuarvon lisäyksen ja lannoitusmenon erotusta. Nykyarvojen laskemisessa diskonttaamiseen käytettävä korkokanta ei yleisessä tapauksessa ole kiistattomasti määritettävissä, vaan se voidaan valita päätöksentekijän tavoitteistakin riippuen monella eri tavalla (Hämäläinen 1973). Tässä tapauksessa korkokannaksi on valittu 4 % (vrt. Saari 1940). Tässä on kauttaaltaan nykyarvo laskettu kahdeksan vuoden jaksolta lannoituksesta vertailujen yhdenmukaistamiseksi.

Kuvassa 5 on esitetty ilman metsänparannustukea rahoitetun lannoitusinvestoinnin hehtaaria kohti lasketun nykyarvon odotusarvon kehittyminen. Etelä-Suomen männiköissä odotusarvon maksimi saavutetaan noin 6 vuoden kuluttua lannoituksesta. Etelä-Suomen kuusikoissa ja Pohjois-Suomen männiköissä nykyarvo alkaa pienetä keskimäärin 10 vuoden kuluttua lannoituksesta lukuunottamatta urealannoituksia, joissa kasvureaktion hitaudesta johtuen investoinnin nykyarvon maksimi saavutetaan myöhemmin. Pohjois-Suomen kuusikoissa nykyarvo on korkeimmillaan kaikilla lannoitelajeilla vasta kun lannoituksista on kulunut noin 10 vuotta.

Laskelmien mukaan eri tyypilannoituksilla on *kahdeksassa vuodessa* odotettavissa keskimäärin seuraavan suuruiset 4 % korkokannalla lasketut nettotulojen nykyarvot (ilman metsänparannustukea):

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
	mänty	
Urea	300 mk/ha	0 mk/ha
Oulunsalpietari	630 ”	140 ”
Y-lannos	420 ”	-120 ”
	kuusi	
Urea	390 mk/ha	-120 mk/ha
Oulunsalpietari	360 ”	-60 ”
Y-lannos	230 ”	-280 ”

Laskelmat osoittavat, että 8 vuoden pituiselta jaksolta lannoituksen jälkeen laskettu nykyarvo on positiivinen eli lannoitus on ollut 4 %:n reaalikorolla laskien kannattava toimenpide Etelä-Suomessa sekä männiköissä että kuusikoissa. Sen sijaan Pohjois-Suomen kuusikoissa ja Y-lannoitetuissa männiköissä saattaa nykyarvo vielä 10 vuoden jak-

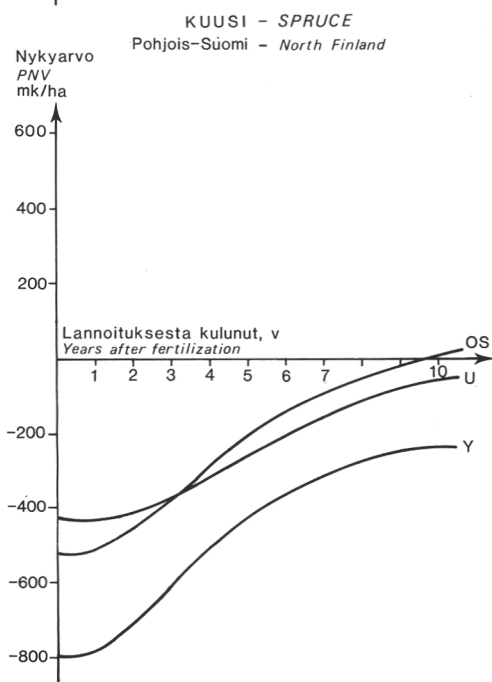
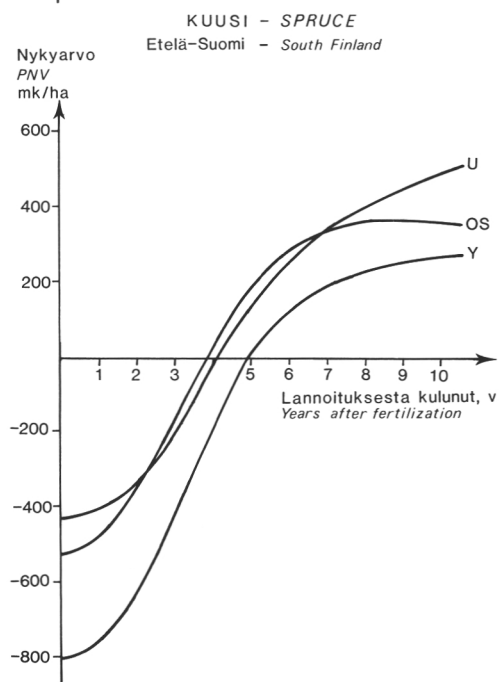
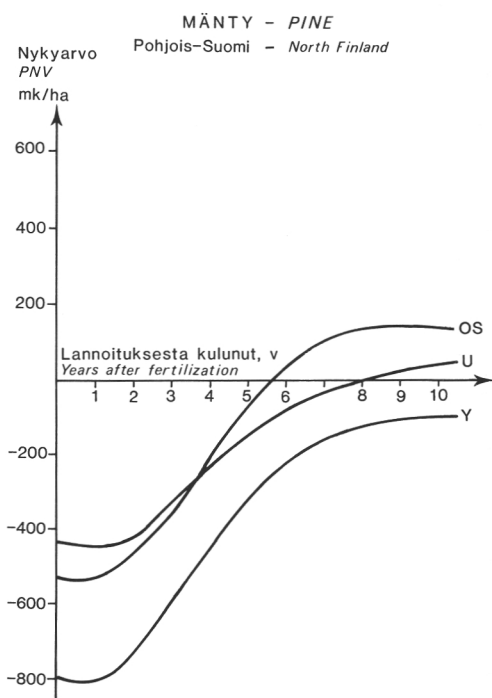
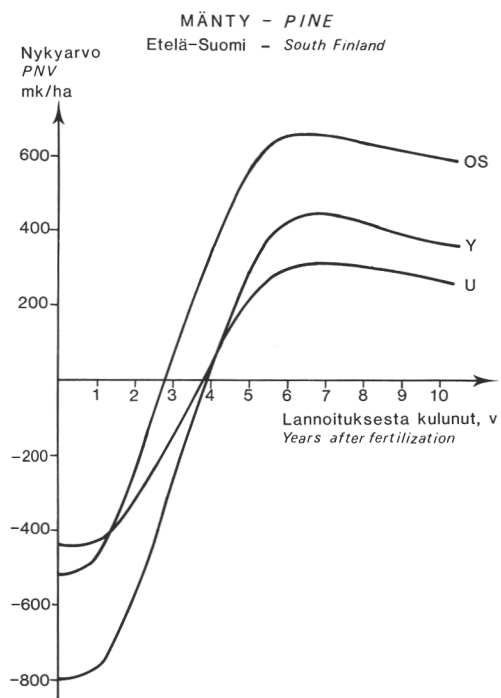
soltakin lannoituksesta olla negatiivinen, joskin se ajan funktiona vielä kohoaa. Kantohintojen, kasvunlisäyksen ja lannoituskustannusten vaihtelu ei vaikuttanut kuvasta 5 tehtäviin päätelmiin, jotka pääpiirteittäin tukevat sisäisellä korolla mitatusta kannattavuudesta tehtyä yhteenvetoa:

- 1) Lannoitus on Pohjois-Suomen kuusikoita lukuunottamatta kannattava investointi.
- 2) Lannoitteista oulunsalpietari on erityisesti männiköissä antanut parhaan tuloksen.
- 3) Ilman valtion metsänparannusrahoitusta lannoitus on selvästi kannattavampaa Etelä- kuin Pohjois-Suomessa.
- 4) Nykyarvolla mitattuna männiköiden lannoitus on yleensä antanut paremman taloudellisen tuloksen kuin kuusiköiden lannoitus.

43. Kannattavuus metsänparannustuki huomioonottaen

Yksityisen metsänomistajan on maatilataloutensa puhtaasta tuotosta ja kunnallisverotettavasta tulostaan riippuen mahdollista saada metsän kasvatuslannoituksiin valtion tukea. Tuen suuruus ja määrittelyperusteet on esitetty lannoituskustannuksia käsittelevässä luvussa 32.

Tässä tutkimuksessa oletetaan vuotuisen inflaation jatkuvan vuosien 1956—1976 tukuhintaindeksin ja kokonaisindeksin keskimääräisen nousun mukaisena eli 7 %. Aikaisemman tutkimuksen (Keipi ja Laakkonen 1980) mukaan laina on avustusta edullisempi vaihtoehto silloin kun metsänomistajan laskentakorkokannan ja vuotuisen inflaatioprosentin summa ylittää 9 %. Näistä seikoista johtuen tässä tutkimuksessa tarkastellaan valtion rahoitustukimuotoina Etelä-Suomen osalta lainaa ja Pohjois-Suomen osalta avustusta ja lainaa. Tällöin siis Etelä-Suomessa yksityisen metsänomistajan lannoituskustannukset peitetään kokonaisuudessaan valtion tähän tarkoitukseen myöntämällä metsänparannuslainalla ja Pohjois-Suomessa keskiarvoisesti 25 % avustuksella ja loput lainalla. Lainan korko on 5 % ja takaisinmaksu tapahtuu 8 vuodessa yhtä suurina vuotuiserinä ensimmäisen vuoden ollessa vapaavuosi. Lainojen korot voi metsänomistaja ottaa verotuksessa vähennyksinä huomioon. Tässä tutkimuksessa on metsänomistajan marginaaliveroprosenttina sovellettu 45 %.



U = urea (46 % N)
OS = oulunsalpietari (26 % N) — ammonium nitrate with lime (26 % N)
Y = typpirikas Y-lannos (18—12—6) — NPK-fertilization (18—12—6)

Kuva 5. Yhden lannoituskerran (120 kg N/ha) investoinnin nykyarvon kehitys ilman metsänparannustukea. Korko 4 %.

Figure 5. The present net value from one application of nitrogen fertilization without State subsidies. Rate of interest 4 per cent.

Tarkastelun kohteena, investoinnin aika-jänteenä on pelkästään 8 vuoden ajanjakso lannoituksesta eteenpäin, koska lainsäädännön mukaan mainittu 8 vuoden periodi on minimiaika, jonka kuluttua metsä voidaan hakata ja lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys realisoida. Laskelmien mukaan em. tavalla metsänparannusrahoitetuilla eri tyypilannoituksilla on kahdeksassa vuodessa odotettavissa keskimäärin seuraavan suuruiset reaaliset sisäiset korot:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
mänty		
Urea	32 %	16 %
Oulunsalpietari	40 %	23 %
Y-lannos	29 %	11 %
kuusi		
Urea	35 %	6 %
Oulunsalpietari	32 %	13 %
Y-lannos	24 %	3 %

Vastaavasti 4 %:n reaalikorolla mitatuksi lannoitusinvestoinnin nettotulojen nykyarvoiksi eri lannoitteilla ja maan eri osissa saadaan:

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
mänty		
Urea	430 mk/ha	210 mk/ha
Oulunsalpietari	780 "	380 "
Y-lannos	630 "	240 "
kuusi		
Urea	520 mk/ha	90 mk/ha
Oulunsalpietari	510 "	180 "
Y-lannos	440 "	80 "

Analyysi osoittaa, että yksityiselle metsänomistajalle, joka vastaanottaa metsänparannustukea, lannoitus on erittäin kannattava toimenpide. Oulunsalpietari on edullisin lannoite ja männiköiden lannoitus antaa taloudellisesti paremman hyödyn kuin kuusikoiden lannoitus.

5. TULOSTEN TARKASTELU JA YHTEENVETO

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että tyypilannoitus on ilman metsänparannustukeakin melko kannattava toimenpide. Etelä-Suomen varttuneissa männiköissä ja kuusikoissa voitiin odottaa keskimäärin yli 10 %:n sisäistä korkoa, kun se Pohjois-Suomessa asettui männiköissä yli 4 %:n tasolle ja oli kuusikoissakin positiivinen. Vastaavasti 4 %:n korkovaatimuksen mukaan lasketun investoinnin nykyarvon voitiin Etelä-Suomessa odottaa yleensä kohoavan korkeammaksi kuin 380 mk/ha ja Pohjois-Suomen männiköissäkin keskimäärin yli 6 mk/ha. Sensijaan Pohjois-Suomen kuusikoissa investoinnin nykyarvo jäi usein negatiiviseksi.

Vaikka tyypirikas Y-lannos tuotti enemmän puuta kuin oulunsalpietari tai urea, jäi se kannattavuudeltaan mainittuja kahta lannoitetta heikommaksi. Oulunsalpietari antoi tässä tutkimuksessa paremman taloudellisen tuloksen kuin urea. On huomattava että kaikki lannoitukset tehtiin keväällä, jolloin osa urean tyypestä on epäsuotuisista sääoloista johtuen mahdollisesti haihtunut ammoniakkikaasuna ilmaan, hyödyttämättä puiden kasvua. Jos lannoitus olisi toteutettu

urealle suotuisampana ajankohtana, urea olisi saattanut antaa huomattavasti paremman tuloksen (yhtä hyvän tai paremman kuin oulunsalpietari) (Keipi ja Laakkonen, 1980).

Tutkimuksen valossa männiköiden lannoitus näytti yleensä olleen kuusikoiden lannoitusta edullisempaa. Tämä ei varsinkaan Etelä-Suomessa johtunut niinkään puulajien välisestä kasvunlisäyserosta kuin kasvunlisäyksen ajoittumisesta. Kuusella lannoitusreaktio on hitaampaa kuin männillä, mikä korkotekijästä johtuen tekee kuusikon lannoittamisen epäedullisemmaksi silloinkin, kun kertalannoituksella aikaansaattava kokonaiskasvunlisäys on puulajeilla samaa suuruusluokkaa. Kuusikossa kasvunlisäys on näin ollen realisoitavissa päätehakuissakin myöhemmin kuin männiköissä. Jonkin verran asiaan vaikuttaa myös mäntytykin kuusta korkeampi hinta.

Alueittainen vertailu osoittaa, että Pohjois-Suomessa tyypilannoituksen kannattavuus pieni. Tämä johtui kahdesta tekijästä: sekä kasvunlisäys että kantohinnat ovat Etelä-Suomessa suuremmat kuin Pohjois-

Suomessa. Valtion yksityismetsänomistajille myöntämä metsänparannustuki kuitenkin pienensi huomattavasti Etelä- ja Pohjois-Suomen välistä kannattavuuseroa. Saadut tulokset voidaan tiivistää seuraavasti:

- 1) Typpilannoitus oli kangasmetsissä Pohjois-Suomen kuusikoita lukuunottamatta kannattava investointi ilman valtion metsänparannusrahoitustakin.
- 2) Lannoitteista oulunsalpietari antoi yleensä edullisimman tuloksen, mutta tämän aineiston perusteel-

la ei urealannoituksen edullisuutta voida perustellusti tarkastella.

- 3) Lannoitus oli selvästi kannattavampaa Etelä- kuin Pohjois-Suomessa.
- 4) Männiköiden lannoitus oli yleensä taloudellisesti edullisempaa kuin kuusikoiden lannoitus johtuen männiköiden nopeasta kasvunlisäyksestä.
- 5) Typpilannoituksen vaikutusaika oli Etelä-Suomen varttuneissa männiköissä 7—8 vuotta ja kuusikoissa noin 10 vuotta. Pohjois-Suomessa lannoitusreaktio kesti 10—12 vuotta.

KIRJALLISUUS — BIBLIOGRAPHY

- GUSTAVSEN, H. G. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia For.* 246: 1—20.
- HEINONEN, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. *Moniste. Metsätutkimuslaitos, matemaattinen os.* 38 s.
- HÄMÄLÄINEN, J. 1973. Profitability comparisons in timber growing: underlying models and empirical applications. *Commun. Inst. For. Fenn.* 90(3): 1—178.
- HÄMÄLÄINEN, J. & LAAKKONEN, O. 1983. Turve- maan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus. Summary: Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland. *Folia For.* 570.
- KEIPI, K. 1979. Metsänlannoituksen kannattavuus. Summary: Profitability of forest fertilization. *Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Folia For.* 400: 58—79.
- & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420: 1—35.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1973. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. *Silva Fenn.* 1973:3, s. 192—235.
- KUUSELA, K. 1966. A basal area-mean tree method in forest inventory. *Seloste. Pohjapinta-alakeskipuumenetelmä metsäinventoinnissa. Commun. Inst. For. Fenn.* 61(2): 1—32.
- LIPAS, E. 1979. Alternative methods for calculating growth response to fertilization. *Seloste. Vaihtoehtoisia menetelmiä lannoitusreaktion laskemiseksi. Commun. Inst. For. Fenn.* 97(7). 1—56.
- & LEVULA, T. 1980. Urealannoitus eri vuodenaikoina. Abstract: Urea fertilization at different times of the year. *Folia For.* 421: 1—14.
- Operaatio metsänlannoitus. Vuosina 1967—68 suoritettujen mittausten tuloksia. 1969. 16 s. Helsinki. Osuuskassat — Rikkihappo Oy — Metsänhoitolautakunnat.
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusitalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. *Folia For.* 304: 1—15.
- PÄIVINEN, L. & SALONEN, K. 1978. Eri typpimäärien sekä fosforin ja kalin vaikutus kangasmetsien kasvuun Etelä-Suomessa. Summary: The effect of different amounts of nitrogen and that of phosphorus and potassium on pine and spruce stands. *Metsätutkimuksia* 1: 1—4. *Kemira Oy.*
- Puun hintasuositussopimus. 1980.
- SAARI, E. 1940. Suurten metsäalojen arvon määrittäminen. Referat: Die Schätzung des Wertes grosser Waldflächen. *Silva Fenn.* 55: 1—41.
- SELIN, L. 1957. Raakapuun kantohintataso maassamme vuosina 1934—55. Verokuutiometrin hinnoitteluaineistoon perustuva tutkimus. Summary: An investigation based on the material used for assessing the tax cubic metre. *Commun. Inst. For. Fenn.* 48(5): 1—136.
- TIMONEN, M. 1981. Ilmasto jarruttaa tai vauhdittaa metsän kasvua. *Metsä ja Puu* 1981(9): 4—6.
- VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. *Selostus: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Commun. Inst. For. Fenn.* 59(3): 1—42.
- 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. *Folia For.* 138: 1—19.

SUMMARY

The result of the study shows that nitrogen fertilization in Finland is a fairly profitable undertaking for the forest owner even without the existing State subsidies. With a nitrogen content of 120 kg/ha the expected internal rate of return easily exceeded 10 per cent in natural pine and spruce stands in South Finland. In the pine forests of North Finland it reached five per cent and showed a positive value also in spruce forests. Correspondingly, the net present value with a four per cent calculative rate of interest surpassed FIM 380/ha (USD 76/ha) in South Finland and FIM 6/ha (USD 1.21 ha) in pine forests of North Finland. However, in the spruce forests of North Finland, the net present value of the investment might be negative. Although the NPK fertilizer (18—12—6) produces more wood than plain nitrogen fertilization with ammonium nitrate (26 % N) or urea (46 % N) it lags behind in profitability. Ammonium nitrate has given a better economic result in this investigation than urea fertilization. However, in this study, fertilization has taken place in spring when part of the urea, due to dry weather conditions, may have volatilized in the form of ammonium without benefiting tree growth. In different conditions urea might have given as good result as ammonium nitrate fertilization.

According to the result of the study, fertilization was more profitable in pine than in spruce stands. This difference does not so much result from differences in the timber volume increase between the two species as from the timing of the growth reaction of the trees. Spruce reacts slower than pine which due to the compounded interest factor causes fertilization of spruce to be less profitable than that of pine even when the total volumes of timber produced of the two species are nearly equal. A regional comparison showed that the profitability of nitrogen fertilization decreased northwards. The reason is two-fold: both the growth

reaction of trees and the prices of timber produced are lower in the north than in the south of the country. The Government subsidy on forest fertilization efficiently removed this difference. During recent years about 95 per cent of forest fertilization by private forest owners in Finland have been financed with the State's forest improvement loans and subsidies.

The results support the findings of earlier studies on the profitability of forest fertilization with different species and in different parts of the country (Keipi 1979; Keipi & Laakkonen 1980; Keltikangas & Seppälä 1973): In addition, the current piece of research completes the picture regarding the profitability of different fertilizers and the reaction period of nitrogen fertilization on mineral soils. The study findings can be summarised as follows:

- 1) Nitrogen fertilization on mineral soils was generally a profitable investment for a forest owner even without the available Government subsidies, with the exception of spruce stands in North Finland.
- 2) Of the fertilizers used in Finland, ammonium nitrate tended to give the best results but also the use of urea is recommended in favorable (humid) weather condition.
- 3) Especially without Government subsidies fertilization was clearly more profitable in South than North Finland.
- 4) Fertilization was generally more profitable for pine than for spruce stands, due to the faster reaction of pine.
- 5) The response to nitrogen fertilization on mineral soils lasted 7 to 8 years in pine forests and approximately 10 years in spruce forests in South Finland. In North Finland the response period was 10 to 12 years.

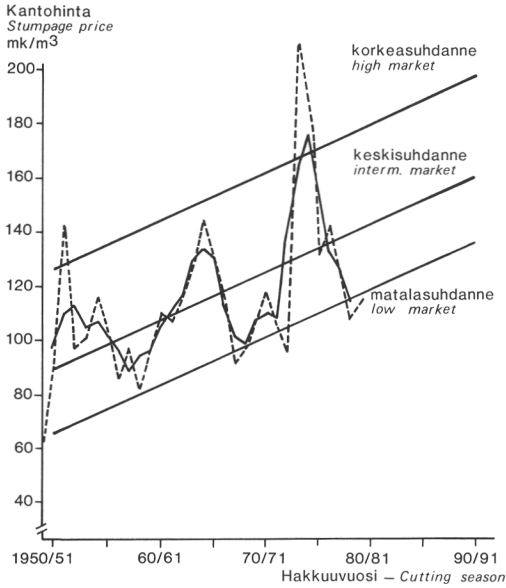
Liite 1. Typpilannoituksen (120 kg N/ha) antamat vuotuiset kasvunlisäykset (m³/ha).
Annex 1. Annual increase of volume produced by nitrogen fertilization (m³/ha).

Lannoite Fertilizer	Lannoituksesta kulunut, vuotta — <i>Years from fertilization</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Etelä-Suomen männiköt — Pine in South Finland</i>										
U (46 N)	-0.02	0.68	1.24	1.29	1.17	0.56	0.18	0.12	-0.06	-0.06
OS (26 N)	0.37	1.45	1.97	1.81	1.70	0.61	0.23	-0.12	-0.23	-0.16
Y (18—12—6)	0.24	1.38	1.90	1.93	1.90	0.91	0.31	0.01	-0.24	-0.20
<i>Pohjois-Suomen männiköt — Pine in North Finland</i>										
U (46 N)	-0.08	0.27	0.69	0.82	1.84	0.56	0.45	0.44	0.28	0.30
OS (26 N)	-0.10	0.60	1.00	1.21	1.34	0.85	0.72	0.42	0.13	0.11
Y (18—12—6)	-0.06	0.62	1.11	1.24	1.64	0.86	0.78	0.43	0.25	0.22
<i>Etelä-Suomen kuusikot — Spruce in South Finland</i>										
U (46 N)	0.15	0.51	1.12	1.22	1.21	0.90	0.87	0.56	0.52	0.53
OS (26 N)	0.34	0.91	1.36	1.40	1.31	0.69	0.69	0.30	0.14	0.13
Y (18—12—6)	0.28	0.91	1.53	1.79	1.64	0.76	0.78	0.43	0.32	0.30
<i>Pohjois-Suomen kuusikot — Spruce in North Finland</i>										
U (46 N)	-0.01	0.20	0.35	0.48	0.56	0.45	0.45	0.41	0.46	0.24
OS (26 N)	0.07	0.57	0.67	0.77	0.77	0.56	0.53	0.40	0.44	0.23
Y (18—12—6)	0.09	0.68	0.87	0.91	0.84	0.57	0.48	0.41	0.31	0.17

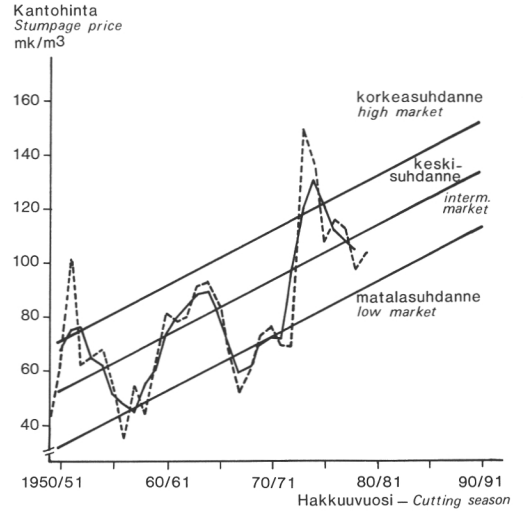
U = Urea — *Urea (46 N)*

OS = Oulunsalpietari — *Ammonium nitrate with lime (26 N)*

Y = Typpirikas Y-lannoite — *NPK-fertilizer (18—12—6)*

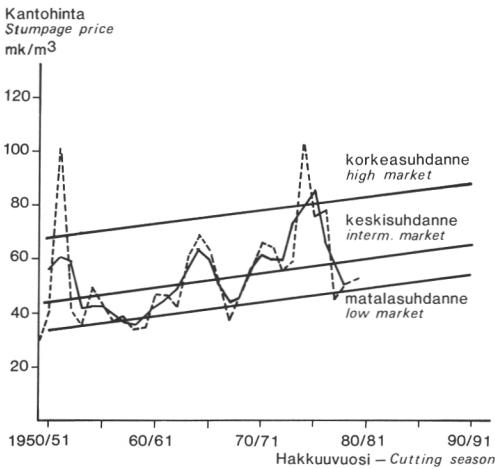


Liitekuva 2a. Havusahapuu, Etelä-Suomi.
Fig. to Annex 2a. Coniferous sawlogs, South Finland.

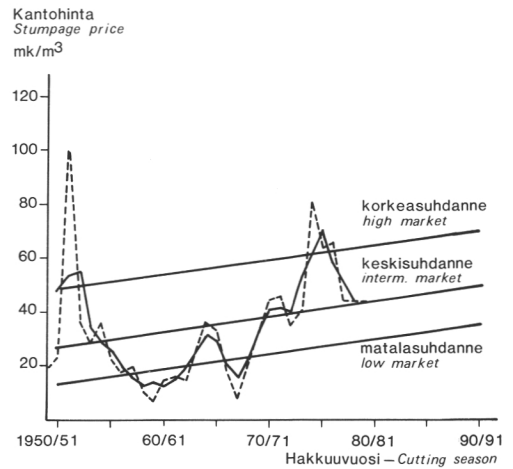


Liitekuva 2b. Havusahapuu, Pohjois-Suomi.
Fig. to Annex 2b. Coniferous sawlogs, North Finland.

Liitekuva 2. Havusahapuun v. 1980 tammikuun rahassa reaaliset kantohinnat Etelä- (kuva a) ja Pohjois-Suomessa (kuva b) hakkuuvuosina 1949/50—1979/80 sekä lineaariset suhdannevaihtelut huomioonottavat trendit. ——— vuotuiset tulot. ——— 3 vuoden liukuvat keskiarvot.
Fig. to Annex 2. Real stumpage prices of coniferous sawlogs at January 1980 money values in South (Fig. a) and North Finland (Fig. b) 1949/50—1979/80 and the linear trend for high, intermediate and low market. ——— annual prices. ——— 3 years' moving averages.



Liitekuva 3a. Havukuitupuun, Etelä-Suomi.
Fig. to Annex 3a. Coniferous pulpwood, South Finland.



Liitekuva 3b. Havukuitupuun, Pohjois-Suomi.
Fig. to Annex 3b. Coniferous pulpwood, North Finland.

Liitekuva 3. Havukuitupuun v. 1980 tammikuun rahassa lasketut reaaliset kantohinnat Etelä- (kuva a) ja Pohjois-Suomessa (kuva b) hakkuuvuosina 1949/50—1979/80 sekä lineaariset suhdannevaihtelut huomioonottavat trendit. ——— vuotuiset hinnat. ——— 3 vuoden liukuvat keskiarvot.
Fig. to Annex 3. Real stumpage prices of coniferous pulpwood at January 1980 money values in South (Fig. a) and North Finland (Fig. b) 1949/50—1979/80 and the linear trend for high, intermediate and low market. ——— annual prices. ——— 3 years' moving averages.

ODC 237.4 + 651.79 + 941
ISBN 951-40-0645-3
ISSN 0015-5543

LAAKKONEN, O., KEIPI, K. & LIPAS, E. 1983. Typpiannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia For.* 577:1—20.

The study concerns the profitability of nitrogen fertilization of mature Scots pine and Norway spruce forests in South and North Finland. Nitrogen fertilization on mineral soils turned out to be a profitable investment, with the exception of spruce forests in North Finland. The fertilization was more profitable in South than in North Finland, and it was generally more profitable in pine stands than in spruce stands. Ammoniumsulphate gave a better economic result than urea fertilization. However, in this study urea fertilization has taken place in spring, the least successful time for it. The response to fertilization lasts 7 to 8 years in pine forests and 10 years in spruce forests in South Finland. In North Finland the response period is 10 to 12 years.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 237.4 + 651.79 + 941
ISBN 951-40-0645-3
ISSN 0015-5543

LAAKKONEN, O., KEIPI, K. & LIPAS, E. 1983. Typpiannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia For.* 577:1—20.

The study concerns the profitability of nitrogen fertilization of mature Scots pine and Norway spruce forests in South and North Finland. Nitrogen fertilization on mineral soils turned out to be a profitable investment, with the exception of spruce forests in North Finland. The fertilization was more profitable in South than in North Finland, and it was generally more profitable in pine stands than in spruce stands. Ammoniumsulphate gave a better economic result than urea fertilization. However, in this study urea fertilization has taken place in spring, the least successful time for it. The response to fertilization lasts 7 to 8 years in pine forests and 10 years in spruce forests in South Finland. In North Finland the response period is 10 to 12 years.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia
Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 560 Löytyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen.
Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia.
The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakkasmaiden sahatavaraostot 1970-luvulla.
Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutua ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät.
The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä.
A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koehaus.
Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82.
Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.
- No 568 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979—1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977—1982.
Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979—1982, and in the whole of South Finland, 1977—1982.
- No 569 Rousi, Matti: Myyrrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikoikeissa talvella 1981/82.
Vole damage in tree species trials in northern Finland in the winter of 1981/82.
- No 570 Hämäläinen, Jouko & Laakkonen, Olavi: Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus.
Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland.
- No 571 Lähde, Erkki & Savonen, Eira-Maija: Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa.
Effects of watering on the development of containerized Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums.
- No 572 Korhonen, Kirsi-Marja, Teivainen, Terttu, Kaikusalo, Asko, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen.
Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) on Scots pine in northern Finland after the peak year 1978.
- No 573 Jokinen, Katriina: Metsänlannoituksen vaikutus juurikäävän esiintymiseen — Kirjallisuuskatsaus.
The effect of fertilization on the occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. — A literature review.
- No 574 Sevola, Yrjö: Metsähallinnon Nurmeksen hoitoalueen voimaperäinen puunkasvatus: Seurantajärjestelmä ja tuloksia. Männyn, kuusen ja koivun muotolukujen vaihtelu.
Intensive timber growing in a state forest district: Monitoring system and results.
- No 575 Nepveu, Gerard & Velling, Pirkko: Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu.
Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*.
- No 576 Gustavsen, Hans Gustav & Fagerström, Håkan: Brösthöjdsformtalets variation i tall-, gran- och björkbestånd.
The variation of the breast height form factor for pine, spruce and birch stands in Finland.
Männyn, kuusen ja koivun muotolukujen vaihtelu.
- No 577 Laakkonen, Olavi, Keipi, Kari & Lipas, Erkki: Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä.
Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils.
- No 578 Vuollekoski, Martti: Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus metsäojien perkaamiseen.
Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning.
- No 579 Lähde, Erkki, Högnäs, Bo, Jaakkola, Aimo & Huuri, Olavi: Tall- och granplanteringarnas utveckling på Åland.
Männyn ja kuusen istutuksen onnistuminen Ahvenanmaalla.
The success of Scots pine and Norway spruce planting in the Åland islands.

- No 580 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Etelä- ja Keski-Suomen suometsät vuosina 1951—1981.
Peatland forests in southern and Central Finland in 1951—1981.
- No 581 Sirén, Matti: Tutkimustuloksia Norcar HT-440 Turbo harvennustraktorista.
Study results of Norcar HT-440 Turbo thinning tractor.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.