

# FOLIA FORESTALIA 589

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1984

---

---

EERO PAAVILAINEN

---

TYPPI JA HIVENRAVINTEET  
OJITETTUIEN RÄMEIDEN  
JATKOLANNOITUKSESSA

---

NITROGEN AND MICRONUTRIENTS  
IN THE REFERTILIZATION  
OF DRAINED PINE SWAMPS

---





METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

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

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyyssönen
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <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 valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista 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 589

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1984

Eero Paavilainen

## TYPPI JA HIVENRAVINTEET OJITETTUIEN RÄMEIDEN JATKOLANNOITUKSESSA

Nitrogen and micronutrients in the refertilization  
of drained pine swamps

*Approved on 30.5.1984*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT .....	4
3. TULOKSET .....	9
31. Sonkajärvi ja Rautavaara .....	9
32. Liesneva .....	12
33. Köhisevä ja Vesikkosuo .....	16
34. Katosoja .....	21
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	22
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	24
SUMMARY .....	25



PAAVILAINEN, E. 1984. Typpi ja hivenravinteet rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia For.* 589:1—28.

Julkaisussa esitetään ensimmäiset tulokset 16 jatkolannoituskokeesta, jotka perustettiin vuosina 1972—1978. Kokeiden tarkoituksena oli paitsi selvittää turvemaiden uusintalannoituksen yleisiä perusteita saada lisätietoja siitä, mikä on typen ja hivenravinteiden tarve rämeiden jatkolannoituksessa.

Karuilla rämeillä PK-jatkolannoitus vaikutti puuston tilavuuskasvuun vain vähän tai ei ollenkaan. Typpi yksinään lisäsi puuston kasvua jatkolannoituksessa mutta vähemmän kuin fosforin ja kaliumin kanssa käytettynä.

Liesnevan tutkimusalueella, jolla pintaturpeen (0—20 cm) typpipitoisuus oli runsaat 2 %, PK-jatkolannoitus antoi parhaan tuloksen. Pohjoisempana sijaitsevilla viljavien rämeiden kokeissa kohtuullinen typpilannoitus (50—200 kg N/ha) PK:n ohella antoi suuremman puuston tilavuuskasvun lisäyksen kuin pelkkä PK-lannoitus.

Tulosten mukaan hivenravinteiden käyttö on perusteltua viljavien rämeiden jatkolannoituksessa. On näin ollen suositeltavaa, että näillä kasvupaikoilla käytetään booripitoista PK-lannosta, niinkuin nykyisin yleisesti tapahtuukin käytännön työssä. Boori kulkeutuu nopeasti puiden neulasiin ja vaikuttaa pitkän ajan.

Tutkimuksissa ilmeni myös, että typen ja hivenravinteiden tarpeen arvioimiseen soveltuvia menetelmiä olisi kehitettävä nykyisestäään.

The first results of 16 refertilization experiments, established during 1972—1978, are presented in this report. As well as being designed to provide information about the basic principles involved in refertilization, the aim of the experiments was also to obtain additional information about the need for nitrogen and micronutrients in the refertilization of pine bogs.

Refertilization with PK had only a slight or non-existent effect on the volume increment of stands growing on infertile cottongrass and low-shrub pine bogs. Nitrogen alone increased stand growth in refertilization, although to a lesser degree than when given together with phosphorus and potassium.

In the Liesneva research area, where the nitrogen content in the surface peat (0—20 cm) was as high as 2 %, PK-refertilization gave the best result. In the more northern experiments on fertile swamps, moderate fertilization with nitrogen (50—200 kg N/ha) in addition to PK, gave a greater increase in the volume growth increment than PK-fertilization alone.

The results of these experiments support the conclusion that micronutrients should be used in the refertilization of fertile pine swamps. The use of PK fertilizer containing boron is thus recommended in the refertilization of such sites, as is usually done nowadays in practice. Boron is rapidly transported to the needles of the trees and has a long-lasting effect.

It was also apparent in the study that better methods should be developed for estimating the need for nitrogen and micronutrients.

ODC 237.4 + 2--114.444 + 114.261 + 181.65 + 562.2/.4  
ISBN 951-40-0659-3  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1984. Valtion painatuskeskus



## 1. JOHDANTO

Turvemaiden metsänlannoitusta koskeva tutkimus- ja koetoiminta käynnistyi Suomessa laajassa mitassa 1950-luvulla. Kokeiden tulokset vahvistivat pian aikaisempiin yksittäisiltä havaintokoealoilta ja ulkomailta saatuihin tietoihin perustuvan käsityksen, että fosfori ja kalium ovat tärkeimmät suomettien lannoituksessa tarvittavat ravinteet. Typen käyttö osoittautui tarpeelliseksi niukkaravinteisimmilla soilla. Aikaa myöten saatiin lisäksi viitteitä siitä, että typpilannoitus voi vauhdittaa puuston kasvua paitsi karuilla soilla myös suhteellisen runsasravinteisilla kasvupaikoilla (esim. Paavilainen 1975, Sepälä ja Westman 1976). Ojitetuilla soilla havaittuja kasvuhäiriöitä koskevat tutkimukset puolestaan vahvistivat aiemmin esitettyä käsitystä (Lukkala 1951), että turvemaiden saattaa olla puutetta myös hivenravinteista, varsinkin boorista (Huikari 1974, Veijalainen 1975).

Vanhimmilla käytännön metsänlannoitusalueilla on ensimmäisen lannoituksen vaikutus jo päättynyt tai loppumassa. Tarvitaan näin ollen tietoja siitä, milloin lannoitus olisi uusittava sekä mikä on eri ravinteiden tarve jatkolannoitusvaiheessa. Näiden kysymysten selvittämiseksi aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla vuonna 1972 erityinen jatkolannoitusprojekti. Sen mukaiset jatkolannoitukset suunniteltiin suurimmaksi osaksi aikaisemmin peruslannoituksen saaneisiin kohteisiin. Niitä olivat mm.:

- 1950-luvulla perustetut lannoituskokeet, joissa oli tavallisesti mukana typpi, fosfori, kalium ja kalsium eri tasoina,
- 1960-luvulla käytännön työnä lannoitetut alueet, joiden ensimmäisessä lannoituksessa otettiin lähinnä Metsäntutkimuslaitoksen mailla huomioon myös tulevat jatkokäsittelyt,
- fosfori- ja typpilannoitelajikokeet,
- erityiskokeet, joissa mm. vertailtiin keskenään hidas- ja nopealiukoisten lannoitteiden vaikutusta sekä selvitettiin maa- ja neulasanalyysin käyttömahdollisuuksia jatkolannoitustarpeen määrittämisessä,
- vanhat ojitusalueet, etenkin korvet.

Kokeita suunniteltaessa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että niiden tulokset antaisivat tietoja lannoituksen vaikutuksesta

puuston tilavuuskasvuun ja näin perusteita mm. jatkolannoituksen taloudellisen edullisuuden selvittämiseksi. Samanaikaisesti tehostettiin kuitenkin myös taimikoiden jatkolannoituksen perusteita koskevaa tutkimustoimintaa.

Osa jatkolannoituskokeiden puustoista on jo mitattu ja tulokset julkaistu. Niiden mukaan vähäravinteisten soiden jatkolannoituksessa on varmintä käyttää typpeä, fosforia ja kaliumia. Yksipuolinen typpijatkolannoitus voi vaikuttaa suorastaan haitallisesti puuston kasvuun karuimmilla rakkaisilla soilla. (mm. Paavilainen 1976b, Kaunisto 1977, Kaunisto ja Paavilainen 1977). PK-jatkolannoituskin saattaa heikentää puuston kasvua, jos käyttökelpoinen typen määrä on vähäinen (Paavilainen 1977).

Viljavien soiden jatkolannoituksessa käytetään yleensä vain fosforia ja kaliumia, vaikka myös typen tarpeesta on saatu viitteitä. Yksipuolinen typpilannoitus voi kuitenkin aiheuttaa runsasravinteisilla, varsinkin typpirikkailla soilla kasvuhäiriöitä, kuten latvojen kuolemista (Paavilainen 1976a, 1978, 1979, Moilanen 1982). Lappiin perustetuissa jatkolannoituskokeissa myös hivenlannoituksella oli selvä, joskin vain pieni, positiivinen vaikutus puuston kasvuun (Paavilainen ja Penttilä 1983).

Tässä julkaisussa esitetään jatkolannoitusprojektin tutkimusohjelman mukaisesti ensimmäiset tulokset kokeista, jotka perustettiin vuosina 1972—1978 yhteistoiminnassa A. Ahlström Oy:n ja metsähallituksen kanssa. Kokeiden tarkoituksena oli paitsi selvittää turvemaiden uusintalannoitusten yleisiä perusteita saada lisätietoja siitä, mikä on typen ja hivenravinteiden tarve rämeiden jatkolannoituksessa.

Kokeiden perustamiseen, mittaukseen ja analysointiin on tutkimuksen eri vaiheissa osallistunut suurin osa suontutkimusosaston kenttähenkilökunnasta (mittausryhmien johtajina Jorma Issakainen, Kauko Kylmänen, Kalle Nevanranta, Kauko Taimi, Heikki Takamaa) ja ATK-ryhmästä (Riitta Heinonen, Airi Piira, Inkeri Suopanki). Piirrookset on tehnyt Anja Ripatti ja konekirjoituksesta ovat huolehtineet Liisa Poutanen ja Maija Tuu-



ri. Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet prof. Eino Mälkönen, MMT Seppo Kaunisto, MMT Erkki Lipas, MML Kimmo Paarlahti, MH Timo Penttilä, MMT Juhani Päivänen ja LuK Heikki Veijalainen. Käännöstyön on

tehtynyt MMK John Derome.

Parhaat kiitokset kaikille samoin kuin A. Ahlström Oy:lle, Tehdaspuu Oy:lle ja metsähallitukselle hyvästä yhteistyöstä.

## 2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto kerättiin yhteensä 16:lta koeelta (kuva 1, taulukko 1). Sonkajärven ja Rautavaaran kokeet perustettiin verraten vähäravinteisille tupasvilla-piensaratason rämeille. Liesnevan, Köhisevän, Vesikkosuon ja varsinkin Katosojan kokeet sijaitsevat ensin mainittuja selvästi viljavammilla rämeillä, joilla pintaturpeen (0—20 cm) typpipitoisuus oli keskimäärin 2 % tai sitä suurempi (taulukko 2). Mitattuja koelajoja oli kaikkiaan 378 kpl.

Sonkajärven koe perustettiin vuonna 1960 A. Ahlström Oy:n Haapamäen tilalle Sonkajärven Jyrkkään. Tämä tupasvillärämeellä sijaitseva koe kuuluu useiden lannoituskokeiden sarjaan, jonka alkuperäisenä tarkoituksena oli selvittää typpilannoitelajien ja -määrien vaikutusta männyn kasvuun vähäravinteisilla ojitetuilla soilla. Tältä osin tutkimustulokset on jo julkaistu (Paaivilainen 1972).

Kesäkuussa 1972 Sonkajärven koe jatkolannoitettiin siten, että alunperin lannoittamattomia vertailukoelajoja lukuunottamatta koelajojen toinen puoli sai typpilannoituksen ja toinen puoli NPK-lannoituksen. Näin perustetut uudet koelajat erotettiin toisistaan navero-ojalla. Vertailukoelajat jätettiin edelleen lannoittamatta. Perus- ja jatkolannoituksen käsittelyt nähdään taulukosta 3.

Jatkolannoitettaessa puuston tilavuus oli Sonkajärven kokeella varsin pieni, keskimäärin vain 15 m<sup>3</sup>/ha.

Metsähallinnon Rautavaaran (nyk. Nurmeksen) hoitoalueessa sijaitsevia kokeita on kaikkiaan neljä. Niistä vanhin perustettiin vuonna 1956 isovarpuiselle rämeelle käyttämällä useita eri lannoiteyhdistelmiä ja -määriä. Alunperin lannoittamattomat tai pelkän kalkkikivijauheen (5 000 tai 10 000 kg/ha) saaneet koelajat jätettiin edelleen lannoittamatta vertailukoelajoiksi. Muut koelajat lannoitettiin taulukon 4 mukaisesti. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta jatkolannoituksessa käytettiin typpeä, fosforia tai kaliumia niillä koelajoilla, joille tätä ravinnettä ei annettu ensimmäisessä lannoituksessa.

Samat jatkolannoituksen saaneet koelajat poikkeavat eräissä tapauksissa huomattavasti toisistaan peruslannoitusyhdistelmien ja -määrien suhteen. Erilaisten peruslannoitusten vaikutusta puuston kasvuun sen paremmin kuin perus- ja jatkolannoituksen vaikutuksen välistä riippuvuuttakaan ei pystytty tässä tapauksessa puuston tilavuuden suuren vaihtelun ja toistojen puutteen vuoksi luotettavasti selvittämään.

Muut Rautavaaran jatkolannoituskokeet perustettiin faktorikokeina vuoden 1976 joulukuussa tai seuraavan vuoden kesäkuussa aikaisemmin PK:lla lannoitetuille rämeille (taulukko 5).

Rautavaaran kokeiden 2 ja 3 jatkolannoituksessa annettiin typpeä, fosforia ja kaliumia sekä Rautavaaran kokeessa 4 niiden lisäksi myös hivenravinteita.

Koe 2 oli suotyypiltään pääasiassa puolukkaturvekangasta ja muut Rautavaaran kokeet piensara- tai tupasvillaravinteisuustason muuttumia. Pintaturpeen ravinnepitoisuus oli suurin kokeessa 2 ja pienin kokeessa 4 (taulukko 2).

Puuston tilavuudessa ei ollut jatkolannoitusta suoritettaessa suuria eroja Rautavaaran kokeiden 2, 3 ja 4 välillä. Keskimääräinen tilavuus oli 20—30 m<sup>3</sup>/ha.

Ojituksesta sekä peruslannoituksesta oli kulunut eni-



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti.  
Fig. 1. Location of the study areas.

ten aikaa kokeessa 2 ja vähiten kokeessa 4. Jatkolannoitus annettiin kokeessa 2 viisitoista vuotta, kokeessa 3 kymmenen vuotta ja kokeessa 4 seitsemän vuotta peruslannoituksen jälkeen.

Metsähallinnon Parkanon hoitoalueen Liesnevalle perustetut kaksi koetta ovat suotyypiltään pääosin puolukaturvekangasta. Pintaturpeen ravinnepitoisuus on melko korkea. Tyypeä oli keskimäärin yli 2 %, fosforia yli 0,1 % ja kaliumia n. 0,03 % turpeen kuivapainosta (taulukko 2). Lannoituskäsittelet ilmenevät taulukosta 6.

Liesnevan kokeen 1 kaikissa jatkolannoituskäsitteilyissä oli mukana NPK sekä faktorikokeen muodossa eri hivenravinteita. Liesnevan koe 2 oli myös faktorikoe, jossa käytettiin tyypeä, fosforia ja kaliumia. Peruslannoitusten ja jatkolannoituksen välinen aika oli näissä kokeissa 15—19 vuotta.

Puuston tilavuus oli jatkolannoitettaessa Liesnevan kokeessa 1 keskimäärin 40 m<sup>3</sup>/ha eli jonkin verran pienempi kuin kokeessa 2, jossa puustoa oli n. 60 m<sup>3</sup>/ha.

Köhisevän ja Vesikkosuon jatkolannoituskokeet pe-

Taulukko 1. Kokeet  
Table 1. Experiments

Koe Experiment	Koealoja, kpl No. of sample plots	Suotyyppi <sup>1)</sup> Peatland site type	Turpeen paksuus, m Thickness of peat, m	Ojitusvuosi Year of ditching	Peruslannoitus vuonna Primary ferti- lization in the year	Jatkolannoitus vuonna (kk) Refertilization in the year (month)	Puuston tilavuus jatkolannoitettaessa Stand volume at the refertilization
Sonkajärvi	54	TR oj.	1 +	1957, 1972	1960	1972 (VI)	15
Rautavaara 1	46	IRmu	0,6—1 +	1939	1956	1973 (V)	35
Rautavaara 2	16	TR-PsRmu, P + K	1 +	1935—38, 1977	1962	1977 (VI)	20
Rautavaara 3	24	TR-PsRmu	0,2—1,0	1966	1967	1976 (XII)	30
Rautavaara 4	32	IR-PsRmu	0,5—1 +	1971	1970	1976 (XII)	20
Liesneva 1	32	Ptk, Vatk	1 +	1934—36, 1949—51	1958, 1961—62	1976 (IV)	40
Liesneva 2	38	Ptk	1 +	1934—36, 1949—51	1961, 1962	1976 (IV)	60
Köhisevä 1	24	TR-SsRmu	0,6—1,0	1935, 1950	1964	1978 (VI)	5
Köhisevä 2	24	PsR-SsRmu	0,5—0,8	1935, 1950	1964	1978 (VI)	20
Köhisevä 3	16	PsR-SsRmu	0,4—0,8	1935, 1950	1961, 1963	1978 (VI)	80
Köhisevä 4	8	PsRmu	0,3—0,5	1935, 1950	1964	1978 (VI)	125
Vesikkosuo 1	16	TR oj.	1 +	1930, 1975	1962—65	1978 (VI)	40
Vesikkosuo 2	16	TR-PsRmu	1 +	1930, 1975	1962—65	1978 (VI)	85
Vesikkosuo 3	16	SsRmu	1 +	1930, 1975	1962—65	1978 (VI)	160
Katosoja 1	8	RhRmu	1 +	1934, 1970	1961—62	1978 (V)	30
Katosoja 2	8	RhRmu	0,9—1 +	1934, 1970	1961—62	1978 (V)	100

<sup>1)</sup> Ks. — See Huikari (1952)

Taulukko 2. Turpeen (0—20 cm) ravinnepitoisuudet ja pH sekä neulasten ravinnepitoisuudet kokeissa ennen jatkolannoitusta.

Table 2. Nutrient content and pH of the peat (0—20 cm), and nutrient contents of the needles in the experiments before refertilization.

Koe Experiment	Turve — Peat							Neulaset — Needles			
	N %	P mg/l	P mg/g	K mg/l	K mg/g	Ca mg/l	Ca mg/g	pH	N %	P %	K %
Sonkajärvi	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Rautavaara 1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Rautavaara 2	1,44	250	—	72	—	804	—	3,7	1,42	0,14	0,41
Rautavaara 3	1,27	103	—	69	—	539	—	3,7	..	..	..
Rautavaara 4	1,13	96	—	64	—	335	—	3,7	..	..	..
Liesneva 1	2,10	—	1,12	—	0,32	—	—	3,9	..	..	..
Liesneva 2	2,14	—	1,24	—	0,36	—	—	3,9	..	..	..
Köhisevä 1	2,20	—	1,13	—	0,20	—	1,61	—	1,54	0,23	0,50
Köhisevä 2	2,20	—	1,25	—	0,20	—	1,95	—	1,44	0,19	0,47
Köhisevä 3	2,18	—	0,79	—	0,20	—	2,86	—	1,54	0,19	0,42
Köhisevä 4	2,00	—	0,85	—	0,21	—	3,08	—	1,55	0,16	0,42
Vesikkosuo 1	2,61	—	0,87	—	0,13	—	2,44	—	1,50	0,22	0,47
Vesikkosuo 2	2,39	—	0,80	—	0,19	—	2,37	—	1,42	0,16	0,38
Vesikkosuo 3	2,43	—	0,86	—	0,21	—	2,98	—	1,68	0,15	0,39
Katosoja 1	2,86	—	1,40	—	0,35	—	4,09	—	1,60	0,25	0,54
Katosoja 2	2,84	—	1,62	—	0,36	—	4,18	—	1,47	0,21	0,46



Taulukko 3. Sonkajärven kokeen lannoitukset  
 Table 3. Fertilization treatments used in the Sonkajärvi experiment.

Jatkolannoitus <sup>1)</sup> Refertilization 1972	Peruslannoitus 1960 <sup>2)</sup> — Primary fertilization kg/ha		
	N	P	K
O	—	—	—
N	—	400	—
NPK	—	400	—
N	—	—	100
NPK	—	—	100
N	—	400	100
NPK	—	400	100
N	100	400	100
NPK	100	400	100
N	200	400	100
NPK	200	400	100
N	300	400	100
NPK	300	400	100
N	400	400	100
NPK	400	400	100
N	500	400	100
NPK	500	400	100

- 1) N = oulunsalpietaria — ammonium nitrate with lime (26 % N) 385 kg/ha  
 P = hienofosfaattia — fine-ground rock phosphate (14 % P) 303 kg/ha  
 K = kalisuolaa — muriate of potash (50 % K) 167 kg/ha  
 2) N = oulunsalpietaria — ammonium nitrate with lime (25 % N)  
 P = hienofosfaattia — fine-ground rock phosphate (14 % P)  
 K = kalisuolaa — muriate of potash (33,2 % K)

Taulukko 4. Rautavaaran kokeen 1 lannoitukset.  
 Table 4. Fertilization treatments used in the Rautavaara 1 experiment.

Jatkolannoitus <sup>1)</sup> Refertilization 1973	Koealoja kpl No. of sample plots	Peruslannoitus <sup>2)</sup> Primary fertilization 1956 kg/ha			
		N	P	K	Ca
Ryhmä 1 — Group 1					
O	2	—	—	—	—
O	1	—	—	—	10 000
N	2	100	600	400	—
N	4	100—800	600	400	5000
N	3	—	200—600	200—400	—
N	7	—	400—600	100—600	5000
NK	1	—	600	—	—
NK	10	—	200—2000	—	5000—10 000
NP	3	—	—	100—600	5000
Ryhmä 2 — Group 2					
O	2	—	—	—	—
O	2	—	—	—	5000
PK	5	200—1000	—	—	5000
NP	4	—	—	100—600	10 000

- 1) N = oulunsalpietaria — ammonium nitrate with lime (26 % N) 385 kg/ha  
 P = hienofosfaattia — fine-ground rock phosphate (14 % P) 303 kg/ha  
 K = kalisuolaa — muriate of potash (50 % K) 167 kg/ha  
 2) N = oulunsalpietaria — ammonium nitrate with lime (25 % N)  
 P = hienofosfaattia — fine-ground rock phosphate (14,5 % P)  
 K = kalisuolaa — muriate of potash (40 % K)  
 Ca = kalkkikivijauhetta — limestone

rustettiin metsähallinnon Vaalan hoitoalueeseen keväällä 1978. Kummallakin alueella perustettiin yksi koe seuraaviin puuston kehitysluokkaa edustaviin metsiköihin:  
 — taimikko (Köhisevä 1, Vesikkosuoma 1)  
 — nuori kasvatusmetsikkö (Köhisevä 2, Vesikkosuoma 2)  
 — vartunut kasvatusmetsikkö (Köhisevä 3, Vesikkosuoma 3)

Tämän lisäksi perustettiin Köhisevän alueelle koe 4 tukkipuun mitat saavuttaneeseen männikköön.

Köhisevän kokeet olivat ravinteisuudeltaan piensara-suursaratasen muuttomia. Vesikkosuoman koe oli osittain myös tupasvillarämemuuttumaa. Ravinneanalyysien mukaan kaikkien kokeiden pintaturpeen typpi- ja fosforipitoisuus oli korkea, mutta kalium- ja kalsiumpitoisuus

Taulukko 5. Rautavaaran 2, 3 ja 4 -kokeiden lannoitukset.

Table 5. Fertilization treatments used in the Rautavaara 2, 3 and 4 experiments.

Koe Experiment	Jatkolannoitus Refertilization <sup>1)</sup> 1976—77	Peruslannoitus — Primary fertilization	
		Vuosi — year	Käsittely — Treatment
Rautavaara 2	2 × 2 <sup>3</sup> (N, P, K)	1962	Hienofosfaattia — Fine ground phosphate (14 % P) 500 kg/ha, Kalisuolaa — Muriate of potash (40 % K) 110 kg/ha
Rautavaara 3	3 × 2 <sup>3</sup> (N, P, K)	1967	Suometsien PK-lannosta — PK-fertilizer for peatlands (10,5 % P, 12 % K) 500 kg/ha
Rautavaara 4	2 × 2 <sup>4</sup> (N, P, K, H)	1970	Raakafosfaattia — Raw phosphate (14,4 % P) 350 kg/ha, Kalisuolaa — Muriate of potash (50 % K) 150 kg/ha

1) N = ounsalpietaria — ammonium nitrate with lime (27,5 % N) 420 kg/ha

P = raakafosfaattia — raw phosphate (14,4 % P) 330 kg/ha

K = kalisuolaa — muriate of potash (50 % K) 200 kg/ha

H = hivenseosta — micronutrient mixture

(1,1 % B, 12 % CU, 5,5 % Mn, 9,8 % Fe, 5,5 % Zn, 1,4 % Mo, 0,7 % Na) 100 kg/ha + lannoiteboraattia — fertilizer borate (14 % B) 10 kg/ha

Taulukko 6. Liesnevan kokeiden lannoitukset.

Table 6. Fertilization treatments used in the Liesneva experiments.

Koe Experiment	Jatkolannoitus <sup>1)</sup> Refertilization 1976	Peruslannoitus <sup>2)</sup> Primary fertilization kg/ha		
		1958 P	1961—1962 P	K
Liesneva 1	4 × 2 <sup>3</sup> (NPK + B, NPK + Cu, NPK + MnZn)	500	—	200
Liesneva 2	5 × 2 <sup>3</sup> (N, P, K)	—	500	150

1) N = ounsalpietaria — ammonium nitrate with lime (27,5 % N) 500 kg/ha

PK = suometsien PK-lannosta — PK fertilizer for peatlands (10,5 % P, 12,5 % K) 500 kg/ha

P = raakafosfaattia — raw phosphate (14,4 % P) 500 kg/ha

K = kalisuolaa — muriate of potash (50 % K) 250 kg/ha

B = lannoiteboraattia — fertilizer borate (14 % B) 10 kg/ha

Cu = kuparisulfaattia — copper sulphate (25 % Cu) 5 kg/ha

Mn = mangaanosulfaattia — manganese sulphate (26 % Mn) 25 kg/ha

Zn = sinkkisulfaattia — zinc sulphate (35,7 % Zn) 30 kg/ha

2) P = hienofosfaatti — fine-ground rock phosphate (14 % P)

K = kalisuolaa — muriate of potash (40 % K)

suus suhteellisen alhainen (taulukko 2, ks. myös Westman 1981).

Köhisevän kokeet 1, 2 ja 4 lannoitettiin ensimmäisen kerran v. 1964 antamalla hienofosfaattia (13,8 % P) 600 kg/ha ja kalisuolaa (42 % K) 178 kg/ha. Köhisevän koe 3 sai vuonna 1961 hienofosfaattia 600 kg/ha ja kalisuolaa 200 kg/ha, minkä lisäksi alue sai 700 kg/ha NPK-lannosta (14 % N—7,3 % P—8,3 % K) v. 1963. Vesikosuon kokeet saivat peruslannoituksena hienofosfaattia 600 kg/ha ja kalisuolaa 200 kg/ha vuosina 1962—1965.

Köhisevän ja Vesikkosuon kokeissa 1—3 annettiin v. 1978 taulukon 7 mukaiset jatkolannoitukset 2—3 kertaa toistettuina.

Köhisevän kokeessa 4 olivat taulukossa 7 esitetyistä käsittelyistä mukana n:ot 1, 2, 4 ja 5 kahtena toistona. Puuston tilavuus vaihteli Köhisevän ja Vesikkosuon kokeissa kehitysluokan mukaan 5—160 m<sup>3</sup>:n välillä.

Katsojan kokeet sijaitsivat metsähallinnon Iin hoitoalueessa. Kokeet perustettiin ruohoiselle sararämelle, joka lannoitettiin ensimmäisen kerran vuosina 1961—62 käyttämällä hienofosfaattia (13,8 % P) 600 kg/ha ja kaliumsulfaattia (42 % K) 200 kg/ha. Kahtena toistona vuonna 1978 annetut jatkolannoituskäsittelyt nähdään taulukosta 8.

Vanhimpia kokeita lukuunottamatta koelaloilta otettiin turvenäytteet (0—20 cm) ennen jatkolannoitusta. Useilta kokeilta otettiin myös neulasnäytteet joko vain ennen jatkolannoitusta tai sen lisäksi myös muutama vuosi jatkolannoituksen jälkeen.

Turvenäytteet koostuivat viidestä osanäytteestä (4 × 5 cm) ja neulasnäytteet 5—10 vallitsevaan latvuserroksen kuuluneen koepuun latvuksen yläosasta otetuista neulasista. Turvenäytteet otettiin sulan maan aikana marraskuussa tai alkukesästä. Neulasnäytteet otettiin puuston lepokautena marraskuussa tai huhtikuussa lukuunottamatta Rautavaaran 2-kokeen näytteitä v. 1977, jolloin näytteenottoaika oli kesäkuu.

Turve- ja neulasnäytteistä määritettiin ravinteiden kokonaismäärä Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa käyttäen tavanomaisia standardimenetelmiä (ks. Kurki 1972).

Koelajojen puuston mittauksessa noudatettiin Metsäntutkimuslaitoksen kenttätöohjeita, jotka on tehty koelajojen peruslaskentaohjelmaa KPL varten. Puuston vuotuista kasvua koskevat tulokset perustuvat Köhisevän koetta 1 sekä Katsojan kokeita lukuunottamatta koepuista rinnankorkeudelta otetuista kairanlastuista tehtyihin mittauksiin. Köhisevän kokeen 1 taimikoissa mitattiin puuston pituuskasvu ja Katsojan kokeissa



Taulukko 7. Jatkolannoitukset (v. 1978) Köhisevän ja Vesikkosuon PK:lla peruslannoitetuilla (v. 1961—65) koealoilla.

Table 7. Refertilization (in 1978) on the sample plots fertilized in 1961—65 with PK in the Köhisevä and Vesikkosuo experiments.

Käsittely nro Treatment no.	Oulunsalpietaria (27,5 % N) Ammonium nitrate with lime kg/ha	Suometsien <sup>1)</sup> PK-lannosta PK-fertilizer for peatlands (8,7 % P — 16,6 % K) kg/ha	Hivenlannoitus Micronutrient fertilization
1	—	—	—
2	—	500	—
3	182	500	—
4	364	500	H + B <sup>2)</sup>
5	364	500	—
6	727	500	—
7	1455	500	—
8	2182	500	—

1) PK-lannoksessa on myös mm. — PK fertilizer also contains 0,1 % Mg, 17 % Ca, 2,4 % S, 0,5 % Na, 1,1 % Fe, 0,2 % B.

2) H = hivenseos — micronutrient mixture (1,1 % B, 12,8 % Cu, 5,5 % Mn, 9,8 % Fe, 5,5 % Zn, 1,4 % Mo, 0,7 % Na) 100 kg/ha

B = lannoiteboraatti — fertilizer borate (14 % B) 10 kg/ha

Taulukko 8. Jatkolannoitukset (v. 1978) Katosojan PK:lla peruslannoitetuilla (v. 1961—62) koealoilla.

Table 8. Refertilization (in 1978) on the sample plots fertilized in 1961—62 with PK in the Katosoja experiments.

Käsittely nro Treatment no.	Oulunsalpietari Ammonium nitrate with lime (27,5 % N) kg/ha	PK-lannos <sup>1)</sup> PK-fertilizer (8,7 % P — 16,6 % K) kg/ha	Hivenlannoitus Micronutrient fertilization
1	—	—	—
2	—	500	—
3	363	500	—
4	363	500	H + B <sup>2)</sup>

1) PK-lannoksen ja hivenseoksen ravinnesisältö oli sama kuin Köhisevän ja Vesikkosuon kokeissa. (ks. taulukko 7)

The nutrient contents of PK-fertilizer and micronutrient mixture were the same as in the Köhisevä and Vesikkosuo experiments. (see Table 7)

2) H = hivenseos — micronutrient mixture 100 kg/ha

B = lannoiteboraatti — fertilizer borate (14 % B) 10 kg/ha

kasvut laskettiin kahtena ajankohtana mitattujen puuston tilavuuksien erotuksena. Jälkimmäisen ajankohdan tilavuuteen luettiin mukaan myös kaatuneet puut, joiden määrä oli pieni.

Puuston lähtötasoerojen tasoittamiseksi tehtiin vuotuisiin kasvuihin kovarianssikorjaus käyttämällä BMDP

2V kovarianssianalysohjelmää. Regressiotekijänä oli puuston kasvu ennen jatkolannoitusta (5 lannoitusta edeltävää vuotta). Katosojan kokeissa regressiotekijänä oli puuston tilavuus jatkolannoitusta suoritettaessa. Tulosten laskennassa käytettiin myös varianssi- ja regressioanalyysia.

### 3. TULOKSET

#### 31. Sonkajärvi ja Rautavaara

Sonkajärven tutkimusalueella oli puustoa v. 1960 sangen vähän, minkä vuoksi ensimmäisen lannoituksen tilavuuskasvua lisäävä vaikutus jäi kokonaisuudeltaan pieneksi. Vuonna 1972 oli puuston tilavuus erilaisen lannoituskäsittelyn saaneilla koaloilla keskimäärin seuraava:

Lannoitus v. 1960 <sup>1)</sup> — Fertilization in 1960									
0	P	K	PK	PKN <sub>100</sub>	PKN <sub>200</sub>	PKN <sub>300</sub>	PKN <sub>400</sub>	PKN <sub>500</sub>	
Puuston tilavuus m <sup>3</sup> /ha v. 1972 — Stand volume m <sup>3</sup> /ha in 1972									
8,5	11,4	13,7	13,6	15,9	15,9	16,8	12,4	17,7	

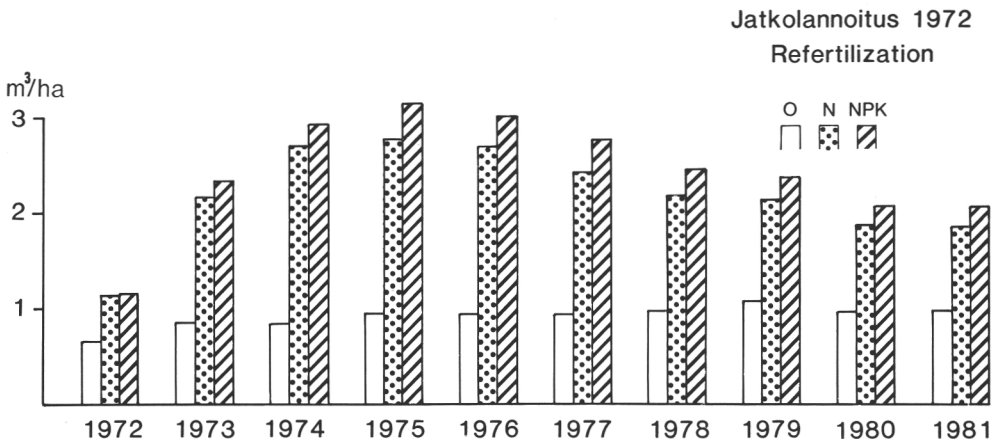
<sup>1)</sup>Ks. taulukko 3, s. 6  
see table 3, p. 6

Vuoden 1972 jatkolannoituksen vaikutuksen ja peruslannoituskäsittelyn välillä ei ole ollut merkittävää yhdysvaikutusta. Jatkolannoitus lisäsi puuston kasvua, joka oli lannoittamattomilla koaloilla keskimäärin 1 m<sup>3</sup>/ha · a, aina 3 m<sup>3</sup>:iin/ha · a (kuva 2). Lannoitusvaikutus oli suurimmillaan 3—5 vuotta lannoituksen jälkeen. NPK-lannoitus antoi hieman pelkkää typpilannoitusta paremman tuloksen.

Rautavaaran vanhimman kokeen (1) koalat jaettiin tulosten käsittelyssä koalojen

sijainnin ja jatkolannoitusten perusteella kahteen ryhmään (ks. taulukko 4, s. 6). Ensimmäisen ryhmän koaloilla N- ja NK-jatkolannoitukset lisäsivät vain vähän ja lyhytaikaisesti puuston kasvua (kuva 3). NP-lannoituksen vaikutus oli jonkin verran niitä voimakkaampi ja havaittavissa vielä 9. vuotena lannoituksen jälkeen. Toisen ryhmän koaloilla PK-lannoitus ei vaikuttanut puuston kasvuun. NP-lannoituksella saatiin selvä puuston tilavuuskasvun lisäys, kasvun tason noustua enimmillään vähän yli 3 m<sup>3</sup>:iin vuodessa (kuva 4).

Rautavaaran kokeelta 2 otettiin neulasnäytteet sekä ennen jatkolannoitusta että sen jälkeen. Analyysitulosten (kuva 5) mukaan puusto ei ollut typpilannoituksen tarpeessa (typpiä keskimäärin 1,42 %), mutta neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet (keskimäärin 0,14 % P, 0,41 % K) olivat lähellä puutosrajoja (ks. Paarlahti ym. 1971). Kolme vuotta myöhemmin tehdyissä analyyseissä neulasten pitoisuudet eivät kuitenkaan enää viitanneet fosforin tai kaliumin puutteeseen lannoittamattomilla koaloilla. Tämä muutos voi osaksi johtua neulasnäytteiden oton ajankohdasta, joka oli v. 1977 kesäkuu ja v. 1980 huhtikuu. Esimerkiksi neulasten typpi-



Kuva 2. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Sonkajärven kokeessa.

Fig. 2. The volume growth adjusted to regression at the Sonkajärvi experiment.



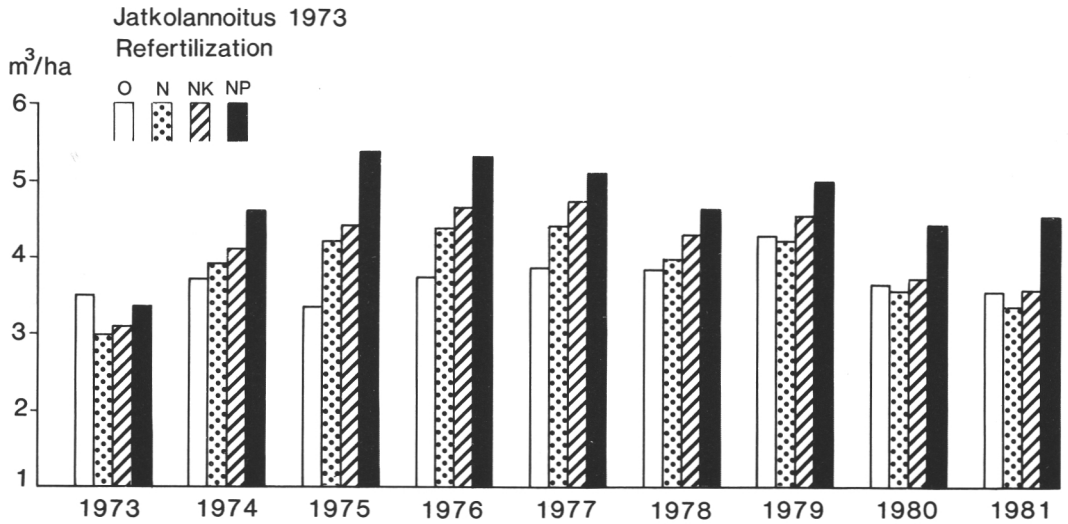
pitoisuus vaihtelee suuresti kasvukauden aikana ja on eräiden tutkimusten mukaan alimmillaan kesäkuussa (mm. Tamm 1955, Paavilainen 1973).

N- ja NPK-jatkolannoitukset näyttivät lisäävän neulasten typpipitoisuutta ja P-lannoitus niiden fosforipitoisuutta. Lannoituksessa annettujen ravinteiden vaikutus ei kuitenkaan ollut yhtä kolmannen asteen yhdysvaikutusta lukuunottamatta tilastollisesti merkitsevää (liitetaulukko 1).

Jatkolannoituskäsittelyt NP:lla ja NPK:lla lisäsivät puuston tilavuuskasvua Rautavaa-

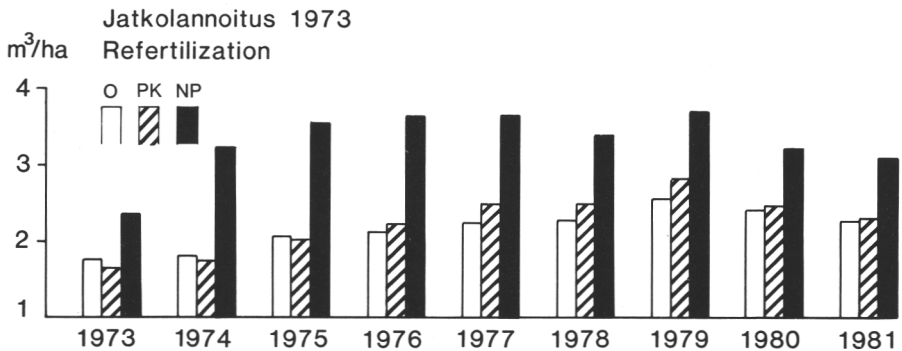
ran kokeessa 2 (kuva 6). Typen vaikutus puuston kasvuun oli kovarianssianalyysin mukaan kahtena vuotena merkitsevää (liitetaulukko 2).

Rautavaaran kokeessa 3 jatkolannoituksen vaikutus oli selvästi havaittavissa neulasten ravinnepitoisuuksissa (kuva 7, liitetaulukko 1). Neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus lisääntyi annettaessa ko. ravinnetta jatkolannoituksessa. Lannoittamattomilta koealoilta saatujen tulosten mukaan puuston ravinnetila oli tällä alueella ilman lannoitustakin melko hyvä.



Kuva 3. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Rautavaaran kokeessa 1 alaryhmässä 1 (ks. taulukko 4, s. 6).

Fig. 3. The volume growth adjusted to regression in the sample plot group 1 (see Table 4, p. 6) of the Rautavaara 1 experiment.

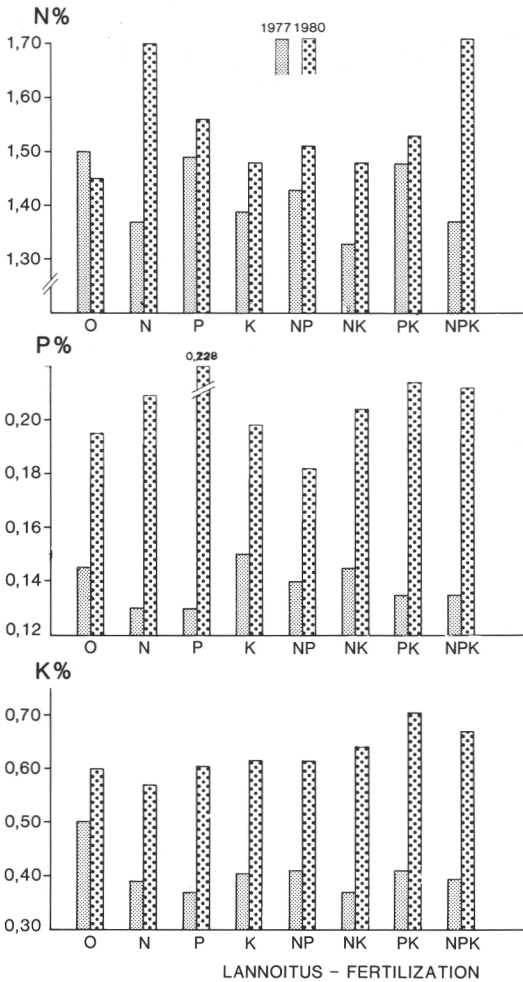


Kuva 4. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Rautavaaran kokeessa 1 alaryhmässä 2.

Fig. 4. The volume growth adjusted to regression in the sample plot group 2 of the Rautavaara 1 experiment.

Kuten Rautavaaran kokeessa 2 myös kokeessa 3 typpi oli jatkolannoituksessa voimakkaammin puuston kasvuun vaikuttanut ravinne (kuva 6, liitetaulukko 2). Muista pääravinteista kalium lisäsi lievästi puuston tilavuuskasvua, fosfori ei juuri lainkaan. PK-peruslannoituksesta oli tässä kokeessa kulunut aikaa 10 vuotta.

Rautavaaran kokeessa 4 tutkittiin sekä pää- että hivenravinteiden käyttöä jatkolannoituksessa 7 vuotta PK-peruslannoituksen jälkeen.



Kuva 5. Neulasten ravinnepitoisuus ennen jatkolannoitusta (1977) ja kolme vuotta sen jälkeen (1980) Rautavaaran kokeessa 2.

Fig. 5. The foliar nutrient levels before (1977) and three years after (1980) refertilization at the Rautavaara 2 experiment.

Neulasanalyysi kolme kasvukautta jatkolannoituksen jälkeen osoitti neulasten ravinnepitoisuuksien muuttuneen voimakkaasti lannoituksen vaikutuksesta (kuva 8, liitetaulukko 3). Typen käyttö lisäsi merkittävästi neulasten typpipitoisuutta ja vähensi niiden booripitoisuutta. Fosforin käyttö kohotti neulasten fosforipitoisuutta. Neulasten kaliumpitoisuutta lisäävästi näytti vaikuttavan paitsi kalium- myös fosforilannoitus. Hivenseoksen käyttö lisäsi neulasten boori- ja kuparipitoisuutta. Lannoittamattomilta koaloilta saatujen tulosten mukaan tässä vaiheessa ei ollut puutetta tutkituista pää- tai hivenravinteista.

Eri ravinteista typpi lisäsi eniten puuston tilavuuskasvua (kuva 9, liitetaulukko 2). Myös kaliumin käyttö paransi merkittävästi kasvua, johon taas fosfori ja hivenravinteet eivät sanottavasti vaikuttaneet. Eri ravinteiden yhdysvaikutuksista kiinnittää huomiota, että fosforin käyttö typen ohella heikensi typpilannoituksen vaikutusta etenkin hivenlannoituksen saaneilla koaloilla. Fosforin sekä kaliumin yhdysvaikutus hivenlannoituksen kanssa oli samoin parina vuotena suunnaltaan negatiivinen.

Kaikissa Rautavaaran kokeissa oli siis typpi tärkein puuston tilavuuskasvua lisännyt ravinne. Sen vaikutus oli suurin kokeessa 4, jolla puuston kasvu ilman jatkolannoitusta oli tutkimusjakson aikana  $1,0-2,5 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$ . Parhailta lannoiteyhdistelmillä kasvu saatiin nousemaan n.  $4 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$  tasolle saakka. Turpeen ravinneanalyysi osoitti kokeen 4 kasvualustan olevan tutkituista faktorikoikeista niukkatyppisin (1,13 % N) (ks. taulukko 2 s. 5) ja muutenkin vähäravinteisin. Neulasanalyysi ei paljastanut tässä sen paremmin kuin muissakaan Rautavaaran kokeissa typpijatkolannoituksen tarvetta.

Rautavaaran kokeissa 2 ja 3, joissa puuston tilavuuskasvu ilman jatkolannoitusta oli  $3,0-4,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  vuodessa, parhailta lannoiteyhdistelmillä saatiin samoin runsaan  $1 \text{ m}^3/\text{ha}$  suuruinen vuotuinen kasvunlisäys ensimmäisten 6 vuoden aikana (taulukko 9).

Typpi yksinään lisäsi Rautavaaran kokeissa vähemmän puuston kasvua kuin yhdessä muiden pääravinteiden kanssa käytettynä (taulukko 9). Vanhimmissa ja samalla kasvualustan ravinteisuuden puolesta viljavimmassa kokeessa 2 NP-lannoitus antoi parhaan tuloksen, mutta muissa kokeissa NK-lannoitus. NPK:lla saatiin eri kokeissa par-



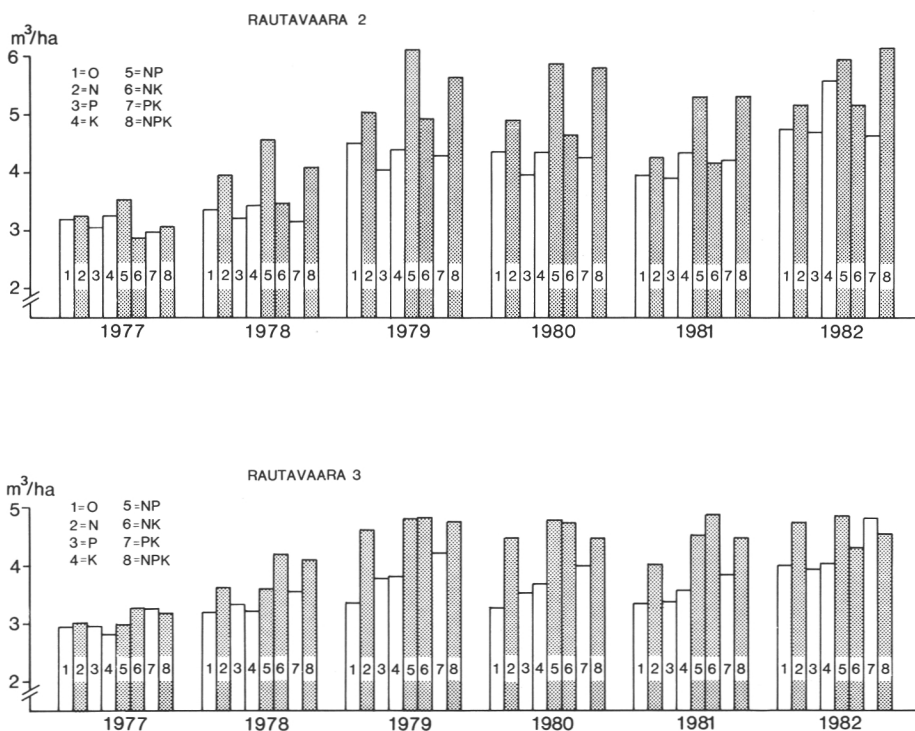
haita käsittelyjä hieman pienempi eli n. 1 m<sup>3</sup>/ha suuruinen vuotuinen kasvunlisäys jatkolannoitusta seuranneiden ensimmäisen 6 vuoden aikana. PK-lannoituksen vaikutus vaihteli 0—0,6 m<sup>3</sup>/ha · a. Fosfori ja kalium yksinään käytettynä lisäsivät varsin vähän puuston kasvua.

### 32. Liesneva

Liesnevan tutkimusalueella kasvualustan ravinnepitoisuus oli suurempi kuin Sonkajärven ja Rautavaaran kokeissa. Esimerkiksi pintaturpeen tyyppipitoisuus oli yli 2 % kuiva-aineesta (taulukko 2, s. 5), kun se Rautavaaran kokeissa 2—4 oli keskimäärin 1,13—1,44 %.

Taulukko 9. Jatkolannoituksella aikaansaatu keskimääräinen puuston tilavuuskasvun lisäys 6 vuoden aikana Rautavaaran kokeissa 2, 3 ja 4.  
Table 9. The mean increase in volume growth caused by refertilization in the Rautavaara experiments 2, 3 and 4.

Jatkolannoitus Refertilization	2	Rautavaara 3	4
	Kasvunlisäys m <sup>3</sup> /ha·a — Growth increase m <sup>3</sup> /ha·a		
N	0,41	0,73	0,96
P	—	0,14	0,25
K	0,21	0,17	0,12
NP	1,21	0,91	0,78
NK	0,19	1,02	1,33
PK	—	0,60	0,40
NPK	1,01	0,90	0,94



Kuva 6. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Rautavaaran kokeissa 2 ja 3.

Fig. 6. The growth adjusted to regression at the Rautavaara 2 and 3 experiment.

Liesnevan kokeessa 1 tutkittiin puuston hivenravinteiden tarvetta jatkolannoituksessa. Koaloille annettiin v. 1976 NPK-lannoitus ja sen lisäksi hivenravinteita B, Cu, Mn ja Zn erilaisina yhdistelminä (ks. taulukko 6, s. 7).

Analysoitaessa neulasten sisältämät ravinteet v. 1982 ilmeni, että hivenlannoitukset eivät vaikuttaneet pääravinteiden pitoisuuksiin.

Neulasten ravinnesisältö oli koalueella keskimäärin seuraava: 1,74 % N, 0,215 % P, 0,565 % K, 0,199 % Ca ja 0,107 % Mg. Pääravinteista ei tulosten mukaan ollut puutetta tutkimusalueessa v. 1982.

Hivenlannoituksen vaikutus ilmeni selvästi neulasten booripitoisuudessa ja jossakin määrin myös niiden kupari- ja mangaanipitoisuudessa (kuva 10). Hivenlannoituksen ai-

heuttama neulasten booripitoisuuden nousu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $F = 5,24^{***}$ ). Neulasten pitoisuudet eivät kuitenkaan alittaneet hivenravinteiden tarvetta osoittavia raja-arvoja (Raitio ja Rantala 1979, Kolari 1979, Braecke 1979, Möller 1982) niilläkään koaloilla, joilla ei käytetty hivenlannoitusta.

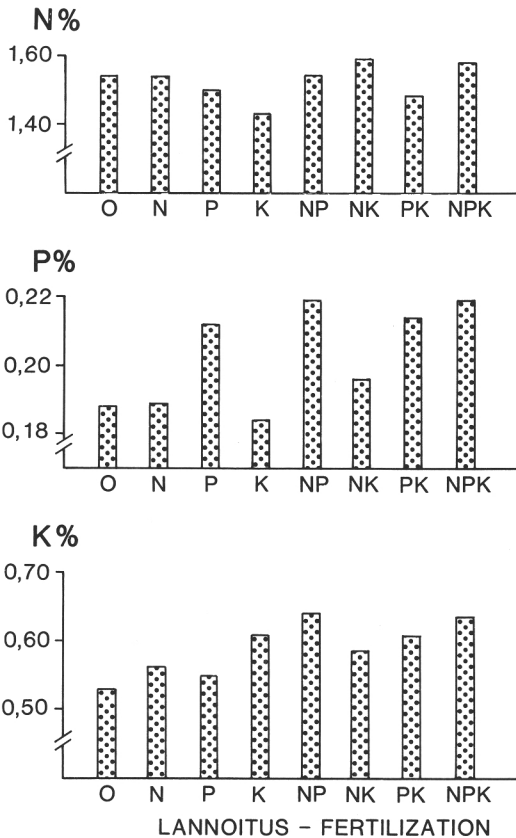
Liesnevan kokeessa hivenlannoituksen vaikutus neulasten B-, Cu- ja Mn-pitoisuu-teen kesti siis ainakin 7 vuotta. Veijalainen (1977) päätyi tutkimuksessaan samansuuntaiseen tulokseen, jonka mukaan istutuksen yhteydessä annetun voimakkaan boorilannoituksen (7 kg/ha) vaikutus ilmeni neulasten B-pitoisuudessa 13 vuotta lannoituksen jälkeen.

Hivenlannoituksen aiheuttama neulasten hivenravinnepitoisuuden muutos riippui turpeen pH-arvosta ja ravinnepitoisuudesta. Eri tunnusten välisiä riippuvuuksia koskevat yhtälöt on esitetty taulukossa 10 sekä esimerkkinä regressiosuorat neulasten kupari- ja booripitoisuuden suhteesta turpeen ominaisuuksiin kuvissa 11–13 (havaintojen lukumäärä  $N = 16$ ). Korrelaatiot ovat suuntaantavia ja vain harvassa tapauksessa tilastollisesti merkitseviä (taulukko 10).

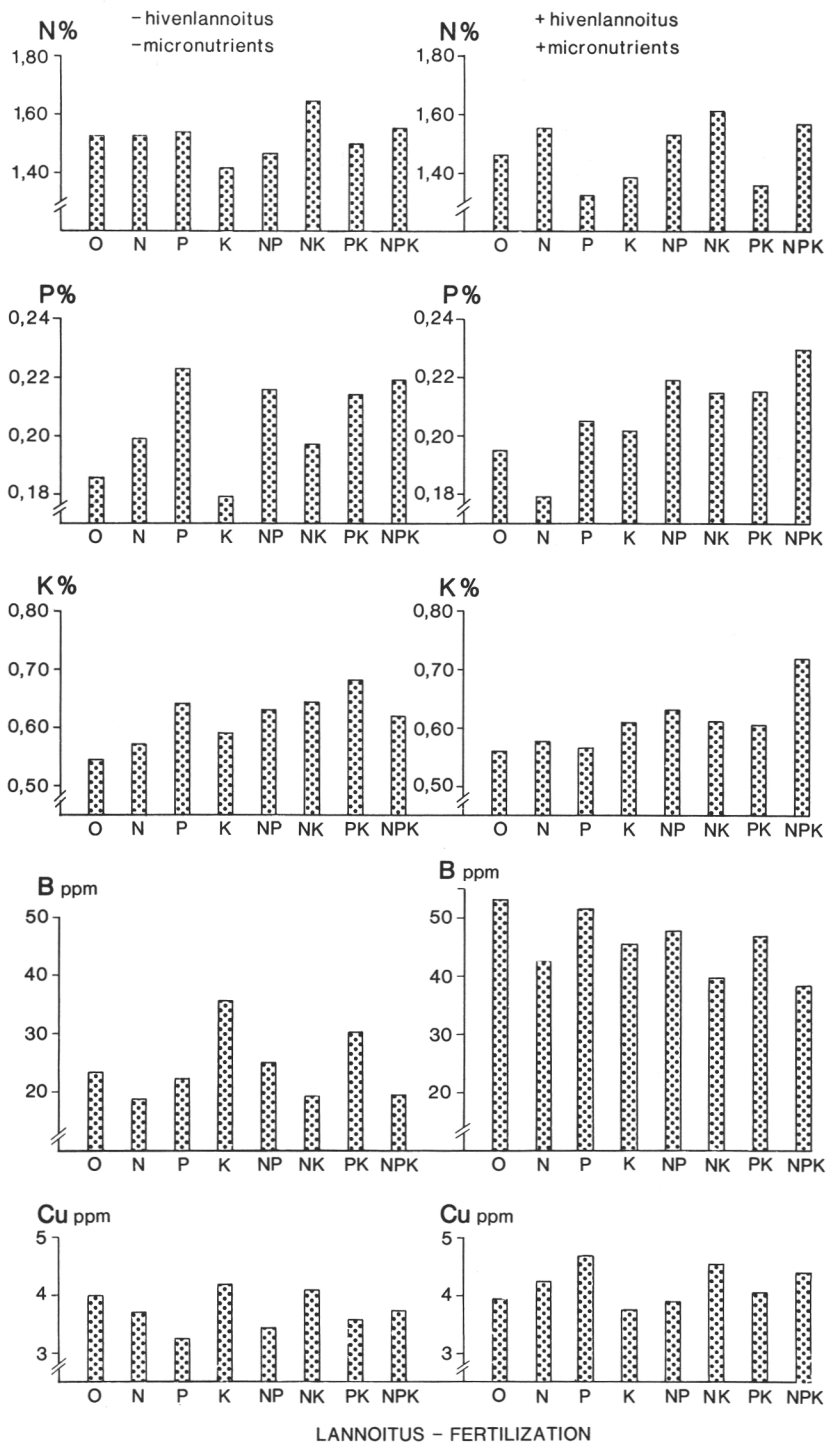
Turpeen pH:lla oli positiivinen korrelaatio neulasten kuparipitoisuuden ja negatiivinen korrelaatio niiden booripitoisuuden muutosten kanssa (kuva 11). Turpeen typpipitoisuuden ja neulasten kupari- sekä mangaanipitoisuuden muutoksen välinen korrelaatio oli positiivinen (taulukko 10, kuva 12) samoin kuin turpeen fosforipitoisuuden korrelaatio neulasten boori- ja kuparipitoisuuden muutoksen kanssa (kuva 13). Kaikkien tutkittujen hivenravinteiden pitoisuuden muutos oli negatiivisessa vuorosuhteessa turpeen kaliumpitoisuuden kanssa (taulukko 10).

Vaikka hivenlannoitukset vaikuttivat neulasten ravinnepitoisuuksiin Liesnevan kokeessa 1, ei puuston tilavuuskasvussa voitu havaita eroja erilaisten käsittelyiden välillä (kuva 14).

Liesnevan kokeessa 2 kaikki annetut pääravinteet (N, P, K) lisäsivät puuston tilavuuskasvua (kuva 15). Voimakkain vaikutus oli kaliumilla (ks. liitetaulukko 4). Seuraavasta jaotelmasta nähdään, että PK-jatkolannoituksella saatiin tässä kokeessa suurin puuston tilavuuskasvun lisäys, keskimäärin  $1,03 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{a}$ , ensimmäisten lannoitusta seuranneiden 7 vuoden aikana. NPK-jatkolannoit-



Kuva 7. Neulasten ravinnepitoisuus kolme vuotta jatkolannoituksen jälkeen (1980) Rautavaaran kokeessa 3.  
Fig. 7. The foliar nutrient levels three years after refertilization (1980) at the Rautavaara 3 experiment.



Kuva 8. Neulasten ravinnepitoisuus kolme vuotta jatkolannoituksen jälkeen (1980) Rautavaaran kokeessa 4.

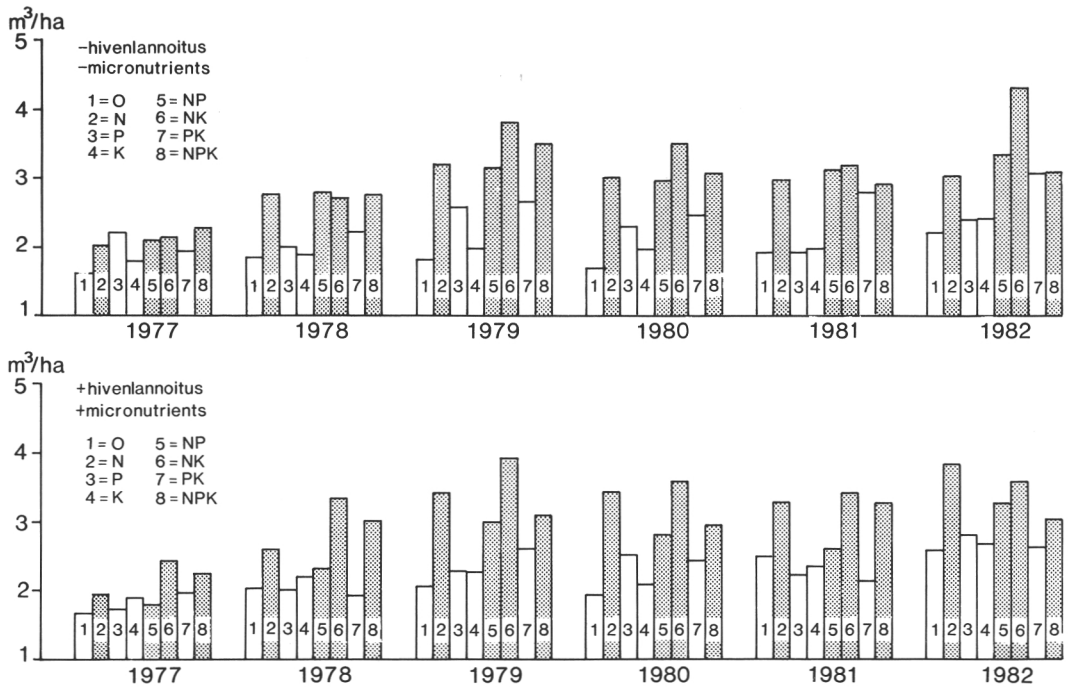
Fig. 8. The foliar nutrient levels three years after refertilization (1980) at the Rautavaara 4 experiment.

Taulukko 10. Neulasten hivenravinnepitoisuuden (y) riippuvuutta turpeen ominaisuuksista (x) osoittavien regressioyhtälöiden (y = ax + b) yhtälöt Liesnevan kokeessa 2.

Table 10. Regression equations indicating the dependence between the micronutrient content of the needles (y) and peat characteristics (x) at Liesneva 2 experiment. (Equations: y = ax + b)

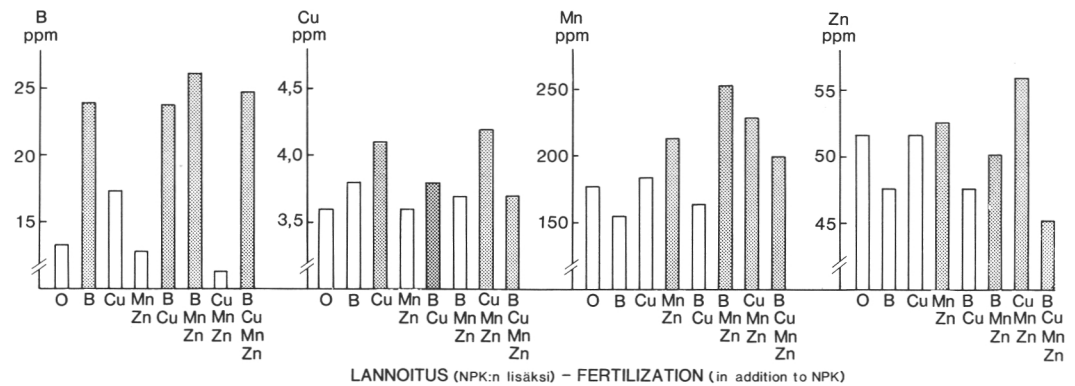
Turpeen ominaisuus (x) Peat characteristics (x)	Hivenlannoitus — Micronutrient fertilization											
	-B	B ppm	+B	-Cu	Cu ppm	+Cu	-Mn	Mn ppm	+Mn	-Zn	Zn ppm	+Zn
1. pH												
a	6,356	-22,167		-1,868	0,043	0,043	15,192	13,175	13,175	-15,141	-14,154	-14,154
b	-11,253	111,78		10,987	3,754	3,754	110,09	171,71	171,71	108,93	106,52	106,52
R	0,263	-0,446		-0,471	0,008	0,008	0,042	0,047	0,047	-0,424	-0,279	-0,279
2. N <sup>w</sup> %												
a	5,508	2,681		-0,888	1,431	1,431	26,223	102,13	102,13	-1,240	9,965	9,965
b	2,002	19,060		3,837	0,909	0,909	114,31	10,428	10,428	52,216	30,160	30,160
R	0,211	0,133		-0,020	0,669**	0,669**	0,121	0,527	0,527	-0,057	0,280	0,280
3. P mg/g												
a	1,239	18,524		0,585	2,287	2,287	86,160	122,54	122,54	7,641	9,123	9,123
b	12,182	5,176		2,974	1,447	1,447	73,288	86,106	86,106	41,056	40,720	40,720
R	0,089	0,352		0,270	0,463	0,463	0,556*	0,503*	0,503*	0,495	0,204	0,204
4. K mg/g												
a	27,929	1,218		-0,969	-3,856	-3,856	294,99	-180,90	-180,90	17,120	-49,324	-49,324
b	4,719	24,243		3,737	5,178	5,178	71,911	280,03	280,03	43,929	66,364	66,364
R	0,529*	0,022		-0,033	-0,612*	-0,612*	0,669**	0,303	0,303	0,389	-0,451	-0,451





Kuva 9. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Rautavaaran kokeessa 4.

Fig. 9. The volume growth adjusted to regression at the Rautavaara 4 experiment.



Kuva 10. Neulasten ravinnepitoisuus Liesnevan kokeessa 1 seitsemän vuotta jatkolannoituksen jälkeen.

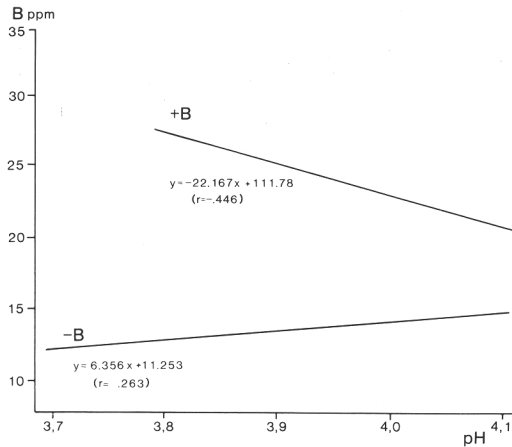
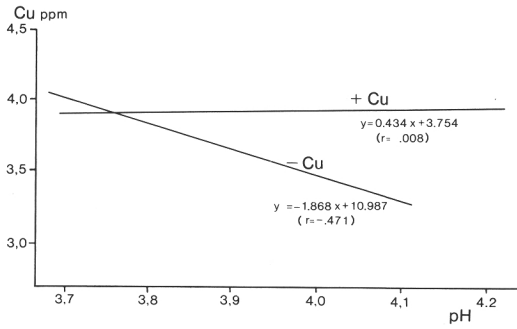
Fig. 10. The foliar nutrient at the Liesneva 1 experiment 7 years after refertilization.

tusta käytettäessä vastaava lisäys oli 0,86 m<sup>3</sup> /ha · a.

Jatkolannoitus — Refertilization							
N	P	K	NP	NK	PK	NPK	
tilavuuskasvun lisäys m <sup>3</sup> /ha · a — increase in volume growth m <sup>3</sup> /ha · a							
0,04	0,15	0,83	0,29	0,48	1,03	0,86	

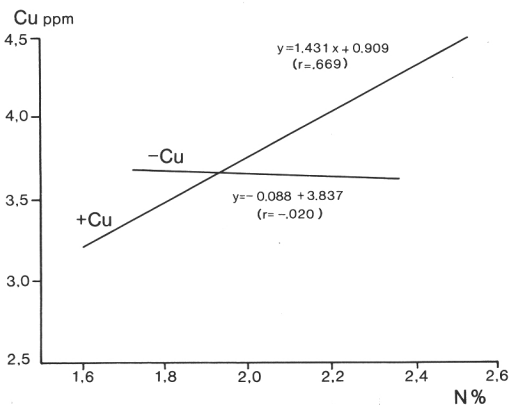
### 33. Köhisevä ja Vesikkosuon

Köhisevän ja Vesikkosuon tutkimusalueet sijaitsevat viljavammilla soilla kuin edellä tarkastellut kokeet. Neulasanalyysin mukaan Köhisevän ja Vesikkosuon tutkimusmetsiköiden ravinnetila oli verraten hyvä jatkolannoitusta suoritettaessa (ks. taulukko 2, s. 5).



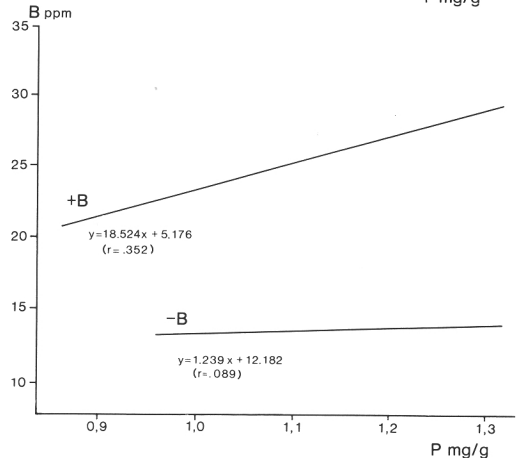
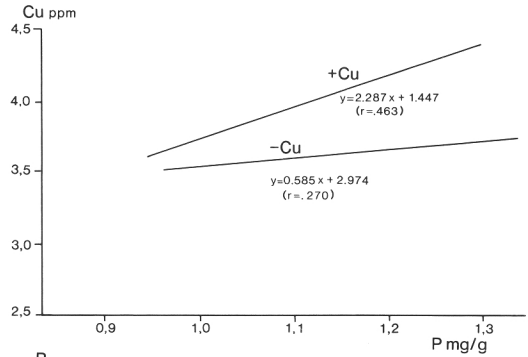
Kuva 11. Neulasten kupari- ja booripitoisuuden riippuvuus turpeen pH arvosta ko. hivenlannoituksen saaneilla (+Cu, +B) ja niitä vaille jääneillä (-Cu, -B) Liesnevan koaloilla.

Fig. 11. The dependence of the copper and boron content of the needles on the pH value of peat in the with micronutrient fertilized (+Cu, +B) and not fertilized (-Cu, -B) sample plots at Liesneva.



Kuva 12. Neulasten kuparipitoisuuden riippuvuus turpeen typpipitoisuudesta Liesnevan koaloilla (+Cu, -Cu, kuten kuvassa 11).

Fig. 12. The dependence of the copper content of the needles on the nitrogen content of the peat in the sample plots at Liesneva (+Cu, -Cu as in Fig. 11).

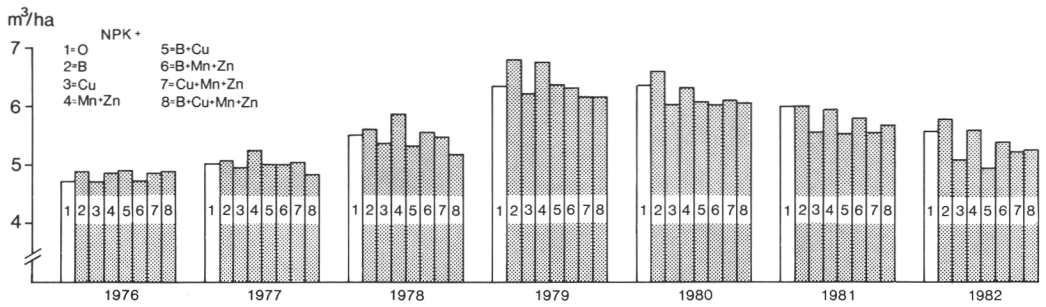


Kuva 13. Neulasten kupari- ja booripitoisuuden riippuvuus turpeen fosforipitoisuudesta Liesnevan koaloilla (+Cu, -Cu, +B, -B, kuten kuvassa 11).

Fig. 13. The dependence of the copper and boron content of the needles on the phosphorus content of the peat in the sample plots at Liesneva (+Cu, -Cu, +B, -B, as in Fig. 11).

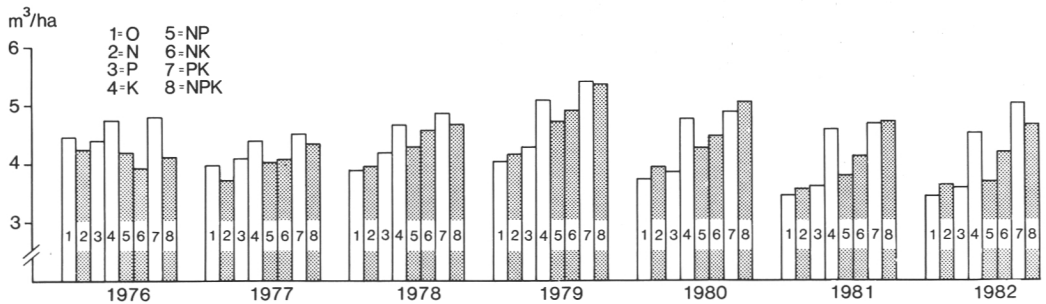
Neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuus oli kuitenkin lähellä lannoitustarvetta osoittavia raja-arvoja Köhisevän kokeessa 4 sekä Vesikkosuon kokeissa 2 ja 3 ja kaliumpitoisuus lisäksi Köhisevän kokeessa 3. Turpeen typpipitoisuus oli korkea kaikissa kokeissa, mutta K- ja Ca-pitoisuus suhteellisen alhainen (ks. Westman 1981).

Köhisevän ja Vesikkosuon tutkimusalueelta otettiin neulasnäytteet kaksi kasvukautta jatkolannoituksen jälkeen. Jo julkaistujen analyysitulosten mukaan (Paavilainen ja Pietiläinen 1983) PK-jatkolannoitus lisäsi kaikissa kokeissa neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuutta. Lannoituksessa PK:n lisäksi käytetyn typen määrän (vaihteluväli 50–600 kg N/ha) noustessa neulasten typpipitoisuus kasvoi ja magnesium- sekä booripitoisuus aleni. Booria sisältävä PK-lannoite lisäsi



Kuva 14. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Liesnevan kokeessa 1.

Fig. 14. The volume growth adjusted to regression at the Liesneva 1 experiment.



Kuva 15. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Liesnevan kokeessa 2.

Fig. 15. The volume growth adjusted to regression at the Liesneva 2 experiment.

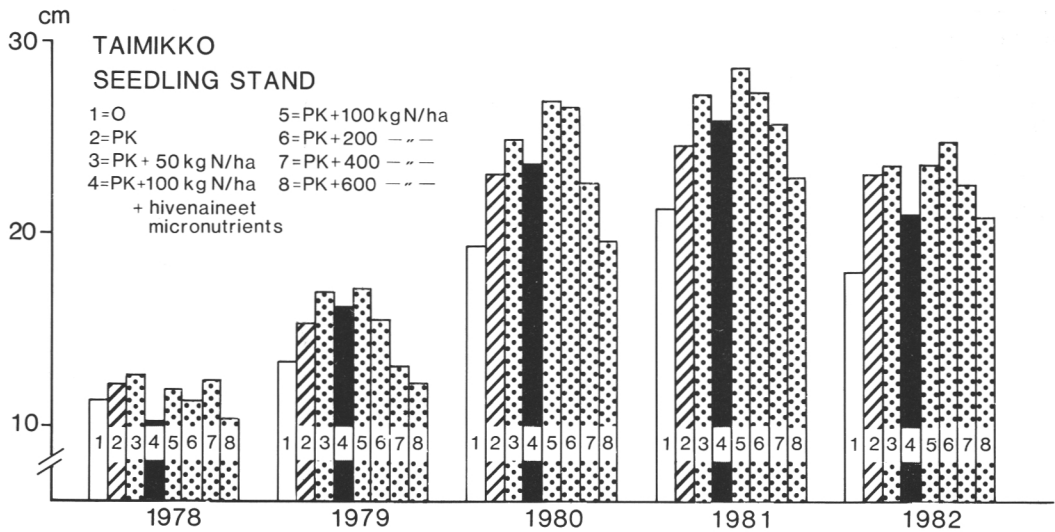
Taulukko 11. Jatkolannoituksella aikaansaatu keskimääräinen puuston tilavuuskasvun lisäys 5 vuoden aikana Köhisevän ja Vesikkoosuon kokeissa.

Table 11. The mean increase in volume growth over five years caused by refertilization in the Köhisevä and Vesikkoosu experiments.

Jatkolannoitus Refertilization		Köhisevä			Vesikkoosu		
		Nuori kasvatus- metsikkö — Young thinning stand	Varttunut kasva- tusmetsikkö Old thinning stand	Taimikko Seedling stand	Nuori kasvatus- metsikkö — Young thinning stand	Varttunut kasvatusmetsikkö Old thinning stand	
N kg/ha	PK- lannoite PK- fertilizer kg/ha	Hivenseos Micro- nutrient mixture kg/ha	Kasvunlisäys m <sup>3</sup> /ha·a — Increase in growth m <sup>3</sup> /ha·a				
0	500	0	0,24	0,41	0,69	0,63	—
50	500	0	0,51	0,65	1,69	1,60	0,68
100	500	0	0,65	0,35	2,39	1,10	1,58
100	500	100 + 1,4 B	0,85	—	2,15	1,07	1,80
200	500	0	0,75	1,18	2,25	1,46	1,22
400	500	0	0,65	0,90	1,44	1,15	0,96
600	500	0	0,42	0,25	1,69	0,34	0,31

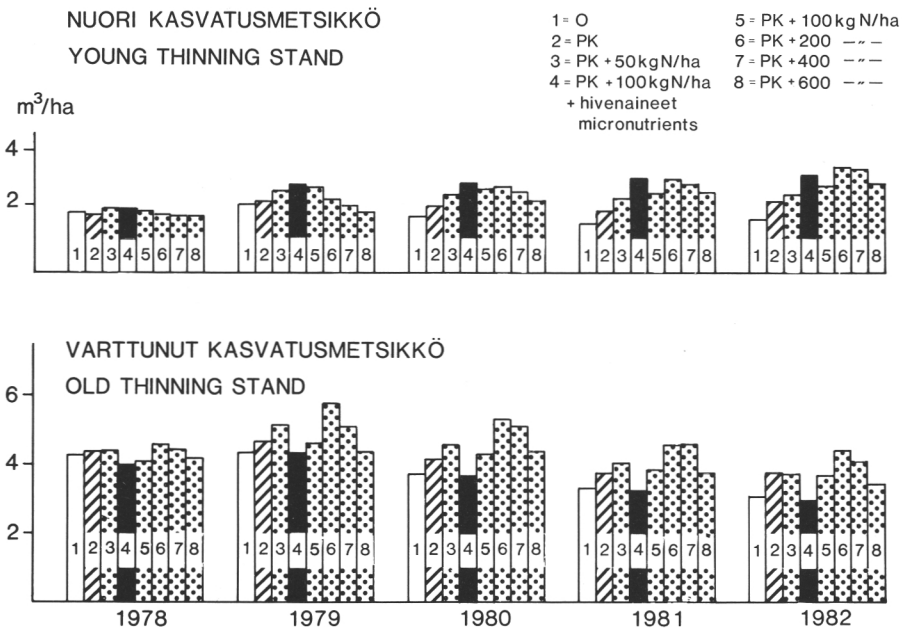
merkitsevästi neulasten booripitoisuutta 2 kasvukauden kuluessa. Hivenseoksen vaikutuksesta neulasten boori- ja molybdeenipitoisuus kasvoi, mutta kuparipitoisuudessa ei tapahtunut sanottavia muutoksia.

Lannoituksen tutkimusmetsiköiden ravinnetilassa aiheuttama huomattava muutos ei heijastunut Köhisevän kokeissa kovin selvästi puuston kasvussa ensimmäisten jatkolannoitusta seuranneiden 5 vuoden aikana. Tai-



Kuva 16. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston pituuskasvu Kõhisevån kokeessa 1.

Fig. 16. The height growth adjusted to regression at the Kõhisevån 1 experiment.



Kuva 17. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Kõhisevån kokeissa 2 ja 3.

Fig. 17. The volume growth adjusted to regression at the Kõhisevån 2 and 3 experiment.

mikossa (koe 1) useimmat lannoituskäsitellyt lisäsivät puuston pituuskasvua, mutta eri käsittelyiden väliset erot olivat melko pienet (kuva 16). Suurilla typpimäärillä oli PK:n ohella käytettynä jonkin verran heikompi

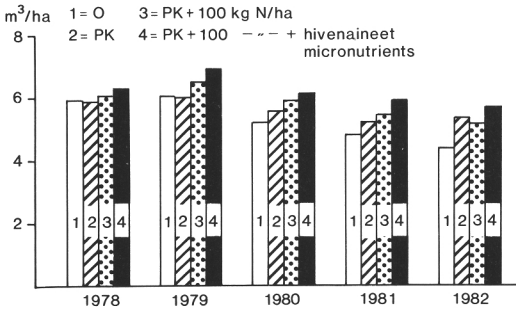
vaikutus puuston pituuskasvuun kuin pelkällä PK-lannoituksella.

Lannoituksella aikaansaatu kasvunlisäys oli suhteellisen pieni myös Kõhisevån sekä nuorena että varttuneena kasvatusmetsikös-



sä (kuva 17, taulukko 11). Paras tulos, 0,85 m<sup>3</sup>/ha · a ensimmäisten 5 vuoden aikana, saatiin edellisessä kokeessa käyttämällä PK:n ohella tyypeä 100 kg/ha sekä hivenseosta. Jälkimmäisessä kokeessa suurimman kasvunlisäyksen 1,18 m<sup>3</sup>/ha · a antoi PK + 200 kg N/ha. Kokeessa 4, jonka puusto oli saavuttanut suurimmaksi osaksi tukkipuun mitat, lannoitus lisäsi puuston kasvua 5 vuoden aikana keskimäärin seuraavasti (ks. myös kuva 18):

Jatkolannoitus — Refertilization		
PK	NPK	NPK + hivenseos micronutrients
Tilavuuskasvun lisäys Increase in volume growth m <sup>3</sup> /ha · a		
0,33	0,53	0,91



Kuva 18. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Köhisevän kokeessa 4.

Fig. 18. The volume growth adjusted to regression at the Köhisevä 4 experiment.

Suurin vaikutus oli lannoiteyhdistelmällä, jossa annettiin PK:n ohella tyypeä 100 kg/ha ja lisäksi hivenseosta.

Vesikkosuon tutkimusalueella lannoituksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun oli huomattavasti suurempi kuin Köhisevän kokeissa (kuva 19, taulukko 11). Taimikossa kasvun lisäys oli enimmillään yli 2 m<sup>3</sup>/ha ja nuorena sekä varttuneena kasvatusmetsikössäkin yli 1,5 m<sup>3</sup>/ha vuodessa. Pelkkä PK-lannoitus tai PK yhdessä suurten tyyppimäärien kanssa käytettynä jäi vaikutukseltaan heikommaksi kuin käsittelyt, joissa annettiin fosforin ja kaliumin ohella tyypeä 50–200 kg/ha. Lannoitus, jossa käytettiin NPK:n ohella myös hivenravinteita, antoi parhaan tuloksen varttuneena kasvatusmetsikössä.

Turve- ja neulasanalyysien, sen paremmin kuin puuston tilavuutta tai kasvua koskevien mittausten tuloksetkaan eivät anna selviä viitteitä siitä, miksi lannoituksen aiheuttama kasvureaktio oli Vesikkosuolla voimakkaampi kuin Köhisevän kokeissa. Esimerkiksi turpeen ja neulasten tyyppipitoisuudet olivat ennen jatkolannoitusta samaa suuruusluokkaa kummallakin tutkimusalueella (taulukko 2, s. 5). Myös ojituksesta ja lannoituksesta kulunut aika oli lähes sama. Tässä yhteydessä jää selvittämättä, onko erilaiseen lannoitusreaktioon vaikuttanut täydennysojituksen ajankohdassa ja turpeen paksuudessa vallitseva ero tutkimusalueiden välillä.

Taulukko 12. Neulasten ravinnepitoisuudet 6 kasvukautta jatkolannoituksen jälkeen (1984) Katosojan tutkimusalueella sekä varianssianalyysin F-arvot.

Table 12. The nutrient contents of the needles 6 growing seasons after refertilization (1984) at Katosoja experimental field and the F-values of the variance analyses.

Jatkolannoitus <sup>1)</sup> Refertilization	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Cu	Zn
	% kuivapainosta % of dry weight					ppm kuivapainosta ppm of dry weight			
Nuori kasvatusmetsikkö — Young thinning stand									
0	1,38	0,239	0,463	0,213	0,168	462	9,2	3,7	71
PK	1,43	0,228	0,537	0,240	0,160	427	22,7	3,8	57
NPK	1,41	0,263	0,597	0,229	0,158	297	22,6	2,9	57
NPK + H	1,49	0,245	0,603	0,238	0,146	364	33,2	4,3	69
F-arvo	0,41	1,35	7,99*	0,27	1,24	1,24	15,8**	4,56*	1,52
F value									
Varttunut kasvatusmetsikkö — Old thinning stand									
0	1,25	0,185	0,385	0,231	0,159	442	11,8	3,3	47
PK	1,25	0,207	0,503	0,256	0,140	375	23,2	3,4	46
NPK	1,24	0,183	0,474	0,262	0,153	420	20,7	3,1	46
NPK + H	1,26	0,182	0,464	0,240	0,153	339	29,7	3,7	43
F-arvo	0,07	18,77***	6,00*	0,52	2,04	0,87	9,79**	4,44*	0,16
F value									

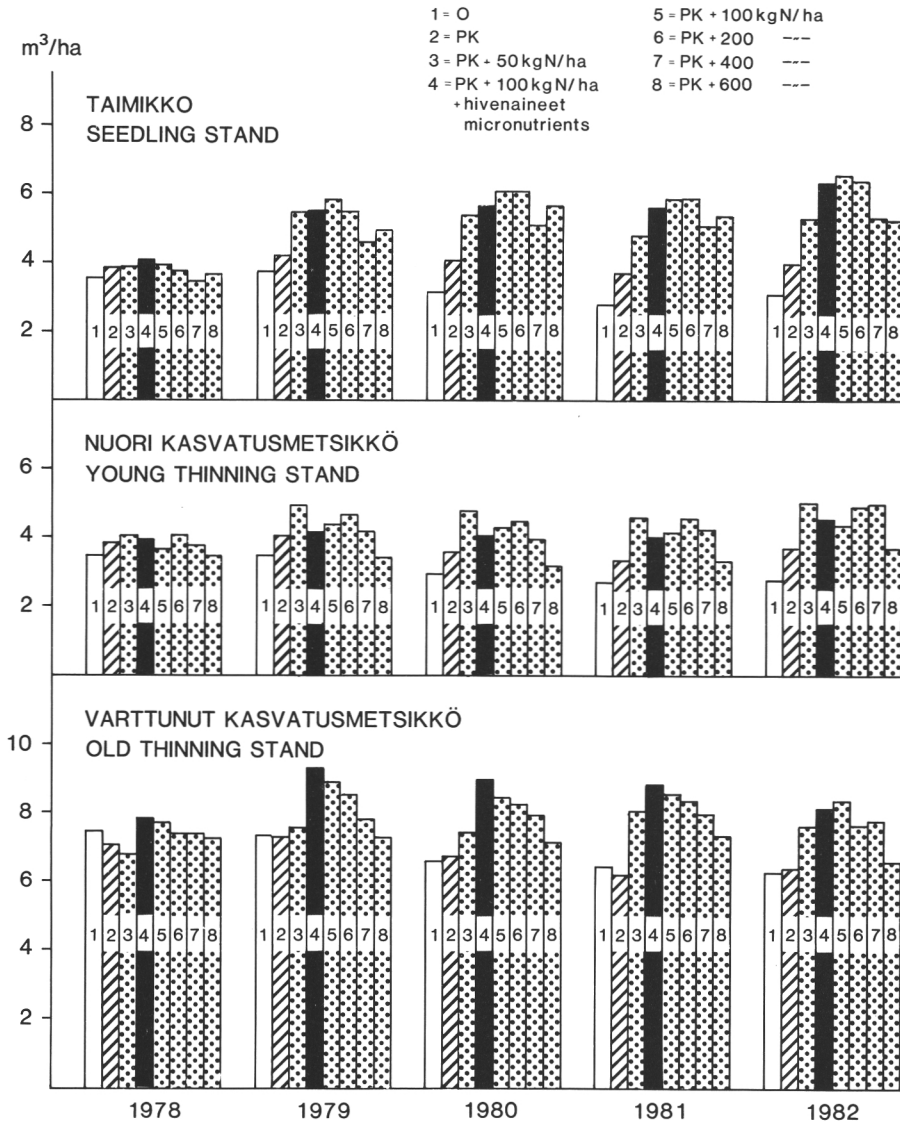
1) H = Hivenlannoitus, ks. Taulukko 8  
H = Micronutrient fertilization, see Table 8

### 34. Katojoja

Katojojen kokeet sijaitsevat ruohorämeellä, jolla turve- ja neulasanalyysin mukaan ei ollut puutetta typeistä, fosforista ja kaliumista jatkolannoitusta suoritettaessa (ks. taulukko 2).

Jatkolannoituksen vaikutus ilmeni eräiden neulasista analysoitujen ravinteiden pitoisuuksissa 6 kasvukautta lannoituksen jälkeen (taulukko 12). Booripitoinen PK-lan-

nos lisäsi Katojojen kummassakin kokeessa neulasten kalium- ja booripitoisuutta sekä varttuneessa kasvatusmetsikössä myös niiden fosforipitoisuutta. Hivenseos vaikutti NPK:n ohella käytettynä siten, että neulasten boori- ja kuparipitoisuus kasvoivat. Jatkolannoittamattomilla koaloilla neulasten boori- ja kuparipitoisuudet olivat melko alhaiset, joskaan eivät puuterajalla (ks. Raitio ja Rantala 1977, Kolari 1979, Braekke 1979, Möller 1982). Varttuneessa kasvatusmetsi-



Kuva 19. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Vesikkosuon kokeissa 1, 2 ja 3.

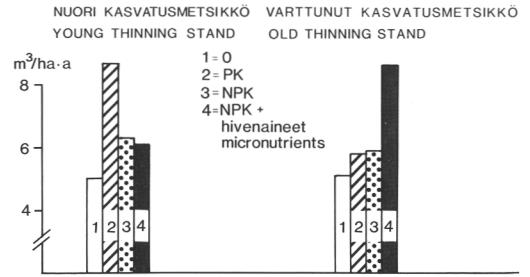
Fig. 19. The volume growth adjusted to regression at the Vesikkosuon 1, 2 and 3 experiments.

kössä myös neulasten typpipitoisuus oli pieni, keskimäärin 1,25 %.

Jatkolannoitus lisäsi puuston tilavuuskasvua Katosojan kokeissa (kuva 20). Nuorena kasvatusmetsikössä PK-lannos vaikutti selvästi voimakkaimmin ja varttuneessa kasvatusmetsikössä NPK + hivenseos. Kasvujen absoluuttisille eroille ei toistojen vähäisen määrän vuoksi voi kuitenkaan antaa kovin suurta painoa.

Edellä mainittujen lannoitusyhdistelmien aiheuttaman voimakkaan kasvureaktion syytä ei voine olla pelkästään pääravinteiden tarve ainakaan turve- ja neulasanalyysien tuloksista päätellen. Perustellumpaa on olettaa, että lannoituksessa annetut hivenseokset, joiden vaikutus ilmeni selvästi neulasten ravinnepitoisuuden muutoksena, ovat vaikuttaneet puuston tilavuuskasvua lisäävästi.

NPK-lannoituksen aiheuttama voimakas kasvureaktio varttuneessa kasvatusmetsikössä ilmeni selvästi myös koelaloilta kerättyjen



Kuva 20. Jatkolannoitusta edeltäneen kasvun suhteen kovarianssikorjattu puuston tilavuuskasvu Katosojan kokeissa 1 ja 2.

Fig. 20. The volume growth adjusted to regression at the Katosoja 1 and 2 experiment.

karikkeiden lisääntyneessä määrässä ja ravinnepitoisuudessa (ks. Paavilainen 1984). PK-lannoituksen vaikutus nuorena kasvatusmetsikössä ei sen sijaan heijastunut karikeanalyysien tuloksissa.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

Useiden aikaisempien tutkimusten mukaan typen käyttö fosforin ja kaliumin lisäksi on tarpeen tupasvilla- ja isovarpuisten ja niitä niukkaravinteisempien karujen rämeiden lannoituksessa (esim. Huikari 1961, 1973, Paavilainen 1972, 1976b, 1977, Paavilainen ja Simpanen 1975). Tätä käsitystä vahvistavat edellä esitetyt tulokset Sonkajärven ja Rautavaaran tutkimusalueilta. Näillä vähäravinteisillä rämeillä PK-jatkolannoitus vaikutti puuston tilavuuskasvuun joko vain vähän tai ei ollenkaan. Typpi yksinään lisäsi puuston kasvua jatkolannoituksessa, mutta vähemmän kuin muiden pääravinteiden kanssa käytettynä. NPK-jatkolannoitus antoi Sonkajärven ja Rautavaaran kokeissa keskimäärin n. 1 m³/ha vuotuisen kasvunlisäyksen 6—10 vuoden pituisen tutkimusjakson aikana. Vieläkin parempaan tulokseen olisi ehkä päästy muuttamalla typen fosforin ja kaliumin keskinäisiä suhteita NPK-käsittelyssä. Tähän viittaa se, että Rautavaaran kolmesta faktorikokeesta yhdessä saatiin NP:llä ja kahdessa NK:lla parempi tulos kuin NPK:lla.

Turpeen (0—20 cm) typpipitoisuus oli Liesnevan tutkimusalueella runsaat 2 % eli huomattavasti suurempi kuin Sonkajärven ja Rautavaaran kokeissa. Liesnevalla lisäksi pelkkä PK-jatkolannoitus eniten puuston tilavuuskasvua. Tällä alueella oli n. 15 vuotta ensimmäisen PK-lannoituksen jälkeen suurin puute kaliumista, kuten on usein asianlaista Liesnevan kaltaisilla entisillä avosoilla kasvavissa männiköissä (esim. Kaunisto ja Tukeva 1984, Moilanen 1984).

Lienevalta saatuun tulokseen nähden on yllättävää PK-lannoituksen heikohko vaikutus Köhisevän ja Vesikkosuon runsasravinteisillä rämeillä. Näillä tutkimusalueilla kohtuullinen typpilannoitus (50—200 kg N/ha) PK:n ohella antoi selvästi suuremman puuston tilavuuskasvun lisäyksen kuin pelkkä PK-lannoitus. Ylisuuria typpimääriä (400—600 kg N/ha) käytettäessä tilavuuskasvun lisäys jäi pienemmäksi kuin parhailla käsitellyillä. Korkeiden typpimäärien epäedullinen vaikutus Köhisevän ja Vesikkosuon alueella on ja aiemmin todettu tutkittaessa neulasten ravinnesuhteiden muutoksia jatkolannoituk-

sen jälkeen (Paavilainen ja Pietiläinen 1983).

Etsittäessä syitä Liesnevalta ja toisaalta Köhisevältä sekä Vesikkosuolta saatujen tulosten väliseen eroon joudutaan kiinnittämään huomiota ilmastoon mahdolliseen vaikutukseen. On tutkimustuloksia, joiden mukaan typpilannoituksen tarve turvemaidella lisääntyy etelästä pohjoiseen päin siirryttäessä (Seppälä ja Westman 1976, Möller 1978, Heikurainen ym. 1983). Äskettäin on myös todettu Köhisevää ja Vesikkosuota vastaavissa oloissa Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa tehdyissä tutkimuksissa, että tyyppiä tarvittaneen jatkolannoitusvaiheessa fosforin ja kaliumin lisäksi suhteellisen runsasravinteisilläkin rämeillä (Moilanen 1984).

Eräiden aikaisempien tutkimustulosten mukaan taas typen käyttö peruslannoituksessa ei vaikuttanut puuston kasvuun suursairaisilla ja niitä ravinteisemmilla rämeillä Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapin eteläosissa (Paavilainen ja Simpanen 1975). Lapin runsasravinteisten rämeiden jatkolannoituksessa typen vaikutus on samoin ollut vähäinen (Paavilainen ja Penttilä 1983, Penttilä 1984).

Vaikka typen tarve turvemaiden jatkolannoituksessa olisi Pohjanmaalla ja Kainuussa yleensä suurempi kuin Etelä-Suomessa, on tämän tarpeen arvioimiseen soveltuvia menetelmiä kehitettävä nykyisestäään. Esimerkiksi turpeen ja neulasten ravinnepitoisuutta tai lannoitushetken puuston tilavuutta ja kasvua koskevien tietojen perusteella ei voitu ennustaa typpilannoituksen voimakasta vaikutusta Vesikkosuon tutkimusalueella Köhisevään verrattuna. Neulasten ravinneanalyysi ei kyennyt osoittamaan typen tarvetta Rautavaarankaan kokeissa. Typen tarpeen oikea määrittäminen jatkolannoitusvaiheessa on erityisen tärkeätä siksi, että typen käyttö pohjoisissa ilmasto-oloissa lisää helposti turvemaiden puustojen kasvuhäiriöitä (mm. Paavilainen 1978, Moilanen 1982, Penttilä 1984).

Hivenravinteilla ei voitu lisätä puuston tilavuuskasvua Rautavaaran ja Lienevan kokeissa. Sensijaan kolmessa Köhisevän ja Ve-

sikkosuon kokeista paras tulos saatiin käsittelyllä, jossa oli mukana NPK:n ohella myös hivenseos. Hivenlannoitus on voinut lisätä puuston kasvua Katosojan tutkimusalueella, joka on suotyypiltään ruohoista sararämettä. Hivenravinteiden puuston kasvua lisäävä, joskin verraten vähäinen vaikutus viljavilla rämeillä on todettu aikaisemmin Lappiin perustetuissa jatkolannoituskokeissa (Paavilainen ja Penttilä 1983). Männyn kasvuhäiriötutkimusten yhteydessä on samoin todettu, että hivenlannoitus voi parantaa puuston kasvua turvemaidella (mm. Veijalainen 1983).

Tulokset tukevat käsitystä, jonka mukaan hivenravinteiden käyttö on perusteltua viljavien rämeiden jatkolannoituksessa. On näin ollen suositeltavaa, että uusittaessa lannoitus näillä kasvupaikoilla käytetään booripitoista PK-lannosta, niinkuin nykyisin yleisesti tapahtuukin käytännön työssä. Boori kulkeutuu nopeasti puiden neulasiin ja vaikuttaa pitkän ajan, kuten tämänkin tutkimuksen tuloksista ilmenee. Kun fosforilla näyttää usein olevan muita pääravinteita pitempi vaikutusaika, olisi kokeissa tarpeellista selvittää kaliumia ja booria sekä sen lisäksi vähän kuparia sisältävän seoslannoitteen käyttöä paksurasteiden ja runsasravinteisten rämeiden jatkolannoituksessa.

Myös hivenravinteiden tarpeen määritysmenetelmiä tulisi kehittää. Neulasanalyysin käyttömahdollisuuksia on jo jonkin verran tutkittu (Veijalainen 1977). Tämän lisäksi tarvitaan entistä syvällisempää tutkimustyötä turpeen ominaisuuksien ja puiden hivenravinteiden oton välisestä riippuvuudesta sekä suometsien hivenravinnetaseesta. Käsillä olevan tutkimuksen suppea aineistokin osoitti, että esimerkiksi turpeen happamuudella ja typpipitoisuudella voi olla merkitystä puiden hivenravinteiden käytölle. Tämä on pääteltävissä myös turvemaiden lannoitus- ja kalkituskokeiden aikaisemmista tuloksista (mm. Veijalainen 1977, Paavilainen 1980, Raitio 1981, Kaunisto 1982, Mannerkoski ja Miyazawa 1983).



## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Braekke, F. H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Medd. Norsk inst. Skogforsk. 35.3:213—236.
- Heikurainen, L., Laine, J. & Lepola, J. 1983. Lannoitus- ja sarkaleveyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimikoiden kasvatuksessa. Summary: Fertilization and ditch spacing concerned with regeneration and growing of young Scots pine stands on nutrient poor pine bogs. *Silva Fenn.* 17(4):359—379.
- Huikari, O. 1952. Suotyypin määrittäminen 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):1—22.
- 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. *Metsätal. Aikak. lehti* 5.
- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 1.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11.
- Kaunisto, S. 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.* 317:1—31.
- 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 109:1—56.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1):1—54.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia For.* 585:1—40.
- Kolari, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriötilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. *Folia For.* 389:1—37.
- Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Referat: Über die Fruchtbarkeit der finnischen Ackerboden auf Grund in den Jahren 1955—1970 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. *Viljavuuspalvelu Oy.*
- Lukkala, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoinsoon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsoon experimental drainage area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39(6):1—50.
- Mannerkoski, H. & Miyazawa, T. 1983. Growth disturbances and needle and soil nutrient contents in a NPK-fertilized Scots pine plantation on a drained small-sedge bog. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:85—91.
- Moilanen, M. 1982. Tuloksia lannoituksen vaikutuksesta varttuneen suomännikön kehitykseen Pohjois-Pohjanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 70:1—13.
- 1984. Tuloksia suursararämeen männikön jatkolannoituksesta Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Esitelmä Suoseuran kokouksessa 3.4. 1984.
- Möller, G. 1978. Femåriga effekter av gödsling på tallrismossar. *Inst. f. Skogsförbättring. Årsbok 1978:* 57—78.
- 1982. Borbristskador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. *Inst. f. Skogsförbättring. Årsbok 1982:* 47—70.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5):1—58.
- Paavilainen, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 77(3):1—46.
- 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen using <sup>15</sup>N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levityssajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypin ottoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 79(2):1—47.
- 1975. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpi-kuusikossa. Summary: On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. *Folia For.* 239:1—10.
- 1976a. Piipsannevan lannoituskokeiden tuloksia. *Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja* 15.
- 1976b. Taimistojen lannoitus niukkaravinteisilla soilla. *Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja* 3.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 327:1—32.
- 1978. PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: PK fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results. *Folia For.* 343:1—17.
- 1979. Jatkolannoitus runsastyypisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414:1—23.
- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kierto on ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(5):1—71.

- 1984. Litter fall in birch and Scots pine stands after refertilization on nitrogen-rich peat soil. Proc. 7th Peat Congress. Vol. III, s. 462—475. Dublin, Ireland 1984.
- & Penttilä, T. 1983. Alustavia tuloksia turvemaiden jatkolannoituksesta Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105.
- & Pietiläinen, P. 1983. Foliar responses caused by different nitrogen rates at refertilization of fertile pine swamps. Commun. Inst. For. Fenn. 116:91—104.
- & Simpanen, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements on drained pine swamps in North Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 86(4):1—70.
- Penttilä, T. 1984. Jatkolannoitus Lapin viljavilla rämeillä. Esitelmä Suoseuran kokouksessa 3.4.1984.
- Raitio, H. 1981. Pääravinne-lannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macronutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. Folia For. 456:1—10.
- & 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):1—30.
- Seppälä, K. & Westman, C. J. 1976. Results of some fertilization experiments in drained peatland forests in North-Eastern Finland. Proc. 5th Intern. Peat Congress. Poznan, Poland Vol III:199—210.
- Tamm, C-O. 1955. Studies on forest nutrition. I. Seasonal variation in the nutrient content of conifer needles. Medd. Stat. Skogsforskn. Inst. 45(5):1—34.
- Veijalainen, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26.5.
- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidella. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4):1—32.
- 1983. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 116:153—159.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Yhteenveto: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyypin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta For. Fenn. 172:1—77.

*Total of 41 references*

## SUMMARY

The effect of the first round of fertilization has already terminated, or is gradually tailing off, on peatlands which were among the first to be fertilized in Finland. Information is now required about when fertilization should be renewed and about what nutrients are required in the refertilization stage. A special refertilization project was started in 1972 in the Department of Peatland Forestry, the Finnish Forest Research Institute, in order to investigate these questions.

The first results of experiments, established during 1972—1978 in cooperation with A. Ahlström Co and the National Board of Forestry as part of the research programme of the refertilization project, are presented in this report. As well as being designed to provide information about the basic principles involved in refertilization, the aim of the experiments was also to obtain additional information about the need for nitrogen and micronutrients in the refertilization of pine bogs. The study material comprises the results from a total of 16 experiments (Fig. 1, Tables 1—8).

According to the results of a number of earlier studies, nitrogen, as well as phosphorus and potassium, are required in the fertilization of cottongrass and low-shrub, and more oligotrophic infertile pine bogs. The results obtained from the Sonkajärvi and Rautavaara research areas (Figs. 2—9, Table 9, Appendices 1—3) support this conclusion. Refertilization with PK had only a slight or nonexistent effect on the volume increment of stands growing on these infertile pine bogs. Nitrogen alone increased stand growth in refertilization, although to a lesser degree than when given together with phosphorus and potassium.

The nitrogen content in the surface peat (0—20 cm) in the Liesneva research area was as high as 2 %, in other words considerably greater than in the Sonkajärvi and Rautavaara experiments. Refertilization with PK alone gave the greatest stand growth increment at Liesneva (Fig. 15, Appendix 4). The nutrient most in demand in this area about 15 years after the first PK fertilization was potassium, as is usually the case in pine stands growing on original open bogs like the one at Liesneva.

Moderate fertilization with nitrogen (50—200 kg N/ha), in addition to PK fertilization, gave a greater stand volume growth increment on the fertile pine swamps in the Köhiseva and Vesikkosuo research areas than PK fertilization alone (Fig. 16—19, Table 11). The volume growth increment obtained with excessive amounts of nitrogen (400—600 kg N/ha) was smaller than the best treatment. These results indicate that the need for nitrogen in the refertilization of peatlands may be greater in Ostrobothnia and Kainuu than in southern Finland.

It was also apparent in the study that better methods should be developed for estimating the need for nitrogen fertilization. The strong effect of nitrogen fertilization in the Vesikkosuo research area in comparison to that at Köhisevä, could not be predicted on the basis of the nutrient contents of the peat or the needles, nor on the basis of information about the stand volume and growth at the time of fertilization. Neither did needle analysis predict the need for nitrogen in the Rautavaara experiments. However, accurate prediction of the need for fertilization is very important in the refertilization stage because the addition of this nutrient through fertilization can, especially under the climatic conditions

prevailing in the north, easily increase the incidence of growth disturbances in stands growing on peatlands.

Micronutrient fertilization did not increase volume growth in the Rautavaara and Liesneva experiments (Figs. 9, 14). On the other hand, in three of the Kõhisevä and Vesikkosuo experiments the treatment which gave the best results included, in addition to NPK, also a micronutrient mixture (Figs. 16—19). It is highly likely that micronutrient fertilization has increased stand growth even in the Katosoja experimental area, which was of the herbrich sedge pine swamp peatland type (Fig. 20, Table 12).

The results of these experiments support the conclusion that micronutrients should be used in the refertilization of fertile pine swamps. The use of PK

fertilizer containing boron is thus recommended in the refertilization of such sites, as is usually done nowadays in practice. Boron is rapidly transported to the needles of the trees and has a long-lasting effect, as shown by the results of this study (Fig. 10).

Methods for determining the need for micronutrients should also be further developed. More comprehensive research should be carried out on the dependence between the properties of the peat and the uptake of micronutrients by trees, and about the micronutrient status of peatland forests. Even the rather restricted material presented in this report showed that the acidity and nitrogen content of the peat, for instance, can be important from the point of view of the utilization of micronutrients by trees (Figs. 11—13, Table 10).

Liitetaulukko 1. Jatkolannoituksen vaikutuksen merkitsevyyttä osoittavat F-arvot Rautavaaran kokeissa 2 ja 3. Neulasten ravinnepitoisuudet.

Appendix 1. The F values indicating the effect of refertilization on the nutrient contents of the needles in the Rautavaara experiments 2 and 3.

Vaihtelun lähde Source of variation	Neulasten ravinnepitoisuudet — Nutrient contents of the needles					
	Koe 2 — Experiment 2			Koe 3 — Experiment 3		
	N	P	K	N	P	K
N	5,04	0,49	0,05	13,08**	1,04	7,31*
P	1,43	0,53	1,59	0,01	18,27**	8,89**
K	0,02	0,13	3,16	0,33	0,06	10,62**
N × P	0,37	2,76	0,02	0,03	0,01	5,24*
N × K	0,01	0,85	0,01	6,92*	0,12	5,89*
P × K	4,53	0,19	0,27	0,82	0,00	1,08
N × P × K	7,67*	1,67	0,55	1,73	0,23	0,00

Liitetaulukko 2. Jatkolannoituksen vaikutuksen merkitsevyyttä osoittavat F-arvot Rautavaaran kokeissa 2, 3 ja 4. Puuston kasvu eri vuosina.

Appendix 2. The F values indicating the effect of refertilization on the growth of the tree stand in different years in the Rautavaara experiments 2, 3 and 4.

Vaihtelun lähde Source of variation	Vuosi — Year					
	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Rautavaara 2						
N	0,24	4,41	5,94*	7,29*	4,75	4,44
P	0,07	0,27	0,35	0,80	2,19	0,27
K	0,62	0,29	0,03	0,00	0,14	0,31
N × P	1,33	0,94	1,11	1,85	2,52	3,01
N × K	1,13	0,53	0,14	0,16	0,45	0,20
P × K	0,03	0,01	0,00	0,09	0,00	0,28
N × P × K	0,04	0,01	0,13	0,00	0,02	0,60
Regr.	12,50**	1,54	0,41	0,45	1,71	0,55
100 · R <sup>2</sup>	90,8	73,3	64,6	70,0	75,8	71,0
Rautavaara 3						
N	0,76	7,83*	36,44***	61,00***	30,64***	4,53*
P	0,40	0,26	2,40	1,39	0,39	1,93
K	1,47	2,60	2,56	2,54	4,76*	0,04
N × P	0,94	0,50	1,03	0,94	0,09	0,17
N × K	0,24	1,10	1,39	3,48	0,03	4,65*
P × K	0,55	0,03	0,23	1,12	0,98	1,49
N × P × K	0,93	0,14	0,17	1,60	2,78	0,85
Regr.	91,06***	37,42***	31,60***	42,78***	32,24***	26,92***
100 · R <sup>2</sup>	89,9	83,1	87,2	91,1	87,4	77,3
Rautavaara 4						
N	24,43***	58,32***	268,56***	159,80***	55,98***	27,02***
P	2,98	0,15	0,52	0,00	0,37	0,68
K	12,85**	3,92	16,33**	5,85*	2,20	0,84
H <sup>1)</sup>	1,06	0,30	0,03	0,62	1,03	0,23
N × P	4,69*	0,70	40,02***	26,26***	1,78	4,80*
N × K	3,36	1,11	1,67	0,02	0,02	0,01
P × K	1,04	0,01	1,49	0,45	1,02	0,88
N × H	0,20	0,00	0,61	0,04	0,04	0,37
P × H	6,22*	2,85	9,11**	3,17	4,09	0,53
K × H	8,52*	2,72	0,01	0,44	0,13	4,11
N × P × K	1,12	0,00	1,70	0,29	0,72	2,01
N × P × H	0,00	0,03	0,01	0,26	0,40	0,17
N × K × H	0,01	3,32	0,96	0,10	3,46	0,08
P × K × H	0,44	0,39	0,02	0,73	0,04	0,48
N × P × K × H	1,46	0,18	0,34	0,13	2,62	2,30
Regr.	78,99***	42,08***	27,85***	30,15***	35,64***	16,36**
100 · R <sup>2</sup>	96,5	92,9	97,0	95,3	91,3	85,3

1) H = Hivenlannoitus, ks. Taulukko 5

H = Micronutrient fertilization, see Table 5



Liitetaulukko 3. Jatkolannoituksen vaikutuksen merkitsevyyttä osoittavat F-arvot Rautavaaran kokeessa 4. Neulasten ravinnepitoisuudet.

Appendix 3. The F values indicating the effect of refertilization on the nutrient content of the needles in the Rautavaara 4 experiment.

Vaihtelun lähde Source of variation	Neulasten ravinnepitoisuus — Nutrient content of the needles				
	N	P	K	B	Cu
N	13,57***	2,21	2,85	4,52*	0,19
P	1,24	23,93***	10,07**	0,02	1,04
K	0,25	1,92	9,05**	0,12	0,77
H <sup>1)</sup>	1,70	0,37	0,14	39,08***	6,52*
N×P	0,33	0,01	0,02	0,41	0,34
N×K	3,54	1,72	0,02	0,83	1,72
P×K	0,29	0,11	0,14	0,24	0,02
N×H	4,29	0,05	2,32	0,00	0,26
P×H	0,33	0,82	0,21	0,02	3,32
K×H	0,00	3,39	0,29	2,17	0,90
N×P×K	1,00	0,16	0,02	0,17	0,09
N×P×H	1,60	2,21	6,74*	0,10	2,81
N×K×H	0,78	0,04	0,21	0,90	1,20
P×K×H	0,05	0,46	1,24	0,07	0,05
N×P×K×H	0,02	1,02	1,43	0,08	0,43

1) H = Hivenlannoitus, ks. Taulukko 5.

H = Micronutrient fertilization, see Table 5.

Liitetaulukko 4. Jatkolannoituksen vaikutuksen merkitsevyyttä osoittavat F-arvot Liesnevan kokeessa 2. Puuston kasvu eri vuosina.

Appendix 4. The F values indicating the effect of refertilization on the growth of tree stand in different years in the Liesneva 2 experiment.

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
N	0,22	3,62	7,85**	9,69**	8,80**	4,77*	1,86
P	1,24	4,77*	3,86	7,06*	3,83	3,92	3,08
K	0,30	6,76*	12,37**	21,44***	19,64***	24,64***	22,01***
N×P	3,97	3,99	1,40	2,98	3,59	2,95	0,38
N×K	0,36	0,81	0,18	0,01	0,01	0,02	0,24
P×K	1,03	0,11	0,05	0,03	0,30	0,41	1,14
N×P×K	0,00	0,11	0,14	0,19	0,03	0,15	0,00
Regr.	302,15***	207,60***	167,45***	138,89***	110,90***	103,23***	61,85***
100 · R <sup>2</sup>	91,93	88,30	86,23	85,10	82,29	81,96	74,98

ODC 237.4+2--114.444 + 114.261 + 181.65 + 562.2/.4  
ISBN 951-40-0659-3  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. 1984. Typpi ja hivenravinteet rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia For.* 589:1—28.

The report is a part of the refertilization project started in 1972 in the Department of Peatland Forestry, the Finnish Forest Research Institute.

Nitrogen, as well as phosphorus and potassium are required in the refertilization of oligotrophic pine bogs. The need for nitrogen is less on fertile pine swamps, although in some experiments moderate fertilization with nitrogen in addition to PK gave the greatest stand growth increment. The use of micronutrients, especially boron, is recommended in the refertilization of fertile pine swamps. Methods for determining the need for nitrogen and micronutrients in refertilization should be further developed.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, PL 18, SF-01301 Vantaa 30, Finland.

ODC 237.4+2--114.444 + 114.261 + 181.65 + 562.2/.4  
ISBN 951-40-0659-3  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. 1984. Typpi ja hivenravinteet rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia For.* 589:1—28.

The report is a part of the refertilization project started in 1972 in the Department of Peatland Forestry, the Finnish Forest Research Institute.

Nitrogen, as well as phosphorus and potassium, are required in the refertilization of oligotrophic pine bogs. The need for nitrogen is less on fertile pine swamps, although in some experiments moderate fertilization with nitrogen in addition to PK gave the greatest stand growth increment. The use of micronutrients, especially boron, is recommended in the refertilization of fertile pine swamps. Methods for determining the need for nitrogen and micronutrients in refertilization should be further developed.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, PL 18, SF-01301 Vantaa 30, 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 \_\_\_\_\_

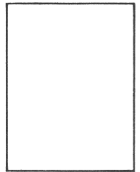
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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 jalostuskoegasema  
*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

Joensuu tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

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

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



- No 569 Rousi, Matti: Myyrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikokeissa 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.  
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: Brösthöjdsformalets 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 perkaukseen.  
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.
- 1984
- 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.
- No 582 Kohmo, Ilkka: Lehtipuuston runkolukusarjat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla 1977—1982.  
Statistics on the deciduous growing stock in the Forestry Board Districts of South Finland during the period 1977 to 1982.
- No 583 Saks, Timo & Lyly, Olavi: Istutustiheyden vaikutus nuoren männikön kehitykseen kuivalla kankaalla.  
The effect of stocking density on the development of young Scots pine stands on a dry heath.
- No 584 Kalaja, Hannu: An example of terrain chipping system in first commercial thinning.  
Esimerkki ensiharvennuspuun korjuusta palstahaketusmenetelmällä.
- No 585 Kaunisto, Seppo & Tukeva, Jorma: Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä.  
Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs.
- No 586 Hakkila, Pentti: Forest chips as fuel for heating plants in Finland.  
Metsähake lämpölaitosten polttoaineena Suomessa.
- No 587 Jalkanen, Risto & Kurkela, Timo: Männynversoruosteeseen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot.  
Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine.
- No 588 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin perusteella.  
Growth variation in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala and Pohjois-Savo according to the 7th National Forest Inventory.
- No 589 Paavilainen, Eero: Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa.  
Nitrogen and micronutrients in the refertilization of drained pine swamps.
- No 590 Metsätilastollinen vuosikirja 1983.  
Yearbook of Forest Statistics, 1983.

---

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnot 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.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0659-3  
ISSN 0015-5543