

# FOLIA FORESTALIA 681

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

---

---

SEPPÖ KAUNISTO

LANNOITUKSEN JA MUOKKAUKSEN  
VAIKUTUS MÄNNYN JA RAUDUSKOIVUN  
ISTUTUSTAIMIEN KASVUUN SUONPOHJILLA

EFFECT OF FERTILIZATION AND SOIL  
PREPARATION ON THE DEVELOPMENT  
OF SCOTS PINE AND SILVER BIRCH  
PLANTATIONS ON PEAT CUTOVER AREAS

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

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

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyssönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

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 kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n.150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen 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 ten 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 681

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Seppo Kaunisto

## LANNOITUKSEN JA MUOKKAUKSEN VAIKUTUS MÄNNYN JA RAUDUSKOIVUN ISTUTUSTAIMIEN KASVUUN SUONPOHJILLA

Effect of fertilization and soil preparation on the development  
of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas

*Approved on 13.3.1987*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. AINEISTO .....	4
21. Koealueet .....	4
22. Koesuunnitelmat ja niiden toteuttaminen .....	4
23. Mittaukset ja laskenta .....	7
3. TULOKSET .....	8
31. Taimien elossaolosadannes .....	8
32. Taimien laatu ja vauriot .....	10
33. Taimien pituus .....	12
4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT .....	18
KIRJALLISUUS .....	20
SUMMARY .....	21

KAUNISTO, S. 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. *Folia Forestalia* 681. 23 p.

Tutkimuksessa tarkasteltiin viiden kokeen tuloksia kolmella paikkakunnalla. Tutkittuja istutuskohtia oli lähes 10 000 kpl yhteensä 460 koealalla. Kivennäismaan päälle jätetyn turvekerroksen paksuus vaihteli eri koealoilla n. 20:stä lähes 90 cm:iin saakka. Valtaosalla turvekerroksen paksuus oli keskimäärin yli 50 cm. Tapauksissa, joissa kivennäismaata ei noussut ojituksen tai muokkauksen yhteydessä kasvualustan pintaosaan, lannoitus fosforilla ja kaliumilla lisäsi voimakkaasti taimien kasvua ja kohotti elossaolosadannesta ja normaalien taimien osuutta. Ojamaissa noussut kivennäismaa korvasi lannoituksen. Sekä pituus, elossaolosadannes että normaalien taimien osuus lisääntyivät kasvualustan pintaosan tuhkapitoisuuden kohotessa ja toisaalta turvekerroksen ohetessa. Lannoitus puuntuhkalla lisäsi taimien kasvua samantapaisesti kuin PK-lannoituskin. Turpeentuhkalannoituksen vaikutus oli epämääräinen. Typpilannoitus edisti jonkin verran koivun kasvua, mutta ei vaikuttanut männyn taimien kehitykseen.

The investigation involves five different experiments in three localities. About 10 000 planting spots on a total of 460 plots were inventoried. The thickness of the peat layer remaining on the mineral soil varied from about 20 to nearly 90 cm. In majority of the plots the thickness was over 50 cm on average. In cases where no mineral soil came to the top part of the substrate in connection with drainage or soil preparation, fertilization with phosphorus and potassium strongly increased the growth of seedlings and raised the survival percentage and the proportion of normal seedlings. Mineral soil from ditch spoil made fertilization unnecessary. Both height, survival percentage and the proportion of normal seedlings increased as the ash content in the top 10 cm layer of the substrate rose or the peat layer grew thinner. Fertilization with wood ash increased the growth of seedlings in the same way as PK fertilization. The effect of peat ash was vague. Nitrogen fertilization promoted, to some degree, the growth of birch, but had no influence on the development of pine seedlings.

Key words: *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, phosphorus, potassium, nitrogen

ODC 236.4+232.42+237.4+2--114.444

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, SF-39700 Parkano, Finland.

ISBN 951-40-0773-5  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1987. Valtion painatuskeskus

## 1. JOHDANTO

Suonpohja-alueita vapautuu turpeennostosta tällä hetkellä n. 500 ha vuosittain. Ensi vuosikymmenen alussa määrä kohoaa Vapo Oy:n laatiman ennusteen mukaan ensin n. 2500 hehtaariin ja tästä edelleen 3000—3500 hehtaariin vuodessa. Vaikka suonpohjien pinta-alat ovat verrattain pieniä Suomen koko metsämaan pinta-alaan verrattuna, on ilmeistä, että niillä paikoin saattaa olla huomattavakin paikallinen merkitys, koska turpeennoston taloudellinen toteuttaminen edellyttää verrattain suuria, alueellisesti yhtenäisiä toimintayksiköitä. Kun lisäksi on olemassa jo ainakin eräitä esimerkkejä siitä, että suonpohjilla puuntuotoskyky saattaa ylittää parhaiden kivennäismaiden tasolle (Ferm & Kaunisto 1983, Kaunisto 1986), on suonpohjien merkitys puubiomassan tuottamisessa ilmeisesti suurempi kuin pelkästään pinta-alan perusteella voidaan arvioida.

Tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että lannoitus fosforilla ja kaliumilla yleensä edistää puuntaimien kasvua suonpohjan turpeella (Mikola & Mikola 1958, Mikola 1975, Kaunisto 1979, 1982, 1983, 1986). Tämän on arveltu johtuvan turpeen vähäisestä kivennäisravinnepitoisuudesta (Kaunisto 1979, 1982, 1983, 1986, Ferm & Kaunisto 1983). Ongelmaksi suonpohja-alueilla puiden kivennäisaineravitsemuksen kannalta saattaakin muodostua tuotantoteknisistä syistä johtuva turvekerroksen paksuuden vaihtelu (Kaunisto 1985), jolloin fosfori-kalilisyksen tarvetta esiintyy laikuittain. Lisäksi korkeisiin biomassan tuotoksiin pyrittäessä saattaa kivennäisravinteiden lisääminen olla joka tapauksessa perusteltua.

Suonpohjia on tutkittu mahdollisina energiapuun kasvatusalueina (Ferm & Kaunisto 1983, Lumme ym. 1984, Hytönen 1984 ja 1986). Tällöin tuntuisi mielekkäältä palauttaa aluksi turpeen, myöhemmin puubiomassan polttamisesta syntyvä tuhka takaisin ravinnekiertoon polttoaineen tuotantopaikalle, varsinkin kun tuhkan palauttaminen voitaisiin mahdollisesti toteuttaa paluukuljetuksina. Puuntuokan käytöstä turvemaiden metsänkasvatuksessa on useissa yhteyksissä saatu erittäin positiivisia kokemuksia (ks. esim. Silfverberg & Huikari 1985). Myös turpeen-

tuhkan on todettu lisäävän metsänkasvua turvemaidella (Pietiläinen 1980, Lumme ym. 1984). Kokemukset ovat kuitenkin toistaiseksi verrattain vähäisiä.

Karkeasti arvioiden turpeen poltosta syntyy nykyisillä polttoturpeen määrillä tuhkaa vuosittain n. 120 000 tonnia (ks. Hakkila 1980). Ongelmana on, että fosforia lukuunottamatta turpeentuokan ravinnepitoisuudet ovat huomattavasti alemmat kuin puuntuokan ja toisaalta turpeentuokaa saattaa sisältää kasviravitsemuksen kannalta haitallisia aineita (Paarlahti 1980, Pietiläinen 1980, Lumme ym. 1984).

Vaikka suonpohjien metsätaloudellista käyttöä koskeva koetoiminta alkoi jo 1950-luvun alussa (Mikola & Mikola 1958, Mikola 1975) perustettiin 1950- ja 1960-luvuilla vain muutamia kokeita. Vasta 1970-luvun öljykriisin jälkeen ryhdyttiin kokeita perustamaan suuremmissa mitassa 1970—1980-lukujen vaihteessa. Seuraavassa tarkastellaan näiden kokeiden ensimmäisen mittauksen tuloksia.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää erilaisten maanmuokkaustapojen ja lannoituksen vaikutusta männyn ja rauduskoivun taimien kehitykseen suonpohjan turpeella. Lannoituksessa on annettu erilaisina yhdistelminä typpeä, fosforia, kaliumia, hivenravinteita, kalkkia sekä eräitä jätteenä: puun- ja turpeentuokaa.

Aitonevan kokeet on perustettu metsähallituksen varoin metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyösopimuksen puitteissa. Piipsannevan ja Osmaningsuon kokeet on perustettu pääasiassa Vapon varoilla. Kokeiden perustamisen valvonta, mittaukset ja tulosten käsittely on tapahtunut Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman toimesta. Kokeiden perustamisessa, mittaamisessa ja laskennassa ovat avustaneet mm. metsätalousinsinööri Kalle Nevanranta, tutkimusmestarit Lauri Hirvisaari ja Tauno Suomilampi, tutkimusapulaiset Anneli Nuijanmaa ja Markku Nikola sekä vanhempi ATK-suunnittelija Olli Seppälä ja luonnontieteiden kandidaatti Riitta Saarinen. Ravinneanalyysistä ovat vastanneet laboratoriomestari Arja Ylinen ja laborantti Kari Honka. Piirroukset on tehnyt Liisa Majuri ja konekirjoitustyön merkonomi Tuire Kilponen. Käännöksen suomen-englanniksi on tehnyt filmiaist. Leena Kaunisto. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet prof. Eero Paavilainen sekä maatalous-metsätieteiden tohtorit Erkki Lipas ja Juhani Päivänen.

Kaikille yllä mainituille ja myös muille työn toteuttamisessa avustaneille esitän parhaat kiitokseni.

## 2. AINEISTO

### 21. Koealueet

Tutkimus perustuu viiteen suonpohjan turpeelle vuosina 1979—1980 perustettuun kokeeseen, joista kaksi on Kihniön Aitonevalla (62°12'N, 23°18'E), kaksi Kiuruveden Osmanginsuolla (63°40'N, 26°20'E) ja yksi Haapaveden Piipsannevalla (64°05'N, 25°35'E). Kivennäismaan pinnalle jääneen turvekerroksen paksuus vaihteli koealueilla (taulukko 1), mutta oli yleensä verrattain paksu.

Taulukko 1. Turvekerroksen paksuus (cm) koealueilla.  
Table 1. Thickness (cm) of peat layer in the experimental areas.

Koe Experiment	Saran reunassa At the edge of the strip			Keskellä In the middle of the strip		
	Min.	Max.	$\bar{x}$	Min.	Max.	$\bar{x}$
Aitoneva 6	31	75	55	33	88	67
—”— 7	34	80	59	31	87	63
Piipsanneva	35	83	59	44	75	59
Osmanginsuo 1	31	53	40	48	68	59
—”— 2	22	71	39	41	74	57

Aitonevan ja Piipsannevan turpeet olivat erittäin happamia (taulukko 2). Osmanginsuolla turpeen pH oli jonkin verran näitä korkeampi. Turpeen kokonaistypipitoisuus Piipsannevalla ja Osmanginsuolla oli verrattain korkea. Aitonevan kokeissa turpeen kokonaistypipitoisuus oli hyvin samantapainen kuin eräissä muissa Aitonevan alueella sijaitsevilla kokeissa aikaisemmin todetut (Kaunisto 1979, Ferm & Kaunisto 1983).

Pohjamaa oli hienojakoisinta Piipsannevalla ja karkeinta Aitonevalla (taulukko 3). Eniten vaihtuvaa kaliumia ja kalsiumia oli Osmanginsuon kivennäismaassa, vähiten Aitonevalla. Sen sijaan happamalla ammoniumasetaatilla uuttuvaa fosforia oli eniten Aitonevalla. Kivennäismaan pH oli selvästi turpeen pH:ta korkeampi kaikilla koealueilla ja Osmanginsuolla muita korkeampi (taulukko 3).

### 22. Koesuunnitelmat ja niiden toteuttaminen

Aitonevan kokeet ovat täydellisiä faktorikokeita. Kokeessa 6 vertailtiin tynen, fosforin ja kaliumin (PK—NPK -yhdistelminä) ja tärkeimpien hivenravinteiden sekä kalkin ja puuntuhan vaikutusta männyntaimien kasvuun (taulukko 4). Kaikki lisätyt aineet levitettiin hajalleen ja sekoitettiin turpeeseen jyrsimällä Lamu V muokkaus koneella (ks. Kaunisto 1974), joka samalla

Taulukko 2. Turpeen pH ja kokonaistypipitoisuus koealueittain.  
Table 2. Peat pH and total nitrogen content in the experimental areas.

Koe Experiment	Turvekerros Peat layer cm	pH			Kokonaistyyppi Total N %		
		Min.	Max.	$\bar{x}$	Min.	Max.	$\bar{x}$
Aitoneva 6	0—5	3,6	4,5	3,9	1,00	2,35	1,81
	15—20	3,6	4,2	3,9	1,25	2,35	1,83
		3,5	4,4	3,8	1,52	2,71	1,91
—”— 7	0—5	3,6	4,6	4,0	0,55	2,98	1,91
		3,6	4,2	3,9	1,54	3,40	2,40
	15—20	3,5	4,4	3,9	1,92	2,91	2,38
Osmanginsuo	0—10	4,5	4,6	4,5	2,15	2,54	2,40

Taulukko 3. Pohjamaan (0—10 cm) ominaisuuksia koealueilla.  
Table 3. Characteristics of subsoil (0—10 cm) in the experimental areas.

Koe Experiment	Maalaji Soil	pH	Vaihtuva Exchangeable		Helppol. Easily soluble P mg/l
			Ca mg/l	K mg/l	
Aitoneva	Hieta/Hiesu Silt	5,2	45	19	8,3
Piipsanneva	Savi — Clay	5,4	394	53	2,5
Osmanginsuo	Hiesusavi Silty clay	6,3	790	110	4,4

Taulukko 4. Lannoituskäsittelyjen vaihtoehdot Aitonevan kokeessa 6.  
Table 4. Fertilization alternatives in Experiment 6 at Aitoneva.

Hivenlannoitus Micronutrient fertilization <sup>1)</sup>	PK-lannoitus PK-fertilization <sup>2)</sup>	N-lannoitus — N-fertilization <sup>3)</sup>							
		O				N			
		Puuntuhka ja kalkki — Wood ash 1 Wood ash 5		Wood ash and lime <sup>4)</sup> Ca O Putu 1 Putu 5 Wood ash 1 Wood ash 5		Ca O Putu 1 Putu 5 Wood ash 1 Wood ash 5		Ca	
O	O	x	x	x	x	x	x	x	x
	PK	x	x	x	x	x	x	x	x
	rf 2 + ks	x	x	x	x	x	x	x	x
Hivenseos Micron. mixt.	O	x	x	x	x	x	x	x	x
	PK	x	x	x	x	x	x	x	x
	rf 2 + ks	x	x	x	x	x	x	x	x

<sup>1)</sup> Hivenseos — Micronutrient mixture (1,1 % B, 12,8 % Cu, 5,5 % Mn, 9,8 % Fe, 5,5 % Zn, 1,4 % Mo, 0,7 % Na) 40 kg/ha

<sup>2)</sup> PK = PK-lannosta — PK-fertilizer (0-9-17 + 0,2 % B) 500 kg/ha, rf 2 = Raakafosfaattia — Rock phosphate (13,3 % P) 2 000 kg/ha, ks = Kalisuolaa — Muriate of potash (40,8 % K) 200 kg/ha

<sup>3)</sup> N = Oulunsalpietaria — Oulu saltpetre (27,5 % N) 400 kg/ha

<sup>4)</sup> Putu = Puuntuhkaa — Wood ash (1,2 % P, 3,1 % K, 24,8 % Ca, 0,24 % Cu, 0,06 % B), 1 = 1 000, 5 = 5 000 kg/ha, Ca = Dolomiittikalkkia — Dolomite 2 000 kg/ha

Taulukko 5. Muokkaus- ja lannoituskäsittelyjen vaihtoehdot Aitonevan kokeessa 7.

Table 5. Soil preparation and fertilization alternatives in Experiment 7 at Aitoneva.

Lannoitteen sijoitus Fertilizer placement	Muokkaus Soil preparation	Lannoitus — Fertilization				
		O	PK <sup>1)</sup>	N <sup>2)</sup> + PK	Putu 5 Wood ash 5 <sup>2)</sup>	PK + Ca <sup>2)</sup>
Pintaan Topdressing	O	x	x	x	x	x
	JV = Jyrsintä + vaotus — Rotavation + furrowing	x	x	x	x	x
	M = Mätästys — Mounding	x	x	x	x	x
	MJV = Mätästys + jyrsintä + vaotus — Mounding + rotavation + furrowing	x	x	x	x	x
	SJV = Syväkyntö + jyrsintä + vaotus — Deep ploughing + rotavation + furrowing	x	x	x	x	x
Muokkaus- kerrokseen Mixed in peat	O	x	x	x	x	x
	JV	x	x	x	x	x
	M	x	x	x	x	x
	MJV	x	x	x	x	x
	SJV	x	x	x	x	x

<sup>1)</sup> PK = PK-lannoitus — PK-fertilizer (0-9-17 + 0,2 % B) 1000 kg/ha

<sup>2)</sup> Kuten taulukossa 4 — As in Table 4.

tekee matalan vaon ja palteen sen molemmin puolin. Kokeessa oli kaksi toistoa. Koealan koko oli alunperin 20 m x 20 m. Alueelle syntyi männyn viljelyn jälkeen erittäin tiheä koivutaimikko (Kaunisto 1981). Koeala jaettiin tällöin kahtia ja toinen puoli perattiin ja toinen puoli jätettiin koivulle. Tässä tutkimuksessa ovat mukana vain mäntyä kasvavat osakoealat.

Aitonevan kokeen 7 päätarkoitus oli vertailla erilaisen muokkaustapojen sekä annettujen ravinteiden ja maanparannusaineiden sijoittamisen vaikutusta männyn kasvun (taulukko 5). Myös tässä kokeessa oli kaksi toistoa. Koealan koko oli sama kuin kokeessa 6. Jyrsintä tehtiin kuten kokeessa 6. Mätästyksessä ojamaat mätästettiin saralle. Ojien syvyys oli 70—80 cm ja sarkaleveys 20 m. Mättäitä tehtiin 2200—2500

kpl/ha. Syväkyntö tehtiin urakoitsija Olavi Inkerin kehittämällä hydraulisesti säädettävällä syväkyntöauralla. Kyntösyvyys oli 70—80 cm. Lisäksi syväkyntöalueet jyrsittiin Lamu V:llä. Lannoitteiden sijoitus tapahtui siten, että ne levitettiin hajalleen koealalle ennen muokkausta.

Kummatkin kokeet lannoitettiin ja muokattiin syksyllä v. 1978. Kokeille istutettiin keväällä 1979 2A + 1A -männyn taimia n. 2500 kpl/ha. Taimien alkuperä oli Jämsänkoskella sijaitseva metsähallinnon siemenviljelmä nro 23, Vilhelmin metsä, jonka kantapuut ovat alueelta Kuusamo, Kemijärvi, Salla, Rovaniemen mlk, Ylitornio ja Pello.

Haapaveden Piipsannevan kokeessa vertailtiin erilaisten muokkausten, maanparannusaineiden (puun-

Taulukko 6. Muokkaus- ja lannoitus- ja maanparannuskäsittelyjen vaihtoehdot Haapaveden Piipsannevan kokeessa.  
 Table 6. Alternatives of soil preparation, fertilization and soil amelioration in the Piipsanneva experiment at Haapavesi.

Maan valmistus Soil preparation	Maanparannusaine Soil ameliorant <sup>1)</sup>	Hivenlannoitus — Micron. fertilization <sup>2)</sup>					
		O Hivenseos — Micron. mixt.					
		NPK-lannoitus — NPK fertilization <sup>3)</sup>					N
O	PK	NPK	PK	NPK			
O	O	x	x	x	x	x	—
	Ca	x	x	x	x	x	—
	Putu 5 — Wood ash 5	x	—	—	—	—	x
J = Jyrsintä — Rotavation	O	x	x	x	x	x	—
	Ca	x	x	x	x	x	—
	Putu 5 — Wood ash 5	x	—	—	—	—	x
KJ = Maan kääntö + jyrsintä Soil turned over + rotavation	O	x	x	x	x	x	—
	Ca	x	x	x	x	x	—
	Putu 5 — Wood ash 5	x	—	—	—	—	x

- <sup>1)</sup> Ca = Dolomiittikalkkia — Dolomite 2 000 kg/ha, Putu 5 = puuntuha — wood ash 5 000 kg/ha (1,8 % P, 5,2 % K, 29,6 % Ca, 0,27 % B, 0,10 % Cu).  
<sup>2)</sup> Hivenseos — Micronutrient mixture (1,1 % B, 12,8 % Cu, 5,5 % Mn, 9,8 % Fe, 5,5 % Zn, 1,4 % Mo, 0,7 % Na).  
<sup>3)</sup> PK = PK-lannosta — PK fertilizer (0,9-17 + 0,2 % B) 700 kg/ha, N = Oulunsalpietaria — Oulu saltpetre (27,5 % N) 400 kg/ha

Taulukko 7. Turpeen- (Tutu) ja puuntuhan (Putu) määrät Osmanginsuon kokeessa I.  
 Table 7. Amounts of peat ash and wood ash in Experiment I at Osmanginsuo.

Tuhkan sijoitus Ash placement	Tutu — Peat ash <sup>1)</sup>				Putu 2 — Wood ash <sup>2)</sup>
	0	3	6	12	
Pintaan Topdressing	x	x	x	—	x
Sekoitus Mixed in soil	x	—	x	x	x

- <sup>1)</sup> Ravinnepitoisuudet — Nutrient contents 0,8 % P, 0,35 % K, 5,3 % Ca, 3 = 3 125, 6 = 6 250, 12 = 12 500 kg/ha  
<sup>2)</sup> Putu 2 = Puuntuha — Wood ash 2 000 kg/ha, ravinnepitoisuudet — nutrient contents as in Table 6.

tuhka ja kalkki), typen, fosforin ja kaliumin (PK—NPK-yhdistelminä) sekä tärkeimpien hivenravinteiden vaikutusta männyn- ja rauduskoivuntaimien kasvuun (taulukko 6). Maanmuokkauksen, PK- ja NPK-vertailun, hivenlannoituksen sekä kalkitsemattoman ja kalkitun välisen vertailun osalta koe on täydellinen faktorikoe kahdella toistolla. Koealan koko on 10 m x 40 m.

Turpeennoston päättyessä alue oli ojitettu 20 m:n sarkaan. Metsänviljelyä varten sarat jaettiin Meri-jyrsimellä kahtia. Jyrsintämuokkaus on tehty rotavaattori-tyyppisellä jyrsimellä ilman vaotusta. Maankäntö on tehty traktorikaivurilla siten, että kauhallinen maata on pudotettu ylösalaisin käännettynä takaisin kauhan tekemään kuoppaan, jonka jälkeen maa on vielä jyrsitty em. rotavaattorilla. Alue muokattiin ja lannoitettiin syksyllä v. 1979. Lannoitus tehtiin maankäännön jäl-

keen, mutta ennen jyrsintää, joten muokatuilla koealoilla lannoite sekoitui maan pintakerroksiin. Koealue istutettiin keväällä v. 1980. Sekä männyn- että rauduskoivuntaimia istutettiin n. 2100 kpl/ha. Männyntaimien alkuperä oli metsähallinnon Pyhäsalmen siemenviljelmä (no 165), jossa on kantapuita mm. Pyhäsalmen ja lähikunnista sekä Lieksasta. Taimilaji oli I M + I As. Taimet oli kasvatettu vaahtomuovilevyissä (ns. takopottitaimi). Koivuntaimien alkuperä oli Pyhäntä. Taimilaji oli I M + I A ja pituus n. 80 cm.

Osmanginsuon kokeessa 1 on vertailtu turpeen pinnalle levitetyn tai kasvalustaan sekoitetun turpeen- tai puuntuhan vaikutusta männyn- ja koivuntaimien kasvuun (taulukko 7). Puuntuha oli samaa kuin Piipsannevan kokeessa käytetty. Turpeentuha oli Kuopion turvelämpövoimalasta. Pienimmässä turpeentuha-annoksessa oli fosforia vain jonkin verran vähemmän kuin puuntuhkassa. Sen sijaan kaliumia oli suurimmassakin turpeentuha-annoksessa vähemmän kuin puuntuhkassa. Koealan koko oli 20 m x 25 m. Toistojen lukumäärä vaihteli yhdestä neljään.

Osmanginsuon kokeessa 2 vertailtiin erilaisten muokkaustapojen, maanparannusaineiden ja fosfori-kalilannoituksen vaikutusta männyn- ja koivuntaimien kasvuun (taulukko 8). Koe oli epätäydellinen faktorikoe. Toistoja oli kaksi. Koealan koko oli 20 m x 25 m. Jyrsintä ja maankäntö tehtiin samoin kuin Piipsannevalla, mutta maankäntökoealoja ei jyrsitty. Mätästys tehtiin kuopan viereen. Sarkaleveys oli 20 m. Maankäntö ja mätästys tehtiin syksyllä v. 1979 ja jyrsintä keväällä v. 1980.

Pelkästään jyrsintämuokkauksella käsitellyillä koealoilla lannoitteet ja maanparannusaineet levitettiin kummassakin kokeessa hajalevityksenä ennen muokkausta, joten ne sekoituivat maan pintakerrokseen. Taimet istutettiin keväällä 1980. Taimilajit olivat samat kuin Piipsannevalla.



Taulukko 8. Muokkaus-, lannoitus- ja maanparannuskäsittelyvaihtoehdot Osmanginsuon kokeella 2.

Table 8. Soil preparation, fertilization and soil amelioration alternatives in Experiment 2 at Osmanginsuo.

Muokkaus Soil preparation	Lannoitus Fertilization <sup>1)</sup>	O	Maanparannus — Soil ameliorants <sup>2)</sup>		
			Ca	Ca+hiv.—Ca+micron.	Tutu 6—Peat ash 6
Muokkaamaton Unprepared	O	x	x	x	x
	PK	x	x	x	
J = Jyrsintä Rotavation	O	x	x	x	x
	PK	x	x	x	x
K = Maankäntö Soil turned over	O	x	—	—	—
	PK	—	—	—	—
M = Mätästys Mounding	O	x	—	—	—
	PK	—	—	—	—

<sup>1)</sup> PK = PK-lannosta — PK-fertilizer (0.9-17 + 0.2 % B) 450 kg/ha

<sup>2)</sup> Ca = Dolomiittikalkkia — Dolomite 2 000 kg/ha, hiv. — micron. = lannoiteboraattia — fertilizer borate (14 % B) 10 kg/ha, CuSO<sub>4</sub> (25 % Cu) 10 kg/ha, ZnSO<sub>4</sub> (23 % Zn) 20 kg/ha. Tutu 6, kuten taulukossa 7 — As in Table 7.

### 23. Mittaukset ja laskenta

Koealat inventoitiin systemaattisella otannalla syksyllä 1984. Aitonevan ja Osmanginsuon kokeissa mitattiin taimia keskimmäiseltä, molemmilta reunariveiltä sekä yhdeltä reuna- ja keskirivin puoliväliin jäävältä riviltä. Piipsannevalta mitattiin vain yksi reunarivi ja yksi rivi saran keskeltä. Koealalta mitattiin 19—25 istutuskohtaa. Yhteensä tarkastettiin lähes 10 000 istutuskohtaa 460 koealalta (taulukko 9). Tulosten käsittelyssä keskimäinen rivi ja välirivi sekä toisaalta reunimmaiset rivit on yhdistetty erillisiksi omiksi osa-aineistoiksi. Pituus mitattiin 1 cm:n tarkkuudella. Koska kevätkesän 1984 halla oli aiheuttanut paljon vaurioita Aitonevan kokeissa, tarkkailtiin myös männyntaimien hallavaurioita. Hallavaurioluokitus oli seuraava:

- 1 = pääverso tuhoutunut
- 2 = pääverso elävä, vuoden 1984 sivuversot tuhoutuneet
- 3 = pääverso elävä, vuosien 1984 ja 1983 sivuversot tuhoutuneet
- 4 = pääverso elävä, ainoastaan alemmissa sivuversoissa vaurioita

Lisäksi tarkasteltiin tyvilenkouden esiintymistä männyntaimissa silmävaraisella luokituksella seuraavasti:

- 1 = suora puu
- 2 = lievä tyvilenkous
- 3 = keskinkertainen tyvilenkous
- 4 = voimakas tyvilenkous, puu kuitenkin vielä pystyssä
- 5 = voimakas tyvilenkous, puu kaatunut

Männyntaimien kasvuhäiriöitä tarkkailtiin silmävaraisella luokituksella seuraavasti:

- 1 = terveennäköinen puu
- 2 = alkava kasvuhäiriö, jossa puun latva on vielä elossa, mutta ei normaalisti kehittynyt; pääversoja yksi, mutta tuhoutunut
- 3 = krooninen kasvuhäiriö eli toistunut latvakato, useita kuolleita latvoja
- 4 = elpyvä puu (ohituskasvain terve)
- 5 = useita kilpailevia latvoja inventointihetkellä

Taulukko 9. Koealojen ja tutkittujen istutuskohtien lukumäärä eri kokeissa.

Table 9. Number of plots and examined planting spots in the experiments.

Koe Experiment	Koealoja, kpl No of sample plots		Istutuskohtia, kpl No of planting spots	
	<i>P. sylvestris</i>	<i>B. pendula</i>	<i>P. sylvestris</i>	<i>B. pendula</i>
Aitoneva 6	96		1824	—
Aitoneva 7	100		2500	—
Piipsanneva	72	72	1440	1440
Osmanginsuo 1	16	16	336	336
Osmanginsuo 2	44	44	924	924
Yhteensä — Total	328	132	7024	2700

Jokaiselta koealalta mitattiin turvekerroksen paksuus jokaisen inventoidun rivin keskeltä 1 cm:n tarkkuudella. Kultakin koealueelta otettiin 5—10 turve- ja kivennäismaanäytettä (0—10 cm turpeen tai kivennäismaan pinnasta) yleiskuvan saamiseksi turpeen ja pohjamaan laadusta. Turpeesta analysoitiin vain pH vedessä (turve/vesi 1/5 tilavuussuhteessa) ja kokonaistyyppi. Kivennäismaasta analysoitiin pH, kuten edellä sekä lisäksi happamalla (pH 4,65) ammoniumasetaatilla uutettu Ca, K ja P. Aitonevan kokeesta 6 otettiin lisäksi jokaiselta koealalta erikseen reuna- ja keskiriveiltä 0—10 cm:n kerroksesta turvenäytteet, joista määritettiin tuhkapitoisuus. Lisäksi samasta kokeesta otettiin näiden rivien puista erikseen neulasnäytteet, joista määritettiin fosfori- ja kaliumpitoisuus.

Aineiston laskennassa käytettiin varianssi-, kovarianssi- ja regressioanalyysiiä. Aineistoja jouduttiin jakamaan osa-aineistoihin osittain sen vuoksi, että monissa tapauksissa oli kysymys epätydellisistä faktorikokeista (Osmanginsuo ja Piipsanneva), osittain sen vuoksi, että esim. lannoitteen sijoituksen vaikutusta oli tarkoitukseenmukaista tutkia vain lannoitetuilla koealoilla ja muokkauksen vaikutusta erikseen lannoitetuilla ja lannoittamattomilla koealoilla (Aitonevan koe 7).

Piipsannevan kokeessa aineisto jaettiin laskentaa varten osa-aineistoiksi lannoituksen ja maanparannusaineiden osalta seuraavasti:

1. Ensimmäisenä luokkamuuttujana oli lannoitus, jolloin jokainen ravinneyhdistelmä oli omana tasonaan (O, PK, NPK, PK + hivenet ja NPK + hivenet). Toisena luokkamuuttujana oli maanparannusaine, jolloin mukana olivat vain vertailu ja kalkitus.
2. Mukaan otettiin molemmat hivenlannoitusvaihtoehdot (luokkamuuttuja 1), PK- ja NPK-lannoitusvaihtoehdot (luokkamuuttuja 2, lannoittamaton vertailu jätetty pois) sekä maanparannuskäsittelyistä vertailu ja kalkitus (luokkamuuttuja 3).
3. Mukaan otettiin hivenseoksen saaneet koealat sekä lisäksi tuhkalannoituskoealat. Luokkamuuttujina olivat lannoitus ( $\pm N$ ) sekä kaikki maanparannuskäsittelyt (O, Ca + hivenaineet ja turpeentuhka). Kaikissa osa-aineistoissa olivat kaikki muokkausvaihtoehdot mukana.

### 3. TULOKSET

#### 31. Taimien elossaolosadannes

Viljely onnistui kaikilla koealueilla erittäin hyvin elossaolosadanneksen ollessa keskimäärin yli 90 % (taulukko 10). Keskiriveillä elossaolosadannes oli keskimäärin jonkin verran korkeampi kuin reunariveillä. Erilaiset käsittelyt eivät vaikuttaneet sanottavasti taimien elossapysymiseen Piipsannevan ja Osmanginsuon kokeissa eivätkä myöskään Aitonevan kokeiden keskiriveissä. Kokeen 7 keskiriveissä tosin syväkyntö alensi jonkin verran taimien elossaolosadannesta, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä vain pelkästään jyrstyyn käsittelyyn verrattuna.

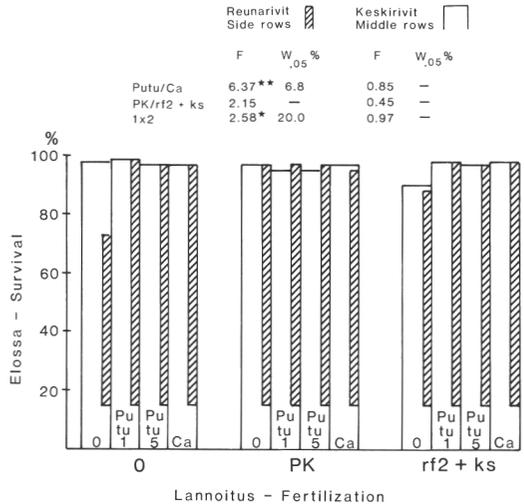
Sen sijaan Aitonevan kokeiden reunariveissä lannoitus (PK:lla, tuhalla tai näillä molemmilla) kohotti selvästi elossaolosadannesta kokonaan lannoittamattomiin koealoihin verrattuna (kuvat 1 ja 2). Lisäksi kokeen 7 lannoittamattomien koealojen reunariveissä muokkaus yleensäkin, mutta erityisesti mätästys + jyrstä kohottivat selvästi männynntaimien elossaolosadannesta (kuva 2).

Sytä taimien parempaan elossasäilymiseen Aitonevan kokeiden keskiriveissä tarkasteltiin lähemmin Aitonevan kokeessa 6. Taulukosta 11 todetaan, että turpeen tuhkapitoi-

Osmanginsuon kokeessa 1 vertailtiin toisaalta pinta-lannoitetuilla koejäsenillä turpeen tuhkamäärien 0, 3125 ja 6250 kg/ha sekä puuntuhkan (2000 kg/ha) vaikutusta keskenään ja toisaalta turpeentuhkan määrien 0, 6250, 12500 kg/ha ja puuntuhkan (2000 kg/ha) sekoitetuna pintaturpeeseen vaikutusta taimien kasvuun. Maanparannusaineiden sijoittamisen vaikutusta voitiin tarkastella vain turpeen tuhkan määrällä 6250 kg/ha ja puuntuhkalla.

Osmanginsuon kokeessa 2 laskentaryhmät ovat seuraavat:

1. Eri tavoin muokatuilla, mutta lannoittamattomilla koealoilla vertailtiin kaikkia muokkauskäsittelyjä keskenään.
2. Muokkaamattomilla ja jyrstintämuokatuilla koealoilla, joilla muokkauksen lisäksi oli luokkamuuttujina lannoitus (O tai PK) sekä maanparannus, vertailtiin kalkitsemattomia, kalkittuja sekä kalkittuja + hivenlannoitettuja keskenään.
3. Mukana pelkästään jyrstyty koealat, jolloin luokkamuuttujina oli lannoitus (O tai PK) ja maanparannus. Viimemainitussa vertailuun otettiin mukaan kalkin lisäksi myös turpeen tuhka.



Kuva 1. Maanparannusaineiden ja lannoituksen vaikutus männynntaimien elossaolosadannekseen reuna- ja keskiriveissä Aitonevan kokeessa 6 kuusi vuotta istutuksesta. Merkkien selitykset taulukossa 4. W<sub>.05</sub> = Tukeyn W-range-testillä laskettu merkitsevä ero 5 % riskillä. 1 x 2 = yhdysvaikutus.

Fig. 1. Effect of soil ameliorants and fertilization on the survival percentage of pine seedlings in the side and middle rows in Experiment 6 at Aitoneva six years after planting. Key in Table 4. W<sub>.05</sub> = Honestly significant difference (Hsd) with 5 % risk calculated by Tukey's W-range test. 1 x 2 = interaction.

suus oli moninkertainen saran keskellä saran reunaan verrattuna. Turpeen orgaanisen aineksen osuuden ja elossaolosadanneksen välillä vallitsikin tilastollisesti melkein merkitsevä negatiivinen riippuvuus ( $y = -0,052x + 98,0$   $F = 5,95^*$ , jossa  $y$  = elossaolosadannes ja  $x$  = orgaanisen aineksen osuus). Samoin taimien neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat korkeammat keskirivien kuin reu-

narivien taimissa, etenkin lannoittamattomissa koejäsenissä (kuva 3). Syynä tilanteeseen oli ilmeisesti se, että tasoitettaessa ojaamat saralle pääosa niistä siirrettiin saran keskusta ja reunat jäivät paikoitellen jopa täysin vaille ojamaita. Esim. Aitonevan kokeen 6 kolmen lannoittamattoman koealan reunariiveissä taimet olivat joko kokonaan kuolleet tai niin huonokuntoisia, että riittävän iso

Taulukko 10. Taimien keskimääräinen elossaolosadannes eri koealueilla saran reunassa ja keskellä. Aitonevan kokeissa kuuden, muissa viiden vuoden kuluttua istutuksesta.

Table 10. Average survival percentage of seedlings in the side and middle rows in the experiments. At Aitoneva six in other experiments five years after planting.

Koe Experiment	Puulaji Species	Elossaolosadannes — Survival, %	
		Reunarivit Side rows	Keskirivit Middle rows
Aitoneva 6	P. sylv.	94,0	96,4
Aitoneva 7	P. sylv.	91,0	95,3
Piipsanneva	P. sylv.	94,3	96,5
	B. pend.	88,3	95,0
Osmanginsuo 1	P. sylv.	90,5	97,0
	B. pend.	95,2	98,2
Osmanginsuo 2	P. sylv.	95,0	96,7
	B. pend.	94,2	95,2
	$\bar{x}$	92,8	96,3

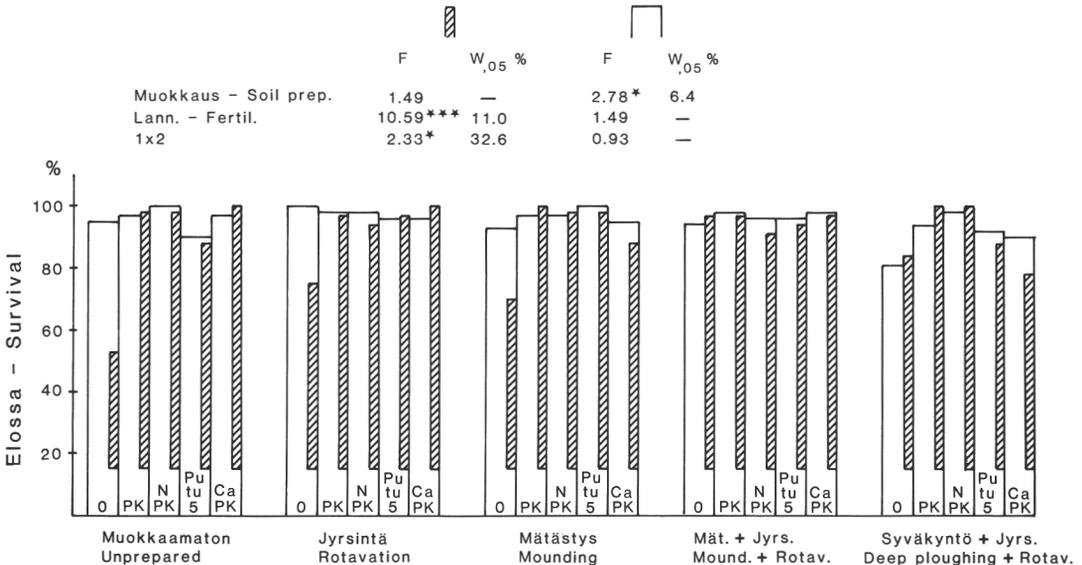
Taulukko 11. Turpeen tuhkapitoisuus sekä eräät neulasten ravinnepitoisuudet (v. 1985) reuna- ja keskiriiveissä.

Table 11. Peat ash content and some foliar nutrient contents (in 1985) in the side and middle rows.

Analysoitu suure Measured quantity	Reunarivi Side row	Keskirivi Middle row
Turpeen tuhkapit., % Peat ash content	20,5	71,5
Neulasten <sup>1)</sup> Needle <sup>1)</sup>		
P % %	1,53	1,59
K % %	5,27	5,69

<sup>1)</sup> Neulasnäytteitä ei saatu kolmelta fosforilannoittamattomalta koealalta, koska neulasmassaa oli liian vähän.

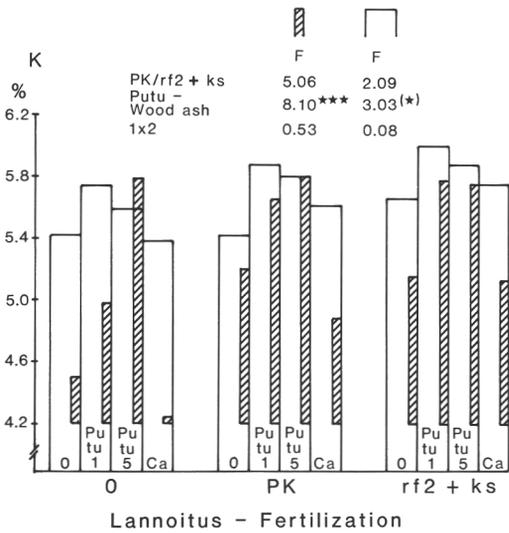
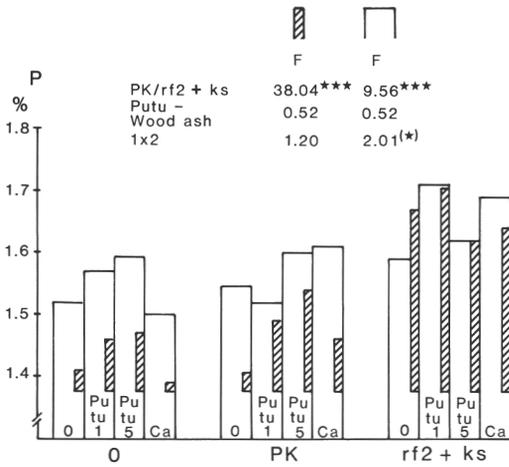
<sup>1)</sup> No foliar samples came from three sample plots not fertilized with phosphorus, because there were not enough needles.



Lannoitus ja muokkaus - Fertilization and soil preparation

Kuva 2. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyntaimien elossaolosadanneeseen reuna- ja keskiriiveillä Aitonevan kokeessa 7. Merkkien selitykset taulukossa 5 ja kuvassa 1.

Fig. 2. Effect of fertilization and soil preparation on the survival percentage of pine seedlings in the side and middle rows in Experiment 7 at Aitoneva. Key in Table 5 and Fig. 1.

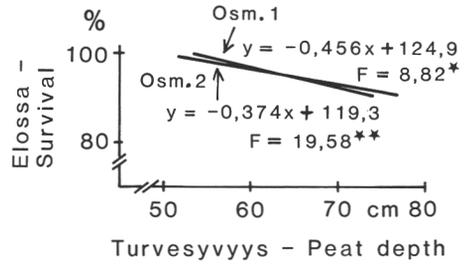


Kuva 3. Lannoituksen vaikutus männyn neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin reuna- ja keskiriveillä Aitonevan kokeessa 6. Merkkien selitykset taulukossa 4 ja kuvassa 1.

Fig. 3. Effect of fertilization on the foliar phosphorus and potassium contents of pine in the side and middle rows in Experiment 6 at Aitoneva. Key in Table 4 and Fig. 1.

neulasnäytettä ravinnanalyysiä varten ei saatu.

Osmanginsuon kokeissa turvekerroksen paksuuden ja keskirivin koivuntaimien elossaolosadanneksen välillä oli lievä negatiivinen riippuvuus (kuva 4). Muissa kokeissa ei näiden suureiden välillä ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.



Kuva 4. Koivun taimien elossaolosadanneksen riippuvuus turvekerroksen paksuudesta viiden vuoden kulluttua istutuksesta Osmanginsuon kokeissa. Laskettu kovarianssianalyysillä.

Fig. 4. Dependence of the survival percentage of birch seedlings on the thickness of peat layer five years after planting in the Osmanginsuo experiments (analysis of covariance).

## 32. Taimien laatu ja vauriot

### Tyvilenkous

Tyvilenkoutta tutkittiin vain männyllä. Eniten sitä esiintyi Aitonevan kokeissa. Niissäkin suoriksi luokiteltuja puita oli 69 % kokeessa 6 ja 76 % kokeessa 7. Piipsannevan kokeessa suorina puita oli 86 % sekä Osmanginsuon kokeessa 191 % ja kokeessa 281 %.

Piipsannevan kokeessa maankäntömuokaus lisäsi tyvilenkoutta n. 10 %-yksikköä ( $F = 5,06^*$ ) muihin verrattuna, kuten seuraavan jaotelman suorien puiden osuutta (%) kuvaavat luvut osoittavat:

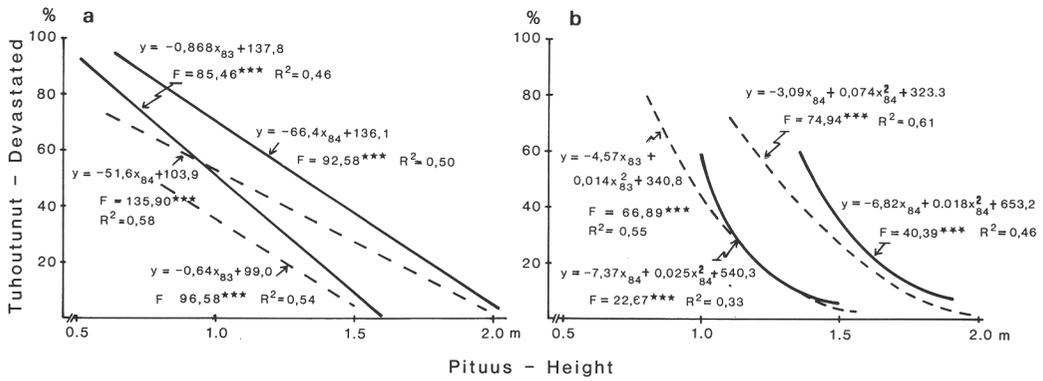
Muokkaamaton	Jyrsitty	Käännetty
88,4	89,4	79,7

Muissa kokeissa muokkaus- tai lannoitus-käsittelyt eivät vaikuttaneet tyvilenkouden esiintymiseen.

### Hallavauriot

Hallavaurioita todettiin vain vuoden 1984 kevätkesän ankaran hallan jälkeen Aitonevan kokeissa. Lähes kaikki männyntaimet olivat kärsineet jonkinasteisia hallavaurioita (taulukko 12). Pahoja hallavaurioita, joissa pääverso oli tuhoutunut, oli kokeessa 6 yli 20 ja kokeessa 7 yli 10 %:ssa taimia.

Lannoitus- ja muokkaus-käsittelyt eivät vaikuttaneet hallavaurioiden esiintymiseen. Sen sijaan taimien pituuden ja hallavaurio-



Kuva 5. Hallan tuhoamien männyn pääversojen osuuden ja taimien pituuden (syksyllä 1983 =  $x_{83}$  ja vaurioitumishetkellä 1984 =  $x_{84}$ ) välinen riippuvuus Aitonevan kokeissa 6 (—) ja 7 (---). a = reunarivit, b = keskirivit.  
 Fig. 5. Dependence between the percentage of the frost damaged leaders and the height of pine seedlings (in the autumn of 1983  $x_{83}$  = and at the time of damage 1984 =  $x_{84}$ ) in Experiments 6 (—) and 7 (---) at Aitoneva. a = side rows, b = middle rows.

Taulukko 12. Erialaisten hallavaurioiden osuus (%) Aitonevan kokeissa.  
 Table 12. Proportion of different frost damages (%) in the Aitoneva experiments.

Vaurion laatu Intensity of damage	Koe — Experiment	
	6	7
Vaurioitumattomat Undamaged	2	1
Vain alemmat sivuversot vaurioituneet Only lower axillary shoots damaged	27	44
83 ja/tai 84 sivuversot vaurioituneet Axillary shoots of 1983 and/or 1984 damaged	49	42
Pääverso tuhoutunut Leader devastated	22	13
	100	100

Taulukko 13. Männyn kasvuhäiriöiden määrä koealueilla.  
 Table 13. Occurrence of growth disturbances in pine.

Koe Experiment	Kasvuhäiriöluokka — Growth disorder class		
	1 Norm	2 Lievä Slight	5 Monilatvainen Multiple leader
Aitoneva 6	74	3	23
Aitoneva 7	76	4	20
Piipsanneva	87	6	7
Osmanginsuo 1	49	33	18
Osmanginsuo 2	47	37	16
	66,6	16,6	16,8

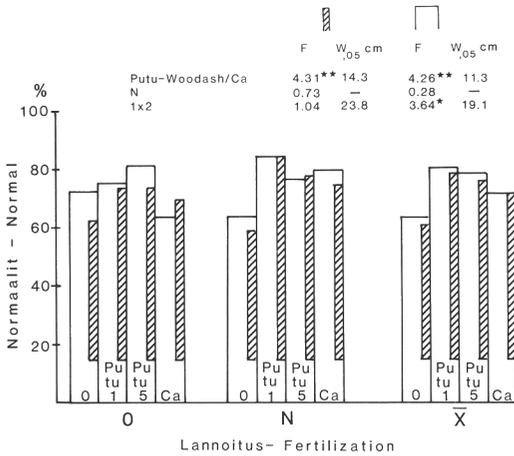
den välillä vallitsi kiinteä negatiivinen riippuvuus (kuva 5). Taimissa, joiden pituus ennen kasvukauden alkua oli yli 1,5 m tai hallan esiintymishetkellä 1,8–2,0 m, pääversion hallavauriot olivat harvinaisia, mutta esim. hallan esiintymishetkellä ( $x_{84}$ ) 1,4–1,5 m:n pituisissa taimissa hallavaurioita oli jo lähes puolella taimista. Mielenkiintoista on todeta, että kummassakin Aitonevan kokeessa hallavaurioiden määrä lisääntyi pituuden vähetessä voimakkaammin (paraboloidisesti) saran keskellä kuin reunassa. Tämä on sikäli yllättävää, että ravinneongelmien vuoksi (luku 31) saran reunassa on ollut enemmän huonokuntoisia taimia kuin saran keskellä. Esim. Raitio (1986) on esittänyt oletuksen, että huonokuntoiset taimet kärsivät helpommin hallavaurioista kuin hyväkuntoiset.

Syy tässä tutkimuksessa todettuun ilmiöön saattaa olla siinä, että osa kylmän ilman kerroksesta on valunut ojjin.

### Kasvuhäiriöt

Kaikilla koealueilla esiintyi kasvuhäiriöitä (taulukko 13). Aitonevan ja Piipsannevan kokeissa valtaosa männyn taimista oli kuitenkin normaaleja, kun taas Osmanginsuon kokeissa normaaleiksi luokiteltuja oli vain noin puolet taimista. Toisaalta kroonisia kasvuhäiriöitä, jotka olivat johtaneet inventointihetkellä todettavaan monilatvaisuuteen oli eniten Aitonevan kokeissa (taulukko 13).

Piipsannevan ja Osmanginsuon kokeissa sekä Aitonevan kokeessa 7 käsitellyt eivät vaikuttaneet sanottavasti männyn kasvuhäiriöiden esiintymiseen. Sen sijaan Aitonevan kokeessa 6 tuhkalannoitus lisäsi normaalien taimien osuutta sekä saran reuna- että keski-



Kuva 6. Lannoituksen vaikutus normaalien männyn taimien osuuteen reuna- ja keskiriveillä Aitonevan kokeessa 6. Merkkien selitykset taulukossa 4 ja kuvassa 1.

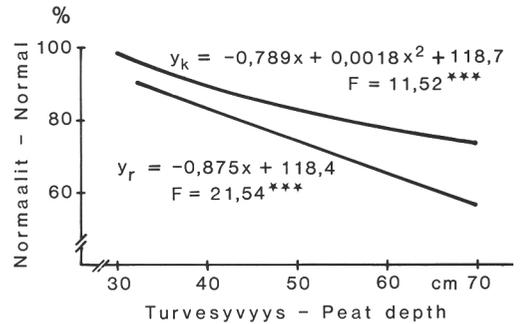
Fig. 6. The effect of fertilization on the proportion of normal pine seedlings in the side and middle rows in Experiment 6 at Aitoneva. Key in Table 4 and Fig. 1.

riveillä (kuva 6). Sen lisäksi normaalien taimien osuus korreloi negatiivisesti turvesyvyyden kanssa sekä saran reuna- että keskiriveissä (kuva 7) sekä negatiivisesti kasvualustan orgaanisen aineksen osuuden kanssa keski- ja reunarivien yhdistetyssä aineistossa ( $y = -0,092x + 78,4$ ,  $F = 4,40^*$ , jossa  $y$  = normaalien taimien osuus ja  $x$  = orgaanisen aineksen osuus). Muissa kokeissa ei turvesyvyyden ja kasvuhäiriöiden välillä todettu tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia.

### 33. Taimien pituus

#### Aitoneva

Aitonevan kokeessa 6 lannoitus ei sanottavasti vaikuttanut keskirivien taimien pituuteen (kuva 8). Keskirivien taimet olivat lannoittamattomilla koaloilla selvästi reunarivien taimia pidempiä, mutta lannoitus lisäsi erittäin voimakkaasti reunarivien taimien kasvua ja yleensä suunnilleen keskirivien taimien kasvun tasolle. Parhaiten reunarivien taimet kasvoivat suo-PK-lannosta saaneilla koaloilla. Puuntuhkalannoitus PK:n ohella ei sanottavasti lisännyt pituuskasvua. Yksinään annettuna puuntuhka lisäsi taimien pituuskehitystä reunariveissä lannoittamattomaan verrattuna, mutta vaikutus jäi PK-lannoituksen vaikutusta vähäisemmäksi. Raaka-



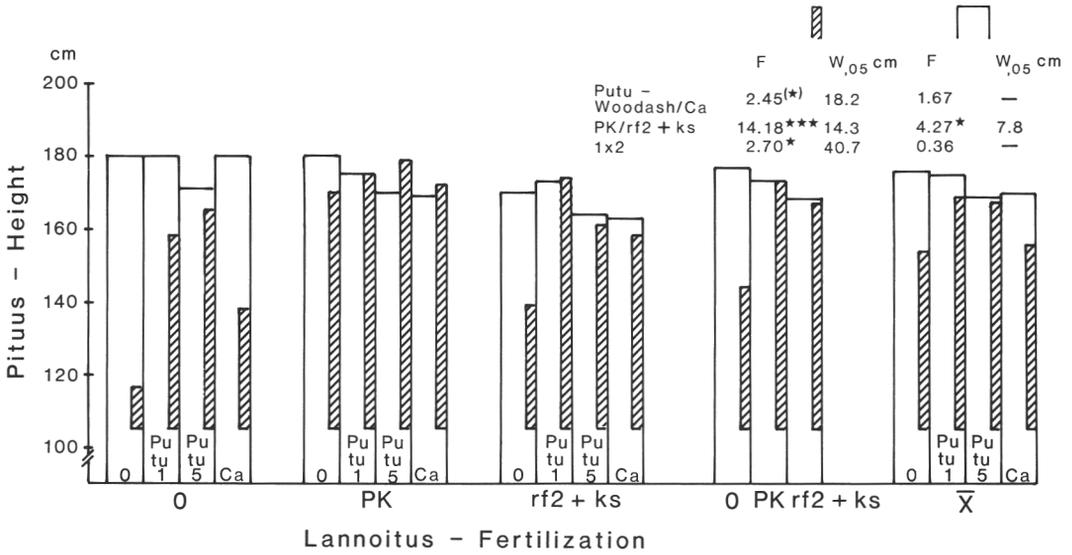
Kuva 7. Normaalien männyn taimien osuuden riippuvuus turvesyvyydestä Aitonevan kokeessa 6.  $y_r$  = reunarivit,  $y_k$  = keskirivit. Laskettu kovarianssianalyysillä.

Fig. 7. Dependence of the proportion of normal pine seedlings on peat depth in Experiment 6 at Aitoneva.  $y_r$  = side rows,  $y_k$  = middle rows (analysis of covariance).

fosfaatti-kalisuolalannoitus (rf = 2000 kg/ha, ks = 200 kg/ha) yksinään lisäsi taimien pituuskasvua yllättävän vähän ja ainoastaan pienimmän tuhkamäärän yhteydessä kasvu kohosi PK-lannosta saaneiden taimien kasvun tasolle. Kuten elossaolosadannes ja normaalien taimien osuuskin, myös taimien pituus korreloi negatiivisesti kasvualustan orgaanisen aineksen osuuden kanssa kokeessa 6 ( $y = -0,211x + 178,7$ ,  $F = 16,48^{***}$ , jossa  $y$  = taimien pituus, cm ja  $x$  = orgaanisen aineksen osuus).

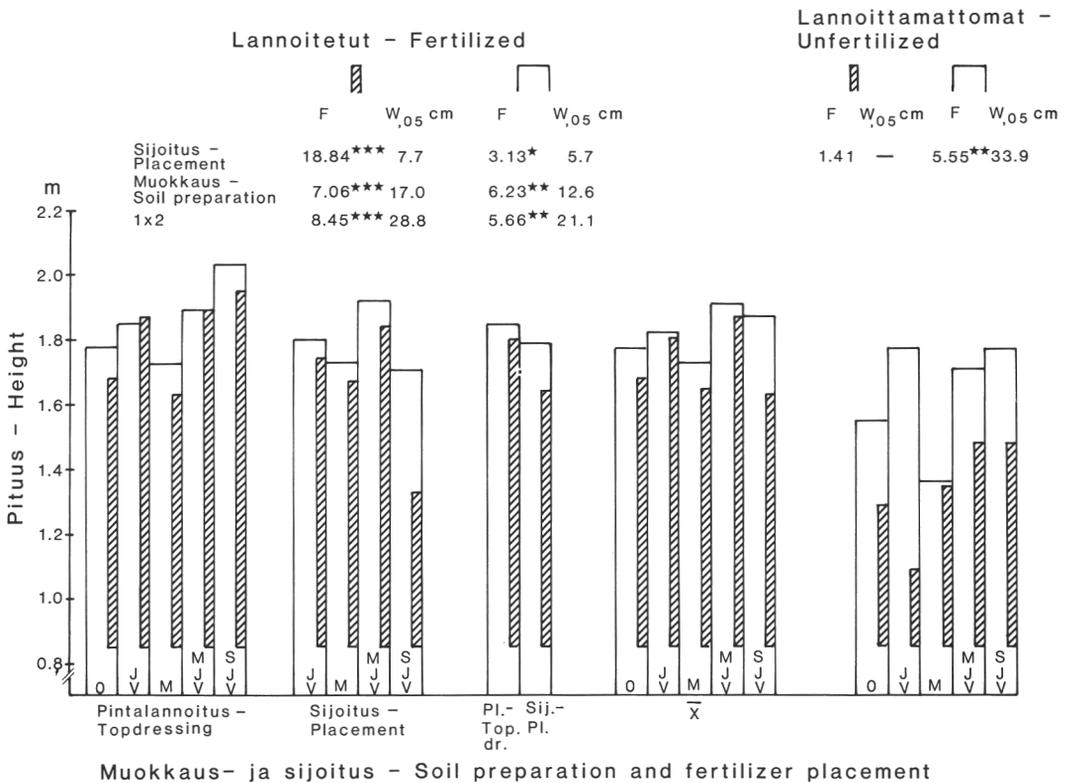
Aitonevan kokeessa 7 on aineisto jaettu eri ryhmiin siten, että on voitu tarkastella lannoitteiden sijoituksen vaikutusta pelkästään lannoitetuilla koaloilla sekä toisaalta muokkauksen vaikutusta erikseen lannoitetuilla ja kokonaan lannoittamattomilla koaloilla. Lannoitteiden sijoittaminen (= lannoitteiden levittäminen ennen muokkaustoimenpidettä) heikensi syväkynnön yhteydessä selvästi taimien kasvua (kuva 9). Vaikutus oli erityisen selvä reunarivien taimissa. Onkin todennäköistä, että syväkynnön yhteydessä ravinteet joutuivat liian syvälle ja näin osittain taimien saavuttamattomiin. Keskisaralla oleva kivennäismaa kuitenkin jossain määrin lievensi tilannetta.

Lannoittamattomien koalojen keskiriveillä taimet olivat kehittyneet yleensä huomattavasti pidemmiksi kuin reunariveillä (kuva 9). Reunariveillä muokkaus ei vaikuttanut taimien pituuskasvuun tilastollisesti merkitsevästi (kuva 9). Sen sijaan keskiriveillä taimet olivat lyhyempiä mätästyksen kuin muiden muokkauksikäsitteilyjen yhteydessä ja jopa



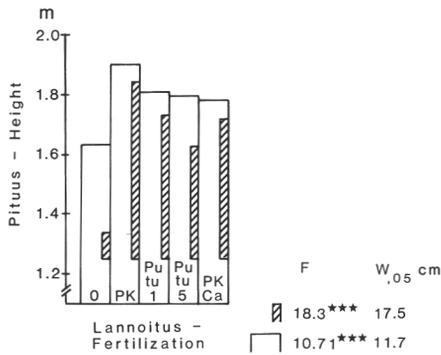
Kuva 8. Lannoituksen vaikutus männyn taimien pituuteen reuna- ja keskiriveillä Aitonevan kokeessa 6. Merkkien selitykset taulukossa 4 ja kuvassa 1.

Fig. 8. Effect of fertilization on the height of pine seedlings in the side and middle rows in Experiment 6 at Aitoneva. Key in Table 4 and in Fig. 1.



Kuva 9. Muokkauksen ja lannoitteiden sijoituksen vaikutus männyn taimien pituuteen lannoitetuilla sekä muokkauksen vaikutus lannoittamattomilla koelohjoilla Aitonevan kokeessa 7. Merkkien selitykset taulukossa 5 ja kuvassa 1.

Fig. 9. Effect of soil preparation and the application method of fertilizers on the height of pine seedlings on the fertilized plots and that of soil preparation on the unfertilized plots in Experiment 7 at Aitoneva. Key in Table 5 and Fig. 1.



Kuva 10. Lannoituksen vaikutus männyn taimien pituuteen Aitonevan kokeessa 7. Merkkien selitykset taulukossa 5 ja kuvassa 1.

Fig. 10. Effect of fertilization on the height of pine seedlings in Experiment 7 at Aitoneva. Key in Table 5 and Fig. 1.

lyhyempiä kuin muokkaamattomilla koealoilla. Kun muilla muokkauskäsittelyillä taimet kasvoivat selvästi paremmin keski- kuin reunariveissä, ei mätästetyillä koealoilla tässä suhteessa ollut eroa. Syynä saattaa olla se, että mätästetyssä osa mätästäistä oli pelkkää turvetta ilman kivennäismaata. Kun mättäät jyrssiin, sekoittui saran keskiosaan siirrettyä kivennäismaata kaikkialle kasvu- alustaan, minkä vuoksi taimet kasvoivatkin selvästi paremmin mätästetyillä ja jyrssiyillä kuin pelkästään mätästetyillä koealoilla.

Aitonevan kokeessa 7 lannoitus lisäsi männyn taimien kasvua sekä keski- että reunariveissä. Lannoituksen vaikutus oli kuitenkin selvästi suurempi saran reunassa kuin keskellä. Kuten Aitonevan kokeessa 6 myös kokeessa 7 PK-lannoitus lisäsi taimien kasvua enemmän kuin puuntuhkalannoitus (kuva 10). Jossain määrin yllättävää oli, että pienempi (1000 kg/ha) oli suurempaa (5000 kg/ha) edullisempi taimien kasvun kannalta, mikä näkyi erityisesti reunarivien taimien pituuksissa (kuva 10).

### Piipsanneva

Piipsannevan kokeessa taimien kasvu oli hyvin samantapaista reuna- ja keskiriveillä, kuten seuraavassa jaotelmassa esitetyt taimien pituudet osoittavat:

	Mänty	Koivu
Reunarivit	103 cm	198 cm
Keskirivit	102 cm	214 cm

Kun lisäksi käsittelyjen aiheuttamissa taimien kasvureaktioissakaan ei ollut oleellisia eroja rivien välillä, on rivit laskennassa yhdistetty.

PK-lannoitus lisäsi erittäin voimakkaasti sekä männyn että koivuntaimien pituuskasvua lannoittamattomiin verrattuna (kuva 11). Typen lisäys PK:n ohella ei vaikuttanut männyntaimien kasvuun, mutta lisäsi koivuntaimien kasvua erityisesti koealoilla, jotka olivat saaneet myös hivenlannoituksen. Hivenlannoitus ei vaikuttanut männyntaimien kasvuun, mutta toisaalta alensi koivuntaimien kasvua PK-lannoitetuilla ja edisti sitä NPK-lannoitetuilla koealoilla. Hiven- ja typpilannoituksen välinen yhdysvaikutus olikin tilastollisesti merkitsevä ( $F = 4,89^*$ ).

Muokkaus vaikutti verrattain vähän taimien pituuteen, eikä sen päävaikutus kummallakaan puulajilla ollut tilastollisesti merkitsevä (kuva 11). Maan käänö kuitenkin lisäsi sekä männyn- että koivuntaimien kasvua lannoittamattomilla koealoilla, mikä ilmeisesti johtui siitä, että kivennäismaata nousi jonkin verran (turvekerroksen pak-suudesta riippuen) taimien ulottuville.

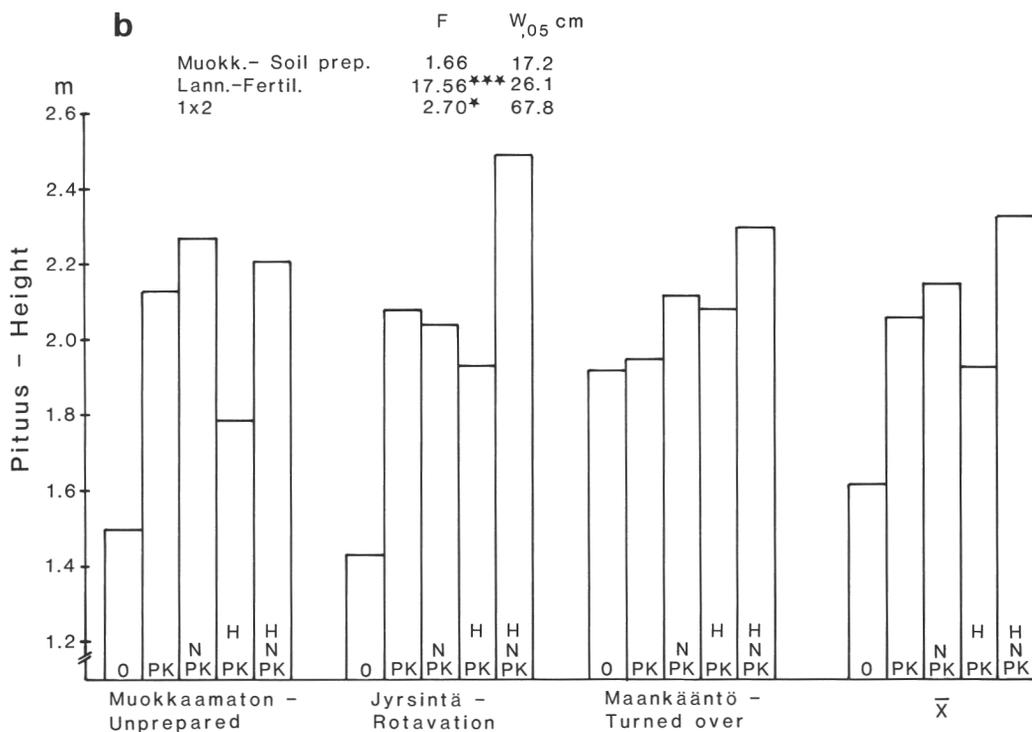
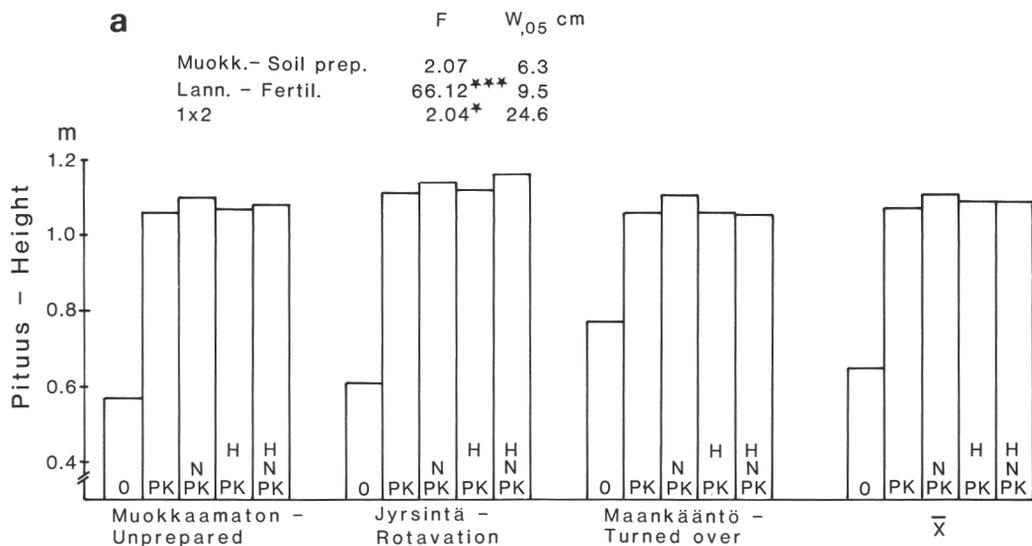
Maanparannusaineiden, puuntuhkan ja kalkin lisäys ei sanottavasti vaikuttanut männyntaimien pituuskehitykseen (kuva 12). Koivuntaimien pituuteen maanparannusaineiden lisäys vaikutti eri tavoin eri muokausmenetelmien yhteydessä (kuva 12). Pelkkään PK-lannoitukseen verrattuna kalkin lisäys PK:n ohella alensi varsin selvästi koivuntaimien pituuskasvua tasapinnalla ja käännytyllä turpeella, mutta lisäsi sitä jyrssi-tyllä turpeella. Tuhkalannoitus puolestaan lisäsi koivuntaimien pituuskasvua PK-lannoitukseen verrattuna muokkaamattomilla koealoilla (kuva 12).

### Osmanginsuo

Osmanginsuon kokeessa 1 reuna- ja keskirivien taimien pituudet yhdistettiin koealoittaisiksi keskiarvoiksi. Kokeessa vertailtiin erilaisten turpeen tuhkan määrien ja puuntuhkan sekä näiden sijoittamisen vaikutusta männyn ja rauduskoivun taimien kasvuun. Pinta- ja sijoituslannoituksessa käytettiin osittain samoja ja osittain erilaisia turpeentuhkan määriä (ks. luku 2, taulukko 7).

Puuntuhka pintaan levitettynä lisäsi jonkin verran männyntaimien pituuskasvua, mutta turpeeseen sekoitettuna sillä ei ollut

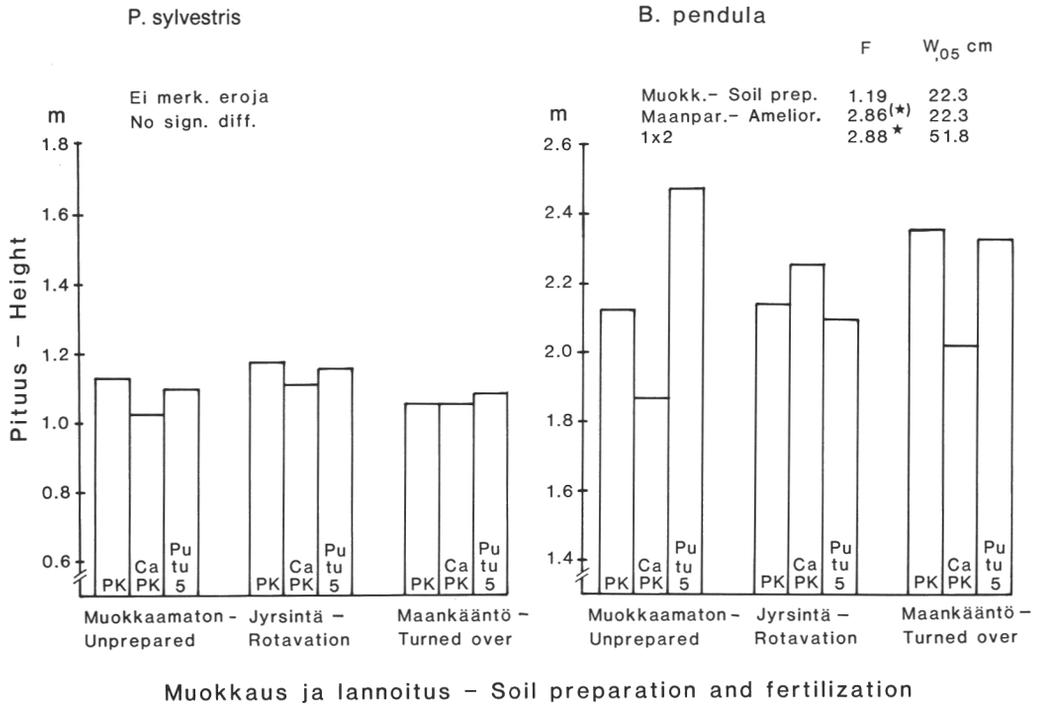




### Muokkaus ja lannoitus - Soil preparation and fertilization

Kuva 11. Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus männyn- (a) ja koivuntaimien (b) pituuteen Piipsannevan kokeessa. Merkkien selitykset taulukossa 6.

Fig. 11. Effect of soil preparation and fertilization on the height of pine (a) and birch (b) seedlings in the Piipsanneva experiment. Key in Table 6.



Kuva 12. Maanparannusaineiden vaikutus männyn- ja koivuntaimien pituuteen erilaisten muokkausten yhteydessä Piipsannevan kokeessa. Merkkien selitykset taulukossa 6.

Fig. 12. Effect of soil ameliorants on the height of pine and birch seedlings in connection of different soil preparations in the Piipsanneva experiment. Key in Table 6.

vaikutusta (kuva 13). Turpeentuhkan vaikutus männyntaimien kasvuun oli erittäin vähäinen. Keskimäärin maanparannusaineiden sekoittaminen turpeeseen lisäsi jonkin verran männyntaimien kasvuun ( $F = 8,66^*$ , ks. myös kuva 13).

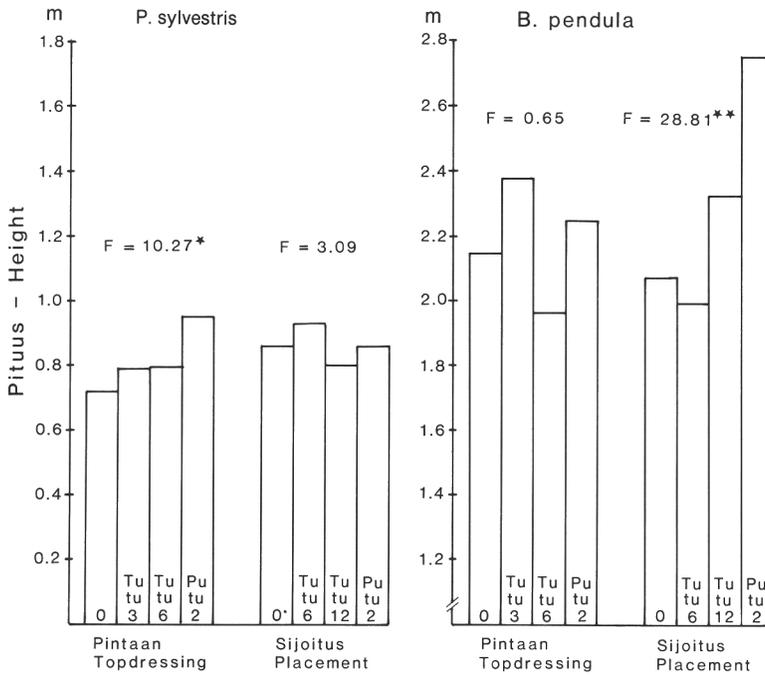
Koivulla sen paremmin puuntuukka kuin turpeentuhkakaan pintaan levitettynä ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi taimien pituuskehitykseen (kuva 13). Sen sijaan turpeeseen sekoitettuna erityisesti puuntuukka, mutta jossain määrin myös suurin (12 t/ha) turpeentuhka-annos lisäsivät koivuntaimien kasvuun.

Osmanginsuon kokeessa 2 reuna- ja keskirivit pidettiin osittain erillään ja osittain yhdistettiin laskennassa riippuen siitä, miten eri käsittelyt vaikuttivat taimien kasvuun eri riveillä eri tapauksissa. Toisin kuin Aitonavan kokeissa ei reuna- ja keskirivien taimien kasvun taso mitenkään selväpiirteisesti poikennut toisistaan.

Kaikkia maanparannuskäsittelyjä voitiin verrata keskenään vain jyrsintämuokatuilla koaloilla. Turpeentuhkalannoitus lisäsi jon-

kin verran koivuntaimien kasvuun sekä muutoin lannoittamattomilla että PK-lannoiteilla koaloilla muihin maanparannuskäsittelyihin verrattuna (kuva 14). Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Männyntaimien kasvuun ei eri maanparannusaineilla näyttänyt olevan sanottavaa vaikutusta. Sen sijaan PK-lannoitus lisäsi erittäin voimakkaasti sekä männyn että rauduskoivun taimien pituuskehitystä (kuva 14). Myös laajemmassa osa-aineistossa, jossa mukana olivat sekä muokkaamattomat että jyrsityt koalat, mutta toisaalta maanparannuskäsittelyistä vain vertailu, kalkitus ja kalkitus + hivenlannoitus ainoastaan PK-lannoituksen vaikutus osoittautui tilastollisesti merkitseväksi ( $F$  männyllä =  $52,57^{***}$ ,  $F$  koivulla =  $9,53^{**}$ ).

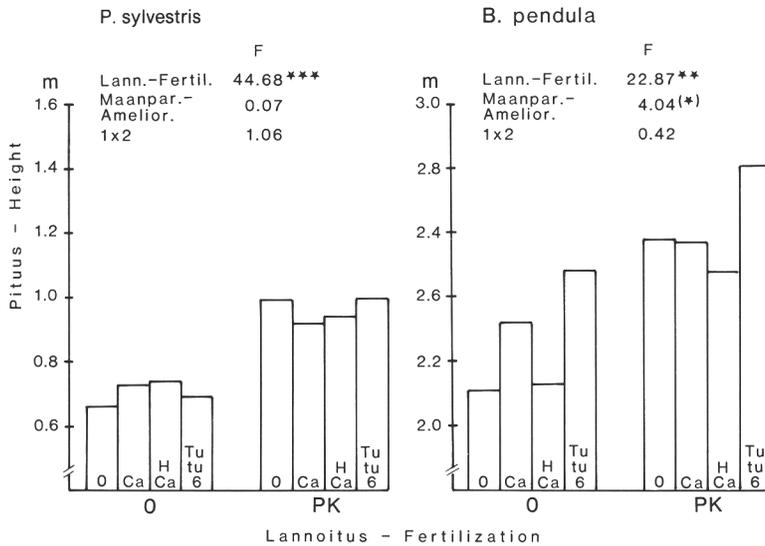
Kaikkia muokkauksikäsitteilyjä voitiin vertailla vain lannoittamattomilla koaloilla. Saran reunassa kaikki muokkauksikäsitteilyt lisäsivät jonkin verran männyntaimien pituuskasvuun muokkaamattomaan verrattuna (kuva 15). Saran keskellä pelkkä jyrsintä edisti parhaiten männyntaimien kasvuun, kun



Maanparannus ja sijoitus - Amelioration and placement

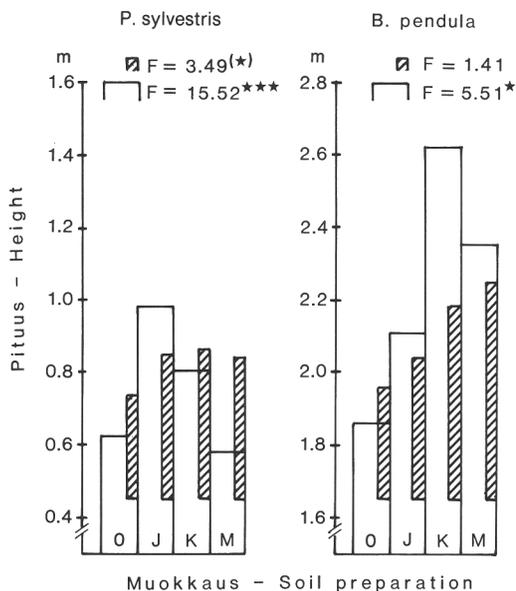
Kuva 13. Turpeen- ja puuntuuhan (pintaan levitettyä tai turpeeseen sekoitettuna) vaikutus männyn- ja koivuntuaimien pituuteen Osmanginsuon kokeessa 1. Varjostetut pylväät ryhmitään samassa analyysissä. Merkkien selitykset taulukossa 7.

Fig. 13. Effect of peat and wood ash (topdressed or mixed in peat) on the height of pine and birch seedlings in Experiment 1 at Osmanginsuo. Shaded columns in groups in the same analysis. Key in Table 7.



Kuva 14. Lannoituksen vaikutus männyn taimien pituuteen Osmanginsuon kokeessa 2. Rivit yhdistetty. Sisältää vain jyrintämuokatut koealat. Merkkien selitykset taulukossa 8.

Fig. 14. Effect of fertilization on the height of pine seedlings in Experiment 2 at Osmanginsuo. Rows combined. Includes only rotavated sample plots. Key in Table 8.



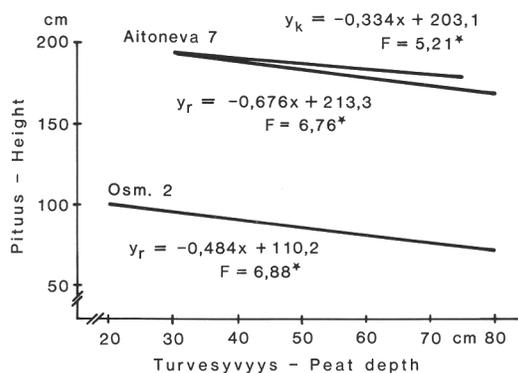
Kuva 15. Muokkauksen vaikutus männyn- ja koivun-taimien pituuteen Osmanginsuon kokeessa 2. Mukana vain lannoittamattomat koealat. Merkkien selitykset taulukossa 8 ja kuvassa 1.

Fig. 15. Effect of soil preparation on the height of pine and birch seedlings in Experiment 2 at Osmanginsuo. Includes only the unfertilized sample plots. Key in Table 8 and Fig. 1.

taas mätästys jopa jonkin verran heikensi sitä muokkaamattomaan verrattuna. Toisaalta koivuntaimet kasvoivat saran reunassa parhaiten mätästetyssä, mutta saran keskellä paikalleen käännettyssä turpeessa. Syytä tulosten erilaisuuteen ei ole voitu selittää.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Turpeennostokenttien metsätaloudellisen jälkikäytön kannalta on tärkeää tietää, missä määrin voidaan käyttää hyväksi kasvualustan luontaisia ravinnevaroja. Sekä tämän että aikaisempien tutkimusten perusteella näyttää siltä, että turpeesta mineralisoituu riittävästi typpeä männylle ainakin taimikkovaiheessa (Kaunisto 1979) koivun sen sijaan jonkin verran hyötyessä myös typen lisäyksestä (Piipsannevan koe, ks. myös Kaunisto



Kuva 16. Männyn taimien pituuden riippuvuus turvekerroksen paksuudesta Aitonevan kokeessa 7 ja Osmanginsuon kokeessa 2. Laskettu kovarianssianalyysillä.

Fig. 16. Dependence of the height of pine seedlings on the thickness of peat layer in Experiment 7 at Aitoneva and Experiment 2 at Osmanginsuo (analysis of covariance).

Kaikissa kokeissa tutkittiin turvekerroksen paksuuden ja taimien pituuden välistä riippuvuutta sekä regressio- että kovarianssianalyysillä. Ainoastaan Osmanginsuon kokeen 2 mäntykoealojen reunariveillä ja Aitonevan kokeessa 7 sekä reuna- että keskiriveillä todettiin kovarianssianalyysissä lievä negatiivinen vuorosuhde suureiden välillä (kuva 16). Pelkällä regressioanalyysillä ei yhdessäkään tapauksessa todettu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta turpeen paksuuden ja männyn- tai rauduskoivuntaimien pituuden välillä. Turvekerros oli koealueilla ilmeisesti yleisesti liian paksu.

erityisen selvästi esille Aitonevan kokeessa 6, jossa ojista noussut kivennäismaa oli pääosin siirretty ojamaita tasoitettaessa sarkojen keskelle. Kokeessa sarkojen reunariveillä taimet kasvoivat huonosti ja kuolleisuus oli korkea, mikäli koelaa ei oltu lannoitettu, kun taas keskisaralla taimet kasvoivat yhtä hyvin kuin lannoitetuillakin koaloilla. Saran keskiosassa kasvualustan tuhkapitoisuus olikin yli kolminkertainen reunaosaan verrattuna, mikä jossain määrin heijastui myös eroina taimien neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuksissa saran eri osissa. Kivennäismaan merkitystä korosti myös kasvualustan tuhkapitoisuuden ja taimien elossaolosadanneksen sekä kasvun välinen positiivinen riippuvuus.

Toistaiseksi ei ole voitu tutkimuksin osoittaa, mikä olisi puiden kasvun kannalta sopiva turvekerroksen paksuus erilaisissa olosuhteissa. Tämänkin tutkimuksen tulokset toivat vain vähän lisäselvitystä asiaan. Turvekerroksen paksuuden ja toisaalta elossaolosadanneksen ja kasvun välillä tosin vallitsi eräissä tapauksissa negatiivinen korrelaatio, mutta riippuvuus oli niin heikko, että sillä ei liene käytännön merkitystä. Syyinä ilmeisesti oli, että turvekerros oli valtaosin kaikissa kokeissa liian paksu, jotta taimien juuristot olisivat kyenneet tunkeutumaan sen läpi alla olevaan pohjamaahan.

Turvekerros oli yleensä ohuin saran reunaosassa, mutta tällöinkin valtaosassa koaloista turpeen paksuus oli yli 30 cm kokeitaisten keskiarvojen ollessa n. 40 cm tai enemmän ja saran keskiosissa yli 50 cm. Tulos on siis varsin yhdenmukainen Kauniston aikaisemmin (1979) esittämän aineiston kanssa, jossa turvekerroksen paksuus oli kauttaaltaan yli 40 cm ja jossa PK-lannoitus oli välttämätön n. 10-vuotiaan mäntytaimikon normaalille kehitykselle.

Normaalin metsänkasvatuksen kannalta suonpohjilla ilmeisesti oleelliseksi kysymykseksi nouseekin puiden kivennäisravinteiden saanti. Kivennäisravinteiden saantia on tässä tutkimuksessa pyritty turvaamaan erilaisin muokkauksin ja lannoituksin, jolloin lannoitteiden lisäksi on käytetty myös puun- ja turpeentuhkaa.

Joissakin tapauksissa maanmuokkaus on edistänyt taimien kasvua lannoittamattomilla koaloilla, mutta vain, mikäli muokkaamalla on voitu saada kivennäismaata taimien ulottuville. Niinpä eräissä tapauksissa traktorikaivurilla toteutetulla maankääntömuokkauksella voitiin yltää kivennäismaahan saak-

ka ja parantaa taimien kasvuolosuhteita (esim. Osmanginsuo 2, koivu). Toisaalta esim. pelkkä mätästys Aitonevan kokeella 7, keskisarallakin, keskimäärin heikensi kasvua, koska mätästyksessä useissa tapauksissa mätäs muodostui pelkstä turpeesta. Sen sijaan mätästykseen yhdistetty jyrshintä tai pelkkä jyrshintä, jolloin ojamaat oli levitetty samalla tavalla kuin Aitonevan kokeessa 6 pääosin saran keskelle, lisäsivät taimien pituuskasvua pelkstä mätästettyihin käsittelyihin verrattuna. Edelleen esim. syväkyntö (70—80 cm) Aitonevan kokeen 7 reunariveissä ei sanottavasti vaikuttanut taimien kehitykseen lannoittamattomilla koaloilla ja lannoitteiden sijoituksen yhteydessä jopa heikensi taimien kasvua, koska lannoitteena annetut ravinteet ilmeisesti joutuivat liian syvälle kasvualustaan ja koska syväkyntöllä ei kyetty nähtävästi kääntämään riittävästi kivennäismaata taimien ulottuville.

Taimien elossaolosadannesta ja kasvua voitiin yleensä parantaa kivennäisravinnelannoituksella. Poikkeuksena, kuten jo edellä viitattiin, oli Aitonevan kokeen 6 keskiritvit. Erilaisista kivennäisravinnelisyksistä paras tulos saatiin lisäämällä suo-PK-lannosta (0-9-17 + 0,02 % B) suunnilleen normaalin metsänlannoitusosuituksen mukainen määrä. Lannoitus puuntuhkalla ei lisännyt männyn taimien kasvua PK-lannoitukseen verrattuna, vaan saattoi jopa alentaa sitä, kuten Aitonevan kokeiden korkeamman tuhka-annostuksen (5 t/ha) yhteydessä (ks. myös Kaunisto 1987). Puuntuhkalannoituksen lyhytaikainen vaikutus männyn taimien kasvuun suonpohjan turpeilla näyttää siis jonkin verran poikkeavan metsäojitetuilla soilla saaduista erittäin positiivisista kokemuksista puuntuhkan pitkäaikaisvaikutuksesta männyn kasvuun (esim. Paavilainen 1980, Silfverberg & Huikari 1985). Tuhkalannoitus lisää voimakkaasti mikrobitoimintaa maassa (Huikari 1953, Karsisto 1979). Kun turve koalueilla oli runsastyyppistä ja pitkälle maatonutta, voidaan olettaa, että typen mineralisoituminen on ollut varsin runsasta. Toisaalta tiedetään, että liiallinen typpi saattaa vähentää männyn taimien pituuskehitystä (Kaunisto 1982, 1987). Onkin mahdollista, että tuhkalannoitus on aiheuttanut männyn taimien kannalta haitallisen suuren typen mineralisoitumisen maassa. Muista lannoitus- ja maanparannuskäsittelyistä kalkitus PK:n ohella annettuna yleensä heikensi taimien pituuskehitystä, kuten aikaisempienkin tutki-

musten yhteydessä on todettu tapahtuvan taimien kehityksen alkuvaiheessa (Meshechok 1968, Kaunisto 1982, 1987). Hivenlannoitus PK:n tai PK:n ja kalkin ohella ei vaikuttanut tulokseen.

Turpeentuhkalannoituksen vaikutusta keikeiltiin vain Osmanginsuon kokeissa, joten aineisto tältä osin on jäänyt varsin suppeaksi. Turpeentuhkalannoituksen vaikutus männyn-taimien kasvuun oli varsin epämääräinen, joissakin tapauksissa lisäten joissakin vähentäen sitä. Osasyynä saattaa olla liian pienet annostukset, koska suurimmassakin annostuksessa esim. kaliumia tuli kasvualustaan vain noin puolet PK-lannoitteesta annetun kaliumin määrästä. Esim. Lumpeen ym. (1984) tutkimuksessa, jossa turpeentuhkaa käytettiin 5 000, 10 000, 50 000 ja 200 000 kg/ha, pajun kasvu lisääntyi tuhkamäärän lisääntyessä suurimman suhteellisen tuotos-eron ollessa 10 000 ja 50 000 kg/ha:n välillä. Em. tutkimuksessa käytetyn turpeentuhkan kaliumpitoisuus oli tosin vain noin puolet tässä tutkimuksessa käytetyn tuhkan kaliumpitoisuudesta. Onkin ilmeistä, että tur-

peentuhkan käyttö metsäpuiden lannoitteena ainakin taimien kehityksen alkuvaiheessa kaippaa vielä lisäselvityksiä.

Puuntuhkalannoituksen vaikutus koivun pituuskasvuun oli jossain määrin mäntyä epämääräisempi. Piipsannevan muokkaamattomilla koealoilla puuntuhkalannoitus lisäsi koivuntaimien pituuskasvua jonkin verran enemmän kuin PK-lannoitus, mutta muissa muokkauksellisissa ei ollut eroja tässä suhteessa. Koivuaineisto oli puuntuhkaver-tailun osalta siksi vähäinen, että tuloksiin on suhtauduttava varauksella.

Loppupäätelmänä voidaan todeta, että kaikissa kokeissa turvetta oli keskimäärin liian paljon, jotta taimet olisivat voineet saada kivennäisravinteita turpeen alla olevasta pohjamaasta. Näin muodoin taimien kehitys riippui lähinnä lannoituksesta fosforia ja kaliumia sisältävillä aineilla tai ojituksen ojien syventämisen ja täydennysojituksen yhteydessä ojista nousseesta kivennäismaasta. Varsinaisella muokkauksella oli vähemmän merkitystä, koska sillä ei aina saatu riittävästi kivennäismaata käännettyksi maan pintaosiin.

## KIRJALLISUUS

- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Aboveground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia Forestalia* 558. 32 s.
- Hakkila, P. 1980. Tuhkan palauttamisen tekniikka. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20: 31—37.
- Huikari, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 42(2). 18 s.
- Hytönen, J. 1985. Suitability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands. In: Egnéus, A. & Ellegård, A. *Bioenergy* 84. Vol. 2. pp. 114—118. Elsevier Applied Science Publishers.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin aktiivisuuteen suometsissä. Osa II. Tuhkalannoituksen vaikutus. Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part II. Effect of ash fertilization. *Suo* 30(4—5): 81—91.
- Kaunisto, S. 1974. On direct seeding of open peatlands. Intern. Symp. on Forest Drainage Proc. 1974 Finland. p. 139—144.
- 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. *Folia Forestalia* 404. 14 s.
- 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on peat cut-away area. *Suo* 32(3): 53—60.
- 1982a. Afforestation of peat cut-away areas in Finland. Proc. Int. Symp. IPS Commissions IV and II. Minsk 1982: 144—153.
- 1982b. 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. Communications Instituti Forestalis Fenniae* 109. 56 s.
- 1983. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos

- sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoiteilla turpeilla kasvihuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse. *Folia Forestalia* 551. 34 s.
- 1984. Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyn- taimien kehityksestä suonpohjan turpeella. Metsän- tutkimuslaitoksen tiedonantoja 144: 1—15.
  - 1985. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. Sum- mary: Afforestation experiments at Aitoneva, Kih- niö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 177: 1— 53.
  - 1986. Peatlands before and after peat harvesting. IPS Symp. Proc. Oulu, Finland. June 9—13, 1986: 241—245.
  - 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimi- koiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuu- siin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. Painossa.
- Lumme, I., Tikkanen, E., Huusko, A. & Kiukaanniemi, E. 1984. Pajujen lyhytkiertoviljelyn biologiasta ja viljelyn kannattavuudesta turpeentuotannosta pois- tuneella suolla Limingan Hirvinevalla. Summary:

On the biology and economical profitability of wil- low biomass production on an abandoned peat production area. Oulun yliopisto. Pohjois-Suomen tutkimuslaitos: C54: 1—79.

- Meshechok, B. 1968. Om startgjødslng ved skogkultur på myr. Medd. Norske Skogforsøksv. 87: 1—140.
- Mikola, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs af- ter industrial exploitation of peat. *Silva Fennica* 9(2): 101—115.
- & Mikola, I. 1958. Suon metsittäminen polttotur- peen noston jälkeen. Summary: Reforestation of bogs after peat harvesting. *Suo* 9: 44—47.
- Paarlahti, K. 1980. Tuhkan tuotanto ja ominaisuudet. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20: 13— 15.
- Paavilainen, E. 1980. Tuloksia vanhoista tuhkalannoit- tuskokeista. Muhoksen tutkimusaseman tiedonanto- ja 20: 20—23.
- Pietiläinen, P. 1980. Tuhka metsänlannoitteena, retkei- lykohteet. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 20: 1—12.
- Silfverberg, K. & Huikari, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. *Folia Forestalia* 633. 25 s.

*Total of 23 references*

## SUMMARY

### Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas

#### Introduction

Presently peat harvesting leaves behind about 500 hectares of peat cutover areas in Finland annually. The annual area is estimated to enlarge up to 3 000—3 500 hectares in the following decade. As peat harvesting is usually practised in large units and as high wood biomass production seems to be possible on peat cutover areas, they may probably have a remarkable local significance.

This paper is concerned with the effects of different soil preparation (mounding, deep ploughing, rotavation and turning of soil) and fertilization treatments on the development of Scots pine and silver birch on peat cutover areas. In fertilization nitrogen, phosphorus, potassium, micronutrients, lime, wood ash and peat ash have been applied in different combinations.

#### Material

##### *Experimental areas*

The investigation is based on five experiments established on peat cutover areas. Two of them are at Aitoneva, Kihniö (62°12'N, 23°18'E), two at Osmangin- suo, Kiuruvesi (63°40'N, 26°20'E), and one at Piipsan- neva, Haapavesi (64°05'N, 25°35'E). The thickness of the peat layer left on the mineral soil varied considerably within experimental areas (Table 1), but on the average the layer was rather thick. The character- istics of both peat and subsoil varied, to some extent, in the experimental areas (Tables 2 and 3).

## Experimental design

The Aitoneva experiments were complete factorials (Tables 4 and 5). In Experiment 6 the effects of nitrogen, phosphorus and potassium (as PK—NPK combinations) and the most important micronutrients as well as lime and wood ash on the growth of planted pine seedlings were compared (Table 4). All the applied substances were spread and mixed in peat by rotavating with Lamu V rotavator (see Kaunisto 1974), which ploughs also a shallow furrow with ridges on both sides.

The main purpose of Experiment 7 at Aitoneva was to compare the effect of different soil preparation, and fertilizer and soil ameliorant application methods on the growth of pine seedlings (Table 5). Rotavation was carried out as in Experiment 6. In mounding 2200—2500 mounds/hectare were made of ditch spoil. Deep ploughing was carried out with a hydraulically adjustable plough. The ploughing depth was 70—80 cm and after ploughing the areas were rotavated with Lamu V. The fertilizers and soil ameliorants were applied either before (placement) or after (topdressing) soil preparation.

The ditch spacing in the Aitoneva experiments was 20 m and the ditch depth 70—80 cm. The area of the sample plot was 20 x 20 metres and there were two replications. The sample plots of both experiments were fertilized and prepared in the autumn of 1978. About 2 500 pine seedlings (2A + 1A)/hectare were planted in the spring of 1979.

In the Piipsanneva experiments in Haapavesi the effects of various soil preparation methods, soil ameliorants (wood ash and lime), nitrogen, phosphorus and potassium (as PK—NPK combinations) and the most important micronutrients on the growth of pine and birch seedlings were compared (Table 6). The experiment was a complete factorial with two replications as regards to soil preparation, PK and NPK comparison, micronutrient fertilization and liming. The size of the sample plot was 10 x 40 m.

The area was drained using 20 metre ditch spacings for peat harvesting and the strips were divided into two for afforestation. Rotavation for soil preparation was carried out with a rotavator without making furrows. Soil turning was made with a tractor digger so that a bucketful of soil was turned upside down and dropped back to the hole made by the bucket, after which the soil was rotavated. The area was prepared and fertilized in the autumn of 1979. It was fertilized after the turning of soil but before rotavation so that on soil preparation sample plots the fertilizers were mixed in the top layers of the soil. About 2 000 two-year-old bare-rooted pine and birch transplants were used for afforestation.

In Experiment 1 at Osmanginsuo the effects of peat or wood ash either topdressed or mixed in surface peat on the growth of pine and birch transplants were compared (Table 7). Wood ash from the same source as for the Piipsanneva experiment was used. The smallest dose of peat ash contained phosphorus only little less than wood ash, but there was less potassium even in the largest dose of peat ash than in wood ash. The number of replications varied from one to four.

In Experiment 2 at Osmanginsuo the effects of different soil preparation methods, soil ameliorants and phosphorus, potassium fertilization on the growth of pine and birch seedlings were compared (Table 8). The experiment was an incomplete factorial with two replications. Rotavation and soil turning were carried out in the same way as at Piipsanneva, but the soil turning plots were not rotavated. Mounding was made

on the side of the hole. The strip was 20 metres wide. Soil turning and mounding were carried out in the autumn of 1979 and rotavation in the spring of 1980.

Ditch spacing was 20 metres in both experiments, ditch depth 70—80 cm and the size of the plot 20 x 25 m. Fertilizers and soil ameliorants were spread before soil rotavation in order to mix them in the top soil. Planting took place in the spring of 1980. The transplant types were the same as those used at Piipsanneva.

## Measurements and calculation

The inventory covered 460 experimental plots (Table 9). From 19 to 25 planting spots in each plot (totalling a. 10 000 in the whole material) were included. The inventory points were systematically selected from the side and middle planting rows on the strip and in the Aitoneva and Osmanginsuo experiments also from the rows between these. For the calculations the middle and intermediate and, on the other hand, rows from both sides of the strip were combined to form their own separate part materials. The height of seedlings in 1984 was measured with 1 cm precision. As the 1984 early summer frost badly damaged pine in the Aitoneva experiments, frost damages were included in the investigation. In addition, the occurrence of basal sweep and leader disorders on pine were studied.

The thickness of the peat layer was measured in the middle of each inventoried row with 1 cm precision on each sample plot. For an overall impression of the quality of peat and subsoil, 5—10 peat (0—10 cm) and mineral soil samples (0—10 cm) were taken from each experimental area. The peat was analyzed for pH in water (peat/water 1/5 volume ratio) and total nitrogen. The mineral soil was analyzed for pH and Ca, K and P extracted by acid (pH 4.65) ammonium acetate. In Experiment 6 at Aitoneva peat samples were taken from the 0—10 cm layer of the side and middle rows separately from each sample plot. These samples were analyzed for the ash content. Furthermore, in these same experiments needle samples were taken from the same rows for the analyses of the phosphorus and potassium content.

The analyses of variance, covariance, and regression were used in the calculations. The materials had to be subdivided, as in several cases incomplete factorial experiments were involved.

## Results

### Survival percentage

Afforestation was very successful in all the experiments (Table 10). In the Aitoneva experiments PK fertilization and/or wood ash increased the survival percentage in the side rows, but not in the middle rows (Figs. 1 and 2). Different results in different parts of the strip were caused by the mineral soil in ditch spoil that had been moved to the middle of the strip during the spreading of ditch spoil. Consequently, the ash content in the 0—10 cm layer was approximately threefold in



the middle of the strip as compared to the sides in Experiment 6 at Aitoneva (Table 11). The effect was also perceptible in the foliar phosphorus and potassium contents (Fig. 3). Moreover, the proportion of the organic matter in the substrate correlated negatively with the survival percentage. The treatments had no influence on the survival percentage in the other experimental areas. There was a slightly negative correlation between the thickness of the peat layer and survival percentage of birch in the Osmanginsuo experiment (Fig. 4).

### *Seedling quality and damages*

The majority of pine seedlings in all the experimental areas had straight stems. In the Piipsanneva experiment the turning of soil increased, to some extent, the occurrence of basal sweep as compared to other soil preparation treatments, but otherwise the treatments had no influence on the phenomenon.

The Aitoneva experiments were investigated for damages in pine seedlings caused by the early summer frost in 1984 (Table 12). There was a solid negative correlation between the height of seedlings and frost damages in the leader. If the saplings were about 1.8–2.0 metres tall at the time of the frost, the damages were slight, but 30–50 % of the leaders in the 1.4–1.5 metre-tall saplings had been devastated (Fig. 5).

Also growth disturbances caused by nutrient shortages occurred in pine in all the experiments (Table 13). Fertilization with wood ash increased the proportion of normal seedlings, to some extent, in Experiment 6 at Aitoneva (Fig. 6). In the other experiments different treatments did not affect the occurrence of growth disturbances in pine. Furthermore, the thickness of the peat layer (Fig. 7) and the organic matter content of the substrate had a negative correlation with the proportion of normal seedlings in the Experiment 6 at Aitoneva.

### *Height growth of seedlings*

Phosphorus and potassium fertilizers in all the experiments increased the growth of pine seedlings most (Figs. 8, 10, 11 and 12). Moreover, nitrogen fertilization along with PK increased, to some extent, the growth of birch seedlings at Piipsanneva (Fig. 11). In the Aitoneva experiments height growth particularly on the unfertilized sample plots was better on the average in the middle rows of the strip than in the side ones (Figs. 8–10). The reason was that ditch spoil containing mineral soil was spread on the middle of the strip (cf. also chapter 31). As in the case of the survival percentage and the proportion of normal seedlings also the height of seedlings had a positive correlation with the ash content in the substrate.

Fertilization with wood ash increased the growth of seedlings generally up to the same or almost the same level as PK fertilization (Figs. 8 and 12) but in Experiment 7 at Aitoneva the highest amount of wood ash (5000 kg/ha) clearly decreased height growth especially on side-rows (Fig. 10).

Except the Osmanginsuo experiment, soil preparation usually affected rather little the height growth of seedlings (Figs. 9, 11, 12 and 15). The effect of soil preparation was obviously related to possibilities of lifting mineral soil from subsoil under the peat layer. In mounding, for example, the mounds could be entirely formed of peat, in which case height growth could even decline as happened on the unfertilized sample plots in the middle rows of Experiment 7 at Aitoneva (Fig. 9). There was a negative correlation in some experiments between the height of seedlings and the thickness of the peat layer (Fig. 16).

As a final conclusion, all the experiments had too thick a peat layer (> 39 cm on average in each experiment), which prevented the seedlings from taking mineral nutrients from the subsoil under the peat. Thus, the development of seedlings primarily depended on fertilization including phosphorus and potassium and on mineral soil lifted from the ditches. In areas where ditch spoil contained enough subsoil the seedlings grew as well as on fertilized plots. The actual soil preparation was of a lesser significance, as it could not bring enough mineral soil onto the peat surface.



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:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research 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:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

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

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

- No 662 Juutinen, Paavo & Varama, Martti: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966—83.  
Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966—83.
- No 663 Räisänen, Hannu, Laine, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienituhoista pystykarsituissa männiköissä.  
Preliminary study on insect and fungal damage in pruned Scots pine stands.
- No 664 Laasasenaho, Jouko & Päivinen, Risto: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta.  
On the checking of inventory by compartments.
- No 665 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1985.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1985.
- No 666 Valsta, Lauri: Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi.  
Optimizing thinnings and rotation for mixed, even-aged pine-birch stands.
- No 667 Lipas, Erkki: Maan ravinnetila siemenviljelyksillä.  
Soil fertility levels in Finnish seed orchards.
- No 668 Uusvaara, Olli: Sahanhakkeen painomittaus.  
Weight scaling of sawmill chips.
- No 669 Kortesharju, Jouko & Mäkinen, Yrjö: Vaotuksen, lannoituksen ja katteiden vaikutus hillaan karuilla luonnon-tilaisilla soilla.  
The effect of furrowing, fertilization, and mulching on cloudberry (*Rubus chamaemorus*) on virgin oligotrophic mires.
- No 670 Jäppinen, Jukka-Pekka, Hotanen, Juha-Pekka & Salo, Kauko: Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkö-tunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982—1984.  
Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982—1984.
- No 671 Parviainen, Jari & Antola, Jukka: Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa männynistutuksissa.  
The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock plantations.
- No 672 Onttinen, Sirpa: Metsurin työvälinekustannukset 1985.  
Forest workers' equipment costs in Finland in 1985.
- No 673 Gustavsen, Hans Gustav & Päivänen, Juhani: Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa.  
Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland.
- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön turrikovikoissa.  
Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erialaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.  
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta.  
Skogsforskningsinstitutets beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolymtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen.  
Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.  
Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla.  
Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.

1987

- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.  
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.

---

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

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0773-5

ISSN 0015-5543