

FOLIA FORESTALIA 633

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

KLAUS SILFVERBERG & OLAVI HUIKARI

TUHKALANNOITUS METSÄOJITETUILLA
TURVEMAILLA

WOOD-ASH FERTILIZATION ON
DRAINED PEATLANDS



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-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	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 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 kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

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

FOLIA FORESTALIA 633

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Klaus Silfverberg & Olavi Huikari

TUHKALANNOITUS METSÄOJITETUILLA TURVEMAILLA

Wood-ash fertilization on drained peatlands

Approved on 20.9.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
3. TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSET	7
31. Puuston tuotoksen lisäys ja sen kesto	7
32. Turpeen happamuus ja ravinteet	9
33. Puuston ravinnetila	12
34. Neulaskarikkeen hajoaminen	12
35. Pintakasvillisuus	14
4. PUUSTON TUOTOKSEN LISÄYKSEN RIIPPUVUUS KASVUTEKIJÖISTÄ	14
41. Ilmasto ja vesitalous	14
42. Kasvupaikkatyyppi ja turpeen ravinteisuus	15
5. TULOSTEN TARKASTELU	16
KIRJALLISUUS — REFERENCES	19
LIITTEET — APPENDICES	21

SILFVERBERG, K. & HUIKARI, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. *Folia For.* 633: 1—25.

Tutkimuksessa esitetään puuston kasvua ja ravinteita sekä turpeen ravinteisuutta, neulaskarikkeen hajoamista ja pintakasvillisuutta koskevia tuloksia metsäojitusalueiden vanhoilta puuntuhakkeilta. Aineisto käsittää 18 paikkakunnalla eri puolilla Suomea sijaitsevat 55 tuhkalannoitettua ja 24 lannoittamatonta vertailukoelaa. Useimmat kokeet sijaitsivat karunpuoleisilla entisillä avosoilla. Käytetyt tuhkamäärät vaihtelivat 1—16 t/ha. Mittaushetkellä lannoituksesta oli kulunut 21—46 vuotta.

Tuhkalannoituksen jälkeen syntyneet puustot olivat pääasiassa mäntyvaltaisia. Vain parilla kohteella koivu oli vallitsevana. Merkillepantavaa oli tuhkan aiheuttama voimakas ja pitkäaikainen kasvureaktio. Tuhkalla oli myös metsittymistä edistävä vaikutus. Suurin lannoituksen jälkeinen kokonaistuotos oli 370 m³ 44 vuodessa. Usealla muullakin koelalla kasvu oli lähes yhtä hyvä. Vielä 30—40 vuotta lannoituksesta tilavuuskasvu oli parhaimmillaan 12—17 m³/ha/a. Näillä koelaloilla kasvu oli samaa tasoa kuin kivennäismaan OMT-metsikössä. Typpiköyhillä turvemaidilla (pintaturpeen kokonais N < 1,0 %) kasvu jäi vähäiseksi. Neulasanalyysit osoittivat fosforin ja kaliumin puutteen saattavan aikaa myöten muodostua kasvua rajoittavaksi tekijäksi.

Eräillä kokeilla tuhkamäärän suureneminen näyttää voimistaneen ja pidentäneen tuhkalannoituksen vaikutusta puuston kasvuun. Runsas tuhkalannoitus vähensi myös pintaturpeen happamuutta. Varpu- ja saravaltaisen kenttäkerroksen muuttuessa ruoho- ja heinävaltaiseksi myös ravinteiden kierto tehostui.

Kuivatustehon ja ilman lämpösunnan kasvaessa puuston kokonaistuotos yleensä lisääntyi. Alkupuuston, luontaisen ravinteisuuden ja tuhkamäärän vaikutus ei ollut yhtä selvä. Alustava tuotosvertailu puuntuhkan ja väkilannoitteiden välillä antoi viitteitä puun tuhkan parimmuudesta.

The results of volume growth measurements and nutritional analyses carried out on old wood ash-fertilized areas drained for forestry are presented in the study. The material consists of data from 55 ash-fertilized and 24 unfertilized comparison plots located in 18 communes distributed evenly throughout Finland. Most of the experimental areas are situated on rather poor, originally treeless, bogs. The amounts of wood-ash applied varied from 1—16 t/ha. The time lapse between fertilization and tree stand measurement varied between 21—46 years.

Most of the stands which have developed on the bogs following fertilization consist of Scots pine. There are, however, also some birch-dominated plots on moderately fertile sites. The strong and long-lasting growth reaction on relatively poor open bogs was especially evident. The largest total yield was 370 m³/ha in 44 years. Several other plots had an almost equally high rate of production. The annual growth was 30—40 years after fertilization still 12—17 m³/ha. The annual increment in these fast-growing stands was higher or of the same magnitude as that for pine on mineral soil site of the *Oxalis-Myrtillus* site type.

As expected, increasing the drainage efficiency and an increase in the temperature sum had a positive effect on growth. The significance of the initial tree stand, the natural nutritional state and the amount of ash applied was less clear. The growth increment was small on nitrogen-poor soils (total N-content of peat < 1,0 %). Needle analysis revealed that a deficiency of P and K may appear in old ash-fertilized peatland stands.

On some of the plots large doses of wood-ash seemed to give a stronger and longer-lasting growth reaction. Large amounts also raised the pH of the surface peat and converted the vegetation into a more easily decomposing herb- and grassrich type.

A few preliminary comparisons indicate that wood-ash is superior to commercial fertilizers as regards the volume increment which can be obtained.

ODC 237.4 + 813.3 + 2 -- 114.444 + 114.444
ISBN 951-40-0716-6
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Puuntuhkan kasvua parantava vaikutus on tunnettu jo kauan sekä kaskiviljelyn että pysyvien viljelysten yhteydessä (Saloheimo 1933, 1947). Tuhkan suotuisa vaikutus myös metsän kasvuun näkyy metsittyneillä kaskimailla. Tietoisesti tuhkaikutusta on käytetty hyväksi kulotuksessa (Heikinheimo 1919, Eneroth 1931, Yli-Vakkuri 1958, Viro 1969).

Tämän vuosisadan alussa perustettiin Hällmyrenille sekä eräille muille soille Pohjois-Ruotsiin metsänkasvatusta varten ensimmäiset turvemaiden tuhkalannoituskokeet (Malmström 1952). Hyvin ojitetuilla ja etenkin typpirikkailla turvemailla tuhalla oli taimettumista ja puuston kasvua edistävä vaikutus. Myös Etelä-Norjassa on vanhoja kokeita puuntuhkalla. Sielläkin tuhalla saatiin voimakas ja pitkäaikainen puuston kasvunlisäys (Thurmann-Moe 1956).

Suomen ensimmäiset puuntuhkakokeet metsänkasvatusta varten perustettiin v. 1937 Metsäntutkimuslaitoksen koeojitusalueille Vilppulan Jaakkoinsuolle ja Kaakkosuolle. Lukkala (1951, 1955) totesi puuston kasvun parantuneen näissä kokeissa selvästi ja tuhkalannoituksen vaikutuksen jatkuvan voimakkaana. Useimmissa vanhoissa kokeissa tutkittiin tuhkan käyttöä metsittämisen apuna avosoiden ojitusalueilla, jotka olivat heikosti metsittyneet. Kokeet sijaitsivat monesti lähes metsäojituskelvottomilla, melko karuilla soilla. Useat näistä kasvupaikoista ovat rimpisiä kuten em. Hällmyrenin alue Ruotsissa (Malmström 1952). Vuonna 1937 aloitettua koetoimintaa jatkettiin 1950-luvun lopulle saakka, jolloin helpokäyttöisten väkälannoitteiden yleistymisen metsätaloudessa vähensi tuhkaa kohtaan tunnettua mielenkiintoa.

Kiinnostus vanhoihin tuhkakokeisiin, kuten tuhkalannoitukseen yleensäkin, heräsi uudestaan 1970-luvun puolivälissä todettaessa puuntuhkakokeille syntyneen hyväkuntoi-

sia ja erittäin terveitä puustoja. Puuntuhka oli johtanut metsittymiseen ja pitkäaikaiseen kasvureaktioon myös entisellä turpeennostokentällä (Mikola 1975). Kiinnostusta lisäsi osaltaan myös virinnyt keskustelu turvemaiden hivenravinnetaloudesta (Huikari 1974, Veijalainen ym. 1985). Tässä vaiheessa alettiin perustaa uusia kokeita sekä mitata entisiä.

Vanhojen kokeiden puuston tilavuuskasvusta on tähän mennessä julkaistu alustavia tuloksia (Paavilainen 1980a). Tuhkalannoitusta neulasanalyytisistä näkökulmasta on tarkastellut Veijalainen (1980a). Tuhkalannoituksen vaikutusta turpeen biologisiin ominaisuuksiin ovat selvittäneet Huikari (1951, 1953), Karsisto (1979) ja Merisaari (1981). Huikari (1953) on muun muassa todennut tuhkan aktivoivan voimakkaasti turpeen pieneliöstöä ja vaikutuksen ulottuvan vain hyvin ohueen (n. 10 cm) pintakerrokseen.

Tässä tutkimuksessa luodaan kokonaiskatsaus Metsäntutkimuslaitoksen ennen vuotta 1960 perustamien puuntuhkalannoituskokeiden puuston tilavuuskasvuun ja ravinnetilaan. Näiden kuvaajina ovat ne tekijät (ojitusteho, ilmasto, suotyyppe, alkupuusto ja lannoitemäärä sekä turpeen ravinnevarat), joista puuntuhkalla saatava lannoitusvaikutus turvemaiden metsiköissä pääasiassa riippuu.

Tutkimuksen syntyyn työn eri vaiheissa ovat myötävaikuttaneet useat henkilöt prof. O.J. Lukkalasta alkaen. Kirjoittajien työnjako on ollut seuraava: Olavi Huikari on ollut koko tutkimusaiheen käynnistäjä, perustanut osan kokeista ja tarkistanut käsikirjoituksen. John Derome, B.Sc., MMK, on tarkistanut englanninkielisen tekstiosan. Klaus Silfverberg on koontanut ja käsitellyt aineistoa vuodesta 1981 lähtien sekä laatinut käsikirjoituksen. Maastotöistä ovat huolehtineet metsätekniikot Heikki Takamaa ja Jorma Issakainen. Aineiston käsittelyssä on avustanut tutkimusapulainen Riitta Henritius. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Eero Paavilainen ja MMT Erkki Lipas. Kiitämme saamastamme avusta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Vuosina 1937—59 perustetut kokeet sijaitsivat 18 paikkakunnalla. Puun tuhalla lannoitettuja koealoja oli 55 ja lannoittamattomia vertailualoja 24 (taulukko 1). Vertailualojen alunperin puuttuessa eräillä kokeilla niitä jouduttiin perustamaan jälkikäteen. Myös muutamia samoihin aikoihin väkilannoitettuja koealoja on sisällytetty puuston tilavuuskasvun vertailuun. Alueelli-

sesti aineisto on melko kattava ja se on jaettu eteläiseen ja pohjoiseen osa-aineistoon (kuva 1).

Suotyyppivalikoima on suhteellisen yksipuolinen pääosan kokeista sijaitessa karunpuoleisilla nevoilla ja rämeillä (taulukko 2). Alajärven ja Vilppulan Kaakko-suon kokeita lukuunottamatta puustot ovat mäntyvaltaisia.

Taulukko 1. Kokeiden lannoitustiedot.
Table 1. Fertilization data of the experiments.

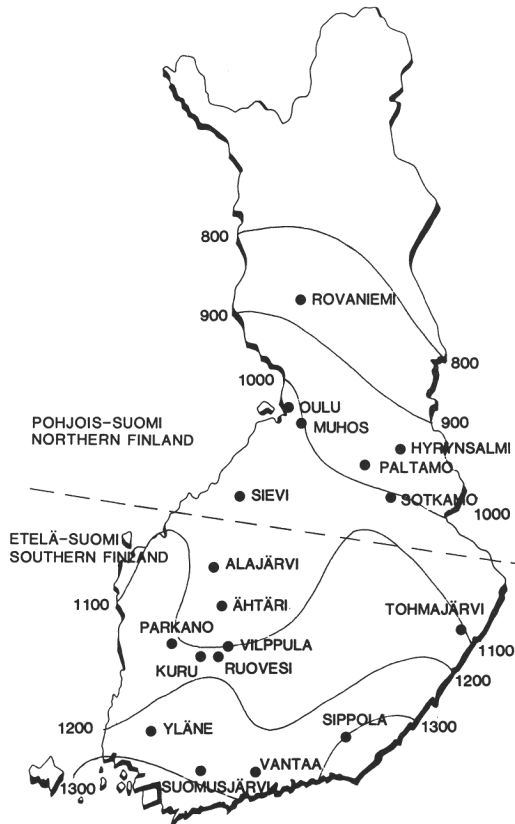
Paikkakunta ja koeala <i>Locality and sample plot</i>	Koealoja, kpl <i>Nr of sample plots</i>		Ojitusikä lannoitettaessa, v. <i>Draining age when fertilized, yrs</i>	Tuhkaa t/ha <i>Wood ash t/ha</i>	Tuhkan levitys, v. <i>Application of wood ash in</i>
	Puuntuhka <i>Wood ash</i>	Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>			
Vantaa, Korso 29, 32 a—c	3	1	15	4,5,6	1948
Suomusjärvi, Kettula 8, 16 24	2	1	19	4,6	1953
Yläne, Leijansuo 5a Sippola, Kaihlussuo 1—10	1	1	31	5	1952
Tohmajärvi, Karjalan koeasema 13f	6	4	0	4,8	1948
Ruovesi, Viheriäisenneva L 0—2,4	1	1	11	10	1939
Parkano, Liesneva 1 Kuru, Pirttineva 18—23, 19a, 25	3	1	17	2,4,6	1948
Vilppula, Jaakkoinsuo XII 1,2, XIII 0,1,2	1	1	16	7	1950
Kaakkosuo VI: 10 Ähtäri, Majasuo 127, 59	7	1	15	5,7	1949—54
Alajärvi, Matoneva 1—6	1	—	22	5	1937
Sievi, Eteläsydänmaa D 1—5	1	1	30	4	1959
Sotkamo, Heinisuo 1,2	6	1	18	3,8,9	1950
Paltamo, Matkala 9 Hyrnsalmi, Petronjärvi 1	5	2	20	3,4,5,6	1949
Muhos, Itkusuo 14c Leppiniemi 21 a—c	1	1	20	10	1951
Oulu, Isosuo 1—5, 8 Rovaniemi, Hirvas 3	1	—	2	6	1955
Alajärvensuo 17a, 48a, 49b, 47:13	1	1	14	8	1952
	1	1	15	3	1946
	2	1	15	8,16	1947
	5	1	20	1,2,4	1952
	1	1	8	4,5,7	1958
	3	1	19	3,5,8	1952

Useat kokeista on perustettu pikemminkin alustaviksi kokeilu- ja demonstraatioaloiksi kuin varsinaista tutkimustoimintaa varten. Siksi aineisto on useilta kohdin epäyhtenäinen. Tuhkalannoituksesta puuston mittaukseen kulunut aika (= lannoitusikä) oli 21–46 vuotta. Sarkaleveyden vaihtelu 19–70 m, tuhkalannoitusta edeltävä ojitusikä 0–31 v., alkupuuston tilavuus 0–28 m³/ha sekä käytetty tuhkamäärä 1–16 tonnia/ha (taulukot 1 ja 2). Koealojen pinta-alavaihtelu on huomattava (0,01–0,69 ha). Ojastojen ja puuston hoidossa on esiintynyt suurta vaihtelua. Perustamisen aikaisia ravinneanalyyseja on ainoastaan muutamien kokeiden turpeesta (Huikari 1973).

Puuston mittaussajankohta ja -tapa ilmenevät liitetaulukosta 1. Koealamittauksissa otettiin mukaan kokeesta riippuen rinnankorkeudelta vähintään 3 tai 5 cm: paksuiset puut. Puuston tilavuus ja kasvu ilmaistaan kuorellisena m³/ha. Vuotuiset kasvut esitetään pääosin 5 viimeisen vuoden keskiarvona. Luonnonpoistumaa ei ole otettu huomioon mittauksessa. Koealamittauksiin perustuva puuston tilavuus ja kasvu on laskettu Metsäntutkimuslaitoksen koealojen puustonlaskentaohjel-

malla (Heinonen 1981) VAX 11/780 tietokonetta käyttäen. Toistojen puuttuessa kokeista ei suoritettu varsinaista tilastollista käsittelyä.

Turvenäytteet otettiin puuston juuristokerroksesta (0–20 cm) vähintään neljänä osanäytteenä syysaikaan pääosin vuosina 1982–84. Osa Pohjois-Suomen näytteistä kerättiin keväällä. Yhden osanäytteen tilavuus oli 0,4 l. Kokonaistyyppi ja pH määritettiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla. Muut ravinteet kuin typpi analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa standardimenetelmin (Kurki 1977). Neulanäytteet kerättiin talvikauden aikana vv. 1982–84 siten, että kultakin koealalta valittiin 3–10 näytepuuta. Neulasten ravinteet analysoitiin Muhoksen tutkimusasemalla Halosen ja Tulkin (1981) ohjeiden mukaisesti. Neulaskarikkeen hajoamisnopeutta testattiin kesällä 1984 Muhoksen Leppiniemen kokeella asettamalla lannoittamattomat koealan männystä otettuja kuivattuja neulasia kangaspusseihin turpeen pinnalle. Tiedot pintakasvillisuudesta ovat Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston vanhoista koealakorteista sekä puuston mittauksen yhteydessä tehdyistä muistiinpanoista.



Kuva 1. Kokeiden sijainti ja tehoisan lämpötilan ($dd \geq 5^\circ\text{C}$) summat (Kolkkii 1966).

Fig. 1. Location of the experimental areas and the effective temperature ($dd \geq 5^\circ\text{C}$) sums (Kolkkii 1966).

Taulukko 2. Kokeiden kasvupaikkatiedot.
Table 2. Site data of the experiments.

Paikkakunta ja koeala <i>Locality and sample plot</i>	Alkuperäinen suotyyppi <i>Original peatland site type</i>	Turvetta <i>Peat depth</i> m	Ensimmäinen ojitus <i>First drainage in</i>	Sarkaleveys <i>Strip width</i> m	Puuston tilavuus lannoitettaessa <i>Volume when fertilized</i> m ³ /ha	Puuston syntyta- pa v. 19.. <i>Origin of stand in</i> <i>in 19..</i>
Vantaa, Korso 29, 32 a—c	ITR	1—2	1933	30,46	25,28	L
Suomusjärvi, Kettula 8, 16, 24	ITR	1—2	1934	70	0	L
Yläne, Leijansuo 5a Sippola, Kaihlassuo 1—10	SsN	1	1921	49,60	0,2	K 36, 44
Tohmajärvi, Karjalan koeasema 13 f Ruovesi, Viheriäisenneva L 0—2, 4	KN, RamTR	2	1947	30	0	L, K 52
Parkano, Liesneva 1 Kuru, Pirttineva 18—23, 19a, 25	SsN	5	1928	50	0	K 39
Vilppula, Jaakkoin- suo XII 1,2	PsN, TN	1—3	1931	50,60	0,2	L
XIII 0,1,2	TKN	2+	1934	40	5	K 51
Kaakkosuo VI: 10 Ähtäri, Majasuo 127, 59	PsKN	2—4	1934	20—50	4—6	K 36
Alajärvi, Matoneva 1—6	ITR	1+	1909	19—30	0,15	K 16
Sievi, Eteläsydänmaa D 1—5	RiSsN	1+	1915	40	0	L, K 31,36,37
Sotkamo, Heinisuo 1,2	TKN	1+	1929	30	15	K
Paltamo, Matkala 9 Hyrnsalmi, Petronjärvi 1	RiSsN	≤1	1932	35	5—8	K 33
Muhos, Itkusuo 14 c	RN	1	1920—30	70	0	K 27
Leppiniemi 21 a—c	MolKN	2	1931	50	2	K
Oulu, Isosuo 1—5, 8	TR	1+	1953	30	2	L
Rovaniemi, Hirvas 3	MolKN	1	1938	25	0	K 36
Alajärvensuo 17 a, 48 a, 49 b 47:13	TKN	<1	1931	50	1	K 36
	TKN	1	1932	60	4	K 34
	TN	1	1932	60	2	K 34
	PsR	<1	1950	50	2	L
	RiN	1—2	1933	40,50	0	K 34
						L

SsN = suursaraneva
ordinary sedge fen
RiSsN = rimpinen suursaraneva
tall-sedge stark-bog
PsR = piensararäme
low sedge pine bog
PsKN = piensarainen kalvakkaneva
low sedge papillosum bog
PsN = piensaraneva
low sedge bog
KN = kalvakkaneva
papillosum bog
TKN = tupasvillainen kalvakkaneva
cotton-grass papillosum bog
MolKN = Molinia-kalvakkaneva
Molinia papillosum bog

ITR = isovarpuinen tupasvillaräme
dwarf shrub cotton-grass pine bog
TR = tupasvillaräme
cotton-grass pine bog
TN = tupasvillaneva
cotton-grass bog
RamTR = rakkamittäinen tupasvillaräme
fuscum-rich cotton-grass pine bog
RN = rahkaneva
fuscum-bog
RiN = rimpineva
stark bog
K = kylvö
sowing
L = luontainen
natural

3. TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSET

31. Puuston tuotoksen lisäys ja sen kesto

Koealojen lannoitusiän vaihdellessa 21—46 vuoteen on ymmärrettävää että puuston kokonaistuotoksissa esiintyy huomattavaa vaihtelua. Suurimmat tuotokset on saavutettu vanhimmilla koealoilla. Lannoituksen jälkeinen kokonaistuotos on ollut Tohmajärvelä 370 m³/ha 44 vuodessa (kuva 2). Vilppulan Jaakkoinnuolla on ylletty noin 300 m³:n kokonaistuotokseen. Nuoremista kokeista erityisen hyväkasvuisena on pidettävä Muhoksen Leppiniemen koetta, jossa 29 vuodessa saavutettiin yli 220 m³:n kokonaistuotos (kuva 3). Heikointa kasvu on ollut Sievissä, Rovaniemellä ja Sotkamossa, jossa yli 30 vuoden kokonaistuotos parhaimmillaankin on jäänyt 20—30 m³:iin.

Tuhkalla saatu puuston tuotoksen lisäys vaihtelee suuresti, parista kuutiometristä aina 260 kuution/ha saakka. Ainoastaan kahdella kokeella, Yläneellä ja osittain Oulussa, kasvulisäystä lannoittamattomaan nähden ei ole saavutettu. Monin paikoin keskimääräinen vuotuinen tuotoksen lisäys on ollut noin 4 m³/ha, suurimmillaan lähes 8 m³/ha.

Kokonaistuotoksen määrä ei ole suoraviivaisesti riippuvainen annetusta tuhkamäärästä. Paikoin on jo 3—4 t:n hehtaariannostuksella saavutettu selvä kokonaistuotoksen lisäys. Koska annettuja alkuainemääriä (P, K, Ca...) ei tunneta, määrävertailu on tehtävä koekohtaisesti. Tuhkamäärän lisääminen ei aina ole johtanut koekohtaisesti selvään kokonaistuotoksen kasvuun. Esim. Muhoksella kokonaistuotos on vain hieman suurempi 16 kuin 8 tonnin koealalla. Sama seikka ilmenee usealla eri kokeella (Kuru, Alajärvi, Vilppula, Sievi, Muhos ja Oulu). Näillä kokeilla on saatu hyviä tuloksia myös pienillä tuhkamäärillä. Merkillepantavaa on kuitenkin, että useimmat parhaista tuotoksista on saavutettu käytettäessä suuria (> 7 t/ha) tuhkamääriä (kuvat 2 ja 3).

Muutamilla metsänhoidollisesti käsittelemättömillä kokeilla puuston runkoluku vaihteli huomattavasti. Tuhka-aloilla runkoluku

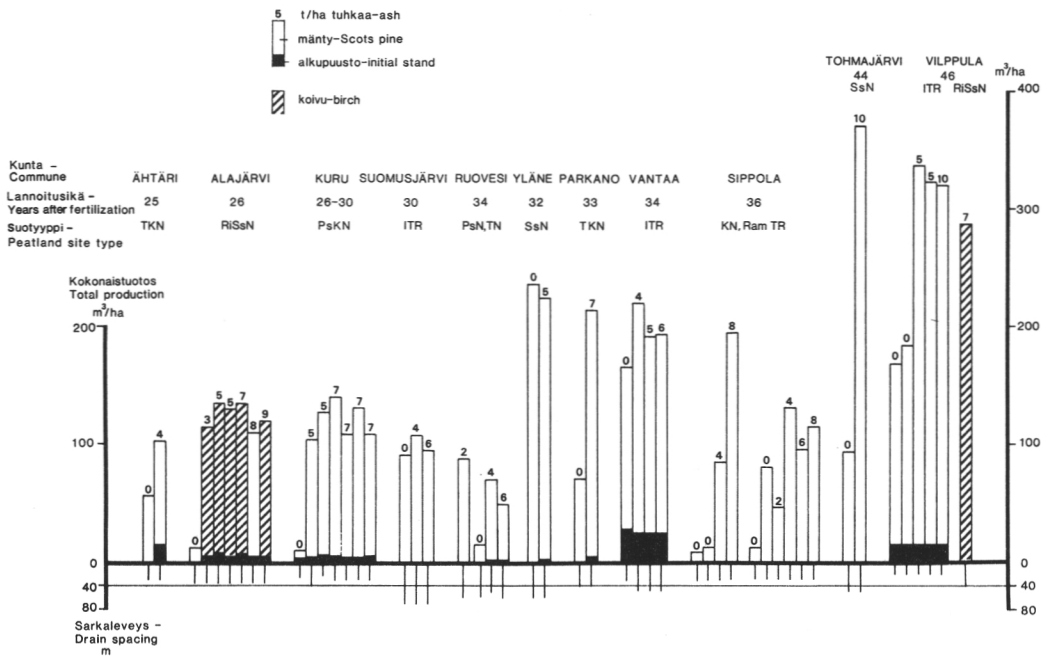
oli keskimäärin noin kaksinkertainen lannoittamattomaan nähden. Nykypuuston runkoluvut kuvastanevat tuhkan taimettumista edistävää vaikutusta.

Vanhoille tuhkalannoitusaloille muodostuneet puustot ovat pääosin mäntyvaltaisia, joukossa muutama koivuvaltainenkin (kuvat 2 ja 3). Lannoittamattomilla aloilla koivun osuus oli yleensä 0—20 % jääden tuhkalannoitettuilakin koealoilla useimmiten alle 20. Ainoastaan runsastyyppisillä RiSsN:lla tuhkalannoitus on johtanut koivuvaltaisuuteen. Luontainen ravinteisuus näyttää säädelleen puulajisuhteita enemmän kuin tuhkalannoitus. Pohjois-Suomessa koivuttuminen oli vähäisempää kuin Etelä-Suomessa. Kuusta esiintyi jonkin verran alikasvoksena viljavampien suotyyppien voimakkaasti tuhkalannoitettuihin koealoilla. Puulajisuhteet saattavat tuhkalannoitettuihin aloihin muuttua metsikön kehitysvaiheen tai vaikkapa akuutin ravinne-epätasapainon seurauksena (Merisaari 1981).

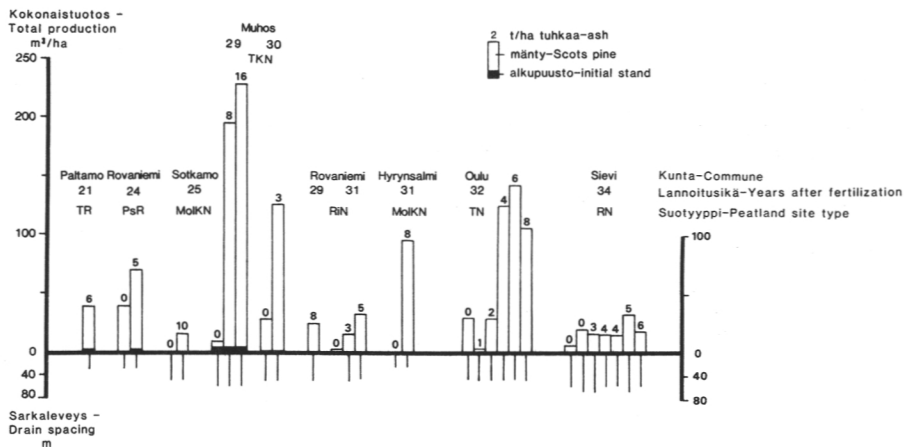
Tuhkan levityksen yhteydessä perustettiin myös muutamia P-, K- ja Ca-lannoitteita sekä näiden yhdistelmiä sisältäviä koealoja. Tämä on mahdollistanut alustavan tilavuuskasvun vertailun tuhka- ja keinolannoitteiden välillä. Lopullisia johtopäätöksiä on vältettävä, kun puuntuhan alkuainemääriä ei tunneta Oulun koetta lukuunottamatta. Puuntuhan ravinnevaihtelut saattavat olla huomattavan suuria (Hakkila ja Kalaja 1983, Silfverberg 1985).

Tuhkalannoituksen vaikutus puuston kasvuun on yleensä ollut voimakkaampi kuin keinolannoituksen. Erot näkyvät sekä kokonaistuotoksessa että mittaushetken tilavuuskasvussa (taulukko 3). Ainoastaan runsaasti lannoitetulla Suomusjärven kokeella tuhkan vaikutus on jäänyt väkilannoitusta heikommaksi.

Valtaosa tutkituista puustoista oli mittaushetkellä suurimman tilavuuskasvun vaiheessa tai lähestymässä sitä (esim. Ilvessalo 1965). Mäntypuustojen tilavuuskasvun ehtymistä ei ollut laajemmin havaittavissa. Pa-



Kuva 2. Puuston kokonaistuotos Etelä-Suomen koaloilla.
Fig. 2. Total volume growth of the tree stands in Southern Finland.



Kuva 3. Puuston kokonaistuotos Pohjois-Suomen koaloilla.
Fig. 3. Total volume growth of the tree stands in Northern Finland.

raskasvuisten mäntyvaltaisten koalojen puuston tilavuuskasvu on jatkunut voimakkaana (suurimmillaan 12—17 m³/ha/a) jopa yli 40 vuotta lannoituksen jälkeen. Mittaushetken kasvu on tuhka-aloilla edelleenkin selvästi suurempi kuin lannoittamattomilla koaloilla. Tämän tutkimuksen tulokset vah-

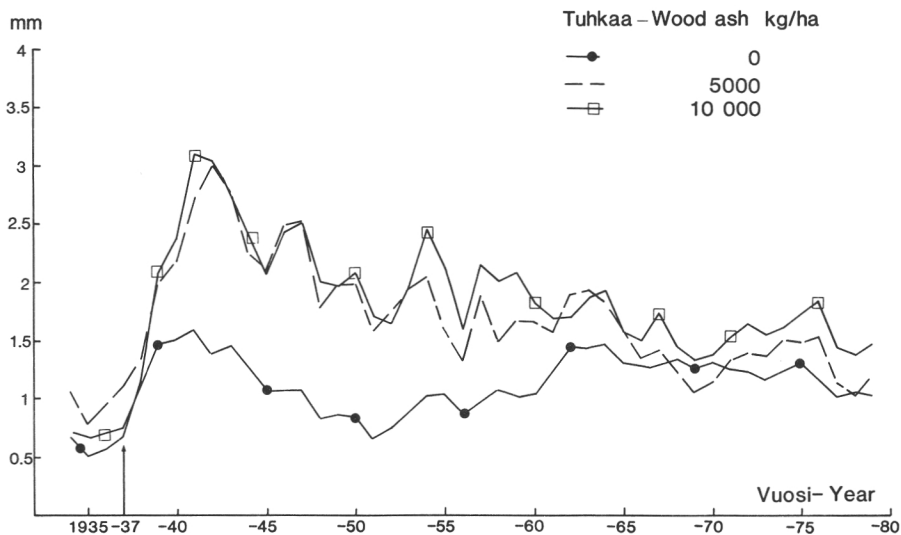
vistavat siten käsitystä tuhkan pitkästä vaikutusajasta. Selviä merkkejä lannoitusvaikutuksen ehtymisestä mäntypuustoissa on ainoastaan Oulun kokeessa, jossa harvennetun puuston nykykasvu on keskimääräistä kasvua vähäisempi.

Sädekasvua tarkasteltaessa lannoitusreak-

Taulukko 3. Puuston tilavuuskasvu (m^3/ha) eräillä tuhalla lannoitetuilla koealoilla samanaikaisesti väkilannoitteita saaneisiin koealoihin verrattuna. T = puun tuhka.

Table 3. Volume growth (m^3/ha) in some ash-fertilized plots compared with commercial fertilizers. T = wood-ash.

Paikka — Locality	Ähtäri				Yläne				Suomusjärvi				Parkano			Oulu																						
	Lannoitus — Fertilization kg/ha				P	K	Ca	T	P	K	Ca	T	P	Ca	T	P	K	Ca	T																			
	56	120	140	4000	29	125	100	5000	140	400	1800	6000	420	2500	7000	37	100	190	8000																			
Lannoituksen jälkeinen kokonaistuotos Total production after fertilization	59				88				178				222				112			95				184			209				75				105			
Mittaushetken kasvu/a Current growth/a	3,2				4,1				4,8				8,2				8,6			7,1				11,4			13,2				1,6				2,3			
Mittaushetken tilavuus Current volume	74				103				151				171				112			95				189			214				50				41			

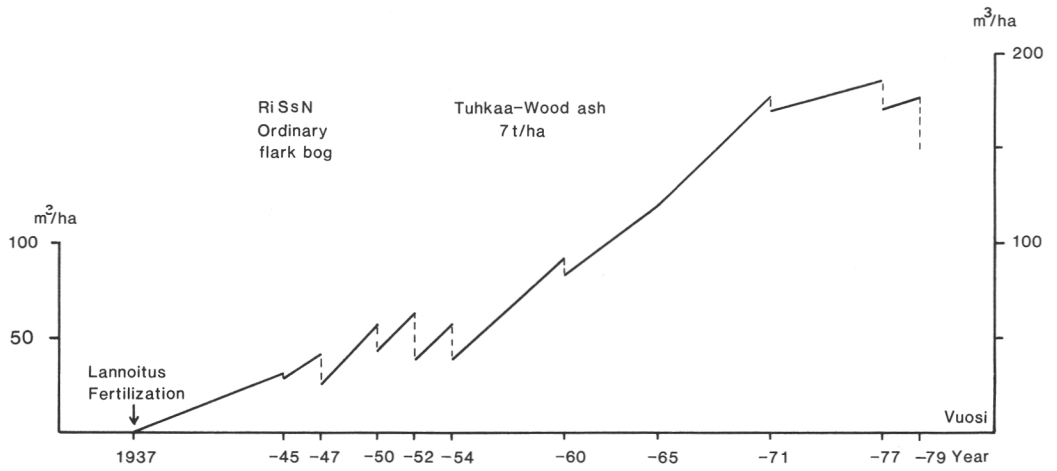


Kuva 4. Vuotuinen sädekasvu Vilppulan Jaakkoinsoolla Merisaaren (1981) mukaan.
Fig. 4. Annual radial growth in Vilppula Jaakkoinso according to Merisaari (1981).

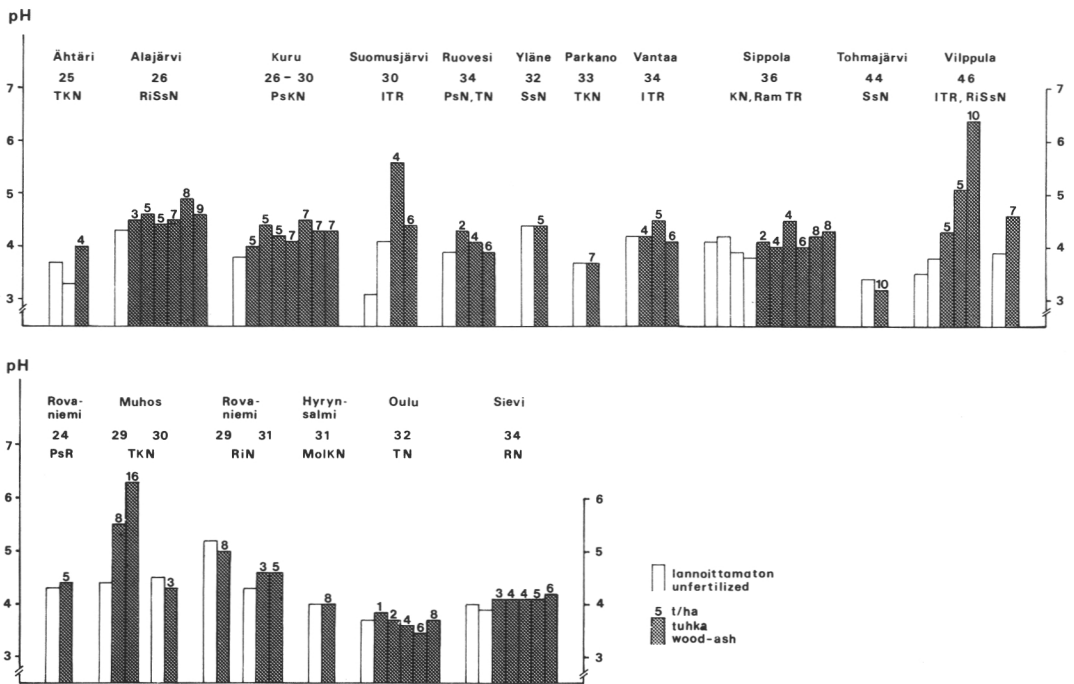
tion heikkeneminen on selvemmin nähtävissä. Suurena jatkuvasta tilavuuskasvusta huolimatta sädekasvu on palautunut lannoitamattoman puuston tasolle Vilppulan ITR:n männynillä 25—30 vuoden kuluttua lannoituksesta (kuva 4). Paksuuskasvu heikkenee yleensäkin aiemmin kuin tilavuus- tai pohjapinta-alan kasvu (Ilvessalo 1965). Runsaasti ravinteita kuluttavan koivun kohdalla tilavuuskasvun heikkeneminen on alkanut noin 30 vuotta tuhkalannoituksen jälkeen (kuva 5).

32. Turpeen happamuus ja ravinteet

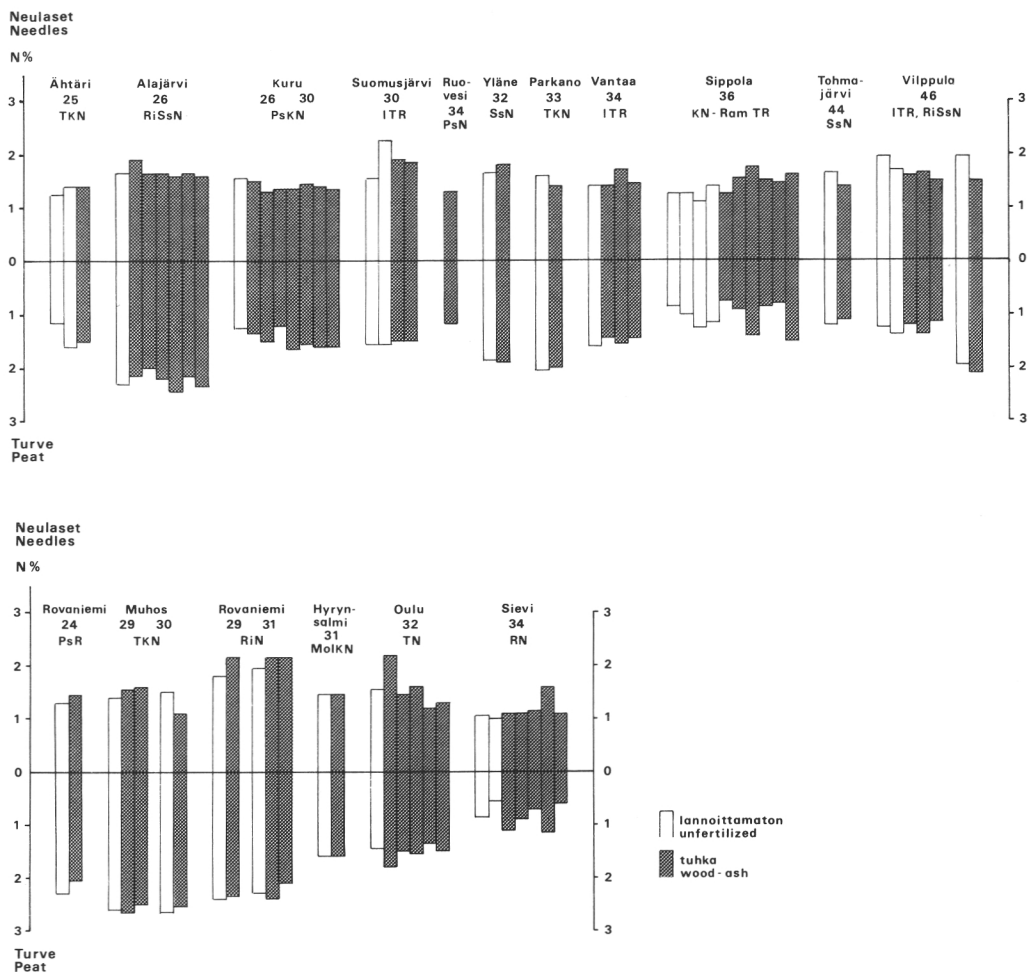
Varsinkin Etelä-Suomessa tuhkalannoitus on vähentänyt turpeen happamuutta 0—20 cm:n syvyydessä (kuva 6) muutosten ollessa yleensä alle yhden pH-yksikön. Suuret tuhkamäärät ovat aiheuttaneet voimakkaimmat muutokset. Hyväkasvuisilla Vilppulan Jaakkoinsoon (10 t/ha) ja Muhoksen Leppiniemen (16 t/ha) koealoilla pH on noussut yli kuuden. Tuhkan runsas käyttö on siten vähentänyt tehokkaasti ja pitkäaikaisesti tur-



Kuva 5. Koivikon tilavuuden kehitys Vilppulan RiSsN:lla.
 Fig. 5. Volume development of the birch stand in Vilppula.



Kuva 6. Tuhkalannoituksen vaikutus pintaturpeen (0–20 cm) happamuuteen. Selitykset, ks. kuvat 2 ja 3.
 Fig. 6. The effect of wood-ash fertilization on pH in surface peat (0–20 cm). Explanations, see Figs 2 and 3.



Kuva 7. Tuhkalannoituksen vaikutus turpeen ja männynneulasten typpipitoisuuksiin. Selitykset, ks. kuvat 2 ja 3.
 Fig. 7. The effect of wood-ash fertilization on the nitrogen content in peat and Scots pine needles. Explanations, see Figs 2 and 3.

peen happamuutta. Aineistossa on kuitenkin eräitä koealoja (Tohmajärvi, Parkano, Alajärvi), missä runsaankin tuhkamäärän vaikutus on jäänyt vähäiseksi. Tarkastelujakson aikana tapahtuneet mahdolliset pH:n muutokset ja niiden suunnat ovat tiedossa vain Vilppulan ja Ruoveden kokeilta (Huikari 1973, Merisaari 1981).

Turpeen typpipitoisuuden ei havaittu alentuneen merkittävästi tuhkalannoituksen aiheuttaman kasvun voimistumisen seurauksena (kuva 7). Muhoksen Leppiniemen ja Tohmajärven kohteilla tällainen kehitys on ajoittain ollut havaittavissa etenkin 0–10 cm:n kerroksessa typen sitoutuessa puustoon

(Karsisto 1979, Tuhka metsälannoitteena 1980, ks. myös Malmström 1952). Kerroksittain analysoitaessa mahdolliset erot ilmenivät ehkä paremmin kuin koko juuristokerrosta analysoitaessa.

Tuhkalannoituksen vaikutus ilmenee turpeen fosforin ja kaliumin pitoisuuksissa (liitetaulukko 2). Vertailualoilla näiden ravinteiden pitoisuudet olivat samaa luokkaa kuin Paarlahden ym. (1971) aineistossa. Erityispiirteenä on mainittava tässäkin aineistossa ilmenevä rimpisten soiden alhainen (1–3 mg/l) fosforipitoisuus. Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat selvästi kohonneet tuhkalannoituksen seurauksena. Raudan koh-

dalla merkittäviä muutoksia ei ilmennyt. Selvimmin tuhkalannoitus on vaikuttanut hivenravinteisiin. Kuparin, sinkin ja erityisesti mangaanin pitoisuudet ovat nousseet paikoin moninkertaisiksi. Tuhkalannoituksen ravin- nelisäys juuristokerroksessa on sekä voimakas että pitkäaikainen. Myös boorin pitoisuudet ovat lisääntyneet, mutta selvästi vähemmän. Muutamalta kokeelta määriteltiin liukoisten ravinteiden ohella myös totaaliravinteet. Useimpien ravinteiden kohdalla erot olivat melko vähäiset, ehkä analyysimenetelmien samankaltaisuudesta johtuen (Kurki 1977). Liukoisen fosforin määrä oli kuitenkin eräillä tuhka-aloilla pienempi kuin lannoittamattomalla (liitetaulukot 3 ja 4). Kokonaisfosforin osalta vastaavaa vähenemistä ei havaittu.

33. Puuston ravinnetila

Tuhkalannoituksen vaikutus neulasten typpipitoisuuksiin on ollut vähäinen. Typpipitoisuudet tuhkalannoitetuilla koealoilla eivät poikenneet olennaisesti lannoittamattomasta ja väkilannoittein käsitellyistä. Alunperin typpiköyhiä kasvupaikkoja lukuunottamatta neulasten typpi-arvot ovat lannoitustarvetta osoittavia raja-arvoja korkeammat (Paarlahti ym. 1971), eikä neulasanalyttisesti havaittavaa puutosta esiinny. Turpeen niukat typpi-varat (Ruovesi, Ähtäri, Sippola ja Sievi) heijastuvat kuitenkin paikoin kasvun ohella myös neulasten typpipitoisuuksissa (kuva 7).

Fosforin ja kaliumin välillä on selviä yhtäläisyyksiä. Jommankumman tai molempien ravinteiden pitoisuudet ovat paikoin ravinteiden puutetta osoittavalla tasolla. Usealla kokeella fosforin pitoisuudet alittavat puutosrajana pidetyn 1,5 mg/g (Paarlahti ym. 1971, Veijalainen 1977). Fosfori on siten saattanut olla tai on muodostumassa kasvua rajoittavaksi ravinteeksi. Puutosarvoja esiintyy sekä lannoitukseltaan että kasvultaan hyvin erilaisilla koealoilla, joten puutoksen ilmeneminen ei ehkä ole ehdottoman kiinteässä yhteydessä näihin tekijöihin. Silmiinpistäviä ovat neulasten alhaiset fosforipitoisuudet tunnetusti fosforiköyhillä rimpisillä kohteilla (Vilppula, Rovaniemi). Kun annettuja fosforimääriä ei tarkoin tunneta, tuhkamäärien osuutta puutoslukemiin on hankala arvioida. Voimakkaasti lannoitetuilla, hyväkasvuisilla kohteilla puutoksen mahdollisuus on kuitenkin

kin huomioitava viimeistään 25—30 vuoden kuluttua lannoituksesta (vrt. Parkano, Tohmajärvi ja Muhos kuvassa 8).

Myös neulasten kaliumpitoisuus on muutamassa kokeessa (Ähtäri, Parkano, Tohmajärvi, Muhos ja Oulu kuvassa 8) alle lannoitustarvetta osoittavan 3,5 mg/g raja-arvon (Paarlahti ym. 1971). Kaliumin puute on lievempää eikä yhtä yleistä kuin fosforin. Entisillä avosoilla kaliuminpuutoksen todennäköisyys kuitenkin on varsin suuri (Kaunisto ja Tuveva 1984).

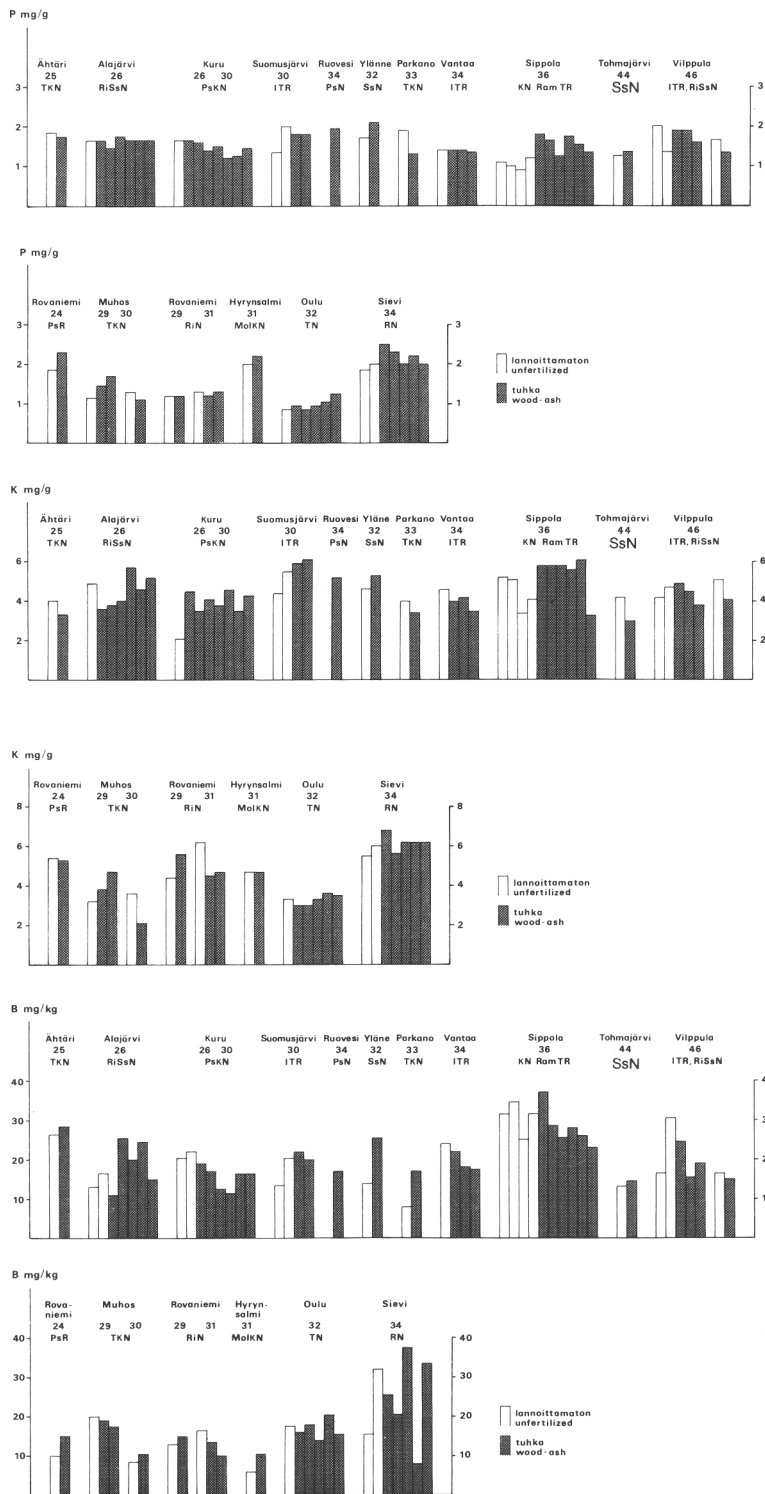
Kalsiumin, magnesiumin ja raudan osalta erot tuhkalannoitettujen ja lannoittamattomien puustojen välillä olivat pienet eikä selviä puutostiloja todettu. Mangaanin kohdalla nousu sitävastoin on ollut selvä. Neulasten sinkki- ja kuparipitoisuuksiin tuhkan vaikutus on ollut suhteellisen vähäinen, toisin kuin maaperässä. Puutosrajan (Kolari 1979) alittavia pitoisuuksia ei havaittu neulasissa.

Turvemaiden metsänkasvatuksen kriittisin hivenravinne, boori, ei neulasanalyttisesti osoittautunut kasvua rajoittavaksi. Lähes kaikilla tuhka-aloilla pitoisuudet ylittivät 10 ppm:n nousten korkeimmillaan runsaaseen 30 ppm:ään (kuva 8). Neulasten riittävää booritasoa ei täydellä varmuudella voida pitää tuhkalannoituksen ansiona. Ainoastaan yhdellä vertailualalla todettiin puutosrajan alittava booripitoisuus viereisen tuhka-alan ylittäessä sen selvästi (Hyrnsalmi kuvassa 8). Merkillepantavaa on silti, ettei boorin tai muiden hivenravinteiden puutosta todettu 30—40 vuotta jatkuneesta erinomaisesta kasvusta huolimatta.

Keskeisin tulos tuhkakoealojen neulasanalyttisestä tarkastelusta on että puutosrajan ovat ensinnä alittaneet pääravinteet fosfori ja kalium.

34. Neulasten hajoaminen

Orgaanisen aineksen hajoamisnopeus on usein käytetty mitta maaperän biologista aktiiviteettia ja ravinteiden kiertoa tutkittaessa (esim. Paavilainen 1980b). Muhoksen Leppiniemen kokeella verrattiin männynneulasten hajoamista runsaasti lannoitetulla (16 t/ha) ja viereisellä lannoittamattomalla koealalla. Kummallekin koealalle sijoitettiin lannoittamattomalta koealalta otetut neulaset 5 × 20 cm:n harsokangaspusseissa peittämättöminä maanpinnalle. Kumpaankin koealaan tuli 16



Kuva 8. Tuhkalannoituksen vaikutus männyneulasten P-, K- ja B-pitoisuuksiin. Selitykset, ks. kuvat 2 ja 3.

Fig. 8. The effect of wood-ash fertilization on the contents of P, K and B in Scots pine needles. Explanations, see Figs 2 and 3.

pussia, kussakin kuivattuja neulasia 1,50 g. Kokeen kesto oli 18.5.—10.10.1984. Tämän jakson jälkeen neulasten paino oli tuhka-alalla merkittävästi pienempi ($0,830 \pm 0,028$ g) kuin lannoittamattomalla ($1,038 \pm 0,020$ g). Tuhka-alan korkea pH, runsas ravinteisuus ja pieneliöstö (Karsisto 1979, Tuhka metsänlannoitteena 1980) sekä vuosittain lakastuva, osaksi nitrofiilinen, kasvipeite ovat selvästi nopeuttaneet neulaskarikkeen hajoamista. Erot eivät johdu neulaskarikkeiden erilaisuudesta tutkittavien neulaserien ollessa samaa alkuperää. Tuhkakoealan omien neulasten ravinnepitoisuudet olivat kuitenkin selvästi korkeammat kuin lannoittamattomalla (kuva 8), mikä saattaa myös heijastua karikkeessa ja sen hajoamisessa. Näin ollen ero neulasten hajoamisnopeudessa olisi todellisuudessa suurempi kuin mitä suoritettu testi osoitti.

35. Pintakasvillisuus

Kenttä- ja pohjakerroksen kehityksestä on havaintoja muutamilta kokeilta. Havainnot ovat tutkimusjakson alkupäästä ja sen lopusta. Kasvipeitteen muutos on ollut voimakainta ravinteisimmilla ja eniten tuhkaa saaneilla koealoilla. Märillä avosoilla, missä al-

kuperäinen kasvipeite on voimakkaasti taantunut ojituksen jälkeen, muutos on ollut erityisen huomattava (Kaakkosuo ja Tohmajärvi, liitetaulukko 5). Voimakkaan tuhkalannoituksen seurauksena rahkasammaleet ovat kuolleet antaen tilaa erityisesti ns. kulosammalille (liitetaulukko 6). Syntyvä kenttäkerros on usein heinä- ja ruohovaltainen. Monet tulokaslajit ovat todennäköisesti olleet heinien mukana levinneitä ja melko lyhytaikaisia esiintymisessään. Tutkimusjakson lopulla tehdyt silmävaraiset arvioinnit osoittivat kenttäkerroksen muutoksen pitkäaikaiseksi eniten tuhkaa saaneilla typpirikkailla koealoilla. Vallitsevina ja lannoittamatonta ympäristöään yleisempinä esiintyvät selvät metsälajit (*Lycopodium*, *Dryopteris*, *Pyrola*, *Vaccinium vitis-idaea*). Typpirikkaimmilla kasvupaikoilla dominoi horsma.

Rämeillä muutokset ovat olleet vähäisempiä varpuvaltaisuuden ja niukkaravinteisuuden vuoksi. Varsinaiset suovarvut ovat pitkällä aikavälillä sietäneet tuhkan kalkitusvaikutusta hyvin. Vaikka puuston voimakas kasvu ja pintakasvillisuuden muutos avosoilla korreloivatkin selvästi keskenään yhteys ei ole niin selvä rämeillä. Jaakkoinsuon rämekealat osoittavat, ettei puustonkasvun lisäämiseen välttämättä liity pintakasvillisuuden suuria muutoksia.

4. PUUSTON TUOTOKSEN LISÄYKSEN RIIPPUVUUS KASVUPAIKKATEKIJÖISTÄ

41. Ilmasto ja vesitalous

Suurilmasto on odotetusti ollut selvimpiä kokonaistuotokseen vaikuttavia tekijöitä. Kuvien 2 ja 3 vertailu osoittaa Pohjois-Suomen tuhkakokeiden kasvutulokset lähes kauttaaltaan heikommiksi kuin Etelä-Suomessa. Ilmastollisen tarkastelun tulokset ovat melko hyvin sopusuhteissa vallitsevan käsityksen kanssa (esim. Lukkala 1937, Heikurainen 1959). Verrattaessa suotyyppiltään ja lannoitustilaltaan vastaavia koealoja havaitaan, että ainoastaan Muhoksen Leppiniemen kokeella on puuston kokonaistuotos ollut eteläsuomalaisista tasoa. Muilla Pohjois-Suomen kokeilla tuotos on ollut Etelä-Suomen kokeita selvästi

vähäisempi. Eroja lisäävästi ovat vaikuttaneet myös pohjoisten kokeiden hieman lyhyempi lannoitusikä vanhimpien kokeiden ollessa mittaushetkellä vasta runsaat 30-vuotiaita. Muhoksen kokeen lisäksi on pari muutakin (Oulu, Hyrynsalmi) pohjoiseen sijainneiden nähdessä yllättävän hyväkasvuista koealaa. Tuotosluvut osoittavat, että vielä 1000 dd:n lämpösumma-alueella (kuva 1) tuhkalannoituksella voidaan saavuttaa huomattavia kokonaistuotoksen lisäyksiä.

Ojituksen tehokkuus on tunnetusti keskeinen tekijä turvemaiden metsänkasvatuksessa. Tuhkalannoitetut koealat eivät muodosta tästä poikkeusta. Sarkaleveyden vaikutuksen vertailu on mahdollista vain koekohtaisesti.

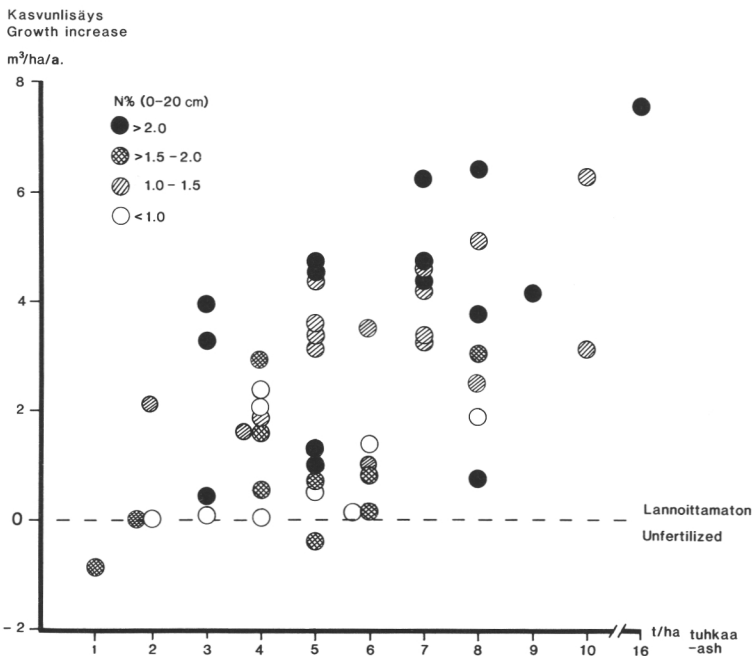
Esim. Vantaan vertailukoealan lähes samansuuruinen tuotos tuhka-aloihin nähden selitynee parhaiten kapeammalla sarkaleveydellä. Vastaavasti lähinnä valtaojaa sijainneella 4 t:n koealalla kasvu on ollut suurempi kuin ojasta kauempana sijaitsevilla 5 ja 6 t:n aloilla. Ojitustehon merkitys näkyy Vantaan ohella myös Ruovedellä ja Kurussa, missä tuotos on jäänyt vähäisemmäksi leveillä saroilla (kuva 2). Vilppulan ITR:n hyvä tuotos johtunee paljolti erittäin tehokkaasta ja pitkäaikaisesta ojituksesta. Tutkimusjaksolle sattuneet täydennysojitukset ovat eräillä kokeilla jonkin verran hämärtäneet alkuperäisen sarkaleveyden antamaa kuvaa. Esim. Sievissä suurimman tuotoslukeman selittänee v. 1970 tehty ja koealan halkaissut täydennysoja.

42. Kasvupaikkatyypit ja turpeen ravinteisuus

Viljavimpien suotyyppien puuttumisesta huolimatta todettiin luontaisen ravinteisuuden vaikuttaneen huomattavasti kokonaistuotokseen. Typen puuttuessa tuhka-aloilla oli odotettavissa, että kokonaistuotos muodos-

tuisi parhaaksi luontaisesti viljavilla ja typpirikkailla paikoilla. Näin onkin asianlaita Alajärven, Yläneen sekä Muhoksen Leppiniemen kokeilla. Viimeksimainitulla turpeen kokonaistyyppipitoisuus on 2,5 %. Vilppulan ITR:n hyvä tuotos johtunee riittävän typpirikkaan (1,3—1,5 %, Merisaari 1981) kasvu-alueen lisäksi pitkäaikaisesta ojituksesta. Ruovedellä on havaittavissa selvä ero tuotoksessa niinkin läheisten ravinteisuusasteiden kuin piensaraisuuden ja tupasviljelyn välillä.

Alhaisen typpipitoisuuden (<1 %) ja heikon tuotoksen välillä lienee suora yhteys ainakin Ruovedellä, Sievissä ja eräillä Sippolan koealoilla, ehkä myös Ähtärissä ja Oulussa (vrt. kuvat 2, 3 ja 7). Muutamassa tapauksessa puuston kehitys on ollut erinomaista suhteellisen niukkatyppiselläkin alustalla (Tohmajärvi, Vilppula), joten tuotoskyvyn suoraa kytkemistä pintaturpeen typpipitoisuuteen on vältettävä. Hyvän yleiskäsityksen tyyppimerkityksestä saa kuvasta 9. Mitä korkeampi turpeen typpipitoisuus, sitä suuremmaksi tuhka-aloilla saatu kasvun lisäys on muodostunut. Etelä-Suomessa jopa alle 1,5 %:n typpi-



Kuva 9. Tuhkalannoituksen kasvunlisäys (m³/ha/a.) lannoittamattomaan verrattuna. Laskentajaksona lannoitusikä.

Fig. 9. The growth increment (m³/ha/a.) after wood-ash fertilization compared with unfertilized. Time elapsed since fertilization as calculation period.

pitoisuus näyttää mahdollistaneen pitkän ja voimakkaan kasvureaktion. Tuhkalla lannoitettavien alueiden puuntuotoskykyä ennustettaessa turpeen typpipitoisuus näyttää olevan käyttökelpoinen karkea tunnus suotyypin ohella.

Pohjois-Suomessa kokonaistuotokseen vaikuttavat viljavuuden ja typpivarojen ohella myös eräät muut tekijät. Rimpisyys ja siniheinäisyys näyttävät indikoivan heikohkoa tuotosta myös tuhkalannoitetuilla aloilla. Lisäksi rimpien pajuttuminen on haitannut arvopuiden kehitystä. Rovaniemen korkeudella ilmastolliset tekijät ovat rajoittaneet kokonaistuotosta voimakkaasti. Eteläisemmät Alajärven ja Kaakkosuon rimpiset suursaranevat sitä vastoin ovat metsittyneet hyvin koivulla.

Vähäiseksi jäänyt kokonaistuotos Sievin rahkanevalla osoittaa alhaisen typpipitoisuuden muodostavan tuotannollisen minimitekijän myös tuhkalla lannoitettaessa. Viljavuusskaalan ravinteisemmassa päässä ainoastaan Yläneen suursaranevalla tuotos on jäänyt vertailualaa vähäisemmäksi (kuva 2). Etelä-Suomessa tuhkalannoituksella voitaneen päästä huomattaviin kokonaistuotoksen lisäyksiin lähes kaikilla tutkituilla suotyypeillä, mikäli turpeen typpivarat ovat riittävät.

Tähänastisten kokemusten perusteella tuhkalannoitettujen puustojen tuotokseen metsäojitusalueilla ovat vaikuttaneet ojitusteho, kasvupaikan luontainen ravinteisuus (turpeen typpipitoisuus), lämpösomma, tuhkan määrä ja alkupuusto.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Puuston kokonaistuotokset parhailla tuhkakokeilla ovat huomattavan suuria. Kivennäismaihin verrattuna ne vastaavat OMT-männikön kehitystä tai jopa ylittävätkin sen (Koivisto 1959). Erityisen silmiinpistävää on useilla nykyään ojituskelvottomiksi luokitelluilla runsastyyppisillä avosoilla saavutettu suuri kokonaistuotos. Vanhimpien ja kasvuisimpien avosuokoealojen vuotuinen kasvu on ylittänyt huomattavasti viljavammillekin suotyypeille esitetyt arviot (Lukkala 1937, Seppälä 1969, Heikurainen ja Seppälä 1973, Paavilainen 1982). Vanhat tuhkakokeet osoittavat avosoillakin piilevän huomattavan metsien kasvatusmahdollisuuden. Valtakunnallisen suometsäkilpailun perusteella myös Heikurainen (1982) on todennut avosoille perustettujen taimikoiden kehittyneen yllättävän suotuisasti. Puustoisilla soilla tarvitaan vielä lisäselvityksiä tuhkan vaikutusten selvittämiseksi.

Tuhkalannoituksella saatava hyöty näyttää tutkituilla suotyypeillä olleen suurin ravinteisuudeltaan keskinkertaisilla tai karuhkoilla avosoilla. Karuimmilla suotyypeillä kokonaistuotos jäi vähäiseksi typen puutteen vuoksi. Viljavilla suotyypeillä tuhkalla saatava kasvunlisäys saattaa jäädä vähäiseksi. Eräiden viljavien ja rimpisten soiden voimakas koivuttuminen (Huikari 1951, 1953, Lukkala 1955, vrt. Malmström 1952) viittaisi tuhkan soveltuvan myös energiapuun tuot-

tamiseen (Issakainen 1980, Kaunisto 1981).

Eri suotyypien soveltumisesta tuhkalannoitukseen voidaan todeta, että typpiköyhät (kokonaistyyppi <1,0 % turpeen 0—20 cm:n pintakerroksessa) turvemaat ovat huonoja tuhkalannoituskohteita. Ruoveden rakkaisella tupasvillanevalla ja myös piensaranevalla typen puutetta ilmensi osalle tuhkaruutuja annetun urealannoituksen aikaansaama voimakas kasvureaktio (Merisaari 1981). Typpirikkaiden soiden erinomainen puustonkasvu osoittaa tuhkan sisältämän kaliumin ja fosforin lisäyksen olleen avainasemassa suon taimettumisessa ja metsittymisessä kuten mm. Malmström (1952) toteaa. Tuhkan moniravinteisuus (Malmström 1952, Huikari 1953, Müller 1983) ja positiivinen vaikutus typen mobilisaatioon (Karsisto 1979) selittänevät pitkän ja häiriöttömän vaikutuksen typpirikkailla kasvupaikoilla. Kuitenkaan kaikki typpirikkaat suot eivät metsity tuhkalannoituksellakaan. Esim. Rovaniemen rimpinevalta tuotos on jäänyt erittäin vaatimattomaksi. Syynä tähän saattaa ilmastollisten tekijäin ohella olla fosforin vaikea saatavuus rautapitoisella (1000 mg/l) kasvualustalla.

Useat tuhkakokeet ovat osoittaneet, että 3—5 tonnin hehtaariannostuksella voidaan saavuttaa voimakas ja pitkälinen lannoitusvaikutus (Paavilainen 1980a). Käytännölle annettu suositus onkin 5 t/ha kun tuhkassa on fosforia 1 %. Yli 40 vuotta jatkunut erin-

omainen puustonkasvu erällä paljon tuhkaa saaneilla kokeilla antaa aiheen kysyä olisiko vaikutusaika vielä pidennettävissä tuhkamäärää lisäämällä. Ruotsin Hällmyrenillä sekä kasvureaktion voimakkuus että kesto osoittautuivat parhaaksi suurimman tuhkamäärän (12,5 t/ha) koealalla (Malmström 1952). Samansuuntaisia havaintoja esittää Thurmann-Moe (1956) Kaakkois-Norjan Åsmyralta 12 vuoden lannoitusvaikutuksen jälkeen. Suuria-kin tuhkamääriä voitaneen käyttää melko pienin kasvuhäiriöriskein (Reinikainen 1980). Neulasanalyysit paljastivat fosforin ja kaliumin useimmin muodostuneen kasvua rajoittaviksi ravinteiksi. Tämä osoittaa myös oikeaksi tuhkamäärän annostamisen sen fosforipitoisuuden mukaan (Paarlahti 1980). Tarvittaessa minimissä olevia ravinteita, lähinnä fosforia ja kaliumia, tulisi lisätä.

Suurten lannoitemäärien käyttö saattaisi soveltua parhaiten metsän uudistamisvaiheeseen. Suurten tuhkamäärien järkevän käytön tärkeä edellytys ja seuraus on ns. perusparannusvaikutuksen aikaansaaminen (Huikari 1953, Karsisto 1979), joka merkitsee maaperän pieneliötoiminnan ja ravinteidenkierron pysyvää vilkastumista. Puuntuhkalla (5 t/ha) saatavan lannoitusvaikutuksen kestoksi on esitetty 30—40 vuotta (Paavilainen 1980a, Merisaari 1981). Vastaavan P- ja K-määrän sisältävän väkilannoitteen vaikutus kestää 15—20 vuotta (esim. Paavilainen 1979). Tutkittuun aineistoon sisältynyt tuhka-väkilannoite-vertailu antoi myös samansuuntaisia viitteitä (vrt. Uusitalo 1968).

Vartavasten tuhkaa jäljittelevillä seoksilla voidaan saada lähes yhtä hyviä tuloksia kuin tuhkalla. Muhoksella päästiin ko. seoksella (Tuomaskuona 1000, KHCO_3 800, MgSO_4 400, hivenseos 75 kg/ha) 8 vuodessa suurempaan männyn pituuskasvuun kuin PK- ja NPK-lannoituksilla (Tuhka metsän...1980). Samantapaisiin tuloksiin on päädytty myös Ruotsissa tehdyissä vastaavissa kokeissa (Malmström 1952). Jäljittelemällä tuhkan kemiallista koostumusta voitaisiin siten tuottaa biologisesti entistä tehokkaampia lannoitteita. Muhoksen kokeen luotettavuutta vähentää ravinnemäärien erisuuruisuus lannoituskäsittelyjen välillä. Tuhkassa olevien ravinteiden liukoisuudella voi myös olla merkitystä lannoitusvaikutuksen teholle ja kestolle (Stark 1979, Paarlahti 1980, Have-raaen 1981, Saarela 1982). Yllämainitussa Muhoksen kokeessa puuntuhka ohitti muut lannoituskäsittelyt vasta viisi vuotta kokeen

perustamisen jälkeen, mikä tukee käsitystä tuhkassa olevien ravinteiden hidasliukoisuudesta.

Pelkkä ravinnelisäys ja mikrobitoiminnan vilkastuminen tuskin ovat ainoat kasvunlisäystä selittävät tekijät. Kun tuhkaa levitetään turvemaalle riittävän suuret määrät, alkavat etenkin rakkasammalet kuolla, todennäköisesti ns. polttovaikutuksen takia (Lukkala 1951, Malmström 1952). Tämän seurauksena vapautuu sekä kasvutilaa että ravinteita. Tilanne on otollinen uuden taimiaineksen synnylle ja kasvulle (ks. Huikari 1951, 1953, Malmström 1952). Tässä tutkimuksessa todettiin runkoluku tuhka-aloilla suuremmaksi kuin lannoittamattomalla. Nämä seikat osoittivat tuhkalla olleen metsän uudistumista edistävä vaikutus (myös Eneroth 1931, Yli-Vakkuri 1958, Mikola 1975, Kainisto 1981).

Malmström (1952) ja Reinikainen (1980) ovat todenneet runsaan tuhkalannoituksen muuttaneen kenttäkerroksen kasvillisuutta ruoho- ja heinävaltaiseen suuntaan. Tällöin sekä kenttäkerroksen että sinne joutuneen neulaskarikkeen hajoaminen nopeutuu ja ravinteiden kierto vilkastuu. Tässä saattaisi olla osasy puuston korkeisiin tuotoslukuihin, ravinnelisäyksen ja maaperän pieneliöstötoiminnan vilkastumisen ohella. Kun runsaaseen kokonaistuotokseen yhdistyy ravinteiden nopea vapautuminen pitkäaikaiset edellytykset korkealle tuotannolle ovat olemassa.

Puuntuhkan saatavuudessa ja levityksessä esiintyvien vaikeukisen (Aitolahti 1980, Paarlahti 1980, Hakkila ja Kalaja 1983) vuoksi tuhkalannoitus on suositeltavinta varsinkin ongelma-alueiden, esim. kasvuhäiriö-alueiden hoitoon (Veijalainen 1980b). Se on osoittautunut erinomaiseksi lannoitus- ja maanparannusaineeksi myös tavanomaisilla metsäojitusalueilla. Maaperän tuotoskyvyn heikkeneminen hapansateiden vaikutuksesta saattaa ajan oloon puoltaa tuhkan laajamittaista käyttöä kivennäismaillakin.

Jatkossa tulisi tutkia tuhkan vaikutusta neulasten ja pintakasvillisuuden hajoamiseen sekä tuhkan lipeävaikutusta humuskolloideihin ja toksitologiaan. Eri kehitysvaiheita edustavien puustojen reaktiokyky olisi myös selvitettävä. Tutkittavaksi tulisi myös sisällyttää useampia viljavuusasteikon yläpäässä olevia turvemaita. Tähän antaa hyvät mahdollisuudet Metsäntutkimuslaitoksen 1970-luvun puolestavälistä lähtien perustamat lähes 200 tuhkakoe.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Aitolahhti, M. 1980. Tuhkan ja muiden maanparannus-
aineiden kuljetus ja levitys. Muhoksen tutkimus-
aseman tied.ant. 20: 38—42.
- Eneroth, O. 1931. Försök rörande hyggesaskans in-
verkan på barrträdsfröets groning och plantornas
första utveckling. Commentationes Forestales 5:
1—67.
- Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983. Puu- ja kuorituhkan
palauttamisen tekniikka. Summary: The technique
of recycling wood and bark ash. Folia For. 552: 1—
37.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työ-
ohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tied.ant. 36: 1—23.
- Haveraaen, O. 1981. Ash fertilizer and commercial
fertilizers as nutrient sources for peatland. XVII
IUFRO World Congress Kyoto, Japan, September
1981. Working Party S. 1. 05—01. 10 s.
- Heikinheimo, O. 1915. Der Einfluss der Brandwirt-
schaft auf die Wälder Finnlands. Acta For. Fenn. 4.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden
tilasta ja puustosta. Referat: Über Waldbaulich
Entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in
Finland. Acta For. Fenn. 69: 1—279.
- 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuo-
sina 1964—68 toimeenpannun suometsäkilpailun
koealojen valossa. Summary: Development of
seedling stands on drained peatlands. Silva Fenn. 3:
287—321.
- & Seppälä, K. 1973. Regionality and continuity of
stand growth in old drainage areas. Seloste:
Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja
alueellisuudesta. Acta For. Fenn. 132: 1—34.
- Heinonen, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. Moniste.
38 s.
- Huikari, O. 1951. Havainnot ojitettujen rimpinevojen
taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo I: 1—4.
- 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen
vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Sum-
mary: Studies on the effect of drainage and ash
fertilization upon the microbes of some swamps.
Commun. Inst. For. Fenn. 42(2): 1—18.
- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoit-
uksesta. Summary: Results of fertilization experi-
ments on peatlands drained for forestry. Metsäntut-
kimuslaitoksen suontutkimusosaston tied. ant. 1.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu
11: 28—29.
- Ivessalo, Y. 1965. Metsänarvioiminen. WSOY. 400 s.
- Issakainen, J. 1980. Luontaisten vesakoiden biomassan
tuotoskyvystä. Muhoksen tutkimusaseman tied. ant.
18: 37—47.
- Kalliola, R. 1973. Suomen kasvimaantiede. 308 s.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaiku-
tuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin
aktiivisuuteen suometsissä. Osa II. Tuhkalannoit-
uksen vaikutus. Summary: Effect of forest improve-
ment measures on activity of organic matter
decomposing micro-organisms in forested peatland.
Part II. Effect of ash fertilization. Suo 30(4—5):
81—91.
- Kaunisto, S. 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja
hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistu-
minen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan tur-
peella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural
regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on
a peat cut away area. Suo 32(3): 53—60.
- & Tuveva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve vanhojen
avosuojitusalueiden männiköissä. Summary: Need
for potassium fertilization in pole stage pine stands
established on bogs. Folia For. 585: 1—40.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Sum-
mary: Growth and yield tables. Commun. Inst. For.
Fenn. 51(8): 1—49.
- Kolari, K.K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla
ja männyn kasvuhäiriö Suomessa. Kirjallisuus-
katsaus. Abstract: Micronutrient deficiency in forest
trees and dieback of Scots pine in Finland. A
review. Folia For. 389: 1—37.
- Kolkki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen
lämpöoloista kaudelta 1931—1960. Ilmatieteellinen
keskuslaitos. 62 s.
- Kurki, M. 1977. Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö.
Helsinki. 20 s.
- Lukkala, O.J. 1937. Nälkävuosien suonkuivausten
tuloksia. Deutsches Referat: Ergebnisse der in den
Hungerjahren angelegten Moorentwässerungen.
Commun. Inst. For. Fenn. 24(3): 1—160.
- 1951. Kokemuksia Jaakkoinsoon koeojitusalueelta.
Summary: Experiences from Jaakkoinsoo experi-
mental drainage area. Commun. Inst. For. Fenn.
39(6): 1—53.
- 1955. Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsä-
ojituksen tukena. Summary: Soil improving
substances and fertilizers as an aid to forest
drainage. Metsätal. Aikak.lehti 8: 273—276.
- Malmström, C. 1952. Svenska gödslingsförsök för
belysande av de näringsekologiska villkoren för
skogsväxt på torvmark. Commun. Inst. For. Fenn.
40(17): 1—26.
- Merisaari, H. 1981. Tuhkalannoituksen vaikutuksen
kesto eräillä vanhoilla kokeilla. Metsäntutkimus-
laitoksen tied. ant. 13: 1—69.
- Mikola, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan
metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs
after industrial exploitation of peat. Silva Fennica
9(2): 101—115.
- Müller, M. 1983. Puuntuhkan vaikutus puna-apila-
nurmen typpitalouteen. Teoksessa: Biologinen ty-
pensidonta peltokasvien viljelyssä. Suomen Akate-
mian sopimustutkimuksen nro 383 loppuraportti. s.
294—313.
- Paarlahti, K. 1980. Tuhkan tuotanto ja ominaisuudet.
Muhoksen tutkimusaseman tied.ant. 20: 13—15.
- , Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutriti-
onal diagnosis of Scots pine stands by needle and
peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi

- turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 75(5): 1—58.
- Paavilainen, E. 1979. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414: 1—23.
- 1980a. Tuloksia vanhoista tuhkalannoituskokeista. Muhoksen tutkimusasetaman tied.ant. 20: 20—23.
- 1980b. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(5): 1—71.
- 1982. Metsänparannustoimenpiteiden merkitys puuntuotannossa. 54. kevätmetssäviikko 15.—19.3. 1982. s. 10—16.
- Reinikainen, A. 1980. Tuhkalannoituksen ekologiaa. Muhoksen tutkimusasetaman tied.ant. 20: 24—27.
- Saarela, I. 1982. Tuhka maanparantajana. *Pellervo* 2: 32—35.
- Saloheimo, L. 1933. Polttopuutuhkan käytöstä kalilannoitteena suoviljelyksessä. Suoviljelysyhdistyksen vuosikirja: 121—134.
- 1947. Puuntuuhkan käyttökokeitten tuloksia vuosilta 1934—46 Suoviljelysyhdistyksen Karjalan koeasemalla. Suoviljelysyhdistyksen vuosikirja: 25—41.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemailla. Summary: Post-drainage Growth Rate of Norway Spruce and Scots Pine on peat. *Acta For. Fenn.* 93: 1—88.
- Silfverberg, K. 1985. Aska som gödsel. *Skogsbruket* 10: 18—20.
- Stark, N. 1979. Plant ash as a natural fertilizer. *Environmental and Experimental Botany* 19: 59—68.
- Thurmann-Moe, P. 1956. Eldre og nyere skogskultur — og gjødslingsforsøk på Åsmyra. *Norsk Skogbruk* 8—9.
- Tuhka metsälannoitteena. 1980. Muhoksen tutkimusasetaman tied.ant. 20. 44 s.
- Uusitalo, E. 1968. Lannoituskokeet Suomusjärven Kettulassa. *Suometsätieteen laudaturtyö.* Helsingin Yliopisto. 56 s.
- Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemailla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(4): 1—32.
- 1980a. Eräiden hivenlannoitteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Summary: Usability of some microfertilizers in peatland forests. Report basing on needle analysis. *Folia For.* 443: 1—15.
- 1980b. Tuhka kasvuhäiriön torjunnassa. Muhoksen tutkimusasetaman tied.ant. 20: 28—30.
- , Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden kasvuhäiriöt Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väli-raportti. *Folia For.* 601: 1—41.
- Viro, P.J. 1969. Prescribed burning in forestry. *Commun. Inst. For. Fenn.* 67(7): 1—48.
- Yli-Vakkuri, P. 1958. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden kulotuksesta. Referat: Untersuchungen über das Absengen als waldbauliche Massnahme auf entwässerten Torfböden. *Acta Forest. Fenn.* 67: 1—33.

Total of 53 references

Liitetaulukko 1. Kasvunmittaukset ja näytteidenotto.
Appendix 1. Growth measurement and collection of samples.

Paikka <i>Locality</i>	Mitattu — Tilavuus <i>Volume</i>	Measured Kasvu <i>Growth</i>	Mittausvuosi <i>Year of measurement</i>	Maa- ja neulasnäytteet <i>Peat and needle samples</i>
Vantaa	K	E	1981	+
Suomusjärvi	K	L	1983	+
Yläne	K	E	1983	+
Sippola	K	L	1983	+
Tohmajärvi	K	L	1983	+
Ruovesi	K	L	1981	+
Parkano	K	L	1983	+
Kuru	K	—	1979	+
Vilppula	K	E	1983	+
Ähtäri	K	L	1983	+
Alajärvi	R	—	1976	+
Sievi	K	—	1982	+
Sotkamo	R	—	1976	—
Paltamo	R	—	1976	—
Hyrnsalmi	R	E	1982	+
Muhos				
— Itkusuo	K	—	1980	+
— Leppi- niemi	K	E	1975	+
Oulu	K	L	1984	+
Rovaniemi				
— Hirvas	K	—	1982	+
— Alajär- vensuo	K	—	1980	+
			1982	

K = koela — *plot measurement*
R = relaskooppikoela — *relascope plot*
E = erotuskasvu — *differential measurement*
L = kairaus — *boring*
— = ei mittausta/näytettä
no measurement/sample

Liitetaulukko 2. Liukoisten ravinteiden määrä pintaturpeessa (0—20 cm).
Appendix 2. The amount of soluble nutrients in surface peat (0—20 cm).

Koeala — Plot Tuhkaa — Ash t/ha	ÄHTÄRI				ALAJÄRVI				SUOMUSJÄRVI				VANTAA				SIPPOLA										
	—	127	—	—	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI							
P	mg/l	4,4	3,5	1,5	1,6	1,5	3,2	2,0	1,2	2,0	16	70	20	9	8	10	11	5	4	3	3	3	3	7	7	5	
K	—	30	25	30	33	30	35	20	20	20	52	55	58	52	40	40	55	25	45	25	20	25	20	22	32	30	
Ca	—	300	550	275	300	100	275	625	300	375	400	775	2750	550	550	700	600	450	500	550	350	300	450	550	400	400	
Mg	—	40	60	40	45	40	50	40	40	40	55	80	150	50	50	55	70	40	40	40	40	35	35	80	85	45	
Fe	—	400	480	1200	4000	5700	2000	2500	4200	290	290	550	300	290	270	390	360	110	210	360	70	100	160	210	70	70	
Mn	—	7	12	3	25	15	11	24	13	14	7	17	38	49	29	68	27	6	11	7	2	5	8	26	10	10	
Zn	—	2	3	2	7	7	4	39	7	14	8	8	7	10	8	12	9	5	5	7	2	5	7	9	5	5	
Cu	—	1,0	0,7	2,0	15,6	6,5	11,1	130,0	10,3	47,0	0,6	2,4	0,6	1,4	1,2	2,2	1,5	0,3	0,8	4,5	0,1	0,1	0,2	0,9	0,4	0,4	
B	—	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	
PARKANO																											
YLÄNE																											
ROVANIEMI																											
HYRYSALMI																											
SIEVI																											
VI:10																											
VII:7																											
VIII:10																											
IX:5																											
X:10																											
XI:1																											
XII:1																											
XIII:1																											
XIV:1																											
XV:1																											
XVI:1																											
XVII:1																											
XVIII:1																											
XIX:1																											
XX:1																											
XXI:1																											
XXII:1																											
XXIII:1																											
XXIV:1																											
XXV:1																											
XXVI:1																											
XXVII:1																											
XXVIII:1																											
XXIX:1																											
XXX:1																											
XXXI:1																											
XXXII:1																											
XXXIII:1																											
XXXIV:1																											
XXXV:1																											
XXXVI:1																											
XXXVII:1																											
XXXVIII:1																											
XXXIX:1																											
XL:1																											
XLI:1																											
XLII:1																											
XLIII:1																											
XLIV:1																											
XLV:1																											
XLVI:1																											
XLVII:1																											
XLVIII:1																											
XLIX:1																											
L:1																											
LI:1																											
LII:1																											
LIII:1																											
LIV:1																											
LV:1																											
LVI:1																											
LVII:1																											
LVIII:1																											
LIX:1																											
LX:1																											
LXI:1																											
LXII:1																											
LXIII:1																											
LXIV:1																											
LXV:1																											
LXVI:1																											
LXVII:1																											
LXVIII:1																											
LXIX:1																											
LXX:1																											
LXXI:1																											
LXXII:1																											
LXXIII:1																											
LXXIV:1																											
LXXV:1																											
LXXVI:1																											
LXXVII:1																											
LXXVIII:1																											
LXXIX:1																											
LXXX:1																											
LXXXI:1																											
LXXXII:1																											
LXXXIII:1																											
LXXXIV:1																											
LXXXV:1																											
LXXXVI:1																											
LXXXVII:1																											
LXXXVIII:1																											
LXXXIX:1																											
LXXXX:1																											
LXXXXI:1																											
LXXXXII:1																											
LXXXXIII:1																											
LXXXXIV:1																											
LXXXXV:1																											
LXXXXVI:1																											
LXXXXVII:1																											
LXXXXVIII:1																											
LXXXXIX:1																											
LXXXXX:1																											
LXXXXXI:1																											
LXXXXXII:1																											
LXXXXXIII:1																											
LXXXXXIV:1																											
LXXXXXV:1																											
LXXXXXVI:1																											
LXXXXXVII:1																											
LXXXXXVIII:1																											
LXXXXXIX:1																											
LXXXXXX:1																											
LXXXXXXI:1																											
LXXXXXXII:1																											
LXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXV:1																											
LXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											
LXXXXXXXVI:1																											
LXXXXXXXVII:1																											
LXXXXXXXVIII:1																											
LXXXXXXXIX:1																											
LXXXXXXXI:1																											
LXXXXXXXII:1																											
LXXXXXXXIII:1																											
LXXXXXXXIV:1																											
LXXXXXXXV:1																											

Liitetaulukko 3. Liukoisten ravinnemäärien muutos (%) eräillä tuhkakoealoilla lannoittamattomaan verrattuna. 0—20 cm.

Appendix 3. The change of soluble nutrients (%) in ash-fertilized plots compared to unfertilized. 0–20 cm.

Tuhkaa Ash t/ha	Parkano 7	Tohmajärvi 10 (Karsisto 1979)	Muhos 14c 3	1	2	Oulu 4	6	8
P	-59	-32	69	-27	-5	-5	65	51
K	-20	135	25	-34	-12	0	66	55
Ca	7	62	130	-16	-5	3	32	44
Mg	85	2	80	3	-11	-20	0	-8
Fe	-14	—	-20	12	81	-25	159	14
Mn	410	190	125	9	37	134	203	223
Zn	-26	—	200	20	13	68	116	265
Cu	60	—	0	—	—	—	—	—
B	0	—	—	—	—	—	—	—

Liitetaulukko 4. Totaaliravinnemäärien muutos (%) eräillä tuhkakoealoilla lannoittamattomaan verrattuna. 0—20 cm.

Appendix 4. The change of total nutrients (%) in ash-fertilized plots compared to unfertilized. 0–20 cm.

Tuhkaa Ash t/ha	Parkano 7	Tohmajärvi 10	Muhos 14c 3	1	2	Oulu 4	6	8
P	-8	22	-4	-4	-3	-4	6	17
K	40	100	6	-19	0	0	54	36
Ca	30	-35	108	-10	-4	7	39	58
Mg	123	48	57	3	-8	-15	5	0
Fe	33	10	-1	-4	5	-3	29	8
Mn	995	4070	-17	10	25	91	145	178
Zn	144	1010	33	12	12	66	110	240
Cu	85	600	2	-69	-53	73	147	378
B	47	41	76	4	14	-5	-10	9

Liitetaulukko 5. Kenttäkerroksen lajisto eräillä koealoilla.
Appendix 5. The field layer in some experimental areas.

Laji — Species	SIEVI ¹⁾		OULU ²⁾				SIPPOLA ²⁾				VILPPULA ¹⁾				TOHMAJÄRVI ¹⁾																							
	Tuikkaa — 45h t/ha Vuosisäätöalasta Years since/before fertilization	0 -19	5 5	6 5	0 1	2 2	4 4	6 6	8 8	0 0	6 6	8 8	5 5	0 0	4 4	8 8	0 0	5 5	10 10	11 11	5 5	10 10	7 7	2 2	12 12	4 4	11 11											
<i>Andromeda polifolia</i>	6	3	35	20	30	55	50	50	50	+	1	2	10	5	5	2	2	4	1	1	5	·	·	·	·	·	·	4	1									
<i>Betula nana</i>	3	3	+				1			75	40	50	15	10	+	1					1	3	·	·	·	·	·	1	1									
<i>Calluna vulgaris</i>	2	2	1																																			
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	2	2	5	1	+	+	+	+	+	10	50	30	+	5	4	3	3	5	1	3	·	·	·	·	·	·	3	3										
<i>Empetrum nigrum</i>					+	+	+	+	+																													
<i>Ledum palustre</i>																																						
<i>Vaccinium microcarpum</i>																																						
<i>V. myrtillus</i>																																						
<i>V. oxycoccos</i>	4	4	+	+	5	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	2	4	1	6	·	·	·	·	·	·	4	3										
<i>V. uliginosum</i>			1	+	+	+	+	+	+	+	5	+	+	+	+	6	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3									
<i>V. vitis-idaea</i>																4	2	2																				
<i>Carex caespitosa</i>																																						
<i>C. canescens</i>																																						
<i>C. goodenowii</i>																																						
<i>C. lasiocarpa</i>	2																																					
<i>C. leporina</i>																																						
<i>C. magellanica</i>																																						
<i>C. pallescens</i>																																						
<i>C. pauciflora</i>	1	1																																				
<i>C. stellulata</i>																																						
<i>Eriophorum polystachum</i>																																						
<i>E. vaginatum</i>	7	7	20	10	10	15	15	20	20	2	5	5	+	2	10	4	4	5	4	4	1	1	1	1	1	1	3	3										
<i>Juncus filiformis</i>																																						
<i>Luzula campestris</i>																																						
<i>Rhynchospora alba</i>																																						
<i>Scirpus caespitosus</i>																																						
<i>S. trichophorum</i>																																						
<i>Agrostis canina</i>																																						
<i>Alopecurus geniculata</i>																																						
<i>Anthoxanthum odoratum</i>																																						
<i>Apera spica-venti</i>																																						
<i>Calamagrostis epigeios</i>																																						
<i>C. purpurea</i>																																						
<i>Deschampsia caespitosa</i>																																						
<i>D. flexuosa</i>																																						
<i>Festuca sp.</i>																																						
<i>Molinia caerulea</i>																																						
<i>Pheleum pratense</i>																																						
<i>Poa pratensis</i>																																						

Liitetaulukko 6. Pohjakerroksen lajisto eräillä kokeilla.
Appendix 6. The bottom layer in some experimental areas.

Laji — Species	SIEVI 1) RN		OULU 2) TN				SIPPOLA 2) RamTR		KN	VILPPULA 1) Kaakkosuo RiSsN		TOHMAJÄRVI 1) SsN	
	0	5	2	4	6	8	0	5		0	5	7	10
Tuhkaa — Ash t/ha	0	5	2	4	6	8	0	8	0	5	5	10	
Vuosiä lannoituksesta Years since/before fertilization	-19	5	8				5			11	12	11	
<i>Cladina rangiferina</i>			+	+						2	1	1	
<i>C. silvestris</i>										1	1	1	
<i>C. sp.</i>	1	1	10	10	10	5	10				1		
<i>Cladonia sp.</i>		25	70	15						2	2	2	
<i>Peltigera aphthosa</i>							+	+					
<i>Marchantia polymorpha</i>							+	+	5	5			
<i>Mylia anomala</i>							5						
<i>Sphagnum acutifolium</i>		2										1	
<i>S. angustifolium</i>										2	1		
<i>S. balticum</i>							+						
<i>S. compactum</i>													
<i>S. fuscum</i>	8	8	+							40	+		
<i>S. magellanicum</i>	5	4					95	60	40	15	+	1	
<i>S. papillosum</i>	6	5	60	5	5	5		+	+	20	+	2	
<i>S. recurvum</i>				3	5	3	+	+					
<i>S. robustum</i>							+	+					
<i>S. rubellum</i>													
<i>Aulacomnium palustre</i>				25	25	15				5	+		
<i>Brachythecium curtum</i>								10	5	1	1	2	
<i>Ceratodon purpureus</i>								+	+			2	
<i>Dicranum undulatum</i>												3	
<i>Funaria hygrometrica</i>								20	15	10	5		
<i>Hylocomium splendens</i>							5						
<i>Leptobryum pyriforme</i>								10	10	10	10		
<i>Pleurozium schreberi</i>	1	3		+	5	+	+	10	5	4	4	3	
<i>Pohlia nutans</i>								5	5	5	+	2	
<i>Polytrichum commune</i>												1	
<i>P. juniperinum</i>												1	
<i>P. strictum</i>	6	6	1	+	8	55	50	50	50	20	2	2	

1) = Norrinnin asteikko
Scale according to Norrinn
(Kalliola 1973)

2) = Prosenttiasteikko
Percentage scale

ODC 237.4 + 813.3 + 2-114.444 + 114.444
ISBN 951-40-0716-6
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. & HUIKARI, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turve-
veilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. *Folia For.* 633:
1-25.

Wood-ash fertilized (1-16 t/ha) tree stands on drained, mainly open, peatland
were studied. The material consisted of 55 plots all over Finland fertilized in
1937-59. Volume measurements revealed that wood-ash had a strong and long-
lasting growth-increasing effect on Scots pine and birch. Great amounts of wood-
ash also increased the decomposition of needle litter and changed the field layer.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18, SF-01301
Vantaa, Finland.

ODC 237.4 + 813.3 + 2-114.444 + 114.444
ISBN 951-40-0716-6
ISSN 0015-5543

SILFVERBERG, K. & HUIKARI, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla tur-
veilla. Abstract: Wood-ash fertilization on drained peatlands. *Folia For.* 633:
1-25.

Wood-ash fertilized (1-16 t/ha) tree stands on drained, mainly open, peatland
were studied. The material consisted of 55 plots all over Finland fertilized in
1937-59. Volume measurements revealed that wood-ash had a strong and long-
lasting growth-increasing effect on Scots pine and birch. Great amounts of wood-
ash also increased the decomposition of needle litter and changed the field layer.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18, SF-01301
Vantaa, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni jul-
kaisut (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



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 koegasema
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 30, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun 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 612 Långström, Bo: Tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteisopohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset.
Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu.
Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos.
Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla.
Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951—1983.
Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla.
Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla.
Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätalastollinen vuosikirja 1984.
Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa.
Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista.
Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusikoiden lannoituksesta.
The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti.
The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löytyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirtvivahinkoalttiuteen.
The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella.
Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä.
Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus.
The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.
- No 631 Pohtila, Eljas & Valkonen, Sauli: Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä.
Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland.
- No 632 Norokorpi, Yrjö & Kärkkäinen, Sirpa: Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa.
The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland.
- No 633 Silfverberg, Klaus & Huikari, Olavi: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla.
Wood-ash fertilization on drained peatlands.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoniesteita 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.