

# ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 166, 1980

LANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNTYTAIMIKOIDEN KAS-  
VUUN JA HIRVITUHOIHIN KARUILLA OJITETUILLA  
NEVOILLA

*EFFECT OF FERTILIZATION ON TREE GROWTH AND  
ELK DAMAGE IN YOUNG SCOTS PINE STANDS PLANTED  
ON DRAINED, NUTRIENT-POOR OPEN BOGS*

Jukka Laine  
Hannu Mannerkoski



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

## Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

**SILVA FENNICA.** Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

## Publications of the Society of Forestry in Finland

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

**SILVA FENNICA.** Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland. The subscriptions should be addressed to: Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, SF-00100 Helsinki 10, Finland.

## LANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNTYTAIMIKOIDEN KASVUUN JA HIRVITUHOIHIN KARUILLA OJITETUILLA NEVOILLA

JUKKA LAINE JA HANNU MANNERKOSKI

### SUMMARY:

*EFFECT OF FERTILIZATION ON TREE GROWTH AND ELK  
DAMAGE IN YOUNG SCOTS PINE STANDS PLANTED ON  
DRAINED, NUTRIENT-POOR OPEN BOGS*

## SISÄLLYS

	Sivu
1. Johdanto .....	5
2. Koekentät ja mittaukset .....	7
3. Lannoituksen vaikutus taimien pituuskehitykseen .....	10
31. Haukivaho .....	10
311. Vuonna 1964 annettu lannoitus .....	10
312. Jatkolannoitus .....	12
313. Tuomaskuona .....	13
314. Suonpinnan pienmuodot .....	14
32. Nuijaneva .....	15
321. Männyntaimet .....	15
322. Luontaisesti syntyneet koivuntaimet .....	16
33. Tulosten tarkastelu .....	17
4. Lannoituksen vaikutus hirvihuhojen esiintymiseen .....	20
41. Haukivaho .....	20
42. Nuijaneva .....	23
43. Viheriäsenneva .....	24
44. Tulosten tarkastelu .....	25
5. Yhteenveto ja päätelmät .....	28
6. Kirjallisuutta .....	30
Summary .....	32
Liitteet .....	35

ISBN 951-651-041-8

Hämeenlinna 1980, Arvi A. Karisto Osakeyhtiön kirjapaino

## ALKUSANAT

Tämän tutkimuksen ovat tehneet mahdolliseksi Helsingin yliopiston suomensäätieteen laitoksen 1960-luvun puolivälissä professori Leo Heikuraisen johdolla perustamat kokeet. Keväällä 1964 perustettiin Finlayson-Forssa Oy:n maalle Tammelan-Rengon Haukivahoon ja syksyllä 1965 Metsähallinnon Korkeakosken hoitoalueen maille Ruoveden Nuijanevalle laajat ravinteiden määriä ja suhteita selvittävät lannoituskokeet ja keväällä 1967 Korkeakosken hoitoalueen maille Ruoveden Viheriäisennevalle metsänviljelymenetelmäkoe. Alueiden omistajat ovat luovuttaneet kokeisiin tarvittavat maa-alueet, taimet ja lannoitteet sekä suorittaneet koealueiden perustamiseen ja hoitoon liittyviä moninaisia tehtäviä.

Koealueiden puuston mittauksiin syksyllä 1975 ja 1976 osallistuivat suomensäätieteen laitoksen henkilökunnan lisäksi mm. silloiset metsäylioppilaat Pertti Mäki-Hakola, Kari Pelkonen ja Teuvo Viinamäki sekä tutkimusapulainen Jouni Meronen.

Vuonna 1976 tehdyn jatkolannoituksen jälkeen talvina 1976–77 ja 1977–78 kaikilla kolmella koealueella sattui runsaasti hirvituhoja, jotka inventoi kesällä 1978 metsänhoitaja Kaarlo Ouni. Hirvien oleskelu alueilla johti siten uuteen tutkimukseen, tuhoton kuitenkin samalla alkuperäiset ko-

keet. Koealueet tarjoavat tulevaisuudessa hyvät mahdollisuudet seurata männyntaimien toipumista hirvivaurioista erilaisilla lannoituskäsitteilyillä.

Olemme tehneet tutkimuksen suomensäätieteen laitoksessa, jonka esimies, professori Leo Heikurainen antoi aineiston käsiteltäväksemme ja on työn edistyessä luovuttanut laitoksen resursseja käyttöömmee. Olemme käsitelleet aineiston ja laatineet käsikirjoituksen yhteisesti. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Leo Heikurainen, apulaisprofessori Kustaa Seppälä ja dosentti Juhani Päivänen. Kiitämme heitä avusta ja arvokkaista huomautuksista. Käsikirjoituksen on kirjoittanut puhtaaksi kirjeenvaihtaja Pirjo Ahdekivi ja lyhennelmän kääntänyt englanniksi MMK John Derome.

Tutkimuksen vaatimat maastoinventoinnit tehtiin pääasiassa metsähallituksen myöntämien varojen turvin.

Koealueiden maanomistajille ja kaikille tutkimukseen sen eri vaiheissa osallistuneille henkilöille esitämme tässä yhteydessä parhaat kiitoksemme.

Helsinki marraskuu 1979

JUKKA LAINE  
HANNU MANNERKOSKI

## 1. JOHDANTO

Metsäojitustoiminnan voimakkaan laajenemisen yhteydessä 1960-luvulla lisääntyi myös avosoiden osuus ojituskohteina. Jo vanhastaan tiedettiin tehtyjen tuhkalannoituskokeiden perusteella, että karuimmat avosuot vaativat lannoitusta metsittyäkseen (LUKKALA 1951). Tuhkan laajamittaiseen käyttöön ei kuitenkaan ollut mahdollisuuksia. Ulkomaisia tietoja metsänviljelyn yhteydessä tehtävästä lannoituksesta kaupallisilla lannoitteilla oli saatavissa pääasiassa Brittein saarilta (ZEHETMAYR 1954). Suomessa ensimmäiset laajat avosoiden viljely- ja lannoituskokeet perustettiin 1950-luvun lopulla Metsäntutkimuslaitoksen toimesta (HUIKARI ja PAARLAHTI 1966). Samoihin aikoihin aloitettiin tutkimukset myös Norjassa (MESHECHOK 1968).

1960-luvulla koetointa laajeni huomattavasti. Kohteiksi pyrittiin saamaan erilaisia kasvupaikkoja, vaikka pääosa onkin yleensä ollut karuimpia soita, joissa metsänkasvatus ilman lannoitusta ei tule kysymykseen. Useimmissa näistä kokeista on tutkittu, mitä ravinteita, minkälaisina yhdistelminä ja määrinä on käytettävä istutuksen yhteydessä. Yleisimmin on fosfori ollut ainoa vaikuttava ravinne ja jo suhteellisen pienet määrät ovat vaikuttaneet selvästi. Typen ja kaliumin vaikutukset ovat olleet yleensä paikallisia tai pieniä. (Esim. HEIKURAINEN ym. 1966, HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, MESHECHOK 1968, MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970, KAUNISTO 1972, BRAEKKE 1977).

Osassa kokeista on käytetty moniravinne-lannoitteita ja keskitytty vain lannoitemäärien selvittämiseen (esim. HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, SEPPÄLÄ 1971, HEIKURAINEN ja LAINE 1976, KAUNISTO 1977). Lannoituksen kestoajan ja siihen liittyen mahdollisen jatkolannoituksen tarpeen ja suoritustavan selvitykset aloitettiin myös 1960-luvun loppuvuosina. Vielä 1970-luvun alkuvuosina fosfori- ja kaliumlannoituksen kestoajan oletettiin olevan 20–30 vuotta (HEIKURAINEN 1971). Laikkulannoituksen kesto aika todettiin kokeissa suhteellisen lyhyeksi, keskimäärin 4–6 vuodeksi. Samoin on typpilannoituksen vaikutus niukka-

typpisillä soilla osoittautunut yhtä lyhyeksi kuin kivennäismaillaakin (HEIKURAINEN 1971). Myöhemmin myös fosforilannoituksen vaikutus on havaittu oletettua lyhyemmäksi (KARSISTO 1972, 1974, PAAVILAINEN 1977 b), vain korkeintaan 10–15 vuodeksi. Jatkolannoituksissa on tutkittu mahdollisuutta käyttää vain typpilannoitetta (KAUNISTO ja PAAVILAINEN 1977) tai erilaisia lannoiteyhdistelmiä (PAAVILAINEN 1977 b).

Puiden lisääntyvä kasvu lannoituksen jälkeen edellyttää lisääntyvää yhteyttämis-toimintaa. Typpilannoitus lisää selvästi neulasmassaa ja sen kautta fotosynteesikapasiteettia (esim. KELLOMÄKI 1978). Myös neulasten klorofyllipitoisuus kasvaa niukka-typpisellä turvealustalla typpilannoituksen jälkeen (PAAVILAINEN ja NÖRLAMO 1975). Typpi- tai typpi-kaliumlannoitus voivat kuitenkin aiheuttaa kasvushokin ja jopa tappaa taimia (KRAUSS 1959). Myös turvealustalla on todettu typpijatkolannoituksen aiheuttavan välittömästi muutaman viikon fotosynteesishokin, jonka suuruus ja kesto-aika riippuvat neulasten N/P suhteesta. Fosforin ja kaliumin lisääminen pienensi ja lyhensi shokkivaikutusta (KAUNISTO ja PAAVILAINEN 1977).

Typpilannoituksen neulasten typpipitoisuutta suurentava vaikutus on hyvin lyhytaikainen (1–2 vuotta). Fosfori- ja kaliumlannoitus taas lisäävät näiden aineiden pitoisuuksia neulasissa pitkäksikin aikaa (yli 10 vuotta) (BRAEKKE 1977, KAUNISTO ja PAAVILAINEN 1977, PAAVILAINEN 1977 a ja b).

Lannoituksella pyritään puuston kasvun turvaamiseen ja parantamiseen. Ravinnetilan muutoksilla on vaikutuksensa taimen kaikkiin fysiologisiin toimintoihin. Lannoituksen kaikkia vaikutusmekanismeja ja liittyen ravinteiden yhdysvaikutuksia maassa jo olevien ravinteiden kanssa ei vielä täysin tunneta. Lannoitus voi siis saada joissakin tapauksissa aikaan epäedullisia seurauksia, jotka ilmenevät esimerkiksi kasvuhäiriöinä (esim. BRAEKKE 1977, RAITIO ja RANTALA 1977, VEIJALAINEN 1977). Neulasten kemiallisen koostumuksen muuttumisen voi



myös olettaa vaikuttavan neulasia syövien eläinten aiheuttamiin tuhoihin. Tällaista on todettu ainakin kuusella (TAMM ym. 1974).

Hirvikanta on kasvanut maassamme viime vuosina voimakkaasti (NYGREN, T. ja NYGREN, K. 1977). Monet havainnot osoittavat hirven käyttävän talvisin ravintonaan männyn neulasia ja nuoria kasvaimia erityisesti seuduilla, joilla sen eniten suosimia lehtipuita, pajua, pihlajaa ja haapaa on niukasti tai ne loppuvat kesken talven (SAINIO 1956, ANDERSSON 1971). Samanlaisia havaintoja on tehty myös Neuvostoliitossa sekä kuusen että männyn osalta (ATISKOV 1977, LJUSHENKO ja SMIRNOV 1979). Hirven ruokailutavat vaihtelevat paikallisesti ja yksilöllisesti ja hirvien on todettu olevan sopeutumiskykyisiä ravintonsa suhteen (SAINIO 1956, WESTMAN 1958). Hirven ravinnon kemiallista koostumusta on myös tutkittu jonkin verran (ANDERSSON ja MARKKULA 1974, LÖYTTYNIEMI ja HILTUNEN 1978). Hirvituhot ovat usein paikallisia ja monet seikat vaikuttavat tuhon syntyyn, joten asian syy-yhteyksien tutkiminen järjestetyn kokeen avulla on vaikeaa.

Tässä tutkimuksessa esitetään tuloksia

kahdesta laajasta lannoituskokeesta. Näiden kokeiden alkuvaiheen tuloksia on esitetty jo aiemmin (HEIKURAINEN ym. 1966, PÄIVÄNEN ja SEPPÄLÄ 1968, PÄIVÄNEN 1970, MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970, MANNERKOSKI 1972). Koekentät mitattiin 10–12 kasvukautta perustamisensa jälkeen ja niillä tehtiin mittausta seuraavana keväänä (1976) jatkolannoitus. Kahtena talvena jatkolannoituksen jälkeen tapahtui molemmilla kentillä laajoja hirvituhoja. Tämä antoi otollisen tilaisuuden selvittää hirvituhojen voimakkuuden ja lannoituksen välisiä riippuvuuksia. Toisaalta nämä tuhot aiheuttivat myös sen, että nyt esitettävät tulokset taimien kasvun ja lannoituksen suhteista ovat viimeisiä näitä koekentiltä. Hirvituhojen riippuvuutta lannoituskäsittelystä voitiin lisäksi tutkia jatkolannoitetulla metsänviljelymenetelmäkokeella, jonka kasvu-tuloksia ei tässä yhteydessä tarkastella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitä ravinteita ja millaisia ravinne-määriä on käytettävä lannoitettaessa karujen avosoiden mäntytaimikkoja, kun tavoitteena on toisaalta taimien kasvun optimointi, toisaalta hirvituhojen riskin minimointi.

## 2. KOEKENTÄT JA MITTAUKSET

Varsinaisia lannoituskokeentia on kaksi, toinen sijaitsee Haukivahossa Rengon ja Tammelan rajalla, pääosin kuitenkin Rengon kunnan alueella (60° 50' N, 24° 03' E) ja toinen Nuijanevalla Ruoveden kunnassa (61° 53' N, 24° 22' E) (kuva 1). Edellinen on Finlayson-Forssa Oy:n maalla ja jälkimmäinen kuuluu Metsähallinnon Korkeakosken hoitoalueeseen. Koekentät perustettiin Helsingin yliopiston suomensätiiteen laitoksen toimesta.

Haukivahon suo on alkuperäiseltä suotyypiltään lyhytkortinen neva, jossa on runsaasti kuljuja ja rahkamättäitä. Se on ojitettu avo-ojin 50 m:n sarkoihin, jotka on halkaistu keskeltä salaojilla. Ojitus on tehty 1960-luvun alussa ennen kokeen perustamista. Alueelle istutettiin keväällä 1964 2 + 1-vuotisia männyn taimia kahden metrin välein 12,5 m × 12,5 m koealoille (36 tainta/koeala). Taimikko on täydennetty parin vuoden kuluttua istutuksesta. Istutuksen yhteydessä annettiin laikkulannoitus neljännesneliömetrin alalle taimen ympärille. Lannoitelajit ja -määrät on esitetty taulu-

kossa 1. Koejärjestely on täysin arvottu täydellinen faktorikoe, jossa on tyyppiä neljällä (0, 1, 2, 3), kaliumia neljällä (0, 1, 2, 3) ja fosforia neljällä (0, 1, 2, 3) tasolla, joista tasoilla 1 ja 2 on käytetty kahta fosforilannoitelajia, joko hienofosfaattia tai tuomaskuonaa. Kaikki koejäsenet esiintyvät neljänä toistona eli koealoja on  $4 \times (4_N \times 6_P \times 4_K) = 384$  kappaletta ja koealueen pinta-ala on 6,0 ha. Puolella toistoista laikkulannoitus uusittiin keväällä 1969 käyttäen alkuperäisiä lannoiteyhdistelmiä ja määräsuhteita, mutta levittämällä lannoite yhden neliömetrin alalle taimen ympärille (säde 55 cm). Käytetyt lannoitemäärät on esitetty taulukossa 1. Lisäksi lannoitus uusittiin kaikilla koealoilla hajalannoituksena keväällä 1976 käyttäen edelleen alkuperäisiä lannoiteyhdistelmiä ja määräsuhteita (ks. taulukko 1).

Nuijaneva on myös alkuperäiseltä suotyypiltään lyhytkortinen neva, joka edustaa tyyppiä minerotrofista, paikoin varsinaista saranevaa lähenevää laitaa. Osalla alueelta oli jonkin verran rimpimäistä pintaa. Alue ojitettiin vuonna 1963 muoviputkisalaojin 30 metrin sarkoihin. Ojituksen kuivatus-teho on ollut huonohko muoviputkien osittaisen tukkeutumisen johdosta. Keväällä 1965 alueelle istutettiin noin 1,5 metrin välein 2 + 1-vuotiaita männyn taimia metsäylioppilaiden harjoitustyönä. Syksyllä 1965 alue lannoitettiin hajalannoituksena. Lannoituskoealat olivat kooltaan 12,5 m × 12,5 m ja koejärjestely oli täydellinen faktorikoe neljänä toistona. Käsittelet arvottiin satunnaisesti koko alueelle. Käytetyt lannoitelajit ja -määrät ilmenevät taulukosta 1. Koska mukana on kolme lannoitelajia neljällä tasolla (0, 1, 2, 3) ja neljänä toistona, kokeeseen tuli  $4 \times 4^3 = 256$  koealaa. Koealueen pinta-ala on 4,0 ha. Keväällä 1976 lannoitus uusittiin käyttäen alkuperäisiä lannoiteyhdistelmiä ja -määräsuhteita (ks. taulukko 1). Samana kesänä koealat erotettiin toisistaan 20–30 cm syvillä naveroilla.

Kokeet perustettiin laajoina faktorikokeina siitä syystä, että niiden tarkoituksena oli alunperin lannoituksessa annettavien ra-



Kuva 1. Koekenttien sijainti.

Fig. 1. Location of the experimental fields.

Taulukko 1. Haukivahon ja Nuijanevan koekentillä eri lannoituskerroilla käytetyt lannoitteet ja lannoitemäärät.

Table 1. Types and amounts of fertilizers given at Haukivaho and Nuijaneva experimental fields.

Koealue — Experimental area	Lannoitus — Fertilization			Lannoitelaji <sup>1)</sup> — Fertilizer <sup>1)</sup>			
	tapa method	aika time	taso level	N	P <sub>h</sub>	P <sub>t</sub>	K
Haukivaho	Laikkulannoitus — Spot fertilization g/taimi — seedling, 0.25 m <sup>2</sup>	kevät	1	20	15	35	10
		1964	2	40	30	70	20
		spring	3	60	45	—	30
	Laikkulannoitus — Spot fertilization g/taimi — seedling, 1 m <sup>2</sup>	kevät	1	80	60	130	40
		1969	2	160	120	260	80
		spring	3	240	180	—	120
	Hajalannoitus — Broadcast fertilization kg/ha	kevät	1	270	225	500	125
		1976	2	540	450	1 000	250
		spring	3	810	675	—	375
Nuijaneva	Hajalannoitus — Broadcast fertilization kg/ha	syksy	1	400	300	—	200
		1965	2	800	600	—	400
		autumn	3	1 200	900	—	600
	Hajalannoitus — Broadcast fertilization kg/ha	kevät	1	270	225	—	125
		1976	2	540	450	—	250
		spring	3	810	675	—	375

<sup>1)</sup> N Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone (25 % N), 1976 (27.5 % N).

P<sub>h</sub> Hienofosfaatti — Rock phosphate (14 % P).

P<sub>t</sub> Tuomaskuona — Thomas phosphate (6.5 % P).

K Kalisuola — Muriate of potash (41.5 % K), 1969, 1976 (50 % K).

vinteiden määrien ja ravinnesuhteiden selvittäminen.

Viheriäisennevan koealue sijaitsee Ruoveden kunnassa (61° 50' N, 24° 14' E) Metsähallinnon Korkeakosken hoitoalueessa. Myös se on ollut suotyypiltään lyhytkortista nevaa. Alue on ympäröity ojilla jo aivan 1900-luvun alkuvuosina, mutta kuivatus oli hyvin heikko. Varsinainen ojitus tehtiin talvella 1966–67 ja alueelle perustettiin keväällä 1967 suomensäätieteen laitoksen toimesta metsänviljelykoe erilaisten maanpinnan käsittelyvaihtoehtojen vertailemiseksi. Koealat ovat kooltaan 35 m × 60 m ja niissä on 12 × 40 = 480 istutus- tai kylvökohtaa. Koealoja on 30 ja niihin on arvottu kuusi muokkaus/viljelytapayhdistelmää viitenä toistona. Metsänviljelyn yhteydessä kuhunkin istutus/kylvökohtaan annettiin 30 g suomaiden Y-lannosta (14 % N — 18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 7.9 % P — 10 % K<sub>2</sub>O = 8.3 % K) renkaaksi noin 15 cm:n säteellä tai-

men tai kylvökohdan ympärille. Keväällä 1976 alueelle perustettiin jatkolannoituskoe käyttäen kutakin maanmuokkaustapaa toistona (6 kpl) lannoituksen suhteen. Lannoiteyhdistelmät olivat 0, P, NP, PK, NPK, jossa P vastaa 550 kg/ha rakeista superfosfaattia (20 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 8.7 % P), N 400 kg/ha oulunsalpietaria (26 % N) ja K 150 kg/ha kalisuolaa (60 % K<sub>2</sub>O = 50 % K).

Haukivahossa inventoitiin elävien taimien määrä syksyllä 1965 (HEIKURAINEN ym. 1966). Syksyllä 1969 mitattiin kaikkien taimien pituus ja kahden viimeisen vuosikasvaimen (1968, 1969) pituudet. Nämä tulokset on jo julkaistu (MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970). Kevätkesällä 1971 tutkittiin alueella koivun taimien esiintymistä lannoituslaikuissa ja samalla selvitettiin istutuskohtien sijainti suon erilaisilla pienmuodoilla (tasapinta, painanne, ojaamaat, mätäs) (MANNERKOSKI 1972). Tätä tutkimusta varten mitattiin taimien pituus syk-

syllä 1975 ja neljän viimeisen vuoden pituuskasvut kymmenestä koealan keskipistettä lähinnä olevasta elävästä taimesta. Mitatut taimet edustavat 28 % koko taimimäärästä.

Nuijanevalla mitattiin syksyllä 1969 pituus ja vuosien 1968 ja 1969 pituuskasvut 20:stä koealan keskipistettä lähinnä olevasta taimesta ja tulokset on julkaistu jo aiemmin (MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970). Tätä tutkimusta varten mitattiin syksyllä 1975 pituus ja kahden viimeisen vuoden (1975, 1974) pituuskasvu kymmenestä koealan keskipistettä lähinnä olevasta taimesta. Samassa yhteydessä laskettiin metrin säteellä kustakin mitatusta männyn taimesta olevien luontaisesti syntyneiden koivun taimien lukumäärä ja valtataimen pituus mitattiin. Kaikki pituus- ja kasvumittaukset on tehty senttimetrin tarkkuudella.

Viheriäisennevan metsänviljelykokeen talmikkoa on mitattu syksyllä 1969, 1971 ja 1975. Tässä yhteydessä käytetään vain viimeisen mittauksen pituustuloksia.

Hirvivahingot inventoitiin kaikilta kolmelta koekentältä elokuussa 1978. Haukivahossa ja Nuijanevalla tutkittiin kymmenen koealan keskipistettä lähinnä olevaa tainta ja Viheriäisennevalla joka toinen ennen hirvituhoa elossa ollut taimi. Taimet luokiteltiin käyttäen seuraavaa luokitusta:

- 1 Hirvi ei ollut koskenut taimen.
- 2 Hirvi oli syönyt vain taimen sivuoksia.
- 3 Hirvi oli syönyt taimen latvakasvaimen.
- 4 Hirvi oli katkaissut taimen.
- 5 Taimi oli kuollut hirven syönnin seurauksena.

### 3. LANNOITUKSEN VAIKUTUS TAIMIEN PITUUSKEHITYKSEEN

#### 31. Haukivaho

##### 311. Vuonna 1964 annettu lannoitus

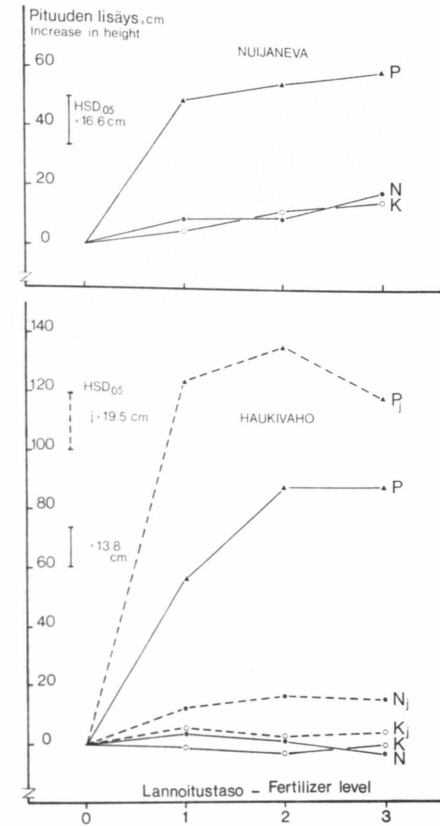
Taimien pituuskehitystä kuvaavina suureina käytettiin analyyseissä taimien pituutta vuosina 1971, -73 ja -75 sekä jaksojen 1972-73 ja 1974-75 pituuskasvuja. Tärkeimmät tulokset on esitetty kuvissa 2-4 ja taulukossa 2. Taimet olivat kesän 1975 lopulla, 12 kasvukautta kokeen perustamisesta, nollaruuduilla vähän yli puolen metrin pituisia ja P-lannoituksen saaneilla ruuduilla n. 1.5 m. Keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu lannoittamattomilla ruuduilla oli vain n. 5 cm ja tehokkaimmin lannoitetuilla 10-15 cm. Eri ravinteiden päävaikutuksia taimien pituuteen analysoitaessa kävi selvästi ilmi, että fosfori oli tärkein annetuista ravinteista (kuva 2). Pituus lisääntyi eniten siirryttäessä nollatasolta ensimmäiselle lannoitustasolle, jolloin pituuden lisäys oli noin

55 cm fosforin nollatasoon verrattuna. Toinen lannoitustaso lisäsi pituutta vielä noin 30 cm, mutta kolmannella tasolla ei ollut enää lisävaikutusta. Kaikkien fosforin tasojen vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä nollatasoon verrattuna ja taso 2 lisäsi pituutta vielä merkitsevästi tasoon 1 verrattuna. Kunkin ravinteen päävaikutuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että muiden ravinteiden keskimääräinen vaikutus on tällöin mukana tuloksessa. Typen ja kaliumin vaikutukset (fosforin vaikutus keskimääräisenä) eivät osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi. Pääravinteiden välillä ei osoittautunut olevan yhdysvaikutuksia (taulukko 2). Eri ravinteiden (N-, P-, K-) päävaikutukset taimien pituuskasvuun olivat hyvin samansuuntaiset kuin taimien pituuksia tarkasteltaessa. Fosfori aiheutti selvän pituuskasvun lisäyksen (vuosien 1974-75 pituuskasvu) ja taimien vuotuinen

Taulukko 2. Lannoituksen vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun. Varianssianalyysin F-arvot. Analyyseissä on tehty kovarianssikorjaus suonpinnan pienmuotojen vaikutusten suhteen. Haukivaho. Table 2. Effect of fertilization on height and height growth of the seedlings. F-values obtained in variance analysis. Covariance correction has been done in the analysis in order to cancel out the effect of the micro relief of the peatland surface. Haukivaho.

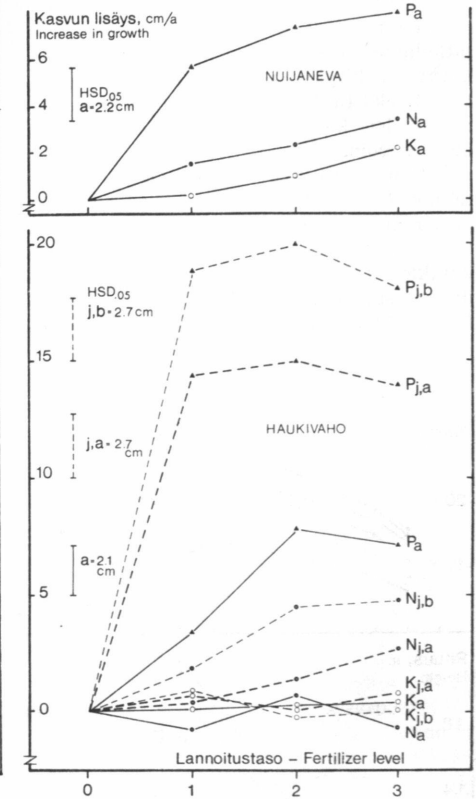
Tunnus - Parameter	Käsittely - Treatment		
	N	P	K
Lannoitus v. 1964 - Fertilization in 1964			
Pituus -75 - Height .....	1.92	106.31***	0.46
Pituus -73 - Height .....	2.07	102.06***	0.61
Pituus -71 - Height .....	1.97	82.00***	0.77
Pit. kasvu -74-75 - Height growth .....	0.99	37.76***	0.10
Pit. kasvu -72-73 - Height growth .....	1.25	70.52***	0.30
Lann. v. 1964 ja 1969 - Fertil. in 1964 and 1969			
Pituus -75 - Height .....	2.29	108.52***	0.35
Pituus -73 - Height .....	2.35	98.30***	0.62
Pituus -71 - Height .....	2.07	65.40***	0.73
Pit. kasvu -74-75 - Height growth .....	2.82	70.64***	0.30
Pit. kasvu -72-73 - Height growth .....	10.22***	120.56***	0.21

F-arvojen merkitsevyys: \*\*\* - 0.1 %:n riski, \*\* - 1 %:n riski, \* - 5%:n riski.



Kuva 2. Eri ravinteiden päävaikutukset taimien pituuteen (1975) Nuijanevan ja Haukivahon koe- kentillä. Haukivahosta on esitetty erikseen jatko- lannoitetun (katkoviiva, j) ja -lannoittamattoman aineiston tulokset. Nuijanevalla pisteet ovat 64 ja Haukivahossa vastaavasti 32 havainnon keski- arvoja. Esitettyjä HSD (Honestly Significant Difference) arvoja voidaan käyttää vain lannoitustasojen vertailuun. Kunkin ravinteen kuvaa- jassa on muiden kahden vaikutus mukana keski- määräisenä.

Fig. 2. Main effects of the different nutrients on seedling height (1975) at Nuijaneva and Haukivaho. The results for the refertilized (broken line, j) and non-refertilized material from Haukivaho are presented separately. The points for Nuijaneva are means of 64 observations and for Haukivaho 32. The HSD (Honestly Significant Difference) values presented can only be used in comparing fertilizer levels. In the analysis of the effect of each nutrient, the mean effects of the two others are included.



Kuva 3. Eri ravinteiden päävaikutukset taimien pituuskasvuun. a = vuosien 1974-75 ja b = vuosien 1972-73 pituuskasvu. Selitykset kuten kuvassa 2.

Fig. 3. The main effects of different nutrients on the height growth of the seedlings. a = height growth in years 1974-75, b = 1972-73. See Fig. 2 for explanation of figure.

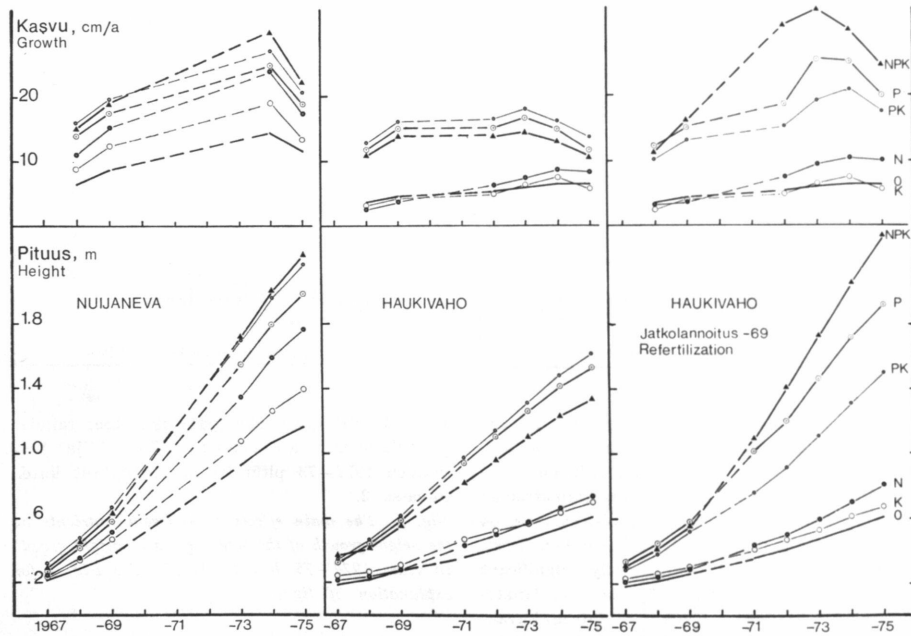
kasvu pienimmällä fosforin tasolla oli lähes 4 cm ja toisella tasolla jo 8 cm nollatasoa suurempi. Fosforin suurin taso ei enää parantanut kasvua. Typen ja kaliumin lisääminen ei parantanut taimien kasvua nollatasoon verrattuna (kuva 3). Pituus- kasvuakaan analysoitaessa ei ilmennyt ravinteiden välisiä yhdysvaikutuksia.

## 312. Jatkolannoitus

Vuonna 1969 osalla koealoista tehdyn jatkolannoituksen vaikutuksia pituuden ja kasvun kehitykseen on esitetty kuvissa 2, 3 ja 4 sekä taulukossa 2. Kuvissa jatkolannoitettujen koealojen tulokset on merkitty katkoviivoin.

Jatkolannoituksen vaikutus, jolla ymmärretään tässä jatkolannoitetun ja toisaalta jatkolannoittamattoman aineiston tulosten eroa, osoittautui tilastollisesti merkitseväksi kaikkien tutkittujen pituus- ja kasvutun-  
nusten suhteen. Jatkolannoituksen ja fosforin välillä esiintyi aina merkitsevä yhdys-

vaikutus. Fosforin päävaikutus tutkittaviin tunnuksiin säilyi kuitenkin merkitsevänä verrattaessa sitä em. yhdysvaikutukseen, mutta jatkolannoituksen vastaava testiarvo jäi alle 5 %:n luotettavuusrajan. Edellä mainittu F-arvo kuitenkin kasvaa iän mukana, vaikkei olekaan vielä v. 1975 merkitsevä ja fosforin päävaikutuksen yhdysvaikutuksesta korjattu F-arvo vastaavasti pienenee säilyen kuitenkin tilastollisesti merkitsevänä. Tulos osoittaa ensimmäisen lannoituksen vaikutuksen jatkuvasti pienenevän ja jatkolannoituksen merkityksen kasvavan. Vuosien 1972–73 ja 1974–



Kuva 4. Pituuden ja pituuskasvun kehitys Nuijanevan ja Haukivahon (erikseen jatkolannoitettu ja lannoittamaton aineisto) koekentillä. Kuvaajien pisteet ovat niiden koealojen keskiarvoja, joilla vain mainittu ravinne on eri tasoillaan. PK- ja NPK-kuvaajissa ovat mukana vain ne yhdistelmät, joissa kunkin ravinteiden taso on sama. Nuijanevan pisteet ovat 12 koealan, Haukivahon vastaavasti 6 koealan keskiarvoja (0-ruutuja vain 4).

Fig. 4. Height and height growth development at Nuijaneva and Haukivaho (refertilized and non-refertilized material presented separately). The results of those sample plots in which only the named nutrient is at different levels are presented. Only those combinations in which the level of all nutrients is the same are included in the results for PK and NPK fertilization. The points for Nuijaneva are means of 12 sample plots and for Haukivaho 6 (only 4 control plots).

75 pituuskasvuja tarkasteltaessa eivät fosforin ja jatkolannoituksen päävaikutukset olleet merkitseviä verrattaessa niitä niiden väliseen yhdysvaikutukseen. Syynä on toisaalta fosforin eri tasojen suuret erot ja toisaalta jatkolannoitettujen ja -lannoittamattomien suuret erot, jotka aiheuttavat hajontaa päävaikutuksiin. Jatkolannoituksen ja fosforin merkitsevä yhdysvaikutus osoittaa fosforijatkolannoituksen parantavan kasvua merkitsevästi verrattuna niihin tapauksiin, joissa fosforia ei jatkolannoituksessa ole annettu. Myös typen päävaikutuksen testiarvot olivat merkitseviä vuosien 1972–73 pituuskasvun ja vuoden 1971 pituuden suhteen. Näistä edellinen korjattuna typen ja jatkolannoituksen yhdysvaikutuksella ei osoittautunut merkitseväksi. Typen päävaikutus johtuu jatkolannoituksessa annetusta typestä. Tätä tukee myös se, että jatkolannoitetussa aineistossa (taulukko 2) typen päävaikutus on merkitsevä, mutta jatkolannoittamattomassa ei ole.

Kuvassa 4 on esitetty erikseen jatkolannoitetun ja -lannoittamattoman aineiston taimien pituuden ja pituuskasvun kehitys. Vuoden 1970 pituuksia ei ole mitattu. Kuvaajissa ovat mukana vain ruudut, jotka ovat saaneet siinä mainitun lannoituksen, esim. P-kuvaajissa ovat mukana ruudut, jotka ovat saaneet fosforilannoituksen tasoilla 1–3, mutta ei muita ravinteita. PK- ja NPK-kuvaajissa ovat mukana ne koealat, joilla mainitut ravinteet esiintyvät samalla tasolla, esim.  $P_1K_1$ ,  $P_2K_2$ ,  $P_3K_3$ . Sama nollataso kuvaaja on merkitty sekä jatkolannoitetun että -lannoittamattoman aineiston kuvaan.

Pelkkää tyypä tai kaliumia saaneilla ruuduilla pituuden kehitys on ollut jokseenkin samanlainen sekä jatkolannoitetussa että -lannoittamattomassa aineistossa. Sen sijaan sekä jatkolannoituksessa että aiemmassa lannoituksessa pelkkää fosforia saaneet taimet ovat selvästi parantaneet kasvuaan vuoden 1969 jälkeen. Parhaaksi yhdistelmäksi on jatkolannoituksen jälkeen noussut NPK, jonka vaikutuksessa näkyy fosforin lisäksi jo aiemmin mainittu typen merkitsevästi kasvua lisäävä vaikutus (taulukko 2).

Vuoden 1970 pituustuloksen puuttuminen aiheuttaa kahden vuoden aukon pituuskasvun kuvaajiin. Tämä vaikeuttaa jossain

määrin kasvun kulminoimisajankohdan määrittämistä. Näyttää kuitenkin siltä, että vuoden 1964 lannoitusvaikutuksen kulminaatio on tapahtunut vuosina 1970–72. Jatkolannoitetussa aineistossa NPK-lannoitettujen taimien kasvu näyttää kulmoituneen vuonna –73 ja PK-lannoituksen saaneiden vuotta myöhemmin. Niinikään näyttää siltä, että NPK- jatkolannoituksen saaneilla ruuduilla kasvu on lisääntynyt nopeammin kuin niillä ruuduilla, jotka eivät ole saaneet tyypä jatkolannoituksessa. Tätäkin vertailua vaikeuttaa aiemmin mainittujen pituuskasvulukujen puuttuminen kuvaajasta. Kuvan 4 pituuskasvun kehityskuvaajasta voidaan kuitenkin havaita vuonna 1964 laikkulannoituksena annetun hienofosfaatin vaikutuksen jatkuvan vielä vuonna 1975 (ks. myös taulukko 2).

## 313. Tuomaskuona

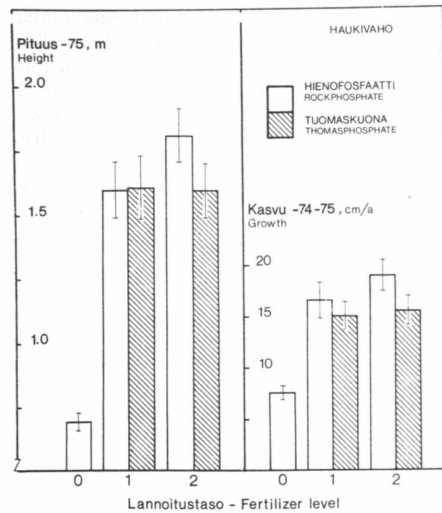
Haukivahon koealueella vertailtiin myös hienofosfaattia ja tuomaskuonaa fosforilannoitteen tasoilla 1 ja 2 (ks. taulukko 1). Hienofosfaatin vaikutukset on esitetty jo edellisissä kappaleissa.

Myös tuomaskuonan vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun on ollut selvästi nollatasosta poikkeava (kuva 5). Ensimmäisellä lannoitustasolla kumpikin lannoitelaji on antanut jokseenkin saman tuloksen, mutta siirryttäessä toiselle lannoitustasolle hienofosfaatin vaikutus pituuteen ja pituuskasvuun on selvästi lisääntynyt, mutta tuomaskuonan määrän lisääminen ei ole enää parantanut tulosta (ks. myös MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970).

Taulukossa 3 on esitetty lannoitelajiver-  
tailun varianssianalyysien testiarvot. Lannoitelajien ja -tasojen päävaikutukset eivät osoittautuneet testeissä tilastollisesti merkitseviksi eri vuosien pituustunnuksia analysoitaessa. Sen sijaan em. tekijöiden yhdysvaikutusten F-arvot olivat merkitseviä. Tämä johtuu siitä, että alemmalla lannoitustasolla lannoitelajien välillä ei ole eroa, mutta ylemmällä tasolla hienofosfaatin vaikutus on selvästi suurempi.

Yhdysvaikutuksen testiarvot alenevat säännömukaisesti siirryttäessä vuoden 1971 pituustunnuksista vuoden 1975 pituuteen. Vastaavasti lannoitelajien välistä eroa kuvaava testiarvo kasvaa, mutta ei ole vielä





Kuva 5. Hienofosfaatin ja tuomaskuonan vertailu. Taimien pituus ja pituuskasvu. Keskiarvopylväisiin on merkitty 95 %:n luotettavuusrajat ( $n = 64$ ).

Fig. 5. Comparison of the results given by fine-ground rock phosphate and Thomas phosphate. Height and height growth of the seedlings. The 95 % confidence limits ( $n = 64$ ) are marked on the mean columns.

vuoden 1975 pituudessa tilastollisesti merkitsevä. Selvimmin lannoitelajien välisen eron kasvaminen näkyy siinä, että vuosien 1972–73 pituuskasvussa ei lannoitelajien välillä

Taulukko 3. Hienofosfaatin ja tuomaskuonan vertailu. Taimien pituuden ja pituuskasvun varianssi-analyysien F-arvot. Haukivaho.

Table 3. Comparison of the results given by fine-ground rock phosphate and Thomas phosphate. F-values obtained in variance analysis of seedling height and height growth. Haukivaho.

Tunnus - Parameter	Käsittely - Treatment	Fosforilaji - Fertilizer type	Lannoitustaso - Fertilizer level	Yhdysvaikutus - Interaction
Pituus -75 - Height		3.48	3.42	4.00*
Pituus -73 - Height		1.73	2.96	4.65*
Pituus -71 - Height		0.68	2.87	5.86*
Pit. kasvu -74-75 - Height growth		10.01**	3.85*	1.68
Pit. kasvu -72-73 - Height growth		3.83	2.20	2.01

ollut merkitsevää eroa, mutta vuosien 1974–75 kasvussa ero oli selvä sekä lannoitelajien että -tasojen välillä. Tuomaskuonan lannoitusvaikutus näyttää siis heikkenevän nopeammin kuin hienofosfaatin.

### 314. Suonpinnan pienmuodot

Haukivahon koekentällä inventoitiin vuonna 1971 istutuskohtien jakautuminen eri pienmuodoille kullakin koeruudulla. Seuraavassa asetelmassa on esitetty eri pienmuotojen regressiokertoimet ja t-arvot (regressiokertoimen poikkeaminen nolasta) kovarianssianalyseista, joissa taimien pituus 1975 oli selitettävänä muuttujana.

	b	t
tasapinta	1.442	3.75***
painanne	-0.048	0.11
ojamaat	1.651	3.17**
mätäs	-1.606	5.24***

Eri pienmuotojen osuudet korreloivat keskenään, joten ne ovat olleet analyyseissä mukana yksi kerrallaan. Luokittelevina muuttujina näissä analyyseissä ovat olleet jatkolannoitus ja pääravinteet (N, P, K).

Asetelman luvuista käy selvästi ilmi, että koeruudun taimien pituuskeskiarvo on sitä suurempi mitä suurempi osuus istutuskohdista on sattunut tasapinnalle tai ojamaiden päälle. Sen sijaan painanteiden ja ennen kaikkea mätäspintojen suuri osuus on vaikuttanut negatiivisesti. Ojamailla on muokkausvaikutus ja toisaalta ojamaiden

runkaus on merkki avo-ojan läheisyydestä ja siten mahdollisesti paremmasta kuiva- tuksesta. Koekentän mättäät ovat pääasiassa ruskean rahkasammalen (*Sphagnum fuscum*) muodostamia, joten huono kasvu selittynee ainakin osittain tunnetusti niukalla ravinteisuudella. Käytetty kuiva- tus ja ravinteiden lisäys ei näytä poistaneen koekentällä alkuperäisiä pienmuodoista joh- tavia eroja kasvuolosuhteissa. Edellä maini- tuista syistä lannoitusvaikutusten analy- sointiin on käytetty kovarianssianalyysiä, jossa mm. pienmuotojen vaikutukset on voitu ottaa huomioon ja pitää erillään lan- noituksen vaikutuksista. Käytetyt kovari- anssimallit, joissa oli mukana lannoitus- käsittelyjen lisäksi pienmuotojen vaikutus, selittivät 85–90 % taimien pituuden ja kasvun vaihtelusta.

### 32. Nuijaneva

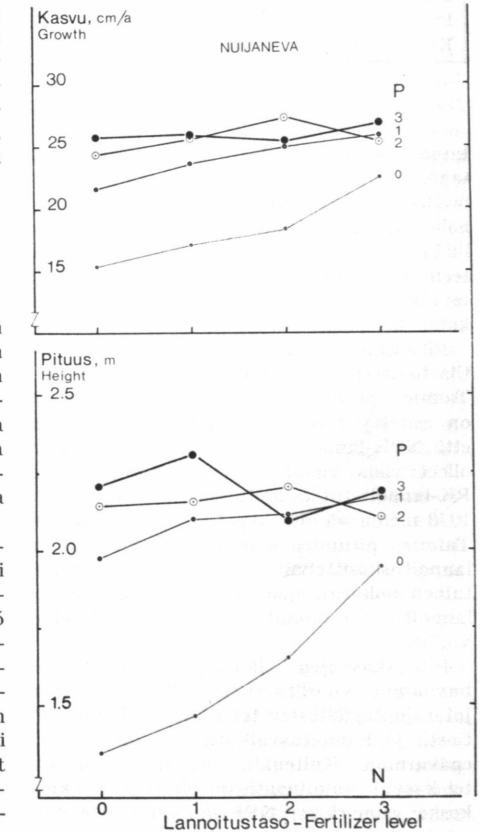
#### 321. Männyntaimet

Taimiston pituuskehitystä inventoitiin viimeksi syksyllä 1975 ja tämän inventoinnin tuloksia esitellään seuraavassa. Taimien kehitystä kuvaavina tunnuksina on käytetty taimien pituuskasvua (1974–75) ja taimien pituutta syksyllä -73, -74 ja -75. Pituuskehityksen tärkeimmät tulokset on esitetty kuvissa 2–4, 6 ja taulukossa 4 sekä liitteissä 2, 6 ja 8.

Fosfori osoittautui myös Nuijanevan koekentällä tärkeimmäksi kasvua lisääväksi ravinteeksi. Pienimmän fosforimäärän aiheuttama pituuden lisäys vuoden 1975 pituuteen oli puoli metriä fosforin nol- latasoon verrattuna. Suurimman fosforimää- rän vaikutus pituuteen oli edelliseen verrat- tuna vain n. 10 cm. Kaikkien fosforitasojen vaikutus pituuteen poikkesi merkitsevästi nolasta, mutta tasojen väliset erot eivät olleet merkitseviä. Muiden ravinteiden pää- vaikutukset pituustunnuksiin eivät osoit- tautuneet tilastollisesti merkitseviksi (ku- va 2). Typen ja kaliumin testiarvot kasva- vat pituustunnuksen analyyseissä aikaisem- mista (-73) myöhempiin arvoihin ja v. 1975 pituudessa typen vaikutuksen F-arvo oli jo merkitsevä (taulukko 4). Typellä ja fosforilla oli myös merkitsevä yhdysvai- kutus, joka johtuu siitä, että typpi on lisän- nyt taimien pituutta silloin, kun fosfori on

nollatasolla, mutta fosforin muilla tasoilla typen vaikutusta ei ole voitu erottaa (kuva 6). Yhdysvaikutuksella korjattuna typen päävaikutuksen testiarvo ei ollut enää mer- kitsevä (taulukko 4).

Kaikkien kolmen ravinteen päävaikutuk- set osoittautuivat merkitseviksi taimien kahden viimeisen kasvukauden pituuskasvu analysoitaessa (ks. kuva 3). Fosforin kaikki



Kuva 6. Typen ja fosforin yhdysvaikutus taimien pituuteen (tilastollisesti merkitsevä) ja vuosien 1974–75 pituuskasvuun (ei merkitsevä) Nuijanevalla.

Fig. 6. The interaction of nitrogen and phosphorus on seedling height (statistically significant) and height growth in the years 1974–75 (not significant) at Nuijaneva.

Taulukko 4. Lannoituksen vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun. Varianssianalyysien F-arvot. Vain tilastollisesti merkisevät yhdysvaikutukset on esitetty taulukossa. Nuijaneva.  
Table 4. Effect of fertilization on seedling height and height growth. F-values obtained in variance analysis. Only statistically significant interactions are shown in the table. Nuijaneva.

Tunnus — Parameter	Käsittely — Treatment					
	N	P	K	NxP	N/NxP	P/NxP
Pituus —75 — Height .....	2.76*	36.54***	2.28	2.48*	1.11	14.75***
Pituus —74 — Height .....	2.38	35.30***	2.13	2.59**	0.52	13.60**
Pituus —73 — Height .....	1.78	33.00***	2.00	2.76**		
Kasvu —74—75 — Height growth ...	5.68***	32.93***	2.71*	1.38		

tasot poikkesivat nolasta, mutta eivät toisistaan. Vastaavasti typen kaksi suurinta lannoitustasoa ja kaliumin ylin taso poikkesivat nolasta, mutta lannoitustasojen 1–3 välillä ei ollut eroja. Kunkin yksittäisen ravinteen päävaikutuksia analysoitaessa ovat muiden ravinteiden vaikutukset olleet mukana keskimääräisinä.

Pituuskasvun analyyseissä ei esiintynyt tilastollisesti merkitseviä yhdysvaikutuksia. Taimien pituuden ja pituuskasvun kehitys on esitetty kuvassa 4. Kuvasta nähdään, että NPK-lannoituksen saaneet taimet ovat olleet vielä vuonna 1969 lyhyempiä kuin PK-lannoitetut taimet, mutta ovat vuoteen 1973 mennessä ohittaneet viimeksi mainitun. Taimien pituuden kehitys on ollut kaikilla lannoituskäsittelyillä jokseenkin samansuuntainen nollaruutujen kasvun kanssa, mutta lannoitus on luonut tasoeroja käsittelyjen välille.

Pituuskasvujen aikasarjoista puuttuvat havainnot vuosilta 1970–73 (4 vuotta), joten johtopäätösten teko kasvun kulminaatista ja lannoitusvaikutuksen kestosta on epävarmaa. Kuitenkin voidaan olettaa, ettei kasvun kulminaatista ole pitkää aikaa, koska esimerkiksi NPK-lannoitettujen taimien pituuskasvu oli v. 1974 vielä 30.0 cm ja jakson 1970–73 keskimääräinen vuotuinen kasvu oli 27.0 cm. Vuoden 1975 pituuskasvut ovat olleet selvästi edellisvuotisista pienempiä, mutta huomattava osa tästä voidaan laskea kesän 1974 epäedullisten kasvuolosuhteiden (erittäin suuri sademäärä) osalle. Käytettävissä oleva lyhyt aikasarja ei anna mahdollisuuksia pitemmälle mene-

viin arvioihin lannoitusvaikutuksen kestosta. Voidaan vain todeta, että lannoitusvaikutus on vielä 10 kasvukauden kuluttua lannoituksesta selvästi näkyvissä.

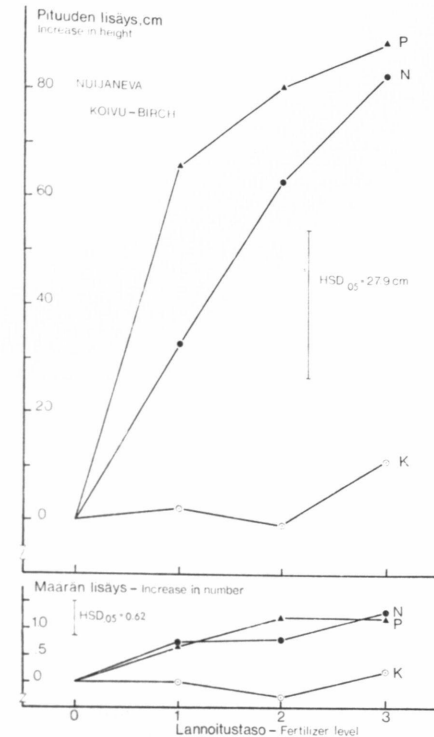
### 32. Luontaisesti syntyneet koivuntaimet

Nuijanevan koekentällä tutkittiin myös luontaisesti alueelle tulleiden koivun taimien määrää ja pituutta. Lannoituksella oli analyyssien mukaan erittäin selvä vaikutus koivujen lukumäärään ja pituuskehitykseen. Sekä fosforin että typen päävaikutukset osoittautuivat tilastollisesti erittäin merkitseviksi. Varianssianalyysien F-arvot on esitetty seuraavassa asetelmassa.

	N	P	K
Koivujen määrä	8.79***	10.66***	1.76
Koivujen pituus	23.12***	28.48***	0.55

Sekä typen että fosforin kaikki tasot poikkeavat merkittävästi nollasta, samoin typen tasot 1 ja 2 (koivujen pituuden analysoinnissa) poikkesivat toisistaan. Sen sijaan annetut fosforimäärät ja vastaavasti typen kaksi ylintä tasoa eivät poikenneet merkittävästi toisistaan, joskin lannoitusvaikutuksen suunta oli edelleen nouseva (kuva 7).

Koeruduilla olevien koivujen lukumäärän ja valtapituuden vaikutusta männyn taimien kehitykseen tutkittiin kovarianssianalyysillä, joissa koivutunnukset olivat regressiomuuttujina. Tulosten mukaan koivujen esiintymisen ja männyn taimien kehityksen välillä vallitsee positiivinen vuorosuhde,



Kuva 7. Eri ravinteiden päävaikutukset koivujen pituuteen ja määrään Nuijanevan koekentällä. Selitykset kuten kuvassa 2.

Fig. 7. Main effects of different nutrients on the height and number of birch seedlings at Nuijaneva. See Fig. 2 for explanation of figure.

mitä paremmin koivu menestyy sitä paremmin kasvaa myös mänty. Molemmat puulajit ovat luonnollisesti samoista kasvutekijöistä riippuvaisia, tässä tapauksessa ravinteista ja kuivatuksesta, joten näin karulla suolla lannoituskäsittelyistä riippuva kasvun suunta on ymmärrettävissä. Paikoitellen runsaat koivumäärät (jopa 5–7 koivua 1 m:n säteellä taimen ympärillä) eivät siis näytä keskimäärin vaikuttaneen männyn kasvuun negatiivisesti. Seuraavassa asetelmassa on esitetty vuosien 1974–75 pituuskasvun kovarianssianalyysissä saadut regressiokertoimet ja testi-arvot koivujen esiintymisen ja männyn kasvun vuorosuhteelle.

	b	t
Koivujen lkm .....	0.779	4.23***
Koivujen pituus .....	0.211	5.24***

Tässä yhteydessä on huomattava, että koivut olivat mitattaessa keskimäärin n. puolimetriä männyn taimia lyhyempiä (liitteet 6 ja 13).

### 33. Tulosten tarkastelu

Fosfori osoittautui sekä Haukivahon että Nuijanevan koekentällä tärkeimmäksi taimien pituuskasvua lisääväksi ravinteeksi. Tulos on yhdenmukainen turvemaiden mäntytaimikkojen lannoituskokeissa aiemmin saatuun tulosten kanssa (esim. ZEHETMAYR 1954, HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, MESHECHOK 1968, MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970, KAUNISTO 1972, BRAEKKE 1977). Lisäksi todettiin jo pienimmän käytetyn lannoitemäärän antavan hyvän tuloksen (esim. HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, MESHECHOK 1968, MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970, SEPPÄLÄ 1971, KAUNISTO 1975).

Useissa kokeissa on todettu karulla rahkaturvealustalla saatavan myös tyypellä positiivinen kasvureaktio (esim. PAAVILAINEN 1970, KAUNISTO 1972, BRAEKKE 1977). Haukivahossa ensimmäisessä laikkulannoituksessa annettu typpi ja kalium eivät näytä millään tavoin vaikuttaneen taimien kasvuun. Tilanne oli samanlainen myös Nuijanevalla kokeen alkuvaiheessa (ks. MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970). Nuijanevalla typen ja kaliumin vaikutus on vähemmän vuosien kuluessa kuitenkin voimistunut ja oli jo vuosien 1974–75 pituuskasvun analyyseissä merkitsevä. Niinikään Nuijanevalla on typpi lisännyt taimien kasvua silloin, kun fosfori on ollut nollassa, lähes saman verran kuin pelkkä fosforilannoitus. Sen sijaan tapauksissa, joissa taimet ovat saaneet fosforilannoituksen, typen vaikutusta ei ole voitu havaita (kuva 6).

Koivujen esiintyminen korreloi Nuijanevalla fosforilannoituksen lisäksi myös typpi-lannoituksen kanssa (vrt. HUIKARI ja PAARLAHTI 1966, MANNERKOSKI ja SEPPÄLÄ 1970, MANNERKOSKI 1972). KAUNISTO (1972) sen sijaan totesi fosforin yksinomaiseksi vaikut-

tajaksi rahkanevalla. Nuijanevalla typen vaikutus osoittautui selvästi suuremmaksi koivujen kuin mäntyjen pituuskehitykseen. Tulos on yhdenmukainen aikaisempien selvitysten kanssa ja johtuneet koivun suuremmista vaatimuksista typen suhteen (vrt. PAAVILAINEN 1970, MANNERKOSKI 1972).

Nuijanevan koeruudut lannoitettiin hajanlannoituksena eikä koealojen väliin jäänyt varsinaisia vaippoja. Näin ollen tyyppiä ja kaliumlannoituksen saaneiden taimien juuret ovat saattaneet kasvaa fosforiruutujen puolelle, ja taimet ovat siten saaneet käyttöönsä uusia fosforivaroja. On kuitenkin todennäköistä, että vain koealan reunaosissa olevien taimien juuristot ovat kyenneet merkittävässä määrin kasvamaan viereiselle koealalle. Tämän virhelähteen vaikutus pyrittiinkin ottamaan huomioon jo inventointia suunniteltaessa ja otannassa mitattaviksi tuli kymmenen koealan keskipistettä lähintä tainta. Koealalle jäi siten keskimäärin 2–3 taimirivin muodostama vaippa viereistä lannoituskäsittelyä vastaan, mikä merkitsi keskimäärin 3–4 metrin matkaa mitatuista taimista viereisen ruudun rajalle. Näin ollen on epätodennäköistä, että mitattujen taimien ravinteiden otto olisi merkittävässä määrin yltänyt oman koealan ulkopuolelle.

Lannoituskäsittelyt on sijoitettu koekentille arpomalla eikä kenttiä ole jaettu lohkoihin. Koejäsenet saattavat siten olla jakautuneina epätasaisesti koekenttien eri osiin, jolloin alueiden epähomogeenisuus esim. ravinteisuuden tai kuivatuksen suhteen voi vaikuttaa tuloksiin. Esimerkiksi Nuijanevalla typen kahta ylintä tasoa edustavia koeruutuja on sijoittunut yli 5 % niiden normaalia osuutta enemmän salaojien päälle tai niiden välittömään läheisyyteen. Vastaavilla paikoilla on lähes 10 %:n aliedustus typen nolla- ja 1-tasoa edustavista koeruuduista. Ojien kohdalla koivuja esiintyi yleensä eniten. Näin ollen on mahdollista, että tyyppilannoituksen «myöhästynyt» vaikutus mäntyjen kasvuun on seurausta koivujen juuriston ja karikkeiden positiivisesta biologisesta vaikutuksesta.

Samoin pelkkää kaliumia 2-tasolla saaneet koeruudut ovat sijoittuneet koekentällä suurena määrin samaan kohtaan, joka on ennen ojitusta ollut ympäristöään märempi painanne ja alueen kuivatus näyttää edel-

leen ympäristöään heikommalta. K<sub>2</sub>-ruutujen taimet olivat viimeisessä inventoinnissa selvästi lannoittamattomien koealojen taimia lyhyempiä (liite 2).

Koekentän epähomogeenisuudella täysin arvottua koejärjestelyä käytettäessä on siis mahdollisesti ollut tuloksia vinouttavia vaikutuksia, joita ei ole voitu Nuijanevan koekentällä laskennallisesti ottaa huomioon analyyseissä. Haukivahon koekentällä koeruutujen istutuskohtien jakautuminen eri pienmuotojen osalle (tasapinta, painanne, ojamaat, mätäs) oli tiedossa aikaisempien inventointien perusteella ja niiden vaikutus voitiin eliminoida lannoitustuloksista kovarianssianalyyseissä. Tasapinta ja ojamaat vaikuttivat taimien kasvuun merkitsevästi positiivisesti, kun istutuskohtien suuri rahkamätäsosuus vaikutti päinvastaisesti.

Yllä mainittu viittaa siihen, että alkuperäisen kasvupaikkatyyppin (tasapinnat lyhytkortista nevaa, mättäät rahkanevaa) vaikutus säilyy kasvutuloksissa lannoituksen jälkeenkin (vrt. esim. HEIKURAINEN ja LAINE 1976, HEIKURAINEN 1977). Sama on nähtävissä myös Haukivahon ja Nuijanevan koekenttien tuloksia keskenään verrattaessa (liitteet 1 ja 2, 5–8). Nuijaneva on alkuperäiseltä suotyypiltään minerotrofista lyhytkortista nevaa ja Haukivaho ombrotrofista, rahkamättäistä lyhytkortista nevaa. Yllä mainittujen kasvupaikkojen ero käytännön suoluokituksessa on suhteellisen pieni, mutta kasvutuloksissa erot ovat varsin selviä. Nuijanevalla lannoittamattomien koealojen taimet olivat viimeksi inventoitaessa lähes yhtä pitkiä kuin kertaalleen NPK-laikkulannoituksen saaneet taimet Haukivahossa, jossa kahteen kertaan (1964, 1969) tehty NPK-laikkulannoitus on johtanut suunnilleen samaan tulokseen kuin Nuijanevalla kertalannoitus. Parhaimpien lannoitekombinaatioiden keskimääräiset vuotuiset pituuskasvut maksimissaan yltävät vain n. 30 cm:iin (Haukivahossa kertaalleen lannoitetut taimet jäävät alle 20 cm:n), joten näin karuilla soilla ei tehokkaallakaan lannoituksella päästäne todella suuriin kasvutuloksiin.

Lannoituksen kestosta ei tämän tutkimuksen tulosten mukaan voida tehdä lopullisia johtopäätöksiä, koska käytettävissä olevat kasvun aikasarjat ovat liian lyhyitä ja niissä on aukkoja. Lähinnä fosforilannoituksella

aikaansaadun kasvun kulminaatio näyttää Haukivahossa sattuneen 6–8 vuotta lannoituksen jälkeen (kerran lannoitettu aineisto). Jatkolannoitetussa aineistossa typen vaikutus näyttää kulminoituvan neljä vuotta lannoituksesta ja fosforin ko viiden vuoden kuluttua. Jatkolannoituksen vaikutus näyttää siis kulminoituvan aikaisemmin kuin ensimmäisen lannoituksen, mutta aikasarjan lyhyys ja puuttuvat kasvuvuodet eivät salli tarkempaa analysointia. Kasvun pienenemisen tarkastelua vaikutusta edelleen se, että sarjan viimeinen vuosi on 1975. Edellisen vuoden (1974) turvemaita ajatellen erittäin epäedulliset sääolosuhteet (poikkeuksellisen suuri sademäärä) vaikuttavat v. 1975 kasvuun alentavasti (vrt. myös KAUNISTO 1977).

Lannoituksen, erityisesti fosforilannoituksen, kesto laikkulannoituksenakin annettuna on Haukivahon koekentällä selvä vielä 12 kasvukauden kuluttua lannoituksesta ja hajanlannoituksen vaikutus näkyi Nuijanevalla vielä 10 kasvukauden jälkeen (kuva 4).

Laikkulannoituksen vaikutusaika on tulojen mukaan ollut jonkin verran pitempi kuin aikaisemmissa kokeissa on esitetty (vrt. KARSISTO 1972, 1974, KAUNISTO 1977, PAAVILAINEN 1977 b). Lannoituksen kestoa

tarkasteltaessa on lannoitettujen ruutujen kasvua verrattu 0-ruutujen kasvuun. Nollaruudut eivät tosin ole aivan virheetön kontrolli, koska niiden kasvu tiettyssä iässä on pituuserojen vuoksi eri kehitysvaiheessa kuin lannoitettujen ruutujen taimien kasvu.

Suoritettulla jatkolannoituksella näyttää olevan suhteellisen lyhyt vaikutusaika, varsinkin mitä tulee typen vaikutukseen fosforin lisänä. Ensimmäinen jatkolannoituskin tehtiin Haukivahossa vielä laikkulannoituksena, mikä ehkä osaltaan lyhentää vaikutusaikaa.

Fosforilannoitelajien (hienofosfaatti, tuomaskuona) vertailu Haukivahossa osoitti, että pieneköjä lannoitettua käytettäessä kumpikin antaa jokseenkin saman kasvunlisäyksen. Hienofosfaattianoksen lisääminen paransi vielä kasvutulosta, mutta tuomaskuona-annoksen suurentamisella ei ollut enää merkitystä. Tuomaskuonan keskimäärin lievästi heikompi vaikutus pitää yhtä norjalaisten havaintojen kanssa (MESHECHOK 1968).

Pääravinteiden ravinnesuhteiden analyysiin kunkin ravinnekombinaation neljä toistoa osoittautuivat riittämättömiksi. Ravinnekombinaatiokohtaiset tulokset (n = 4) on esitetty liitteissä 1 ja 2.



#### 4. LANNOITUKSEN VAIKUTUS HIRVITUHOJEN ESIINTYMISEEN

##### 41. Haukivaho

Haukivahon ja Nuijanevan koekentät lannoitettiin keväällä 1976 uudelleen samoin lannoitetyhdistelmin kuin aikaisemmillä kerralla. Tällä kertaa kukin ruutu sai hajalannoituksen myös Haukivahossa. Kummallakin koekentällä havaittiin varsin laajoja hirvituhoja talvien 1976-77 ja 1977-78 jälkeen ja tuhojen esiintymisen laatu ja laajuus inventoitiin kesällä 1978 (kuva 8).

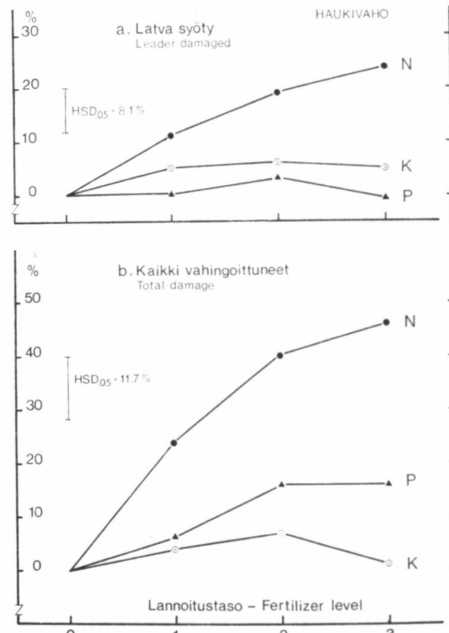
Typpi osoittautui Haukivahossa selvästi tärkeimmäksi hirvituhoja lisääväksi ravinteeksi (kuva 9). Typen kaksi ylintä lannoitustasoa lisäsi hirvien vahingoittamien taimien määrää yli 40 %-yksikköä. Fosforin vaikutus jäi vastaavasti alle 20 %-yksikön ja kaliumilla ei ollut mitään vaikutusta (kuva 9). Latvakasvainvioletuksiin typen vaikutus oli samansuuntainen kuin kaikkien vahingoitettujen taimien kohdalla, mutta fosforilla ja kaliumilla ei todettu vaikutuksia.

Eri ravinteiden vaikutusten analyysin testiarvot on esitetty taulukossa 5. Pelkässä varianssianalyysissä typen päävaikutuksen lisäksi fosforin vaikutus oli merkitsevä koskemattomien taimien, vain sivuoksista syötyjen taimien ja hirvien tappamien tai-



Kuva 8. Hirvituhojen jälkiä mäntytaimikossa Haukivahon koekentällä. Kuva K. Ouni.  
Fig. 8. Pine seedlings damaged by elk at Haukivaho. Photo K. Ouni.

mien analyyseissä. Myös vuonna 1969 annetun jatkolannoituksen vaikutukset hirvituhoihin olivat tilastollisesti merkitseviä. Tulokset laskettiin myös kovarianssiana. Tyypin regressioanalyysi (1975) ennen hirvituhoja oli regressioselittäjänä. Taimien pituuden (= kumulatiivinen kasvu) vaikutuksesta puhdistettuna analyyseihin jäi



Kuva 9. Eri ravinteiden päävaikutukset hirvituhojen esiintymiseen. a = ravinteiden lisäyksen aiheuttama muutos latvakasvaimesta syötyjen taimien osuudessa, b = muutos kaikkien vahingoitettujen taimien osuudessa. Haukivaho. Selitykset kuten kuvassa 2.

Fig. 9. The main effects of different nutrients on occurrence of elk damage. a = change brought about by fertilization in the proportion of seedlings with leader shoot eaten by elk, b = change in the proportion of all damaged seedlings. Haukivaho. See Fig. 2 for explanation of figure.

Taulukko 5. Lannoituksen vaikutus hirvituhojen esiintymiseen Haukivahossa. Varianssianalyysien F-arvot.

Table 5. Effect of fertilization on the occurrence of elk damage at Haukivaho. F-values obtained in variance analysis.

Tuholuokka — Type of damage	Käsittely — Treatment	Regr. selittäjät — Covariates	Jatkolannoitus — Refertilization 1969	N	P	K
Koskemattomat taimet — Undamaged seedlings		ei — none	0.36	38.11***	4.41**	0.70
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten		»	13.16***	14.69***	3.09*	1.04
Latva syöty — Leader shoot eaten		»	8.70**	21.36***	0.40	1.17
Kuolleet — Killed		»	5.92*	6.05***	6.90***	0.04
Koskemattomat taimet — Undamaged seedlings		pituus — height	0.15	36.42***	0.96	0.73
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten		»	0.57	13.62***	1.08	1.08
Latvat syöty — Leader shoot eaten		»	0.07	20.70***	0.91	1.29
Kuolleet — Killed		»	0.20	6.16***	1.22	0.53

Taulukko 6. Erilaisten hirvituhojen osuudet Haukivahossa jatkolannoitetussa ja -lannoittamattomassa aineistossa.

Table 6. Proportions of different types of elk damage. Refertilized and non-refertilized material at Haukivaho.

Tuholuokka — Type of damage	Käsittely — Treatment	Jatkolannoitettu (1969) — Refertilized	Ei jatkolannoitusta — No refertiliz.
		%	
Vahingoittumattomat taimet — Undamaged seedlings		58.6	56.8
Latvat syöty — Leader shoot eaten		12.7	19.8
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten		24.5	17.2
Taimi kuollut — Killed		3.0	5.6
Taimi katkaistu — Stem broken		1.2	0.6

merkitseväksi vain typen hirvituhoja lisäävä vaikutus. Kaliumilla ei ollut vaikutusta hirvituhojen syntymiseen.

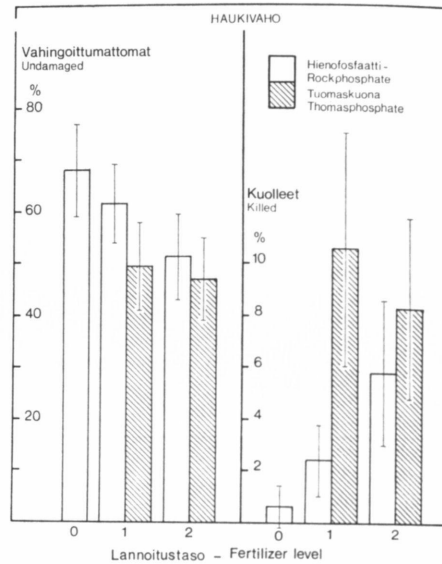
Jatkolannoituksen taimien pituutta lisännyt vaikutus näkyy myös erilaisten hirvituhojen jakaumassa. Taulukossa 6 on esitetty erilaisten tuhojen osuudet erikseen jatkolannoitetussa ja -lannoittamattomassa

aineistossa. Vahingoittumattomien taimien osuus on kummassakin aineistossa jokseenkin sama. Sen sijaan vain sivuoksistaan syötyjen taimien osuus on merkitsevästi suurempi jatkolannoitetussa aineistossa ja vastaavasti latvakasvaimesta syötyjen ja hirvien tappamien taimien osuudet ovat merkitsevästi suuremmat jatkolannoitta-

mattomassa aineistossa (taulukko 6). Edellä mainitut erot johtuvat taimien pituuseroista aineistojen välillä. Jatkolannoitetussa aineistossa taimet olivat tuhon sattuessa 2.5–3 m pitkiä ja jatkolannoittamattomassa n. 2 m pitkiä niissä lannoiteyhdistelmissä, jotka olivat saaneet fosforia. Kovarianssi-analyysissä, joissa taimien pituus oli regressioselittäjänä, jatkolannoituksen vaikutus ei ollut enää merkitsevä (taulukko 5). Taimien pituuden regressiokerroin oli positiivinen vain sivuoksistaan syötyjen taimien osuuksia analysoidessa ja negatiivinen latvastaan syötyjen ja hirvien tappamien taimien osuuksiin. Taimien saavutettua n. 3 m:n pituuden näyttää siis latvakasvainvaurioiden osuus pienenevän. Lyhyillä taimilla näyttävät vauriot olevan keskimäärin vakavampia ja johtavan useammin taimen kuolemiseen (taulukko 6).

Liitteessä 3 on esitetty hirvituhojen esiintymisen eri lannoitekombinaatioissa. Typen esiintyminen kahdella ylimmällä tasolla näyttää selvästi lisänneen tuhojen määrää kaikissa lannoiteyhdistelmissä, mutta fosforin esiintyessä yksinään tai yhdessä kaliumin kanssa tuhojen määrä on suhteellisen vähäinen. NPK-lannoituksen saaneilla ruuduilla koskemattomien taimien osuus jää monin paikoin alle 20 %:n.

Edellä esitetyissä tuloksissa fosforilannoitena on ollut hienofosfaatti. Haukivahon aineistosta analysoitiin tuomaskuonan ja hienofosfaatin erot myös hirvituhojen syntymiseen. Lannoitelajien välillä oli tilastolli-



Kuva 10. Hienofosfaatin ja tuomaskuonan vertailu. Vaikutukset vahingoittumattomien ja hirvien tappamien taimien osuuksiin. Selitykset kuten kuvassa 5.

Fig. 10. Comparison of the results given by fine-ground rock phosphate and Thomas phosphate. Effect on the proportion of undamaged seedlings and those destroyed by elk. See Fig. 5 for explanation of figure.

Taulukko 7. Hienofosfaatin ja Tuomaskuonan vertailu. Vaikutukset erilaisten hirvituhojen syntymiseen. Varianssianalyysien F-arvot. Haukivaho.

Table 7. Comparison of the results given by fine-ground rock phosphate and Thomas phosphate. Effect on incidence of different types of elk damage. F-values obtained in variance analysis. Haukivaho.

Tuholuokka - Type of damage	Käsittely - Treatment	Lannoitelaji - Fertilizer type	Lannoitustaso - Fertilizer level	Yhdysvaikutus - Interaction
Koskemattomat taimet - Undamaged seedlings		3.99*	2.88	0.03
Vain sivuoksia syöty - Only side branches eaten		0.02	3.05	0.05
Latvat syöty - Leader shoot eaten		1.60	0.52	0.17
Kuolleet - Killed		11.01**	0.11	3.21

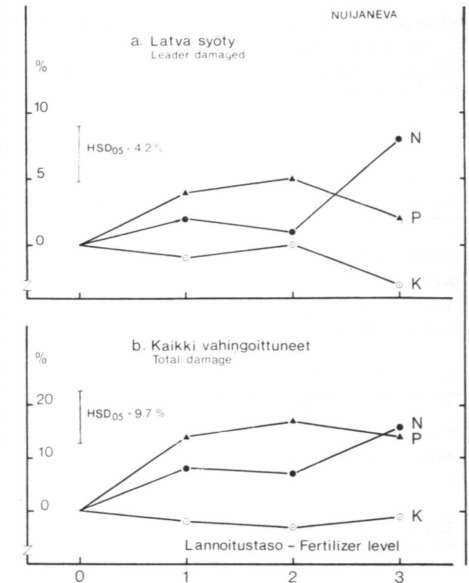
sesti merkitsevä ero koskemattomien taimien ja toisaalta hirvien tappamien taimien kohdalla (taulukko 7). Keskiarvojen 95 % luotettavuusrajoja kriteereinä käyttäen yksittäiset keskiarvopylväät (kuva 10) eivät poikkea toisistaan vahingoittumattomien taimien osalta (t-testi sen sijaan antoi merkitsevän eron hienofosfaatin ja tuomaskuonan välille alemmalla lannoitustasolla myös vahingoittumattomien taimien vertailussa), mutta kuolleiden taimien osuus on tuomaskuonan kummallakin lannoitustasolla merkitsevästi hienofosfaatin alemmaa tasoa korkeampi. Kuvaan on merkitty myös nollaruutujen keskiarvot luotettavuusrajoineen. Hienofosfaatin alinta tasoa lukuunottamatta fosforilannoitus on lisännyt hirvien tappamien taimien määrää nollaruutuihin verrattuna.

## 42. Nuijaneva

Nuijanevan koekentällä hirvituhojen määrä oli selvästi Haukivahoa pienempi. Hirvien vahingoittamien taimien osuudet ovat suurimmillaan NPK-käsitellyillä ruuduilla keskimäärin 40–60 % (Haukivahossa vastaavasti 60–80 %) taimien määrästä (liite 4). Ruuduilla, jotka ovat saaneet vain yhtä ravinnettä tai yhdistelmän, jossa toisena tekijänä on kalium, hirvien vahingoittamia taimia on suhteellisen vähän. Suurimmat vahingot ovat koaloilla, jotka ovat saaneet sekä tyyppiä että fosforia (liite 4).

Ravinteiden päävaikutuksia analysoidessa sekä typen että fosforin vaikutukset olivat tilastollisesti merkitseviä (kuva 11, taulukko 8) sekä koskemattomien taimien että sivuoksistaan viotettujen taimien määrässä. Latvakasvainten viotuksessa vain fosforin vaikutus oli merkitsevä. Samassa analyysissä tuli merkitseväksi myös typen ja kaliumin yhdysvaikutus, joka lienee tulkittavissa vain aineiston heterogeenisuudesta johtavaksi. Nuijanevalla suhteellisen pieni osuus hirvituhoista kohdistui latvakasvaimiin (keskimäärin 0–10 % taimimäärästä).

Fosforin hirvituhoja lisäävä vaikutus oli typen vaikutusta suurempi kahdella alimmalla lannoitustasolla, mutta ylimmällä tasolla typen vaikutus nousi suurimmaksi. Kaliumin vaikutuksen kuvaajat (kuva 11)



Kuva 11. Eri ravinteiden päävaikutukset hirvituhojen esiintymiseen Nuijanevan koekentällä. Selitykset kuten kuvassa 9.

Fig. 11. Main effects of different nutrients on occurrence of elk damage at Nuijaneva. See Fig. 9 for explanation of figure.

olivat hieman nollataso alapuolella (hirvivaikojen esiintymistä pienentävä vaikutus), mutta ero nollatasoon ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Ravinteiden vaikutukset tutkittiin myös kovarianssianalyysillä, jossa pääravinteet (N, P, K) olivat luokittelevina selittäjinä ja taimien pituus vuonna 1975 regressioselittäjänä. Tällöin merkitseviksi testiarvoiltaan jäivät vain typen päävaikutukset koskemattomien taimien ja sivuoksistaan syötyjen taimien osuuksien analyysissä. Fosforin vaikutus selittyi siis taimien pituuden kautta Nuijanevan kentälläkin (taulukko 8). Mitä pitempiä taimet olivat sitä suurempi oli vahingoitettujen taimien osuus (taimien pituuden regressiokertoimen testiarvo oli merkitsevä kovarianssianalyysissä).

Taulukko 8. Lannoituksen vaikutus erilaisten hirvituhojen esiintymiseen Nuijanevan koekentällä. Varianssianalyysien F-arvot. Vain tilastollisesti merkitsevät yhdysvaikutukset on esitetty taulukossa. Table 8. Effect of fertilization on the occurrence of different types of elk damage at Nuijaneva. F-values obtained in variance analysis. Only statistically significant interactions are presented in the table.

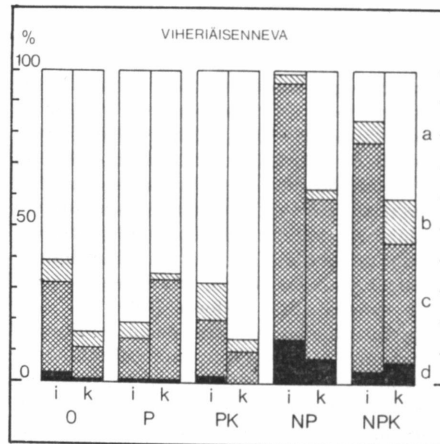
Tuholuokka — Type of damage	Käsittely — Treatment	Regressio- selittäjä — Covariate	N	P	K	Yhdysvaiku- tukset — Interactions
Koskemattomat taimet — Undamaged seedlings .....	ei — none		5.74***	8.06***	0.30	N x K 2.65*
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten .....			4.66***	10.20***	0.73	
Latva syöty — Leader shoot eaten .....			2.32	2.75*	0.97	
Koskemattomat taimet — Undamaged seedlings .....	pituus —75 height —75		3.87*	1.23	0.51	N x K 2.56*
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten .....			2.91*	1.31	0.44	
Latva syöty — Leader shoot eaten .....			2.00	1.80	1.05	

### 43. Viheriäisenneva

Viheriäisennevaalla hirvituhot sattuivat metsänviljelymenetelmäkoealoilla, jotka lannoitettiin keväällä 1976 (lannoiteyhdistelmät: 0, P, PK, NP, NPK). Muita ympärillä olevia koekenttiä ei lannoitettu samana keväänä, vaan ko. metsänviljelymenetelmäkoe oli alueen ainoa lannoitettu mäntytaimikko. Hirvituhot alueella havaittiin kesällä 1977, ja ne olivat syntyneet ilmeisesti edellisen talven aikana.

Aineistosta analysoidtiin sekä lannoitus-käsittelyjen että viljelytavan (kylvö/istutus) ja tuhojen esiintymisen mahdolliset vuoro-suhteet. Sekä lannoiteyhdistelmien että viljelytavan vaikutukset olivat suoritettujen varianssianalyysien mukaan merkitseviä. Kun aineisto puhdistettiin kovarianssianalyysissä taimien pituuden vaikutuksesta, viljelytavan testiarvot eivät olleet enää tilastollisesti merkitseviä (taulukko 9). Kuvasta 12 nähdään, että istutusruuduilla hirvituhojen osuudet ovat yleensä suurempia kuin kylvöruuduilla. Tämä johtuu siitä, että istutustaimet olivat merkitsevästi kylvötaimia pitempiä vuonna 1976.

Lannoiteyhdistelmät, joissa tyyppi on mukana, erottuvat selvästi omaksi ryhmäkseen



Kuva 12. Lannoituskäsittelyjen vaikutukset hirvituhojen esiintymiseen erikseen istutus-(i) ja kylvökoelaloilla (k). a = vahingoittumattomat taimet, b = vain sivuoksia syöty, c = latvakasvain syöty, d = taimi kuollut. Kukin pylväs edustaa 3 koealan keskiarvoa. Viheriäisenneva.

Fig. 12. Effects of fertilizer treatments on occurrence of elk damage in plots with planted seedlings (i) and with sown seedlings (k). a = undamaged seedlings, b = side branches only eaten, c = leader shoot eaten, d = seedling killed. Each column represents the mean of three sample plots. Viheriäisenneva.

Taulukko 9. Lannoituksen ja viljelytavan vaikutus hirvituhojen esiintymiseen Viheriäisennevan koekentällä. Varianssianalyysien F-arvot. Table 9. Effect of fertilization and afforestation method on the occurrence of elk damage in the Viheriäisenneva experiment. F-values obtained in variance analysis.

Tuholuokka — Type of damage	Regr. selittäjä: ei Covariate: none		Regr. selittäjä: pituus Covariate: height	
	Lannoitus Fertilizing	Viljelymenet. Planting/ Sowing	Lannoitus Fertilizing	Viljelymenet. Planting/ Sowing
Koskemattomat taimet — Undamaged seedlings .....	11.92***	5.88*	11.80***	2.47
Vain sivuoksia syöty — Only side branches eaten .....	2.29	0.78	2.64	0.001
Latva syöty — Leader shoot eaten .....	10.18***	4.94*	9.69***	2.56
Kuolleet taimet — Killed .....	9.70***	0.18	8.49***	0.65

(kuva 12). Keskiarvojen erot testattiin varianssianalyysien jälkeen t-testillä ja tulosten mukaan sekä NP- että NPK-lannoitusten vaikutukset poikkesivat merkitsevästi nollatasosta ja niistä lannoituskäsittelyistä, jotka eivät olleet saaneet tyyppiä. P- ja PK-lannoitusten vaikutukset eivät eronneet merkitsevästi nolasta eivätkä toisistaan. Tyyppi osoittautui siis Viheriäisennevallakin suurimmaksi hirvituhoalttiutta lisääväksi tekijäksi.

Myös nollaruutujen istutustaimikoissa on sattunut suhteellisen runsaasti hirvituhoja. Vaurioituneiden taimien osuus on varsin suuri (75 %, 28 %) kahdella nollaruudulla, jotka sijaitsevat NP- tai NPK-ruutujen välissä. Hirvet ovat syöneet myös lannoitamattomia taimia siirtyessään lannoitetulta ruudulta toiselle.

Viheriäisennevaalla selvästi suurin osa (keskimäärin yli 70 %) tuhoista on seurauksiltaan vakavampia (latvan katkeaminen, taimen kuoleminen) kuin pelkkien sivuoksien syöminen, joka sekä saattaa aiheuttaa merkittäviä kasvutappioita.

### 44. Tulosten tarkastelu

Hirvituhojen esiintyminen koekenttien eri osissa oli varsin tasaista. Haukivahon koealueen eteläosassa, joka on kauimpana

tiestä, tuhojen määrä oli jonkin verran suurempi kuin muissa osissa, mutta muutoin tuhojen alueellinen vaihtelu koekentillä näyttää seuraavan ennen kaikkea tyyppiä ylempien lannoitustasojen toisinaan epätasaista jakautumista koekentillä.

Fosforin ja tyyppiä hirvituhoalttiutta lisäävät vaikutusmekanismit näyttävät sekä Haukivahon että Nuijanevan tulosten perusteella erilaisilta. Fosforin testiarvojen tilastollinen merkitsevyys yleensä häviää, kun kovarianssianalyysissä käytetään regressioselittäjänä taimien pituutta (tai sen kanssa selvästi korreloivaa pituuskasvua). Tämä viittaa siihen, että fosforin hirvituhoja lisäävä vaikutus johtuu siitä, että se parantaa taimien kasvua ja parantunut kasvu houkuttelee hirviä. Toisaalta fosforilannoitetut taimet ovat pitempiä (eivät kuitenkaan liian pitkinä) saattaneet olla sopivamman kokoisia hirvien syötäviksi kuin esimerkiksi vain noin yksimetriset nolla- ja kaliumruutujen taimet. Tämä tulos on päinvastainen kirjallisuudessa usein esitettyyn näkemykseen, että hirvi suosii heikkokuntoisia männyn taimia (SAINIO 1956, WESTMAN 1958, ANDERSSON ja MARKKULA 1974). Tässä yhteydessä on korostettava, että taimikon keskipituus määrännee osaltaan, minkä kokoisin taimiin ja mihin taimien osaan tuho kohdistuu.

Typellä ei kokeissa ollut yleensä taimien

kasvua parantavaa vaikutusta. Sen sijaan typen hirtvihoja lisäävän vaikutuksen testiarvot olivat tilastollisesti merkitseviä, eikä niihin tullut muutoksia, vaikka taimien pituus otettiin huomioon kovarianssianalyysissä. Typpi on siis lisännyt hirtvihoja, vaikka se on parantanut taimien kasvua. Typpilannoituksen on todettu lisäävän yleensä vihreiden kasvinosien raakavalkuaispitoisuutta, ja hirvet ilmeisesti kykenevät havaitsemaan männyn neulasissa ja kasvaimissa tapahtuneet kemialliset muutokset, jotka parantavat niiden ravintoarvoa. ANDERSSON ja MARKKULA (1974) eivät löytäneet eroa syötyjen ja syömättömien taimien neulasten ravintoainepitoisuuksissa. Heidän aineistonsa oli tosin pieni.

Haukivahossa typpi oli selvästi tärkein hirtvihojen esiintymistä lisäävä ravinne. Nuijanevalla fosfori lisäsi tuhoja eniten kahdella alemmalla lannoitustasolla ja typpi ylimmällä, Viheriäisennevalla fosforin vaikutus ei poikennut nolasta ja typpi oli selvästi vaikuttavin aine. Syyt Nuijanevan koekentän tulosten lievään poikkeamiseen fosforin ja typen vaikutusten suhteen Haukivahon ja Viheriäisennevan tuloksista löytyvät alkuperäisistä suotyypeistä. Haukivaho ja Viheriäisenneva ovat ombrotrofista ja Nuijaneva minerotrofista lyhytkortista nevaa, jonka typpimäärät lienevät edellisiin verrattuna suuremmat. Tämän tutkimuksen typpilannoituksen taimien hirtvihoalttiutta lisäävät tulokset eivät näin ollen liene suoraan yleistettävissä muille kuin koekenttien edustamille suotyypeille.

Kaliumin vaikutukset olivat kaikilla koekentillä samansuuntaiset. Haukivahossa ja Nuijanevalla kaliumin päävaikutuskuvaaja oli hieman nollatason alapuolella (vähensi hirtvihoja), mutta vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Viheriäisennevalla NPK-lannoitetut istutustaimet olivat kärsineet merkitsevästi vähemmän tuhoja kuin pelkän NP-lannoituksen saaneet. Tuloksista on pääteltävissä, että kalium ei lisää hirtvihoja ainakaan sellaisilla soilla, joilla se ei vaikuta taimien kasvua parantavasti.

Suoritetuissa varianssianalyysissä ilmeni Nuijanevan tuloksissa negatiivisia varianssi-komponentteja, varsinkin ensimmäisen ja toisen tason yhdysvaikutuksissa. Tämä johtuu siitä, että aineistossa on systemaattista vaihtelua, joka ei ole tehtyjen mitta-

ten avulla analysoitavissa. Koekentän ja kaminen lohkoihin olisi todennäköisesti parantanut tulosten tulkittavuutta tässä suhteessa.

Koealoittaiset hirtviho-tunnukset ovat suhdelukuja (esitetty prosentteina), joiden jakauma ei ole normaali. Varianssianalyysin soveltaminen tällaiseen aineistoon vaatii yleensä jakaumaa normalisoivan transformaation ja prosenttijakautumassa käytetään yleensä arcsin-muunnosta. Viheriäisennevan aineisto analysoitiin sekä arcsin-muunnettuna että ilman transformaatiota. Analyysien testiarvot olivat siinä määrin yhteneviä, yleensä eron suuruus F-arvossa oli alle yhden kymmenesosan, että muut analyysit tehtiin muuntamattomista aineistoista.

Haukivahon koekentällä jatkolannoitetun (v. 1969) ja -lannoittamattoman aineiston vertailussa todettiin, että taimien pituus vaikuttaa merkitsevästi erilaisten hirtvihojen osuuksiin. Taimien saavutettua n. 3 m:n pituuden vähenee latvavaurioiden osuus ja tuhot keskittyvät suuremmissa määrin sivuoksiin. Samaan viittaa myös se, että Nuijanevan koekentällä, jossa taimet ovat suunnilleen saman pituisia kuin Haukivahon jatkolannoitetussa aineistossa, niinkään latvavaurioiden osuudet olivat suhteellisen vähäisiä vain sivuoksistaan syötyjen taimien osuuteen verrattuna.

Kummallakin koekentällä oli varsin runsaasti koivua, joka poistettiin ennen vuoden 1976 lannoitusta. Tässä työssä ei voitu lähemmin selvittää, oliko koivujen poistolla mahdollisesti yhteyttä lannoituksen jälkeisiin hirtvihoihin. Koivuhan on hirvien talviravintona suosituimmuuslistalla vasta männyn jälkeen (SAINIO 1956, ANDERSSON 1971).

Männyn-taimet toipuvat yleensä hämmästyttävän hyvin hirvien aiheuttamista vioituksista ja taimia kuolee suhteellisen vähän. Taimille aiheutuu kuitenkin huomattavia kasvutappioita sellaisissakin tapauksissa, joissa vain suuri osa sivuoksista on syöty (neulasmassa pienenee) ja latvakasvain jäänyt vahingoittumattomaksi. Yleensä taimiin aiheutuu myös runkomuotovikoja sivuoksien ottaessa pääranan aseman latvakasvaimen tultua syödyksi. Varsinaisia tutkimuksia eriaikaisesti viottuneiden taimien toipumisesta ei ole paljonkaan tehty.

Tämän tutkimuksen koekentät tarjoavat pumisen selvittämiseen, mukaanluettuna lähivuosiin hyvän materiaalin ja koejärjestelyn männyn-taimien hirtvihoista toipumisen nopeuteen.



## 5. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Metsityksen yhteydessä annettavan lannoituksen ravinnesuhteita ja -määriä selvittävät kokeet perustettiin Haukivahonsuolle ja Nuijanevalle noin viisitoista vuotta sitten. Tässä tutkimuksessa esitetään tuloksia lannoituksen vaikutuksesta taimien kehitykseen viimeksi vuosina 1975 ja -76 tehtyjen inventointien perusteella. Koekentät jatkolannoitettiin kevätkesällä 1976, jonka jälkeisinä talvina kentillä sattuneiden hirvituhojen laatu ja laajuus inventoitiin kesällä 1978. Samana kesänä inventoitiin hirvituhot myös vuonna 1976 jatkolannoitetulta metsänviljelymenetelmäkokeelta Viheriäisen-nevalta.

Sekä Haukivahon että Nuijanevan koekentät perustettiin täydellisinä faktorikoekaina, joissa esiintyivät kolmen pääravinteen (N, P, K) kaikki kombinaatiot kolmella lannoitustasolla. Haukivahossa oli lisäksi mukana yhtenä koelijäsenenä toinen fosforilannoittelaji, tuomaskuona, hienofosfaatin ohella. Koeyksiköiden kaikki neljä toistoa sijoitettiin koekentille arpomalla ilman alueen lohkomista. Tämän vuoksi varsinkin Nuijanevalla näytettävät jotkut käsittelyt kasautuneen koalueen yleisestä laadusta poikkeaviin osiin.

Fosfori osoittautui kummallakin koekentällä selvästi tärkeimmäksi taimien kasvua parantavaksi ravinteeksi. Jo pienin käytetty lannoitemäärä antoi lähes täyden kasvuvaiikutuksen. Erot ylempien lannoitustasojen hyväksi ovat kuitenkin kasvaneet iän mukana, toisin sanoen isommat fosforimäärät näyttävät antavan pitemmän vaikutusajan.

Tuomaskuonan vaikutus taimien kehitykseen oli alimmalla lannoitustasolla jokseenkin sama kuin hienofosfaatin. Tuomaskuonan määrän suurentaminen ei enää parantanut kasvutulosta, mutta hienofosfaatin vaikutus parani vielä annoksen suurentuessa. Niinikään tuomaskuonan vaikutus näyttää pienenevän nopeammin kuin hienofosfaatin. Erot tuloksissa ovat kuitenkin niin pieniä, että tuomaskuonaa voidaan hyvin käyttää fosforilannoitteena silloin, kun sitä on tarjolla.

Erityisesti Haukivahon koekentän alkuperäistä suotyyppiä (rahkainen lyhytkortinen neva) vastaavilla kasvupaikoilla katsotaan yleensä typpilannoitus taimien kasvulle tarpeelliseksi. Vuonna 1964 tehdyssä laikkulannoituksessa tyypellä ei kuitenkaan havaittu kasvua parantavaa vaikutusta. Kaliumilla ei havaittu kummassakaan kokeessa männyntaimien kasvua parantavaa vaikutusta.

Haukivahossa viisi vuotta ensimmäisen lannoituksen jälkeen tehty jatkolaikkulannoitus paransi selvästi taimien kasvua ja tässäkin lannoituksessa fosforin vaikutus osoittautui suurimmaksi. Jatkolannoituksessa myös tyypellä oli nopea ja selvä vaikutus taimien kasvuun, joka kulminoitui jo n. 3 vuotta lannoituksen jälkeen.

Lannoitusvaikutuksen kesto ei tuloksista voida kasvusarjojen lyhyiden vuoksi määrittää. Näyttää kuitenkin siltä, että lannoitusvaikutus ei ole kokonaan päättynyt vielä 12 kasvukautta kokeen aloittamisesta laikkulannoitetuilla Haukivahon koealoillakaan, jos kontrollitasona pidetään nollaruutujen kasvua. Laikkulannoituksenkin kesto aika saattaa siis olla jonkin verran nykyistä käsitystä pitempi (n. 10 v.) silloin, kun vaikuttavana aineena on fosfori. Jatkolannoitus on kuitenkin edullisinta tehdä edellisen lannoituksen vielä vaikuttaessa, koska taimet tällöin elinvoimaisempina kykenevät paremmin käyttämään hyväkseen annetut ravinteet.

Alkuperäisellä suotyypillä ja suonpinnan pienmuodoilla on selvä vaikutus taimien kehitykseen lannoituksen jälkeenkin. Tyyppiltään hieman paremmalla Nuijanevalla lannoittamattomien taimien kasvu on selvästi parempi kuin karummalla Haukivahon suolla ja samansuuruisen lannoitusvaikutuksen aikaansaaminen on vaatinut Haukivaholla kaksi laikkulannoituskertaa Nuijanevan yhteen hajalannoitukseen verrattuna. Haukivaholla rahkamättäät ja painanteet osoittautuivat selvästi huonommiksi istutuspaikoiksi kuin tasapinnat (ja ojamaat). Rahkamättäähän ovat eri suotyyppejä (RN) kuin tasapinnat (LkN), joten tässäkin on

kyseessä laajasti tulkiten alkuperäisen ravinteisuuden ero.

Hirvituhojen syntymiseen näyttää tulosten mukaan olevan kaksi linjaa. Ensiksi typpilannoitus (ennen kaikkea suuret lannoitemäärät) näyttää selvästi lisäävän hirvituhojen riskiä. Tyypellä on hirvituhoalttiutta lisäävä vaikutus silloinkin, kun se ei lisää taimien pituuskasvua. Toisaalta myös fosforilannoitus lisää hirvituhojen esiintymistä, mutta vaikutus liittyy fosforin taimien kasvua parantavaan vaikutukseen. Yleensä hirvituhoja esiintyi sitä enemmän, mitä pitempiä taimet olivat (kaikki taimet alle 3 m pitkiä). Pisimmistä taimista oli kuitenkin syöty merkitsevästi vähemmän latvakasvaimia ja niitä kuoli yleensä myös vähemmän kuin lyhyitä. Kalium ei lisännyt kokeissa hirvituhoalttiutta.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan ka-

rujenkin avosoiden metsityslannoitukseksi riittää pelkkä fosfori, suhteellisen pieninä määränä (laikkulannoituksessa 15–30 g/taimi, hajalannoituksena 300 kg/ha hienofosfaattia). Tyypellä ja kaliumilla aikaansaatavat kasvureaktiot ovat satunnaisia ja paikallisia, ja fosforiin verrattuna määrällisesti vähäisiä. Karujen soiden taimikkoja jatkolannoitettaessa, mikä lienee välttämätöntä viimeistään kymmenkunta vuotta ensimmäisestä lannoituksesta, myös tyypellä saataaneen kasvunlisäys fosforin ohella. Typpilannoitus lisää kuitenkin tällöin hirvituhojen riskiä siinä määrin, ettei toimenpidettä voine suositella nykyisen suuruisen hirvikannan aikana ennen kuin taimet ovat kasvaneet hirvien ulottumattomiin (5–6 m). Saadut tulokset eivät ole suoraan yleistettävissä tutkittuja suotyyppejä paremmille kasvupaikoille ilman lisäselvityksiä.

## 6. KIRJALLISUUTTA

- ANDERSSON, E. 1971. Havaintoja hirven talviesta ravinnonkäytöstä ja vuorokausirytmistä. Summary: Observations on the winter food and diurnal rhythm of the moose (*Alces alces*). Suomen Riista 23, 105–118.
- » — & MARKKULA, A. 1974. Hirven talviravinnon kemiallisesta koostumuksesta. Summary: The chemical composition of the winter nutrition of the moose. Suomen Riista 25, 15–19.
- ATISKOV, N. V. O. 1977. O vlijanii losja na iskusvennye molodnjaki sosny. Lesnoje hozjajstvo 8, 86–88.
- BRAEKKE, F. H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrient-poor peatland. Lyhennelmä: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus. Suo 28(3), 53–61.
- HEIKURAINEN, L. 1971. Metsäojituksen alkeet. Ylioppilastuki ry, Helsinki. 281 s.
- » — 1977. Ojitettujen soiden taimistot Suomessa kilpailun (1964–68) koealojen valossa. Kansallis-Osake-Pankki Taloudellinen katsaus n:o 2.
- » — , PÄIVÄNEN, J. & SEPPÄLÄ, K. 1966. Koealoksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. Silva Fennica 119.2, 21 s.
- » — & LAINE, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. Acta Forest. Fenn. 150, 38 s.
- HUIKARI, O. & PAARLAHTI, K. 1966. Kivisuon metsänlannoituskokeet. Kenttäopas. Helsinki. 44 s.
- IL'JUSHENKO, A. F. & SMIRNOV, K. A. 1979. O povrezhdenii jeli losjami. Summary: On damage of Norway Spruce by Elks. Lesovedenie 5, 73–79.
- KARSISTO, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Summary: On the duration of the effect of fertilizer application to peatland forests. Suo 23 (3–4), 49–56.
- » — 1974. On the duration of fertilization influence in peatland forests with special reference to the results obtained from experiments with different phosphorus fertilizers. Proc. Int. Symp. Forest Drainage 2nd–6th September, 1974, Jyväskylä—Oulu, Finland, 309–327.
- KAUNISTO, S. 1972. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koealolta. Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. Folia Forestalia 139, 11 s.
- » — 1975. Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaidella. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments. Folia Forestalia 235, 12 s.
- » — 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. Folia Forestalia 317, 31 s.
- » — & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Commun. Inst. For. Fenn. 92.1, 54 s.
- KELLOMÄKI, S. 1978. Typpilannoituksen vaikutus havupuiden fotosynteesikapasiteettiin. Summary: Effects of some nitrogen fertilizers on photosynthetic capacity of coniferous trees. Silva Fenn. 12(3), 231–239.
- KRAUSS, H. H. 1959. Beitrag zur Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen den Hauptnährstoffen Stickstoff, Phosphorsäure und Kali bei der Düngung von Forstpflanzen. Archiv für Forstwesen 8(6/7), 592–649.
- LUKKALA, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoin suon experimental drainage area. Commun. Inst. For. Fenn. 39.6, 53 s.
- LÖYTTYNIEMI, K. & HILTUNEN, R. 1978. Monoterpenes in Scots pine in relation to browsing preference by moose (*Alces alces* L.). Seloste: Männyn monoterpeeni-koostumuksen vaikutuksesta hirven ravinnon valintaan. Silva Fenn. 12(2), 85–87.
- MANNERKOSKI, H. 1972. Havaintoja koivun esiintymisestä Haukivahonsuon lannoituskoealalla. Summary: On the occurrence of birch on fertilized peat. Suo 23(5), 80–86.
- » — & SEPPÄLÄ, K. 1970. Lannoituksen vaikutus istutustaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevalle. Summary: On the influence of fertilization on the initial development of plantations in open low-sedge bogs. Suo 21(1), 12–17.
- MESHECHOK, B. 1968. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. Summary: Initial fertilization when afforesting open swamps. Medd. Norsk. Skogforsøksv. 25(1), 1–140.
- low sedge swamp. Suo 19(3–4), 51–56.
- RAITTO, H. & RANTALA, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. Commun. Inst. For. Fenn. 91.1, 32 s.
- SAINIO, P. 1956. Hirven talvisesta ravinnosta. Summary: On the feeding of the elk in winter. Silva Fenn. 88.1, 24 s.
- SEPPÄLÄ, K. 1971. Metsityslannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. Silva Fenn. 5(2), 61–69.
- TAMM, C. O., ARONSSON, A. & BURGTORF, H. 1974. The optimum nutrition experiment Stråsan. A brief description of an experiment in a young stand of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). Research Notes, Dept. of Forest Ecology and Forest Soils, Royal College of Forestry, 17, Stockholm, 29 s.
- VEIJALAINEN, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidella. Commun. Inst. For. Fenn. 92.4, 32 s.
- WESTMAN, H. 1958. Älgens skadegörelse på ungsbogen. Summary: The damage caused by elk to young stands. Kungl. Skogshögskolans Skrifter 28, 148 s.
- ZEHEMAYR, J. N. L. 1954. Experiments in tree planting on peat. For. Comm. Bull. 22, 1–94.

NYGREN, T. & NYGREN, K. 1977. Hirvitilanne talvella 1977–78. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Riistantutkimusosaston tiedonantoja 5(2), 28–35.

PAAVILAINEN, E. 1970. Astiakoikeita pinalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. Commun. Inst. For. Fenn. 72.1, 37 s.

— » — 1977 a. Effect of fertilization on nutrient content in needles and litter fall of Scots pine on dwarf shrub pine swamp. In Nutrient cycle in tree stands — Nordic Symposium. Silva Fenn. 11(3), 246–251.

— » — 1977 b. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia Forestalia 327, 32 s.

— » — & NORLAMO, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus koivun, kuusen ja männyn alkukehitykseen. Commun. Inst. For. Fenn. 86.2, 43 s.

PÄIVÄNEN, J. 1970. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. Summary: On the influence of broadcast fertilization on the field layer of the vegetation of open low-sedge bog. Suo 21(1), 18–24.

— » — & SEPPÄLÄ, K. 1968. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuteen. Summary: Effect of broadcast fertilizer on the ground vegetation of a

## Summary:

### EFFECT OF FERTILIZATION ON TREE GROWTH AND ELK DAMAGE IN YOUNG SCOTS PINE STANDS PLANTED ON DRAINED, NUTRIENT-POOR OPEN BOGS.

#### Introduction

Treeless peatlands, which require afforestation and on the most infertile sites also fertilization if they are to be used for forestry purposes, have been drained in Finland mainly during the 1960's and 1970's. If the nutrient reserves are not sufficient to maintain growth during the seedling stage, the area will require repeated fertilization. As well as increasing stand growth, fertilization can also have an effect on susceptibility to seedling damage. An attempt has been made in this study to determine, using two extensive fertilization experiments, which nutrients and in what amounts should be used in the fertilization of pine seedling stands growing on nutrient-poor open peatlands in order to obtain optimum seedling growth and to minimize the risk of elk damage.

#### Experimental fields and measurements

The location of the two fertilization experiments are shown in Fig. 1. Prior to drainage, both areas had been classified as small-sedge bog. However, Haukivaho bog was representative of the ombrotrophic form of this type of peatland and contained very many bog hollows and hummocks of *Sphagnum fuscum*. Nuijaneva was minerotrophic and very wet. Haukivaho bog was drained at the beginning of the 1960's using ditch spacing of 25 m and Nuijaneva in 1963 using plastic pipe drains at spacings of 30 m. At Haukivaho, however, every second ditch was open. Scots pine seedlings were planted at Haukivaho bog in spring 1964 and at Nuijaneva in spring 1965. Spot fertilization was carried out at Haukivaho in connection with planting and broadcast fertilization at Nuijaneva in the autumn of the planting year. The size of the sample plots was 12.5 m × 12.5 m and the seedling spacing at Haukivaho 2 m and at Nuijaneva 1.5 m. A random complete factorial design was used in arranging the fertilization treatments in both areas. Three different fertilizers were applied at four levels (0, 1, 2, 3) with four replications ( $4 \times 4^3 = 256$  sample plots). Thomas

phosphate was also used as a phosphate fertilizer at Haukivaho at levels 1 and 2 in place of fine-ground rock phosphate. This makes a total of  $4 \times (4^2 \times 2) = 128$  additional sample plots. Spot fertilization was repeated on two of the replications of each fertilizer combination at Haukivaho in spring 1969, and all the sample plots in both areas were subjected to broadcast fertilization in spring 1976 using the original types of fertilizer and combinations. The types and amounts of different fertilizers applied are shown in Table 1.

The height and height growth of all the seedlings were measured at Haukivaho in autumn 1969. At Nuijaneva, the height and height growth of the 20 seedlings closest to the center of each sample plot only were measured. The ten seedlings closest to the center of each sample plot in both areas were measured in autumn 1975. In addition to height, height growth during the preceding four-year period was measured at Haukivaho and during the preceding two-year period only at Nuijaneva.

Damage caused by elk (*Alces alces*) had occurred in the areas during the two winters which followed broadcast fertilization in spring 1976. The damage was inventoried in summer 1978 by examining the ten pine seedlings nearest to the center of each sample plot using the following classification:

1. No elk damage
2. Elk had eaten only side branches of the seedling
3. Elk had eaten the leader shoot of the seedling
4. Elk had broken the stem of the seedling
5. The seedling had died as a result of elk damage

The afforestation experiment at Viheriäisenneva, which had been fertilized in spring 1976, was also inventoried for elk damage using the same classification system in summer 1978. The area, which has also originally been a small-sedge bog, comprises 30 sample plots (35 m × 60 m) half of which were afforested in spring 1967 by seeding and half by planting on peat tilled in different ways. Spot fertilization with NPK fertilizer (30 g/

planting or seeding spot) was carried out in connection with the afforestation work. Each replication of the afforestation experiment was treated randomly in spring 1976 with one of the following fertilizer combinations: O, P, NP, PK and NPK. P corresponds to 550 kg/ha of super phosphate (8.7 % P) in pellet form, N to 400 kg/ha of ammonium nitrate with lime (26 % N) and K to 150 kg/ha of potassium chloride (50 % K). The number of replications for each fertilizer combination was thus six.

#### Fertilization and seedling growth

The only nutrient which affected seedling growth in the original spot fertilization carried out at Haukivaho bog was phosphorus (Figs. 2–4). The effect was still clearly evident after 10–12 growing seasons. This peatland, however, is so poor in nutrients that the seedlings are hardly able to survive without phosphorus fertilization. The effect of fertilization thus easily becomes significant, although the absolute effect is not very large (cf. Fig. 4). The effect on seedling height of the refertilization carried out in 1969 was already significant in 1971 in comparison to seedling height on the non-refertilized plots. Phosphorus was the most important nutrient given in refertilization, too, but nitrogen now started to produce some effect within a few years after fertilization (Table 2, Fig. 3). Growth on the NPK plots has been the best following the fertilization (Fig. 4). It is evident that the effect on growth development following refertilization has started to decrease (cf. Fig. 4), although the reduction in height growth in 1975 has also been affected by the unfavourable weather in summer 1974.

It is evident when the results for fine-ground rock phosphate and Thomas phosphate are compared (Fig. 5), that increasing the size of the Thomas phosphate dosage did not, on the average, increase growth to the same extent as fine-ground rock phosphate did. The increase in growth brought about by refertilization with Thomas phosphate also appeared to fall off sooner than that given by fine-ground rock phosphate.

Phosphorus was also the most important nutrient improving seedling growth at Nuijaneva (Figs. 2–4). The effect of nitrogen fell on the lower limits of statistical significance (Figs. 3 and 4). The effect of nitrogen was greatest in those cases where phosphorus was not applied at all, there was no noticeable effect when given together with phosphorus (cf. Fig. 6). It can be seen from

Figs. 3 and 4 that the effect of fertilization was still clear 9–10 growing seasons after fertilization. Phosphorus fertilization also increased the number and height of birch seedlings which had naturally regenerated on the area, although nitrogen clearly had a greater effect on the growth of birch seedlings than that of pine (Fig. 7).

#### Occurrence of elk damage

Fertilization was found to have had an effect on the incidence of elk damage. The number of seedlings eaten by elk increased the most on plots given nitrogen fertilization (Tables 5 and 8). The effects of phosphorus fertilization and spot refertilization carried out in 1969 at Haukivaho were also found to be significant when analysis of variance was performed. However, with covariance analysis in which seedling height was used as the covariate, both effects were no longer significant (Table 5, Fig. 9). This result shows that the effects obtained for phosphorus fertilization and refertilization are only due to the good growth and more suitable size of the seedlings grown with these treatments (Table 6). Only the effect of nitrogen is still significant in covariance analysis. The inclusion of nitrogen at levels 2 and 3 in all the fertilizer combinations clearly appears to increase the incidence of elk damage. Elk damage on the sample plots given Thomas phosphate was to some extent greater than on those fertilized with fine-ground rock phosphate (Fig. 10). There was quite clearly less elk damage at Nuijaneva than at Haukivaho (Fig. 11). However, the results obtained at both sites are approximately the same. The effect of phosphorus at Nuijaneva can also be explained through good growth, although it is of the same order of magnitude as that given by nitrogen (Fig. 11, Table 8). At Viheriäisenneva, the number of seedlings eaten by elk on the plots lacking nitrogen fertilization was less than half of that on the plots given nitrogen (Fig. 12). The sown seedlings were in general somewhat less susceptible to elk damage than planted ones. This may be due to the difference in size. The sown ones were, on average, 1–1.5 m and the planted ones 1.5–3 m high.

#### Conclusions

According to results it can be said that nitrogen had no significant effect on the growth of the pine seedlings in these experiments on infertile open peatlands except for a rather short-lived

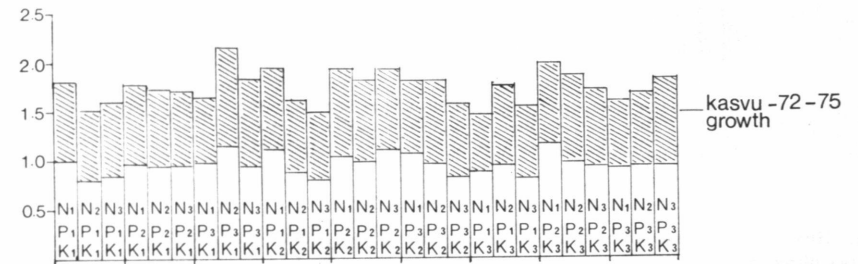
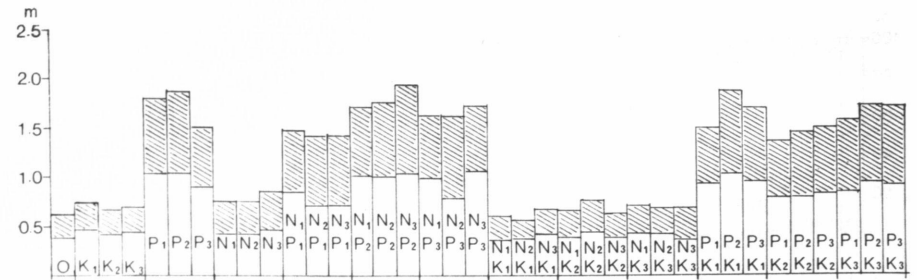


effect (4–5 years) following refertilization when given together with phosphorus. Phosphorus (as fine-ground rock phosphate or Thomas phosphate) was the most important from the point of view of seedling growth. The seedlings were stunted when not given phosphorus. On the other hand, nitrogen fertilization increased elk damage in all the study areas. This may be due to the

increase in the raw protein content of the needles and hence their enhanced food value. Phosphorus also slightly increased the incidence of elk damage, but this is most probably due to the good growth of the seedlings, although an increase in the food value of the seedlings cannot be ruled out in the light of these experiments.

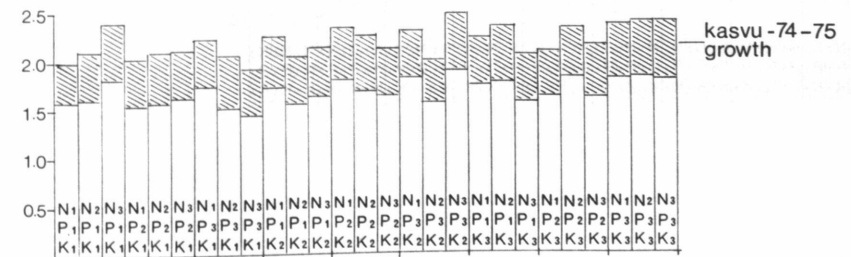
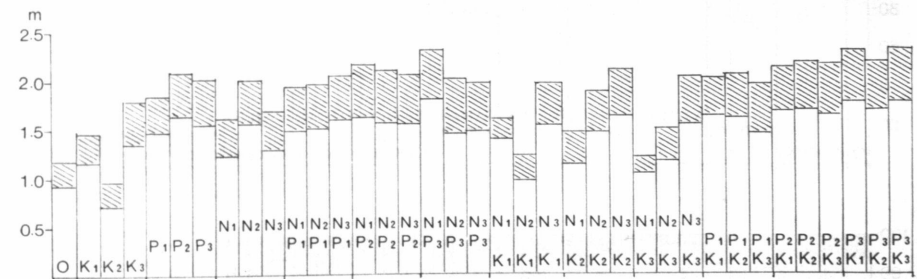
Liite 1. Taimien pituus ja vuosien 1972–75 pituuskasvu eri lannoiteyhdistelmän käsitellyillä koaloilla ( $n = 4$ ) Haukivahossa.

Appendix 1. Seedling height and height growth in years 1972–75 on sample plots receiving different fertilizer combinations ( $n = 4$ ) at Haukivaho.

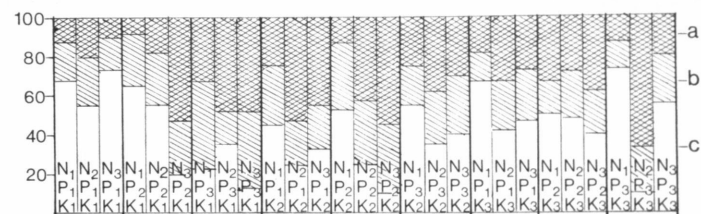
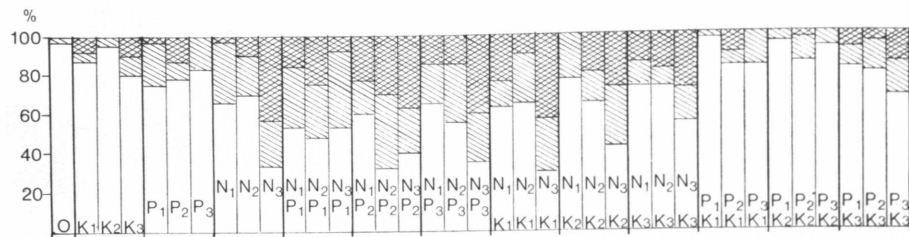


Liite 2. Taimien pituus ja vuosien 1974–75 pituuskasvu Nuijanevalla. Selitykset kuten liitteessä 1.

Appendix 2. Seedling height and height growth in years 1974–75 at Nuijaneva. See Appendix 1 for explanations.

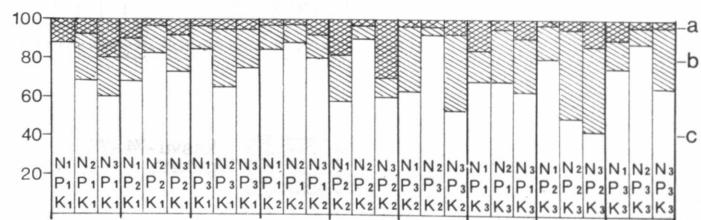
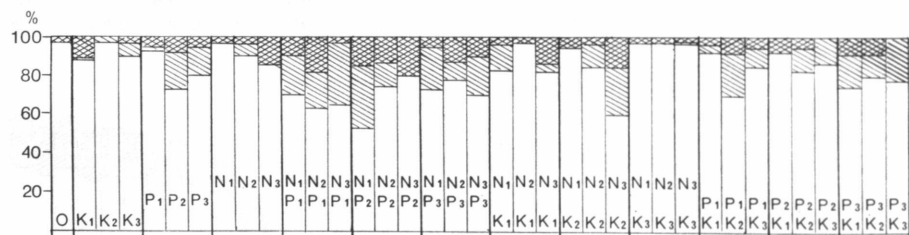


Liite 3. Hirvituhojen esiintyminen eri lannoiteyhdistelmin käsitellyillä koealoilla Haukivahossa. a = latvakasvain katkaistu tai taimi kuollut, b = vain sivuoksia syöty, c = vahingoittumattomat taimet.  
Appendix 3. Occurrence of elk damage on sample plots given different fertilizer combinations at Haukivaho. a = leader shoot eaten (or broken) or seedling killed, b = side branches only eaten, c = undamaged seedlings.



Liite 4. Hirvituhojen esiintyminen eri lannoiteyhdistelmin käsitellyillä koealoilla Nuijanevalla. Selitykset kuten liitteessä 3.

Appendix 4. Occurrence of elk damage on sample plots given different fertilizer combinations at Nuijaneva. For explanations see Appendix 3.



Liite 5. Männyntaimien keskimääräinen pituus (cm) syksyllä 1975 eri lannoitekombinaatioissa Haukivahossa. Kunkin kahden ravinteen yhdistelmässä on mukana kolmannen vaikutus keskimääräisenä.  
Appendix 5. The mean height (cm) of pine seedlings on sample plots given different fertilizer combinations. In the combinations of each two nutrients the mean effect of the third one is included. Haukivaho, autumn 1975.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	0	68.2	156.1	174.5	161.5	140.1
	1	68.6	168.3	186.2	169.0	148.0
	2	69.8	161.9	180.5	182.6	148.7
	3	71.4	152.2	183.2	175.4	145.6
	Keskim. Average	69.5	159.6	181.1	172.1	145.6
Kalisuola — Muriate of potash	0	74.6	156.9	183.5	164.7	144.9
	1	64.6	161.1	177.9	183.8	146.8
	2	68.8	160.8	179.0	168.1	144.2
	3	70.1	159.7	184.0	172.0	146.4
	Keskim. Average	69.5	159.6	181.1	172.1	145.6
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	Kalisuola — Muriate of potash					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim.
	0	145.7	146.2	124.7	143.7	140.1
	1	141.0	146.5	159.4	145.2	148.0
	2	143.2	149.4	151.1	151.0	148.7
3	149.7	145.3	141.4	145.8	145.6	
Keskim. Average	144.9	146.8	144.2	146.4	145.6	

Liite 6. Nuijaneva. Selitykset kuten liitteessä 5.

Appendix 6. Nuijaneva experimental field, for explanations see Appendix 5.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	0	134.6	197.4	214.3	220.8	191.8
	1	146.7	210.7	215.8	231.2	201.1
	2	165.2	211.5	220.3	209.2	201.6
	3	194.8	216.6	210.9	219.0	210.3
	Keskim. Average	160.3	209.1	215.3	220.1	201.2
Kalisuola — Muriate of potash	0	162.2	195.0	209.9	205.5	193.2
	1	155.9	213.0	209.5	213.8	198.1
	2	160.0	213.0	223.4	223.9	205.1
	3	163.2	215.3	218.4	237.0	208.5
	Keskim. Average	160.3	209.1	215.3	220.1	201.2
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	Kalisuola — Muriate of potash					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	178.3	197.6	184.7	206.4	191.8
	1	200.6	197.4	209.4	197.1	201.1
	2	200.0	187.0	205.3	214.0	201.6
	3	193.7	210.2	221.0	216.5	210.4
	Keskim. Average	193.2	198.0	205.1	208.5	201.2

Liite 7. Männyntaimien keskimääräinen pituuskasvu vuosina 1974–75 (cm/2 a) eri lannoituskombinaatioissa Haukivahossa.

Appendix 7. The mean height growth (in 1974–75, cm/2 a) of pine seedlings on sample pots given different fertilizer combinations at Haukivaho.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	0	13.6	31.4	38.5	34.7	29.6
	1	15.1	33.8	38.1	32.4	29.8
	2	15.5	32.8	37.8	40.4	31.6
	3	16.8	34.1	37.6	37.7	31.6
	Keskim. Average	15.3	33.0	38.0	36.3	30.7
Kalisuola — Muriate of potash	0	17.6	32.0	37.5	33.2	30.1
	1	13.1	35.1	37.3	37.8	30.8
	2	15.2	32.3	37.9	35.8	30.3
	3	15.1	32.8	39.2	38.4	31.4
	Keskim. Average	15.3	33.0	38.0	36.3	30.7
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	Kalisuola — Muriate of potash					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	30.2	29.7	26.8	31.6	29.6
	1	27.9	30.3	32.8	28.3	29.8
	2	29.9	32.2	32.4	32.0	31.6
	3	32.3	31.2	29.2	33.6	31.6
	Keskim. Average	30.1	30.9	30.3	31.4	30.7

Liite 8. Nuijaneva. Selitykset kuten liitteessä 7.

Appendix 8. Nuijaneva experimental field, for explanations see Appendix 7.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	0	30.7	43.1	48.6	51.1	43.4
	1	34.3	47.4	51.5	51.6	46.2
	2	36.6	50.3	54.7	50.6	48.0
	3	45.0	51.7	50.7	53.9	50.3
	Keskim. Average	36.7	48.1	51.4	51.8	47.0
Kalisuola — Muriate of potash	0	37.4	43.7	51.5	48.5	45.3
	1	34.5	46.8	49.2	52.0	45.6
	2	36.6	49.6	53.1	49.9	47.3
	3	38.0	52.5	51.5	56.9	49.7
	Keskim. Average	36.6	48.1	51.3	51.8	47.0
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	Kalisuola — Muriate of potash					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	38.9	41.3	42.3	51.0	43.4
	1	47.4	46.0	47.0	44.4	46.2
	2	48.4	45.4	49.0	49.4	48.1
	3	46.5	49.8	50.9	54.1	50.3
Keskim. Average	45.3	45.6	47.3	49.7	47.0	

Liite 9. Hirvituhot. Vahingoittumattomien taimien osuus (%) eri lannoitekombinaatioissa Haukivahossa syksyllä 1978.

Appendix 9. The proportion of pine seedlings, undamaged by elk, on sample plots given different fertilizer combinations. Autumn 1978, Haukivaho.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	0	90	88	81	81	85
	1	70	64	57	55	61
	2	69	43	40	35	45
	3	41	51	28	36	39
	Keskim. Average	68	62	52	52	58
Kalisuola — Muriate of potash	0	69	63	53	59	61
	1	61	73	56	39	57
	2	73	49	43	56	54
	3	70	61	54	54	60
	Keskim. Average	68	62	52	52	58
Oulunsalpietari — Ammonium-nitrate limestone	Kalisuola — Muriate of potash					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	83	88	92	78	85
	1	67	55	56	66	61
	2	49	51	34	45	45
	3	41	34	31	49	39
Keskim. Average	60	57	53	60	58	

Liite 10. Nuijaneva. Selitykset kuten liitteessä 9.

Appendix 10. Nuijaneva experimental field, for explanations see Appendix 9.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	0	93	85	84	78	85
	1	93	78	64	74	77
	2	87	71	74	81	78
	3	81	67	64	66	69
	Keskim. Average	89	75	72	75	77
Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>	0	87	73	70	75	76
	1	88	77	79	75	78
	2	84	81	73	72	79
	3	95	71	65	76	77
	Keskim. Average	89	75	72	75	78
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim.
	0	86	87	83	85	85
	1	73	81	75	80	77
	2	71	78	89	76	79
	3	75	73	63	67	70
Keskim. Average	76	80	77	77	78	

Liite 11. Hirvituhot. Latvasta syötyjen taimien osuus (%) eri lannoitekombinaatioissa Haukivahossa syksyllä 1978.

Appendix 11. The proportion of pine seedlings with leader shoot damaged by elk on sample plots given different fertilizer combinations. Haukivaho, autumn 1978.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	0	4	1	3	2	3
	1	11	14	16	15	14
	2	12	28	24	21	22
	3	35	20	31	23	27
	Keskim. Average	16	16	19	15	17
Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>	0	13	11	18	8	12
	1	21	8	17	22	17
	2	10	26	21	14	18
	3	17	17	19	16	17
	Keskim. Average	15	16	19	15	16
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	0	3	1	7	3
	1	9	14	15	18	14
	2	15	19	30	24	22
	3	26	31	30	21	27
Keskim. Average	13	17	19	18	17	

Liite 12. Nuijaneva. Selitykset kuten liitteessä 11.

Appendix 12. Nuijaneva experimental field, for explanations see Appendix 11.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	0	3	5	3	4	4
	1	1	7	10	5	6
	2	2	8	6	4	5
	3	7	8	11	6	8
	Keskim. Average	3	7	8	5	6
Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>	0	1	9	8	8	7
	1	7	6	5	4	6
	2	4	5	13	4	7
	3	1	8	4	4	4
	Keskim. Average	3	7	8	5	6
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	4	5	4	3	4
	1	8	4	5	7	6
	2	11	4	3	3	5
	3	3	9	15	4	8
Keskim. Average	6	5	7	4	6	

Liite 13. Luontaisesti syntyneiden koivuntaimien keskimääräinen pituus (cm) (v. 1975) eri lannoite-kombinaatioissa Nuijanevalla.

Appendix 13. The mean height (cm) (in 1975) of natural birch seedlings on sample plots given different fertilizer combinations at Nuijaneva.

Lannoite — Fertilizer	Hienofosfaatti — Rockphosphate					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	0	58.9	123.9	104.5	116.8	101.0
	1	67.8	113.4	185.4	169.6	134.1
	2	85.9	187.9	186.2	200.3	165.1
	3	134.3	187.4	198.4	222.3	185.6
	Keskim. Average	86.7	153.2	168.6	177.3	146.5
Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>	0	87.9	133.6	175.3	175.7	143.1
	1	98.3	138.0	171.7	174.3	145.6
	2	71.5	158.3	166.4	173.2	142.4
	3	89.3	182.8	161.1	185.9	154.8
	Keskim. Average	86.7	153.2	168.6	177.3	146.5
Oulunsalpietari — <i>Ammonium-nitrate</i> <i>limestone</i>	Kalisuola — <i>Muriate of potash</i>					
	Lannoitus- taso — Fertilizer level	0	1	2	3	Keskim. Average
	0	106.9	87.3	82.0	127.8	101.0
	1	137.1	134.6	136.5	128.0	134.1
	2	171.8	176.6	152.8	159.3	165.1
	3	156.6	183.8	198.2	203.9	185.6
Keskim. Average	143.1	145.5	142.4	154.8	146.5	

LAINÉ, JUKKA and MANNERKOSKI, HANNU O.D.C. 114.444: 232.  
425.1: 181. 65: 451.2

1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. ACTA FORESTALIA FENNICA 166: 1-45. Helsinki.

An attempt has been made in this study to determine, which nutrients and in what amounts should be used in the fertilization of pine seedling stands on nutrient-poor open bogs in order to obtain optimum seedling growth and to minimize the risk of elk damage.

The most important nutrient to improve seedling growth in the experiments was phosphorus. Already rather small amounts produced a significant effect although the effect of bigger dosages seemed to be longer lasting. After refertilization also nitrogen gave significant increase in growth. The number of seedlings damaged by elk increased the most on N-fertilized plots. Also phosphorus increased the occurrence of elk damage, but the effect seemed to be related to the better growth and more suitable size of P-fertilized seedlings.

The effect of potassium both on seedling growth and on occurrence of elk damage was negligible.

Authors' address: Department of Peatland Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

LAINÉ, JUKKA and MANNERKOSKI, HANNU O.D.C. 114.444: 232.  
425.1: 181. 65: 451.2

1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. ACTA FORESTALIA FENNICA 166: 1-45. Helsinki.

An attempt has been made in this study to determine, which nutrients and in what amounts should be used in the fertilization of pine seedling stands on nutrient-poor open bogs in order to obtain optimum seedling growth and to minimize the risk of elk damage.

The most important nutrient to improve seedling growth in the experiments was phosphorus. Already rather small amounts produced a significant effect although the effect of bigger dosages seemed to be longer lasting. After refertilization also nitrogen gave significant increase in growth. The number of seedlings damaged by elk increased the most on N-fertilized plots. Also phosphorus increased the occurrence of elk damage, but the effect seemed to be related to the better growth and more suitable size of P-fertilized seedlings.

The effect of potassium both on seedling growth and on occurrence of elk damage was negligible.

Authors' address: Department of Peatland Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

LAINÉ, JUKKA and MANNERKOSKI, HANNU O.D.C. 114.444: 232.  
425.1: 181. 65: 451.2

1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. ACTA FORESTALIA FENNICA 166: 1-45. Helsinki.

An attempt has been made in this study to determine, which nutrients and in what amounts should be used in the fertilization of pine seedling stands on nutrient-poor open bogs in order to obtain optimum seedling growth and to minimize the risk of elk damage.

The most important nutrient to improve seedling growth in the experiments was phosphorus. Already rather small amounts produced a significant effect although the effect of bigger dosages seemed to be longer lasting. After refertilization also nitrogen gave significant increase in growth. The number of seedlings damaged by elk increased the most on N-fertilized plots. Also phosphorus increased the occurrence of elk damage, but the effect seemed to be related to the better growth and more suitable size of P-fertilized seedlings.

The effect of potassium both on seedling growth and on occurrence of elk damage was negligible.

Authors' address: Department of Peatland Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

LAINÉ, JUKKA and MANNERKOSKI, HANNU O.D.C. 114.444: 232.  
425.1: 181. 65: 451.2

1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. ACTA FORESTALIA FENNICA 166: 1-45. Helsinki.

An attempt has been made in this study to determine, which nutrients and in what amounts should be used in the fertilization of pine seedling stands on nutrient-poor open bogs in order to obtain optimum seedling growth and to minimize the risk of elk damage.

The most important nutrient to improve seedling growth in the experiments was phosphorus. Already rather small amounts produced a significant effect although the effect of bigger dosages seemed to be longer lasting. After refertilization also nitrogen gave significant increase in growth. The number of seedlings damaged by elk increased the most on N-fertilized plots. Also phosphorus increased the occurrence of elk damage, but the effect seemed to be related to the better growth and more suitable size of P-fertilized seedlings.

The effect of potassium both on seedling growth and on occurrence of elk damage was negligible.

Authors' address: Department of Peatland Forestry, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.



# ACTA FORESTALIA FENNICA

## EDELLISIÄ NITEITÄ — PREVIOUS VOLUMES

- VOL. 153, 1976. YRJÖ ROITTO.**  
The economic transport unit size in roundwood towing on Lake Iso-Saimaa (in Eastern Finland). Résumé: Le volume Economique du remorquage de bois ronds sur le lac Iso-Saimaa, en Finlande orientale. Tiivistelmä: Taloudellinen kuljetusyksikkö Iso-Saimaan nippulauttahuoneuksissa.
- VOL. 154, 1977. NILO SÖYRINKI, RISTO SALMELA ja JORMA SUVANTO.**  
Oulangan kansallispuiston metsä- ja suokasvillisuus. Summary: The forest and mire vegetation of the Oulanka national park, Northern Finland.
- VOL. 155, 1977. EERO KUBIN.**  
The effect of clear cutting upon the nutrient status of a spruce forest in Northern Finland (64°28' N). Seloste: Paljaaksihakkuun vaikutus kuusimetsän ravinnetilaan Pohjois-Suomessa (64°28' N).
- VOL. 156, 1977. JUKKA SARVAS.**  
Mathematical model for the physiological clock and growth. Seloste: Fysiologisen kellon ja kasvun matemaattinen malli.
- VOL. 157, 1977. HEIKKI JUSLIN.**  
Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttiuteen liittyviin asenteisiin vaikuttaminen. Summary: Influencing the timber-sales propensity of private forest owners.
- VOL. 158, 1977. ANNA-MAIJA HALLAKSELA.**  
Kuusen kantojen mikrobilajisto. Summary: Microbial flora isolated from Norway spruce stumps.
- VOL. 159, 1977. ERKKI WUOLIJOKI.**  
Metsätyöntekijän väsyminen. Summary: The fatigue in forest work.
- VOL. 160, 1977. YRJÖ KANGAS.**  
Die Messung der Bestandesbonität. Seloste: Metsikön boniteetin mittaaminen.
- VOL. 161, 1978. ERKKI HALLMAN, PERTTI HARI, PENTTI K. RÄSÄNEN, HEIKKI SMOLANDER.**  
The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis, and height increment of Scots pine seedlings. Seloste: Istutushokin vaikutus männyntaimien transpiraatioon, fotosynteesiin ja pituuskasvuun.
- VOL. 162, 1978. OLAVI LUUKKANEN.**  
Investigations on factors affecting net photosynthesis in trees: gas exchange in clones of *Picea abies* (L.) Karst.
- VOL. 163, 1978. AARNE NYSSÖNEN ja KARI MIELIKÄINEN.**  
Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment.
- VOL. 164, 1978. T. ERICKSSON, C. NILSSON, G. SKRÄMO.**  
The inter-Nordic project of forest terrain and machines in 1972—1975. Seloste: Yhteispohjoismainen metsäntutkimusprojekti «Maasto-Kone» 1972—1975.
- VOL. 165, 1979. V. J. PALOSUO**  
MERA-ohjelmat Suomen metsätaloudessa. Svensk resumé: Erfarenheter av det riksomfattande virkesproduktionsprogrammet. Summary: MERA-programme in Finnish forestry.

KANNATAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR  
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO  
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO  
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA  
SUNILA OSAKEYHTIÖ  
OY WILH. SCHAUMAN AB  
OY KAUKAS AB  
KEMIRA OY  
G. A. SERLACHIUS OY  
KYMI KYMMENE  
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO  
KOIVUKESKUS  
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ  
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS  
OY TAMPELLA AB  
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ  
KAJAANI OY  
KEMI OY  
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO  
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA  
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ  
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY  
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS  
OY HACKMAN AB  
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ  
RAUMA-REPOLA OY  
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS  
JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY  
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI  
SOTKA OY, METSÄOSASTO  
THOMESTO OY  
ASKO-UPO OY  
SAASTAMOINEN YIITYMÄ OY  
OULU OY  
OY KESKUSLABORATORIO  
METSÄNJALOSTUSSÄÄTIÖ  
SUOMEN METSÄNHOITAJALIITTO RY  
OY KYRO AB  
SUOMEN 4H-LIITTO  
SUOMEN PUULEVYTEOLLISUUSLIITTO RY  
OY W. ROSENLEW AB