

# ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 150, 1976

LANNOITUKSEN, KUIVATUKSEN JA LÄMPÖOLOJEN  
VAIKUTUS ISTUTUS- JA LUONNONTAIMISTOJEN KE-  
HITYKSEEN RÄMEILLÄ

*EFFECT OF FERTILIZATION, DRAINAGE, AND  
TEMPERATURE CONDITIONS ON THE DEVELOP-  
MENT OF PLANTED AND NATURAL SEEDLINGS  
ON PINE SWAMPS*

Leo Heikurainen ja Jukka Laine



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, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

ALKUSANAT

LANNOITUKSEN, KUIVATUKSEN JA LÄMPÖOLOJEN VAIKUTUS  
ISTUTUS- JA LUONNONTAIMISTOJEN KEHITYKSEEN RÄMEILLÄ

LEO HEIKURAINEN ja JUKKA LAINE

SUMMARY:

*EFFECT OF FERTILIZATION, DRAINAGE, AND TEMPERATURE  
CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF PLANTED AND NATURAL  
SEEDLINGS ON PINE SWAMPS*

Leo Heikurainen

ISBN 951-631-053-6

HELSINKI 1976

ISTUTUS- JA LUONNONTAMISTOJEN KEHITYKSEEN RÄMÄLLÄ  
LAINOITUKSEN KUVATUKSEN JA LÄMPÖJOLEN VAIKUTUS

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat

LEO HEIKURAINEN ja JUKKA LAINE  
ACTA FORESTALIA Fennica. Sisältää aineksia Suomen metsätaloutta ja  
sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsää-  
nöllisin väliajoin noin kahdeksi kerraksi vuodessa. Ilmestyy epäsää-  
nöllisin väliajoin noin kahdeksi kerraksi vuodessa. Ilmestyy epäsää-  
nöllisin väliajoin noin kahdeksi kerraksi vuodessa. Ilmestyy epäsää-  
nöllisin väliajoin noin kahdeksi kerraksi vuodessa.

Thèses et publications concernant les fondements de la sylviculture  
et de ses bases. Publié quatre fois par an. Publié quatre fois par an.

SUMMARY

CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF PLANTED AND NATURAL  
FORESTS IN FINLAND IN RELATION TO CLIMATE AND TEMPERATURE

English edition  
The volume, which appears  
four times annually.  
Published four times annually.  
Order for back issues of the publications of the Society, subscriptions,  
and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu  
40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

ISBN 951-651-025-6

Hämeenlinna 1976, Arvi A. Karisto Osakeyhtiön kirjapaino



Esillä oleva tutkimus käsittelee taimistojen kasvatusta turvemilla. Aineiston muodostaa laaja koekenttäsarja, josta on käytetty työnimeä »Männyn optimikasvun koekentät». Kokeessa on ollut tarkoitus kombinoida kaksi tärkeintä kasvutekijäryhmää, ravinne- ja vesiolot siten, että niiden yhteisvaikutus olisi biologisesti optimissa. Sijoittamalla koekentät eri puolille maata toivotaan saatavan tietoa myös ilmaston vaikutuksesta ja käyttämällä luontaista uudistamista ja istutusta pyritään saamaan tietoja taimilajien välisistä mahdollisista eroista. Koesarjan perustamisesta on tähän inventointiin mennessä kulunut 8—9 vuotta, ja kun koesarja on tarkoitettu kestäväksi 20 vuotta, käsillä olevaa työtä on pidettävä väli-inventointina.

Koekentät on perustettu Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen suunnitelmien mukaan seuraavien metsäteollisuusyhtiöiden toimesta: A. Ahlström Osakeyhtiö,

Kymin Osakeyhtiö, Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiö, Oy Kaukas Ab, G. A. Serlachius Oy, Rauma-Repola Oy, Enso-Gutzeit Osakeyhtiö, Metsäliiton Teollisuus Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Kajaani Oy, Oulu Osakeyhtiö ja Kemi Oy. Tämän lisäksi Ålands landskapsstyrelsen on perustanut kaksi koekenttää Ahvenanmaalle. Haluan esittää parhaat kiitokseni edellä mainituille yhtiöille ja yhteisöille sekä koekenttien perustamis- ja hoitotoissa mukana olleille mainittujen yhtiöiden ja yhteisöjen ammattimiehille.

Tämän inventoinnin kenttätöitä ovat hoitaneet lähinnä silloinen metsät. yo. Kalervo Rissanen sekä MH Jukka Laine. Heille samoin kuin lukuisille kenttäapulaisilleni esitän parhaat kiitokseni. Toisen tekijän, MH Jukka Laineen osuus on myös aineiston tietokonekäsitelyssä ollut ratkaiseva. Hän on osallistunut myös käsikirjoituksen laatimiseen.

Helsingissä, lokakuussa 1975

LEO HEIKURAINEN

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. Tutkimusongelma ja koejärjestelyn pääpuitteet .....	5
2. Koekentät .....	6
3. Aikaisemmat inventoinnit .....	8
4. Kenttätöyt .....	9
5. Aineiston käsittely .....	10
6. Tulokset .....	11
61. Mäntytaimistojen kehitys .....	11
611. Taimien pituus .....	11
612. Taimien pituuskasvu .....	12
613. Lämpösumman vaikutus lannoitusvoimakkuuden ja kuivatustehon muuttuessa .....	14
614. Taimien kehitys 1969—1973 .....	15
615. Istutustaimien kuolleisuus .....	16
616. Luonnontaimien ja istutustaimien vertailu .....	17
62. Koivujen esiintyminen .....	19
63. Pintakasvillisuus .....	20
631. Sammalkerros .....	20
632. Kenttäkerros .....	21
633. Varvusto .....	22
7. Tiivistelmä .....	24
8. Päätelmiä ja puntarointia .....	26
9. Kirjallisuutta .....	28
Summary .....	29
Liitetaulukot .....	33

## 1. TUTKIMUSONGELMA JA KOEJÄRJESTELYN PÄÄPUIITTEET

Metsän kasvatuksessa voidaan vaikuttaa lähinnä kahteen kasvutekijäryhmään, ravinne- ja vesioloihin. Erityisen helppoa on näiden kasvutekijöiden säätely turvemilla. Vesiolot voidaan järjestää halutunlaiseksi esim. ojittamalla ja ravinneoloja voidaan parantaa lisäämällä ravinteita.

Turvemaiden vesiolojen säätelyn ja lannoittamisen ongelmia on selvitetty lukuisissa tutkimuksissa. Tiedetään ainakin pääpiirteissään, miten puiden kasvu riippuu kuivatusasteesta (esim. HUIKARI ja PAARLAHTI 1967, SEPPÄLÄ 1972). Samoin tiedetään erilaisten lannoitustasojen ja ravinnekombinaatioiden vaikutus puiden kasvuun (esim. HUIKARI ja PAAVILAINEN 1972, DICKSON 1972). Sen sijaan on vain niukasti tietoja vesi- ja ravinneolojen erilaisten kombinaatioiden vaikutuksista (vrt. kuitenkin HUIKARI ja PAARLAHTI 1967). Vielä vähäisempiä ovat ne tiedot, joissa edellä mainittujen kasvutekijöiden lisäksi on otettu huomioon myös suurilmaston vaikutus.

Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään selvittämään erilaisten vesi- ja ravinneolojen kombinaatioiden vaikutuksia luontaisesti syntyneiden ja istutettujen mäntytaimistojen kasvuun Suomen eri osissa. Tarkoituk-

sena oli alunperin muunnella vesi- ja ravinneoloja siten, että löydettäisiin kombinaatio, joka johtaisi parhaaseen männynntaimien kasvuun. Koejärjestelyä yksinkertaistettiin siten, että ravinneolojen osalta vaihdeltiin vain ravinnemääriä ja ravinnekombinaatio vakioitiin olemassa olevan tiedon perusteella. Vesiolojen variointi järjestettiin sarkaleveydellä muuntelemalla.

Ravinne- ja vesiolojen lisäksi kokeessa on selittävänä muuttujana vielä suurilmasto. Tämän muuntelu toteutuu tietyin rajoituksin siten, että koekentät sijaitsevat eri puolilla Suomea, Etelä-Suomesta aina Perä-Pohjolaan saakka. Suurilmastoa kuvaamaan on tässä tutkimuksessa käytetty vain efektiivistä lämpösummaa ( $dd^{\circ}C$ , kynnyks 5 $^{\circ}C$ ), joka on määritetty kunkin koekentän sijainnin perusteella.

Tutkimuksessa ovat mukana sekä istutetut että luontaisesti syntyneet mäntytaimistot. Mittausten kohteena ja siten myös selitettävänä muuttujina ovat olleet istutustaimien elossa pysyminen ja molempien taimilajien pituus sekä pituuskasvu. Lisäksi on inventoitu koivujen esiintymistä ja analysoitu pintakasvillisuutta.



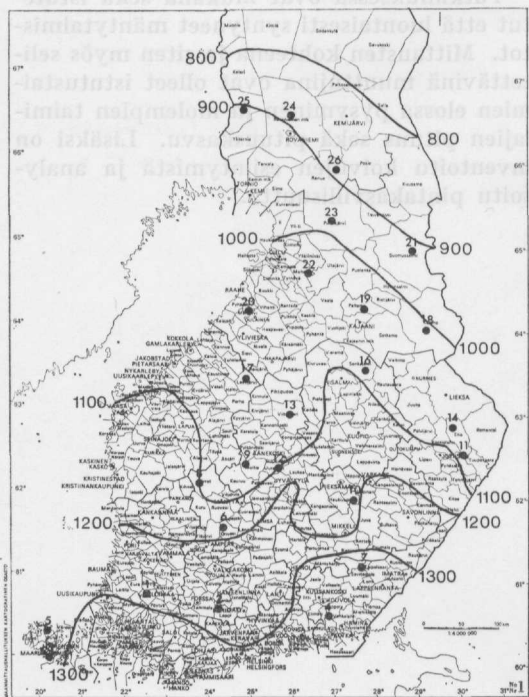
Kuva 1. Koekenttien sijainti ja lämpösumma.

Fig. 1. Geographical location of the experimental sites and temperature sum.

## 2. KOEKENTÄT

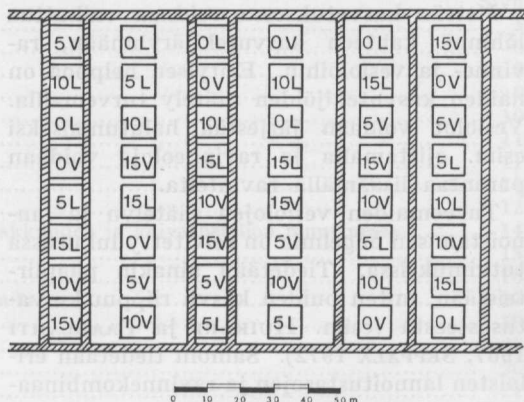
Koekentät on perustettu vv. 1965–66, lähinnä metsäteollisuusyhtiöiden toimesta Helsingin yliopiston suometsi-tieteen laitoksen suunnitelmien mukaan. Lähes kaikki alueet olivat luonnontilaisia karuja rämeitä. Suotyyppi vaihteli isovarpuisesta rämeestä tupasvillarämeeseen ja eräissä tapauksissa oli myös varsinainen sararämeen ja korpi-rämeen vivahdeta. Turvekerros oli yleensä yli 1 m:n paksuinen. Turpeen ravinnepitoisuus on v. 1969 tehtyjen analyysien mukaan alhainen, keskimäärin pH 3,2, tuhkaprosentti 2,6, typpi 0,9,  $K_2O$  0,07,  $P_2O_5$  0,07,  $CaO$  0,31 % kuivaaineesta.

Alunperin koekenttien puusto vaihteli suu-resti, esimerkiksi kuutiomäärä vaihteli 5–50 m<sup>3</sup>/ha. Koekenttien perustamisen yhtey-



Kuva 1. Koekenttien sijainti ja lämpösummakäyrät.

Fig. 1. Geographical location of the experimental areas, and temperature sum.



Kuva 2. Esimerkki koekentän koejärjestelystä. Koekenttä n:o 8, Virrat. L = luonnontaimisto, V = istutustaimisto, 0 = lannoittamaton, 5 = 500 kg/ha, 10 = 1000 kg/ha, 15 = 1500 kg/ha suo-y-lannosta.

Fig. 2. An example of the experimental layout Experimental area No. 8, Virrat. L = natural seedling stand, V = planted seedling stand, 0 = unfertilized, 5 = 500 kg/ha, 10 = 1000 kg/ha, 15 = 1500 kg/ha of NPK fertilizer. (N 14,  $P_2O_5$  18,  $K_2O$  10 per cent).

dessä kaikki varttuneet puut poistettiin ja taimistosta jätettiin luonnontaimien koealoille vain 0,5 m pienemmät taimet ja istutuskoealoilta pyrittiin poistamaan kaikki taimet. Eräille koekentille jätettiin koealojen ulkopuolelle siemenpuita täydentämään luonnontaimistoa. Viimeisetkin siemenpuut on poistettu vuoden 1975 aikana.

Kuvasta 1 nähdään koekenttien sijainti. Yhteensä koekenttiä on 25 kpl, joista tosin yksi (n:o 17) jäi tässä tutkimuksessa inventoimatta. Kuten havaitaan, koekentät sijaitsevat leveyspiirin 60° 00' ja 66° 45' välissä ja efektiivinen lämpösumma vaihtelee 1330 dd°C–865 dd°C.

Kuvassa 2 nähdään esimerkki koekentän koejärjestelystä. Koejärjestelyssä on vaihdeltu lannoitusta ja sarkaleveyttä blokitetua faktorikokeen periaatetta noudattaen.

Blokki muodostuu sarasta. Saran leveys on 30, 20 tai 10 m ja sarkaleveydellä on kaksi toistoa. Sarkojen sijainti on arvottu. Ojan syvyys oli kaivun jälkeen n. 80 cm. Kussakin sarassa on 8 yhden aarin suuruista koealaa siten, että edustettuina ovat sekä luontaisesti syntyneillä mäntytaimistoilla että istutustaimistoilla käytetyt lannoitustasot 0, 500, 1000 ja 1500 kg/ha suo-y-lannosta (N 14 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18 %, K<sub>2</sub>O 10 %). Kunkin saran koealojen sijainti on arvottu. Koealojen välissä on vähintään 2 m:n vaippa.

Paikallista alkuperää olevat 2+1-vuotiset taimet on istutettu tasapintaan puristusistuksena. Istutustaimistoja on täydennetty vuoden kuluttua istutuksesta. Lannoitus on tapahtunut heti istutuksen jälkeen hajalannoituksena.

Koekenttäjoukko ei ole moitteettoman

homogeeninen. Kuten edellä jo mainittiin vaihtelee suotyyppi enemmän kuin olisi suotavaa. Niinpä viljavuusindeksi, joka on määritetty suotyypin perusteella, on karuimmilla saanut arvon 22 ja viljavimmissa tapauksissa sen arvoksi on annettu 45 (vrt. HEIKURAINEN 1973). Laskettaessa lämpösumman mukaisia viljavuusindeksien keskiarvoja saadaan seuraava asetelma.

Lämpösumma, dd° C	<1000	1000—1150	>1150
Viljavuusindeksin keskiarvo .....	33	30	28
Koekenttien lukumäärä .....	8	8	8

Eteläiset koekentät ovat siis keskimäärin olleet karumpia kuin pohjoiset (vrt. myös liitetaulukot).



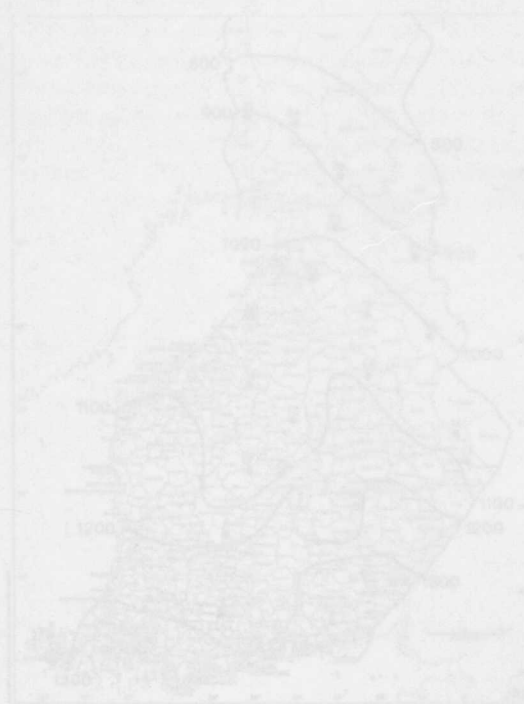
homogeeninen. Kuten edellä jo mainittiin vaihtelee suuhyppy enemmän kuin ojal-  
-määrä, joka on mää-

### 3. AIKAISEMMAT INVENTOINNIT

Niillä koekentillä, jotka perustettiin ke-  
vällä 1965, on saman vuoden syksyllä in-  
ventoitu istutustaimien eloonjääminen. Tu-  
lokset näiltä yhteensä 16 koekentältä on jul-  
kaistu aikaisemmin (HEIKURAINEN ym.  
1966).

Yhteensä 10 koekenttää mitattiin v. 1969,  
jolloin perustamisesta oli kulunut 5 vuotta.  
Tämä inventointi kohdistui vain v. 1965  
perustettuihin Etelä- ja Keski-Suomen ko-  
ekenttiin. Tällöin mitattiin taimien pituus ja  
kasvu sekä istutustaimien elossa pysyminen.

koekentillä, jotka on määritetty  
koko kauden ajan. Koko kauden  
ajan mittaus on mahdollista  
vain silloin, kun koekentät  
ovat kunnossa ja taimet  
ovat kasvaneet riittävästi.



Kuva 1. Koekenttien sijainti ja lämpösumma-  
käyrät.

Fig. 1. Geographical location of the experimental  
areas, and temperature sum.

blokki muodostuu sarasta. Saran leveys on  
30, 30 tai 10 m ja sarkaleveydellä on kaksi  
lokasta. Saran etäisyys on 100 m. Saran  
pituus on 100 m. Saran leveys on 100 m.

Lisäksi tehtiin pintaturpeen ravinneanalyysit,  
tutkittiin lannoituksen ja sarkaleveyden  
aiheuttamia pintakasvillisuuden muutoksia  
sekä tehtiin havaintoja taimistoja kohdan-  
neista vaurioista. Tutkimuksen tulokset on  
julkaistu aikaisemmin (HEIKURAINEN ja VEI-  
JOLA 1971). Tämän julkaisun yhteydessä  
tullaan näihin tuloksiin viittaamaan useissa  
yhteyksissä ja samalla täydentämään nyt  
8–9 vuotta kokeen perustamisesta saatuja  
tuloksia.

koekentillä, jotka on määritetty  
koko kauden ajan. Koko kauden  
ajan mittaus on mahdollista  
vain silloin, kun koekentät  
ovat kunnossa ja taimet  
ovat kasvaneet riittävästi.

Kuva 2. Kuvassa 1 nähdään esimerkki koekentän  
Koekentällä on 8 Virstaa. 1 = luonnontaimien V =  
istutustaimien 0 = luonnontaimien, 5 = 100 kg  
NPK, 10 = 1000 kg/ha, 15 = 1500 kg/ha  
NPK:n määrät.

Fig. 2. An example of the experimental layout  
Experimental area No. 2, Virsta 1 = natural  
timber stand, V = planted seedling stand,  
0 = unproductive, 5 = 100 kg/ha, 10 = 1000  
kg/ha of NPK fertilizer, 15 = 1500 kg/ha  
of NPK.

nessä kaikki varttuneet puut poistettiin ja  
taimistosta jätettiin luonnontaimien ko-  
ealalle vain 0,2 m pienenäimä taimet ja istu-  
tuskoealoihin pyrittiin poistamaan kaikki tai-  
met. Eräille koekentille jätettiin koealojen  
ulkopuolelle siemenpuita täydentämään luon-  
nontaimistoa. Viimeisetkin siemenpuut on  
poistettu vuoden 1975 aikana.

Kuvassa 1 nähdään koekenttien sijainti.  
Yhteensä koekenttää on 25 kpl, joista tosi-  
yksi (no 17) oli tässä tutkimuksessa inven-  
toimatta. Kuten havaitaan, koekentät si-  
jaitsevat leveysasteilla 60° 00' ja 66° 45' va-  
lissa ja elektirivien lämpösumma vaihtelee  
1500 C<sup>h</sup>–2650 C<sup>h</sup>.

Kuvassa 2 nähdään esimerkki koekentän  
Koekentällä on 8 Virstaa. Koko kauden  
ajan mittaus on mahdollista  
vain silloin, kun koekentät  
ovat kunnossa ja taimet  
ovat kasvaneet riittävästi.



4. KENTTÄTYÖT

Syyskesällä 1973 ja kesällä 1974 mitattiin 24 koekenttää. Mittauksissa selvitetttiin taimien pituus kasvukauden 1973 päätyttyä ja vv. 1971–73 aikana tapahtunut pituuskasvu. Kullakin koelalla käytettiin seuraavanlaista otantaa: luonnontaimialoilla mitattiin koelalan lävistäjien määrämällä 2 m:n levyisillä kaistoilla eteen tulevassa järjestyksessä 15 tainta. Ellei taimia ollut kaistoilla riittävästi, levennettiin kaistoja niin, että riittävä määrä taimia saatiin mitatuksi. Mitattaviksi hyväksyttiin vain ne männyntaimet, jotka syksyllä 1969 olivat olleet 0,2–1,5 m:n mittaisia. Täten luonnontaimien koelaloilla otannan perusjoukko pyrittiin saamaan samaksi kuin vuoden 1969 inventoinnissa.

Istutuskoeloilla merkittiin aluksi kaikki elossa olevat istutustaimet ja inventoitiin tässä yhteydessä kuolleisuus. Taimista mitattiin riveittäin työjärjestyksen mukaisesti aloittaen ensimmäiset 15 tainta. Eräissä tapauksissa elossa pysyneitä istutustaimia oli vähemmän kuin 15, jolloin mitattiin

kaikki elossa pysyneet istutustaimet. Istutusaloille oli syntynyt myös luonnontaimia, ja mitattua istutustainta lähimmästä luonnontaimesta mitattiin samat tunnuksat kuin istutustaimestakin.

Mitattaviksi hyväksyttiin edelleen vain ne taimet, joiden kolme viimeistä latvakasvain-ta oli kehittynyt normaalisti.

Koivut luettiin erotellen vesat ja siemen-syntyiset ja viimeainituista vielä hieskoivut ja rauduskoivut.

Aluskasvillisuus inventoitiin kullakin koelalalla joka viidennen mitattavan taimen välittömästä ympäristöstä alalta, jonka keskipiste oli ko. taimi ja säde 1 m. Aluskasvillisuuden peittävyys kussakin arviointipisteessä arvioitiin lajiryhmittäin seuraavasti: rahkasammalet, seinäsammalet, tupasvilla, muut saramaiset kasvit, maitohorsma + muut ruohot sekä ns. isot varvut. Kunkin lajiryhmän peittävyys arvioitiin sadanneksina. Varvuita mitattiin lisäksi keskipituus.

	Luonnontaimet - Natural seedlings			
30	110 ± 9.4	122.6 ± 7.4	132.5 ± 8.4	136.4 ± 8.4
20	111.9 ± 7.4	125.7 ± 9.4	134.1 ± 8.7	138.1 ± 9.4
10	125.1 ± 9.4	132.9 ± 9.4	138.2 ± 10.4	139.4 ± 10.4

\*). 95 %:n luottotason tasoja keuhkaryöylyä  
95 per cent reliability limits of mean values

Koivutapokaloilla, jossa olivat mukana luonnontaimet (20), varkalevyä (S) ja lämpösumma (T) osoitti, että kaikkien selittäjien vaikutus on yhtä merkittävää, että luonnontaimien tapokaloissa selittäjien merkittävyys Mallin selittäjien ja F-arvojen nähdään seuraavasti esitelmasta.

Istutustaimet - Planted seedlings

Koko malli	52.4 %	F (7,268)	= 59.26***
Whole model			
M	34 %	F (5,208)	= 20.19***
S	8.4 %	F (2,82)	= 50.29***
T	3.1 %	b = 52.862	t = 6.04***
T <sup>2</sup>	2.8 %	b = -3.01	t = -4.84***

Luonnontaimet - Natural seedlings

Koko malli	21.6 %	F (7,348)	= 29.26***
M	10.1 %	F (3,138)	= 27.29***
S	3.4 %	F (2,68)	= 12.29***
T	5.3 %	b = 99.618	t = 6.01***
T <sup>2</sup>	2.8 %	b = -4.284	t = -6.04***

Yksittäisen selittäjän kullekin kullekin prosenttiluku ja F-arvo ilmaisevat mallin selityksen pienenemisen ja sen merkittävyyden, jos vain ko. muuttuja poistetaan mallista. Lämpösumman (T) osalta on tehty regressiokertoimen (b) poikkeaminen Osta t-testillä. Syy siihen, ettei yksittäisten selittäjien prosenttilukujen summa ole yhtä

## 5. AINEISTON KÄSITTELY

Kuten edellä on käynyt ilmi, suoritettiin koealoilla seuraavat mittaukset ja selvitykset: mäntytaimien pituus ja pituuskasvu, vesa- ja siemensyntyisten koivujen lukumäärä, viimeainitut luokiteltuna koivulajin mukaan, aluskasvillisuuden lajiryhmien peittävyysadannekset, istutustaimien kyseessä ollen lisäksi taimien kuolleisuussadannes sekä vielä näillä koealoilla esiintyvien luonnontaimien tunnuksat. Mitattujen taimien keskiarvot laskettiin koealoittain. Käsitteily-yksikkönä pidettiin siis koealaa. Edellä luetellut tunnuksat muodostivat selitettävät muuttujat ja selitettävänä muutujina pidettiin lannoitustasoa, sarkaleveyttä, lämpösummaa sekä eräissä käsittelyissä lisäksi taimilajia.

Lämpösumma arvioitiin koekenttäkohtaisesti merenpinnan tasoon redukoitujen lämpösummakäyrien (vv. 1941—70 keskiarvot) sekä koekentän korkeuden perusteella (vrt. HEIKURAINEN 1973, kuvat 9 ja 10, s. 17).

Yleiskäsittelyä käytettiin kovarianssi-

analyysiä, jossa luokittelevina selittäjinä olivat aina lannoitustaso ja sarkaleveys ja regressioselittäjänä aina lämpösumma. Mallien selitysasteiden laskennan sekä F-testien lisäksi luotettavuuden selvityksissä käytettiin selittäjien asteittaista poistamista ja siitä johtuvaa selitysasteen pienenemisen merkitsevyyden testausta F-testillä.

Kvantitatiivisen analyysin avuksi laskettiin keskiarvoja sekä regressiokertoimia. Näiden luotettavuustunnuksina on käytetty keskiarvon 95 %:n luotettavuusrajoja sekä t-testejä.

Yleiskäsittelyn lisäksi on tehty suppeampia laskelmia niiden 10 koekentän perusteella, jotka inventoitiin syksyllä 1969. Tätä aineistoa kutsutaan seuraavassa suppeaksi aineistoksi ja sen avulla tehdään vertailuja aikaisemman inventoinnin tuloksiin.

Edelleen on laskettu koekenttäkohtaiset taimistojen pituus- ja kasvuluvut, jotka esitetään liitetaulukkoina (liitetaulukot 1 ja 2).

## 6. TULOKSET

### 61. Mäntytaimistojen kehitys

#### 611. Taimien pituus

Taulukosta 1 nähdään istutustaimien ja luonnontaimien pituusluvut eri sarkaleveyksillä ja lannoitustasoilla. Taulukon luvut osoittavat, että sekä istutustaimet että luon-

nontaimet ovat säännöllisesti sitä pitempiä, mitä suurempi on ollut lannoitusvoimakkuus ja mitä pienempää sarkaleveyttä on käytetty. Edelleen todetaan, että luonnontaimet ovat kaikissa käsittelyryhmissä 20–40 cm pitempiä kuin istutustaimet. Suurimmillaan ero on 30 m:n saralla ja pienin 10 m:n saralla.

Taulukko 1. Taimien pituus syksyllä 1973, cm.  
Table 1. Height of seedlings in the autumn of 1973, cm.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	Istutustaimet — Planted seedlings			
30	67.2 ± 9.4*)	85.8 ± 10.9	87.5 ± 10.4	95.2 ± 12.3
20	76.4 ± 9.9	90.2 ± 11.0	99.6 ± 12.8	102.4 ± 13.0
10	99.0 ± 10.6	114.2 ± 11.9	118.2 ± 12.1	120.3 ± 12.4
	Luonnontaimet — Natural seedlings			
30	110.1 ± 8.6	122.0 ± 7.6	131.3 ± 8.4	136.4 ± 8.4
20	111.9 ± 7.2	125.7 ± 9.7	134.6 ± 8.7	138.1 ± 9.9
10	123.1 ± 9.4	132.0 ± 9.8	150.3 ± 10.2	150.9 ± 10.4

\*) 95 %:n luotettavuusrajat keskiarvoille  
95 per cent reliability limits of mean value

Kovarianssimalli, jossa olivat mukana lannoitustaso (M), sarkaleveys (S) ja lämpösusuma (T) osoitti, että kaikkien selittäjien vaikutus on sekä istutustaimien että luonnontaimien tapauksissa erittäin merkitsevä. Mallien selitysasteet ja F-arvot nähdään seuraavasta asetelmasta.

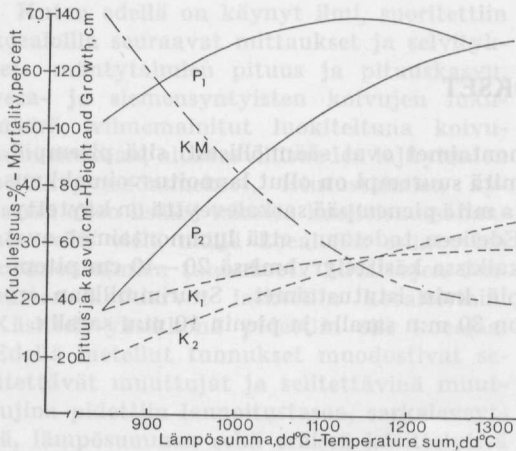
#### Istutustaimet — Planted seedlings

Koko malli	52.4 %	F (7,568)	= 89.39***
<i>Whole model</i>			
M	5.1 %	F (3,568)	= 20.28***
S	8.4 %	F (2,568)	= 50.30***
T	3.1 %	b = 93.862, t =	6.04***
T <sup>2</sup>	2.0 %	b = -3.401, t =	-4.84***

#### Luonnontaimet — Natural seedlings

Koko malli	21.0 %	F (7,552)	= 20.95***
M	10.3 %	F (3,552)	= 23.98***
S	3.6 %	F (2,552)	= 12.52***
T	5.5 %	b = 99.019, t =	6.21***
T <sup>2</sup>	5.2 %	b = -4.325, t =	-6.01***

Yksittäisen selittäjän kohdalla esitetty prosenttiluku ja F-arvo ilmaisevat mallin selitysasteen pienenemisen ja sen merkitsevyyden, jos vain ko. muuttuja poistetaan mallista. Lämpösusuman (T) osalta on testattu regressiokertoimen (b) poikkeaminen O:sta t-testillä. Syy siihen, ettei yksittäisten selittäjien prosenttilukujen summa ole yhtä



Kuva 3. Taimien pituuden, pituuskasvun ja istutustaimien kuolleisuuden riippuvuus lämpösummasta.

$K_1$  = Luonnontaimien pituuskasvu vv. 1971–73, cm.

$$y = -127.1 + 28.77x - 1.120x^2, R^2 = 0.099$$

$K_2$  = Istutustaimien pituuskasvu vv. 1971–73, cm.

$$y = -153.8 + 26.74x - 0.738x^2, R^2 = 0.358$$

$P_1$  = Luonnontaimien pituus syksyllä 1973, cm.

$$y = -401.1 + 94.56x - 4.130x^2, R^2 = 0.067$$

$P_2$  = Istutustaimien pituus syksyllä 1973, cm.

$$y = -515.2 + 93.87x - 3.401x^2, R^2 = 0.389$$

KM = Istutustaimien kuolleisuus-%.

$$y = 420.4 - 60.99x + 2.426x^2, R^2 = 0.433$$

Fig. 3. Dependence of seedling height, height growth and mortality on temperature sum.

$K_1$  = Height growth of natural seedlings during period 1971–73, cm (see equation above)

$K_2$  = Height growth of planted seedlings during period 1971–73, cm (see equation above)

$P_1$  = Height of natural seedlings in the fall 1973, cm (see equation above)

$P_2$  = Height of planted seedlings in the fall 1973, cm (see equation above)

KM = Mortality rate of planted seedlings, % (see equation above)

suuri kuin koko mallin selitysaste, on lämpösumman lineaarisen ja kvadraattisen termin luonnollinen autokorrelaatio.

Istutustaimien osalta vaikuttavin selittäjä oli lämpösumma (lineaarinen ja kvadraattinen termi), jonka osuus selitysasteesta oli 38.9 %, kun se luonnontaimilla oli vain 17.1 %. Asetelman regressiokertoimet on las-

kettu lämpösumman 100 dd° C kohden. Taimien pituuden ja lämpösumman välistä riippuvuussuhdetta havainnollistaa kuva 3.

Syy lämpösumman vähäiseen vaikutukseen luonnontaimien pituuteen lienee se, että pituushajonnan ratkaiseva selittäjä vielä 8–9 vuotta kokeen perustamisesta on taimien pituus kokeen alussa. Istutustaimet olivat sen sijaan kokeen perustamisen aikaan suurin piirtein samankokoisia ja nykyiset pituuserot ovat sen jälkeisen kasvun aiheuttamia. Lisäksi istutustaimiin vaikuttanee pohjoisessa todettu suuri kuolleisuus, jonka yksityiskohtaisempaan käsittelyyn palaamme myöhemmin.

## 612. Taimien pituuskasvu

Taulukosta 2 selviää, että sekä istutustaimien että luonnontaimien pituuskasvu on vuosina 1971–73 ollut sitä parempi mitä voimakkaampaa lannoitusta on käytetty ja mitä pienempi on ollut sarkaleveys. Kuvassa 4 esitetään taulukon 2 luvut siten, että toisessa kuvan osassa nähdään havainnollisesti lannoituksen vaikutus erikseen istutus- ja erikseen luonnontaimiin eri sarkaleveyksillä, kun taas kuvan toisessa osassa on sarkaleveys dominoivana muuttujana.

Näyttäisi siltä, että istutustaimistoissa suurin lannoituksen aiheuttama kasvuunlisäys tapahtuu nolasta lievimpään lannoitukseen (500 kg/ha) siirryttäessä. Vielä suurempia annoksia käytettäessä on kasvun paranemista tapahtunut vain suhteellisen vähän. Tämä saattaa olla yhteydessä voimakkaan lannoituksen aiheuttamaan suureen kuolleisuuteen, kuten myöhemmin yksityiskohtaisemmin esitetään. Luonnontaimistoissa on kasvun lisäys ollut vielä 500:sta 1000:een siirryttäessä yhtä suuri, jopa jonkin verran suurempikin kuin 0:sta 500:aan siirryttäessä. Sen sijaan lannoitemäärän lisääminen 1000 kg:sta 1500 kg:aan hehtaarilla ei enää lisännyt kasvua.

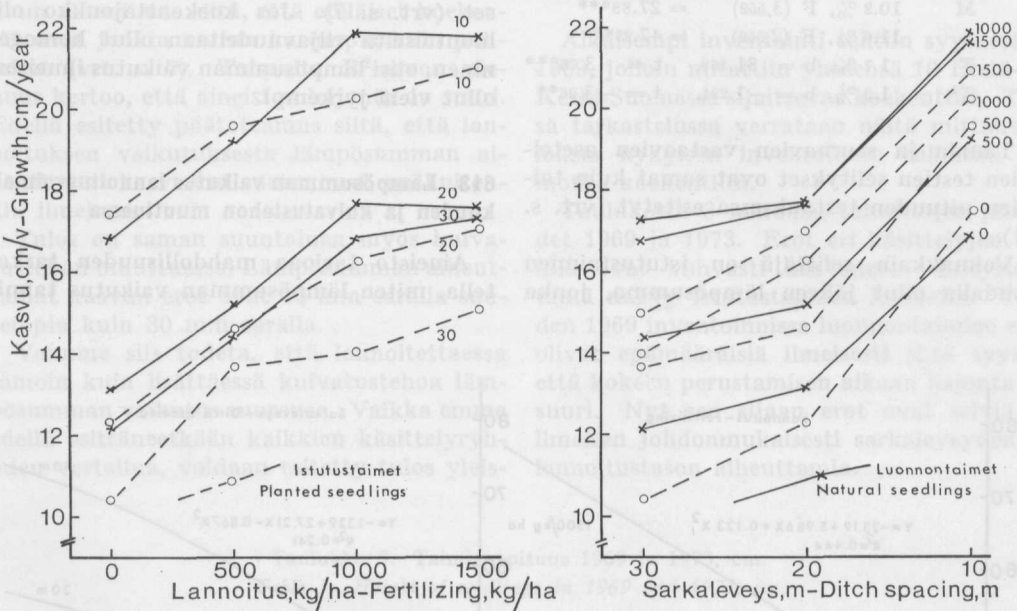
Sarkaleveyden vaikutusta tarkasteltaessa kasvun paraneminen siirryttäessä 20 metristä 10 metriin on kaikissa tapauksissa selvästi suurempi kuin 30 metristä 20 metriin siirryttäessä. Itse asiassa myös kuivatus- syvyys, aktiivinen pintakerros tai joku muu vesiolojen tilaa välittömämmin ilmaiseva tunnus muuttuu sarkojen keskellä enemmän



Taulukko 2. Taimien pituuskasvu vuosina 1971–1973, cm.

Table 2. Height growth of seedlings during the period 1971–1973, cm.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
Istutustaimet — Planted seedlings				
30	31.3±4.6	41.0±6.1	42.0±5.9	45.2±7.0
20	37.0±5.3	43.9±6.0	49.0±7.5	51.1±7.6
10	52.4±5.8	58.7±6.9	60.8±6.9	63.1±7.1
Luonnontaimet — Natural seedlings				
30	36.4±4.8	43.2±3.8	50.4±4.4	51.8±4.1
20	39.3±4.4	45.6±5.0	53.1±5.2	52.7±5.7
10	50.4±4.7	57.6±4.8	65.8±5.7	65.4±5.9



Kuva 4. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus vuosien 1971–73 pituuskasvuun, cm/v.

Fig. 4. Effect of the intensity of fertilization and ditch spacing on the height growth during period 1971–73, cm per year.

20 m:n sarkaleveydestä 10 m:n sarkaleveyteen siirryttäessä kuin 30 m:n sarkaleveydestä 20 m:n sarkaleveyteen siirryttäessä.

Toinen huomionarvoinen seikka on se, että istutustaimet näyttäisivät reagoivan vesilojen eroihin herkemmin kuin luonnontaimet. Itse asiassa kyse lienee kuitenkin

siitä, että istutustaimet ovat kärsineet vaaakuivatuksesta enemmän kuin luonnontaimet.

Luonnontaimet ovat keskimäärin kasvaneet hieman paremmin kuin istutustaimet. Ero on kuitenkin suhteellisen pieni ja eräissä tapauksissa 10 m:n saroilla se on jopa päin-

vastainen, johon puolestaan on ojamailta saattanut olla vaikutusta (vrt. s. 18).

Kovarianssianalyyseissä kaikkien selittäjien vaikutukset olivat erittäin merkitseviä. Selitysteet ja F-arvot nähdään seuraavasta asetelmasta.

Istutustaimet — *Planted seedlings*

Koko malli	51.0 %	F (7,568)	= 84.40***
<i>Whole model</i>			
M	4.1 %	F (3,568)	= 15.82***
S	11.1 %	F (2,568)	= 64.09***
T	0.8 %	b = 26.749,	t = 2.98**
T <sup>2</sup>	0.3 %	b = -0.789,	t = -1.82

Luonnontaimet — *Natural seedlings*

Koko malli	32.4 %	F (7,552)	= 37.78***
M	10.2 %	F (3,552)	= 27.88***
S	11.6 %	F (2,552)	= 47.25***
T	1.7 %	b = 31.468,	t = 3.76***
T <sup>2</sup>	1.3 %	b = -1.234,	t = -3.26**

Tämän ja seuraavien vastaavien asetelmien testien selitykset ovat samat kuin taimien pituuden testauksessa esitetyt (vrt. s. 11).

Voimakkain selittäjä on istutustaimien kohdalla ollut jälleen lämpösумma, jonka

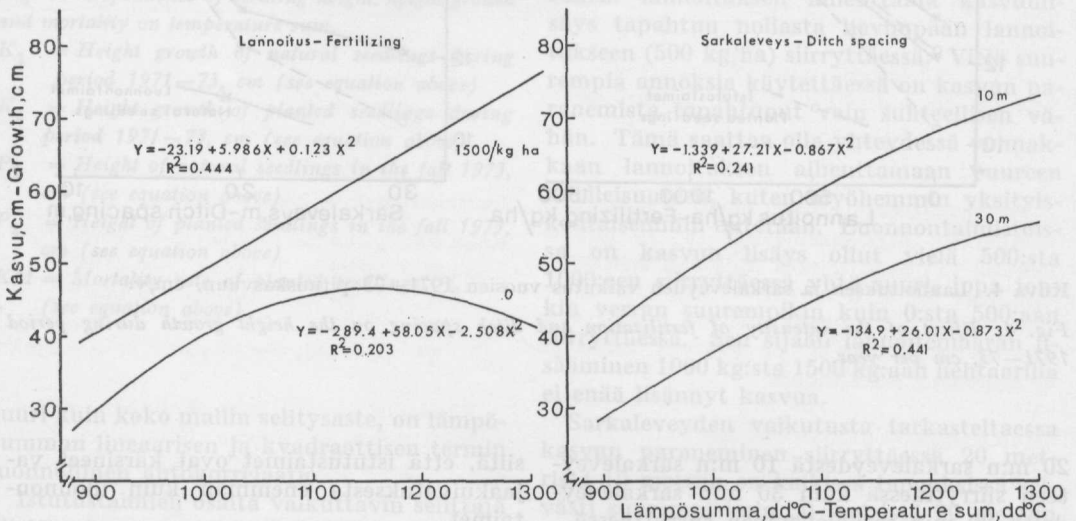
poistaminen mallista pienensi selitysteetä 35.8 %. Luonnontaimilla vastaava selitysteetä pieneminen oli vain 10.6 %.

Lämpösумman ja pituuskasvun suhdetta havainnollistaa kuva 3, josta selviää, että istutustaimien kasvu on ollut suuresti lämpösумmasta riippuvainen, luonnontaimien kasvun muuttuminen lämpösумman funktiona on selvästi pienempää. Huomattavaa on, että istutustaimilla lämpösумman neliötermin kulmakerto ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi. Taimilajien välinen ero suhtautumisessa lämpösумmaan vaatii kuitenkin vielä lisäselvityksiä, johon palaamme luvussa 617.

Tässä yhteydessä on todettava, että pohjoiset koekentät olivat luontaiselta viljavuudeltaan jonkin verran parempia kuin eteläiset (vrt. s. 7). Jos koekenttäjoukko olisi luontaiselta viljavuudeltaan ollut homogeeninen, olisi lämpösумman vaikutus ilmeisesti ollut vielä jyrkempi.

613. Lämpösумman vaikutus lannoitusvoimakkuuden ja kuivatustehon muuttuessa

Aineisto tarjoaa mahdollisuuden tarkastella, miten lämpösумman vaikutus taimis-



Kuva 5. Lämpösумman vaikutus lannoituksen ja sarkaleveyden aiheuttamiin pituuskasvun lisäyksiin.

Fig. 5. Effect of the temperature sum on the increase in height growth as influenced by fertilizing and different ditch spacing.



tojen pituuskasvuun muuttuu käytettäessä erilaista lannoitustasoa ja erilaista kuivatus-  
tehoa. Yksinkertaistamme tarkastelua siten,  
että vertaamme toisiinsa lannoittamattomia  
ja voimakkaimman lannoituksen saaneita  
koealoja sekä 30 m:n saran ja 10 m:n saran  
koealoja.

Kuvassa 5 näemme edellä mainittujen ver-  
tailuparien koealajoukkojen perusteella las-  
ketut regressiokäyrät siten, että vasemman  
puoleisessa kuvan osassa on lannoitusvertailu  
ja oikean puoleisessa kuivatustehovertailu.  
Aineistossa on mukana sekä istutustaimet  
että luonnontaimet.

Käyrien vertailu osoittaa, että tehokas  
lannoitus on lisännyt lämpösunnan aiheut-  
tamia kasvueroja. Lämpösunnan vähäinen  
vaikutus lannoittamattomien koealojen kas-  
vuun aiheutuu siitä, että eteläiset koeken-  
tät ovat jonkin verran karumpia kuin poh-  
joiset (vrt. s. 7). Toisaalta  $R^2$ -arvon pie-  
nuus kertoo, että aineiston hajonta on suuri.  
Edellä esitetty päätoteamus siitä, että lan-  
noituksen vaikutuksesta lämpösunnan ai-  
heuttamat kasvuerot suurenevät, on kuiten-  
kin ilmeinen.

Tulos on saman suuntainen myös kuiva-  
tustehon muuttuessa. Lämpösunnan aiheut-  
tamat kasvun erot ovat 10 m:n saralla suu-  
rempia kuin 30 m:n saralla.

Voimme siis todeta, että lannoitettaessa  
samoin kuin lisääessä kuivatustehoa läm-  
pösunnan vaikutus suurenee. Vaikka emme  
edellä esittäneetkään kaikkien käsittelyryh-  
mien vertailua, voidaan esitetty tulos yleis-

tää toteamukseen: kuta tehokkaampia kas-  
vua lisääviä toimenpiteitä käytetään sitä  
suurempia ovat lämpösunnan aiheuttamat  
kasvun erot.

Tulos on yhdenmukainen eräiden jo aikai-  
semmin esitettyjen tutkimustulosten kanssa  
(vrt. HEIKURAINEN ja OUNI 1970, KELTI-  
KANGAS ja SEPPÄLÄ 1971). Näissä tutkimuk-  
sissa tämänkaltaisiin tuloksiin on päädytty  
enemmän tai vähemmän välillisesti ja päät-  
telyn kautta. Tässä tutkimuksessa asiaa voi-  
tiin tarkastella vartavasten järjestetyn laa-  
jan kokeen mittaustulosten perusteella. Täs-  
sä yhteydessä on kuitenkin syytä todeta,  
että koejärjestelystä puuttuu muokkaus.

#### 614. Taimien kehitys 1969—1973

Aikaisempi inventointi tehtiin syyskesällä  
1969, jolloin mitattiin yhteensä 10 Etelä- ja  
Keski-Suomessa sijaitsevaa koekenttää. Täs-  
sä tarkastelussa verrataan näitä mittaustu-  
loksia nykyisen inventoinnin tuloksiin sa-  
moilta koekentiltä.

Taulukosta 3 nähdään taimistojen pituu-  
det 1969 ja 1973. Erot eri käsittelyjen vä-  
lillä ovat vahvasti kasvaneet. Erityisesti  
tämä näkyy istutustaimien kohdalla. Vuon-  
den 1969 inventoinnissa luonnontaimien erot  
olivat epämääräisiä ilmeisesti siitä syystä,  
että kokeen perustamisen aikaan hajonta oli  
suuri. Nyt sen sijaan erot ovat selviä ja  
ilmeisen johdonmukaisesti sarkaleveyden ja  
lannoitustason aiheuttamia.

Taulukko 3. Taimien pituus 1969 ja 1973, cm.  
Table 3. Height of seedlings in 1969 and 1973, cm.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	Istutustaimet — Planted seedlings			
30	33—78	44—106	45—102	49—117
20	36—84	44—107	47—119	50—124
10	43—117	52—139	55—139	59—150
	Luonnontaimet — Natural seedlings			
30	68—124	69—133	78—142	81—152
20	65—121	72—138	74—145	79—154
10	64—129	64—145	68—162	79—171

Taulukko 4. Pituusero (cm) 1969 ja 1973 sekä konstruoitu kasvu (cm) samana aikana.

Table 4. Difference between height of seedlings (cm) in 1969 and 1973, and calculated height growth of seedlings (cm) during the same time period.

Sarkaleveys, m <i>Ditch spacing, m</i>	Lannoitus, kg/ha — <i>Fertilization, kg/ha</i>			
	0	500	1000	1500
	Istutustaimet — <i>Planted seedlings</i>			
30	45—42	62—62	57—57	68—66
20	48—48	63—61	72—69	74—72
10	74—71	87—84	85—83	91—91
	Luonnontaimet — <i>Natural seedlings</i>			
30	56—46	64—56	64—64	71—68
20	56—49	66—62	71—67	75—72
10	65—61	81—73	94—84	93—87

Taulukko 4 osoittaa pituuseroja vuosien 1969 ja 1973 inventointien välillä sekä toisaalta tässä inventoinnissa mitattua 1971—1973 kasvua lisättyinä edellisessä inventoinnissa saaduilla kasvuluvulla (HEIKURAINEN ja VEIJOLA 1971 taul. 4 s. 9). Taulukon tarkastelu osoittaa, että pituuden muutos eli kasvu on ollut sitä suurempi, mitä tehokkaammasta toimenpiteestä on kyse. Erityisen voimakkaita ovat erot siirryttäessä lannoitustasolla 0:sta 500:aan ja sarkaleveydessä 20 metristä 10 metriin.

Taulukon 4 perusteella voidaan myös todeta, että kaikesta päättäen nyt esillä olevan kahden inventoinnin otannat ovat samoihin tuloksiin johtavia. Pituuserojen v. 1969 ja 1973 pitäisi tietysti olla sama kuin kasvu 1971—73 lisättyinä v. 1970 kasvulla. Viime mainittu on laskelmassa oletettu vuosien 1968 ja 1969 kasvun suuruiseksi. Ilmeisesti konstruoitu kasvu näin ollen pitäisi olla vähän pienempi kuin tarkasteluaikana syntynyt pituusero. Taulukon 4 luvut ovat istutustaimien osalta tämän toteamuksen mukaisia. Luonnontaimien kohdalla luvut poikkeavat eräissä tapauksissa kuitenkin niin paljon toisistaan, että on aihetta epäillä, että erilaiset otannat ovat tältä osin johtaneet jossakin määrin erilaisiin tuloksiin.

Kuva 6 osoittaa vielä kasvun kehitystä vuodesta 1969 vuoteen 1973. Tarkemmin sanoen edellisessä tapauksessa oli kyse vuosien 1968 ja 1969 kasvusta ja jälkimmäisessä

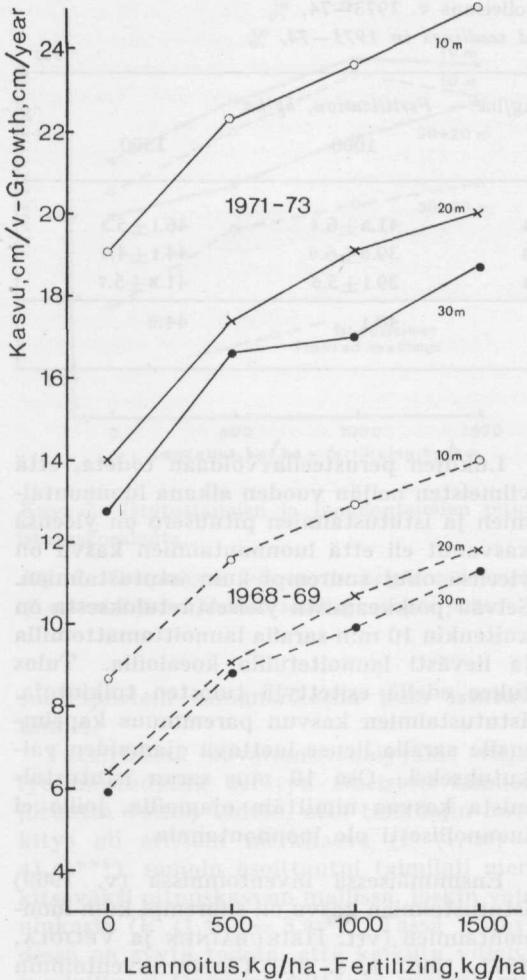
tapauksessa vuosien 1971, 1972 ja 1973 kasvusta. Kuvassa ovat mukana kaikki taimet. Kuvan perusteella voimme todeta, että kasvun kehitys on ollut voimakas. Viimeisten neljän vuoden aikana pituuskasvu on melkein kaksinkertaistunut. Näyttää lisäksi siltä, että sekä sarkaleveyden että lannoituksen vaikutus on säilynyt muuttumattomana. Koekenttien nyt saavuttaessa kohta 10 vuoden iän on syytä erityisesti todeta, että suoritetun hajalannoituksen vaikutus jatkuu yhtä voimakkaana kuin lannoituksen jälkeisinä ensimmäisinä vuosinakin. Yleisesti tiedetään, että laikkulannoituksen vaikutus kestää vain viisi-kuusi vuotta.

#### 615. Istutustaimien kuolleisuus

Istutustaimien kuolleisuuden kehitystä on inventoitu edellä mainituilla 10 koekentällä 3 kertaa, istutuksen jälkeisenä syksynä 1965, syksyllä 1969 ja nyt kesällä 1974\*). Aikaisempien inventointien tulokset on julkaistu (emt. s. 8), mutta niitä tarkastellaan myös seuraavassa. Aluksi kuitenkin tarkastelemme koko aineiston antamia tuloksia taulukon 5 perusteella.

Kovarianssilaskenta, jossa selittäjinä oli-

\*) Koekentät 6, 8, 9 ja 12 inventoitiin tosin jo syksyllä 1973.



Kuva 6. Kasvun kehittyminen vuosista 1968-69 vuosiin 1971-73. Tuloksissa ovat mukana sekä luonnontaimet että istutustaimet.

Fig. 6. Development of height growth from the years 1968-69 to 1971-73. The results cover both planted and natural seedling stands.

vat lannoitustaso (M), sarkaleveys (S) ja lämpösumma (T) osoitti seuraavaa:

Koko malli	50.8 %	F (7,568)	= 83.90***
Whole model			
M	7.3 %	F (3,568)	= 27.96***
S	0.3 %	F (2,568)	= 1.67
T	5.3 %	b = -60.930, t = -7.79***	
T <sup>2</sup>	3.7 %	b = 2.323, t = 6.58***	

Osoittautui kuten jo taulukon luvuista on pääteltävissä, että kuolleisuus on riippuvainen ennen kaikkea lannoitusvoimakkuudesta. Kunta korkeampi on lannoitustaso ollut, sitä suurempi on kuolleisuus. Sarkaleveydellä ei sen sijaan näytä olevan ainakaan selvää vaikutusta kuolleisuuteen.

Lämpösumman vaikutus kuolleisuuteen osoittautui erittäin suureksi (lisäys selitysteeseen 43.5 %). Lämpösumman ja kuolleisuuden välisen vuorosuhteen kuvaaja on esitetty kuvassa 3 (s. 12). Etelä-Suomessa kuolleisuus on varsin vähäinen, Pohjois-Suomessa erittäin suuri. Lämpösumman ollessa alle 900 dd° C voidaan jo puhua istutuksen lähes täydellisestä epäonnistumisesta. Tältä osin tulokset ovat yhdenmukaisia yleisesti tunnettujen pohjoisten kangasmaiden metsitysvaikeuksien kanssa.

Lopuksi tarkastelemme miten istutustaimien kuolleisuus on kehittynyt suoritettujen kolmen inventoinnin aikana eli vuodesta 1965 vuoteen 1974. Tämä tarkastelu tapahtuu suppean aineiston perusteella. Koska sarkaleveydellä ei osoittautunut olevan ainakaan ratkaisevaa vaikutusta, tarkastelemme seuraavassa kuolleisuuden kehitystä vain lannoitustason muuttuessa.

Lannoitustaso, kg/ha	0	500	1000	1500
	Kuolleita taimia, %			
1965	4.2	8.2	15.3	20.3
1969	14.3	18.0	23.8	24.8
1974	22.6	26.8	32.8	33.2

Kuolleisuuden lisääntyminen on jatkunut vielä viimeisen viisivuotiskauden aikana. Sen sijaan kuolleisuuden lisääntymiseen ei viimeisen viisivuotiskauden aikana näytä lannoitustasolla olleen vaikutusta. Lisäys on kaikissa tapauksissa ollut n. 9 %.

## 616. Luonnontaimien ja istutustaimien vertailu

Edellisissä luvuissa tehtyjä luonnontaimien ja istutustaimien vertailuja vaikeutti taimilajien välinen pituusero, joka on peräisin jo kokeen perustamisen ajoilta. Näytti kuitenkin siltä, että voimakas lannoitus aiheutti istutustaimille suuren kuolleisuuden ohella ja siihen liittyen kasvun hidastumista luonnontaimiin verrattuna. Tämä seikka näkyy kuvasta 4. Voimakkaan lannoituksen (1000

Taulukko 5. Istutustaimien kuolleisuus v. 1973–74, %  
 Table 5. Mortality rate of planted seedlings in 1973–74, %

Sarkaleveys, m <i>Ditch spacing, m</i>	Lannoitus, kg/ha — <i>Fertilization, kg/ha</i>			
	0	500	1000	1500
30	31.6 ± 4.6	34.7 ± 6.4	41.3 ± 6.4	46.1 ± 5.3
20	28.6 ± 5.8	35.3 ± 5.6	39.8 ± 6.0	44.1 ± 4.9
10	27.4 ± 5.8	34.4 ± 4.4	39.1 ± 5.5	41.8 ± 5.7
Keskim. <i>Average</i>	29.2	34.8	40.1	44.0

ja 1500 kg/ha) saaneet istutustaimet kasvatavasti selvästi huonommin kuin vastaavan lannoituksen saaneet luonnontaimet. Sama selitys on annettava myös kuvasta 3 näkyvälle lämpösumman erilaiselle vaikutukselle istutustaimien ja luonnontaimien kasvuun. Toisin sanoen istutustaimet ovat ylilannoituksen haitallisille vaikutuksille herkempiä kuin luonnontaimet.

Edelleen todettiin, että istutustaimet ovat kasvaneet heikolla kuivatuksella (30 m:n sarka) huonommin kuin luonnontaimet, kun puolestaan keskinkertaisella kuivatuksella (20 m:n sarka) istutustaimien kasvu on ollut lähes luonnontaimien luokkaa ja tehokkaimmalla kuivatuksella (10 m:n sarka) taimilajien kasvussa ei ole sanottavia eroja. Tämä saattaa johtua siitä, että istutustaimien juuret ovat joutuneet syvemmälle kuin luonnontaimien juuret ja siten ne ovat kärsineet vajaasta kuivatuksesta enemmän kuin luonnontaimet.

Suppea aineisto tarjoaa mahdollisuuden verrata luonnontaimien ja istutustaimien pituuden kehitystä viimeisen neljän vuoden aikana. Seuraavassa asetelmassa on esitetty luonnontaimien ja istutustaimien pituuden erojen kehitystä vuodesta 1969 vuoteen 1973. Luvut ovat senttimetrejä, ja plusmerkki tarkoittaa, että pituuden ero on kasvanut luonnontaimien hyväksi ja miinusmerkki, että luonnontaimien ja istutustaimien pitusero on pienentynyt.

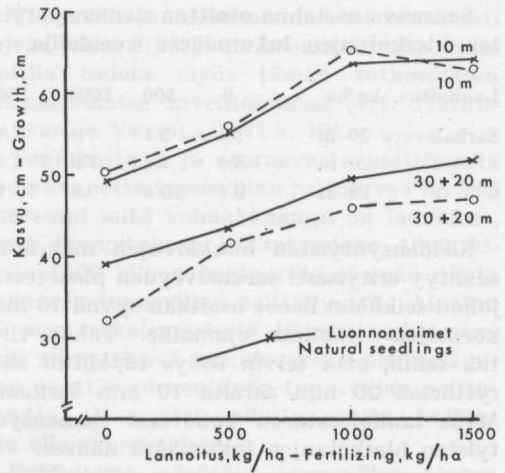
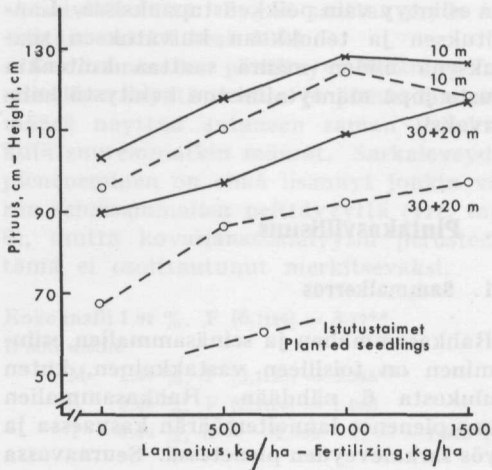
Lannoitus, kg/ha	0	500	1000	1500
Sarkaleveys 30 m	+13	+2	+7	+3
» 20 m	+8	+3	-1	+1
» 10 m	-9	-9	+10	+1

Lukujen perusteella voidaan todeta, että viimeisten neljän vuoden aikana luonnontaimien ja istutustaimien pitusero on yleensä kasvanut eli että luonnontaimien kasvu on yleensä ollut suurempi kuin istutustaimien. Selvää poikkeamista yleisestä tuloksesta on kuitenkin 10 m:n saralla lannoittamattomilla ja lievästi lannoitetuilla koaloilla. Tulos tukee edellä esitettyjä tulosten tulkintoja. Istutustaimien kasvun paremmuus kapeimmalla saralla lienee luettava ojamaiden vaikutukseksi. Osa 10 m:n saran istutustaimista kasvaa nimittäin ojamaille, joilla ei luonnollisesti ole luonnontaimia.

Ensimmäisessä inventoinnissa (v. 1969) istutustaimien kasvu oli suurempi kuin luonnontaimien (vrt. HEIKURAINEN ja VEIJOLA, 1971, taul. 4, s. 9). Tämän inventoinnin mukaan luonnontaimet olivat siis yleensä kasvaneet paremmin kuin istutustaimet. Toisin sanoen luonnontaimet ovat vaatineet muutaman vuoden elpymisajan saavuttaakseen istutustaimien kasvunopeuden, mutta ovat nyt vajaat kymmenen vuotta ojituksen ja lannoituksen jälkeen jo ylittäneet istutustaimien kasvun.

Istutustaimien ja luonnontaimien eroja on selvitetty myös istutusruuduilla esiintyneiden luonnontaimien avulla. Kuten aikaisemmin on kerrottu, pyrittiin ennen istutusta kaikki istutuskoaloilla olleet taimet poistamaan. On kuitenkin selvää, että koaloille jäi rämeillä yleisesti esiintyvän vaihtuvan taimiaineksen nuorimpia ikäluokkia (vrt. HEIKURAINEN 1954). Täten on ilmeistä, että istutusruuduilla esiintyvät luonnontaimet ovat olleet kokeen perustamisen aikana





Kuva 7. Istutustaimien ja luonnontaimien pituuden ja pituuskasvun vertailu. Aineisto on peräisin istutuskoealoilta.

Fig. 7. Comparison between the height and height growth of planted and natural seedlings on the basis of material from planted seedling sample plots.

suurinpiirtein samankokoisia kuin istutustaimet.

Tutkittaessa kovarianssianalyysillä viljelytaimiruuduilta kerätyn aineiston taimien pituutta voitiin todeta, että taimilajin merkitys oli erittäin merkitsevä ( $F(1,725) = 41.07^{***}$ ), samoin osoittautui taimilaji merkitseväksi pituuskasvun mallissa, joskin vain niukasti ( $F(1,725) = 3.93^*$ ). Tässä yhteydessä on syytä todeta, että kaikilta viljelyruuduilta ei löytynyt riittävää määrää mitattavia luonnontaimia. Tältä osin aineisto perustuu 368 koealaan, kun kaikkien istutuskoealojen summa on 576.

Kuvassa 7 esitetään taimien pituus ja pituuskasvu viljelyruuduilta kerätyn aineiston perusteella. Tässä aineistossa 30 m:n ja 20 m:n saran tulokset eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi. Tästä syystä ja myös kuvan havainnollisuuden parantamiseksi on kahden leveimmän saran tulokset esitetty yhdessä. Kuvassa näkyvä tulos tukee edellä esitettyjä toteamuksia. Luonnontaimet ovat ehtineet selvästi pitemmiksi kuin istutustaimet. Ero on sitä suurempi mitä heikommasa kuivatuksesta on kyse ja 10 m:n saroilla ero on jo lähes olematon. Kasvun osalta tulos on samankaltainen. Heikoimmalla kuivatuksella luonnontaimien kasvu on selvästi suurempi kuin istutustaimien kasvu, mutta

tehokkaimmalla kuivatuksella istutustaimet kasvavat jopa paremmin kuin luonnontaimet. Viimemainittuun tulokseen saattaa ojamaillolla osuutta.

## 62. Koivujen esiintyminen

Koekenttiä perustettaessa kaikki mahdollisesti esiintyneet koivut poistettiin. Yleensä koivua esiintyi kyseessä olevilla karuilla suotyypeillä erittäin vähän. Koekenttien perustamisen jälkeen koivua on tullut osaksi kantovesoina, osaksi siemensyntyisinä hies- tai rauduskoivuina. Kaikki nämä koivun »esiintymismuodot» inventoitiin erikseen.

Vesojen määrä näyttää lisääntyneen erityisesti lannoitustason kohotessa, mutta myös sarkaleveyden pieneneminen lisää vesojen määrää, kuten nähdään seuraavasta asetelmasta, joka osoittaa koivun vesojen lukumäärää koealoilla.

Lannoitus, kg/ha	0	500	1000	1500
Sarkaleveys 30 m	12.7	14.5	17.4	17.3
» 20 m	21.8	16.3	18.0	17.8
» 10 m	12.3	18.8	20.6	22.1

Seuraava asetelma osoittaa siemensyntyisten hieskoivujen lukumäärää koaloilla.

Lannoitus, kg/ha	0	500	1000	1500
Sarkaleveys 30 m	3.6	5.1	7.5	7.0
» 20 m	5.8	4.4	7.3	8.0
» 10 m	6.9	10.0	9.9	10.7

Siemensyntyisten hieskoivujen määrä lisääntyy erityisesti sarkaleveyden pienetessä, johon seikkaan lienee osaltaan synnä 10 m:n koalojen yltäminen ojamaille. Tähän viittaa sekin, että selvin lisäys tapahtuu siirryttäessä 20 m:n saralta 10 m:n sarkaan. Myös lannoitustason kohotessa siemensyntyisten hieskoivujen lukumäärä nousee.

Seuraava asetelma osoittaa rauduskoivujen lukumääriä koaloilla.

Lannoitus, kg/ha	0	500	1000	1500
Sarkaleveys 30 m	0.6	0.6	0.7	1.0
» 20 m	0.3	0.4	1.1	1.4
» 10 m	2.2	3.2	3.4	2.9

Rauduskoivuja on vähemmän kuin hieskoivuja. Sarkaleveyden pieneneminen erityisesti 20 metristä 10 metriin on lisännyt rauduskoivujen määrää ratkaisevasti. Ojamaiden vaikutuksella lienee jälleen oma osuutensa. Myös lannoitustason kohoaminen näyttäisi lisäävän rauduskoivujen määrää.

On syytä muistaa, että koekentät ovat alunperin varsin karuja rämeitä, joilla koi-

vua esiintyy vain poikkeustapauksissa. Lannoituksen ja tehokkaan kuivatuksen seurauksena niiden määrä saattaa kuitenkin nousta jopa mäntytaimiston kehitystä haittaavaksi.

### 63. Pintakasvillisuus

#### 631. Sammalkerros

Rahkasammalien ja seinäsammalien esiintyminen on toisilleen vastakkainen, kuten taulukosta 6 nähdään. Rahkasammalien osuus pienenee lannoitemäärän kasvaessa ja myös sarkaleveyden pienetessä. Seuraavassa asetelmassa esitetään kovarianssianalyysin tulos eri tekijöiden vaikutuksen merkitsevyydestä.

Koko malli 27.9 %, F (6,1123) = 72.52\*\*\*

Whole model

M 10.9 %, F (3,1126) = 56.76\*\*\*

S 6.8 %, F (2,1126) = 53.37\*\*\*

T 10.0 %, b = -0.045 (t = -12.50\*\*\*)

Pohjoiseen siirryttäessä rahkasammalien osuus lisääntyy siis 4.5 %/100 dd° C. Suppean aineiston pohjalta oli mahdollista tutkia rahkasammalien peittävyuden mahdollisia muutoksia vuoden 1969 jälkeen. Tulokset osoittivat, että rahkasammalien osuus näyttää lisääntyneen. Onko tämä todellista vai näennäistä jää lähemmin tässä yhteydes-

Taulukko 6. Rahkasammalien ja seinäsammalien peittävyys, %.

Table 6. Coverage percentage of *Sphagnum* species and feathermosses.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	Rahkasammalet — <i>Sphagnum</i> sp.			
30	28.7 ± 4.8	22.1 ± 4.7	15.4 ± 3.8	10.3 ± 2.8
20	29.2 ± 5.1	18.4 ± 4.1	12.3 ± 3.7	9.0 ± 3.1
10	15.3 ± 3.4	7.3 ± 2.6	4.8 ± 2.0	3.2 ± 1.3
	Seinäsammat — Feathermosses			
30	17.1 ± 3.6	22.5 ± 4.0	22.5 ± 3.6	22.5 ± 3.3
20	16.5 ± 3.6	23.6 ± 4.6	22.3 ± 3.9	23.4 ± 4.1
10	20.2 ± 4.2	24.0 ± 3.9	24.0 ± 3.9	24.0 ± 4.0



sä selvittämättä. Syynä saattaa myös olla erittäin märkä kesä 1974.

Seinäsamalien peittävyys lisääntyy lannoituksen myötä, mutta jo pienin lannoitemäärä näyttää antaneen saman lisäyksen kuin suuremmatkin määrät. Sarkaleveyden pieneneminen on ehkä lisännyt jonkin verran seinäsamalien peittävyttä (vrt. taul. 6), mutta kovarianssianalyysin perusteella tämä ei osoittautunut merkitseväksi.

Koko malli 1.97 %, F (6,1126) = 3.77\*\*

Whole model

M 1.40 %, F (3,1126) = 5.545\*\*\*

S 0.20 %, F (2,1126) = 1.085

T 0.30 %, b = -0.008 (t = -1.948\*)

### 632. Kenttäkerros

Kenttäkerros jaettiin ryhmiin tupasvillat, muut saramaiset kasvit ja maitohorsma ynnä muut ruohot. Näistä »muut saramaiset kasvit» osoittautui yleensä peittävydeltään vähäiseksi (1.8–3.1 %) ja lisäksi sellaiseksi, jonka peittävyys ei näytä riippuvan lannoituksesta eikä sarkaleveydestä. Sen sijaan lämpösumma selitti muiden saramaisten kasvien peittävyden variointia merkitsevästi, kuten seuraavat testitunnukset osoittavat.

T 6.7 %, b = -0.014 (t = 8.97\*\*\*)

Pohjoisilla koekentillä on siis sarojen peittävyys suurempi kuin eteläisillä.

Tupasvilla ja maitohorsma ovat tunnetusti lajeja, jotka »hyötyvät» lannoituksesta. Näin voitiin todeta myös tämän tutkimuksen aikaisemmassa inventoinnissa (vrt. HEIKURAINEN ja VEIJOLA 1971 s. 10).

Taulukosta 7 ja seuraavasta asetelmasta todetaan, että tupasvillan peittävyys on sitä suurempi mitä voimakkaampi on lannoitus, tosin lannoituksen lisääntyminen 1000 kilosta 1500 kiloon hehtaarilla ei enää näytä lisänneen tupasvillan peittävyttä. Ainakin 20 m:n sarkaleveydestä 10 m:n sarkaleveyteen siirryttäessä sarkaleveyden pienentäminen näyttää pienentävän tupasvillan peittävyttä. Ojamaiden vaikutus saattaa kuitenkin olla syynä tähän.

Pohjoisessa näyttäisi tupasvillaa olevan enemmän kuin etelässä, kuten seuraava asetelma osoittaa.

Koko malli 12.1 %, F (6,1126) = 25.85\*\*\*

Whole model

M 8.1 %, F (3,1126) = 34.64\*\*\*

S 0.8 %, F (2,1126) = 5.00\*\*

T 3.3 %, b = -0.028 (t = -6.50\*\*\*)

Maitohorsman peittävyys on kaiken kaikkiaan pieni, mutta joltisenkin selvästi taulukon 7 luvuista ja seuraavasta asetelmasta ilmenee, että sekä lannoitus että sarkaleveyden pienentäminen lisäävät maitohorsman peittävyttä. Tosin vain viimeainnitu osoittautui tilastollisesti merkitseväksi.

Taulukko 7. Tupasvillan ja maitohorsman peittävyys, %.

Table 7. Coverage percentage of *Eriophorum vaginatum* and *Chamaenerium angustifolium*.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	Tupasvilla — <i>Eriophorum vaginatum</i>			
30	15.8 ± 3.1	26.0 ± 3.9	31.0 ± 4.2	32.6 ± 4.6
20	16.7 ± 3.6	25.5 ± 3.7	33.3 ± 4.8	32.2 ± 4.7
10	16.1 ± 3.2	21.4 ± 3.9	26.3 ± 4.4	27.5 ± 4.4
	Maitohorsma — <i>Chamaenerium angustifolium</i>			
30	0.0 ± 0.0	0.6 ± 0.7	0.9 ± 0.8	1.6 ± 1.3
20	1.7 ± 2.0	0.8 ± 0.9	1.9 ± 1.4	2.0 ± 1.8
10	0.8 ± 0.9	2.5 ± 2.1	3.5 ± 2.3	2.8 ± 1.0

Koko malli 2.1 %, F (6,1126) = 4.02\*\*\*

Whole model

M 0.6 %, F = 2.40  
 S 0.9 %, F = 5.22\*\*  
 T 0.6 %, b = -0.004 (t = -2.54\*)

Oma mielenkiintonsa on verrata tupasvil-  
 lan ja maitohorsman peittävyiden kehitystä  
 edellisen inventoinnin eli vuoden 1969 jäl-  
 keen. Seuraavassa asetelmassa esitetään ko-  
 luvut suppeasta aineistosta laskettuina.  
 Aikaisemman inventoinnin tulos on merkitty  
 sulkeisiin.

	Lannoitus kg/ha			
	0	500	1000	1500
<i>Eriophorum vaginatum</i>				
Sarkaleveys 30 m	16 (13)	31 (30)	32 (42)	37 (38)
» 20 m	15 (25)	27 (35)	34 (38)	33 (41)
» 10 m	12 (7)	25 (27)	28 (26)	29 (28)

	Lannoitus kg/ha			
	0	500	1000	1500
<i>Chamaenerium angustifolium</i>				
Sarkaleveys 30 m	0.0 (0.3)	0.1 (0.0)	0.5 (1.5)	0.5 (0.9)
» 20 m	0.1 (0.0)	0.2 (0.1)	0.7 (3.5)	1.4 (1.8)
» 10 m	0.1 (0.0)	0.9 (2.0)	1.4 (3.8)	1.8 (7.5)

Lukujen perusteella näyttää siltä, että  
 tupasvillan peittävydessä ei ole tapahtu-  
 nut sanottavia muutoksia. Tämä merkitsee  
 sitä, että lannoituksen vaikutus tupasvillan  
 peittävyiden lisääjänä on varsin pitkäaikai-  
 nen.

Maitohorsman peittävydessä on tapah-  
 tunut merkittäviä muutoksia. Tehokkaim-  
 min lannoitetuilla ja tehokkaimmin kuiva-  
 tuilla koeruuduilla, joilla maitohorsma saat-  
 toi v. 1969, siis viisi vuotta koekenttien pe-  
 rustamisen jälkeen, olla varsin näkyvä ja  
 peittäväkin, on sitä kyllä edelleenkin eniten,  
 mutta sen osuus on vähentynyt voimak-  
 kaasti. Maitohorsman rehevöityminen lan-  
 noituksen (ja tehokkaan kuivatuksen) jäl-  
 keen on siis varsin lyhytaikaista.

### 633. Varvusto

Varvuston peittävyysprosentit muodostui-  
 vat seuraavanlaisiksi.

Lannoitus, kg/ha	0	500	1000	1500
Sarkaleveys 30 m	35	33	33	35
» 20 m	36	38	34	36
» 10 m	40	37	36	36

Osoittautui etteivät lannoitus ja sarka-  
 leveys vaikuttaneet merkittävästi varvuston  
 peittävyteen. Sen sijaan tutkittaessa var-  
 pujen pituutta, saatiin tulos, joka näkyy  
 taulukosta 8. Sekä lannoitusvoimakkuus et-  
 tä sarkaleveyden pieneminen lisäävät siis  
 varpujen pituutta. Molemmat selittäjät

Taulukko 8. Varpujen pituus, cm.

Table 8. Height of dwarf shrubs, cm.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitus, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
30	29.6 ± 3.5	35.7 ± 4.2	38.8 ± 4.7	45.5 ± 5.3
20	28.9 ± 3.5	37.8 ± 4.9	40.1 ± 4.9	44.4 ± 5.2
10	40.2 ± 4.5	44.0 ± 4.9	50.9 ± 5.4	52.0 ± 5.4

osoittautuivat erittäin merkitseviksi kuten nähdään seuraavasta asetelmasta. Myös lämpösumman vaikutus on erittäin merkitsevä ja pohjoiseen päin varpujen pituus kasvaa 2.8 cm/100 dd° C. Tämä tulos saattaa ainakin osaksi selittyä sillä, että pohjoisessa varvuston dominoiva laji oli vaivais-koivu, mutta etelässä monella koealalla dominoiva laji oli suopursu, jopa eräillä koe-kentillä kanerva.

Koko malli 10.7 %,  $F(6,1126) = 22.56^{***}$

Whole model

M 4.9 %,  $F = 20.80^{***}$   
 S 3.3 %,  $F = 20.70^{***}$   
 T 2.5 %,  $b = -0.028$  ( $t = -5.59^{***}$ )

	0
Sarkaleveys 30 m	33 (26)
» 20 m	34 (29)
» 10 m	43 (30)

Lukujen riippuvuus on hyvin samankaltainen. Uuden inventoinnin mukaan lannoitus on selvästi lisännyt varpujen pituutta aivan samoin kuin se aikaisemman inventoinnin mukaan oli lisännyt kenttäkerroksen massaa. Uuden inventoinnin mukaan myös sarkaleveyden pienentäminen on lisännyt varpujen

Aikaisemmassa inventoinnissa mitattiin kenttäkerroksen massa leikkaamalla otantaympyröiltä kasvit maan pinnan myötäisesti poikki, kuivaamalla ne ja punnitsemalla. Näin saatu massa oli melkein yksinomaan varpuja. Näin ollen edellisen inventoinnin kenttäkerroksen massa jossakin määrin vastaa tämän inventoinnin varpujen pituutta. Seuraavassa asetelmassa nähdään suppean aineiston perusteella tehty vertailu. Aikaisemman inventoinnin luvut ovat sulkeissa ja ne tarkoittavat 100 kg/ha ilmakuivaa massaa. Tämän inventoinnin luvut ovat varpujen pituuksia senttimetreissä.

Lannoitus, kg/ha

	500	1000	1500
	41 (40)	43 (41)	53 (53)
	43 (50)	46 (47)	49 (54)
	51 (42)	56 (39)	56 (40)

pituutta. Näyttäisi siis siltä, että varpujen rehevöityminen lannoituksen vaikutuksesta on ainakin 10 vuoden ajan osoittautunut pysyväksi ja että myös kuivatustehon lisääminen on aikaa myöten aiheuttanut varpujen pituuden lisääntymisen.

## 7. TIIVISTELMÄ

Nyt osin jo toiseen kertaan inventoidun laajan koekenttäsarjan tarkoituksena on ollut tutkia erilaisten kuivatus- ja lannoitus-tasoyhdistelmien vaikutusta istutettujen ja luontaisesti syntyneiden mäntytaimistojen kehitykseen erilaisissa ilmasto-oloissa. Päähuomio on kohdistettu taimien pituuteen ja pituuskasvuun. Lisäksi on tutkittu istutus-taimien kuolleisuuden kehitystä, selvitetty koivujen ilmestymistä mäntytaimistoihin sekä analysoitu aluskasvillisuuden kehitystä.

Koekenttäsarja on perustettu vuosina 1965 ja 1966, ja kun inventointi koski tilannetta syksyllä 1973, on inventoinnin kohteena ollut tilanne 8–9 kasvukautta kokeen perustamisen jälkeen. Koekentillä on suoritettu eräitä tutkimuksia jo aikaisemmin, näihin tutkimuksiin viitataan myös tässä tutkimuksessa. Koekentät ovat alunperin olleet karuja rämeitä, joilla turvekerros on yleensä yli 1 m:n paksuinen ja turve on hyvin ravinneköyhää. Koekenttä sisältää seuraavat käsittelyt: sarkaleydet 10, 20 ja 30 m, lannoitustasot 0, 500, 1000 ja 1500 kg/ha suo-Y-lannosta (14–18–10) sekä luonnontaimiston ja istutustaimiston. Kullakin käsittelykombinaatiolla on kaksi toistoa. Yhteensä koekentässä on täten 48 koelalaa, joiden koko on 1 aari. Koelalat sijaitsevat neliöinä saran keskellä. Kaikkiaan tässä työssä on inventoitu 24 koekenttää, jotka sijaitsevat joltisenkin tasaisesti jakaantuneena eteläisestä Suomesta aina Etelä-Lappiin. Lämpösumma vaihtelee tällä alueella n. 1350–850 dd°C.

Tärkeimmistä tuloksista mainittakoon seuraavaa. Sekä istutustaimet että luonnontaimet ovat sitä pitempiä, mitä tehokkaampaa kuivatusta ja mitä suurempaa lannoitemäärää on käytetty. Samoin kasvu on sitä suurempi, mitä tehokkaampia ovat toimenpiteet. Selvästi parhaan kasvun ja myös suurimman pituuden on antanut 10 m:n sarkaleveys, sen sijaan kahden voimakkaimman lannoituksen välillä ei ole selvää eroa. Suoritettujen hajalannoituksen vaikutus jatkuu kaikilla lannoituskäsittelyillä edelleen voimakkaana, vaikka lannoituksesta on nyt kulunut noin kymmenen vuotta.

Lämpösumman vaikutus on sekä istutus-

taimilla että luonnontaimilla voimakas. Mitä suurempi on lämpösumma sitä pitempiä ovat taimistot ja sitä suurempi on pituuskasvu. Lannoitusvoimakkuuden tai kuivatustehon lisääminen jyrkentää lämpösumman vaikutusta.

Istutustaimien kuolleisuus kokeen alkuvuosina on ollut sitä suurempi mitä voimakkaampaa lannoitusta on käytetty. Lannoituksen kuolleisuutta lisäävä vaikutus ei kuitenkaan enää kokeen tässä vaiheessa ole jatkunut. Kuolleisuuden lisääntyminen on viimeisinä viitenä vuotena ollut kaikilla käsittelyillä samaa suuruusluokkaa eli vajaat 10 %. Kuolleisuuteen on lämpösumma vaikuttanut erittäin ratkaisevasti. Lämpösumman 850 dd°C alueella se on ollut peräti 75 %, kun se lämpösumman 1200–1300 dd°C alueella on ollut vain 20–25 %.

Istutustaimien ja luonnontaimien tulokset poikkeavat toisistaan monella tavalla. Istutustaimet kasvoivat kokeen perustamisen jälkeisinä ensimmäisinä vuosina olleen paremmin kuin luonnontaimet. Nyt 8–9 vuotta perustamisen jälkeen luonnontaimet kasvavat jonkin verran paremmin kuin istutustaimet. Luonnontaimien paremmuus istutustaimiin verrattuna tulee erityisesti esille heikoissa kuivatusoloissa (30 m:n sarka).

Lämpösumman vaikutus istutustaimiin on erittäin suuri, luonnontaimiin lämpösumman vaikutus on vähäisempi. Toisin sanoen lämpösumman pienessä istutustaimien pituus ja pituuskasvu pienenevät jyrkemmin kuin luonnontaimien pituus ja pituuskasvu.

Koekenttien perustamisen jälkeen syntyneiden koivujen määrä oli sitä suurempi mitä tehokkaampaa kuivatusta ja mitä suurempaa lannoitemäärää oli käytetty. Tehokkaitten toimenpiteitten vaikutuksesta koivujen määrä on näillä alunperin karuilla soilla kohonnut mäntytaimistojen kehitystä ajatellen jopa haitallisen suureksi.

Pintakasvillisuuden sammalkerrokseen vaikuttavat sekä lannoitus että kuivatuksen tehokkuus. Rahkasammalien peittävyys pienenee toimenpiteitten tehokkuuden kasvaessa ja seinäsammalien peittävyys vastaavasti lisääntyy. Tehokas kuivatus ja lannoitus





## 8. PÄÄTELMIÄ JA PUNTAROINTIA

Koekenttien inventointi nyt 8—9 vuotta kokeen perustamisen jälkeen on nähtävä vieläkin väli-inventointina. Eräisiin päätelmiin ja pohdintoihin tulokset kuitenkin oikeuttavat. Ensinnäkin voidaan todeta, että kasvu on edellisestä inventoinnista, jolloin kokeen perustamisesta oli kulunut viisi kasvukautta, parantunut lähes kaksinkertaiseksi. Vielä nytkään, jolloin pituuskasvu yltää ilmastollisesti edullisimmilla koekentillä tehokkaimmilla käsittelyillä vain vaivoin yli 30 cm/v, ei saavutettuja kasvulukuja voida pitää mitenkään erinomaisina. Alunperin karusta suosta saadaan tehotoimenpiteilläkin vain keskinkertainen puiden kasvupaikka. Näyttää siltä, että kuivatusta tehostamalla vielä siitäkkin, mikä on saavutettu 10 m:n saralla, voitaisiin kasvua parantaa. Käytännössä tällainen tuskin kuitenkaan kustannussyistä olisi mahdollista. Lannoitusta lisäämällä kasvua tuskin enää voitaisiin parantaa. Tehotoimenpiteistä tässä kokeessa tosin puuttuu muokkaus, joten emme voi arvailla tämän koekenttäaineiston perusteella, voitaisiinko mahdollisesti sen avulla alunperin karu räme muuttaa hyväksi tai erinomaiseksi kasvupaikaksi. Voimme vain todeta, että kuivatus ja lannoitus eivät sitä pysty tekemään.

Metsittämisen yhteydessä suoritettu hajalannoitus ei tietysti ole yleisesti suositeltava toimenpide, sillä etenkin voimakkaat hajalannoitukset aiheuttivat huomattavaa istutustaimien kuolleisuutta. Tämä inventointi antaa kuitenkin aihetta vielä harkita hajalannoituksen käytön mahdollisuuksia metsittämisenkin yhteydessä. Vaikutusaika on nyt kohta 10 vuotta, eikä mikään viittaa siihen, että edes lievimmällä käytetyllä lannoitemäärällä, joka oli pienempi kuin käytännössä suositeltu lannoitusvoimakkuus, lannoitusvaikutus alkaisi lähivuosina heiketä. Pintakasvillisuuden kilpailun lisääntyminen ei ilmeisesti ole kovin paha haitta. Tosin varuston ja tupasvillan rehevöityminen hajalannoituksen vaikutuksesta ovat joltisenkin pitkäaikaisia ilmiöitä. Toisaalta rakkasammalien peittävyuden pieneneminen ja seinäsammalien peittävyuden suureneminen

lienee nähtävä positiivisina kehityspiirteinä. Voimakkaan lannoituksen aiheuttama koivun lisääntyminen saattaa kuitenkin karuillakin soilla olla toimenpiteitä vaativa haitta.

Tähänastiset tulokset istutustaimien ja luonnontaimien erosta antavat myös aihetta pohdiskeluun. Itse asiassa näissä tuloksissa voidaan löytää näkökohtia keskusteluun »metsänviljely vaiko luontainen uudistaminen». Koekenttien tähänastiset tulokset ovat osoittaneet, että ojituksen ja lannoituksen jälkeen luonnontaimet aluksi kasvavat huomattavasti nopeammin kuin istutustaimet, mutta runsaan puolen vuosikymmenen kuluttua luonnontaimet saavuttavat istutustaimet. Erityisesti pohjoisessa ja heikoissa kuivatusoloissa istutustaimet osoittautuivat luonnontaimia huomattavasti nopeammin. Tulevien inventointien varaan jää yksityiskohtaisemmin selvittää, onko luonnontaimien kasvun paremmuus pysyvää.

Lämpösumman monella tavalla ratkaisevan tärkeää vaikutusta taimistojen kehitykseen on vielä syytä korostaa. Lämpösumma sääteli tämän tutkimuksen koealoilla taimistojen pituutta ja pituuskasvua jopa voimakkaammin kuin lannoitus ja kuivatus. Eritoten istutustaimiin sen vaikutus on voimakas. Onkin syytä kysyä, mistä johtuu lämpösumman erilainen vaikutus istutustaimiin ja luonnontaimiin. Osaltaan sitä selittänee taimien kuolleisuuden ja kasvun välinen vuorosuhde, joka on käynyt ilmi monissa muissakin tutkimuksissa (esim. PÄIVÄNEN 1971). Toisaalta istutustaimien kuolleisuuden voimakas lisääntyminen lämpösumman pienetessä, on sellaisenaan lämpösumman merkitystä korostava tulos. Istutustaimien suuri kuolleisuus pienen lämpösumman alueilla tässä kokeessa on yhdenmukainen kangasmailla pohjoisessa saatujen kokemusten kanssa.

Lämpösumman vaikutusta pintakasvillisuuteen koskevat tulokset ovat myös mielenkiintoisia. Samalla kun lämpösumman aleneminen merkitsee voimakasta puuntaimien piteuden ja pituuskasvun pienenemistä, se merkitsee varuston ja tupasvillan rehevöitymistä. Toisin sanoen lämpösumman pienetessä kasvillisuuden tuottamasta mas-





## 9. KIRJALLISUUTTA

- DICKSON, D. A., 1972. Effects of limestone, phosphate and potash on the early growth and nutrient uptake of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) planted on deep peat in Northern Ireland. — The proceed. of the 4th Intern. peat congress, Otaniemi, Finland, 1972. Vol. III, p. 479—488.
- HEIKURAINEN, L., 1954. Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkautta käyttäen. Referat: Über natürliche Verjüngung von Reiser Moor-Kiefernbeständen unter Anwendung von Kahlschlag. — AFF 61.27.
- » — 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. — AFF, Vol. 131.
- » — PÄIVÄNEN, J. ja SEPPÄLÄ K., 1966. Koe-tuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. — SF 119.
- » — ja OUNI, J., 1970. Turvemaiden taimistojen pituuskasvusta. Summary: On the height growth of seedling stands growing on peatland. — SF, Vol. 4, N:o 2, 119—141.
- » — ja VEIJOLA, P., 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regenera-tion and seedling growth in pine swamps. — AFF, Vol. 114.
- HUIKARI, O. and PAARLAHTI, K., 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. Suomenkielinen selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. — MTJ 64.1.
- » — ja PAAVILAINEN, E., 1972. Metsän lannoitus. — Kirjayhtymä, Rauma, 68 s.
- KELTIKANGAS, M. ja SEPPÄLÄ, K., 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta. Summary: Estimates on the profitability of fertilizing drained peatland. — Suo N:o 1/1968.
- PÄIVÄNEN, J., 1971. Istutusajankohdan merkitys männyntaimiston alukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: Influence of the date of planting on the initial development of Scots pine plantations on drained open peatland. — Suo 22.5.
- SEPPÄLÄ, K., 1972. Ditch spacing as a regulator of post-drainage stand development in spruce and pine swamps. Suomenkielinen selostus: Sarkaleveys korpi- ja rämemetsiköiden ojituksen jälkeisen kehityksen sää-telijänä. — AFF 125.

AFF = Acta Forestalia Fennica

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja

SF = Silva Fennica

Metsittämisen yhteydessä suoritettu haja-lannoitus ei tietysti ole yleisesti suositeltava toimenpide, sillä etenkin voimakkaat haja-lannoitukset aiheuttivat huomattavaa istu-tustaimien kuolleisuutta. Tämä inventointi antaa kuitenkin aihetta vielä harkita haja-lannoituksen käyttöä mahdollisuuksia metsittämisen yhteydessä. Vaikutusaika on nyt kohta 10 vuotta, eikä mikään viittaa siihen, että edes lievimmällä käytetyllä lau-noitusmäärällä, joka on pienempi kuin käytännössä suositeltu lannoitusvoimakkaus, tunnustav vaikutus alkaisi lähivuosina heiketa. Pintakasvillisuuden kiipailun hillintymisen ei ilmeisesti ole kovin paha ohtia. Toisi-varvaston ja luparvillan rehevöityminen hajalannoituksen vaikutuksesta ovat iloi-seekin pitkäaikaisia ilmiöitä. Toisaalta rah-kasvumallien peittävyys pienenee ja selänsaumien peittävyys suurenee

taimien kehityk-sillä. Tällaisissa tapauksissa kuolessa joutu- neita taimia ei voi korvata, ja istutusmäärä pienenee. Eri- laisen istutusajankohdan vaikutus on voimak- kas. Onkin syytä kysyä, mistä johdosta läm- pösumman erilainen vaikutus istutusajanko- ja lannoitusmäärän osaltaan sitä välittäneen taimien kuolleisuuden ja kasvun väliin vuorosuhde, joka on ksynyt ilmi monissa muissakin tutkimuksissa (esim. Päivänen 1971). Toisaalta istutusajankohdan kuolleisuu- den voimakas lisääntyminen lämpösumman pienessä, on sellaisenaan lämpösumman merkittävää korostava tulos. Istutusajankoh- dan vaikutus pienessä lämpösumman alueella onkin kaksinkertainen verrattuna keskiarvoon.

Lämpösumman vaikutusta pintakarvilli- suuteen koskevat tulokset ovat myös mie- lekkaita. Samalla kuin lämpösumman pieneminen merkitsee voimakasta pinnat- aimen piteuden ja pituuskasvun pienemistä, se merkitsee varvaston ja luparvillan rehe- vöitymistä. Toisin sanoen lämpösumman pienessä kasvillisuuden tuottamasta mar-

## Summary:

### EFFECT OF FERTILIZATION, DRAINAGE, AND TEMPERATURE CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF PLANTED AND NATURAL SEEDLINGS ON PINE SWAMPS

#### Purpose of the study and experimental layout

The purpose of the study is to determine the effect of simultaneous variations in the intensity of drainage and fertilization on the development of planted and natural pine seedlings growing on drained peatlands under various climatic conditions. The study deals primarily with the height and height growth of the seedlings, as well as with the mortality rate of planted seedlings. In addition, the appearance of birch in the pine seedling stands and the development of ground vegetation have been under observation.

The experiment was established partly in 1965 and partly in 1966. This survey is concerned with the situation in the fall of 1973, i.e. 8–9 growing seasons after the experiment had been set up.

The experimental areas were established on originally oligotrophic pine swamps having a peat layer generally exceeding one metre. The experimental areas, 24 altogether, are spread quite evenly from the south of Finland to southern Lapland (cf. Fig. 1, p. 6). The average figure for the effective temperature sum (threshold 5 °C) during the period 1941–70 varies in this area between 1350 and 850 dd° C.

Each experimental area includes the following treatments: ditch spacings 10, 20, and 30 m, fertilizing levels 0, 500, 1000, and 1500 kg/ha of NPK fertilizer (N 14 % - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18 % - K<sub>2</sub>O 10 %).

Both planted and natural seedlings are included in the experiments. The experimental areas have been established using the principle of blocked factorial experiment, in which a strip stretching between ditches forms a block with two replications. Each strip contains eight sample plots, the size of each plot being 10 m × 10 m. The sample plots are situated in the middle of the strip. An isolation strip of at least two metres has been left between the sample plots. The arrangement of the strips as well as the location of the sample plots on the strips has been completely randomised. Fig. 2 (p. 6) shows an example of the layout of the experiment.

The peatlands, on which the experimental areas were set up, were covered with understocked pine

stands. All the trees were removed when the experimental areas were established, and only seedlings smaller than 0.5 m high were left on the natural seedling plots. All visible natural seedlings were removed from the planted seedling plots, and planting was carried out by notch planting at a spacing of 1.5 m × 1.5 m. Broadcast fertilizer was applied immediately after planting.

A number of studies have earlier been carried out on the experimental areas. In the fall of 1965 the mortality rate of the seedlings planted in the spring of the same year was determined (HEIKURAINEN et al. 1966), and in the late summer of 1969 the height and height growth of the seedlings as well as the mortality rate of the planted seedlings were studied on ten sample plots. In addition, the nutrient content of the peat was determined, and the ground vegetation as well as seedling damages were observed (HEIKURAINEN and VEIJOLA 1971).

#### Collection and treatment of the material

The field work, performed in the late summer of 1973 and in the summer of 1974, consisted of measuring the height of the seedlings after the 1973 growing season and the height growth during the period 1971–1973. The 15 pine seedlings to be measured on each sample plot were chosen randomly. Seedling mortality on the planted seedling plots was studied at the same time. On the planted seedling plots natural seedlings had also developed, and the same measurements were made on the natural seedling nearest to the measured planted seedling.

The number of birches on the sample plots was noted, grouping them on the basis of their origin, into birches from ground shoots (in general *Betula pubescens*) and white birch seedlings (*B. pubescens*) and silver birch seedlings from seeds (*B. verrucosa*).

The ground vegetation coverage was estimated by sampling the following species groups: *Sphagnum* species, feathermosses (*Pleurozium*, *Hylocomium*, etc.), *Eriophorum vaginatum*, sedges (*Carex* sp.) *Chamaenerium angustifolium* + other herbs, and

dwarf shrubs (mostly *Betula nana*). In addition to estimating the coverage percentage of the species groups the average height of the shrubs was also measured.

The above mentioned characteristic mean values were calculated for each sample plot. When treating the material, these values represented the dependent variables while the fertilizing level, ditch spacing and temperature sum, and in some cases also the seedling type (planted seedling, natural seedling), were used as independent variables.

Covariance analysis was used as the main statistical method, in which fertilizing level (M) and ditch spacing (S) were always the classifiers, while the temperature sum (T) was used as the covariate. In addition to calculation of the degree of determination and the F-test, the reliability of the results was analysed by stepwise removal of the independent variables and testing, by means of the F-test, the significance of the resulting decrease in the degree of determination.

The mean values and regression coefficients were also calculated. The 95 per cent reliability limits of the mean values as well as t-tests were used as measures of their reliability.

## Results

### HEIGHT AND HEIGHT GROWTH OF THE PINE SEEDLINGS

The larger the quantity of fertilizer that has been applied and the narrower the ditch spacing, the greater is the height of both planted and natural seedlings (cf. Table 1, p. 11). In all the treatments the natural seedlings are 20–40 cm taller than the planted seedlings, the difference being largely due to differences in seedling height at the time when the experiment was established.

Covariance analysis showed that the influence of all the factors on the height of both planted and natural seedlings was highly significant (cf. Table on p. 13). The most important factor for planted seedlings was the temperature sum, its share of the degree of determination being 38.9 per cent, while that for the natural seedlings was only 7.1 per cent. The reason for the small effect of the temperature sum on the height of the natural seedlings may be due to the fact that the differences in height at the time when the experiment was established are still causing great dispersion. Fig. 3 (p. 12) shows the height of both types of seedling as the function of the temperature sum.

The height growth of the seedlings can be seen in Table 2 (p. 13) and Fig. 4 (p. 13). In general, it appears that the stronger the fertilization that has been applied and the narrower the ditch spacing, the better is the height growth. However, the highest fertilization level (1500 kg/ha) has not further improved the growth of the natural seedlings, and the growth increase of the planted seedlings is insignificant.

In covariance analysis the effects of all the factors were highly significant (cf. Table on p. 14). The most important factor for planted seedlings was the temperature sum, its degree of determination being 35.8 per cent, while the corresponding figure for natural seedlings was only 10.6 per cent. Fig. 3 (p. 12) also shows the height growth of both types of seedling as the function of the temperature sum. It also shows that the temperature sum has a stronger effect on the height growth of planted seedlings than on that of natural seedlings.

When studying the effect of the temperature sum with varied intensities of fertilization and drainage, it appeared that as the intensity of these measures increased the effect of the temperature sum also grew (cf. Fig. 5, p. 14). In other words, the more efficient the measures taken to increase growth, the greater the differences in growth caused by the temperature sum.

The development of the seedling stands between the years 1969 (first survey) and 1973 can be seen in Table 3 (p. 12) and Fig. 6 (p. 17). It is apparent from the table that the stronger the measure that has been applied, the greater are the height differences (cf. also Table 4, p. 16). It is evident from the figure that a vigorous growth increase has taken place over the past few years and that the growth differences are the greater, the stronger the measure applied. It should also be noted that the effect of even the lowest fertilization level (N 70 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg and K<sub>2</sub>O 50 kg) applied 8–9 years ago, continues to be strong.

### COMPARISON BETWEEN NATURAL AND PLANTED SEEDLINGS

The results for the planted seedlings and the natural seedlings differed in several respects, as has already been seen. In particular, the temperature sum had a stronger effect on the growth of the planted seedlings than on that of the natural seedlings. This can obviously be attributed to the marked increase in the mortality of planted seedlings with decreased temperature sum (cf. Fig.



3, p. 12), for a strong negative correlation (e.g. PÄIVÄNEN 1971) has been established between the mortality and growth rates in planted seedling stands.

By the time the first survey was carried out in 1969, the growth of the planted seedlings had exceeded that of the natural seedlings (cf. HEIKURAINEN and VEIJOLA 1971), but on the basis of this survey the growth of the natural seedlings was already better. The reason for this is the recovery time of a few years after ditching and fertilizing required by the natural seedlings. It also appears that, particularly in the north and on poorly drained sample plots, the natural seedlings grow distinctly better than the planted seedlings. This result can also be seen in Fig. 7 (p. 19), in which the planted seedlings and the natural seedlings measured on the planted sample plots are compared. The height and age of the two types of seedling were about the same at the time when the experiment was established. In covariance analysis the type of seedling proved to be a significant factor for both the height and height growth.

#### MORTALITY RATE OF PLANTED SEEDLINGS

The mortality rate of the planted seedlings was affected not only by the temperature sum but also by fertilization (cf. Table 5, p. 18). The larger the quantities of fertilizer that had been applied, the higher the mortality. The results of covariance analysis can be seen in the table on p. 17. The most important factor was the temperature sum (an increase in the degree of determination of 43.2 per cent). It can be stated that with a temperature sum of below 850 dd° C almost none of the planted seedlings survived. Fertilization has not, however, further increased the mortality rate during the past four years.

#### PRESENCE OF BIRCH

All birches were removed when the experimental areas were established. A fairly large number of birches has appeared during the less than ten years which have elapsed, and the number is the higher, the more intense the fertilization and drainage that have been applied. The results for birches originating both from ground shoots and seeds can be seen in the following table:

Fertilization, kg/ha	0	500	1000	1500
	number/sample plot			
Ditch spacing 30 m .....	16.9	20.2	25.6	25.3
» » 20 m .....	27.9	21.1	26.4	27.2
» » 10 m .....	21.4	32.0	33.9	35.8

#### GROUND VEGETATION

The change in the coverage of the *Sphagnum* species and feathermosses caused by fertilization and drainage can be seen in Table 6 (p. 20).

The coverage of *Sphagnum* species decreases with increased fertilization and narrower ditch spacing. The results of covariance analysis are presented in the table on page 20. The effect of the temperature sum is also highly significant. As the temperature sum decreases there is an increase in the coverage of the *Sphagnum* species. The coverage of feathermosses increases with fertilization. However, as is evident from covariance analysis (p. 21) the effect of ditch spacing has no statistical significance.

The coverage of sedges was determined only by the temperature sum. With a lower temperature sum the sedge coverage increases, by only 1.4 per cent per 100 dd° C. However, the change is statistically highly significant ( $t = 8.97^{***}$ ).

The coverages of cottongrass (*Eriophorum vaginatum*) and fireweed (*Chamaenerium angustifolium*) with various treatments can be seen in Table 7 (p. 21). There is an increase in the coverage of cottongrass both with increased fertilization and a narrower ditch spacing (cf. results of covariance analysis on p. 21). With a lower temperature sum the coverage of cottongrass also increases (2.8 per cent per 100 dd° C). An increase in the coverage of fireweed was apparent with increased fertilization and decreased ditch spacing. However, only the latter was statistically significant.

A comparison with the previous survey showed that the level of growth of cottongrass had remained the same, while there had been a decline in the growth of fireweed. The effect of the measures on cottongrass coverage is consequently quite long lasting, while the increase of coverage of fireweed caused by fertilization and drainage is of short duration.

The coverage of the shrub layer did not seem to be affected by any of the measures carried out. However, the height of the shrubs increased with more intense fertilization and narrower ditch spacing (cf. Table 8, p. 22 and the result of covariance analysis, p. 23). Each factor, fertilization,



ditch spacing and temperature sum proved to be highly significant. With a decreased temperature sum the height of the shrubs increased by 2.8 cm per 100 dd° C.

When comparing the results of this survey to the ones from the previous study it was apparent that the increase in the height growth of the shrubs caused by these measures is at least for the time being still evident.

### Tentative conclusions

The experiment was originally planned to last for 20 years. However, as this survey has been carried out less than ten years after the experiment was established, the results must merely be considered as an interim report. Certain conclusions can perhaps be drawn now.

The best growth result was obtained with a 10 m ditch spacing and strong fertilization. An increase in the fertilization level from 1000 kg to 1500 kg/ha (N 140 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 180 kg, K<sub>2</sub>O 100 kg/ha — N 210 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 270 kg, K<sub>2</sub>O 150 kg/ha) had scarcely any increasing effect on growth. As it is difficult to decrease the 10 m ditch spacing for cost reasons, it can be concluded that on such oligotrophic peatlands as were used in this experiment, only an average growth level in the seedling stands can be reached even with the most efficient forest improvement measures. It should be noted, however, that soil cultivation measures are not included in the experiment.

Broadcast fertilization as applied in this experiment in connection with afforestation is in general not to be recommended. Spot fertilization is employed nowadays in connection with afforestation (cf. HEIKURAINEN et al. 1966). Broadcast fertilization, at least in large doses, increases seedling mortality, as well as the coverage of the ground vegetation, particularly that of cottongrass and fireweed, and also the shrub height, thus increasing competition. In addition, the appear-

ance of a large number of birch seedlings even into such poor peatlands as the ones used in the experiment, is detrimental to the pine seedling stands. The fact, however, that the effect of even the lightest broadcast fertilization level (N 70 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg, and K<sub>2</sub>O 50 kg/ha) continues to be strong ten years after the experiment had been established, indicates that broadcast fertilization in connection with afforestation is well justified. The duration of spot fertilization is very short, only 5–6 years.

Recent developments in our country have favoured artificial reforestation, in particular in planting. According to this experiment natural seedlings seem, however, once they have recovered from checking during the first years, to grow better than the planted seedlings. This is especially true in the north and in experimental areas, where drainage is not particularly efficient. Further support for natural reforestation, particularly in the north, is also provided by the fact that the mortality rate of planted seedlings there is very high; in the areas with the lowest temperature sum (850 dd° C) almost none of the planted seedlings have survived.

The effect of the temperature sum in the experiment proved in several respects to be highly significant. The height and height growth of the seedlings were to a large extent dependent on the temperature sum. On the other hand, the increase in the coverage of the peatland vegetation caused by these measures was the greater, the lower the temperature sum. In other words, the proportion of the tree stand decreases out of the total phytomass produced and that of the ground vegetation increases as the temperature sum decreases.

Already at this stage the study seems to indicate that it is not possible to reduce the growth differences caused by the temperature sum by increasing fertilization and using narrower ditch spacing. On the contrary, the temperature sum causes an increase in the growth differences.

Liitetaulukko 1. Taimien koekenttäkohtainen pituus syksyllä 1973, cm. Ensimmäinen luku tarkoittaa luonnontaimien, toinen istutustaimien pituutta. Vi = viljavuusindeksi.

Appendix 1. Height of seedlings in the fall of 1973, cm, by experimental areas. First figures for natural seedlings, second figures for planted seedlings. Vi = fertility index.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitemäärä, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	1. Yläne, vi 28, dd° C 1283			
30	102—79	161—128	182—122	159—162
20	116—75	125—143	171—160	174—182
10	148—132	194—156	188—162	194—183
	2. Loppi, vi 30, dd° C 1227			
30	65—146	182—152	147—158	157—139
20	82—121	157—170	126—141	149—162
10	167—123	154—171	205—179	106—171
	3. Gottby, vi 30, dd° C 1250			
30	71—86	94—139	120—145	122—150
20	90—123	111—121	112—159	165—152
10	71—104	127—132	154—162	137—149
	4. Sippola, vi 28, dd° C 1323			
30	113—54	108—134	121—114	183—138
20	102—90	136—107	146—157	155—187
10	101—147	168—182	176—198	199—173
	5. Hammarland, vi 30, dd° C 1250			
30	68—64	99—86	98—95	111—117
20	72—82	112—104	138—119	138—129
10	89—89	129—134	130—157	154—146
	6. Orivesi, vi 22, dd° C 1164			
30	115—48	122—73	128—79	146—85
20	124—73	105—74	146—89	123—73
10	155—90	98—68	139—90	133—82
	7. Savitaipale, vi 30, dd° C 1328			
30	95—81	109—106	121—116	130—99
20	115—84	106—121	137—121	97—109
10	78—72	108—104	105—120	104—93
	8. Virrat, vi 30, dd° C 1086			
30	137—117	109—101	124—98	138—104
20	166—153	166—138	180—129	175—145
10	119—161	141—153	166—161	163—168

Sarkaleveys, m <i>Ditch spacing, m</i>	Lannoitemäärä kg/ha — <i>Fertilization, kg/ha</i>			
	0	500	1000	1500
9. Multia, vi 28, dd° C 1029				
30	154— 72	157— 96	150— 92	168— 93
20	106— 96	133— 95	153—100	160—108
10	112— 86	132—115	168—120	155—123
10. Virtasalmi, vi 28, dd° C 1203				
30	138— 81	148—126	179—150	164—152
20	140— 94	180—135	189—162	169—150
10	154—142	172—169	180—159	186—185
11. Eno, vi 30, dd° C 1078				
30	110—103	132—104	121— 94	143—109
20	112— 93	129—100	117— 88	130—106
10	139—116	124—127	136—133	157—141
12. Uurainen, vi 35, dd° C 1105				
30	98— 49	117— 99	128— 84	151—121
20	114— 67	101— 86	126— 87	171— 85
10	124—133	172—159	168—159	174—180
13. Viitasaari, vi 22 dd° C 1064				
30	98— 51	137— 48	112— 64	145— 43
20	81— 59	146— 59	153—107	140— 72
10	102— 93	107—108	124— 99	107— 85
14. Eno, vi 35, dd° C 1042				
30	160—105	143—113	146— 99	135—111
20	132— 71	163—120	134—161	125—130
10	158—117	157—143	176—132	183—132
16. Sonkajärvi, vi 30, dd° C 1047.				
30	141— 82	122— 88	139— 88	161—107
20	125— 74	142— 92	130— 86	135— 73
10	118— 84	114— 78	130— 78	144— 98
18. Kuhmo, vi 30, dd° C 984				
30	90— 36	129— 71	130— 80	113— 71
20	117— 30	97— 51	106— 63	144— 69
10	121— 48	114—106	136— 84	145— 114
19. Paltamo, vi 25, dd° C 988				
30	138— 40	114— 36	122— 48	123— 56
20	110— 37	122— 52	118— 44	118— 56
10	117— 53	113— 52	125— 80	109— 80

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitemäärä kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
20. Pyhäjoki, vi 45, dd° C 978				
30	126—96	120—77	143—81	111—91
20	110—101	150—89	115—79	125—101
10	130—108	174—112	152—102	122—92
21. Suomussalmi, vi 27, dd° C 923				
30	98—40	113—35	116—42	145—42
20	102—47	77—57	108—43	103—67
10	96—83	155—74	125—62	199—66
22. Muhos, vi 30, dd° C 1002				
30	89—39	115—48	144—49	136—57
20	111—42	130—45	133—56	113—57
10	138—83	119—71	134—62	148—67
23. Pudasjärvi, vi 28, dd° C 982				
30	100—48	121—51	147—68	137—57
20	152—41	160—58	153—56	145—60
10	170—66	131—87	198—90	164—96
24. Rovaniemi, vi 27, dd° C 865				
30	71—23	75—31	100—33	88—45
20	81—36	79—34	88—42	106—41
21	94—48	91—49	121—68	113—71
25. Pello, vi 33, dd° C 925				
30	115—35	127—62	130—56	119—35
20	118—92	107—70	104—82	141—98
10	160—100	143—104	131—104	149—120
26. Ranua, vi 45, dd° C 883				
30	129—35	103—54	109—47	65—105
20	131—41	77—44	147—58	116—50
10	140—57	99—86	142—78	130—72

Liitetaulukko 2. Taimien koekenttäkohtainen kasvu vv. 1971–73, cm. Ensimmäinen luku tarkoittaa luonnontaimia, toinen istutustaimia. Vi = viljavuusindeksi.

Appendix 2. Height growth of seedlings during the period 1971–1973, cm, by experimental areas. First figures for natural seedlings, second figures for planted seedlings. Vi = fertility index.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitemäärä, kg/ha – Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	1. Yläne, vi 28, dd° C 1283			
30	29–34	63–68	76– 56	76– 88
20	43–29	48–71	71– 91	68– 94
10	61–67	84–81	86– 86	98–100
	2. Loppi, vi 30, dd° C 1227			
30	11–64	56–60	59– 68	46– 66
20	20–52	24–85	26– 58	37– 75
10	56–79	58–79	77– 88	41– 86
	3. Gottby, vi 30, dd° C 1250			
30	39–44	51–75	66– 88	68– 91
20	44–63	39–69	62– 96	79– 94
10	35–60	67–77	88– 88	83– 93
	4. Sippola, vi 28, dd° C 1323			
30	43–23	35–70	52– 57	76– 58
20	34–44	55–50	60– 89	76– 97
10	43–80	81–98	91–114	95– 95
	5. Hammarland, vi 30, dd° C 1250			
30	21–30	32–38	41– 47	46– 64
20	22–37	60–47	71– 61	71– 68
10	39–46	63–75	73– 93	91– 87
	6. Orivesi, vi 22, dd° C 1164			
30	40–21	44–36	56– 39	53– 41
20	55–32	48–33	79– 43	58– 39
10	56–44	46–31	62– 40	65– 36
	7. Savitaipale, vi 30, dd° C 1328			
30	36–39	56–61	52– 69	68– 54
20	28–43	42–69	50– 72	39– 68
10	37–35	32–48	39– 67	53– 49
	8. Virrat, vi 30, dd° C 1086			
30	52–58	43–45	45– 41	44– 43
20	68–79	74–69	68– 60	63– 72
10	71–87	70–83	75– 74	73– 81



Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitemäärä kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	9. Multia, vi 28, dd° C 1029			
30	40—32	54—49	53—41	55—41
20	32—51	48—38	55—44	62—54
10	37—43	59—58	75—57	60—53
	10. Virtasalmi, vi 28, dd° C 1203			
30	46—40	65—62	80—76	74—81
20	50—52	79—71	90—83	84—77
10	68—81	81—89	90—86	101—102
	11. Eno, vi 30, dd° C 1078			
30	26—49	41—53	43—45	56—57
20	33—46	41—51	34—40	36—51
10	48—57	41—60	44—66	49—65
	12. Uurainen, vi 35, dd° C 1105			
30	34—25	42—49	47—43	53—56
20	45—36	51—46	49—40	65—46
10	66—74	81—84	89—73	82—92
	13. Viitasaari, vi 22, dd° C 1064			
30	35—22	52—20	48—28	50—17
20	33—27	39—22	63—54	42—30
10	49—51	62—54	63—50	49—46
	14. Eno, vi 35, dd° C 1042			
30	67—48	59—56	50—47	49—52
20	54—32	58—57	59—81	52—62
10	72—58	68—71	82—69	73—66
	16. Sonkajärvi, vi 30, dd° C 1047			
30	57—38	46—34	53—32	53—40
20	44—32	47—36	38—30	41—42
10	39—39	37—29	40—26	46—40
	18. Kuhmo, vi 30, dd° C 984			
30	13—14	35—33	45—37	39—30
20	41—11	28—24	41—26	49—27
10	34—23	45—55	52—39	56—63
	19. Paltamo, vi 25, dd° C 983			
30	42—19	33—16	39—20	42—25
20	32—18	44—27	38—22	38—26
10	39—28	56—25	48—47	41—41

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lannoitemäärä, kg/ha — Fertilization, kg/ha			
	0	500	1000	1500
	20. Pyhäjoki, vi 45, dd° C 978			
30	36—47	38—30	51— 34	38— 37
20	52—51	54—44	49— 35	47— 45
10	50—59	60—50	54— 44	43— 47
	21. Suomussalmi, vi 27, dd° C 923			
30	23—18	26—13	28— 17	42— 14
20	30—21	23—23	29— 17	29— 29
10	37—42	60—29	41— 30	54— 32
	22. Muhos, vi 30, dd° C 1002			
30	20—17	33—23	51— 27	44— 27
20	38—20	33—22	40— 27	28— 31
10	47—48	44—38	51— 32	58— 42
	23. Pudasjärvi, vi 28, dd° C 982			
30	38—23	38—22	53— 35	45— 29
20	55—19	61—31	61— 28	61— 29
10	74—36	67—46	85— 47	69— 52
	24. Rovaniemi, vi 27, dd° C 865			
30	24—10	28—14	39— 16	42— 21
20	30—36	28—22	41— 31	46— 21
10	34—27	43—27	61— 40	54— 42
	25. Pello, vi 33° C 925			
30	33—17	35—24	41— 22	37— 14
20	30—45	28—31	30— 27	40— 39
10	60—58	53—72	49— 53	55— 66
	26. Ranua, vi 45, dd° C 883			
30	37—20	40—33	42— 23	35— 39
20	36—25	23—26	59— 34	52— 29
10	63—36	48—50	64— 49	59— 43





HEIKURAINEN, LEO and LAINE, JUKKA O.D.C. 114.444: 181.65:  
237.4

1976. Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. ACTA FORESTALIA FENNICA 150. 38 p. Helsinki.

The paper presents some preliminary results of a 10-year-old study the purpose of which is to determine the effect of simultaneous variations in the intensity of drainage and fertilization on the development of planted and natural seedlings on peatlands under various climatic conditions. The development of the pine seedlings appeared to be better the more intensive the degree of drainage and fertilization used. The increase in the temperature sum had a positive effect on the development of pine seedlings and decreased the mortality rate.

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

HEIKURAINEN, LEO and LAINE, JUKKA O.D.C. 114.444: 181.65:  
237.4

1976. Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. ACTA FORESTALIA FENNICA 150. 38 p. Helsinki.

The paper presents some preliminary results of a 10-year-old study the purpose of which is to determine the effect of simultaneous variations in the intensity of drainage and fertilization on the development of planted and natural seedlings on peatlands under various climatic conditions. The development of the pine seedlings appeared to be better the more intensive the degree of drainage and fertilization used. The increase in the temperature sum had a positive effect on the development of pine seedlings and decreased the mortality rate.

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

HEIKURAINEN, LEO and LAINE, JUKKA O.D.C. 114.444: 181.65:  
237.4

1976. Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. ACTA FORESTALIA FENNICA 150. 38 p. Helsinki.

The paper presents some preliminary results of a 10-year-old study the purpose of which is to determine the effect of simultaneous variations in the intensity of drainage and fertilization on the development of planted and natural seedlings on peatlands under various climatic conditions. The development of the pine seedlings appeared to be better the more intensive the degree of drainage and fertilization used. The increase in the temperature sum had a positive effect on the development of pine seedlings and decreased the mortality rate.

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

HEIKURAINEN, LEO and LAINE, JUKKA O.D.C. 114.444: 181.65:  
237.4

1976. Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. ACTA FORESTALIA FENNICA 150. 38 p. Helsinki.

The paper presents some preliminary results of a 10-year-old study the purpose of which is to determine the effect of simultaneous variations in the intensity of drainage and fertilization on the development of planted and natural seedlings on peatlands under various climatic conditions. The development of the pine seedlings appeared to be better the more intensive the degree of drainage and fertilization used. The increase in the temperature sum had a positive effect on the development of pine seedlings and decreased the mortality rate.

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. 137, 1974. TAUNO KALLIO.  
Bacteria Isolated from Injuries to Growing Spruce Trees (*Picea abies* (L.) Karst.). Seloste: Kasvavien kuusten vaurioista eristetyt bakteerit.
- VOL. 138, 1974. TAUNO KALLIO and PEKKA TAMMINEN.  
Decay of Spruce (*Picea abies* (L.) in the Åland Islands. Seloste: Ahvenanmaan kuusien lahovikaisuus.
- VOL. 139, 1974. JUHANI PÄIVÄNEN.  
Nutrient Removal from Scots Pine Canopy on Drained Peatland by Rain. Seloste: Ravinteiden siirtyminen sadeveden mukana latvustosta maahan turvemaan männikössä.
- VOL. 140, 1974. OLAVI ISOMÄKI.  
Sahateollisuuden kuorintajätteiden käyttömahdollisuudet. Erityisesti käyttö maanparannusaineena ja kasvualustana. Summary: Using Possibilities of Barking Waste in Sawmill Industry. Specially Using as a Soil Improver and Substrate for Plants.
- VOL. 141, 1974. ROBERT T. BROWN and PEITSA MIKOLA.  
The Influence of Fruticose Soil Lichens Upon the Mycorrhizae and Seedling Growth of Forest Trees. Seloste: Jäkälien vaikutuksesta puiden mykoritsoihin ja taimien kasvuun.
- VOL. 142, 1974. MATTI PALO.  
Goal-setting for Finnish Forest Research Policy of the 1970's. Seloste: Suomen metsäntutkimuspolitiikan suuntaviivat 1970-luvulla.
- VOL. 143, 1975. PEKKA KILKKI and RAIMO PÖKÄLÄ.  
A Long-term Timber Production Model and its Application to a Large Forest Area. Seloste: Pitkän ajan tuotantomalli ja sen sovellutus Keski-Suomen ja Pohjois-Savon piirimetsälautakuntien alueelle.
- VOL. 144, 1975. YRJÖ ILVESSALO ja MIKKO ILVESSALO.  
Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuotto-kyvyn valossa. Summary: The Forest Types of Finland in the Light of Natural Development and Yield Capacity of Forest Stands.
- VOL. 145, 1975. PEKKA KILKKI ja MARKKU SIITONEN.  
Metsikön puuston simulointimenetelmä ja simuloituun aineistoon perustuvien puustotunnusmallien laskenta. Summary: Simulation of Artificial Stands and Derivation of Growing Stock Models from This Material.
- VOL. 146, 1975. SEPPO KELLOMÄKI.  
Forest Stand Preferences of Recreationists. Seloste: Ulkoilijoiden metsikköarvostukset.
- VOL. 147, 1975. SEPPO KELLOMÄKI and VARPU-LEENA SAASTAMOINEN.  
Trampling Tolerance of Forest Vegetation. Seloste: Metsäkasvillisuuden kulutuskestävyys.
- VOL. 148, 1975. PENTTI ALHO  
Metsien tuoton alueellisista eroista Suomessa. Summary: Regional Differences in Forest Returns within Finland.
- VOL. 149, 1975. TAUNO KALLIO.  
*Peniophora Gigantea* (Fr.) Masee and Wounded Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Part II. Seloste: *Peniophora gigantea* ja kuusen vauriot osa II.

**KANNATTAJAJÄSENET — 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 & CO  
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI  
OSUUSPUU  
THOMESTO OY