

LANNOITUS- JA SARKALEVEYSKOKEITA KARUJEN RÄMEIDEN UUDISTAMISESSA JA TAIMIKOIDEN KASVATUKSESSA

LEO HEIKURAINEN, JUKKA LAINE ja JARMO LEPOLA

Summary

FERTILIZATION AND DITCH SPACING EXPERIMENTS CONCERNED WITH REGENERATION AND GROWING OF YOUNG SCOTS PINE STANDS ON NUTRIENT POOR PINE BOGS

Saapunut toimitukselle 24. 11. 1983

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää tärkeimpien kasvutekijöiden vaikutus karujen rämeiden mäntytaimikoiden kasvuun. Myös uudistamisesta voitiin tehdä havaintoja. Ravinnetaloutta on vaihdeltu käyttämällä koalojen perustamisen yhteydessä lannoitusta (0, 500, 1 000 ja 1 500 kg/ha NPK-lannosta), vesitaloutta käyttämällä sarkaleveyksiä 10, 20 ja 30 m ja ilmaston vaihtelua edustaa lämpösukka. Koekentät jakaantuvat alueelle 1 328–865 dd°C. Kullakin koekentällä on puolet koaloista istutettu (2+1 v.) puolet uudistettu luontaisesti. Koala-aineisto on verrattain suuri (22 koekenttää, kussakin alunperin 48 koalaa). Istutustaimikot olivat inventoinnin aikana, 1981 syksyllä 19 vuotiaita, luonnontaimikot suurin piirtein saman ikäisiä.

Luontainen uudistaminen osoittautui varmaksi lähinnä vaihtuvan taimiaineuksen ansiosta. Lämpösukman vaikutus taimien määrään oli selvä, kuta suurempi oli lämpösukka sitä suurempi oli taimien lukumäärä. Normaali lannoitus paransi uudistamistulosta, mutta ylilannoitus heikensi tulosta. Sarkaleveydellä ei näyttänyt olevan vaikutusta luontaiseen uudistumiseen.

Yleensä istutukset onnistuivat hyvin, kangasmaiden istutuksiin verrattuna selvästi paremmin. Istutuksen onnistumiseen vaikutti lämpösukka voimakkaasti. Pohjoisilla koaloilla kuolleisuusluvut saattoivat nousta erittäin suuriksi. Suurten lannoitemäärien vaikutus istutusten onnistumiseen oli selvästi haitallinen. Kapein sarka (10 m) antoi parhaan istutustuloksen, joskaan erot leveämpiin sarkoihin verrattuina eivät olleet suuria.

Lannoituksen vaikutus taimien keskipituuteen ja pituuskasvuun oli Etelä-Suomessa varsin suuri ja sitä suurempi mitä suurempi oli lannoiteannos. Keski-Suomessa ja erityisesti Pohjois-Suomessa lannoituksen vaikutus taimikoiden keskipituuteen oli vähäinen.

Sarkaleveyden vaikutus taimien kehitykseen oli selvä. Kymmenen metrin saralla kasvaneet taimikot olivat 50–80 cm pitempää kuin kolmenkymmenen metrin saralla kasvaneet ja kahdenkymmenen metrin saralla kasvaneet asettuivat näiden väliin.

Pituuskehityksen alueellinen vaihtelu oli luonnontaimikoissa vähäistä etenkin aikaisempaan mittausjaksona (vv. 1974–76), jolloin eteläisillä koekentillä oli tehty taimikonhoitotöitä, myöhempänä jaksossa (vv. 1977–81) erot olivat jo selviä, joskaan eivät suuria. Istutustaimikoiden pituuskehityksen alueelliset erot olivat selviä ja paljon suurempia kuin luontaisesti syntyneiden taimikoiden.

Verrattaessa tutkittujen karujen rämeiden ojitusalueille syntyneitä taimikoita kangasmaiden viljelymäntytaimikoihin voitiin todeta, että tehokkaimmat parannustoimenpiteet (sarkalev. 10 m, lann. 1 000 kg/ha) ovat saaneet aikaan taimikoiden kehityksen, joka ylittää VT:n pituuskehityksen tasolle ja käytännön toimenpiteitä vastaavat parannustoimenpiteet (sarkalev. 30 m, ei lann.) saavat aikaan CT-männikön pituuskehitystä vastaavan tuloksen.

1. JOHDANTO

Vuosina 1965–66 perustettiin eri puolille maata alun kolmattakymmentä koekenttää, joissa pyrittiin järjestämään tärkeimpiä kasvutekijöitä niin, että mäntytaimikoiden kasvu saataisiin mahdollisimman suureksi. Tämä tavoite näkyy myös koekenttien työnimissä; niitä nimitettiin männyn optimikasvun koekentiksi.

Koekenttiä on inventoitu useaan otteeseen ja tuloksista on julkaistu useita raportteja (esim. Heikurainen ja Veijola 1971, Heikurainen ja Laine 1976). Kesällä 1981 koekenttien taimikot mitattiin jälleen, siis 15–16 v. kokeiden perustamisen jälkeen. Samana kesänä tehtiin myös koekentillä eräitä opinnäytteitä, jotka kaikki ovat valmistuneet. Näiden v. 1981 tehtyjen mittausten ja kokeiden lopullisten tulosten esittely on nyt mahdollista. Tarkoituksena on julkaista päätulokset tutkimussarjana, jossa nyt käsillä oleva on ensimmäinen. Alunperin koekentät perustettiin lyhytaikaisiksi, vain taimikkovaiheen seuranta ajatellen. Nyt kun parhaat koelametsiköt lähenevät riukumetsävaihetta, näyttää kuitenkin mahdolliselta ja aiheelliseltakin seurata

taimikoiden kehitystä edelleen ainakin osalla koekenttiä. Näin ollen myös nyt julkaistava tutkimussarja on osittain väliraportin luonteinen.

Koekentät on perustettu seuraavien metsäteollisuusyhtiöiden maille ja avustamina: A. Ahlström Oy, Kymi Kymmene Oy, Yhtyneet Paperitehtaat Oy, Oy Kaukas Ab, G. A. Serlachius Oy, Rauma-Repola Oy, Enso-Gutzeit Oy, Metsäliiton Teollisuus Oy, Oy W. Rosenlew Ab, Kajaani Oy, Oulu Osakeyhtiö ja Kemi Oy. Ålands Landskapsstyrelsen on perustanut kaksi koekenttää. Ilman tätä apua tutkimus olisi ollut Helsingin yliopiston suometsätieteen laitokselle ylivoimainen tehtävä, Mainitut yhtiöt ja yhteisöt ovat kiittävästi avustaneet myös koekenttien hoidossa. Tutkimukseen muuten käytetyt varat on saatu Suomen Akatemialta.

Kirjoittajista Lepola on tehnyt laudaturtyönsä aineiston uudistamisongelmiin liittyvästä osasta, ja uudistamista koskeva osa on lyhennelmä tästä. Lepola on muutenkin osallistunut aineiston käsittelyyn. Laine on osallistunut kenttätöiden suunnitteluun ja vastannut eritoten tietokonelaskennasta. Heikurainen on vastannut koejärjestelyistä ja julkaisun kokoonpanosta.

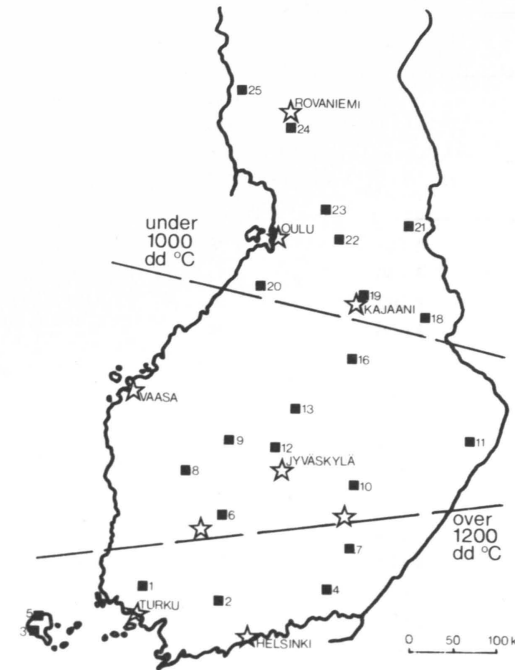
2. KOEJÄRJESTELY

Koejärjestelyn tavoitteena on alunperin ollut tärkeimpien kasvutekijöiden kombinoiminen niin, että löydettäisiin optimikasvuolosuhteet mäntytaimikoille. Alkuperäinen kasvupaikka on karu räme, tupasvillarämeestä isovarpuiseen rämeeseen. Tärkeimmiksi koekentiksi kasvutekijöiksi valittiin vesitalous, ravinnetalous ja suurilmasto. Vesitaloutta vaihdeltiin sarkaleveyksillä 10, 20 ja 30 m, ravinnetaloutta lannoituksilla 500, 1 000 ja 1 500 kg/ha NPK-lannoitetta (N 14 %, P 7,9 % ja K 8,3 %) ja suurilmastoa edustamaan valittiin kunkin koekentän kumulatiivinen lämpösomma (dd°C, kynnyks 5°C).

Koekentät jakaantuvat joltisenkin tasaisesti alueelle 865–1 328 dd°C. Useissa käsittelyissä koekentät ryhmitellään Etelä-Suomeen (>1 200 dd°C), Keski-Suomeen (1 200–1 000 dd°C) ja Pohjois-Suomeen (<1 000 dd°C).

Tässä jaossa käytettiin vuosien 1941–70 lämpösommia, jotka saatiin merenpinnan tasoon redukoiduista lämpösommakäyristä korjaamalla niitä paikan korkeuden perusteella (Heikurainen 1973). Koejärjestelyn pääpiirteet näkyvät kuvasta 1, jossa nähdään koekenttien (yht. 22) sijainti sekä taulukosta 1, jossa esitetään koekenttien eräitä tärkeimpiä pidettyjä ominaisuuksia sekä kuvasta 2, joka esittää esimerkkinä koekentän n:o 11 koejärjestelyä.

Lisäksi todettakoon, että kullakin saralla on kahdeksan aarin suuruista, arvottua koelaa, joista neljällä on istutettu 2+1 vuotisia paikallista alkuperää olevia männyntaimia (49/koela=4 900/ha) ja neljällä on turvauttu jo kokeen perustamisen aikaan olleeseen luontaiseen taimiainekseen. Istutuskoealoilta koko luontainen taimiainekseen pyrittiin



Kuva 1. Koekenttien sijainti.
Fig. 1. Distribution of the experimental sites.

15 L	0 L	5 V	0 V	5 V	0 V
5 V	10 L	10 V	5 L	0 L	15 V
10 L	10 V	0 V	15 V	15 L	5 L
0 L	5 L	0 L	15 L	10 L	15 L
0 V	15 L	15 L	10 L	5 L	0 L
10 V	5 V	5 L	10 V	0 V	10 L
15 V	15 V	15 V	5 V	10 V	10 L
5 L	0 V	10 L	0 L	15 V	5 V

0 10 20 30m

Kuva 2. Koekentän n:o 11 koejärjestely. L=luonnon-taimikoeala, V=istutustaimikoeala, 5=500 kg/ha NPK-lannosta.

Fig. 2. Layout of the experimental site No. 11. L=natural stands, V=planted stands, 5=500 kg per hectare NPK-fertilizer.

poistamaan ennen istutusta samoin luonnon-taimiruuduilta yli 0,5 m pitkät taimet. Ojat on kaivettu pääosin vv. 1964 ja 1965 ja ne on alunperin kaivettu yleensä 80 cm:n syvyisiksi.

Koalojen välissä, vähintään 2 m leveän vaiipan keskellä on v. 1975 kaivettu n. 35 cm:n syvyinen navero siten, että se ei ulotu ojaan. Tarkoituksena on eristää koalat. Eräitä lisätietoja koekentistä ja koelajärjestelyistä voidaan nähdä aikaisemmista julkaisuista (esim. Heikurainen ja Laine 1976).

3. UUDISTAMISEN ONNISTUMINEN

3.1. Kenttätö

Kehityskelpoisten taimien määrä selvitetiin koelaneljänneksittäin, jotka rajoitettiin koalojen lävistäjiä käyttäen. Kehityskelpoisina pidettiin elinvoimaisia, kokonsa puolesta koelalle normaaleja taimia, jotka syksyllä 1969 olivat olleet 0,2–1,5 metrin mittaisia. Tällä haluttiin varmistaa mittauksen kohdistuminen samaan perusjoukkoon kuin aikaisemmissa inventoinneissa. Puun syntyä ei kiinnitetty tässä yhteydessä huomiota, eli istutusruuduilla otettiin huomioon myös esiintyvät luonnontaimet. Kultakin koela-

neljännekseltä laskettiin kehityskelpoisten taimien määrä siten, että maksimimääräksi merkittiin 5 vaikka taimia olisi ollut runsaamminkin. Jos koelalta saatiin lukusarja 5-5-5-5, merkitsee se vähintään 20 kehityskelpoista tainta koelaa kohti ja vähintään 2 000 tainta hehtaarilla.

Taimikkojen tiheyttä ja tasaisuutta kuvaamaan laskettiin koaloille vielä ns. metsittymisindeksi siten, että edellä kuvatulla tavalla saadusta "täystiheän ja tasaisen taimikon" taimiluvusta (20 kpl/koela) puuttuva taimi pienentää sadannesta 5 prosenttiyksikköä, siis esim. seuraavasti: jos taimiluku on 19 on

Taulukko 1. Tietoja koekentistä.

Table 1. Some data concerning the experimental sites.

Koekentän N:o	Sijainti- kunta	Efekt. lämpösomma, dd°C ¹⁾ Effective accumulative temperature, dd°C ¹⁾			Viljav. indeksi	Taimikon harv. 1975
		1941-70	1970-72	1973-80		
Experimental site	Location parish				Fertility index	Thinning in 1975
1	Yläne	1 283	1 281	1 188	28	+
2	Loppi	1 227	1 251	1 158	30	+
3	Gottby	1 250	1 241	1 182	30	+
4	Sippola	1 323	1 387	1 300	28	+
5	Hammarland	1 250	1 243	1 184	30	+
6	Orivesi	1 164	1 177	1 122	22	+
7	Savitaipale	1 328	1 386	1 292	30	+
8	Virrat	1 086	1 187	1 103	30	+
9	Multia	1 029	1 096	1 001	28	-
10	Virtasalmi	1 203	1 198	1 127	28	+
11	Eno	1 078	1 202	1 134	30	-
12	Uurainen	1 105	1 181	1 118	35	+
13	Viitasaari	1 064	1 093	1 037	22	-
16	Sonkajärvi	1 047	1 083	1 008	30	-
18	Kuhmo	984	1 021	969	30	-
19	Paltamo	988	1 079	1 004	25	-
20	Pyhäjoki	978	1 063	978	45	-
21	Suomussalmi	923	958	944	27	-
22	Muhos	999	1 031	963	30	-
23	Pudasjärvi	982	1 067	989	28	-
24	Rovaniemi	865	931	837	27	-
25	Pello	925	970	853	33	-

1) Vv. 1941-70 arvot saatu maanpinnan tasoon redukoitujen isothermien (Ilmatieteen laitoksen) ja korkeuskorjauksen avulla, vv. 1970-72 ja 1973-80 arvot on saatu lähimmiltä säähavaintoasemilta, aseman ja koekentän korkeuserojen mukaisen korkeuskorjauksen jälkeen.

1) The effective accumulative temperatures for the period 1941-70 are derived from the isotherms adjusted to sea level (made by the Meteorol. Instit. of Finland) and corrected for the influence of elevation. The values for the periods 1970-72 and 1973-80 are derived from the meteorol. station situated close to the experimental site concerned. The influence of elevation difference between the station and the experimental site has been accounted for.

indeksi 95, jos taimiluku on 18 on indeksi 90 jne.

Pituuskasvun mittausten yhteydessä selvitetiin viljelyruuduilla kasvavien luonnontaimien määrää, sillä istutustaimien lisäksi mitattiin 10 luonnontainta, mikäli näitä esiintyi.

Koko koelaa koskevana kuvattiin yleisenä esiintyvä tuho ja sen aste seuraavasti: 0=lievä tai ei havaittu, 1=kohtalainen, 2=paha. Tuhon aiheuttaja pyrittiin määrittämään seuraavasti: sienivaurio, hyönteisvaurio, hirvivaurio sekä tunnistamaton (=muu) vaurio.

Ylispuuksi katsottiin puu, joka syksyllä 1969 oli ollut yli 1,5 metrin pituinen. Valtaosa ylispuista oli mentyjä, mutta myös Pellon koekentällä (n:o 25) kasvaneet kuuset laskettiin ylispuiksi. Ylispuiden määrä luokiteltiin

viiden puun luokkiin. Täten jos ylispuita oli esim. 6, merkittiin lukumääräksi 5, jos ylispuita oli 8, merkittiin lukumääräksi 10 jne.

3.2. Tilastollisen käsittelyn rajoitukset

Koelajen inventoinnissa ei pyritty selvittämään taimien kokonaismäärää, taimien määrä laskettiin ainoastaan siihen saakka kunnes taimiluvuksi tuli 2 000 kpl/ha, jota pidettiin riittävän suurena täystiheää taimikkoa ajatellen. Koska taimia istutettiin alunperin 4 900 kpl/ha ja lisäksi luonnontaimet täydentävät taimikkoja jonkin verran, oli varsinkin Etelä-Suomen viljelytaimikkojen tiheys monissa tapauksissa huomattavastikin

suurempi kuin mainittu 2 000 kpl/ha.

Tuloksia ei inventointimenetelmästä johdettua voi tulkita absoluuttisiksi, vaan huomio on kiinnitettävä eri käsittelyjen aiheuttamiin eroihin taimimäärissä. Luotettavuustunnusten esittäminen taimimäärien eroille ei ole kuitenkaan mahdollista erojen keinotekoisien, ja varsinkin Etelä-Suomessa voimakkaan, taasoittumisen ja tästä aiheutuvan hajonnan pienentymisen vuoksi. Vuonna 1975 tehtiin Etelä-Suomen koekentillä taimiston perkaus, joka myös osaltaan vaikeuttaa aineiston tilastollista käsittelyä.

3.3 Tulokset

3.3.1. Luontainen uudistaminen

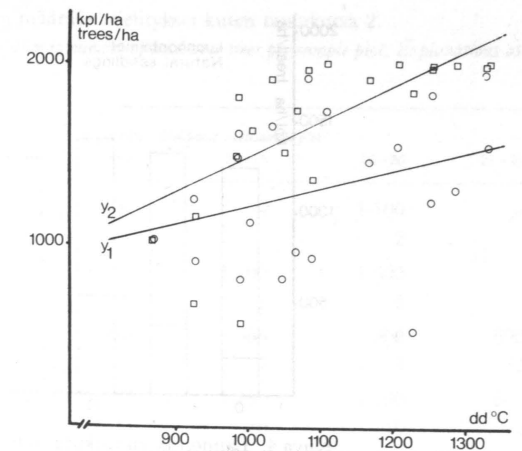
Seuraavassa asetelmassa esitetään luonnontaimien määrä inventoiduissa taimikoissa Suomen eri osissa:

Etelä-Suomi:	1 404 kpl/ha
Keski-Suomi:	1 383 -"-
Pohjois-Suomi:	1 177 -"-
Koko maa:	1 320 -"-

Kuvassa 3 on esitetty lämpösomman ja luonnontaimien määrän koekenttäkohtaisen keskiarvon välinen regressiosuora (y_1). Kuten edellisessä luvussa todettiin, ei suoran kulkuun absoluuttisessa mielessä kannata kiinnittää huomiota kuten ei myöskään suoran luotettavuustunnuksiin. Suora esittää lähinnä sitä astetta, millä inventoitujen taimikoiden taimimäärä lähenee täystiheää lämpösomman kasvaessa. Todellisuudessa suora kulkisi jyrkemmin päätellen täystiheiden (>2 000 kpl/ha) taimikoiden suuremmasta määrästä Etelä-Suomessa. Regressiosuora osoittaa kuitenkin selvästi, että kuta suurempi on lämpösomma sitä parempi on uudistumistulos.

Kuvan 4 pylväsdigrammeissa esitetään luonnontaimien määrän vaihtelu eri lannoituskäsittelyillä. Edelleen esitetään metsittymisindeksi (ks. luku 3.1). Taimimäärän vaihtelu on melko vähäistä, näyttäisi kuitenkin siltä, että runsaimmin lannoitetuilla ja toisaalta lannoittamattomilla, on pienin taimimäärä sekä vähiten täystiheitä taimikoita.

Sarkaleveyden vaikutus luonnontaimien määrään ja täystiheiden taimikoiden osuuteen



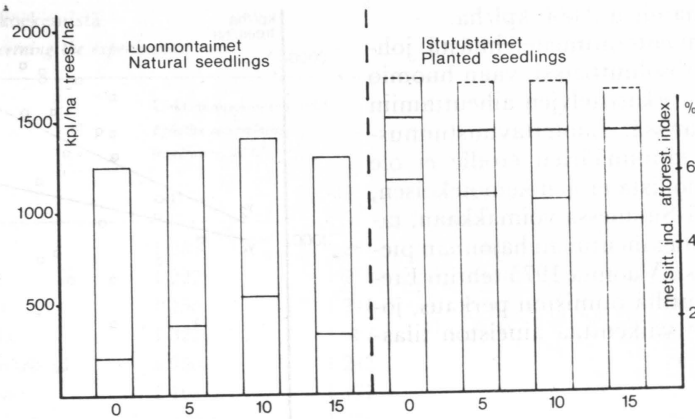
Kuva 3. Lämpösomman vaikutus taimien määrään luonnontaimikoealoilla ($y_1=247+0.98X$; $R^2=11.4\%$) ja istutustaimikoealoilla ($y_2=443+1.94X$; $R^2=40.2\%$).

Fig. 3. The effect of temperature sum on the amount of natural seedlings ($y_1=247+0.98X$; $R^2=11.4\%$) and planted seedlings ($y_2=443+1.94X$; $R^2=40.2\%$).

käy ilmi kuvasta 5. Taimimäärien vaihtelu on vähäistä ja eri suuntaista eri alueilla, joten sarkaleveyksien paremmuudesta luontaista uudistamista ajatellen ei voida sanoa mitään varmaa.

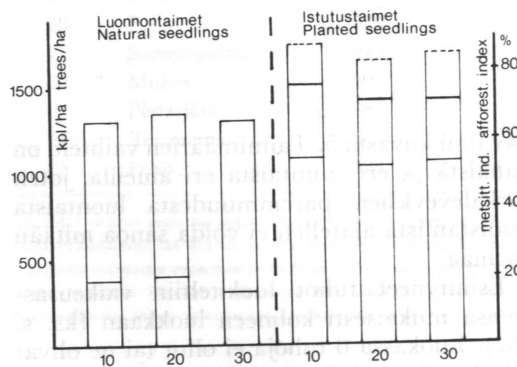
Esiintyneet tuhot luokiteltiin vaikeusasteensa mukaisesti kolmeen luokkaan (ks. s. 362). Luokassa 0 tuhoja ei ollut tai ne olivat niin lieviä, etteivät ne vaikuttaneet taimikoiden tiheyteen, luokassa 1 tuhot heikensivät jonkin verran taimikon kehityskelpoisuutta ja luokassa 2 tuhot heikensivät kehityskelpoisuutta huomattavasti. Tutkimuksessa asetettiin pääpaino tuhojen seurausten selvittelyyn, tuhojen aiheuttajia ei sensijaan pyritty määrittämään tarkasti.

Taulukossa 2 esitetään tuhojen vaikutus taimimääriin alueittain sekä koko maan keskiarvoina. Kehityskelpoisuutta heikentäneitä tuhoja todettiin noin kahdeksalla ja puolella prosentilla koelajen kokonaismäärästä. Vakavien tuhojen osuus oli noin 2,5 %. Alueet eroavat toisistaan siten, että Pohjois-Suomessa tuhot ovat harvinaisempia kuin etelässä, mutta esiintyessään ne ovat siellä vaikuttaneet metsittymiseen vakavammin.



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus taimien määrään luonnontaimikoealoilla ja istutustaimikoealoilla. Kokoviiva: vain istutustaimet, katkoviiva: mukana myös syntyneet luonnontaimet. Alempi kokoviiva metsittymisindeksi.

Fig. 4. The effect of fertilizing on the amount of natural seedlings, planted and planted plus natural seedlings on planted plots (dotted lines). The lower line indicates the afforestation index.



Kuva 5. Sarkaleveyden vaikutus taimien määrään luonnontaimikoealoilla ja istutustaimikoealoilla (ks. kuvan 4 selityksiä).

Fig. 5. The effect of ditch spacing on the amount of natural seedlings, planted and planted plus natural seedlings on planted plots (dotted lines). The lower line indicates the afforestation index.

Ylispuuta esiintyi n: 12 prosentilla koealojen kokonaislukumäärästä. Ylispuuta sisältäviä taimikoita oli eniten Keski-Suomessa. Taulukossa 3 esitetään ylispuiden määrän vaikutus luonnontaimikoiden tiheyteen maan eri osissa. Keskimääräisesti ottaen on uudistumistulos ylispuuta sisältämättömillä koealoilla vain vähän yli kaksi prosenttia parem-

Taulukko 2. Tuhojen vaikutus luontaiseen uudistumiseen. Ylempi luku: taimien lukumäärä, keskim. kpl/ha, alempi luku: koealojen lukumäärä.

Table 2. Effect of damage on the regeneration results. The upper figure indicates the average number of seedlings per hectare and the lower figure gives the number of sample plots in each group.

Tuhoaste Degree of damage	E-S South Finland	K-S Middle Finland	P-S North Finland	Koko maa Whole country
0	1 452 128	1 434 171	1 192 162	1 354 461
1	1 000 15	1 340 10	867 5	1 090 30
2	1 300 1	627 11	300 1	654 13

pi kuin ylispuuta kasvavilla. Erityisesti on kuitenkin huomattava ylispuiden voimakaimmin uudistumistulosta heikentävä vaikutus Pohjois-Suomessa, jossa uudistuminen on muutenkin onnistunut heikoimmin. Ylispuuta sisältävien koealojen määrä on kuitenkin liian pieni luotettavien tulosten saamiseen.

Taulukko 3. Luonnontaimien määrä suhteessa ylispuiden määrään. Selitykset kuten taulukossa 2.

Table 3. The average number of natural seedlings per hectare in relation to number of hold-over trees per sample plot. Explanations as in table 2.

Alue Area	Ylispuuta/koeala - Hold-over trees/sample plot					
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Etelä-Suomi South Finland	1 414 140	700 1	1 300 1	-	1 100 2	-
Keski-Suomi Middle Finland	1 415 158	738 8	1 272 18	1 700 3	1 600 5	-
Pohjois-Suomi North Finland	1 217 147	1 000 5	925 4	886 7	900 3	600 2
Koko maa Whole country	1 349 445	829 14	1 213 23	1 130 10	1 290 10	600 2

3.3.2. Istutus

Istutuskoealoilla havaittiin maan eri osissa seuraavassa asetelmassa esitettävät taimimäärät:

Etelä-Suomi:	1 970 kpl/ha
Keski-Suomi:	1 801 -"
Pohjois-Suomi:	1 308 -"
Koko maa:	1 685 -"

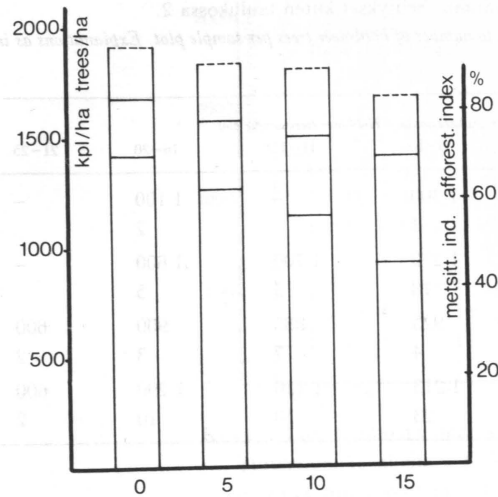
Koska alkuperäinen istutusmäärä oli 4 900 kpl/ha, on kuolleisuus ollut sängen voimakasta. Kuolleisuus oli vuoden 1974 inventoinnissa 22,6-33,2 % vaihdellen siten, että se kasvoi lannoitemäärän kohotessa ja oli suurempi pohjoisessa kuin etelässä. Erityisen selvää oli kuolleisuuden lisääntyminen lämpösunnan pienentyessä. Kuolleisuuden suuruudesta ei asetelman lukujen perusteella voida tehdä suoraa päätelmää, sillä koealoilla on esiintynyt runsaasti taimia, joita ei ole inventoitu (ks. luku 3.1). Lisäksi määriin sisältyy jonkin verran luonnontaimia. Ainoastaan niiden koealojen koko taimimäärä on kyetty inventoimaan, joiden kussakin neljänneksessä kasvoi vähemmän kuin viisi tainta. Kun näiden koealojen taimimääristä vähennettiin koealoilta mitatut luonnontaimet, voitiin selvittää elossa olevien viljelytaimien määrä. Mainittuja koealoja oli 14 % viljelytaimikoealojen kokonaismäärästä rajoittuen muutamaa harvaa poikkeusta lukuunottamatta Pohjois-Suomen alueelle. Keskimääräinen tiheys näissä taimikoissa oli 490 tainta hehtaarilla, joten kuolleisuus oli n. 90 %. Edellisessä inventoinnissa

(Heikurainen ja Laine 1976) laskettiin kyseisiltä koealoilta keskimäärin 1 840 tainta/ha. Edellisessä inventoinnissa lasketuista taimista oli siis n. 70 % kuollut vuoden 1981 syksyn mennessä. Kun kuolleisuus jo edelliseen inventointiin mennessä (8 vuotta istutuksen jälkeen) oli n. 60 %, on näillä pohjoisilla koekentillä metsänviljelyä pidettävä joltisenkin täysin epäonnistuneena. On kuitenkin huomattava, että ylläoleva tarkastelu rajoittuu aineiston heikoimpaan osaan ja viljelytulosten hajonta on erittäin suurta, myös pohjoisesta löytyi hyvin onnistuneita istutuksia.

Viljelytaimien määrän koekenttäkohtaisen keskiarvon ja lämpösunnan välinen regressiosuora esitetään kuvassa 3. Suoraa on tulkittava ottaen huomioon edellä esitetyt rajoitukset. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että lämpösunnan vaikuttaa varsin ratkaisevasti istutuksen onnistumiseen. Pohjoisessa istutukset ovat onnistuneet selvästi heikommin kuin etelässä.

Kuvassa 4 esitetään viljelytaimikoiden tiheydet ja metsittymisindeksit eri lannoitustasoilla. Kuvan perusteella voidaan todeta, että lannoitus on heikentänyt istutustulosta ja sitä enemmän mitä suurempi on lannoiteannos ollut.

Koko maan keskimääräinen tulos, joka on esitetty kuvassa 4, ilmenee selvänä Keski-Suomen aineistossa (kuva 6). Etelässä ja etenkin pohjoisessa tulos oli epäselvä. Ainaakin osittain pohjoisen epäselvä tulos johtuu siitä, että alkuperäisestä istutettujen määrästä oli elossa enää n. 1/5.



Kuva 6. Lannoituksen vaikutus taimien määrään istutustaimikoealoilla Keski-Suomessa (ks. kuvan 4 selityksiä).

Fig. 6. The effect of fertilizing on the amount of planted and planted plus natural seedlings on planted plots (dotted lines) in Middle Finland. The lower line indicates the afforestation index.

Sarkaleveyden vaikutus taimikoiden tiheyteen sekä metsittymisindeksiin esitetään kuvassa 5. Koko maan aineistossa paras tulos on saavutettu 10 m:n saralla. Selvin vaikutus uudistumistulokseen näyttää sarkaleveydellä olevan Pohjois-Suomessa, jossa 10 metrin saralla saavutettiin paras taimikoiden tiheys. χ^2 -testin mukaan 10 metrin saralla Pohjois-Suomessa oli uudelleen metsitettävien tapauksen määrä merkittävästi muita sarkaleveyksiä vähäisempi. Tulosta vahvistaa se, että luonnontaimien osuus inventoiduista viljelyruutujen taimista oli pienin kapeimmalla saralla. Etelä-Suomessa puolestaan oli täysin metsittyneiden osuus suurin leveimmällä saralla.

Viljelyruuduilla esiintyneet tuhot inventoitiin kuten edellä on kerrottu (luku 3.1.). Tuhojen vaikutus taimikoiden tiheyteen esitetään taulukossa 4. Taimikon kehityskelpoisuutta alentaneita tuhoja esiintyi n. 9 prosentilla koealoista. Tuhoista 36 % luonnehdittiin vakaviksi. Eräillä Itä- ja Keski-Suomen koekentillä tehtyjen erilliselvitysten mukaan yleisimpiä tuhojen aiheuttajia olivat punalattika (*Aradus cinnamomeus*) ja pihkakääriäi-

Taulukko 4. Tuhojen vaikutus metsänviljelyn onnistumiseen. Selitykset kuten taulukossa 2.

Table 4. Effect of damage on the planting result. For explanations see table 2.

Tuhoaste Degree of damage	E-S South Finland	K-S Middle Finland	P-S North Finland	Koko maa Whole country
0	1 996	1 883	1 350	1 737
	137	168	155	460
1	1 700	1 600	808	1 243
	3	12	13	28
2	1 275	850	—	956
	4	12		16

nen (*Petrova resinella*). Lannoituksella enempää kuin sarkaleveydelläkään ei tämän selvityksen mukaan osoittautunut olevan vaikutusta tuhojen yleisyyteen (Repo 1983).

Kokeiden perustamisen yhteydessä jäi ylispuuta jonkin verran myös viljelyruuduille, tosin ainoastaan Pohjois-Suomessa. Ylispuiden vaikutus taimikoiden tiheyteen esitetään seuraavassa asetelmassa:

ylispuuta/koeala taimikon tiheys, kpl/ha	0	1-5	6-10	11-15	16-20
koealoja	1 321	1 275	1 467	1 225	850
	149	8	3	4	4

Koska viljelytaimikoiden keskimääräinen tiheys Pohjois-Suomessa oli 1 308 tainta/ha, ei ylispuiden aiheuttamaa tiheyden heikkenemistä voida pitää merkittävänä. Toisaalta ylispuuta sisältäneiden koealojen määrä oli niin pieni, ettei numeroiden esittämää tulosta voida pitää kovin luotettavana.

3.3.3 Taimikoiden kehityskelpoisuus

Taimikoiden kehityskelpoisuutta tarkastellaan seuraavassa vertaamalla taimikon runkolukua Kml Tapion suosittelemiin vähimmäisrunkolukuihin (Takala 1978). Yksinkertaisuuden vuoksi vertailussa on tyydytty vain yhteen vertailutasoon, jollaiseksi on otettu Etelä-Suomen CT:n taimimäärät. Ilmeisesti

näin asetetut rajat ovat luonnontaimikoille liian ankarat Pohjois-Suomessa ja jonkinverran väljät etelässä.

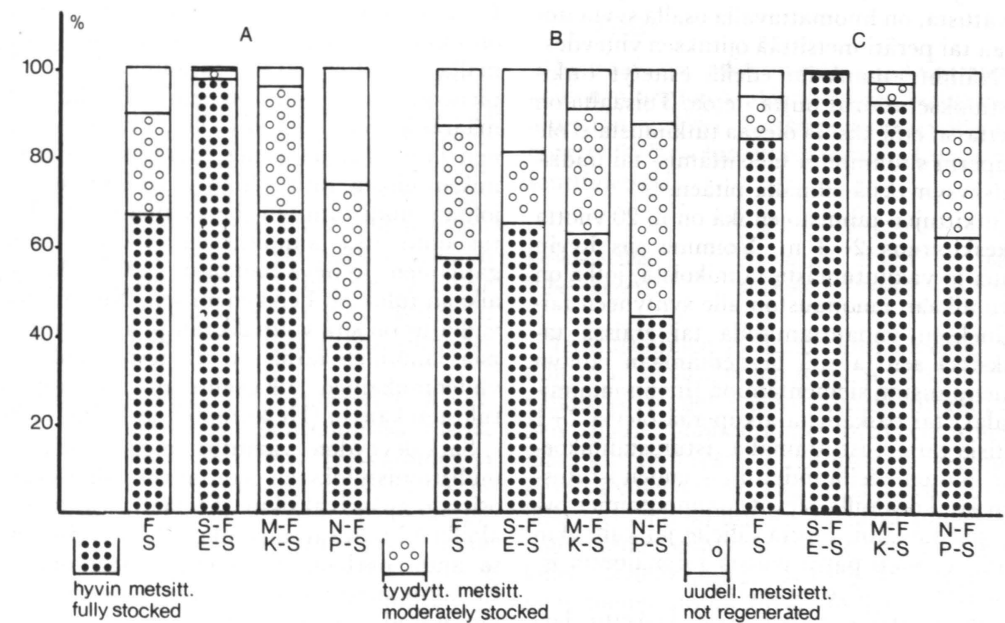
Täydennettäväksi tulisivat normien mukaan taimikot, joissa taimia on vähemmän kuin 1 200 kpl/ha (tydyttävästi metsittyneet) ja uudelleen perustettaviksi taimikot, joissa taimia on vähemmän kuin 600 kpl/ha (uudelleen metsitettävät). Vaikka täydennysviljely ei tutkimuksen kohteena olevissa taimikoissa tulekaan enää käytännössä kysymykseen taimien pituuden eli toimenpiteen myöhästymisen vuoksi, on täydennysviljelyn raja otettu tässä mukaan, koska se kuvaa uudistamisen onnistumista käytännön metsänhoidon kannalta.

Kuvassa 7 esitetään luonnontaimien (B) onnistuminen maan eri osissa yllä esitetyn luokituksen mukaisina koealajakautumina. Etelä- ja Keski-Suomessa koealoista on yhtä paljon eli hyvin metsittyneitä noin kaksi kolmasosaa, Pohjois-Suomessa on vastaava osuus 44 %. Koko maassa tulisi inventoiduista taimikoista lähes 13 % perustaa uudelleen.

Kuvasta 7 nähdään edelleen eri kehityskelpoisuusluokkien osuudet viljelytaimikoiden osalta (C). Etelä- ja Keski-Suomessa metsänviljely on onnistunut tyydyttävästi tai hyvin lähes kaikilla koealoilla, Pohjois-Suomessakin tyydyttävästi tai hyvin onnistuneiden viljelykoealojen osuus on 61 %. Kuusi prosenttia kaikista viljelykoealoista tulisi perustaa uudelleen, mikäli noudatettaisiin Tapion ohjeita.

Kuten edellä on mainittu, sisältyy viljelytaimikoiden tiheyteen joukko luonnontaimia, joiden määrä esitetään seuraavassa asetelmassa alueittain:

	luonnontaimia viljelyruuduilla kpl/ha	osuus taimi- määrästä, %
Etelä-Suomi:	156	7,9
Keski-Suomi:	270	15,0
Pohjois-Suomi:	285	21,8
Koko maa:	243	14,4



Kuva 7. Eri tavalla aikaansaatuisten taimikoiden kehityskelpoisuus eri osissa maata. B=luonnontaimikoealat, A=istutustaimikoealat, vain istutustaimet ja C=istutustaimikoealat, mukana myös koealoille luonnontaimista (istutuksen jälkeen) syntyneet luonnontaimet.

Fig. 7. Proportion of seedling stands capable of development. B=natural regeneration sample plots, A=planted sample plots, only transplants counted, and C=planted sample plots, all seedlings.

Vähentämällä luonnontaimien määrä viljelyalojen kokonaistaimimäärästä, voidaan selvittää puhtaisten viljelytaimikkojen kehityskelpoisuus. Kuvaan 7 (A) on piirretty kyseisten koealojen osuudet eri kehityskelpoisuusluokissa. Puhtaista viljelytaimikoista oli kehityskelpoisuudeltaan hyviä tai tyydyttäviä noin kaksi kolmasosaa, noin 10 % tulisi perustaa uudelleen. Alueelliset erot ovat hyvin selviä. Etelä-Suomessa melkein kaikki koealat ovat metsittyneet hyvin, Keski-Suomessa hyvin metsittyneitä on kaksi kolmasosaa tapauksista, mutta Pohjois-Suomessa vain 40 %. Uudelleen metsitettäväksi joutuisi pohjoisessa neljännes tapauksista.

3.4. Uudistamista koskevien tulosten tarkastelua

Karujen rämeiden uudistaminen tai tarvittaessa metsittäminen on merkittävä käytännön kysymys. Näiden soiden pinta-alat maassamme nousevat peräti pariin miljoonaan hehtaariin ja vaikka valtaosalla voidaan ojituksen jälkeen jatkaa suolla olevan puuston kasvatusta, on huomattavalla osalla syytä uudistaa tai peräti metsittää ojituksen yhteydessä. Näihin tapauksiin edellä esitetyt tutkimustulokset tuovat uutta tietoa. Toisaalta on todettava, että käsillä olevaa tutkimusta ei ole alunperin suunniteltu metsittämistä tai uudistamiskysymyksiä silmällä pitäen.

Tutkittujen taimistojen ikä on n. 20 vuotta ja keskipituus 2–3 m. Voimme siis hyvin puhua jo vakiintuneista taimikoista, jotka on saatu aikaan emopuuston alle syntyneen taimiaineksen vapauttamisella tai eräissä tapauksissa sen ja sitä täydentämään jätetyn siemenpuuston siementäminä (luonnontaimikoealat) tai paikallista alkuperää olevia 2+1 vuotisia taimia istuttamalla (istutustaimikoealat). Kuten edellä todettiin – ennen istutusta on ko. koealoilla olleet luonnontaimet pyrittävä poistamaan, mutta jäljelle jäi kuitenkin pientä, vuoden parin ikäistä taimiainesta istutustaimistoa täydentämään.

Taimimääriä ei varsinaisesti laskettu, laskettiin vain aarin koealan neljänneksiltä enintään 5 puuta, siis 20 koealalta, ja maksimirunkoluvuksi voitiin näin saada vain 2 000 runkoa/ha. Useissa tapauksissa, jolloin näin laskien saatiin lähes 2 000 runkoa/ha, todelli-

set runkoluvut olisivat olleet yli 2 000 runkoa/ha. Tätä laskentaa on pidettävä suhteellisia lukuarvoja antavana kuitenkin siten, että ne ovat runsaiden runkolukujen kyseessä olleen niitä pienentäviä, mutta pienistä runkoluvuista ne antavat todellisia arvoja. Toinen lukuarvo, metsittymisindeksi, jolla tarkoitetaan koealojen metsittymisen astetta, täydentää metsittymisestä saatua kuvaa.

Runkoluvut ovat etenkin istutuskoealoilla varsin suuria, siitä huolimatta että istutustaimien kuolleisuus on ollut varsin suurta. Istutustiheys oli nimittäin 4 900 kpl/ha, ja luontainen taimiaines on vielä lisännyt taimimääriä. Luonnontaimikoealoillakin runkoluvut ovat olleet ainakin tyydyttävää luokkaa.

Lämpösumman vaikutus runkolukuihin on ollut selvä ja voimakas. Pohjoisimmilla koekentillä ovat runkoluvut jääneet usein alle 1 000 kpl/ha, mutta Keski-Suomessa ja Etelä-Suomessa suuri osa koekentistä ylittää tämän selvityksen maksimilukuihin eli 2 000 kpl/ha, todellisuudessa runkoluvut näissä tapauksissa ovat vielä suurempia, kuten edellä oli puhe.

Lannoituksella on ollut selvä vaikutus runkolukuihin ja myös metsittymisindeksiin. Luonnontaimikoissa lannoituksen vaikutus on ollut taimimääriä lisäävä, mutta suurimmalla lannoitemäärällä taimimäärä on ollut pienempi kuin sitä pienemmällä lannoitemäärällä. Näyttäisi siis siltä, että kohtuullinen lannoitus parantaa luontaisen uudistumisen tulosta, mutta liian suuri lannoitus voi johtaa uudistumisen heikkenemiseen. Istutustaimikoissa lannoituksen vaikutus on negatiivinen. Jo lievä lannoitus (500 kg/ha) saa aikaan tuloksen heikkenemisen. Negatiivinen vaikutus on sitä voimakkaampi kuin suurempaa lannoitemäärää on käytetty. Tulos on yhdenmukainen aikaisemman inventoinnin tulosten kanssa (Heikurainen ja Laine 1976).

Sarkaleveyden vaikutus metsittymistä tai uudistumistulokseen osoittautui vähäiseksi ja osittain epäselväksikin. Toisaalta istutuskoealoilla 10 m:n sarka etenkin Pohjois-Suomessa antoi parhaan tuloksen, mutta toisaalta Etelä-Suomessa 30 m:n saralta todettiin luontaisen uudistamisen parhaat tulokset.

Luontaisen uudistamisen ja istutuksen lopullista tulosta verrattiin Kml Tapion normeihin. Vertailun mukaan luontaisen uudistamisen tapauksissa (luonnontaimikoealoilla) toimenpide oli onnistunut Etelä-Suomessa

hyvin lähes kaikissa tapauksissa, Keski-Suomessa tarvittaisiin 28 %:lla täydennysistutusta ja 4 % tapauksista olisi metsitettävä uudelleen. Pohjois-Suomessa tulos on jo paljon huonompi. Täysin onnistuneita on vain 40 % ja täysin epäonnistuneita 25 %.

Istutus 2+1 vuotisilla taimilla muokkamattomaan suon pintaan oli myös onnistunut etelässä selvästi paremmin kuin pohjoisessa. Kun oletettiin, että uudistuminen jäisi kokonaan istutustaimien varaan, olisi Pohjois-Suomessa tarvittu yli puolella tapauksista täydennysistutusta tai peräti uudelleen metsitystä. Etelä-Suomessa täysin metsittyneiden osuus oli n. 65 % tapauksista. Kun otetaan huomioon luontaisesti syntynyt täydennys istutustaimistoon, ovat metsittymistulokset se-

kä Etelä- että Keski-Suomessa lähes sataprosenttiset. Pohjois-Suomen koekentillä yli kolmannes koealoista tarvitsisi tällöinkin ainakin täydennysistutusta.

Edellä esitetyt istutustulokset on pidettävä varsin hyvinä verrattuna kangasmaiden metsänviljelyn tuloksiin (Yli-Vakkuri 1961). Suurin etu vasta ojitetuilla karuilla rämeillä on runsaana esiintyvä luontainen taimiaines, ns. vaihtuva taimiaines (Heikurainen 1954). Sen varassa luontainen uudistuminen onnistuu useimmissa tapauksissa, ja silloinkin kun on pakko turvautua metsänviljelyyn, vaihtuva taimiaines täydentää etenkin pohjoisilla alueilla istutustaimien varsin suuren kuolleisuuden aiheuttamia aukkoja.

4. TAIMIKOIDEN PITUUS JA PITUUSKASVU

4.1. Mittaukset

Jokaiselta koealalta mitattiin – mikäli vaatimukset täyttäviä koepuita löytyi riittävästi – 10 koepuuta käyttäen samanlaista otantaa kuin edellisessä inventoinnissa vv. 1973 ja 1974. Ellei löytynyt 10 koepuuta, mitattiin niin monta kuin löytyi. Tapauksissa, jolloin koepuita oli vähemmän kuin 3, koeala hylättiin. Yksityiskohtaisemmin koepuiden vaatimuksista ja mittausten yksityiskohdista on kerrottu aikaisemmin (Heikurainen ja Laine 1976, s. 9). Tässä inventoinnissa mitattiin pituus syyskesällä 1981 sekä lisäksi pituudet vuosina 1974–80.

Muista selvityksistä todettakoon, että suotyyppi oli määritetty aikaisemmissa töissä, samoin turpeen ravinteisuus (Heikurainen ja Veijola 1971). Viljavuuden puolesta koekentät ovat joltisenkin homogeenisia; lannoittamattomien koealojen keskimääräiset arvot ovat: pH 3,47, tuhka 2,8 %, N 0,94 %, K 0,52 %, P 0,27 % ja Ca 0,24 %.

Samoin turvesyvyys on yleensä yli 1,5 m. Jokaisen koealan molempien ojien syvyudet mitattiin tämän inventoinnin yhteydessä kahdessa edeltä käsin määrättyssä mittauskohdassa. Koealan ojasyvyys on näiden neljän mittauksen keskiarvo.

4.2. Tulokset

4.2.1. Pituus

Seuraavassa asetelmassa nähdään taimikoiden pituuden keskiarvot taimilajeittain ja alueittain v. 1981. Keskiarvon yhteydessä on esitetty 95 %:n luotettavuusrajat. Luvut ovat senttimetrejä.

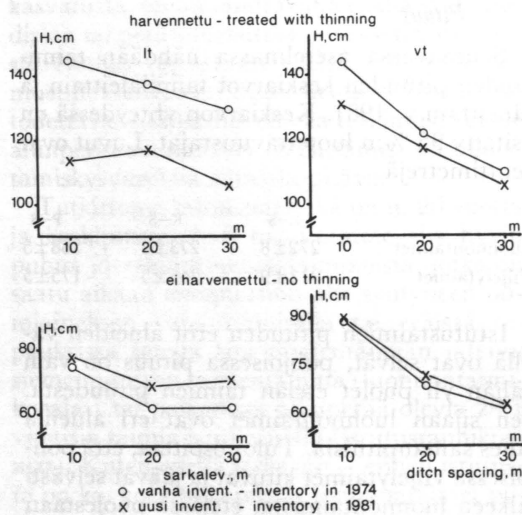
	E-S	K-S	P-S
Luonnontaimet	272±8	273±4	268±5
Viljelytaimet	313±9	245±5	175±5

Istutustaimien pituuden erot alueiden välillä ovat selvät, pohjoisessa pituus on vain vähän yli puolet etelän taimien pituudesta. Sen sijaan luonnontaimet ovat eri alueilla lähes samanpituisia. Tulos osoittaa, että pohjoisessa viljelytaimet kituvat ja jäävät selvästi jälkeen luonnontaimista, etelässä puolestaan viljelytaimet viihtyvät hyvin, jopa paremmin kuin luonnontaimet. Erityisesti Etelä-Suomen luonnontaimikoissa on tehty taimikon harvennuksia ja perkauksia, ja nämä toimenpiteet ovat pienentäneet näillä koekentillä taimikoiden keskipituutta, kuten seuraavassa kappaleessa osoitetaan.

Aikaisemmassa inventoinnissa (Heikurainen ja Laine 1976) mitattiin taimikon pituus

syksyllä 1973, ja sama tunnus mitattiin myös tässä inventoinnissa. Aikaisemmassa inventoinnissa tosin mitattiin 15 koeputa/koealaa, tässä inventoinnissa vain 10 koeputa, mutta muuten otanta oli samanlainen. Aikaisemman inventoinnin jälkeen vuonna 1975 tehty taimikon hoito näkyy kuvassa 8, erityisesti luonnontaimien keskipituuden pienene- misenä, 10 m:n saralla ylispuutaimiksi kehityneiden taimien poistaminen on pienentänyt keskipituutta n. 32 cm, 20 m:n ja 30 m:n saralla n. 20 cm. Viljelytaimikoissa muutos on paljon pienempi, 10 m:n saralla n. 13 cm ja 20 m:n ja 30 m:n saroilla vain n. 4 cm.

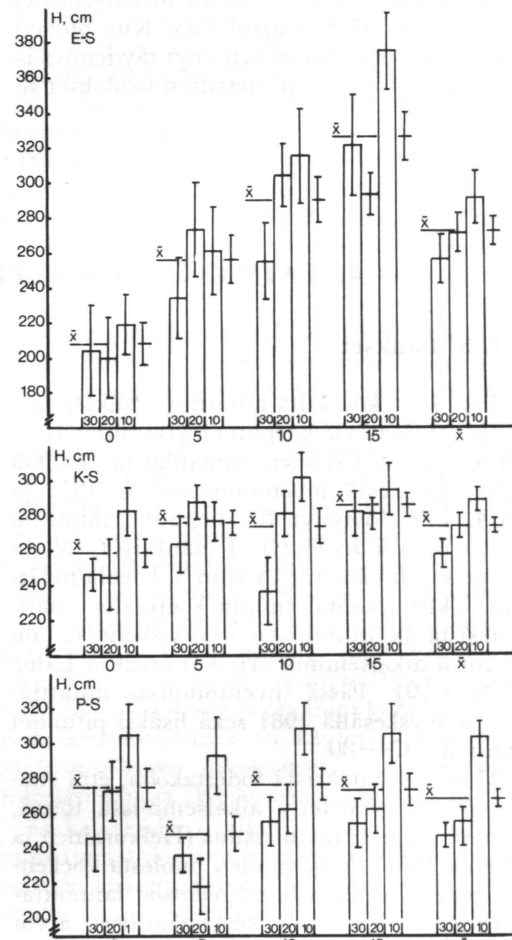
Harventamattomilla koealoilla, Pohjois-Suomen ja pääosin myös Keski-Suomen koekentillä (vrt. taulukko 1), kahden peräkkäisen inventoinnin välinen ero on vähäinen, luonnontaimilla 5–10 cm ja viljelytaimilla vain parin senttimetrin luokkaa uuden inventoinnin hyväksi. Syy viimemainittuun on todennäköisesti otannan eroissa, kuten edellä esitettiin.



Kuva 8. Taimikoiden keskipituus aikaisemman inventoinnin (v. 1974) ja uuden inventoinnin (v. 1981) mukaan syksyllä 1973 maan eteläpuoliskon harvennetuilla koekentillä (vrt. taulukko 1).

Fig. 8. The mean height of seedlings in autumn 1973 according to the former (1974) and the present (1981) inventories of the experimental sites treated with thinning in 1975 (see Table 1). lt=natural regeneration sample plots, vt=planted sample plots.

Eteläisillä koekentillä tehdyt taimikoiden hoitotyöt selittivät siis osittain luonnontaimikoiden keskipituuksien alueellisten erojen puuttumisen, mutta vain osittain. Pääasialliseksi selitykseksi edelleen jää, että viljelytaimikkoihin verrattuna pohjoisen luonnontaimikot ovat kasvaneet yllättävän hyvin. Tai toisin ilmaisten, luonnontaimilla ei lämpösumman vaikutus ole kovinkaan jyrkkä, jota

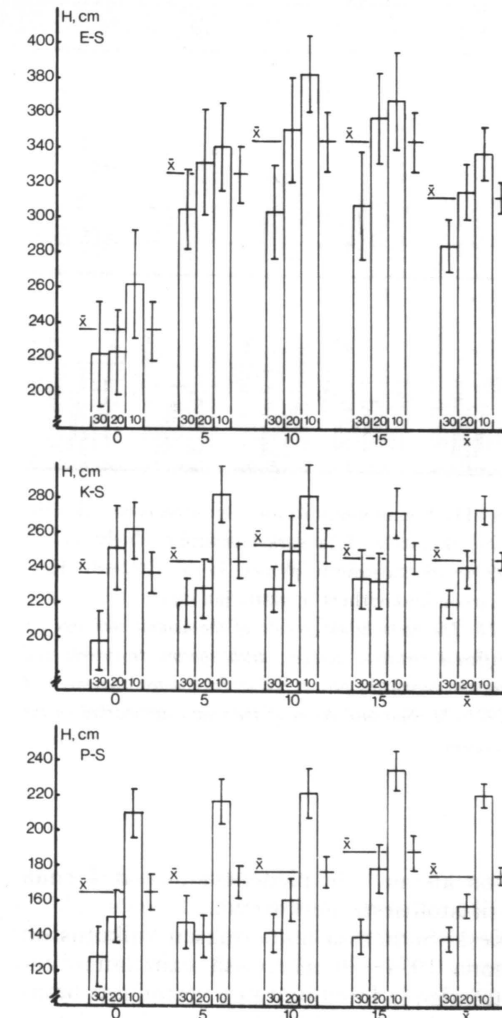


Kuva 9. Luonnontaimikoiden keskipituus eri lannoitus- käsittelyillä ja sarkaleveysillä alueittain syksyllä 1981. Keskiarvon keskivirheet merkitty janoina.

Fig. 9 The mean height of the natural seedlings in autumn 1981 for different fertilizer dosages, ditch spacing treatments and regions. Standard errors of the means are marked on the columns.

se puolestaan on viljelytaimilla. Samaan tulokseen päädyttiin jo aikaisemmassa inventoinnissa (Heikurainen ja Laine 1976, s. 12).

Myös se seikka, että pohjoisten koekenttien keskimääräinen viljavuus on hieman parempi kuin Keski-Suomen ja Etelä-Suomen, saattaa osaltaan vaikuttaa edellä esitettyyn tulokseen (vrt. taulukko 1.).



Kuva 10. Istutustaimien keskipituus eri lannoitus- käsittelyillä ja sarkaleveysillä alueittain syksyllä 1981. Keskiarvon keskivirheet merkitty janoina.

Fig. 10 The mean height of the planted seedlings in autumn 1981 for different fertilizer dosages, ditch spacing treatments and regions. Standard errors of the means are marked on the columns.

Kuvista 9 ja 10 nähdään, että Etelä-Suomen koekentillä lannoituksen vaikutus nyt 16 v. lannoituksen suorittamisen jälkeen on varsin selvä. Keskipituudet eri lannoitus- käsitte- lyillä ovat seuraavat (cm).

Lannoitus, kg/ha	0	500	1 000	1 500
Luonnontaimikot	209±12	256±14	290±13	326±14
Viljelytaimikot	236±16	326±16	345±16	345±16

Keski-Suomessa lannoitusvaikutus keskipituuteen on jo vähäisempi. Vain lannoittamattomien keskipituus luonnontaimilla on lannoitettuja merkittävästi pienempi. Lannoitustasojen välillä ei sen sijaan ole eroja. Myös Pohjois-Suomessa erot jäävät epäselviksi, vain viljelytaimien ryhmässä suurin lannoite- annos näyttää poikkeavan merkittävästi lannoittamattomasta.

Kuvien 9 ja 10 keskiarvokuvaajista nähdään kuinka molemmilla taimilajeilla ja kaikilla alueilla taimien keskipituus on sitä suurempi mitä kapeampi on sarka. Etenkin Pohjois-Suomessa 10 m:n sarka on ylivoimainen kuten nähdään seuraavasta lukusarjasta, joka esittää taimikoiden keskipituuksia (cm) eri sarkaleveysillä Pohjois-Suomessa.

Sarkaleveys, cm	10	20	30
Luonnontaimikot	303±20	255±22	247±15
Viljelytaimikot	221±14	158±14	139±14

4.2.2 Pituuskasvu

Mittausjaksojen 1974–76 ja 1977–81 eri taimilajeille lasketut pituuskasvun alueittaiset keskiarvot (cm/v) nähdään seuraavasta asetelmasta:

	1974–76	1977–81
	Luonnontaimikot	
Etelä-Suomi	17,6±1,0	21,7±0,9
Keski-Suomi	15,5±0,4	20,9±0,3
Pohjois-Suomi	16,4±0,5	17,7±0,4
	Viljelytaimikot	
Etelä-Suomi	22,2±1,1	24,6±0,8
Keski-Suomi	14,9±0,6	19,9±0,6
Pohjois-Suomi	11,4±0,4	14,4±0,5

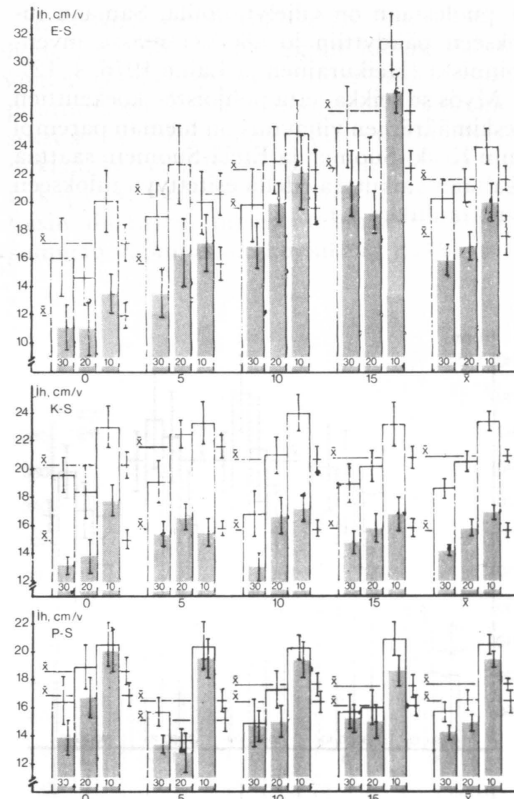
Luvuista voidaan todeta, että luonnontaimien pituuskasvun erot eri alueiden välillä ovat pieniä, etenkin aikaisempina mittausjaksona. Syitä tähän on käsitelty pituuden esittelyn yhteydessä, vuonna 1975 tehty taimiston käsittely on tasoittanut myös pituuskasvun eroja etenkin välittömästi toimenpiteen jälkeen. Myöhemmässä mittausjaksossa pohjoisen taimikot jo jäävät etelän taimikoiden jälkeen. Ero Pohjois-Suomen ja Keski-Suomen välillä on tilastollisestikin selvä.

Viiljelytaimien pituuskasvun erot eri alueiden välillä ovat selviä, Etelä-Suomen alueella kasvu on lähes kaksinkertainen Pohjois-Suomeen verrattuna. Todettakoon tässä vielä, että viljelytaimien pituuskasvu on molempina jaksoina ollut etelässä suurempi kuin luonnontaimien, mutta pohjoisessa luonnontaimet ovat olleet viljelytaimiin verrattuna ylivoimaisia, Keski-Suomessa eri taimilajien pituuskasvu on ollut samaa luokkaa. Jo aikaisemmassa inventoinnissa (1974) voitiin todeta tässä nyt varsin selvänä näkyvä luonnontaimien ja istutustaimien ero. Lämpösunnan vaikutus luonnontaimiin on pienempi kuin istutustaimiin (Heikurainen ja Laine 1976; s. 12).

Pituuskasvua mittausjaksoina 1974–76 ja 1977–81 tutkitaan seuraavaksi yksityiskohdaisemmin lannoitusvaikutusta tarkastellen. Kuvien 11 ja 12 perusteella voidaan todeta, että Etelä-Suomessa on lannoituksen vaikutus kaikissa tarkasteluyksiköissä siis sekä luonnontaimilla että viljelytaimilla ja molempina peräkkäisinä mittausjaksoina selvä. Luonnontaimikoissa myös lannoitustasojen väliset erot ovat selviä, kuten seuraava luku-sarja (cm/v) osoittaa.

Lannoitus, kg/ha	0	500	1 000	1 500
Pituuskasvu 1974–76	11,9±0,9	15,6±1,2	19,6±1,2	22,5±1,2
1977–81	17,1±1,4	20,6±1,4	22,4±1,4	26,5±1,4

Viljelytaimikoissa Etelä-Suomessa lannoittamattomien kasvu on molempina jaksoina selvästi pienempi kuin lannoitettujen, mutta lannoitustasojen väliset erot ovat vähäisiä ja osittain epäselviä. Ilmeisesti lievin lannoitus (500 kg/ha) on varhaisempina jaksona saanut aikaan pienemmän pituuskasvun kuin voimakkaat lannoitukset, mutta myöhemmän



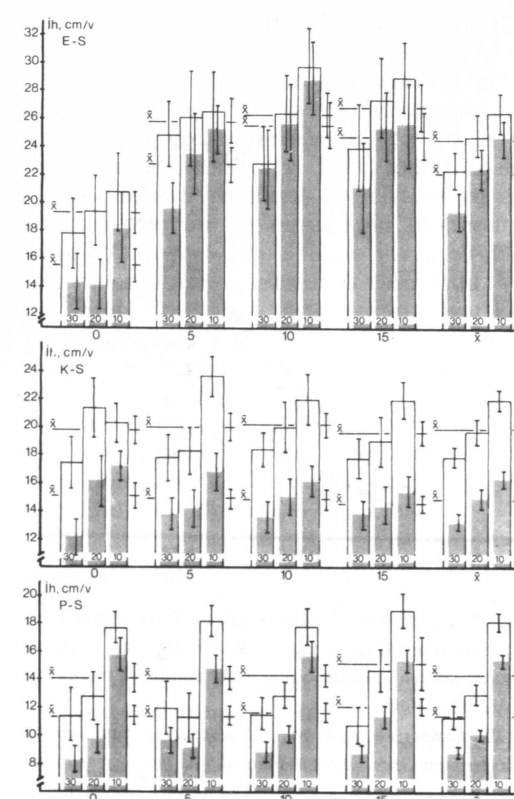
Kuva 11. Luonnontaimikoiden pituuskasvu eri lannoituskäsittelyillä ja sarkaleveyskäsittelyillä alueittain vv. 1974–76 (varjostettu pylväs) ja vv. 1977–81. Keskiarvon keskivirheet merkitty janoina.

Fig. 11. The mean height growth of the natural seedlings for different fertilizer dosages, ditch spacing treatments and regions during the periods 1974–76 (shaded columns) and 1977–81. Standard errors of the means are marked on the columns.

jakson aikana erot pienenevät, eivätkä enää ole tilastollisesti merkitseviä.

Keski-Suomessa lannoituksen vaikutus on jaksona 1974–76 näkyvissä vain lannoittamattomien ja lannoitettujen vertailussa luonnontaimikoissa ja silloinkin vain pienenä erona. Lannoitustasot eivät eroa toisistaan. Istutustaimikoissa lannoituksen vaikutus ei näy millään tavalla kumpanakaan jaksona.

Pohjois-Suomessa lannoittamattomien istutustaimikoiden kasvu on lähes tarkalleen sama kuin lannoitettujen; lannoittamattomien luonnontaimikoiden kasvu on jopa pa-



Kuva 12. Istutustaimikoiden pituuskasvu eri lannoituskäsittelyillä ja sarkaleveyskäsittelyillä alueittain vv. 1974–76 (varjostettu pylväs) ja 1977–81. Keskiarvon keskivirheet merkitty janoina.

Fig. 12. The mean height growth of the planted seedlings for different fertilizer dosages, ditch spacing treatments and regions during the periods 1974–76 (shaded columns) and 1977–81. Standard errors of the means are marked on the columns.

rempi kuin lannoitettujen. Tämä lannoituksen ilmeinen negatiivinen vaikutus on nähtävissä vertailussa lievimpään lannoitetasoon. Ero lannoittamattoman hyväksi näyttää sitaipaitsi kasvavan myöhemmässä mittausjaksossa.

Sarkaleveyden vaikutus pituuskasvuun on selvä ja samanlainen kaikissa käsittelyryhmissä, 10 m:n saroilla kasvu on lähes kaikissa tapauksissa ollut suurin ja 30 m:n saralla pienin (kuvat 11 ja 12). Erityisen selvä on 10 m:n saran paremmuus Pohjois-Suomessa.

Koekenttiä perustettaessa pyrittiin ojat

kaivamaan 80 cm:n syvyisiksi. Eri syiden vuoksi ojasyvytydessä oli kuitenkin vaihtelua sekä koekenttien välillä että koekenttien sisällä. Kokeen kestoaikana on luonnollisesti tapahtunut ojen mataloitumista; joissakin harvinaisissa tapauksissa ehkä myös syvenemistä.

Edellä mainituista syistä koekenttien ojasyvyys vaihtelee melko tavalla. Koekenttien ojasyvyiden keskiarvo on 61 cm, minimi 43 cm ja maksimi 121 cm.

Ojasyvyiden vaikutusta tutkittiin laske-malla, pituuskasvun (1977–81) ja ojasyvyiden välisiä korrelaatioita koelaitteilla. Tulokset nähdään taulukosta 5. Korrelaatiokerto-

Taulukko 5. Ojasyvyiden ja vuosien 1977–81 pituuskasvun välisiä korrelaatioita.

Table 5. Correlation between ditch depth and the height growth of trees for the period 1977–81.

Alue Area	Sarkaleveys Ditch spacing	Havaintojen lukumäärä Number of sample plots	Korrelaatiot Correlation coefficients	Osittaiskorrelaatiot ²⁾ Partial correlations ²⁾
E-S ¹⁾ , vt	30 m	48	0,319*	0,330*
	20 m	48	0,409*	0,301*
	10 m	47	-0,208	-0,274
E-S ¹⁾ , lt	30 m	43	0,432*	0,459*
	20 m	41	0,277*	0,267
	10 m	39	0,243	0,064
K-S ¹⁾ , vt	30 m	64	0,648*	0,700*
	20 m	61	0,329*	0,448*
	10 m	63	0,263*	0,315*
K-S ¹⁾ , lt	30 m	62	0,459*	0,531*
	20 m	62	0,116	0,297*
	10 m	64	-0,039	0,084
P-S ¹⁾ , vt	30 m	56	-0,213	-0,127
	20 m	62	-0,183	-0,250
	10 m	68	-0,302*	-0,195
P-S ¹⁾ , lt	30 m	62	0,042	0,097
	20 m	63	-0,134	-0,050
	10 m	60	-0,180	-0,094

1) E-S=South Finland, K-S=Middle Finland, P-S=North Finland vt=planted seedlings, lt=natural seedlings.

2) Viljav. indeksin, lämpösunnan ja mikrokasvupaikan vaikutukset eliminoitu - Effects of fertility index, temperature sum and micro-site are eliminated.

* Merkitsevä alle 5 %:n riskillä - Risk level lower than 5 %.

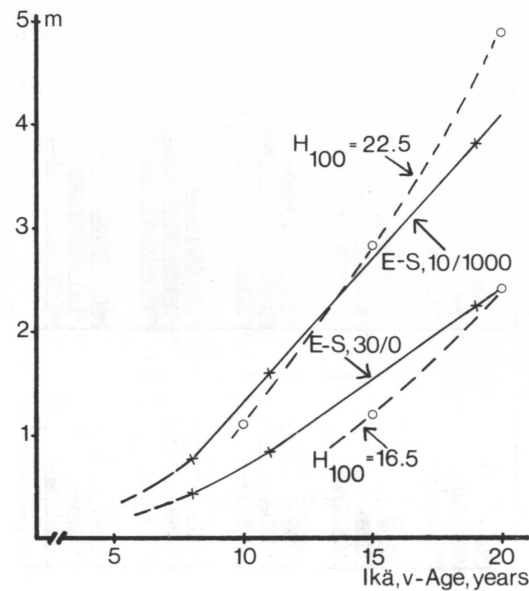
met ovat verrattain vaatimattomia, mutta niiden suunta on selvä. Etelä- ja Keski-Suomen koaloilla ojan syvyydellä on ollut selvä positiivinen vaikutus pituuskasvuun. Korrelaatio on vahvin 30 m:n ja heikoin 10 m:n saroilla. Pohjois-Suomessa korrelaatiokertoimet ovat miinusmerkkisiä eivätkä ole yhtä tapaista lukuunottamatta tilastollisesti merkitseviä.

Yhteenvetona ojasyvyyden vaikutuksesta pituuskasvuun on syytä todeta, että huolimatta pienistä ojasyvyyseroista niillä kuitenkin on selvä vaikutus pituuskasvuun. Vaikutus näyttää sitä selvemmältä mitä leveämmästä sarasta on kyse. Saadut tulokset ovat sopusoinnissa monien aikaisempien ojasyvyyttä koskeneiden tutkimustulosten kanssa (esim. Heikurainen 1980).

4.2.4. Taimikoiden kehityksen vertailua

Alunperin koejärjestelyn eräänä tavoitteena oli tutkia kuinka hyvin kasvusaavutuksiin karuilla rämeillä on mahdollista päästä käytämällä tehokkaita metsänparannustoimenpiteitä. Käytetyllä 10 m:n sarkaleveydellä ja suurilla y-lannosmäärillä onkin vesi- ja ravinnetalous järjestetty ainakin lähelle optimia. Maan fysikaalista rakennetta olisi ehkä voitu parantaa muokkauksella (Kaunisto 1982) ja toisaalta annetut kaupalliset lannoitteet eivät monipuolisuudessa ole osoittautuneet esim. puuntuhan veroisiksi (Merisaari 1981). Viimemainitut toimenpiteet ovat kuitenkin vain poikkeustapauksissa käytännön mitassa mahdollisia (vrt. kuitenkin Huikari 1972).

Kokeen viljelymänniköiden ikä on nyt 19 vuotta. Vuokilan ja Väliahon (1980) laatimien kangasmänniköiden pituuskehityskäyrien avulla on tämän tutkimuksen mäntytaimikoiden pituuskehitystä mahdollista verrata erilaisilta kangaskasvupaikoilta saatuihin pituuskehityskäyriin. Kuvaan 13 on piirretty Etelä-Suomen parhaiten menestyneiden (sarkalev. 10 m, lann. 1 000 kg/ha) viljelytaimikoiden pituuskehitys aikaisempien (1970 ja 1973) sekä nykyisen inventoinnin perusteella. Myös huonoimmin kasvaneille Etelä-Suomen viljelytaimikoille (sarkalev. 30 m, ei lann.) on piirretty vastaava kuvaaja.



Kuva 13. Etelä-Suomen koekenttien istutustaimikoiden pituuskehityksen vertailu kivennäismaan mäntytaimikoiden pituusboniteettikuvaajiin (Vuokila ja Väliaho 1980).

Fig. 13. Comparison of the height development of transplants in experimental sites in South Finland with that of pine stands growing on mineral soil sites (Vuokila and Väliaho 1980). $H_{100} = 22.5$ - Height index, mean height of trees at the age of 100 years, m. E-S, 10/1 000 - Ditch spacing 10 m, dosage of fertilizer 1 000 kg/ha.

Vertailu pituusboniteetikäyriin osoittaa, että tehokkaimmat tässä tutkimuksessa käytetyt metsänparannustoimenpiteet saavat aikaan kasvun, joka vastaa lähinnä pituusboniteettia 22,5 m, eli ulottuu hädintuskin VT:n pituuskehityksen tasolle. Näin etenkin mittausjakson lopussa, jolloin lannoitusvaikutus saattaa jo olla häviämässä. Lähes tarkalleen samanlaiseen pituuskehitykseen päädyttiin ns. suometsäkilpailun varpurämeillä. Myös tässä aineistossa käytettiin tehokasta kuivastusta ja runsaitakin lannoitemääriä (Heikurainen 1982). Toimenpiteet, jotka vastaavat valtaosaa käytännön tapauksista (30 m:n sarkaleveys, ei lannoitusta), jättävät pituuskehityksen CT:n tasolle kuten monista tutkimuksista jo aikaisemmin on hyvin tiedetty (esim. Heikurainen 1959).

4.3. Tulosten yhdistelmä ja pohdintaa

Tuloksissa kiinnittää erityistä huomiota luonnontaimikkojen ja viljelytaimikkojen alueellisten erojen erilaisuus. Jo aikaisemmassa inventoinnissa (v. 1974) todettiin, että lämpösumman vaikutus viljelytaimien pituuskasvuun oli jyrkempi kuin luonnontaimien pituuskasvuun. Tässä inventoinnissa saman suuntainen tulos vielä voimistuu. Viljelytaimien pituus ja pituuskasvu olivat Etelä-Suomessa hyvin paljon suurempia kuin Pohjois-Suomessa ja myös suurempia kuin luonnontaimien pituus ja pituuskasvu Etelä-Suomessa. Luonnontaimet puolestaan olivat viljelytaimiin verrattuna ylivoimaisia Pohjois-Suomessa. Keski-Suomessa eri taimilajien välillä ei ollut selviä eroja.

Taimilajien erilaiset alueelliset erot ovat niin selvä ja mielenkiintoinen tulos, että sitä on tarkoitus käsitellä erillisenä kysymyksenä toisessa yhteydessä. Nyt todettakoon vain, että syynä tähän tulokseen tuskin on mikään sekundaarinen syy, esim. huonompi taimiaines, epäonnistunut työ tms.

Lannoituksen vaikutus näkyy selvänä Etelä-Suomen koekentillä. Kokeen aikana, siis kuudessatoista vuodessa ovat voimakkaasti lannoitetut taimikot ehtineet jo lähes neljän metrin mittaan, kun lannoittamattomien pituus on vasta runsaat kaksi metriä. Myös kasvussa on Etelä-Suomen koekentillä lannoitusvaikutus selvästi nähtävissä kuitenkin niin, että lannoituksen aiheuttamat erot pienenevät mittausjakson aikana. Etelä-Suomessa lannoitustasojen väliset erot ovat selviä luonnontaimikoissa, sensijaan viljelytaimilla näyttää voimakkain lannoitus (1 500 kg/ha), jota voitaneen käytäntöä ajatellen pitää yllannoituksena, antavan heikomman tuloksen kuin runsasta käytännön lannoitusta vastaava annostus (1 000 kg/ha).

Keski-Suomessakin lannoitusvaikutus näkyy, mutta ei läheskään yhtä ”erinomaisena” kuin etelässä. Lannoituksella 16 vuodessa aikaansaatu pituuden lisäys on tilastollisesti merkitsevää, mutta suuruusluokalleen vain parikymmentä senttiä. Pituuskasvussa lannoitusvaikutus näkyy heikkona luonnontaimissa mittausjakson alussa, siis n. 10 vuotta lannoituksen jälkeen, mittausjakson lopulla tämänkin vaikutus häviää. Viljelytaimien kasvussa ei lannoitusvaikutus enää näy mitenkään.

Pohjois-Suomessa ei lannoituksella ole saatu aikaan lisää pituutta, samoin on laita pituuskasvussa. On jopa selviä merkkejä siitä, että lannoitus on positiivisen alkuvaikutuksen jälkeen aiheuttanut kasvun heikkenemistä lannoittamattomiin koejäseniin verrattuna mittausjakson aikana, siis 9–16 vuotta lannoituksen suorittamisen jälkeen. Etenkin luonnontaimilla ilmiö näyttää selvältä.

Lannoitusvaikutuksen lähes karrikoitu alueellisuus tässä tutkimuksessa on mielenkiintoinen ja tärkeä tulos. Tätäkin erityiskysymystä on tarkoitus käsitellä yksityiskohtaisemmin toisessa yhteydessä. Todettakoon tässä vain, että syy tällaisiin alueellisiin eroihin ilmeisesti on typen mobilisaation heikkenemisessä pohjoiseen päin. Eteläisillä koekentillä NPK-lannoituksen vaikutus on jatkunut pitkään mittausjakson loppuvuosiin asti. Keski-Suomessa typen puuten on lopettanut lannoitusvaikutuksen tämän mittausjakson alkuvuosina ja Pohjois-Suomessa jo ennen mittausjakson alkua.

Lannoitusta koskevien tulosten soveltamista ajatellen on syytä muistaa, että tässä tutkimuksessa käytetty lannoitus oli taimiston hajanlannoitusta, jota sellaisenaan tuskin voidaan suositella käytäntöön. Jatkolannoituksen voidaan käytännön sovellutusnäkökohtia ehkä löytää. Näyttäisi siltä, että karuilla rämeillä vain Etelä-Suomessa saattaisi ko. jatkolannoitus tai taimistolannoitus yleensäkin tulla kysymykseen. Jo Keski-Suomessa saavutettu hyöty jää pieneksi.

Missä määrin saatuja tuloksia voidaan soveltaa varttuneempien männiköiden lannoituskäytäntöön jääköön lukijan harkittavaksi. Pohjois-Suomen ehkä yllättävä lannoituksen negatiivinen jälkivaikutus kaipaa vielä varmistusta.

Sarkaleveyden vaikutus oli selvä, kuta tehokkaampi ojitus sitä parempi oli tulos. Kovin suuria eivät kuivatuserojen aikaansaamat pituus- tai pituuskasvuerot kuitenkaan olleet, Pohjois-Suomea ehkä lukuunottamatta.

Kuten tulosten esittelyn yhteydessä todettiin, tutkimuksessa käytetyt sarkaleveydet 10, 20 ja 30 m merkitsevät todellisuudessa huomattavasti suurempia kuivatusteknisiä eroja ja vastaavat likimäärin 10, 30 ja 50 m sarkaleveyksiä.

Sarkaleveystulokset ovat yhdenmukaisia monien muiden taimikoilla saatujen tutkimustulosten kanssa (esim. Huikari 1959, Päi-

vänen 1974). Tuloksista voi sitäpaitsi päätellä, että 10 m:n sarkaleveyskään ei vielä näytä kokeen olosuhteissa johtavan biologiseen optimikuivatukseen.

On luonnollista, että myös ojasyvyys vaikuttaa taimikoiden pituuskasvuun. Vaikka tässä työssä ei selvitettykään vaikutuksen

suuruutta, voitiin todeta, että ojasyvyyden vaikutus korostuu erityisesti leveillä saroilla. Tulos on sopusoinnussa sen yleisesti tunnetun tosiasian kanssa, että kuivatuksen intensiteetti riippuu sarkaleveys-ojasyvyys-yhdistelmästä, kuten esim. Meshechok (1960) on osoittanut.

KIRJALLISUUTTA

- HEIKURAINEN, L. 1954. Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkausta käyttäen. Referat: Über natürliche Verjüngung von Reisermoorkiefernbeständen unter Anwendung von Kahlschlag. Acta For. Fenn. 61. 27. 21 s.
- 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. Acta For. Fenn. 69. 1. 279 s.
- 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. Acta For. Fenn. 131. 35 s.
- 1975. Ojitusalueiden taimistojen hoito. Metsä ja Puu 6-7.
- 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta For. Fenn. 167. 39 s.
- 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuosina 1964-68 toimeenpannun suometsäkilpailun valossa. Summary: Development of seedling stands on drained peatlands. Silva Fenn. 16 (3): 287-321.
- & VEIJOLA, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. Acta For. Fenn. 114. 19 s.
- & LAINE, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. Acta For. Fenn. 150. 38 s.
- HUIKARI, O. 1959. Metsäojitetujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: Über den Wasserhaushalt

- waldentwässerter Torfböden. Commun. Inst. For. Fenn. 51. 2. 45 s.
- 1972. H-kulttuuri. METLA:n suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1972. 19 s.
- KAUNISTO, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Commun. Inst. For. Fenn. 109. 56 s.
- MERISAARI, H. 1981. Tuhkalannoituksen vaikutuksen kesto eräillä vanhoilla kokeilla. Konekirjoite. Laudaturtyö. Suometsätieteen laitos.
- MESHECHOK, B. 1960. Om grøfteavstond og grøftedybde ved myrgrøfting. Norsk Skogbruk 10.
- PÄIVÄNEN, J. 1974. Sarkaleveyden ja naveroinnin vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn taimiston kehitykseen lyhytkortisella nevalalla. Summary: The effect of ditch spacing and furrowing on the depth of the ground water table and on the development of a Scots pine plantation on small-sedge bog. Silva Fenn. 8 (4): 215-225.
- REPO, E. 1983. Lannoituksen vaikutus punalatkan riuduttamiin männyn taimiin. Konekirjoite. Laudaturtyö. Helsingin yliopiston maatalous- ja metsäeläintieteen laitos.
- TAKALA, P. 1978. Taimikon hoito. Tapion taskukirja 18., uudistettu painos. Keskusmetsälautakunta Tapio, Helsinki. 137-143.
- VUOKILA, Y. & VÄLIAHO, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 99. 2. 271 s.
- YLI-VAKKURI, P. 1961. Tutkimuksia männyn kylvöalojen metsittämistä. Summary: Studies on the development of young sown pine stands. Acta For. Fenn. 74. 3. 47 s.

SUMMARY

FERTILIZATION AND DITCH SPACING EXPERIMENTS CONCERNED WITH REGENERATION AND GROWING OF YOUNG SCOTS PINE STANDS ON NUTRIENT POOR PINE BOGS

Study material

The experimental sites used in this study, 22 altogether, were established in 1965 and 1966 and are distributed rather evenly from South to North Finland. Each experimental site includes the following treatments: 10, 20 and 30 m ditch spacings; 0, 500, 1 000 and 1 500 kg/ha NPK fertilizer (N 14 % - P 7,9 % - K 8,3 %) levels. Half of the sample plots were naturally regenerated, the other half was planted with 2+1 pine seedlings. The fourth factor under study is the influence of the effective accumulative temperature ($dd^{\circ}C$ threshold + $5^{\circ}C$). The location of the experimental sites and the experimental design are shown in Figs. 1 and 2 and Table 1.

The aim of the study is to determine the effects of high intensity fertilization and ditch spacing treatments on the regeneration of nutrient poor pine bogs and on the development of young pine stands in relation to the macro climate (temperature conditions) of the experimental sites. A further aim is to compare the results of natural regeneration and reforestation by planting in relation to treatments mentioned above.

The experimental sites have been previously inventoried and preliminary results published (Heikurainen and Veijola 1971, Heikurainen and Laine 1976). The results presented in this paper are based on measurements taken in late summer 1981. The results will be published in a series of papers, of which this paper is the first.

Regeneration

The peatlands in the study are nutrient poor and, in the natural condition, have a sparse and extremely slow growing pine stand. Regeneration of the stand is often needed in association with drainage. Half of the sample plots in this study were naturally regenerated by clear cutting the mature trees and using the existing seedlings less than 0,5 m height to form the regeneration stock (Heikurainen 1954). In some cases seed trees were left outside the sample plots to complete the regeneration where the seedlings were unevenly distributed. In the

other half of the plots existing pine stand was completely removed when the experiments were established and the plots subsequently planted with 2+1 pine transplants.

The effect of effective accumulative temperature on the number of trees in sample plots of natural and planted stands in 1981 are shown in Fig. 3. The density of seedlings is clearly greater on those sites with the highest temperature sums.

The effect of fertilization on the number of natural seedlings and on the afforestation index is shown in Fig. 4. The afforestation index is the ratio of the actual number of trees in the sample plot to the theoretical number of trees in a fully stocked stand (2 000 trees/ha). The trees were tallied in the quadrants of the sample plots; thus 5 trees/ quadrant indicated full stocking, and each missing tree decreased the index by 5 %-units.

Fig. 4 shows that moderate fertilization slightly improves the natural regeneration result but the higher dosages are excessive, having a negative effect. The number of trees in planted stands decreased with the increasing fertilizer dosages.

Ditch spacing has no clear effect on the natural regeneration result (Fig. 5). The best results in the planted stands were associated with 10 m spacings, although the difference from other ditch spacings is not great.

The amount of damage found in the stands was relatively small, but it had a clear impact upon stand density (Tables 2 and 4), whereas the number of hold-over trees from the initial stand had only a negligible effect (Table 3).

The capability for development of the stands was investigated by comparing the tree densities of the sample plots to the practical norms that are used in Finland: over 1 200 trees/ha - fully stocked, 1 200-600 trees/ha - moderately stocked (supplementary planting needed), and less than 600/ha where new regeneration measures are necessary. The proportion of both natural and planted stands capable for development in different parts of the country is seen in Fig. 7. Natural regeneration succeeded well or moderately well in two thirds of the cases in South and Middle Finland, whereas in North Finland this holds true only in half of the cases.

Of the planted sample plots in South and Middle Finland reforestation has succeeded well, or moderately well, in almost all cases and in North Finland the proportion of such cases is 60 %. If only the planted trees in

these plots are considered 2/3 of the Middle Finnish sample plots and 40 % of the North Finnish plots reach the moderate to good level. New regeneration measures would thus be needed in 25 % of the cases in North Finland.

According to the results it seems, that natural regeneration of nutrient poor pine bogs after drainage generally gives good results and apparently succeeds better than regeneration of stands growing on mineral soils. Reforestation by planting also generally succeeds well, even if in North Finland the mortality of the transplants was rather high.

Height of the stands

The height of the stands was measured earlier in 1973–74. Soon afterwards the stands in South Finland (Table 1) were thinned and topped and this must be taken into consideration when analyzing the height data (Fig. 8). The effects of these measures were most clear on the mean heights of the natural stands, and consequently the mean height values for South, Middle and North Finland do not differ much from each other (Fig. 9, p. 370). The mean heights of the planted stands are clearly highest in South Finland and lowest in the North.

In South Finland fertilization has increased the mean heights of the, now nearly 20 year old stands by 0,5 to 1 m, depending on the fertilizer level (Figs. 9 and 10). In Middle Finland the increase is smaller and in the natural stands of North Finland no effect can be seen. The mean heights of the stands generally increase with decreasing ditch spacings (Figs. 9, p. 370 and 10, p. 371).

Height growth of the stands

The height growth for two periods, 1974–76 and 1978–81, is discussed under this section. The regional differences in the height growth of natural stands during the former period are relatively small (Fig. 11). This is partly due to the thinning and topping measures carried out in the sample plots in South Finland in 1975. In the growth values of the latter period regional differences are, however, observed. In the planted stands regional growth differences are clear, as seen in (Fig. 12, p. 373).

The regional differences in height growth reaction of natural and planted stands appear to be dissimilar. The height growth of planted stands has been higher than that of natural stands in South Finland during both

periods, whereas in North Finland the natural stands have been superior to the planted ones.

Preliminary results with similar trends have been published earlier in data collected from the same experimental sites (Heikurainen and Laine 1976).

The effect of fertilization is still clear in South Finland on the height growth of both natural and planted stands. Height growth of the natural stands increases with the increasing fertilizer level but in the planted stands higher than 500 kg/ha dosages do not seem to have a noticeable effect, especially, during the latter period (Fig. 12).

In the data of Middle Finland the effect of fertilization on the growth of natural stands is found during the first period only. In North Finland the unfertilized natural stands grow better than the fertilized ones, especially during the latter period, and this is the only effect that may be attributed to the fertilization treatment (Fig. 11).

The effect of ditch spacing is similar in all the studied groups; the height growth always increases with the decreasing ditch spacing (Figs. 11 and 12).

The ditches were planned to be 80 cm deep but when measured in 1981 a large variation was observed in the mean depth values of the sample plots, even within the same experimental site. Generally there is a positive correlation between the height growth during the period 1977–81 and ditch depth, which is strongest in the broader ditch spacings (20 m and 30 m) in South and Middle Finland (Table 5).

Conclusions

Comparison of the height development of the stands in this study to that of pine stands growing in mineral soil sites (Vuokila and Väliaho 1980) shows that in South Finland the most efficient forest improvement measures (10 m ditch spacing plus 1 000 kg/ha NPK-fertilizer) have resulted in a level corresponding to a height index of $H_{100}=22.5$, which is equivalent to a stand in *Vaccinium* site type. The less efficient treatments (30 m ditch spacing and no fertilization) have resulted in a height development which corresponds to that of the development of young stands in a *Calluna* site type (Fig. 13).

The effect of fertilization seems to be now terminating, even in South Finland. In Middle Finland the effect on height growth was observed only in the beginning of the study period but in North Finland it had already ceased earlier.

In South Finland fertilization has resulted in a height increase of about one meter during the 16 year study period, whereas in the north the effect on the stand height has been almost negligible. This is possibly due to

a decrease in the nitrogen mobilization from south to north of Finland. In the south adequate mobilization of nitrogen has produced a relatively long fertilizer effect (P- and K- effect), whereas in the north lack of nitrogen has resulted in a slight and short-lived reaction. It seems evident, according to the results of this study, that fertilization of young pine stands on nutrient poor drained peatland sites can be recommended on a practical scale only for the southern part of the country ($dd^{\circ}C > 1200$).

The effect of ditch spacing is clear in the whole coun-

try; the narrower the spacing, the better the height growth and the higher the stands. Ditch depth has also a positive correlation with the height growth of the stands.

The regional differences in height growth reaction of natural and planted stands are dissimilar. In the south planted stands thrive better than natural stands but in the north natural stands are superior. This aspect of the data, as also the duration of the fertilizing effect, will be dealt with in more detail in future papers.