

08 08 99



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1989

731

Jari Hynynen & Mikko Kukkola

HARVENNUSTAVAN JA LANNOITUKSEN VAIKUTUS
MÄNNIKÖN JA KUUSIKON KASVUUN

Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth
of Scots pine and Norway spruce stands

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

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

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkoikeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

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

FOLIA FORESTALIA 731

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1989

Jari Hynynen & Mikko Kukkola

HARVENNUSTAVAN JA LANNOITUKSEN VAIKUTUS MÄNNIKÖN JA KUUSIKON KASVUUN

Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots
pine and Norway spruce stands

Approved on 10.3.1989

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	3
21. Koemetsiköt ja niiden mittaukset	3
22. Koejäsenet	4
23. Aineiston käsittely	4
3. TULOKSET	6
31. Lämpimän kasvu	6
32. Pohjapinta-alan kasvu	6
33. Valtapituuden kehitys	8
34. Tilavuuskasvu	10
4. TULOSTEN TARKASTELU	13
KIRJALLISUUS — REFERENCES	15
SUMMARY	16
LIITTEET — APPENDICES	17

HYNYNEN, J. & KUKKOLA, M. 1989. Harvennustavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun. Summary: Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands. *Folia Forestalia* 731. 20 p.

Tutkimuksessa tarkasteltiin puuston kehitystä varttu-neissa männiköissä ja kuusikoissa alaharvennuksen, yläharvennuksen ja rajoitetun määrämittaharsinnan jäl-keen viiden vuoden aikana ilman lannoitusta sekä lan-noitettuna. Tutkimusaineistona oli kaksi kuivahkon kankaan männikköä ja kaksi lehtokuusikkoa.

Puuston pohjapinta-alan ja tilavuuden kasvu sekä käyttöpuun tuotos olivat lähes riippumattomia harven-nustavasta, kun harvennuksessa jäävän puuston pohja-pinta-ala oli yhtä suuri eri käsittelyissä.

Männiköissä lannoitus lisäsi vuotuista tilavuuskasvua selvästi, 1,6 m³/ha (29 %). Kasvunlisäys oli suurin ala-harvennetuissa puustoissa. Kuusikoissa lannoitusvaiku-tus oli kasvupaikan viljavuuden vuoksi vähäinen.

The effect of thinning method and nitrogen fertilization were examined in middle-aged stands in southern Fin-land. The thinning methods were thinning from below, thinning from above and selection thinning. The ma-terial consisted of two pine stands on dryish sites and two spruce stands on grove sites. The study period covered the first five years after thinning and fertiliz-ation.

The thinning method had no effect on the basal area growth, the volume growth or the yield of commercial wood when the basal area after thinning was at the same level in all treatments.

Fertilization increased the annual volume growth by 1.6 m³/ha (29 %) in the pine stands. The growth response was greatest in the case of thinning from below. In the spruce stands the growth response after fertilization remained small owing to the high fertility of the site.

Keywords: Yield, thinning methods, nitrogen fertilization, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, growth response
ODC 242+237.4+562

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Inventory and Yield, P.O. Box 38, SF-00381 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1047-7
ISSN 0015-5543

Helsinki 1989. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Eri harvennustapoja vertailevia tutkimuksia on maassamme tehty vähän. Vuokilan (1970, 1977) tutkimukset puuston kehityksestä ala- ja ns. harsintaharvennuksen jälkeen ovat ainoat viime aikoina julkaistut aiheeseen liittyvät puuntuotostutkimukset Suomessa. Lisäksi Vuokila (1984) on tarkastellut kirjallisuustutkimuksessaan harsinnan monia käsitteitä ja niihin perustuvia metsänkäsittelytapoja. Ruotsissa eri harvennustapoja käsitteleviä tutkimuksia ovat viimeksi tehneet Eriksson (1976, 1987), Agestam (1979) ja Nordberg (1987). Tutkimuksia, jotka käsittelevät eri tavalla harvennettujen puustojen kehitystä lannoitetuissa metsiköissä ja lannoituksen aiheuttaman kasvureaktion riippuvuutta harvennustavasta, ei toistaiseksi ole julkaistu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on julkaista ensimmäisiä tuloksia kokeista, joissa selvitetään harvennus- ja lannoitusreaktioita

kolmen eri harvennustavan jälkeen. Perusharvennustapa on nykykäytännön mukainen alaharvennus. Toinen harvennusvaihtoehto on ylaharvennus, josta Vuokila (1970) on käyttänyt nimitystä ”harsintaharvennus”. Tutkimustulokset eivät siis päde klassiseen biologiseen ylaharvennuksen (ks. esim. Vuokila 1987). Kolmas käsittelytapa on rajoitettu määrämittaharsinta.

Hynynen on laatinut käsikirjoitusluonnoksen. Tulosten laskenta ja tutkimuksen viimeistely on tehty tekijöiden yhteistyönä. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet prof. Pekka Kilkki ja MMT Erkki Lipas. Sen ovat lisäksi lukeneet prof. Kari Mielikäinen, MML Jussi Saramäki ja prof. Yrjö Vuokila. Englanninkielisen tekstin on tarkastanut MML John Derome. Marja-Liisa Herno on huolehtinut kuvista ja taulukoista ja Anja Sanaslahti puhtaaksikirjoituksesta. Kiitämme heitä kaikkia saamistamme neuvoista ja avusta.

Esitämme parhaat kiitoksemme myös aineiston keräystä tukeneelle Kemira Oy:lle, samoin kuin Rosenlew Oy:lle ja maanviljelijä Heikki Iisakkilalle, joiden mailla kestokokeet sijaitsevat.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Koemetsiköt ja niiden mittaukset

Tutkimusaineisto käsittää neljä eteläsuomalaista kestokoetta, joista kaksi on männiköissä ja kaksi kuusi-koissa (taulukko 1). Kokeet perustettiin vähintään tyydyttävästi hoidettuihin, varttuneisiin kasvatusmetsiköihin. Keuruulla sijaitsevat koemänniköt ovat puolukka-

tyypin kankaan kylvömänniköitä. Männikkökokeella 541 kasvaa sekapuuna jonkin verran kuusta ja rauduskoivua. Koe 542 on puhdas männikkö. Koe 543 on istutettu lehtokuusikko, jossa on sekapuuna rauduskoivua. Koe 544 on luontaisesti syntynyt puhdas kuusikko, joka ulottuu kahdelle kasvupaikkatyypille. Osa koealoista sijaitsee lehdossa, osa lehtokorpimuuttamalla. Tulokset

Taulukko 1. Kokeiden puusto- ja kasvupaikkatietoja.
Table 1. Stand and site data.

Koe Exp.	Metsä- tyyppi Site type*	Pituus- boniteetti Site index H ₁₀₀	Ikä** Age** a	Koealoja Sample plots	Sijainti — Location			
					P N	I E	Korkeus m.p.y. Alt. a.s.l. m	
Mänty — Pine								
541	VT	26	52	12	Keuruu	62° 21'	24° 31'	178
542	VT	24	62	14	Keuruu	62° 16'	24° 13'	185
Kuusi — Spruce								
543	OMaT	32	54	24	Janakkala	61° 02'	24° 41'	140
544	OMaT/ LhKmu	30 27	71 71	18 12	Hollola Hollola	60° 55' 60° 55'	25° 25' 25° 25'	111 111

* VT — *Vaccinium vitis-idaea* type (Dryish)
OMaT — *Oxalis acetosella-Maianthemum bifolium* type (Grove)
LHKmu — Drained grove-like spruce swamp

** Koetta perustettaessa
At the time the experiment was established

kokeelta 544 onkin esitetty erikseen OMaT- ja LhKmu-koealoilta.

Koemetsiköissä 541—543 kokeiden perustamista edeltäneet harvennukset on tehty yksityismetsätaloudessa sovellettavan normaalin alaharvennusperiaatteen mukaisesti. Sen sijaan koemetsikköä 544 on käsitelty yläharventaan.

Kokeilla 541—543 koealat ovat kooltaan 30x30 m². Kokeen 544 koealat ovat ympyräkoealoja, joiden pinta-ala on 1000 m². Koealojen ulkoreunoilla on viisi metriä leveä vajppa, joka on käsitelty samalla tavalla kuin itse koealakin.

Kokeet 541, 542 ja 543 perustettiin syyskuussa 1980, jolloin koealojen puusto mitattiin ja leimattiin. Kokeet harvennettiin syksyllä 1980 ja lannoitettiin keväällä 1981 oulunsalpietarilla (180 N kg/ha). Uusintamittaukset tehtiin syksyllä 1985.

Koe 544 perustettiin kevättälvellä 1980, jolloin metsikkö harvennettiin ja mitattiin poistuva puusto. Jäävä puusto mitattiin keväällä 1982. Koe lannoitettiin syksyllä 1981 käyttäen ureaa (232 kg N/ha) ja superfosfaattia (62 kg P/ha). Puuston mitaus toistettiin syksyllä 1986.

Perustamismittauksen yhteydessä valittiin kokeiden 541—543 jokaiselta koealalta vähintään 20 puuta koe-
puiksi, joista rinnankorkeusläpimitan lisäksi mitattiin läpimitta kuuden metrin korkeudelta sekä puun pituus. Harvennuksessa osa koepuista kaadettiin, minkä vuoksi uusintamittauksen yhteydessä v. 1985 mitattiin uusia koeputa poistuneiden tilalle. Kokeella 544 koeuiden lukumäärä oli koetta perustettaessa pienempi kuin muilla koesarjan kokeilla ja uusintamittauksen yhteydessä koeuiden määrä lisättiin muiden kokeiden tasolle.

22. Koejäsenet

Tutkittavana on kuusi käsittelyvaihtoehtoa, joista jokaisella kokeella on vähintään kaksi toistoa. Harvennustapoja on kolme: normaali alaharvennus, yläharvennus ja rajoitettu määrämittaharsinta. Tutkimusaineistoon kuuluu jokaisesta harvennustavasta lannoitamattomat ja viiden vuoden välein lannoitettavat koealat.

Alaharvennus tehtiin nykykäytännön mukaisesti (Takala 1983). Sen yhteydessä poistettiin vallitun latvuskerroksen lisäksi lisävaltapuita ja vain tasarakenteisuuden saavuttamiseksi muutamia päävaltapuita. *Yläharvennuksessa* poistettiin aluspuut ja kehityskelvottomat välipuut. Sen lisäksi pyrittiin tietoisesti harvennustulojen maksimointiin poistamalla kookkaimmista päävaltapuista ne, joilla oli hyväkuntoiset naapuripuut. Tämä harvennustapa on sama, josta Vuokila (1970, 1977) on käyttänyt termiä harsintaharvennus. *Rajoitettu määrämittaharsinta* tehtiin poistamalla kookkaimpia valtapuita välittämättä naapuripuiden kunnosta, mutta myös vallitun latvuskerroksen heikoimmat puut. Kuvassa 1 on esimerkkinä esitetty kokeen 541 puuston läpimittajakaumat ennen harvennusta ja sen jälkeen eri käsittelyvaihtoehtoissa, sekä kokeen 544 OMaT-koealoilla harvennuspoistuman ja harvennuksen jälkeisen puuston läpimittajakaumat. Kuvasta ilmenevät eri harvennustapojen väliset erot poistuman rakenteessa. Kokeen 544 leimasivat eri henkilöt kuin muut kokeet ja myös harvennusperusteet olivat muista kokeista poikkeavat. Tällä kokeella yläharvennus ja rajoitettu määrämittaharsinta kohdistuivat muita kokeita enemmän myös valli-

tun latvuskerroksen puihin.

Harvennuskäsittelyjä suunniteltaessa tavoitteena oli noudattaa puustopääoman osalta yksityismetsätaloudessa sovellettavia harvennussuunnitelmia (Keskusmetsätaloutta Tapio 1987). Harvennuksen jälkeen jäävän puuston pohjapinta-alan tuli olla yhtä suuri kaikissa käsittelyvaihtoehtoissa. Liitteessä 1 on esitetty puustotunnuksia kokeiden perustamisajankohtana ennen ja jälkeen harvennuksen.

Kokeiden 541—543 jäävän puuston pohjapinta-ala ja tilavuus olivat eri käsittelyissä samaa suuruusluokkaa. Harvennus oli kaikissa käsittelyvaihtoehtoissa varsin voimakas suhteessa lähtöpuustojen pohjapinta-aloihin. Sen seurauksena jäävien puustojen pohjapinta-alat olivat hieman harvennussuunnitelmien suosituksia alhaisempia.

Kokeella 544 lähtöpuuston määrä oli koetta perustettaessa niin alhainen, ettei normaalkäytännön mukaan harvennus olisi vielä ollut ajankohtainen. Harvennusvoimakkuus vaihteli lisäksi käsittelyittäin siten, että yläharvennus ja rajoitettu määrämittaharsinta olivat selvästi voimakkaampia kuin alaharvennus. Näissä käsittelyissä poistuman tilavuus oli yli kaksinkertainen verrattuna alaharvennuksen (liite 2, kuva 5). Harvennuksen jälkeiset puustopääomat olivat sen vuoksi yläharvennetuilla ja määrämittaharsituilla koealoilla selvästi pienemmät kuin alaharvennetuilla koealoilla. Kaikissa käsittelyissä puustopääoma oli selvästi harvennussuunnitelmien edellyttämän tason alapuolella.

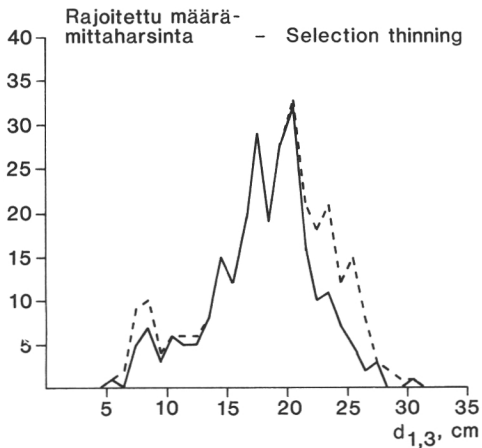
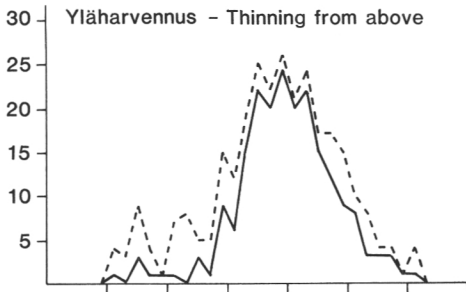
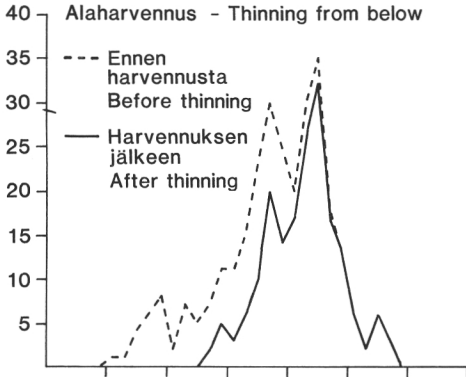
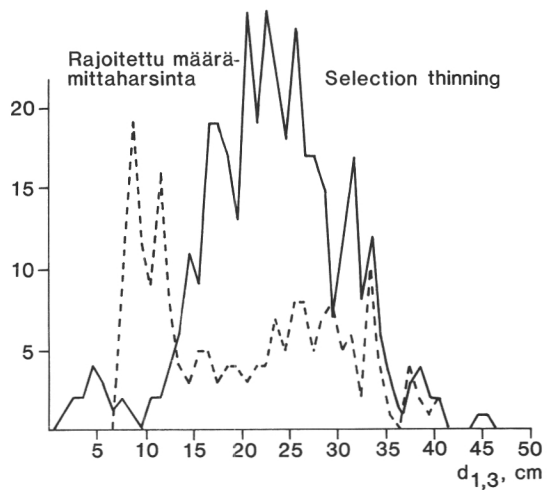
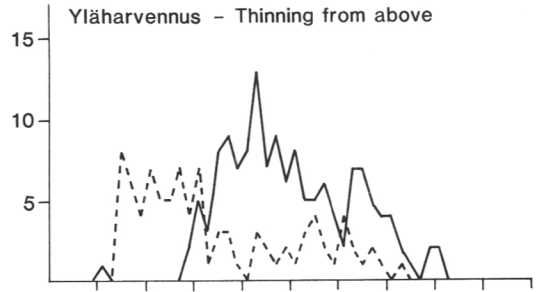
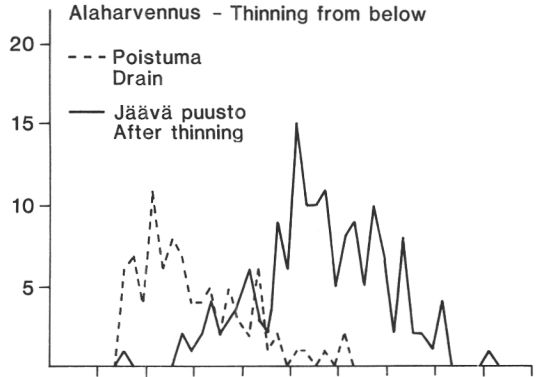
Harvennuskäsittelyjen väliset erot näkyvät selvimmän tarkasteltaessa harvennuspoistuman rakennetta. Harvennustapaa voidaan kuvata numeerisesti esim. vertaamalla poistettujen puiden pohjapinta-alalla painotettua keskiläpimittaa (D_p) harvennusta edeltäneen puuston vastaavaan keskiläpimittaan (D_e). Alaharvennuksessa suhde D_p/D_e vaihtelee välillä 0,7—0,8 (Eriksson 1976, Vuokila 1977). Kun suhde D_p/D_e on suurempi kuin 1,0, harvennusta voidaan pitää yläharvennuksen luonteisena. Nordbergin (1987) tutkimissa yläharvennetuissa männiköissä em. suhde oli 1,15 ja kuusikoissa 1,00. Vuokilan (1977) tutkimuksessa suhde oli harsintaharvennetuissa männiköissä 1,15 ja kuusikoissa 1,28.

Nyt tarkasteltavien kokeiden D_p/D_e -suhteet on esitetty liitteessä 2, johon on koottu puustotunnuksia harvennuspoistumasta. Männikkökokeilla keskiläpimittojen suhde oli alaharvennuksessa keskimäärin 0,84, yläharvennuksessa 1,01 ja rajoitetussa määrämittaharsinnassa 1,16. Kuusikkokokeilla vastaavat suhteet olivat 0,79, 0,98 ja 1,10.

23. Aineiston käsittely

Kokeiden koealoittaiset tunnuksat laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen koealojen peruslaskentaohjelmalla (KPL-ohjelma) (Heinonen 1981). Tukkipuun määrää laskettaessa oli kutakin tukin pituutta vastaava minimilatulväläpimitta seuraava:

Tukin pituus, m	Tukin kuorellinen latvaläpimitta, cm mänty	kuusi
3,1	20,5	
3,4	18,5	
3,7	18,5	19,5
4,0	16,5	17,5
4,3	14,5	16,5
4,6—6,1	14,5	15,5

a.Runkoluku
Stem number
n/haKoe 541 (VT)
Exp. 541**b.**Runkoluku
Stem number
n/haKoe 544 (OMaT)
Exp. 544

Kuva 1. Puuston läpimittajakaumat kokeiden perustamisajankohtana.

a) Läpimittajakaumat v. 1980 ennen ja jälkeen harvennuksen kokeella 541. b) Poistuneen puuston (1980) ja harvennuksen jälkeisen puuston (1982) läpimittajakauma kokeella 544.

Fig. 1. Stem diameter distributions at the time the experiments were established.

a) Stem diameter distributions (1980) before and after thinning in Exp. 541. b) Stem diameter distributions of the drain (1980), and after thinning (1982) in Exp. 544. See Table 1 for explanation of site type symbols.

Suurin sallittu tukin pituus oli 6,1 m. Kuitupölkyn kuorellinen minimiläpimitta oli 5,5 cm ja pölkyn pituus 2 m.

Pituushavainnot tasoitettiin Näslundin (1937) yhtälöllä. Koepuiden kuorellinen tilavuus laskettiin funktiolla, jossa muuttujina olivat puun rinnankorkeusläpimitta, läpimitta kuuden metrin korkeudelta ja pituus (Laasasenaaho 1982). Kasvut laskettiin erotuskasvuina peräkkäisistä mittauksista. Koealapuustojen keskipituudet ja keskiläpimitat laskettiin pohjapinta-alalla painotettuina. Kokeella 544 käytettiin puuston valtapituu-

den laskennassa ainoastaan molemmilla mittauskerroilla mitattuja koepuita.

Harvennustavan ja lannoituksen päävaikutuksia sekä niiden yhdysvaikutusta puuston kasvuun testattiin koekittain varianssianalyysillä. Erot katsottiin tilastollisesti merkitseviksi, jos riskitaso oli 1 %, jokseenkin merkitseviksi riskitasolla 5 % ja suuntaa-antaviksi riskitasolla 10 %.

3. TULOKSET

31. Läpimitan kasvu

Rinnankorkeusläpimitan kasvua lannoittamattomilla koealoilla on tarkasteltu läpimittaluokittain kuvassa 2. Tulokset on esitetty niistä läpimittaluokista, joissa on vähintään kolme puuta.

Männikkökokeen 541 eri tavoin harvennetuilla lannoittamattomilla koealoilla kasvu eri läpimittaluokissa oli hyvin samankaltainen (kuva 2). Kokeella 542 yläharvennus ja rajoitettu määrämittaharsinta johtivat alaharvennusta suurempaan kasvuun suurissa läpimittaluokissa. Molempien kuusikkokokeiden lannoittamattomilla koealoilla yläharvennus ja kokeella 544 myös rajoitettu määrämittaharsinta johtivat alaharvennusta suurempaan läpimitan kasvuun (kuva 2). Kasvuero yläharvennuksen ja määrämittaharsinnan eduksi oli suurin isoissa läpimittaluokissa, samoin kuin männikkökokeella 542. Tulos viittaa siihen, että yläharvennuksessa ja rajoitetussa määrämittaharsinnassa suurimmat kasvamaan jätetyistä puista pystyivät hyödyntämään parhaiten vapautuneen kasvutilan.

Pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan muutosta männiköissä tilastollisesti merkitsevästi. Lannoituksen aiheuttama vuotuinen keskiläpimitan lisäys oli alaharvennetuilla koealoilla keskimäärin 1,3 mm, yläharvennetuilla 1,0 mm, ja määrämittaharsituilla koealoilla 0,6 mm. Harvennustapojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Kuusikoissa lannoitus ei nopeuttanut keskiläpimitan kehitystä. Tulos oli odotettu, koska kuusikokeet sijaitsivat lehdoissa, joissa lannoituksen aikaansaaman kasvunlisäyksen tiedetään jäävän pieneksi.

Lannoituksen aiheuttaman läpimitan kasvunlisäyksen ja läpimitan välillä ei ollut sel-

vää riippuvuutta lukuunottamatta koetta 541, jossa kasvunlisäys suureni läpimitan kasvaessa.

32. Pohjapinta-alan kasvu

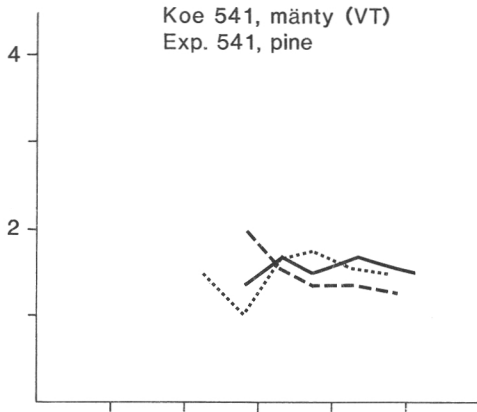
Pohjapinta-alan keskimääräinen vuotuinen kasvu eri kokeilla harvennuksia seuranneiden viiden vuoden ajalta on esitetty kuvassa 3 ja liitteessä 3, johon on koottu sekä absoluuttiset että suhteelliset kasvut. Taulukoissa 2 ja 3 on vertailtu harvennustapoja suhdelukujen avulla käyttäen vertailukohtana alaharvennuskäsittelyä.

Männikkökokeen 541 lannoittamattomilla koealoilla yläharvennus johti 2 % ja rajoitettu määrämittaharsinta 14 % suurempaan pohjapinta-alan kasvuun kuin alaharvennus. Kokeen 542 yläharvennetuilla ja määrämittaharsituilla koealoilla pohjapinta-alan kasvu oli 30 % suurempi kuin alaharvennetuilla koealoilla. Tämän kokeen toisella alaharvennuskoealalla kasvu oli kuitenkin poikkeuksellisen pieni, minkä vuoksi alaharvennettujen koealojen välinen kasvun hajonta oli suuri. Pohjapinta-alan kasvut eri harvennustavoissa eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi kummallakaan männikkökokeella.

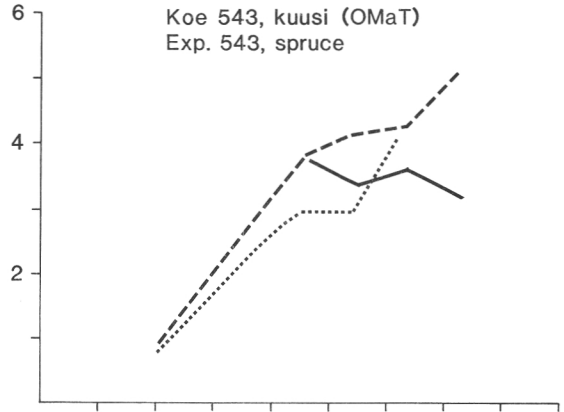
Lannoitus lisäsi pohjapinta-alan kasvua molemmilla männikkökokeilla kaikissa harvennustavoissa tilastollisesti merkitsevästi. Kokeella 542 lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys oli suurin alaharvennetuilla koealoilla. Lannoituksen ja harvennuksen yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kuusikkokokeilla pohjapinta-alan kasvun erot käsittelyvaihtoehtojen välillä olivat pie-

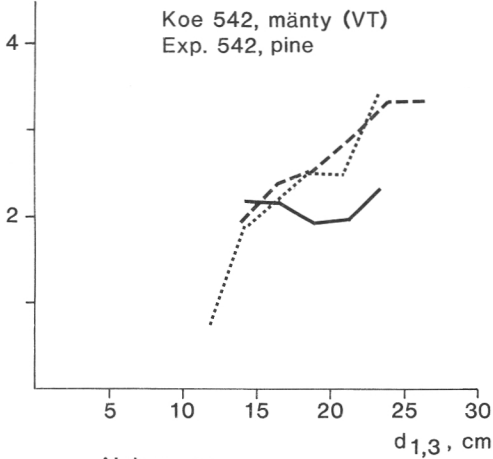
$\bar{I}d_{1,3}$
mm/v – mm/yr
1981–85



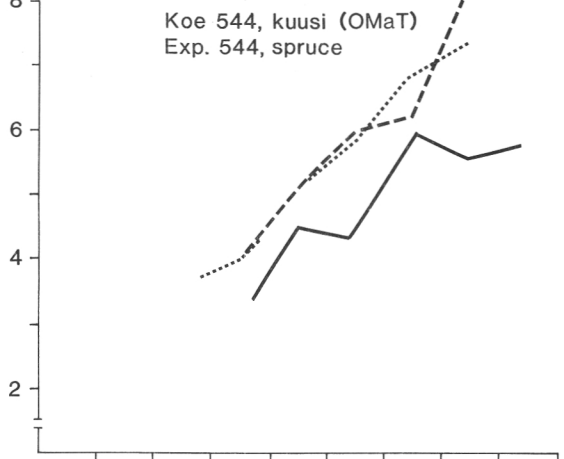
$\bar{I}d_{1,3}$
mm/v – mm/yr
1981–85



1981–85

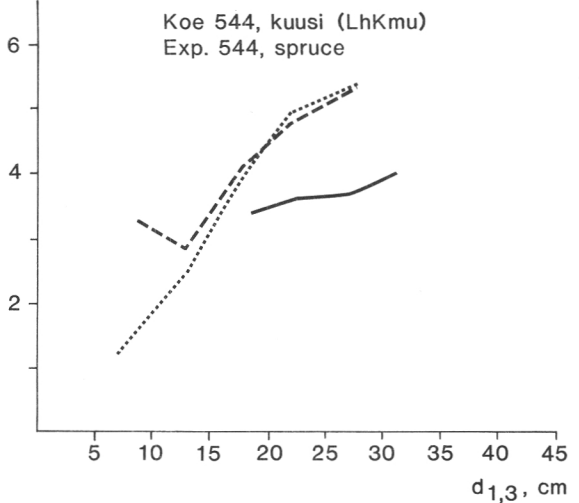


1982–86



- Alaharvennus
Thinning from below
- - - Yläharvennus
Thinning from above
- Rajoitettu määrämittaharsinta
Selection thinning

1982–86



Kuva 2. Lämpimän kasvu eri tavoin harvenneilla lannoittamattomilla koealoilla.

Fig. 2. Diameter growth by thinning treatment on the unfertilized sample plots. See Table 1 for explanation of site type symbols.

Taulukko 2. Pohjapinta-ala ja sen kasvu käsittelyittäin suhteutettuna alaharvennettujen koalojen tuloksiin. Lannoittamattomat koalat. Lyhenteet kuvassa 3.

Table 2. Basal area and basal area growth by treatment with respect to the sample plots thinned from below. Unfertilized sample plots. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/käsittely Exp./ treatment	PPA harvennuksen jälkeen Basal area after thinning %	PPA: kasvu Basal area growth %
Mänty — Pine		
541 A	100	100
VT Y	101	102
M M	100	114
542 A	100	100
VT Y	99	130
M M	107	131
Kuusi — Spruce		
543 A	100	100
OMaT Y	85	107
M M	95	95
544 A	100	100
OMaT Y	68	91
M M	65	88
544 A	100	100
LhKmu Y	73	116
M M	67	104

Taulukko 3. Pohjapinta-ala ja sen kasvu käsittelyittäin suhteutettuna alaharvennettujen koalojen tuloksiin. Lannoitetut koalat. Lyhenteet kuvassa 3.

Table 3. Basal area and basal area growth by treatment with respect to the sample plots thinned from below. Fertilized sample plots. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/käsittely Exp./ treatment	PPA harvennuksen jälkeen Basal area after thinning %	PPA: kasvu Basal area growth %
Mänty — Pine		
541 A+L	100	100
VT Y+L	98	102
M+L M+L	106	107
542 A+L	100	100
VT Y+L	92	88
M+L M+L	96	77
Kuusi — Spruce		
543 A+L	100	100
OMaT Y+L	89	104
M+L M+L	96	95
544 A+L	100	100
OMaT Y+L	80	87
M+L M+L	74	87
544 A+L	100	100
LhKmu Y+L	80	78
M+L M+L	94	102

net. Kun lisäksi käsittelyvaihtoehtojen sisällä kasvu vaihteli paljon, kasvuerot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kokeen 543 lannoittamattomilla koaloilla pohjapinta-alan kasvu oli suurin yläharvennetussa puustossa. Kasvu oli 7 % suurempi kuin alaharvennuksen jälkeen, vaikka yläharvennettujen koalojen pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen oli 15 % alhaisempi. Myös lannoitetuilla koaloilla kasvuerot olivat samankaltaiset. Lannoitus ei lisännyt pohjapinta-alan kasvua merkitsevästi.

Kokeella 544 käsittelyvaihtoehtojen väliset erot jäävän puuston pohjapinta-aloissa olivat huomattavat. Yläharvennuksen ja rajoitetun määrämittaharsinnan jälkeisen puuston pohjapinta-ala oli mittausjakson alussa lannoittamattomilla koaloilla keskimäärin 32 % ja lannoitetuilla koaloilla 18 % pienempi kuin alaharvennetussa puustossa. Puustopääomeroista huolimatta absoluuttisten kasvujen erot käsittelyvaihtoehtojen välillä olivat pienet. Lannoittamattomilla koaloilla voimakkaiden yläharvennusten seurauksena pohjapinta-alan suhteellinen kasvu oli selvästi suurempi kuin lievemmän alaharvennuksen jälkeen. On todennäköistä, että harvennustapojen väliset suhteellisen kasvun erot aiheutuivat tässä tapauksessa pääosin harvennusvoimakkuuksien erilaisuudesta eivätkä harvennustavasta. Lannoitus ei lisännyt pohjapinta-

alan kasvua merkitsevästi myöskään kokeella 544, joskin OMaT-koaloilla lannoitusvaikutus oli tilastollisesti suuntaa-antava (riskitaso 6,8 %).

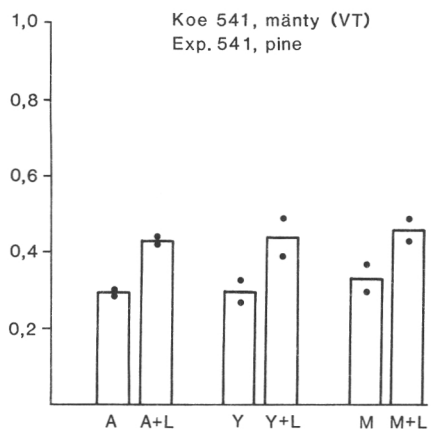
33. Valtapituuden kehitys

Yläharvennus ja rajoitettu määrämittaharsinta kohdistuvat kookkaimpiin puihin alentaen jäävän puuston valtapituuutta. Normaalien alaharvennuksen seurauksena puuston valtapituus ei muutu. Kokeen 541 yläharvennetuilla koaloilla valtapituus aleni 35 cm ja määrämittaharsituilla koaloilla 20 cm. Kokeella 542 valtapituus aleni vastaavasti 30 cm ja 100 cm. Kuusikkokokeella 543 yläharvennus ja määrämittaharsinta alensivat valtapituuksia 60 cm ja 130 cm. Kokeelta 544 valtapituuden vähenemistä ei tunneta mittaustietojen puuttuessa.

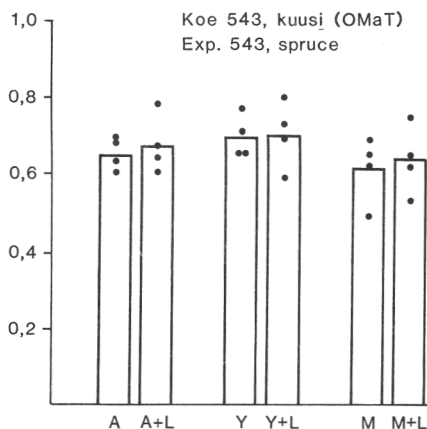
Harvennustapa ei vaikuttanut valtapituuden kehitykseen mittausjakson aikana. Käsittelyvaihtoehtojen sisällä valtapituuden kehitys vaihteli runsaasti koaloittain, minkä vuoksi käsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja millään kokeella.

Lannoitus nopeutti valtapituuden vuotuisia lisäystä männiköissä keskimäärin 10 cm.

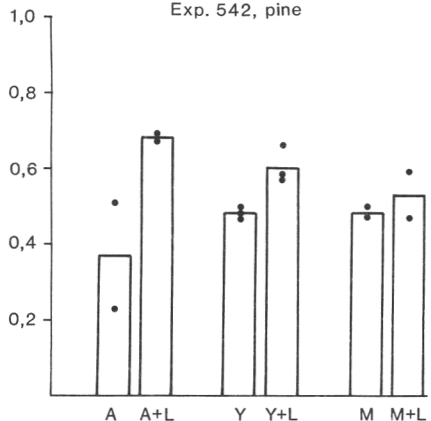
IG
m²/ha/v - m²/ha/yr
1981-85



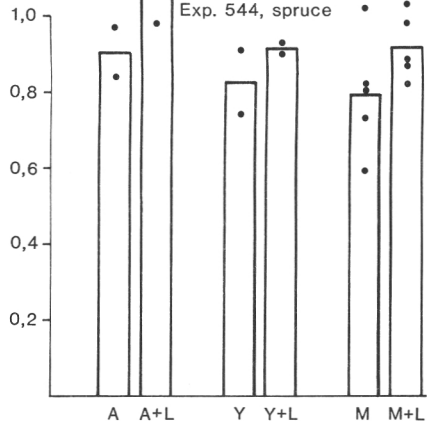
IG
m²/ha/v - m²/ha/yr
1981-85



1981-85 Koe 542, mänty (VT)
Exp. 542, pine



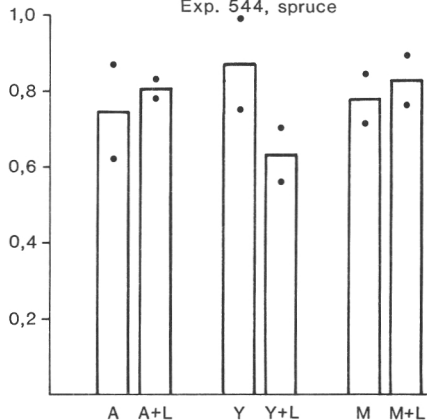
1982-86 Koe 544, kuusi (OMaT)
Exp. 544, spruce



- A Alaharvennus
Thinning from below
- A+L Alaharvennus + lannoitus
Thinning from below + fertilization
- Y Yläharvennus
Thinning from above
- Y+L Yläharvennus + lannoitus
Thinning from above + fertilization
- M Rajoitettu määrämittaharsinta
Selection thinning
- M+L Rajoitettu määrämittaharsinta + lannoitus
Selection thinning + fertilization

● Havainto yhdeltä koealalta
Observation from one sample plot

1982-86 Koe 544, kuusi (LhKmu)
Exp. 544, spruce



Kuva 3. Pohjapinta-alan kasvu eri käsittelyvaihtoehdoissa.

Fig. 3. Basal-area growth by treatment. See Table 1 for explanation of site type symbols.

Taulukko 4. Tilavuus ja sen kasvu käsittelyittäin suhteutettuna alaharvennettujen koealojen tuloksiin. Lannoittamattomat koealat. Lyhenteet kuvassa 3.
Table 4. Volume and volume growth by treatment with respect to the sample plots thinned from below. Unfertilized sample plots. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/käsittely Exp./ treatment	Tilavuus harvennuksen jälkeen Volume after thinning %	Tilavuuskasvu Volume growth %
Mänty — Pine		
541 A	100	100
VT Y	95	96
M M	101	102
542 A	100	100
VT Y	100	108
M M	104	112
Kuusi — Spruce		
543 A	100	100
OMaT Y	84	83
M M	91	85
544 A	100	100
OMaT Y	63	99
M M	58	96
544 A	100	100
LhKmu Y	64	105
M M	58	100

Taulukko 5. Tilavuus ja sen kasvu käsittelyittäin suhteutettuna alaharvennettujen koealojen tuloksiin. Lannoitetut koealat. Lyhenteet kuvassa 3.
Table 5. Volume and volume growth by treatment with respect to the sample plots thinned from below. Fertilized sample plots. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/käsittely Exp./ treatment	Tilavuus harvennuksen jälkeen Volume after thinning %	Tilavuuskasvu Volume growth %
Mänty — Pine		
541 A+L	100	100
VT Y+L	105	76
M+L M+L	104	97
542 A+L	100	100
VT Y+L	100	110
M+L M+L	104	94
Kuusi — Spruce		
543 A+L	100	100
OMaT Y+L	84	104
M+L M+L	97	90
544 A+L	100	100
OMaT Y+L	79	86
M+L M+L	71	80
544 A+L	100	100
LhKmu Y+L	83	87
M+L M+L	88	84

Kasvunlisäys oli tilastollisesti merkitsevä vain kokeella 541. Kuusikoissa lannoitusreaktiota ei havaittu (liite 3).

34. Tilavuuskasvu

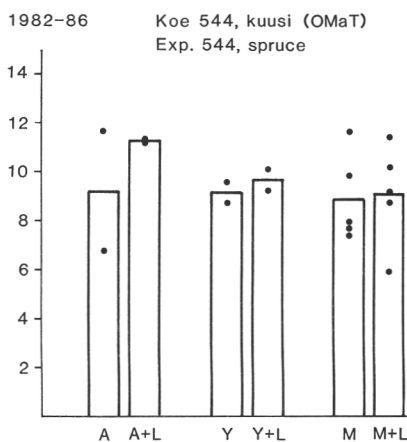
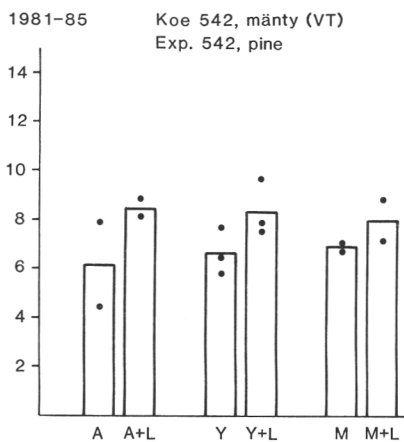
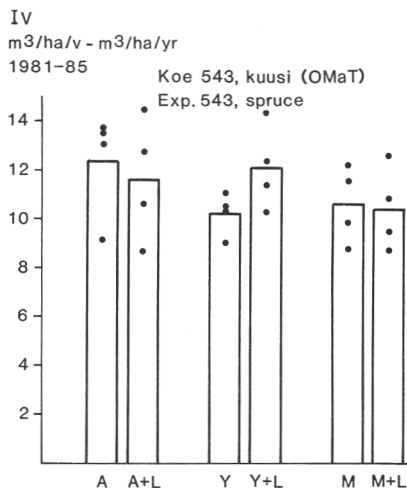
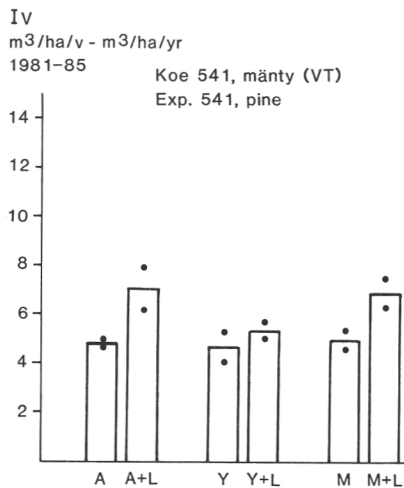
Koepuustojen tilavuuskasvut on esitetty kuvassa 4 sekä liitteessä 3. Taulukoissa 4 ja 5 on vertailtu harvennustapoja suhdelukujen avulla.

Männiköissä lannoittamattomilla koealoilla vuotuiset tilavuuskasvut vaihtelivat kokeella 541 välillä 4,1—5,3 m³/ha ja kokeella 542 välillä 4,5—7,9 m³/ha. Molemmilla kokeilla absoluuttinen kasvu oli suurin rajoitusti määrämittäharvitussa puustossa, mutta kasvuerot käsittelyiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys oli männikkökokeilla tilastollisesti jokseenkin merkitsevä. Lannoitus lisäsi vuotuista tilavuuskasvua molemmilla männikkökokeilla eniten alaharvennetuilla koealoilla. Kokeella 541 vuotuinen lisäys oli 2,2 m³/ha ja kokeella 542 2,3 m³/ha. Kasvunlisäys jäi alhaisemmaksi yläharvennetuissa ja määrämittäharvituisissa puustoissa, joissa se oli keskimäärin

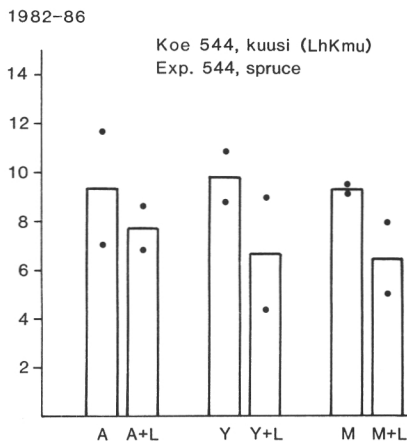
1,3 m³/ha. Lannoituksen ja harvennuksen yhdysvaikutus ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.

Kuusikkokokeella 543 absoluuttinen vuotuinen tilavuuskasvu oli suurin alaharvennetussa puustossa (12,4 m³/ha). Muissa harvennustavoissa vuotuinen kasvu oli n. 2 m³/ha pienempi. Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä. Kokeella 544 tilavuuskasvut olivat saman suuruisia kaikissa harvennustavoissa harvennuksen jälkeisen puuston suurista tilavuuseroista huolimatta (taulukko 4, liite 1). Absoluuttinen vuotuinen kasvu oli keskimäärin 9,3 m³/ha. Suhteelliset tilavuuskasvut olivat sitävastoin selvästi suurimmat yläharvennuksen ja rajoitetun määrämittäharvituksen jälkeen (liite 3). Saatuun tulokseen lienee pääsyyinä kuusikon reagointi voimakkaaseen harvennukseen eikä niinkään harvennustapa (vrt. Vuokila 1980). Kuusikoissa lannoitus ei lisännyt tilavuuskasvua säännönmukaisesti missään harvennustavassa. Kuvassa 5 on esitetty harvennuspoistuman, jäävän puuston sekä mittausjakson lopun kokonaispuuston tilavuudet käsittelyittäin. Kokeilla 541—543 puuston tilavuusmittausjakson lopussa oli kaikissa käsittelyissä samaa suuruusluokkaa. Näillä kokeilla käsittelyvaihtoehtojen väliset erot olivat sekä poistuman että jäävän puuston osalta pienet.



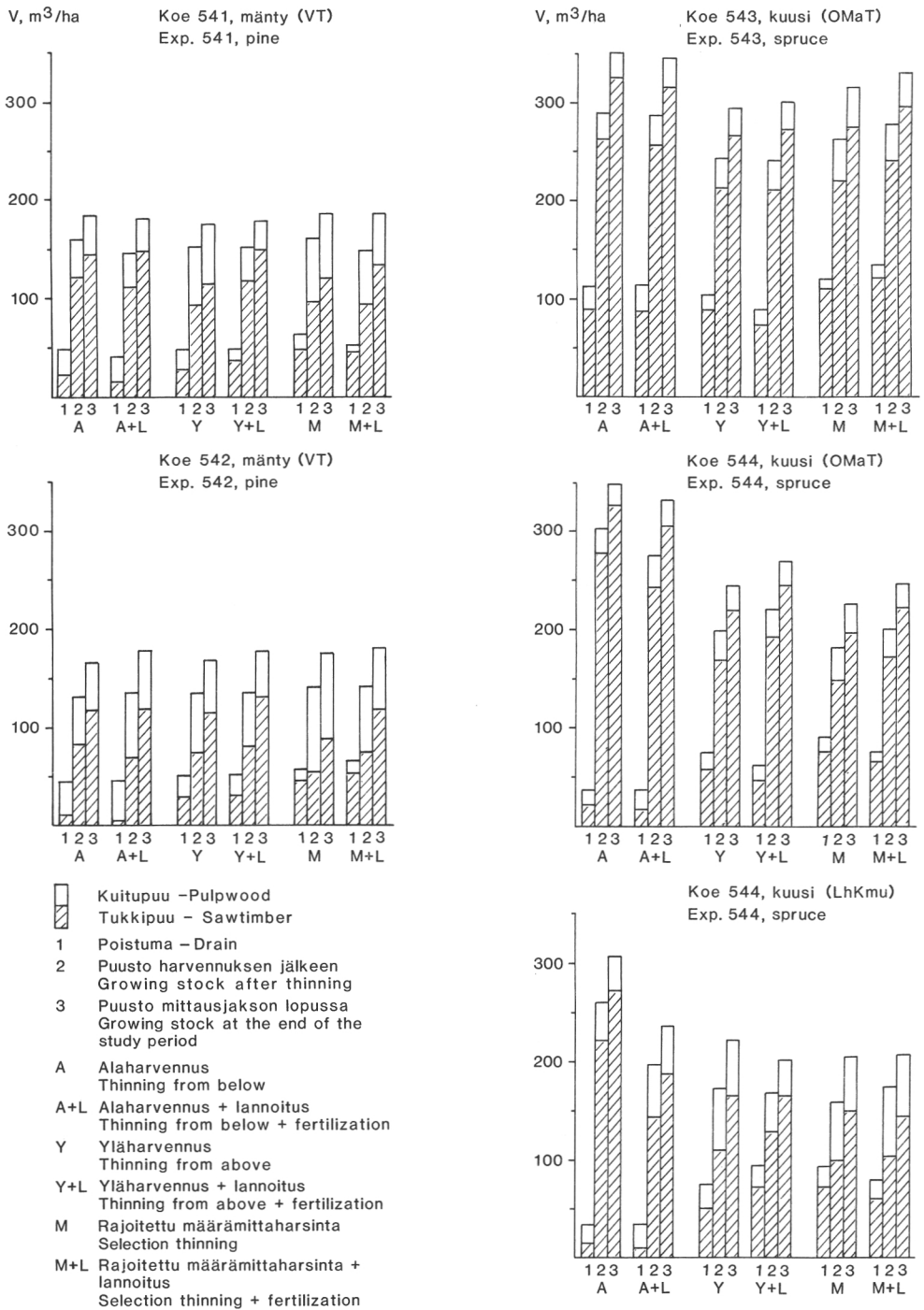
- A Alaharvennus
Thinning from below
- A+L Alaharvennus + lannoitus
Thinning from below + fertilization
- Y Yläharvennus
Thinning from above
- Y+L Yläharvennus + lannoitus
Thinning from above + fertilization
- M Rajoitettu määrämittaharsinta
Selection thinning
- M+L Rajoitettu määrämittaharsinta + lannoitus
Selection thinning + fertilization

● Havainto yhdeltä koealalta
Observation from one sample plot



Kuva 4. Tilavuuskasvu eri käsittelyvaihtoehdoissa.

Fig. 4. Volume growth by treatment. See Table 1 for explanation of site type symbols.



Kuva 5. Harvennuspoistuman, jäävän puuston ja mittausjakson lopun puuston tilavuus eri käsittelyvaihtoehtoissa.

Fig. 5. Volumes of the drain, the growing stock after thinning and the growing stock at the end of the study period by treatment. See Table 1 for explanation of site type symbols.

Kokeella 544 harvennuspoistuman tilavuus alaharvennetuilla koealoilla oli selvästi pienempi kuin yläharvennetuilla ja määrämittaharsituilla koealoilla, mikä näkyy jäävän puuston tilavuuksissa. Koska tilavuuskasvut olivat yhtä suuret kaikissa harvennustavoissa, puustopääomaerot säilyivät mittausjakson aikana jokseenkin ennallaan.

Tutkitut koemänniköt ovat kehitysvaiheessa, jossa puutavaralajien välinen siirtymä kuitupuusta tukkipuuksi on suuri. Siirtymä oli keskimäärin suurempi yläharvennetuilla ja määrämittaharsituilla koealoilla. Harvennustapojen väliset erot puutavaralajisiirtymässä aiheutuivat harvennusten jälkeisistä puustoeroista. Alaharvennuksessa kasvaamaan jätetyistä kookkaimmista puista suu-

ri osa oli jo tukkipuita. Yläharvennuksessa ja rajoitetussa määrämittaharsinnassa osa kookkaimmista valtapuista poistettiin ja vielä siirtymävaiheessa olevia lisävaltapuita jätettiin kasvamaan, minkä vuoksi puutavaralajisiirtymä oli suurempi kuin alaharvennuksen jälkeen.

Harvennustapojen väliset erot ilmenivät luonnollisesti myös kasvatettavien tukkipuiden järeydessä. Alaharvennetuilla koealoilla tukkirunkojen tukkiosan keskitilavuus oli suurempi kuin yläharvennuksen ja määrämittaharsinnan jälkeen (liite 4). Kuusikkokokeilla, joissa puusto oli huomattavasti järeämpää kuin männikkökokeilla, käsittelyiden väliset erot olivat varsin selvät.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksia arvioitaessa on huomattava, että puuston kehitystä on tarkasteltu ainoastaan harvennusta ja lannoitusta seuranneen viiden vuoden ajalta. Koemetsiköissä tutkittavina olleet lannoitus- ja harvennuskäsittelyt on siis tehty vasta yhden kerran. Tulosten perusteella ei näin ollen voida päätellä, miten eri harvennustavat toistuvasti tehtyinä vaikuttavat puuston kehitykseen. Jotain viitteitä antaa kuitenkin koemetsikkö 544, jota on aikaisemminkin käsitelty yläharventaen.

Etenkin kuusikkokokeista saatuja tuloksia yleistettäessä on syytä olla varovainen. Tutkitut kuusikot ovat lehtokuusikoita, eikä niistä saatuja tuloksia voida sellaisenaan soveltaa arvioitaessa esim. harvennustapojen vaikutusta MT- ja OMT-kuusikoihin. Ennestään on tiedossa, että keskinkertaisilla ja karuilla kasvupaikoilla puusto reagoi harvennuksiin ja lannoitukseen varsin eri tavalla kuin kaikkein viljavimmilla mailla (esim. Näslund 1942, Malm ym. 1974).

Läpimitan kasvua tarkasteltiin läpimittaluokittain. Lannoittamattomissa puustoissa yläharvennuksen ja rajoitetun määrämittaharsinnan seurauksena kookkaimmat puut kasvoivat selvästi paremmin kuin alaharvennuksen jälkeen. Pienimmissä läpimittaluokissa kasvuerot harvennustapojen välillä olivat vähäisempiä. Samansuuntaisia tuloksia on esittänyt Mielikäinen (1978) tutkimukses-

saan, jossa vertailtavana olivat alaharvennetut ja harsintaharvennetut männiköt. Kuusikkokokeella 544 alaharvennus oli huomattavasti muita harvennustapoja lievempi. Läpimitan kasvu on kyseisen kokeen alaharvennetuilla koealoilla kaikissa läpimittaluokissa pienempi kuin muilla tavoilla harvennetuilla koealoilla. Tällä kokeella kasvueroihin ovatkin todennäköisesti eniten vaikuttaneet erot harvennusvoimakkuuksissa. Vuokilan (1975) mukaan harvennus parantaa jäljelle jäävien puiden paksuuskasvua sitä enemmän mitä voimakkaampi harvennus on ollut.

Nyt tarkastelluilla kokeilla ei voida osoittaa selkeää harvennustavan vaikutusta jäävän puuston valtapituuden kehitykseen. Vuokilan (1977) mukaan valtapituuden lisäys harsintametsikössä oli yleensä pienempi kuin alaharvennetussa puustossa, mutta erot olivat pienet. On ilmeistä, että ainakaan ensimmäinen yläharvennus ei heikennä valtapituuden kehitystä.

Pohjapinta-alan kasvutulokset osoittavat, että varttuneessa kasvatusmetsikössä kertaalleen tehty yläharvennus tai rajoitettu määrämittaharsinta ei johda kasvun pienemiseen verrattuna normaaliin alaharvennukseen, jos harvennuksissa jätetään sama pohjapinta-ala. Kuusikkokokeilta saatujen tulosten perusteella näyttää jopa siltä, ettei hyvin rehevillä mailla myöskään voimakas puusto-

pääoman alentaminen harvennuksen yhteydessä aiheuta kasvun vähenemistä yhden harvennuskerran jälkeen. Saadut tulokset ovat samansuuntaisia Vuokilan tutkimustulosten kanssa alaharvennuksen ja yläharvennuksen (= harsintaharvennuksen) osalta. Tilapäiskoealoihin perustuvassa männikkötutkimuksessa Vuokila (1970) totesi pohjapinta-alan kasvun lisääntyneen harsintaharvennuksen seurauksena 5,7 % alaharvennuksen verrattuna. Myöhemmässä, kestokoeala-aineistoon pohjautuvassa tutkimuksessaan Vuokila (1977) havaitsi harsintaharvennuksen johtaneen männikössä keskimäärin 11 % ja kuusikossa 3,5 % parempaan pohjapinta-alan kasvuun kuin alaharvennus. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan pohjapinta-alan kasvu on lähes yhtä suuri eri tavalla harvennetuissa puustoissa silloin, kun jäävän puuston pohjapinta-ala on sama eri käsittelyissä (Agestam 1979).

Suuria eroja harvennustapojen välillä ei havaittu myöskään tilavuuskasvun osalta. Männikkökokeilla lannoittamattoman yläharvennetun puuston tilavuuskasvu oli keskimäärin 4 % suurempi kuin kasvu alaharvennetussa puustossa. Rajoitetusti määrittä taharsituilla koealoilla kasvu oli keskimäärin 7 % suurempi alaharvennettuihin koealoihin verrattuna. Harvennustapojen väliset kasvuerot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkittäviä. Vuokilan (1970, 1977) ala- ja yläharvennuksia (= harsintaharvennuksia) vertailevissa tutkimuksissa yläharvennus johti männiköissä hieman alaharvennusta suurempaan tilavuuskasvuun. Aikaisemmassa tutkimuksessa ero oli 4,6 % ja myöhemmässä 3 % yläharvennuksen hyväksi. Ruotsalaisten harvennuskokeiden tulokset osoittavat, että männiköissä yläharvennus ei johda ainakaan alaharvennusta pienempään vuotuisen tilavuuskasvuun, kun harvennusvoimakkuus on yhtä suuri molemmissa käsittelyissä. Samanlaisiin tuloksiin päädyttiin sekä Etelä- että Pohjois-Ruotsissa sijaitsevilla kokeilla, joista vanhimmilla eri harvennuskäsittelyt on toistettu jo kolme kertaa (Eriksson 1987). Tulosten perusteella mahdollisuudet männikön laatuharvennuksen (ks. esim. Vuokila 1987) näyttävät varsin hyviltä. Harvennuksessa kasvamaan jätettävien puiden valinnassa voidaan ottaa puiden laatu entistä painokkaammin huomioon tarvitsematta pelätä

kasvun vähenemistä. Nordbergin (1987) mukaan puuston laatua voitaisiin parantaa yläharvennusten avulla poistamalla aikaisissa harvennuksissa suurimpia puita, jotka usein ovat oksikkaita ja huonolaatuisia.

Tilavuuskasvua koskevat kuusikkokokeiden tulokset osoittavat, että harvennustapa ei vaikuta kuusikon tilavuuskasvuun. Samanlaisen tulokseen on päätynyt myös Vuokila (1977). Ruotsalaisten koetulosten mukaan Etelä-Ruotsissa kasvavissa kuusikoissa yläharvennettujen puustojen vuosittainen tilavuuskasvu jäi 10 % alaharvennettuja pienemmäksi 13 vuoden tutkimusjakson aikana. Sen sijaan Keski-Ruotsissa vastaavaa eroa ei havaittu (Eriksson 1987).

Sekä käyttöpuun että tukkipuun tuotos olivat tutkimusjakson aikana samaa suuruusluokkaa kaikissa harvennuskäsittelyissä. Kasvatettava puusto on kuitenkin alaharvennetuilla koealoilla järeintä. Sen vaikutus tulee taloudellisessa mielessä näkyviin seuraavissa hakkuissa.

Lannoitus aiheutti selkeän kasvunlisäyksen tutkituissa männiköissä. Tulos oli odotettu, koska kasvupaikkatyypinsä perusteella koemetsiköt edustavat parhaita lannoituskohteita (esim. Kukkola ja Saramäki 1983). Lannoitusvaikutus oli suurin alaharvennetuissa puustoissa. Alaharvennuksessa kasvamaan jätettävät puut ovat metsikön kookkaimpia pää- ja lisävaltapuita, joilla on parhaat edellytykset lannoituksessa annettujen ravinteiden hyväksikäyttöön laajan ja hyvin kehittyneen juuristonsa avulla (esim. Laitakari 1927, Köstler ym. 1968). Useissa tutkimuksissa onkin todettu, että kookkaimmilla puilla lannoitusta seuraava kasvunlisäys on määrällisesti suurin (Fiedler ym. 1973, Kukkola 1978, Pettersson 1980). Tätä käsitystä tukevat myös nyt saadut tulokset. Kasvunlisäys oli suurin valtapuiksi luokitelluilla, joihin ei kaikkein paksuimmilla puilla.

Kuusikkokokeilla lannoitus ei lisännyt puuston kasvua, eikä harvennustapojen välillä havaittu eroja lannoitusreaktion suhteen. Aikaisempien lannoitustutkimusten perusteella tiedetäänkin, että rehevillä kasvupaikoilla ravinteiden puute ei rajoita puiden kasvua ja että lannoitusvaikutus jää tästä syystä kaikkein viljavimmissa kuusikoissa pieneksi (esim. Carbonnier ym. 1969, Malm ym. 1974, Eriksson 1987).

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Agestam, E. 1979. Gallringens effekt på arealproduktionen. Julkaisussa: Agestam, E. & Söderberg, U. Gallringens effekt på volymproduktionen. I Ideala gallringseffekter. Sveriges Lantbruksuniversitetet. Projekt Hugin, Rapport 12. Umeå. 38 s.
- Carbonnier, C., Ebeling, F., Hansson, A., Holmen, H. & Tamm, C. O. 1969. Gödsling av skog på fastmark. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 108:236—246.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Skogshögskolan. Institutionen för Skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41. 291 s.
- 1987. Aspects of thinning and fertilization in Norway spruce and Scots pine stands based on new experiments in Sweden. Proceedings of IUFRO International Interdivisional Conference on Thinning, Moscow-Riga. 9—17. September. 1985. Part I. Moscow. s. 110—131.
- Fiedler, H., Nebe, W. & Hoffmann, F. 1973. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Veb Gustav Fischer Verlag, Jena. 481 s.
- Heinonen, J. 1981. Koaalojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 38 s.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1987. Yksityismetsien käsittelyohjeet. Maaliskuussa 1987 uusittu ja tarkastettu painos. 24 s.
- Kukkola, M. 1978. Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyyppiin kuusikossa. Summary: Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on Myrtilus-site. Folia Forestalia 362. 15 s.
- & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 144. 55 s.
- Köstler, J., Brückner, E. & Bibelriether, H. 1968. Die Wurzeln der Waldbäume. Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin. 284 s.
- Laasasenaaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.
- Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. Summary: The root system of pine (*Pinus silvestris*). A morphological investigation. Acta Forestalia Fennica 33(1). 307 s.
- Malm, D., Möller, G. & Nömmik, H. 1974. Gödslingseffektens samband med växtnäringsinnehåll i mark och barr. Summary: Relation between growth response to nitrogen application and nutrient content in soil and needles. Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1973: 48—75.
- Mielikäinen, K. 1978. Puun kasvu ennustettavuus. Predictability of tree growth. Folia Forestalia 363. 15 s.
- Nordberg, M. 1987. Thinning from above — a way to improve the economy in early thinnings? Development of Thinning Systems To Reduce Stand Damages. Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P4.02 and Subject Group S1.05—05. Scandinavia (Sweden, Norway, Denmark) 9—18. June, 1987. Carpenberg. s. 319—326.
- Näslund, M. 1937. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Zusammenfassung: Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 29(1). 169 s.
- 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. Zusammenfassung: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 33(1). 212 s.
- Pettersson, F. 1980. Gödslingseffektens fördelning på diameterklasser. Summary: The distribution of fertilization response by diameter classes. Institutet för skogsförbättring. Information, Gödsling Nr 1. 4 s.
- Takala, P. 1983. Metsien käsittely. Tapion taskukirja 19. s. 197—212.
- Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. Acta Forestalia Fennica 110. 45 s.
- 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. Folia Forestalia 247. 24 s.
- 1977. Harsintaharvennus puuntotantoon vaikuttavana tekijänä. Summary: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia Forestalia 298. 17 s.
- 1980. Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotokseen. Summary: The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland. Folia Forestalia 448. 15 s.
- 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.
- 1987. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. 2 p. WSOY Porvoo. 258 s.

Total of 25 references

SUMMARY

Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands

Preliminary results concerning the effect of different thinning methods and nitrogen fertilization on the growth of middle-aged stands are presented in this paper.

Material

The experiments were established in 1980 in Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands situated in southern Finland (Table 1). The study period covers the first five years after thinning and fertilization.

The material consists of 4 stands and 80 permanent sample plots. The site type of both pine stands is the *Vaccinium vitis-idaea* type (dryish site). The spruce experiments were located on the most fertile site types. The site type of experiment 543 is *Oxalis acetosella*-*Maianthemum bifolium* type (grove). Experiment 544 extends over two different site types. Part of the experiment is on a drained, grove-like spruce swamp and the rest on mineral soil (grove).

Except for experiment 544, where earlier thinnings had been selection thinnings, the stands had been thinned from below before the experiments were established.

Three selective types of thinning were compared: thinning from below, thinning from above and selection thinning. The trees of the dominated crown class were removed on the sample plots thinned from below. In thinning from above the trees of the dominated crown class and also some dominant trees were removed. Only those dominant trees with adjacent trees in good condition were removed. In selection thinning most of the drain consisted of the dominant trees, although some dominated trees with no development potential were also removed. The same basal area was left after thinning in all types of thinning, except for experiment 544 where thinning from above and selection thinning were heavier than thinning from below.

All the thinning treatments were done on the fertilized and unfertilized sample plots. Fertilization was carried out at the time the experiments were established. Experiments 541—543 were fertilized with ammonium nitrate with lime (180 kg N/ha). Experiment 544 was fertilized with urea (232 kg N/ha) and super phosphate (62 kg P/ha).

Results and conclusions

According to the results for the unfertilized sample plots, thinning from above and selection thinning usually resulted in a greater diameter growth than thinning from below, especially in the case of trees belonging to the thickest diameter classes (Figure 2). Fertilization increased the diameter growth in the pine stands. There was no diameter growth response after fertilization in the spruce stands.

The dominant height was not changed by thinning from below. Thinning from above and selection thinning decreased the dominant height on the average by 40 cm and 80 cm respectively. The thinning method had no influence on the increment of the dominant height after thinning. In the pine stands fertilization increased the increment of the dominant height.

The annual basal area growth and volume growth after the different thinning treatments were on the same level (Tables 2,3,4,5, Figures 3,4 and 5). Thinning from above or selection thinning did not diminish the yield compared with thinning from below in the case where basal area of the stand after thinning was on the same level in all thinning treatments. The results for the spruce stands show that not even heavy thinning decreases the growth on the most fertile site types.

Nitrogen fertilization increased annual growth in the pine stands by 1.6 m³/ha (29 %). The greatest response was obtained on the sample plots thinned from below. In the spruce stands there was only a small response.

The differences between the thinning treatments were remarkable considering the size of the trees left in the stands after thinning. The mean sawtimber volume of the sawtimber stems was the greatest on the sample plots thinned from below.

The results support earlier findings concerning different thinning methods. See e.g. Vuokila (1970, 1977) and Eriksson (1976, 1985).

Liite 1. Puustotietoja kokeiden perustamisajankohtana ennen harvennusta ja sen jälkeen. Lyhenteet kuvassa 3.
Appendix 1. Stand characteristics before and after thinning at the time the experiments were established. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/ käsittely Exp./ treatment	Runkoluku Stem number kpl/ha - no/ha		Keskiläpimitta* Mean diameter * cm		Pohjapinta-ala Basal area m ² /ha		Valtapiisuus Dominant height m		Kuorellinen tilavuus Volume (including bark) m ³ /ha		
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	
Mänty - Pine											
541	A	850	528	20,8	21,9	24,9	18,6	19,0	19,0	212,2	161,9
VT	A + L	756	483	20,9	22,0	22,8	17,5	17,6	17,6	190,7	147,5
	Y	961	667	19,8	19,8	24,9	18,8	18,2	17,7	204,8	154,5
	Y + L	650	472	23,0	22,8	23,0	17,2	18,8	18,5	204,1	154,2
	M	850	711	20,6	19,4	24,9	18,7	19,0	18,9	220,8	163,7
	M + L	861	672	21,4	20,6	25,1	18,7	18,5	18,2	208,1	153,8
542	A	861	550	19,2	20,3	22,5	16,5	18,7	18,7	181,6	135,7
VT	A + L	994	650	17,8	18,7	23,1	17,0	16,9	16,9	183,0	136,1
	Y	837	593	19,4	19,3	22,4	16,3	18,7	18,5	186,4	135,2
	Y + L	778	552	19,8	19,7	21,8	15,7	19,6	19,3	187,7	135,9
	M	961	789	18,9	17,5	24,1	17,6	19,0	18,3	198,8	141,5
	M + L	833	639	19,9	18,7	23,4	16,3	20,8	19,4	207,4	141,1
Kuusi - Spruce											
543	A	661	400	27,4	28,8	35,0	24,8	25,5	25,3	403,5	290,5
OMaT	A + L	725	439	26,7	27,9	35,6	25,0	24,8	24,6	403,1	288,4
	Y	600	408	27,1	26,9	30,4	21,2	24,8	24,2	348,7	244,2
	Y + L	647	419	26,4	26,8	30,4	21,9	24,3	23,9	331,7	242,0
	M	686	542	26,9	24,9	33,5	23,7	25,5	24,2	385,1	264,8
	M + L	661	481	27,3	26,0	34,8	23,9	26,3	25,0	415,0	279,7
544**	A	560	360	29,2	30,9	27,6	23,7		26,7	322,4	284,9
OMaT	A + L	655	415	26,3	27,9	26,2	22,2		25,6	295,2	257,7
	Y	580	350	26,0	26,6	23,0	16,1		24,8	256,4	180,7
	Y + L	580	355	26,7	27,6	23,5	17,7		25,3	264,5	202,5
	M	604	370	25,7	25,2	23,3	15,3		23,9	254,9	163,9
	M + L	544	384	26,8	26,6	23,0	16,4		24,6	258,8	183,3
544**	A	710	495	24,4	25,5	26,8	22,6		23,8	277,1	242,7
Lhkmu	A + L	890	570	20,3	21,6	22,9	18,4		22,3	214,5	179,8
	Y	1045	635	20,1	20,0	24,8	16,5		21,1	230,9	154,7
	Y + L	760	440	22,9	22,5	24,3	14,8		22,2	244,8	149,5
	M	950	600	21,4	20,1	24,6	15,2		21,4	235,6	141,5
	M + L	1060	745	20,3	19,3	25,6	17,4		21,2	238,8	158,1

* Pohjapinta-alalla painotettu - Weighted with basal area

** Kokeella 544 puusto ennen harvennusta on arvioitu poistuman (1980), jäävän puuston (1982) ja kasvun (1980-1981) avulla.
The growing stock before thinning in experiment 544 has been estimated on the basis of the drain (1980), the growing stock after thinning (1982) and the growth (1980-1981).

Liite 2. Tietoja poistetun puuston rakenteesta. Lyhenteet kuvassa 3.
Appendix 2. Information about the drain. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/ käsittely Exp./ treatment	Keskiläpimitta * Mean diameter * cm	Keskipituus * Mean height * m	Runkoluku kpl/ha Stem number no/ha	Pohjapinta-ala Basal area m ² /ha	Poistuman tilavuus Drain volume			Dp / De **	
					Tukkipuu Sawtimber m ³ /ha	Kuitupu Pulpwood m ³ /ha	Kaikki Total		
<i>Mänty - Pine</i>									
541	A	17,5	16,1	322	6,3	23,4	26,0	50,3	0,84
VT	A + L	17,2	16,0	272	5,3	16,2	26,3	43,3	0,82
	Y	19,9	16,4	294	6,2	28,5	20,8	50,3	1,00
	Y + L	23,6	17,7	178	5,7	37,8	11,7	49,9	1,03
	M	24,2	18,4	139	6,2	49,2	7,5	57,0	1,17
	M + L	24,0	17,9	189	6,4	46,2	7,6	54,3	1,12
542	A	16,2	15,9	311	6,0	10,9	34,3	46,0	0,84
VT	A + L	15,5	15,4	344	6,1	4,6	41,5	47,0	0,87
	Y	19,5	17,0	244	6,1	29,0	21,7	51,2	1,01
	Y + L	20,0	17,7	226	6,1	30,3	21,0	51,8	1,01
	M	22,6	18,4	172	6,5	45,4	11,6	57,3	1,20
	M + L	22,7	19,6	194	7,1	52,3	13,6	66,3	1,17
<i>Kuusi - Spruce</i>									
543	A	24,0	22,3	261	10,2	89,2	23,2	113,0	0,88
OMaT	A + L	24,0	21,9	286	10,6	87,3	26,7	114,8	0,90
	Y	27,4	22,8	192	9,2	88,8	15,2	104,5	1,01
	Y + L	25,3	21,4	228	8,4	74,1	14,9	89,7	0,95
	M	31,5	24,8	144	9,8	110,8	9,1	120,3	1,17
	M + L	30,3	25,2	181	10,9	121,5	13,2	135,2	1,11
544	A	19,0	18,2	200	4,0	21,3	15,5	37,5	0,65
OMaT	A + L	17,1	16,7	240	4,0	16,7	19,9	37,4	0,65
	Y	24,6	21,8	230	6,9	56,6	18,4	75,7	0,95
	Y + L	24,1	21,4	225	5,8	45,6	15,7	62,0	0,90
	M	27,2	22,6	234	8,0	74,9	15,4	91,0	1,06
	M + L	27,6	22,8	160	6,5	64,3	10,7	75,5	1,03
544	A	18,7	16,8	215	4,2	14,5	19,3	34,4	0,77
LhKmu	A + L	15,2	14,0	320	4,5	9,6	23,9	34,7	0,75
	Y	20,3	17,9	410	8,3	50,0	24,9	76,2	1,01
	Y + L	23,5	20,3	320	9,5	71,9	22,5	95,3	1,03
	M	23,4	20,2	350	9,4	71,9	21,2	94,1	1,10
	M + L	22,3	19,5	315	8,2	59,8	19,9	80,7	1,10

* Pohjapinta-alalla painotettu - Weighted with basal area

** Dp = Poistuneen puuston pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta
Mean diameter (weighted with basal area) of the drain

De = Puuston pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta ennen harvennusta
Mean diameter (weighted with basal area) before thinning

Liite 3. Puuston kasvu- ja kasvunlisäystunnuksia. Lyhenteet kuvassa 3.

Appendix 3. Absolute and relative growth and growth response. See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/ käsitteily Exp./ treatment	Keskiläpimitta * Mean diameter *			Pohjapinta-ala Basal area			Valtapiitus Dominant height			Tilavuus Volume			
	Kasvu	Kasvun- lisäys	Kasvu-%	Kasvu	Kasvun- lisäys	Kasvu-%	Kasvu	Kasvun- lisäys	Kasvu	Kasvun- lisäys	Kasvu-%		
	mm/v		Growth-%	m ² /ha/v		Growth-%	cm/v		m ³ /ha/v		Growth-%		
	Growth mm/yr	Response		Growth m ² /ha/yr	Response		Growth cm/yr	Response	Growth m ³ /ha/yr	Response			
Mänty - Pine													
541	A	1,60		0,73	0,30		1,59		23		4,86		3,01
VT	A + L	2,60	1,00	1,18	0,43	0,13	2,46		43	20	7,06	2,20	4,77
	Y	1,40		0,71	0,30		1,60		21		4,69		3,02
	Y + L	2,70	1,30	1,19	0,44	0,14	2,54		28	7	5,35	0,66	3,47
	M	1,65		0,85	0,34		1,79		22		4,96		3,02
	M + L	2,25	0,60	1,09	0,46	0,12	2,46		31	9	6,89	1,93	4,52
542	A	2,05		1,01	0,37		2,20		27		6,20		4,52
VT	A + L	3,55	1,50	1,90	0,69	0,32	4,03		37	10	8,49	2,30	6,24
	Y	2,77		1,43	0,48		2,98		24		6,68		4,98
	Y + L	3,50	0,73	1,78	0,60	0,12	3,84		28	4	8,35	1,67	6,13
	M	2,45		1,40	0,49		2,76		23		6,94		4,96
	M + L	2,95	0,50	1,57	0,53	0,04	3,25		35	12	7,98	1,05	5,66
Kuusi - Spruce													
543	A	3,58		1,24	0,65		2,68		37		12,39		4,39
OMaT	A + L	3,60	0,02	1,29	0,67	0,02	2,72		45	8	11,64	-0,74	4,04
	Y	4,20		1,56	0,70		3,30		38		10,28		4,27
	Y + L	4,18	-0,02	1,56	0,70	0,00	3,20		47	9	12,13	1,85	5,12
	M	3,15		1,26	0,62		2,60		28		10,64		4,04
	M + L	3,43	0,28	1,32	0,64	0,02	2,68		32	4	10,43	-0,21	3,74
544	A	5,25		1,63	0,91		3,55		27		9,22		3,01
OMaT	A + L	5,85	0,60	2,01	1,05	0,14	4,37		23	-4	11,32	2,10	4,12
	Y	6,20		2,23	0,83		4,72		26		9,16		4,65
	Y + L	6,05	-0,15	2,10	0,92	0,09	4,73		34	8	9,68	0,52	4,38
	M	5,82		2,20	0,79		4,75		20		8,88		4,96
	M + L	6,46	0,64	2,31	0,92	0,13	5,08		23	3	9,10	0,22	4,55
544	A	3,90		1,48	0,75		3,08		28		9,34		3,60
LhKmu	A + L	4,40	0,50	1,96	0,81	0,06	4,05		40	12	7,74	-1,62	3,92
	Y	4,65		2,23	0,87		4,79		23		9,83		5,69
	Y + L	4,05	-0,60	1,74	0,63	-0,24	3,80		18	-5	6,72	-3,11	3,88
	M	4,60		2,20	0,78		4,64		30		9,32		5,85
	M + L	4,20	-0,40	2,09	0,83	0,05	4,35		24	-6	6,50	-2,82	3,64

* Pohjapinta-alalla painotettu
Weighted with basal area

Liite 4. Puuston tilavuus mittausjakson lopussa. Lyhenteet kuvassa 3.
Appendix 4. Volume of the growing stock at the end of the study period.
See Fig. 3 for explanation of symbols.

Koe/ käsittely Exp./ treatment	Tilavuus - Volume			Tukkirunkojen tukkiosan keskitilavuus Mean sawtimber volume of the timber stems dm ³	
	Tukkipuu Sawtimber	Kuitupuu Pulpwood	Kaikki Total		
m ³ /ha					
<i>Mänty - Pine</i>					
541	A	145,5	39,6	186,2	299
VT	A + L	148,5	33,3	182,8	339
	Y	115,5	60,9	178,0	215
	Y + L	149,9	29,9	180,9	335
	M	120,9	65,9	188,6	235
	M + L	134,9	51,7	188,3	281
542	A	117,7	47,8	166,6	252
VT	A + L	118,6	58,5	178,6	209
	Y	114,3	53,1	168,6	229
	Y + L	130,2	46,3	177,7	266
	M	87,9	86,4	176,2	194
	M + L	117,1	62,4	180,1	256
<i>Kuusi - Spruce</i>					
543	A	326,0	25,7	352,4	815
OMaT	A + L	316,1	29,7	346,6	724
	Y	266,5	28,2	295,6	672
	Y + L	273,1	28,7	302,7	666
	M	275,6	40,9	317,9	556
	M + L	295,9	35,0	331,9	638
544	A	326,6	22,2	349,4	911
OMaT	A + L	304,5	27,4	332,7	755
	Y	218,6	25,5	244,8	641
	Y + L	244,0	24,5	269,2	718
	M	195,6	29,8	226,1	585
	M + L	221,1	24,6	246,6	681
544	A	271,7	35,5	308,2	583
LhKmu	A + L	187,3	48,6	237,2	395
	Y	164,8	57,2	223,5	367
	Y + L	164,9	36,9	202,7	426
	M	149,4	55,8	206,8	371
	M + L	143,7	63,7	209,2	314

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Field Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

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

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

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

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



- No 720 Hyvärinen, Vesa & Sepponen, Pentti: Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa.
Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland.
- No 721 Uotila, Antti: Ilmastotekijöiden vaikutus männynversosyöpätuhoihin.
The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker.
- No 722 Mikola, Jari & Sepponen, Pentti: Rinteen suunnan ja hakkuun vaikutus Tiilikkajärven harjun kasvillisuuteen.
Effect of exposition and cuttings on the vegetation on Tiilikkajärvi esker.
- No 723 Rantonen, Harri: Lumikenkien käytön vaikutus hakkuutyön turvallisuuteen ja työasentoihin.
Snowshoes in cutting work: effects on work safety and working postures.

1989

- No 724 Kaunisto, Seppo: Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella.
Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area.
- No 725 Verkasalo, Erkki: Koeseulontamenetelmät metsähakkeen laadun arvioinnissa.
Test screening methods for evaluation of forest chip quality.
- No 726 Lehto, Tarja: Männyntaimien mykorritsat keskustaimitarhoilla.
Mycorrhizal status of Scots pine nursery stock in Finland.
- No 727 Kinnunen, Kaarlo: Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen.
Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings.
- No 728 Saarsalmi, Anna & Mälkönen, Eino: Harmaalepikon biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö.
Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands.
- No 729 Oksanen-Peltola, Leena: Eteläsuomalaisen VT-männikön uudistamisvaihtoehtojen yksityistaloudellinen edullisuusvertailu.
Profitability comparisons of some regeneration alternatives of *Vaccinium* type pine stands in private forests of southern Finland.
- No 730 Metsätilastollinen vuosikirja 1988.
Yearbook of Forest Statistics, 1988.
- No 731 Hynynen, Jari & Kukkola, Mikko: Harvennustavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun.
Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands.