

FOLIA FORESTALIA 646

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

SEPPÖ KAUNISTO & JORMA TUKEVA

KASVATUSTIHEYDEN VAIKUTUS MÄNNYN
ISTUTUSTAIMIKOIDEN KEHITYKSEEN
TURVEMAILLA

EFFECT OF TREE SPACING ON THE
DEVELOPMENT OF PINE PLANTATIONS
ON PEAT



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: Professori Aarne Nyssönen
Director: Professor

Julkaisujen jakelu: Kirjastonhoitaja Liisa Ikävalko-Ahvonon
Distribution of publications: Librarian

Julkaisujen toimitus: Toimittaja Tommi Salonen
Editorial office: Editor

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 koebasemalla. 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. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and 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 646

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Seppo Kaunisto & Jorma Tukeva

KASVATUSTIHEYDEN VAIKUTUS MÄNNYN ISTUTUSTAIMIKOIDEN KEHITYKSEEN TURVEMAILLA

Effect of tree spacing on the development of pine
plantations on peat

Approved on 17.1.1986

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Tutkimusmetsiköt	4
22. Mittaukset	5
23. Laskenta	5
3. TULOKSET	7
31. Taimien kuolleisuus	7
32. Rinnankorkeusläpimitta	9
33. Pituus	12
34. Rungon solakkuus	12
35. Latvuksen rakenne	12
36. Oksikkuus	14
361. Paksuimmat elävät oksat	14
362. Paksuimmat kuolleet oksat	16
363. Lannoituksen vaikutus oksikkuuteen	17
4. TULOSTEN TARKASTELUA JA PÄÄTELMÄT	18
KIRJALLISUUS—REFERENCES	22
SUMMARY	24
LIITTEET—APPENDICES	27

KAUNISTO, S. & TUKEVA, J. 1986. Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen turve-
mailla. Summary: Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat. *Folia For.* 646:1—36.

Tutkimus perustuu kahdeksaan eri puolille Etelä-Suomea perustettuun viljelytiheys- ja riviviljelykokeeseen. Taimikot olivat mittaushetkellä 18—22-vuotiaita. Kokeet kattoivat inventointihetkellä tiheysalueen 833—8148 kpl/ha. Keskipituus vaihteli välillä 2,4—5,9 m.

Tarkastelu painottui varhaisen riukumetsävaiheen taimikoihin ja osa-aineistoihin, joihin valittiin 2000 tai 1000 valtatainta hehtaaria kohti.

Elossaolosadannes vaihteli kokeittain välillä 56—85 %. Viljelytiheys ei vaikuttanut taimikuolleisuuteen. Nykyisillä käytännön viljelytiheyksillä (2000—2500 kpl/ha) päästiin lähes aina täystiheisiin taimikoihin, mikäli maan ravinne- ja vesitalous olivat kunnossa.

Kasvatustiheyden lisääminen hidasti keskimääräistä järeyskehitystä riukuvaiheen taimikoissa (4,5—5,9 m), mutta valtataimien kohdalla vaikutus jäi vähäisemmäksi. Käytettäessä 6 cm:n rinnankorkeusläpimittaa käytörunnon minimirajana tuottivat tiheimmät kasvatusasennot (yli 3500 kpl/ha) suurimman käyttörunkojen lukumäärän (1100—4000 kpl/ha), mutta järeytyminen oli suurinta alhaisimmilla tiheyksillä.

Kasvatustiheys ei vaikuttanut puuston keskipituuteen, mutta pituusvaltataimet olivat sitä pidempiä mitä tiheämpää puusto oli. Puiden solakkuus lisääntyi kasvatustiheyden lisääntyessä.

Kasvatustiheyden kohoaminen supisti enemmän keskimääräistä kuin valtataimien latvussuhdetta. Valtataimien (2000 kpl/ha) latvussuhde lyheni n. 6—10 %-yksikköä tutkituilla tiheysalueilla. Suurimmissakin kasvatustiheyksissä puiden latvussuhde 5—6 metrin pituisissa taimikoissa oli vielä yli 55 %.

Paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien läpimitta riippui lähinnä rinnankorkeusläpimitasta ja näin siis järeyskehityksestä. Kasvatustiheyden lisäys vaikutti valtataimien oksanpaksuuteen lähinnä vain hidastamalla järeyskehitystä.

The investigation is based on eight spacing and row planting experiments. The stands were 18—22 years old at the measuring time. Stand density ranged from 833 to 8,148 trees/hectare. The mean height varied between 2.4—5.9 metres.

The focus was on pole-stage stands and especially on 2,000 or 1,000 dominant trees per hectare, chosen according to height.

Survival percentage varied between 56 and 85 in individual experiments. Planting spacing had no effect on seedling mortality. The currently used planting densities (2,000—2,500 plants/ha) nearly always produced fully stocked stands.

The increase in density retarded the average diameter increment of pole-stage stands (4.5—5.9 m), but not so much in the case of dominant trees. When the minimum breast-height diameter of commercial stems was 6 cm, the densest plantations (over 3,500 stems/ha) produced the largest number of merchantable stems (1,100—4,000 stems/ha), whereas the number of larger stems was highest in low densities.

Stand density did not affect the mean height, but dominant trees were the taller the denser the stand. Slenderness increased as the stands became denser.

The increase in density diminished the average crown ratio more than that of dominant trees. The crown ratio of dominant trees decreased by about 6—10 %-units in the investigated densities. Even in the densest stands the crown ratio of 5—6 metre-tall trees was still over 55 %.

The diameter of the thickest live and dead branches mainly depended on the breast-height diameter and thus the development of diameter increment. The increase in density affected the branch thickness of dominant trees only by retarding the diameter increment.

ODC 232.43+174.7 *Pinus sylvestris*+181.6+568+114.444
ISBN 951-40-0727-1
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Viljelymetsätaloudessa nykyisin noudatettavien kasvatusohjeiden mukaan metsikkö perustetaan harvana ja myös taimikonhoidossa suositetaan alhaisia runkolukuja. Viljelytiheys vaihtelee kasvupaikasta riippuen välillä 1500—2500 tainta hehtaarille (Ohjekirje ... 1981, Etelä-Suomen ... 1981). Viljelytaimien määrä voi taimikadon takia jäädä huomattavastikin alhaisemmaksi, kuten sekä kangasmailla (Leikola ym. 1977, Kinnunen 1977, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980) että turvemaidella (Heikurainen ym. 1983) tehdyt inventoinnit osoittavat. Edellä mainitut tutkimukset osoittavat myös, että taimikot täydentyvät ainakin osittain luontaisen taimiaineksen ansiosta.

Turvemaiden taimikoille ei ole laadittu erityisohjeita täydennysviljelyä ja taimikonhoitoa varten. Käytännössä on sovellettu kangasmaiden käsittelyohjeita. KML Tapion ohjeiden mukaan täydennysviljelyä ei tarvita, mikäli kehityskelpoisia taimia on lähes tasaisesti jakautuneena kasvupaikasta riippuen 1200—1600 kpl/ha. (Etelä-Suomen ... 1981, ks. myös Heikurainen ym. 1983). Ohje havupu- ja havupuuvaltaisissa taimikoissa harvennuksen jälkeen jäävälle runkoluvulle on kaikilla kasvupaikoilla 2000 tainta hehtaarille (Etelä-Suomen ... 1981). Ojituksen yhteydessä tehdään ratkaisu kasvatuksen ja uudistamisen välillä. Riittävänä tiheytenä pidetään taimikoiden osalta yli 1400 kpl/ha mustikka- ja puolukkaturvekankaiksi ja yli 1200 kpl/ha varputurvekankaiksi kehittyvillä suotyypeillä (Suometsät ... 1983).

Ensisijaisia harvennuksen kohteita ovat 2—3 metrin pituiset taimikot ja myöhäisin hyväksyttävissä oleva taimikon harvennuksen ajankohta on tasaisissa taimikoissa 4—5 m ja epätasaisissa taimikoissa 5—6 m (Vuokila 1980a). Alhaisen perustamistiheyden ja varhaisen harvennuksen tärkein etu on puuston järeyskehityksen nopeutuminen. Harvennuksella puuston kasvu keskitetään määrättyihin puihin. Varhaista taimikon käsittelyä puoltavat myös alhaiset käsittelykustannukset (Vuokila 1980a), ytimennävertäjien joukkoesiintymisen välttäminen (Bergman

1971) ja parempi kestävyys lumituhoja vastaan (Vuokila 1972). Myös Heikurainen (1960) suosittelee ylitieheiden luonnontaimikoiden varhaista harvennusta, koska soilla juuriston sulkeutuminen tapahtuu aikaisessa vaiheessa ja harventamattoman taimikon kehitys alkaa taantua. Aikainen harvennus on paikallaan etenkin niukkaravinteisilla suotyypeillä.

Harva perustamistiheys ja nuoruusvaiheen kasvatustiheys vaikuttavat sen sijaan epäedullisesti puuston tekniseen laatuun. Avara kasvutila aikaansaa puiden nopean paksuuskasvun, jonka seurauksena myös oksat kehittyvät paksuiksi (Heiskanen 1954, 1965, Uusvaara 1974), säilyvät pitkään elävinä ja karsiutuvat hitaasti (Heikinheimo 1953, Kellomäki ja Tuimala 1981). Lisääntyvän kasvatustiheyden edullisen vaikutuksen oksikkuuteen ja latvuksen rakenteeseen ovat todenneet myös esim. Eklund (1956), Persson (1977), Varmola (1980, 1982), Jokinen ja Kellomäki (1982), Kellomäki (1984) ja Huuri ym. (1984). Kasvatustiheydestä saadaan laadun kannalta suurin hyöty silloin, kun metsikkö kasvatetaan riittävän tiheänä aina siihen kehitysvaiheeseen saakka, jolloin oksat ovat kuolleet tyvitukin pituudelta (Kalela 1945, Heiskanen 1962).

Kasvatustiheyden lisäämisen ohella männiköstä saatavan puutavaran laatuun voidaan vaikuttaa rodunjalostuksella (Velling 1978) ja kasvupaikan valinnalla (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982) sekä pystykarsinnalla (esim. Uusvaara 1980).

Suopuustoja ei ole laatuun saannin kannalta erityisesti tutkittu. Lukkala (1952) on todennut, että ”rämealkuperää” olevat taimet ovat kasvunsa ja ulkomuotonsa puolesta kangasmaiden alkuperien kanssa samanveroisia. On myös esitetty arvio, jonka mukaan ojitusalueiden puustot olisivat kangasmaiden puustoja teknisesti parempilaatuisia (Vuokila 1982). Toisaalta männyn kasvuhäiriö voi alentaa puiden teknistä laatua turvemaalla, mutta koko metsätalouden kannalta haittavaikutus ei ole suuri (Veijalainen ym. 1984).

Turvemaiden taimikonhoidossa on laatu-tekijöiden ohella otettava huomioon erityispiirteitä, jotka puoltavat nykyohjeita suurempia runkolokuja. Tiheä kasvatusasento lisää latvuspäntäntää (Päivänen 1966) ja haihduntaa ja siten edistää välillisesti turvemaan kuivatusta. Turvemaiden taimikot ovat kangasmaiden taimikoita tuhoalttiimpia. Viljalla, runsaasti heinittyvillä suotyypeillä on varsinkin Pohjois-Suomessa todettu pahoja myyrätuhoja (Korhonen ym. 1983). Taimikoiden typpi- ja fosforilannoitukset voivat puolestaan lisätä hirvituhoriskiä (Laine ja Mannerkoski 1980). Myös kasvuhäiriö voi aiheuttaa puuston vajaatuottoisuutta (Vejjalainen ym. 1984).

Tämän työn tarkoituksena on selvittää viljelytiheyden vaikutusta taimien elossapysymiseen sekä elävien taimien lukumäärän vaikutusta taimien pituus- ja järeyskehitykseen, oksaisuuteen ja latvuksen rakenteeseen riukumetsävaiheen juuri saavuttaneissa ja tätä pienemmissä turvemaiden mäntytaimikoissa.

Tutkimuksessa tarkastellut kokeet on perustettu Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston silloisen professorin Olavi Huikarin aloitteesta 1960-luvulla Oy A. Ahlström Ab:n, Enso Gutzeit Oy:n sekä Metsähallinnon Heinolan ja Parkanon hoitoalueen ja Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon kokeilualueen maille. Prof. Olavi Huikarin ohella erityisen kiitoksen aktiivisesta panoksestaan kokeiden perustamisessa ja myöhemmässä hoidossa yhtiöiden maille ansaitsevat metsänhoitajat Erkki Manner ja Ossi Aalto. Tutkimuksen toteuttamisessa ovat sen eri vaiheissa avustaneet lisäksi mm. seuraavat henkilöt: prof. Eero Paavilainen, maat.- ja metsät.lis. Kimmo Paarlahti, erikoisteknikko Kalle Nevanranta, työnjohtaja Markku Tiainen, kenttämestari Lauri Hirvisaari ja Tauno Suomilampi, tutkimusapulainen Markku Nikola, laboratoriomestari Arja Ylinen, laborantit Eeva Pekonen ja Tuula Kurkinen, tutkimusapulainen Anneli Nuijanmaa, vanhempi suunnittelija Olli Seppälä, piirtäjä Irma Honganpuhto, kanslistit Tiina Luoto ja Pirkko Marjamäki. Käännöstyön suomen englanninkielelle on suorittanut fil. maist. Leena Kaunisto. Suomen Akatemia on avustanut tutkimusta Seppo Kaunistolle myöntämänsä varttuneen tieteenharjoittajan apurahan muodossa. Käsi kirjoituksen ovat lukeeet professorit Eero Paavilainen, Olli Uusvaara ja Yrjö Vuokila. Kaikille edellämmainituille ja myös muille tutkimuksessa avustaneille esitämme parhaat kiitoksemme.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Tutkimusmetsiköt

Tutkimusaineisto kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla laadittujen koesuunnitelmien mukaisesti 1960-luvulla turvemaille perustetuilta viljelytiheys- ja riviviljelykokeilta. Tutkittuja koalueita on 8, ja ne sijaitsevat kuudella eri paikkakunnalla eri puolilla Etelä-Suomea A. Ahlström Oy:n, Enso-Gutzeit Oy:n, Metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen maille. Yleistiedot koalueista on esitetty liitteessä 1.

Alkkian kokeet 30 ja 36 (aineisto 1) on perustettu vanhalle suoviljelykselle ja Aitonevan koe 3B (3) turvetuotannosta poistetulle suonpohja-alueelle. Aitonevan koe 3A (2) oli alkuperäiseltä suotyypiltään tupasvillanevaa, mutta sitä käytettiin useita vuosia palaturpeen kuivatuskenttänä. Neljässä kokeessa alkuperäinen suotyyppi oli rahkaneva (aineistot 4—7). Pääosa kokeesta 8 oli tupasvillanevaa. Vähäinen osa koalueesta kuitenkin oli lyhytkortista nevaa ja kahdella koelalla ilmeni suursarasuutta.

Maa-analyysin perusteella selvästi eniten oli tyyppä suonpohjan turpeessa (3, ks. liite 1). Suopeltojen (aineisto 1) turpeen kokonaistyyppipitoisuus oli keskinkertainen. Rahkanevoilla (4—7) turpeen tyyppipitoisuudet olivat alhaisemmat. Näillä tyyppipitoisuus oli tasolla, jolla typen käyttö fosforin ja kaliumin ohella lisää puuston kasvua (Kaunisto 1982a).

Aitonevalla (2 ja 3) ja Kivisuolla (4) metsiköt on perustettu pelkästään istuttamalla, mutta muualla puolet

koaloista on kylvetty. Metsänviljelyssä on käytetty paljasjuurisia 2+0 ja 2+1 vuotiaita taimia. Taimi- ja siemenmateriaalin alkuperä ei kaikissa kokeissa ole säilynyt tiedossa. Paikallista alkuperää on käytetty ainakin Alkkiassa, Aitonevalla, Kivisuolla ja Särkässä. Koska kylvötaimikoiden kehitys on ollut huomattavasti hitaampaa kuin istutustaimikoiden, kerättiin aineisto pelkästään istutuskoaloilta.

Maanmuokkauksessa on käytetty metsänviljelyauroja ja osalla kokeista auranpalteet on vielä jyrskitty. Muokatuilla koaloilla riviväli oli 1,5 (2,0) ja 3,5 m. Istutus-etiäisyys vaihteli rivillä 0,5:stä 2,5 m:iin. Istutus tiheys oli siten 1600—10000 kpl/ha (taulukko 1). Luontaisesti syntyneitä männynntaimia oli alueilla vain niukalti.

Taimikot on perattu 1970-luvulla, eikä lievistä uudelleen vesottumisesta huolimatta hieskoivusta ole ollut haittaa taimikoiden kehitykselle. Taimikonharvennuksia ei ole tehty. Alkkian suoviljelyksille perustetuilla koalueilla on tehty heinäntorjunta useana viljelyä seuranneena vuotena.

Metsänviljelyn yhteydessä viljelykohdat lannoitettiin laikku- tai kaistalannoituksena. Koalueet jatkolannoitettiin 1970—1980 -luvulla (liite 2). Lisäksi vuonna 1975 tehtiin hivenlannoituksia Alkkian (koe 36), Jyrkän, Kivisuon ja Särkän koalueilla, koska niillä oli esiintynyt kasvuhäiriöitä. Hivenlannoitukset tehtiin riveittäin saran suunnassa samanlaisina eri viljelytiheyksillä. Kun tätä tutkimusta varten koalat on inventoitu saran poikittaissuunnassa, ei hivenlannoitus ole voinut vaikuttaa

Taulukko 1. Istutusetäisyydet ja viljelytiheydet eri kokeissa.
Table 1. Planting spacings in different experiments.

Koe Experiment	Riviväli Row spacing m	Taimiväli Plant spacing in rows, m	Taimia, kpl/ha No of plants/ha
Alkkia 30	1,5 ja 3,5	1,0, 1,5, 2,0	2000, 2667, 4000
Aitoneva 3A 3B	1,0, 1,25, 1,50, 1,75, 2,0, 2,25, 2,50	1,0, 1,25, 1,50, 1,75, 2,0, 2,25, 2,50	1600, 1975, 2500, 3265, 4444, 6400, 10000
Kivisuo	2,0 ja 3,5	0,5, 1,0, 1,5	2400, 3550, 7100
Alkkia 36 ja 37 Särkkä, Jyrkkä ja Kaunisvesi	1,5 ja 3,5	0,5, 1,0, 1,5	2667, 4000, 8000

viljelytiheyttä koskeviin tuloksiin. Hivenlannoituksen merkitys on jätetty kokonaan tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Kokeessa 6 (Alkkia 37) on NPK-lannoitetuilta koealoilta löytynyt kuivumisvaurioita ja Jyrkän kokeessa lumikaristeen aiheuttamia vaurioita, mutta muita tuhoja ei ole todettu.

Puustotunnuksia ja niiden vaihtelua on esitelty taulukoissa 2 ja 3. Metsiköiden ikä vaihteli koalueesta riippuen 18:sta 22 vuoteen (taulukko 2). Puiden lukumäärän vaihteluväli inventointihetkellä oli 833—8148 kpl/ha. Koalojen jakautuminen runkolokuluokkiin eri kokeissa on esitetty liitteessä 3. Kaikki puut mukaan lukien rinnankorkeusläpimitan koalueittaiset keskiarvot olivat välillä 2,5—8,4 cm ja puuston keskipituudet välillä 2,44—5,91 m (taulukko 2). Kahdentuhannen valtataimen keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat ja pituudet olivat jonkin verran edellä mainittuja suurempia (taulukko 3). Metsiköt voitiin jakaa kahteen ryhmään, varsinaisessa taimikkovaiheessa oleviin (aineistot 6—8) ja varhaisen riukumetsävaiheen taimikoihin (1—5).

22. Mittaukset

Mittaus suoritettiin kaista-arviointina kohtisuoraan oijen suuntaan vastaan. Kokeissa 1—3 ja 5—8 valittiin koealan keskeltä yksi kaista. Kokeessa 4 koealoilla 422—460 mitattiin kaksi kaistaa siten, että toinen kaista oli 10 m koealan pohjoispäästä ja toinen kaista oli 10 m koealan eteläpäästä. Mittauskaistaan kuului kolme taimiriviä ja kaistan leveys oli kolme kertaa viljelyväli. Esim. viljelyvälin saran suunnassa ollessa 1,0 m kaistan leveys oli 3,0 m. Kokeen 4 koealoilta 461—472 mitattiin lannoituskäsitellyt O, PK ja NPK (ks. liite 2). Mittauskaistan keskimmäisen rivin lähimpänä sarkaojaa oleva puu merkittiin kolmelta eri suunnalta sinisellä maali-merkillä. Vastaavasti aloituskohta merkittiin koelakarttoihin.

Mittauskaistan jokaisesta istutustaimesta mitattiin $D_{1,3}$ (mm) eteensattuvalta puolelta ja mittauskaistan keskimmäisestä rivistä (rivi 2) mitattiin edellisen lisäksi seuraavat tunnuksat:

- elävien oksien alaraja, dm
- paksuimman kuivan oksan paksuus, mm, 3 cm: etäisyydellä rungosta

- paksuimman tuoreen oksan paksuus, mm, 3 cm: etäisyydeltä rungosta mitattuna 2 m:n korkeutta juurenkasta lähimpänä olevasta oksakiehkurasta
- pituus, dm

Kaikista kokeista otettiin osalta koealoja turpeen pintakerroksesta (5—10 cm) turvenäytteet, joista määritettiin kokonaistyyppipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä. Muista kokeista poikkeavien tuloksien vuoksi tehtiin Aitonevan kokeesta 3A perusteellisemmat ravinneanalyysit ravinnetalouden mahdollisten vaikutusten selvittämiseksi. Kaikilta lannoitetuilta koealoilta määritettiin kokonaistyyppipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä sekä fosfori ja kalium happamasta (pH 4,8) NH_4OAc -uutoksesta.

23. Laskenta

Laskettaessa viljelytiheyden vaikutusta taimien kuoleisuuteen käytettiin kaksisuuntaista varianssianalyysiä. Puustotunnusten ja elävien puiden lukumäärän välisiä riippuvuuksia testattiin regressio- ja korrelaatioanalyysillä. Laskennassa yhdistettiin Alkkien suopelloille perustetut kokeet (n:ot 30 ja 36), koska kokeet oli perustettu lähemmäksi sijaitseville samanlaisille kasvualustoille. Mikäli eroja on ilmennyt, on tulokset esitetty kummallekin kokeelle erikseen. Samoin Kivisuon eri lohkoja käsiteltiin yhtenä kokeena, koska lohkot kuuluivat alunperin samaan kokeeseen ja erosivat toisistaan vasta myöhemmin tehtyjen lannoitusten osalta. Alustavassa laskennassa ei havaittu oleellisia eroja eri lohkojen välillä.

Tulokset laskettiin koalueittain koko aineistolle ja osa-aineistolle, johon valittiin hehtaaria kohti 2000 valtatainta. Jälkimmäisessä tapauksessa laskenta pyrittiin keskittämään siihen puuston osaan, joka nykykäytännön mukaisessa taimikonharvennuksessa muodostaisi kasvatettavan puuston. Eräissä tapauksissa puustotunnukset laskettiin myös 1000 valtataimelle. Valtataimet valittiin puiden pituuden perusteella, mikä vastaa taimikonharvennuksissa yleensä vallitsevaa menettelyä.

Lannoituksen vaikutusta oksikkuuteen selvitettiin kovarianssianalyysillä. Luokittelijoina käytettiin perus- ja jatkolannoitusta sekä näiden yhdysvaikutusta. Kovariaattina oli rinnankorkeusläpimita.

Taulukko 2. Puustotunnusien keskiarvot ja vaihteluvälit eri kokeissa. Kaikki puut.
Table 2. Mean stand parameters and their range in different experimental areas. All trees.

Koe Experiment	Koeputia, kpl — No of sample trees		Runkoluku, kpl/ha Stem no/ha	Ikä Age a	d _{1,3} mm	h m	Elävä latvus — Living crown		Paksuin oksa — Thickest branch		
	Rivi 1 ja 3 ¹⁾ Rows 1 and 3 ¹⁾	Rivi 2 Row 2					Pituus Crown length m	Latvussuhde Crown ratio %	Latvusraja Crown limit m	Kuollut Dead mm	Elävä Living mm
1 Aikkia 30 ja 36	492	949	3269 1333—7667	18—20	73,7 47,8—92,7	5,33 4,39—6,69	3,32 1,84—4,03	62,4 35,9—74,5	2,00 1,27—3,29	16,9 11,6—23,4	18,9 12,9—23,6
2 Aitoneva 3A	607	1232	2686 880—8148	22	59,4 29,0—93,7	4,82 2,48—6,56	2,78 1,52—3,89	58,5 46,2—70,6	2,04 0,96—3,44	11,2 5,9—17,0	12,5 5,6—20,5
3 Aitoneva 3B	739	1443	3064 1276—7899	22	84,2 61,8—114,4	5,91 4,33—7,20	3,57 2,88—4,59	60,7 50,5—76,1	2,34 1,17—3,28	15,3 11,2—20,1	18,1 13,6—23,4
4 Kivisuo	431	836	2227 1200—4438	21	76,7 19,1—101,5	5,58 2,57—6,89	2,90 1,63—3,96	52,2 37,0—69,3	2,68 0,79—3,32	19,4 6,6—27,5	19,4 6,6—27,5
5 Särkkä	325	616	4205 2000—7500	19—20	57,1 38,3—78,2	4,53 3,60—5,62	2,94 2,12—4,02	64,6 56,4—75,0	1,59 1,10—1,88	13,5 8,8—18,9	13,8 9,00—18,50
6 Aikkia 37	281	561	3504 833—7167	18—19	25,5 9,4—52,8	2,44 1,41—4,23	1,81 1,00—2,85	74,3 65,6—84,1	0,63 0,33—1,38	6,80 3,4—12,7	7,3 3,1—13,0
7 Kaunisvesi	320	579	3803 1667—7167	18—19	40,5 18,3—70,2	3,16 1,83—4,80	2,42 1,25—3,82	76,2 68,3—84,8	0,74 0,50—1,15	10,9 6,2—17,0	10,9 6,2—17,0
8 Jyrkkä	455	925	2813 1611—6750	19—20	29,7 19,1—52,4	2,63 1,94—3,94	1,67 1,08—2,71	63,1 50,7—69,3	0,96 0,78—1,26	8,3 5,8—10,8	7,3 4,6—11,5

1) Puista mitattiin vain d_{1,3} — Only d_{1,3} measured.

Taulukko 3. Valtataimista (2000 kpl/ha) laskettujen puustotunnusten keskiarvot ja vaihteluvälit eri kokeissa.

Table 3. Mean stand parameters and their range of 2000 dominant trees (according to height) in different experimental areas.

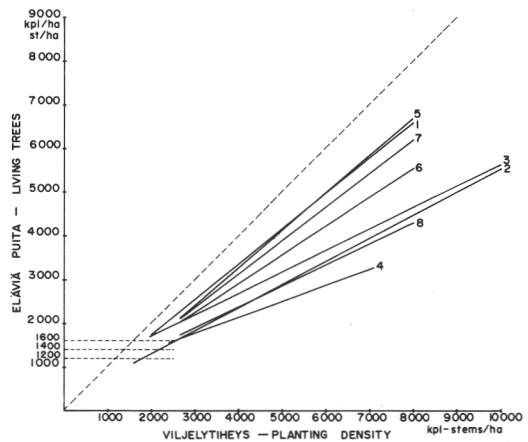
Koe Experiment	d _{1,3} mm	h m	Elävä latvus — Pituus Crown length m	Living crown Latvussuhde Crown ratio %	Latvusraja Crown limit m	Paksuin oksa — Kuollut Dead mm	Elävä Living mm
1 Alkkia 30 ja 36	77,5 51,0—98,1	5,73 4,59—7,17	3,66 2,62—4,63	64,1 46,1—74,9	2,07 1,27—3,06	18,0 12,0—27,0	20,3 13,8—25,6
2 Aitoneva 3A	63,8 35,6—96,3	5,23 3,35—7,54	3,08 2,00—3,96	59,5 46,4—70,6	2,16 1,20—3,58	12,0 6,40—17,30	13,6 7,1—21,4
3 Aitoneva 3B	88,6 68,7—116,2	6,36 4,86—7,75	3,92 3,31—4,64	62,00 52,2—76,1	2,44 1,17—3,26	16,6 11,4—23,2	19,8 16,1—23,4
4 Kivisuo	77,8 21,5—103,6	5,81 2,67—7,08	3,11 1,85—4,18	53,7 39,4—77,1	2,70 0,82—3,46	20,1 8,6—32,4	20,2 7,3—27,5
5 Särkkä	61,0 43,7—79,2	5,12 3,96—5,87	3,40 2,76—4,17	66,6 60,2—76,0	17,12 11,3—21,0	14,8 10,3—19,3	15,7 11,4—19,7
6 Alkkia 37	30,2 11,5—59,4	2,84 1,73—4,58	2,13 1,25—3,25	75,6 68,3—84,1	0,71 0,33—1,45	7,77 3,4—15,1	8,95 3,5—15,0
7 Kaunisvesi	45,9 23,3—71,3	3,74 2,42—5,00	2,92 1,78—3,90	78,2 69,4—84,8	0,82 0,53—1,53	8,9 5,1—13,7	12,8 8,0—17,0
8 Jyrkkä	32,6 20,6—54,0	2,87 2,16—4,04	1,87 1,29—2,81	65,1 52,8—70,2	1,00 0,78—1,36	8,7 6,3—11,0	8,1 5,1—11,8

3. TULOKSET

31. Taimien kuolleisuus

Taimien kuolleisuudesta koealueilla on aikaisempia havaintoja vain Kivisuon ja Särkän kokeista (4, 5) ja niistäkin ainoastaan osalta koealoja tai koko alueen keskiarvoina. Inventointihetkellä elävien taimien ja istutettujen taimien lukumäärän välillä vallitsi kiinteä positiivinen riippuvuus (kuva 1, liite 4). Elävien taimien lukumäärä poikkesi viljelytymien taimien lukumäärästä sitä enemmän, mitä suurempi alkuperäinen viljelytiheys oli. Erot elossaolosadanneksessa eri viljelytiheyksien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä kuitenkin vain Kivisuon kokeessa (taulukko 4). Elosaolosadannes oli korkein Alkkian suopelloille perustetussa kokeessa (keskimäärin 84,7 % ks. myös Paavilainen 1970 ja 1977). Myös Särkän kokeessa (5) elossaolosadannes oli yli 80. Aikaisemmassa inventoinnissa v. 1970, kolme kasvukautta istutuksen jälkeen, istutustaimia oli tässä kokeessa elossa keskimäärin 95 %.

Suurin taimikato on ollut Jyrkän (8) ja Kivisuon (4) kokeissa. Ensinmainitussa ko-



Kuva 1. Elävien puiden lukumäärän riippuvuus alkuperäisestä viljelytiheydestä.

1. Alkkia 30 ja 36, 2. Aitoneva 3A, 3. Aitoneva 3B, 4. Kivisuo, 5. Särkkä, 6. Alkkia 37, 7. Kaunisvesi, 8. Jyrkkä.

Fig. 1. Dependence of the number of live trees on the original planting density.

1. Alkkia 30 and 36, 2. Aitoneva 3A, 3. Aitoneva 3B, 4. Kivisuo, 5. Särkkä, 6. Alkkia 37, 7. Kaunisvesi, 8. Jyrkkä.

Taulukko 4. Taimien elossaolosadanneksen riippuvuus viljelytiheydestä eri kokeissa.
 Table 4. Dependence of survival (%) on planting density in different experiments.

Koe Experiment	Taimia elossa — Live transplants, %							F		
	1975/2000	2400, 2500 2667	Viljelytiheys, kpl/ha — Number of transplants/ha at afforestation				10000		\bar{x}	
			3265/3550	4000/4444	6400	7100	8000			
1 Alkkia 30 & 36	84,9	86,3		84,1			82,3	84,7	0,23	
2 Aitoneva 3A	62,1	67,2	66,8	56,3	52,7			56,5	60,5	0,81
3 Aitoneva 3B	76,1	68,2	75,0	68,4	69,2			52,6	68,2	2,30
4 Kivisuo		64,8	57,0			46,0			56,0	11,19***
5 Särkkä		82,1		79,4			83,5		81,8	0,61
6 Alkkia 37		79,4		70,8			69,5		73,3	0,44
7 Kaunisvesi		79,4		77,6			77,3		78,1	0,16
8 Jyrkkä		68,2		57,4			54,0		59,9	3,24

Taulukko 5. Alkuperäisen viljelytiheyden ja peruslannoituksen vaikutus elossaolosadanneeseen Aitonevan kokeissa (2 ja 3). Varianssianalyysi.
 Table 5. Effect of the original planting density and basic fertilization on survival (%) in the Aitoneva experiments (2 and 3). Analysis of variance.

Koe Experiment	Viljely- lannoitus ¹⁾ Fertilization at planting ¹⁾ g	Taimia elossa — Live transplants, %						F-arvot — F values			
		Viljelytiheys — Planting density						\bar{x}	Viljelytiheys Planting density	Viljely- lannoitus Fertilization at planting	Yhdysvaikutus Interaction
		1975	2400	3265	4444	6400	10000				
2 Aitoneva 3A	15	54,2	55,0	80,0	64,9	62,9	59,2	62,6			
	30	68,6	73,9	71,6	43,4	49,3	60,5	61,2	0,74	0,44	0,84
	60	63,5	69,4	49,0	60,6	46,5	50,0	56,6			
	\bar{x}	62,1	66,1	66,9	56,3	52,7	56,6	60,5			
3 Aitoneva 3B	15	86,5	83,4	76,6	78,5	73,4	69,0	77,9			
	30	72,8	57,0	78,7	68,0	68,6	55,5	66,8	2,92*	6,60**	0,68
	60	69,1	64,4	69,9	58,9	65,6	33,3	60,2			
	\bar{x}	76,2	68,3	75,1	68,5	69,2	52,6	68,2			

¹⁾ Metsän Y-lannos suomaille — NPK fertilizer for peatland forests (14-7, 7-8,3)

keessa taimien runsaaseen kuolemiseen on saattanut olla syynä viljelylannoituksen puuttuminen ja puutteellinen ojitus. Koetta perustettaessa tehtiin pelkkä vaotus ja varsinainen ojitus tehtiin vasta viisi vuotta istutuksen jälkeen. Tällöinkin kuivatus jäi puutteelliseksi liian suuren sarkaleveyden (60 m) ja vähäisen kaltevuuden vuoksi.

Kivisuon kokeen taimikuolleisuuteen on syynä 1970-luvun alusta lähtien ilmenneet runsaat kasvuhäiriöt. Vuonna 1975 osa koealoista sai Cu-, B- ja Mn-lannoituksen. Hivenlannoituksen ansiosta sekä uusien kasvuhäiriöiden syntyminen että taimien kuolleisuus vähenivät (Veijalainen 1982).

Tutkituista alueista ainoastaan Aitoneval-

la oli erilaisia viljelylannoituksia. Suonpohjan turpeelle perustetussa kokeen osassa taimien elossaolosadanne aleni tilastollisesti merkitsevästi alkuperäisen viljelytiheyden ja lannoitemäärän kohotessa, kuten taulukosta 5 ilmenee (ks. myös Heikurainen ym. 1966). Taimien kuolleisuus lisääntyi lannoiteannoksen kohotessa selvästi eniten suurimmalla alkuperäisellä viljelytiheydellä. Tiheyden ja viljelylannoituksen yhdysvaikutus ei kuitenkaan tullut tilastollisesti merkitseväksi. Jatkolannoitus ei sen sijaan lisännyt kuolleisuutta.

Vertailtaessa runkolukuja koealoilla KML Tapion suosituksiin (Etelä-Suomen ... 1981) todetaan, että Aitonevan kokeissa (2 ja 3) sekä Alkkian suopeltojen (1) ja Kivisuon (4) ko-

keissa esiintyy täydennystarvetta, kun täydennysrajana käytetään kuivahkon kankaan (VT) runkolukuohjetta, jota kasvupaikat puiden pituusboniteetin mukaan arvioituna lähinnä vastaavat (taulukko 6). On kuitenkin muistettava, että kokeissa 2—4 syynä ovat lähinnä olleet ravinnetasapainohäiriöt. Neljässä pituusboniteetiltaan lähinnä kuivia kankaita vastaavassa kokeessa (5—8) kaikkien koealojen runkoluvut ylittivät viljavimmillekin kasvupaikoille esitetyn vähimmäisrunkolukuohjeen. Em. ohjeen mukaan taimikko on perustettava uudelleen, jos esim. 3—5 m:n pituusvaiheessa kasvatuskelpoiseksi hyväksyttäviä taimia on alle 700 kpl/ha. Mainittakoon, että koealueilla ei ollut tällä perusteella ainoatakaan uudelleenmetsityksen tarpeessa olevaa koealaa. Kuvasta 1 todetaan, että täydennystarvetta esiintyi erityisesti harvaan viljelyillä koealoilla. Noin 2500 taimen istutus hehtaarille näyttää kaikissa tapauksissa olleen riittävä turvaamaan 1600 tainta hehtaarille inventointitihetkellä.

Koealueiden metsittymistä voidaan pitää verrattain hyvin onnistuneena varsinkin, kun otetaan huomioon, että luvut edustavat vain viljelytaimia. Viljelyn onnistuminen on kokeissa 2, 3 ja 4 samaa tasoa kuin kangasmaiden inventoinneissa on todettu, mutta muissa kokeissa parempi kuin kangasmailla (ks. esim. Karjula ym. 1982).

32. Rinnankorkeusläpimitta

Riukuasteen taimikoissa (kokeet 1—5) kaikkien puiden keskiläpimitta oli yleensä sitä suurempi, mitä pienempi oli taimitiheys (kuva 2a, liitteet 5 ja 6, ks. myös esim. Sjolte—Jørgensen 1967, Persson 1977). Poikkeuksena oli koe 2, jossa runkoluvun ja rinnankorkeusläpimitan välillä ei ollut riippuvuutta (liitteet 5 ja 6). Kokeen 2 poikkeavaa tulosta pyrittiin selvittämään myös turpeen ravinnetalouden vaihtelun avulla, jolloin kasvatustiheyden lisäksi regressioanalyysiin otettiin mukaan turpeen kokonaistyyppitoisuus sekä vaihtuva fosfori ja kalium. Rinnankorkeusläpimitan ja em. ravinnepituuksien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta.

Varsinaisissa taimikoissa (kokeet 6—8) riippuvuus oli lievä (koe 7) tai se ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kokeet 6 ja 8). Negatiivinen riippuvuus oli tilastollisesti erittäin merkitsevä kokeissa 1, 3, 4 ja 5 (liite 5). Lineaarinen malli kuvasi kaikissa tapauksissa paraboloidista mallia paremmin läpimitan ja tiheyden välistä vuorosuhdetta. Myös tiheysluokkien välisissä varianssianalyysillä tehdyissä vertailuissa tilastollisesti merkitsevät erot esiintyivät em. riukuvaiheen kokeissa (liite 6).

Hyvin edellä esitetyn kaltainen tulos oli

Taulukko 6. Koealojen jakautuminen (%) kehityskelpoisuusluokkiin eri kokeissa. Sisältää vain koealat, joissa alkuperäinen viljelytiheys on 1975—2667 kpl/ha. Sulkeissa olevat luvut kuvaavat aineistoa, jossa myös lannoittamattomat koealat ovat mukana.

Table 6. Distribution of sample plots (%) into developmental classes. Includes only the plots with original planting density of 1,975—2,667 transplants/ha. Figures in brackets represent the material including also the unfertilized sample plots.

Koe Experiment	Kehityskelpoisuusluokka, taimia kpl/ha Developmental class, No of transplants/ha				Σ
	≤ 1200 (CT)	1201—1400 (VT)	1401—1600 (MT)	> 1600	
1 Alkkia 30 ¹⁾ 36	—	2,1	4,2	93,7	100,0
2 Aitoneva 3A ¹⁾	28,6 (32,0)	21,4 (28,0)	7,1 (4,0)	42,9 (36,0)	100,0
3 Aitoneva 3B ¹⁾	0,0 (4,2)	25,0 (50,0)	33,3 (16,7)	41,7 (29,1)	100,0
4 Kivisuo ¹⁾	—	11,8	52,9	35,3	100,0
5 Särkkä ²⁾	—	—	—	100,0	100,0
6 Alkkia 37 ²⁾	—	—	—	100,0	100,0
7 Kaunisvesi ²⁾	—	—	—	100,0	100,0
8 Jyrkkä ²⁾	—	—	—	100,0	100,0

¹⁾ Vastaa pituusboniteetiltaan lähes VT:ä.

Corresponds nearest to Vaccinium-vitis-ideae site type (classification based on height over age)

²⁾ Vastaa pituusboniteetiltaan CT:ä tai huonompaa.

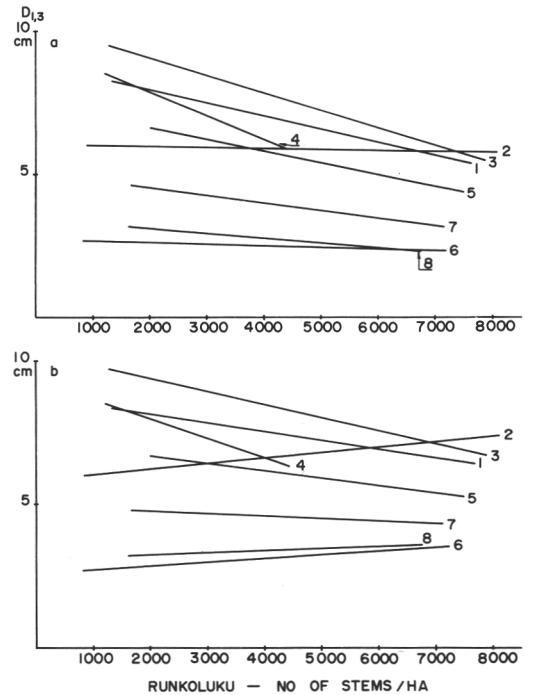
Corresponds to Calluna vulgaris site type or poorer (classification based on height over age)

Kuva 2. Rinnankorkeusläpimitan riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 valta-
taimta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

Fig. 2. Dependence of breast-height diameter on stem number in different experiments. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.

myös 2000 (kuva 2b, liitteet 5 ja 6) ja 1000 (liite 6) valtaimen läpimitan ja tiheyden välisessä vertailussa. Riippuvuus oli negatiivinen tilastollisesti merkitsevissä tapauksissa, kun tarkasteltiin neljää riukuvaiheen taimikkoa (kokeet 1, 3, 4 ja 5, liite 5). Se ei kuitenkaan ollut aivan yhtä kiinteä kuin kaikkien taimien keskiarvon ja tiheyden välillä. Neljässä muussa kokeessa (2, 6, 7 ja 8) tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta ei ollut todettavissa (liitteet 4 ja 5).

Runkolukusarjat esitetään ainoastaan neljästä varttuneimmasta taimikosta (kokeet 1—4), joissa järeysuhteiden kehitys on pisimmällä (kuva 3). Rinnankorkeusläpimitan ollessa 6 cm:ä suurempi voidaan olettaa 2



Taulukko 7. Vaihtoehtoisia rinnankorkeudelta mitattuja minimiläpimittoja vastaavien käyttörunkojen lukumäärät eri kasvatustiheyksillä.
Table 7. No of merchantable stems having different breast-height diameters according to stand density.

Koe Experiment	Kasvatustih. kpl/ha No of stems/ha	Otos kpl No of sample trees	Käyttörunkoja kpl/ha, kun $d_{1,3}$ on No of merchantable stems/ha, when $d_{1,3}$ is				
			> 60 mm	> 70 mm	> 80 mm	> 90 mm	> 100 mm
1 Alkkia 30 & 36	1500	176	1150	997	780	537	273
	2500	544	2008	1728	1333	942	538
	3500	468	2475	2087	1571	965	462
	6500	117	3055	1944	1167	556	332
	7500	178	3075	2022	1180	337	83
2 Aitoneva 3A	1500	659	699	512	350	239	182
	2500	649	1175	836	651	458	118
	3500	106	1124	792	495	297	144
	4500	123	1868	1171	659	366	90
	5500	98	2299	1403	786	281	0
7500	62	4478	3508	2419	1452	848	
3 Aitoneva 3B	1500	844	1306	1201	1056	885	718
	2500	455	1880	1593	1335	1093	852
	3500	240	2552	2275	1823	1385	889
	4500	290	3137	2421	1738	1040	684
	5500	244	3537	2615	1826	1150	721
7500	109	3990	1968	1307	826	278	
4 Kivisuo	1500	701	1308	1117	901	627	365
	2500	270	1713	1417	1065	694	325
	3500	157	2520	1939	1159	646	290
	4500	139	2394	1457	809	550	261

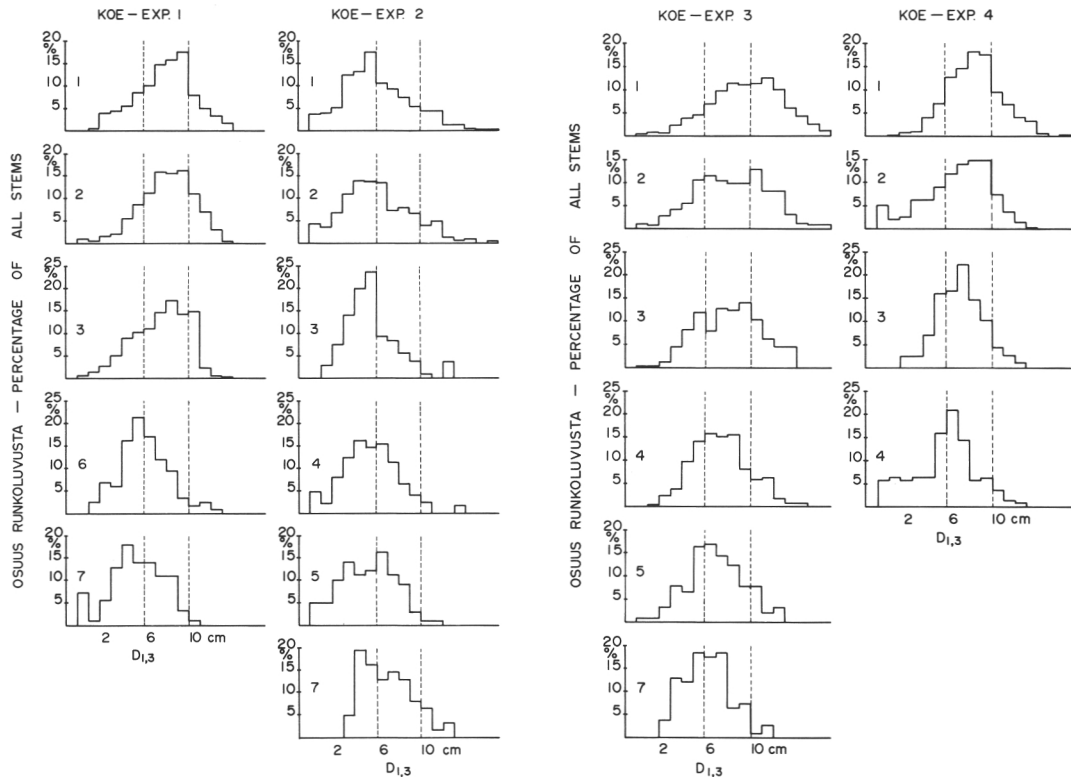
m:n pituisen tyvipölkyn latvaläpimitan kuoren päältä vielä täyttävän kuitupuun minimikoon. Kuvasta 3 havaitaan, että näin määriteltynä kuitupuurunkojen osuus yleensä väheni melko voimakkaasti tiheyden lisääntyessä. Poikkeuksena oli jälleen kokeen 2 tiheysluokka 7000—7999 kpl/ha.

Käyttörunkojen hehtaarikohtaiset lukumäärät laskettiin suhteellisten osuuksien avulla jokaisen tiheysluokan keskiarvosta käyttäen useita minimiläpimittavaatimuksia. Kun minimiläpimittana pidettiin 6 cm:ä, selvästi vähiten käyttörunkoja tuotti tiheysluokka 1500 kpl/ha (taulukko 7). Alkkian ja Kivisuon kokeissa (1 ja 4) yli 6 cm:n rajan rinnankorkeudelta saavutti 2400—3100 puuta/ha tiheysluokissa 3500—7000. Aitonevan kokeilla (2 ja 3) käyttörunkojen lukumäärä oli suurimmissa tiheysluokissa runsaasti yli 3000 kpl/ha.

Tulosta voidaan verrata Parviaisen (1978) ja Varmolan (1982) harvennustiheyskokei-

siin, joissa puuston kehitysvaihe oli lähinnä sama kuin tässä aineistossa. Parviaisen mukaan käyttöpuun määrä ($d_{1,3} > 6,5$ cm) oli yleensä suurin luonnontilaisissa metsiköissä, joiden runkoluku oli 2800—5800 kpl/ha. Tällöin 6,5 cm rajan ylitti 2100—2700 runkoa/ha, mikä on samaa suuruusluokkaa kuin nyt saatu tulos vastaavissa tiheysluokissa (ks. myös Nyysönen ja Alalammi 1968, Vuokila 1972). Tutkittujen riukuvaiheen taimikoiden (kokeet 1—4) pituuskehitys vastasi Varmolan (1982) aineiston puolukkatyyppin ($H_{100} = 24$ m) kylvötaimikoiden alkukehitystä. Kyseisen tutkimuksen mukaan parhailla metsätyypeillä ($H_{100} = 24$ m ja paremmat) käyttöpuun määrä, kun latvaläpimittavaatimus oli 5,5 cm, lisääntyi tiheydelle 4000 kpl/ha, jolloin n. 2800 runkoa täytti ainespuurungon mitat.

Kun läpimittavaatimusta nostetaan 1 cm:n luokissa, suurin käyttörunkojen lukumäärä siirtyy asteittain pienempiin kasvatustiheyk-



Kuva 3. Puiden lukumäärän prosentuaalinen jakautuminen rinnankorkeusläpimittaluokittain eri tiheysluokissa eri kokeissa. 1 = 1000—1999, 2 = 2000—2999 kpl/ha jne.

Fig. 3. Percentual distribution of stem number by the breast-height diameter classes in the different spacing classes. 1 = 1,000–1,999, 2 = 2,000–2,999 stems/ha, etc.

siin. Kymmenen cm:n minimiläpimitan täyttävien runkojen lukumäärä oli koetta 2 lukuunottamatta suurin tiheysluokissa 1500—3500 kpl/ha. Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 10 cm:n puiden määrä on puuston varhaisesta kehitysvaiheesta johtuen vähäinen, eikä vielä voida selvittää 10 cm:ä paksumpien runkojen maksimaalista lukumäärää. Luvut antavat kuitenkin viitteitä tiheyden vaikutuksesta puuston järeytymiseen. Ainoastaan Aitonevan 3B-kokeen runkoluvut yli 10 cm:n luokassa ovat lähes sitä suuruusluokkaa, mikä ensiharvennusvaiheessa on mahdollista saavuttaa (ks. esim. Parviainen 1978).

33. Pituus

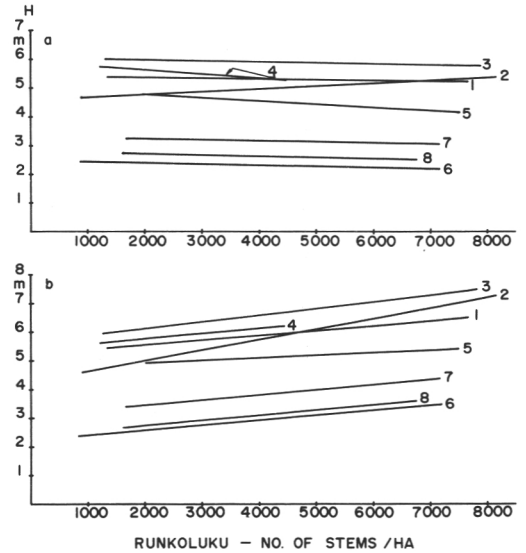
Selviteltäessä taimitiheyden vaikutusta puiden pituuskehitykseen on puiden koelakohittaisen keskipituuden ja 2000 valtataimen pituuden ohella tarkasteltu tiheyden vaikutusta myös 1000 valtataimen pituuteen. Kaikissa tapauksissa kokeiltiin sekä suoraviivaista että paraboloidista mallia.

Kaikki puut käsittävässä aineistossa keskipituus väheni yleensä jonkin taimitiheyden lisääntyessä, mutta riippuvuus oli vain Särkän kokeessa tilastollisesti osoitettavissa (kuva 4a, liite 7, ks. myös Elfving 1975, Varmola 1982, Huuri ym. 1984). Riippuvuus oli kaikissa tapauksissa lineaarinen.

Sen sijaan 2000 valtataimen pituuden ja taimitiheyden välillä vallitsi lievä positiivinen riippuvuus, joka kokeita 4 ja 5 lukuunottamatta oli tilastollisesti merkitsevä ($P < 0.05$ %, liite 7, kuva 4b). Tiheäpuustoisimmilla koelaloilla puut olivat n. 40—130 cm pidempiä kuin harvimmissa asennoissa (kuva 4b, liite 8). Riippuvuus oli kaikissa erillisissä kokeissa lineaarinen.

Myös 1000 valtataimen ja taimitiheyden välinen regressio oli positiivinen, mutta ainoastaan kolmessa kokeessa tilastollisesti merkitsevä (liite 7). Tiheäpuustoisimmilla koelaloilla puut olivat 30—160 cm pidempiä kuin harvimmassa asennossa (liite 8). Tilastollisesti merkitsevissäkin tapauksissa riippuvuus oli jonkin verran heikompi ja selitysaste alempi kuin edellä 2000 taimen yhteydessä todettu. Ainakin osittain lienee syynä ollut se, että 1000 valtataimen keskiarvot perustuvat vähäisempään aineistoon, jolloin hajonta yleensä lisääntyy.

Samankaltaisia tuloksia valtapituuden ja



Kuva 4. Puiden keskipituuden riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 pituusvaltainta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

Fig. 4. Dependence of tree height on stem number in different experiments. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.

tiheyden välisestä suhteesta ovat esittäneet myös Lönnroth (1925), Elfving (1975) ja Persson (1977). Perssonin aineistossa 1500 valtapuun pituus oli keskimäärin 60 cm ja 500 valtapuun 50 cm pidempi, kun istutusväli pieneni 2,5 m:stä 1,0 m:iin (tiheydet 1600 ja 10000 kpl/ha).

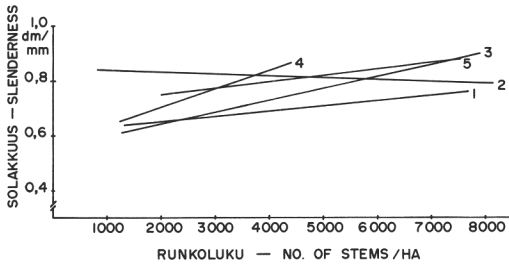
34. Rungon solakkuus

Puiden runkomuotoa kuvattiin solakkuuden eli puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan välisen suhteen avulla (kuva 5, liite 9). Tulokset esitetään ainoastaan riukuvaiheen taimikoista (aineistot 1—5).

Kuva 5 osoittaa tiheyden vaikutuksen 2000 valtataimen solakkuuteen. Kokeissa 1, 3, 4 ja 5 puut olivat sitä solakampia mitä tiheämpi taimikko oli (ks. esim. Varmola 1980, Huuri ym. 1984).

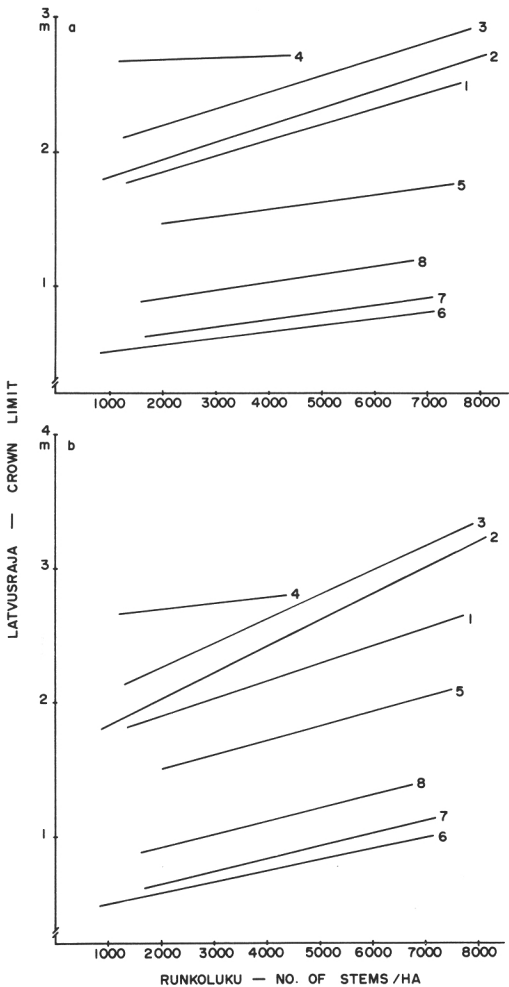
35. Latvuksen rakenne

Latvuksen rakennetta kuvattiin alimman elävän oksan korkeusasemalla, latvuksen pi-



Kuva 5. Valtataimien (2000 kpl/ha) rungon solakkuuden riippuvuus runkoluvusta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

Fig. 5. Dependence of the slenderness of dominant trees (2,000 stems/ha) on stem number. Key in Fig. 1.



Kuva 6. Latvuksen alarajan riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 valtatainta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

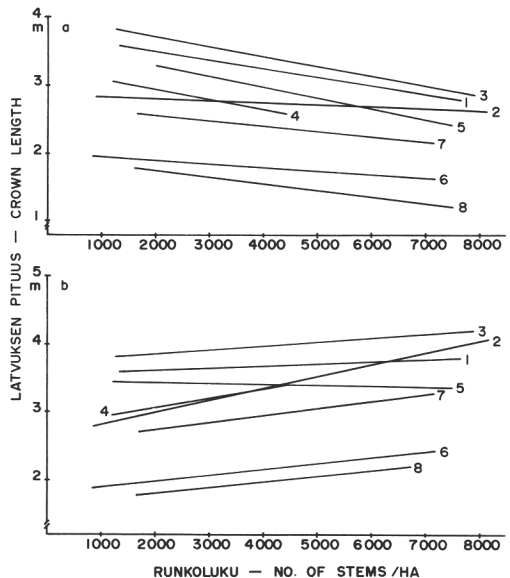
Fig. 6. Dependence of crown limit on stem number. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.

tuudella ja latvussuhteella (elävän latvuksen osuus puun koko pituudesta). Elävän latvuksen alarajana pidettiin alinta elävää oksaa. Yksittäistä elävää oksaa kuolleen oksakiehkuran alapuolella ei otettu huomioon.

Elävän latvuksen alaraja oli sitä korkeammalla mitä tiheämpää puusto oli, niin kaikki puut kuin 2000 valtataintakin käsittävissä aineistossa (kuvat 6a ja b, liite 10, ks. myös Persson 1977). Tilastollisesti merkitsevissä tapauksissa riippuvuus oli voimakkaampi 2000 valtataimen osa-aineistossa kuin kaikki puut käsittävissä aineistossa.

Elävän latvuksen pituus pieneni runkoluvun lisääntyessä kaikki puut käsittävissä aineistossa (kuva 7a, liite 11). Sen sijaan 2000 pituusvaltatainta käsittävissä osa-aineistossa elävä latvus oli yleensä sitä pidempi mitä suurempi taimitiheys oli, joskin vain kahdessa tapauksessa (kokeet 2 ja 4) tilastollisesti merkitsevästi (kuva 7b, liite 11).

Riukuvaiheen taimikoissa valtataimien latvusrajan korkeus oli, Särkän koetta lukuunottamatta, jo yli 190 cm, kun taimikon tiheys oli 2000 kpl/ha (kuva 6b). Oksien kuoleminen on edennyt hiukan nopeammin kuin kanervatyypin mäntytaimikossa (tiheys n.



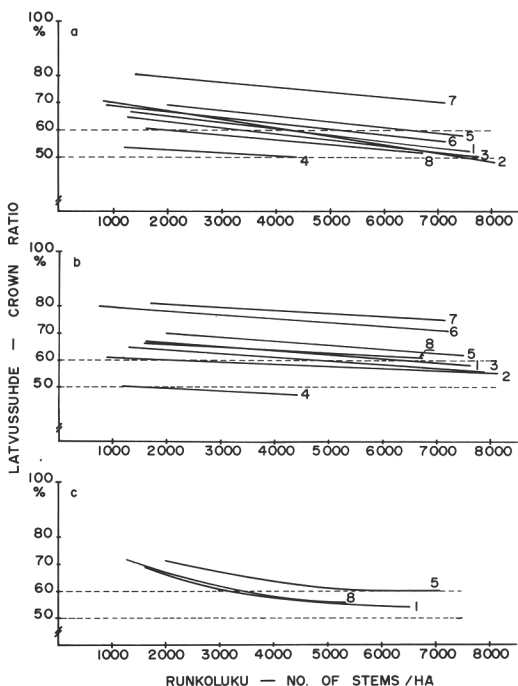
Kuva 7. Elävän latvuksen keskipituuden riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 valtatainta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

Fig. 7. Dependence of the mean length of live crown on stem number in different experiments. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.

2200 kpl/ha), jossa latvusraja 25 vuoden iällä oli n. 1,8 m:n korkeudella (Saksa ja Lyly 1984). Varsinaisissa taimikoissa latvusraja oli alle yhden metrin korkeudella osoittaen, ettei oksien kuoleminen ole vielä kunnolla alkanut.

Kaikkien puiden koelaitteina keskiarvona laskettu latvussuhde pieni kaikissa kokeissa puuston tiheyden kasvaessa (kuva 8a, ks. esim. Varmola 1980, 1982, Kellomäki ja Tuimala 1981, Saksa ja Lyly 1984). Riippuvuus oli useimmiten lineaarinen (liite 12). Latvussuhteen pieneneminen taimitiheyden kasvaessa oli Kivisuon koetta lukuunottamatta hyvin samansuuntainen eri kokeissa.

Ylöspäin aukeava paraboloidinen malli kuvasi suoraviivaista mallia paremmin latvussuhteen riippuvuutta tiheydestä kokeissa 1, 5 ja 8 (kuva 8c, liite 12), mistä voidaan päätellä, että kasvatustiheys oli vaikuttanut voimakkaammin latvussuhteeseen alhaisilla



Kuva 8. Latvussuhteen riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, suoraviivaiset mallit, b = 2000 valtatainta, c = kaikki puut, kokeet 1, 5 ja 8, paraboloidiset mallit. Merkkien selitykset ks. kuva 1.
 Fig. 8. Dependence of crown ratio on stem number in different experiments. a = all trees, linear models, b = 2000 dominant trees, c = all trees, Experiments 1, 5 and 8, quadratic models. Key in Fig. 1.

kuin suurilla tiheyksillä (ks. esim. Kellomäki ja Tuimala 1981).

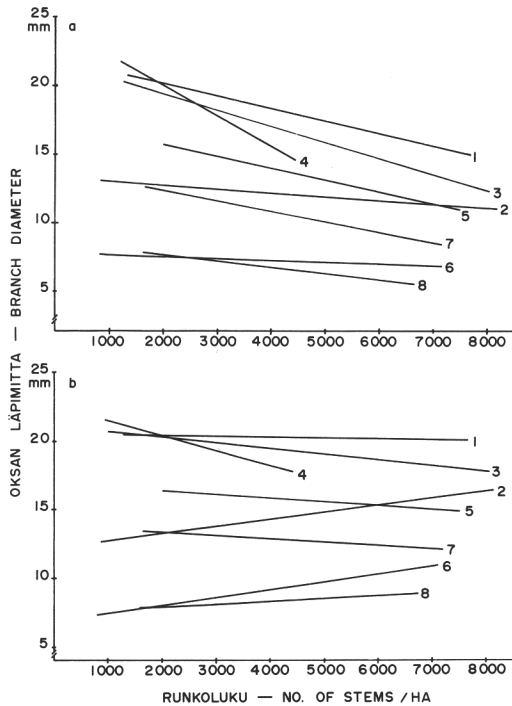
Myös valtataimien (2000 kpl/ha) latvussuhde pieni puuston tiheyden lisääntyessä, mutta mallien F-arvot ja selitysasteet alenivat selvästi (kuva 8b, liite 12). Latvussuhde oli 2000 valtataimen osa-aineistossa jonkin verran suurempi kuin kaikki puut käsittävässä aineistossa (ks. myös Laadukkaana ... 1984), mikä olikin oletettavissa jo edellä esitetyn elävän latvuksen pitiuden ja puiden lukumäärän välisen riippuvuuden perusteella. Valtataimien elävän latvuksen osuus lyheni yleensä 6—10 %-yksikköä tutkitulla tiheysalueella (kuva 8b, ks. esim. Kellomäki ja Tuimala 1981, Varmola 1982). Heikinheimon (1953) mukaan sulkeutuneissa mäntytaimikoissa latvussuhde on 15, 20 ja 25 vuoden iän kohdilla n. 75, 63 ja 57 %. Kehitys eri metsätyypeillä on hyvin samanlainen. Ainoastaan nuorella iällä CT:llä latvussuhde on hieman suurempi kuin toisilla metsätyypeillä. Latvussuhteen nopea lasku jatkuu 40—50 vuoden iälle saakka, jolloin se on n. 45—50 %. Kokeissa 1—5 ja 8 latvussuhde oli 18—22 vuoden ikäisenä samaa suuruusluokkaa kuin Heikinheimon (1953) tutkimuksessa. Alkian kokeessa 37 (6) ja Kaunisveden kokeessa (7) latvussuhde oli lähes samalla iällä 70—83 %. Syynä voidaan edellä esitetyn perusteella pitää muita huonompaa kasvupaikkaa, joilla latvus sulkeutuu hitaammin (ks. myös Uusvaara 1974).

36. Oksikkuus

361. Paksuimmat elävät oksat

Paksuimman elävän oksan läpimitta pieni suoraviivaisesti taimitiheyden kasvaessa (kuva 9a, liite 9, ks. myös Persson 1977, Varmola 1980, Kellomäki 1981, Jokinen ja Kellomäki 1982), kun tarkastelun kohteena olivat kaikki puut. Riippuvuus oli tilastollisesti erittäin merkitsevä kolmessa (kokeet 1, 3 ja 5) ja merkitsevät yhdessä (4) riukuvaiheen taimikossa. Riukuvaiheen puustoista ainoastaan Aitonevan 3A-kokeessa (2) riippuvuus ei ollut tilastollisesti merkitsevä (liite 13). Kasvatustiheyden lisääntymisellä oli suurin vaikutus paksuimman elävän oksan läpimittaan Kivisuon kokeessa (4).

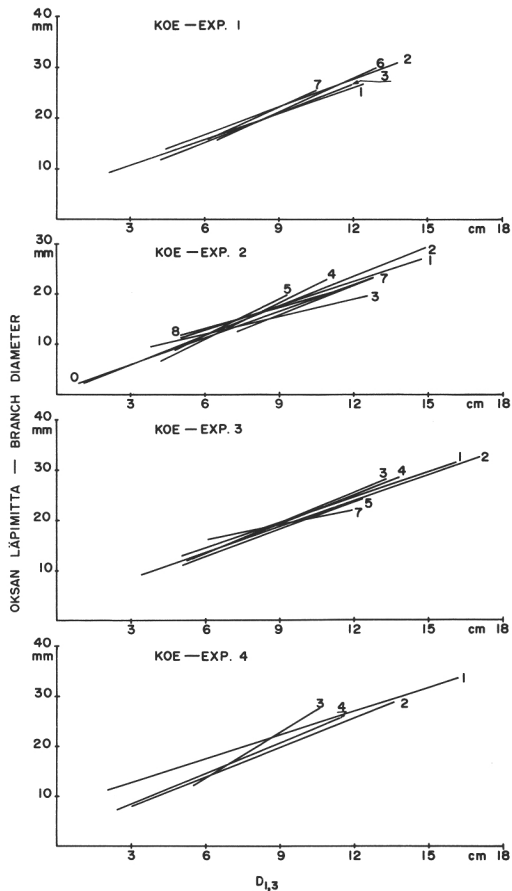
Sen sijaan 2000 valtataimen elävien oksien paksuuden ja puuston tiheyden välinen vuo-



Kuva 9. Paksuimman elävän oksan läpimitan riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 valtatainta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.
 Fig. 9. Dependence of the diameter of the thickest live branch on stem number in different experiments. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.

rovaikutus ei ollut yhtä selväpiirteinen kuin kaikilla taimilla (kuva 9b). Ainoastaan kokeissa 3 ja 4 negatiivinen riippuvuus oli tilastollisesti todettavissa (liite 13). Erot oksien paksuuksissa nykyisin käytettävien kasvustiheyksien (n. 2000 kpl/ha) ja tiheämpien taimikoiden (yli 4000 kpl/ha) välillä olivat n. 2–4 mm kokeissa 3 ja 4, kun tarkastelu-joukkona oli 2000 valtatainta/ha (liite 14). Vastaavien tiheysluokkien ero samoilla koel-alueilla 1000 valtataimien aineistossa oli 3,5 ja 9 mm (ks. myös esim. Kellomäki ja Tuimala 1981). Suurimmat elävän oksan pak-suuden keskiarvot olivat n. 21–23 mm (liite 14, ks. myös kuva 9b).

Oksien paksuutta tarkasteltiin 2000 valta-taimen osalta myös rinnankorkeusläpimitan funktiona eri tiheysluokissa. Kuvasta 10 ja liitteestä 15 todetaan, että paksuimman elävän oksan läpimitan ja rinnankorkeusläpimi-tan välinen riippuvuus on erittäin kiinteä (ks. myös Uusvaara 1974, Varmola 1980). Sen si-jaan puuston tiheys ei näytä sanottavasti vai-



Kuva 10. Pituusvaltataimien (2000 kpl/ha) paksuimman elävän oksan läpimitan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri tiheysluokissa kokeissa 1–4. 0 = <1000, 1 = 1000–1999, 2 = 2000–2999 kpl/ha jne.
 Fig. 10. Dependence of the diameter of the thickest live branch of dominant trees (2,000 stems/ha) on breast-height diameter in different density classes in Experiments 1–4. 0 = <1,000, 1 = 1,000–1,999, 2 = 2,000–2,999 stems/ha, etc.

kuttaneen oksien paksuuteen. Persson (1976) onkin todennut, että oksien läpimitta riippuu 25–30 vuoden ikään saakka yksinomaan puun rinnankorkeusläpimitasta.

Pystykarsinnassa pidetään karsittavan oksan suurimpana läpimitana yleensä 20 mm:ä. Viljelytaimikoiden karsinnassa joudutaan kuitenkin hyväksymään 30 mm:n oksanpaksuus (ks. esim. Varmola 1980, Vuokila 1982). Taulukosta 8 nähdään neljän puustoltaan varttuneimman kokeen osalta paksuimpien elävien oksien osuudet eri oksanpak-suusluokissa sovellettaessa em. ylärajoja. Valtatimet (2000 kpl/ha) ovat jo saavutta-

Taulukko 8. Paksuimpien elävien oksien osuudet (%) eri oksan läpimitta- ja puuston tiheysluokissa 2000 valtataimen osa-aineistossa.

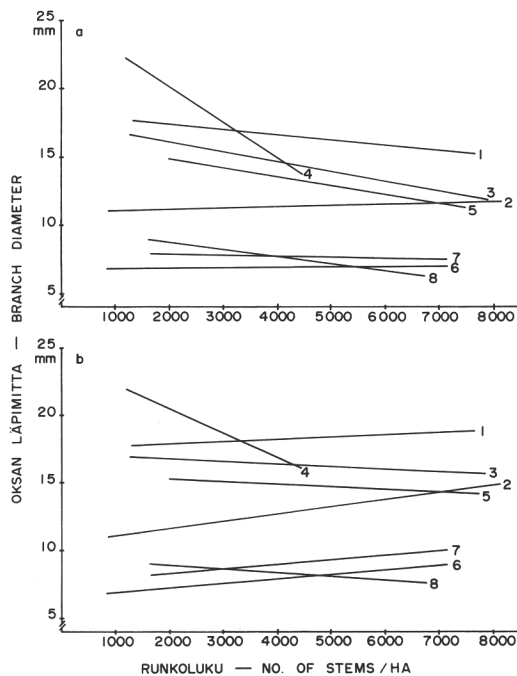
Table 8. Percentage of the thickest live branches in different branch diameter and stand density classes in the submaterial of 2,000 dominant trees.

Koe Experiment	Oksan läpimitta- luokka Branch diameter class, mm	Runkoluku, kpl/ha No of stems/ha								
		<1000	1000—1999	2000—2999	3000—3999	4000—4999	5000—5999	6000—6999	7000—7999	8000—
1 Alkkia 30 & 36	< 20	—	48,3	33,3	53,3	—	—	50,0	46,7	—
	20—30	—	48,3	57,8	41,1	—	—	41,7	53,3	—
	> 30	—	3,4	8,9	5,6	—	—	8,3	—	—
	Σ	—	100,0	100,0	100,0	—	—	100,0	100,0	—
2 Aitoneva 3A	< 20	86,7	87,2	80,8	95,8	73,3	76,9	—	60,0	66,7
	20—30	13,3	12,8	18,0	4,2	26,7	23,1	—	40,0	33,3
	> 30	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
	Σ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0	100,0
3 Aitoneva 3B	< 20	—	41,5	55,0	43,0	60,0	60,0	—	70,0	—
	20—30	—	48,1	38,2	54,5	37,2	40,0	—	30,0	—
	> 30	—	10,4	6,5	3,5	3,8	—	—	—	—
	Σ	—	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0	—
4 Kivisuo	< 20	—	34,8	71,0	31,8	58,3	—	—	—	—
	20—30	—	55,6	25,6	59,1	41,7	—	—	—	—
	> 30	—	9,6	3,2	9,1	—	—	—	—	—
	Σ	—	100,0	100,0	100,0	100,0	—	—	—	—

neet pituusvaiheen (keskipituus 5,2—6,4 m), jossa 2-vaiheisen karsimisen ensimmäinen karsiminen on mahdollinen (ks. esim. Vuokila 1982). Aitonevan 3A-koetta lukuunottamatta yli puolet maksimioksista on jo ylittänyt 20 mm:n rajan koealoilla, joilla runkoluku on alle 2000 kpl/ha. Kasvatustiheys on vaikuttanut alle 20 mm:n oksanpaksuuden jakaumiin ainoastaan Aitonevan 3B-kokeessa. Jos oksan paksuuden ylärajaksi asetetaan 30 mm, ei kasvatustiheydellä näytä olleen sanottavaa vaikutusta jakaumaan. Koska karsittavia puita valitaan vain 400—600 kpl/ha (Kalela 1945) olisi ehkä mahdollista kohdistaa karsinta taimikoissa ohutoksaisempiin (oksanpaksuus n. 20 mm) puihin, mikäli ne ovat valtapuita ja muiltakin osin täyttävät karsittaville puille asetettavat vaatimukset.

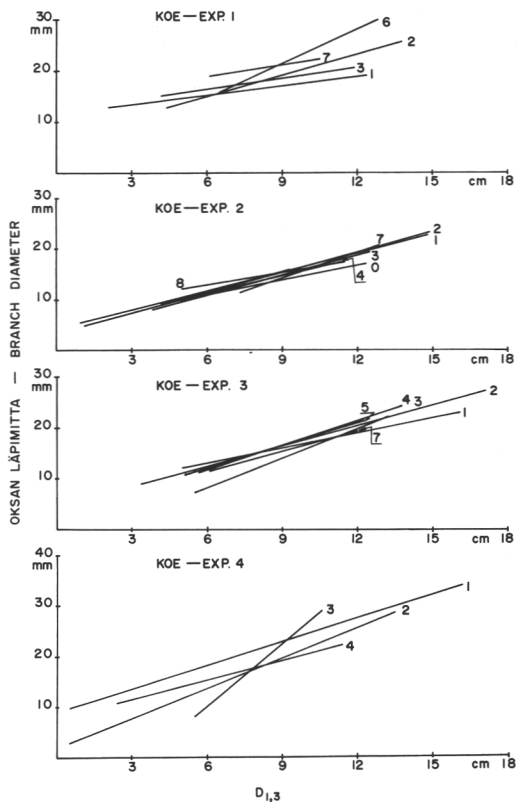
362. Paksuimmat kuolleet oksat

Paksuimman kuolleen oksan läpimitta pieniä taimitiheyden lisääntyessä tilastollisesti merkitsevissä tapauksissa (liite 16, kuva 11a). Riippuvuus oli Jyrkän koetta (8) lukuunottamatta lineaarinen. Jyrkän kokeessa havainnot painoutuivat parabelin laskevalle osalle, joten tässäkin tapauksessa vuorosuh-



Kuva 11. Paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa. a = kaikki puut, b = 2000 valtatainta. Merkkien selitykset ks. kuva 1.

Fig. 11. Dependence of the diameter of the thickest dead branch on stem number in different experiments. a = all trees, b = 2,000 dominant trees. Key in Fig. 1.



Kuva 12. Valtataimien (2000 kpl/ha) paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta eri tiheyssluokissa kokeissa 1—4. Merkien selitykset ks. kuva 10.

Fig. 12. Dependence of the diameter of the thickest dead branch of dominant trees (2,000 stems/ha) on breast-height diameter in different density classes in Experiments 1-4. Key in Fig. 10.

detta voidaan pitää negatiivisena. Tulokset ovat yhdenmukaisia Saksan ja Lylyn (1984) ja Huurin ym. (1984) tulosten kanssa, mutta poikkeavat Kellomäen ja Tuimalan (1981) ja Varmolan (1982) tuloksista.

Samoin kuin eläviä oksia koskeissa tuloksissa, myös kuolleiden oksien paksuuden ja puiden lukumäärän välinen regressio oli epäselvä silloin kun tarkastelun kohteena olivat 2000 kookkainta tainta hehtaarilla (liite 16, kuva 11b). Tilastollisesti merkitseviä tapauksia oli kaksi; Aitonevan 3A-kokeella (2) kuolleiden oksien läpimitta kasvoi taimitiheyden lisääntyessä ja Kivisuon kokeessa (4) paksuimmat oksat ohenivat tiheyden kasvessa (liite 16). Mallin selitysasteet jäivät kummassakin tapauksessa alhaisiksi.

Kuolleet oksat olivat sitä paksumpia, mitä suurempi oli puun rinnankorkeusläpimitta

(kuva 12, liite 17). Kuvista 11a ja b sekä 12 voidaan myös nähdä, että kuolleiden oksien läpimitat ovat lähes samaa suuruusluokkaa kuin elävien oksien paksuudet. Paksuin elävä oksa oli keskimäärin n. 2—4 mm paksuinta kuollutta oksaa paksumpi. Tiheydellä ei ollut sanottavaa vaikutusta paksuimman kuolleen oksan läpimittaan (kuva 12, liite 17).

363. Lannoituksen vaikutus oksikkuuteen

Lannoituksen vaikutusta oksikkuuteen tutkittiin Aitonevan kokeissa (kokeet 2 ja 3). Valtataimien (2000 kpl/ha) aineistosta laskettiin kovarianssianalyysit, joissa puiden rinnankorkeusläpimitta oli kovariaattina ja sekä perus- että jatkolannoitus luokittelutekijöinä. Lisäksi laskettiin kovarianssianalyysi kokeiden yhdistetystä aineistosta.

Koekohtaisissa kovarianssianalyysissä todettiin, että kokeessa 2 paksuimman elävän ja kokeessa 3 paksuimman kuolleen oksan läpimitta oli jonkin verran suurempi NPK- kuin PK-lannoitetuilla koaloilla. Kummassakin tapauksessa F-arvo oli lähellä melkein merkitsevän rajaa. Kokeiden yhdistetyistä aineistoista lasketussa kovarianssianalyysissä oli sekä paksuimman elävän että paksuimman kuolleen oksan läpimitta tilastollisesti melkein merkitsevästi suurempi NPK- kuin PK-lannoitetuilla koaloilla (taulukko 9). Lisäksi voitiin todeta, että kokeessa 3 oksat olivat jonkin verran paksumpia kuin kokeessa 2, kuten seuraavan jaotelman luvut osoittavat:

	Kuollut	Elävä
Koe 2	13,7	15,9
Koe 3	14,8	17,3

Taulukko 9. Paksuimman kuolleen ja elävän oksan keskiläpimitta PK- ja NPK-lannoitetuilla koaloilla (kokeiden 2 ja 3 keskiarvo).

Table 9. Diameters of the thickest dead and live branches in PK and NPK fertilized sample plots (Mean of experiments 2 and 3).

Oksa Branch	Läpimitta — Diameter, mm Lannoitus — Fertilization PK NPK	F
Kuollut Dead	13,9 14,6	4,14*
Elävä Living	16,3 16,9	4,46*

Eroille ei kuitenkaan ollut mahdollista laskea tilastollisia testiarvoja. Aikaisemmin on todettu, että turpeen typpipitoisuus oli kokeessa 3 huomattavasti korkeampi kuin kokeessa 2.

Ottamalla malliin mukaan rinnankorkeusläpimitta kovariaattina, on voitu poistaa lannoituksen aiheuttaman järeykskasvun muuttumisen kautta tapahtuva lannoituksen vai-

kus oksan paksuuteen. Kun siitä huolimatta oksat ovat jonkin verran paksumpia NPK- kuin PK-lannoitetuilla koealoilla, näyttää siltä, että typhen runsaus lisää oksien paksuutta. Samansuuntaisia tuloksia ovat esittäneet myös Ferm ja Kaunisto (1984) oksien kuivamassan ja turpeen typpipitoisuuden välistä suhteesta koivikossa.

4. TULOSTEN TARKASTELUA JA PÄÄTELMÄT

Tulosten luotettavuus

Aineisto koostuu verrattain samanikäisistä (18—22 v) taimikoista. Pienistä ikäeroista huolimatta taimikoiden pituudessa inventointihetkellä oli huomattavia eroja. Osa koealueista (kokeet 6—8) edustivat varsinaisia taimikoita (keskipituus 2,4—3,6 m), kun taas kokeet 1—5 edustivat juuri riukumetsävaiheen saavuttaneita taimikoita (keskipituus 4,5—5,9 m). Puustojen pituuskehityksen vertailu osoitti, että varsinaisissa taimikoissa, jotka kaikki on perustettu karuille avosoille, pituuskasvu on jäänyt osin selvästikin jälkeen Heikuraisen ym. (1983) esittämistä tuloksista karuilla rämeillä, joilla sarkaleveys oli 20 tai 30 m ja lannoitustaso kyseessä olevia kokeita lähinnä vastaava (500 kg/ha NPK-lannosta). Kaksi rahkanevalle perustettua koetta (4, 5) on jo saavuttanut riukumetsävaiheen ja niiden pituuskehitys on ollut nopeampaa kuin Heikuraisen ym. (1983) aineistossa (vrt. myös Laine ja Mannerkoski 1980, Kaunisto 1982b, Silver 1983). Nopeinta pituuskasvu on ollut suopelloille (koe 1), suonpohjan turpeelle (koe 3) ja Kivisuon rahkanevalle perustetuilla kokeilla, joilla pituuskehitys on ollut lähes sama kuin Vuokilan ja Väliahon (1980) viljeltyjen männiköiden kehityssarjojen boniteetilla $H_{100} = 24$ m, mikä vastaa puolukkatyyppiä.

Tulosten tarkastelussa koealueiden erilainen kehitysvaihe on otettava huomioon. Luotettavimpia tietoja saadaan jo sulkeutuneista tai sulkeutumassa olevista riukuvaiheen taimikoista, joissa kasvatustiheyden vaikutus puustotunnusten, varsinkin järeyden, oksikkuuden ja latvusten ominaisuuk-

sien kehitykseen saadaan paremmin esille.

Tarkastelussa on myös otettava huomioon, että ainoastaan Aitonevan kokeet (2 ja 3) ovat varsinaisia viljelytiheyskokeita (rivija taimivälit yhtä suuret) ja siten parhaiten verrattavissa aikaisempiin tutkimustuloksiin. Muut kokeet ovat riviviljelykokeita, joissa taimet on istutettu 2-siipisellä auralla tehtyihin palteisiin. Riviväli yhdessä muokkauskaistassa oli näin n. 1,5 tai 2,0 m mutta kahden riviparin väliksi tuli 3,0—3,5 m. Riviviljelykokeissa latvukset ovat leveiden rivivälien takia voineet levittäytyä laajemmalle alalle kuin varsinaisissa viljelytiheyskokeissa.

Vaikka puustotunnukset laskettiin koealueittain koko aineistolle, niin tarkastelussa painotetaan tuloksia, jotka saatiin 2000:n ja joissakin tapauksissa myös 1000 valtataimen aineistossa. 2000 valtataimen aineistossa tavoitteena oli keskittää tarkastelu siihen puuston osaan, mikä nykykäytännön mukaisissa taimikon harvennuksissa muodostaisi kasvatettavan puuston. Jälkimmäinen runkoluku vastaa kasvatustiheyden runkolukuohjetta ensiharvennuksen jälkeen kuivan kankaan männikössä. Ohjelukua käytetään metsiköissä, joissa taimikonhoito on jäänyt tekemättä tai se on tehty liian lievänä (Etelä-Suomen ... 1981). Vaikka tilajärjestystä ei olekaan tarkastelussa otettu huomioon, on todennäköistä, että 2000 valtatainta ovat siinä määrin tasaisesti jakautuneet koealoille, että jo ensimmäisessä harvennushakkuussa ja viimeistään viimeisessä päätehakkuusta edeltävässä hakkuussa jäävä puusto perustuu pääasiassa kyseisiin valtataimiin.

Valtataimien valinta tehtiin puiden pituuden perusteella, mikä vastaa taimikoiden

harvennuksissa yleensä vallitsevaa menettelyä. Alustavassa laskennassa todettiin, että pituuden tai rinnakorkeuslääpimitan perusteella valituissa osa-aineistoissa ei ollut oleellisia eroja. Silloinkin kun valtapituus määritellään hehtaaria kohti 100 puun perusteella, on 100 paksuimman ja pisimmän puun välinen ero vähäpätöinen (Vuokila 1980b).

Puiden elossaolosadannesta on tarkasteltu viljelytiheyden funktiona. Puiden ominaisuuksien tarkastelussa on viljelytiheyden sijasta käytetty poikkeuksetta elävien taimien lukumäärää tai elossaolosadannesta inventointihetkellä. Pääosin tarkastelu perustuu viiden riukuvaiheen taimikon tuloksiin, koska näillä puusto oli jo sulkeutunut ja tiheyden vaikutus mitattuihin tunnuksiin oli selvemmin näkyvissä. Poikkeuksena oli Aitonevan koe 3A (2), jossa puuston tiheyden vaikutus oli useissa tapauksissa muista poikkeava. Osasyynä oli havaintojen niukkuus suurimmissa tiheysluokissa (vain yksi koala tiheysryhmissä 7000—8000 ja 8000—9000 tainta/ha). Koaloilta tehdyillä typpi-, fosfori- ja kaliumanalyyseillä ei voitu selittää kokeen muista poikkeavia tuloksia.

Elossaolosadannes

Alkuperäisessä koejärjestelyssä tiheys vaihteli välillä 1600—10000 tainta/ha, mutta inventointihetkellä puiden lukumäärä vaihteli välillä 833—8148 kpl/ha. Keskimääräinen elossaolosadannes inventointihetkellä oli 56—85 %. Valtaosalla aineiston koaloista puuston tiheys oli 1000—5000 kpl/ha.

Puiden elossapysymiseen taimikko- ja riukumetsävaiheessa vaikuttavia primäärisiä tekijöitä ovat puiden saatavissa olevan veden, ravinteiden ja valon määrä. Ainakaan toistaiseksi ei Suomen olosuhteissa ole voitu todeta metsäojitusalueilla ylikuivatusta, vaan puut ovat kasvaneet yleensä sitä paremmin mitä tehokkaampi kuivatus on ollut (esim. Kaunisto 1977; Heikurainen ym. 1983). Tässä tutkimuksessa sen sijaan liian huono kuivatus on saattanut olla omiaan lisäämään kuolleisuutta Jyrkän (8) kokeessa.

Kasvualustan ravinnetalous voi vaikuttaa taimien elossapysymiseen periaatteessa kahdella tavalla, joista kummastakin myös tässä tutkimuksessa on viitteitä. Jyrkän kokeessa (8) taimet lannoitettiin vasta viisi vuotta istutuksen jälkeen. Kun kysymyksessä on karu avosuoma, on mahdollista, että tämä on ollut osasyynä suureen taimikuolleisuuteen koe-

alueella. Kivisuon kokeessa (4) erityisesti hivenainepuutokset ovat lisänneet kuolleisuutta (Veijalainen 1982). Kun Kivisuon kokeessa puusto oli jo melko kookasta (keskipituus n. 5,6 m), kilpailu hivenravinteista on lisääntynyt puuston tiheyden lisääntyessä. Onkin todennäköistä, että kuolleisuuden voimakas lisääntyminen puuston tiheyden kasvaessa on ainakin osittain aiheutunut hivenravinnepuutoksista. Aitonevan kokeessa 3B puolestaan liian suuret ravinneannokset istutushetkellä lisäsivät kuolleisuutta (ks. myös Heikurainen ym. 1966; 1971; Kaunisto ja Paavilainen 1977). Koska jokainen taimi sai kullakin koelalla saman lannoitemäärän, lisääntyi hehtaaria kohden annettu ravinnemäärä istutustiheyden kasvaessa. Tästä syystä voidaan olettaa, että taimien kuolleisuuden lisääntyminen tiheyden lisääntymisen myötä saattoi olla jossakin määrin seurausta myös lannoituksesta.

Ainoastaan Alkkian kokeissa 30, 36 (1) ja 37 (6) sekä Särkän (5) ja Kaunisveden (7) kokeissa voidaan viljelytiheyden vaikutusta kuolleisuuteen tarkastella ilman selvästi todettavaa ravinne- ja vesitalouserojen aiheuttamaa hajontaa. Näistäkin vain Alkkian kokeissa 30 ja 36 sekä Särkän kokeessa taimikko on niin kookasta, että valon puute olisi voinut vaikuttaa puiden kuolleisuuteen. Kummastakin kokeesta todettiin, että istutustiheys ei vaikuttanut puiden kuolleisuuteen.

Verrattaessa elossaolevien taimien lukumääriä KML Tapion kivennäismaille suositamiin vähimmäistaimimääriin, joilla täydennysviljely on tarpeen (Etelä-Suomen ... 1981), voidaan todeta, että ainoastaan alhaisimmilla viljelytiheyksillä ilmeni täydennys-tarvetta ja että lähes kaikissa tapauksissa 2000 taimen istutus hehtaarille riitti ylittämään täydennysviljelyn tarpeen rajan puolukkatyypillä ja 2500 taimen istutus hehtaarille mustikkatyypillä. Kun pituusboniteetin mukaan arvioituna parhaimmat kasvupaikat tässä tutkimuksessa (kokeet 1—4) vastasivat lähinnä heikohkoa puolukkatyyppiä on nykyisillä viljelysuosituksilla siis näissä kokeissa päästy täystiheisiin taimikoihin. Lisäksi on todettava, että KML Tapion ohje koskee huomattavasti nuorempia taimikoita. Tässä tutkimuksessa käsitellyt taimikot edustivat jo vakiintuneempaa tilannetta. Tutkimuksen koalueilla viljely on yleensä onnistunut hyvin verrattuna esim. kivennäismaiden käytännön viljelyaloilla saatuihin tuloksiin (Kin-

nunen 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980). Tosin taimien tilajärjestyksestä ei tämän tutkimuksen yhteydessä otettu huomioon.

Puiden järeyskehitys

Kasvatustiheyden vaikutus puiden järeyskehitykseen varsinaisissa taimikoissa (kokeet 6—8) oli vähäinen. Sen sijaan riukuasteen taimikoissa (kokeet 1—5) runkoluvun vaikutus puiden järeyskehitykseen oli selväpiirteinen (ks. myös Sjolte-Jørgensen 1967; Persson 1977), ja puiden rinnankorkeusläpimitta oli sitä pienempi mitä suurempi runkoluku oli. On kuitenkin huomionarvoista, että 2000 valtataimen osa-aineistossa viljelytiheyden vaikutus järeyskehitykseen oli vähäisempi kuin koko aineistossa.

Kasvatustiheyksien välisestä edullisuudesta, sovellettaessa käyttöpuun eri läpimittavaatimuksia, ei voida vielä tehdä pitkälle meneviä päätelmiä, sillä mittaukset on tehty tähän tarkoitukseen liian varhaisessa kehitysvaiheessa. Lisäksi on otettava huomioon, että kasvatustiheyksien välinen vertailu koskee pelkästään käyttörunkojen lukumäärää, kun perusteellisempi tarkastelu edellyttäisi myös eri tiheyksien tuottamien kuutiomäärien selvittelyä. Luotettavimpia tulokset maksimaalisesta käyttörunkojen lukumäärästä ovat alhaisempien läpimittaluokkien osalta. Eniten pieniläpimittaista käyttöpuuta saatiin suurilla (yli 3500 kpl/ha) tiheyksillä. Käyttöpuurunkojen lukumäärä (1100—4000) oli suurehko, mutta käytetty minimiläpimitarajakin oli vastaavasti tavallista hieman alhaisempi. Käytettäessä suurempia käyttöpuun minimirajoja, oli harvempien kasvatustiheyksien suurempi vaikutus järeytymiseen havaittavissa (ks. Andersson 1971). Yksityiskohtaisempaa tietoa tiettyä läpimittaa paksumpien käyttörunkojen lukumäärästä saadaan vasta puuston ensiharvennusvaiheessa. Todennäköisesti ainakaan tiheissä metsiköissä pieniläpimittaista (> 6 cm) käyttöpuuta ei enää tule lisää. Osa pienikokoisen käyttöpuun koon jo saavuttaneista puista voi jäädä näihin läpimittaluokkiin, koska kilpailun takia niillä ei ole jatkokehitysedellytyksiä (ks. Vuokila 1972).

Puuston järeyskehitystä voidaan tässä vaiheessa nopeuttaa taimikon harvennuksella, niin kuin keskiläpimitan ja tiheyden välisestä suhteesta voidaan päätellä. Parviainen (1978) mukaan myöhäininkin harvennus merkitsee

parantuneen järeyskehityksen ansiosta huomattavaa puuntuotannollista etua.

Puiden pituus

Kasvatustiheys ei tässä tutkimuksessa vaikuttanut puiden pituuteen kaikki puut käsitävässä aineistossa. Sen sijaan 2000 valtataimen aineistossa puiden keskipituus lisääntyi runkoluvun kohotessa. Kirjallisuudessa kasvatustiheyden vaikutuksesta puiden pituuskehitykseen on esitetty jossain määrin ristiriitaisia käsityksiä. Tämän tutkimuksen tulosten mukaisesti myös Lönnroth (1925), Elfving (1975) ja Persson (1977) ovat todenneet valtapuiden pituuskehityksen olevan nopeampaa tiheissä kuin harvoissa taimikoissa. Elfving ja Persson esittivät käsityksensä, että syynä on laajemmasta perusjoukosta valikoitunut perinnöllisesti nopeakasvuisempi aines. Lönnroth puolestaan oletti syyksi puiden välisen voimakkaan kilpailun tiheissä metsiköissä. Viimeksimainitun tulkinnan Vuokila (1972) kuitenkin on asettanut kyseenalaiseksi. Eräiden tutkimusten mukaan valtataimien pituuskasvu heikkenee viljelytiheyden kasvaessa (Saksa & Lyly 1984; Huuri ym. 1984). Saksan ja Lylyn tulos perustuu kuitenkin erittäin pieneen aineistoon. (Vain neljä koealaa ilman toistoja). Huurin ym. (1984) vertailemien taimikoiden iän, istutuksessa käytettyjen erilaisten menetelmien ja koealojen koon vaihtelu vaikeuttaa tulosten tulkintaa. Riukuvaiheen männikön ensiharvennuksia koskevassa tutkimuksessa on todettu, että harvennuksen voimakkuus ei vaikuta männyn valtataimien (100, 500 kpl/ha) pituuskehitykseen (Parviainen 1978; Varmola 1982).

Latvuksen rakenne

Kasvatustiheys vaikutti varsin voimakkaasti puiden latvuksen rakenteeseen, mikä onkin ymmärrettävää huonosti varjostusta sietävän puulajin ollessa kysymyksessä. Latvussuhde pieneni selvästi tiheyden lisääntyessä (ks. myös esim. Persson 1977, Kellomäki ja Tuimala 1981). Latvussuhteen kehitys noudatti myös iän mukaista kehitystä (Heikinheimo 1953). Elävän latvuksen alaraja kohosi valtataimilla jopa nopeammin kuin koko aineistossa kasvatustiheyden lisääntyessä. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut suoraan

latvussuhteeseen, koska kasvatustiheyden lisääntyessä myös elävän latvuksen pituus lisääntyi. Koetta 4 lukuunottamatta latvussuhde onkin säilynyt verrattain hyvänä suurimmillakin tiheyksillä (yli 55 %). Tässä suhteessa tulokset olivat samanlaisia sekä riviviljely- että tasavälein istutetuissa kokeissa. Näyttääkin siltä, että tasaikäistä männyn viljelytaimikkoa voidaan turvemailla kasvattaa verrattain tiheässä asennossa ainakin 5—6 m:n pituuteen saakka valtataimien latvuksen silti säilyessä varsin hyväkuntoisena (ks. myös Varmola 1982).

Puuston laatukasvatuksen kannalta on tärkeätä, että oksat karsiutuvat tyvitukin osalta mahdollisimman varhain ja pienikokoisina. Edellä on todettu kasvatustiheydellä voitavan lisätä alaoksien kuolemista aiheuttamatta vielä ainakaan 5—6 m:n pituisissa taimikoissa valtataimien latvuksen liiallista supistumista. Toisaalta on muistettava, että oksien nopea kuoleminen ei kuitenkaan välttämättä merkitse rungon paljon parempaa laatua, sillä tiheissä metsiköissä oksien karsiutuminen on hidasta (Heikinheimo 1953, Jokinen ja Kellomäki 1982). Haittaa voidaan vähentää puuston harventamisella sopivassa vaiheessa, jolloin lumi ja tuuli tehostavat karsiutumista tai pystykarsinnalla.

Oksien paksuus

Sekä elävien että kuolleiden oksien koko vaikuttaa sahapuun laatuun. Esim. Heiskanen ja Siimes (1959) esittivät, että latvaläpimitaltaan alle 7 1/2" tukin elävän oksan läpimitan tulisi olla ensimmäisessä laatuluokassa alle 1 1/2" (11,52 mm), toisessa luokassa alle 1" (25,4 mm) ja kolmannessa alle 2" (50,8 mm). Tässä tutkimuksessa kaikkien puiden aineistossa sekä elävien että kuolleiden oksien läpimitta pieneni kasvatustiheyden lisääntyessä. Valtataimien osalta riippuvuus oli osittain samansuuntainen, mutta selvästi heikompi ja joissakin tapauksissa jopa päinvastainen. Kun oksien kokoa tarkasteltiin tiheysluokittain rinnankorkeusläpimitan funktiona, voitiin todeta, että oksan läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan välillä vallitsi erittäin kiinteä positiivinen korrelaatio kasvatustiheysluokasta riippumatta. Näyttääkin siltä, että valtataimien niin elävien kuin kuolleidenkin oksien läpimitaan on vaikuttanut ennen kaikkea puiden kasvunopeus (ks. Heiskanen 1954, 1965, Uusvaara 1974).

Yhteenveto

Käyttämällä nykykäytännön mukaista viljelytiheyttä (2000—2500 tainta/ha), on kaikissa kokeissa päästy kangasmaiden vastaaville kasvupaikoille annettujen suositusten mukaisesti täystiheisiin taimikoihin, mikäli ravinne- ja vesitalous on ollut kunnossa.

Kasvatustiheyden lisääminen on aiheuttanut järeyskehityksen hidastumista, joka on ollut selvästi suurempi kaikkien puiden kuin valtataimien keskiarvoissa. Kasvatustiheyden lisääminen n. 1500 puusta n. 7500 puuhun hehtaarilla, mikä on edellyttänyt viljelytiheyden lisääntymistä n. 2000:sta n. 10 000:een hehtaarilla, on vähentänyt keskimääräistä rinnankorkeusläpimittaa kaikkien puiden aineistossa n. 20—34 mm ja 2000 valtataimien aineistossa n. 12—28 mm. Kasvatustiheyden lisääminen 1500 puusta n. 3500 puuhun hehtaarilla, mikä on edellyttänyt 4000—5000 taimen istutusta hehtaarille, ovat vastaavat luvut n. 4—15 mm ja n. 3—11 mm. Vaikka otetaan huomioon, että valtapuiden pituus on samanaikaisesti lisääntynyt n. 40—130 cm harvimman ja tiheimmän kasvatusasennon välillä, on ilmeistä, että valtapuiden tilavuuskasvu on alentunut kasvatustiheyden lisääntymisessä.

Järeyskehityksen hidastuminen runkoluuvun lisääntyessä on vähentänyt oksien paksuutta riukuasteen taimikoissa selvästi kaikkien puiden keskiarvoja tarkasteltaessa. Otettaessa tarkastelun kohteeksi vain 2000 tai 1000 valtainta on kasvatustiheyden vaikutus oksan paksuuteen jäänyt vähäisemmäksi. Kuitenkin esim. Aitonevan kokeessa 3B (3) kasvatustiheyden lisääminen n. 1500:sta n. 5500:aan (istutustiheyden lisäys 1600:sta 10000:een) pienensi 2000 ja 1000 valtataimien oksan paksuutta n. 2 mm, mikä merkitsee n. 10 %:n vähennystä oksan paksuudesta ja n. 20 %:n vähennystä oksan poikkileikkauspinta-alassa. Kun samalla latvussuhde on säilynyt verrattain hyvänä (> 55 %) voidaan todeta, että käyttämällä tiheitä kasvatusasentoja männyn valtataimienkin oksikkuutta on voitu jonkin verran vähentää aiheuttamatta vielä haittaa latvuksen kehitykselle 5—6 m:n keskipituuteen saakka.

Lopuksi todettakoon, että tulosten perusteella näyttää siltä, että viljelykustannukset huomioonottaen ei turvemailla liene perusteltua käyttää nykysuositusta suurempia viljelytiheyksiä puun laadun parantamiseksi. Toisaalta, mikäli istutustaimikot luontaisen uu-

distumisen kautta kehittyvät tiheämmiksi, voitaneen valtapuidenkin laatua jonkin verran parantaa suosimalla tiheitä kasvatusasen-

toja, joskin seurauksena on valtapuiden järeyskehityksen ja samalla myös tilavuuskasvun hidastuminen.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Andersson, S.-O. 1971. Yield of merchantable wood in Swedish experiments with cleaning in young stands of Scots pine. IUFRO:n XV kongressin esitelmämoniste. Section 24 Gainesville, Florida.
- Bergman, F. 1971. Förebyggskador efter ungskogsröjning. Skogen 48—49.
- Eklund, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog. Medd. Stat. Skogsf. Inst. 46: 1—98.
- Elfving, B. 1975. Volym och struktur i ogallrade tallbestånd. Summary: Volume and structure in unthinned stands of Scots pine. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 35: 1—128.
- Etelä-Suomen metsien käsittelyohjeet. 1981. Tapio, Tiedote 3/1981: 1—20.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeenostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia For. 558: 1—32.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsitumisesta. Summary: On natural pruning on tree stems. Commun. Inst. For. Fenn. 41(5): 1—39.
- Heikurainen, L. 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Werner Söderström Oy. Porvoo—Helsinki. 378 s.
- , Laine, J. & Lepola, J. 1983. Lannoitus- ja sarkaleveyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja taimiköiden kasvatuksessa. Summary: Fertilization and ditch spacing experiments concerned with regeneration and growing of young Scots pine stands on nutrient-poor pine bogs. Silva Fenn. 17(4): 359—380.
- , Päivänen, J. & Seppälä, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. Silva Fenn. 119(2): 1—21.
- Heiskanen, V. 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatukkien laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On the interdependence of annual ring width and sawlog quality. Commun. Inst. For. Fenn. 44(5): 1—28.
- 1962. Mäntysahatukkien laatuluokituksen tarkkuudesta. Summary: Accuracy of the grading of pine sawlogs. Commun. Inst. For. Fenn. 55(16): 1—15.
- 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. Acta For. Fenn. 80(2): 1—62.
- & Siimes, F. E. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuluokituksesta. Paperi ja Puu 41(8): 359—368.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1984. Tiheyden vaikutus istutusmännikön laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 167: 1—22.
- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havainnot metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Summary: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. Folia For. 508: 1—12.
- Kalela, E. K. 1945. Metsät ja metsien hoito. 1. painos. Werner Söderström Oy. Porvoo—Helsinki. 368 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen, P. K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 56: 1—103.
- Kaunisto, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. Folia For. 317: 1—31.
- 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. Folia For. 404: 1—14.
- 1982a. 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: 1—56.
- 1982b. Some afforestation and fertilization experiments at Alkkia experimental area. Finnish For. Res. Inst. Parkano Res. Sta. Unpublished excursion paper. 28 s.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijatkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(1): 1—54.
- Kellomäki, S. 1984. Havainnot puuston kasvatusitiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Summary: Observations on the influence of stand density on branchiness of young Scots pines. Silva Fenn. 18(2): 101—114.
- & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. Folia For. 478: 1—27.
- Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimis-

- tojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismailla. Summary: The survival and initial development of plants in private forests in western Finland. *Folia For.* 318: 1—25.
- & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. *Folia For.* 329: 1—32.
- Korhonen, K.-M., Teivainen, T., Kaikusalo, A., Kananen, A. & Kuhlman, E. 1983. Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen. Summary: Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) in northern Finland after the peak year 1978. *Folia For.* 572: 1—18.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young pines. *Folia For.* 515: 1—28.
- Laadukkaan mäntysahapuun kasvatust. 1984. Suomen Sahanomistajayhdistys. 1—44.
- Laine, J. & Mannerkoski, H. 1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained nutrient-poor open bogs. *Acta For. Fenn.* 166: 1—45.
- Leikola, M., Metsämuuronen, M., Räsänen, P.K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975. *Folia For.* 312: 1—27.
- Lukkala, O. 1952. Rämemäntyjen perinnöllisyydestä. Summary: On the heredity of Rämepines. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(12): 1—22.
- Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. *Acta For. Fenn.* 30: 1—269.
- Nyyssönen, A. & Alalammi, E. 1968. Käyttöpuun tuotoksesta ensimmäisillä harvennushakkuilla käsitellyissä metsiköissä. Konekirjoite. Helsingin Yliopiston metsänarvioimist. laitos. 1—31.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Etelä-Suomen piirikunnassa. 1981. Metsähallitus. 1—18.
- Paavilainen, E. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results on the afforestation of swampy fields. *Folia For.* 77: 1—25.
- 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. *Folia For.* 326: 1—27.
- Parviainen, J. 1978. Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Referat: Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase. *Folia For.* 346: 1—40.
- Persson, A. 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. *Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk.* 42: 1—122.
- 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. *Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk.* 45: 1—152.
- Päivänen, J. 1966. Sateen jakautuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. *Silva Fenn.* 119(3): 1—37.
- Rautiainen, O. & Räsänen, P. K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976. *Folia For.* 426: 1—24.
- Saksa, T. & Lyly, O. 1984. Istutustiheyden vaikutus nuoren männikön kehitykseen kuivalla kankaalla. Summary: The effect of stocking density on the development of young Scots pine stands on a dry heath. *Folia For.* 583: 1—12.
- Seppälä, K. 1971. Metsityslannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. *Silva Fenn.* 5(2): 61—69.
- Silver, T. 1983. Männyn taimien toipuminen hirvituhoista lannoitetun karun nevan ojitusalueella. Helsingin yliopisto. Suometsätieteen laitos. Tutkielma. 62 s.
- Sjolte-Jørgensen, J. 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. *Int. Rev. Forest. Res.* 2. Academic Press. p. 43—94.
- Suometsät ja niiden hoito. 1983. Tapio, luonnos 14.3.1983.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80(2): 1—105.
- 1980. Karsinnallako puun laatua parantamaan. *Metsä ja Puu* 1: 28—29.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkonainen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia For.* 451: 1—21.
- 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning. *Folia For.* 524: 1—31.
- Veijalainen, H. 1982. Micronutrient mixture experiment in an intensively fertilized Scots pine stand. International Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Leivonmäki — Kivisuo 13.10.1982. Excursion Guide. The Finnish Forest Research Institute.
- , Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report. *Folia For.* 601: 1—41.
- Velling, P. 1978. Puun laatu paremmaksi metsää jalostamalla. *Metsä ja Puu* 1: 9—12.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatments of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia For.* 141: 1—36.
- 1980a. Luontaisesti syntyneen taimiston käsittelyn ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus puuntuotantoon. Metsätehon taimikonhoitopäivät 16.—17.4. 1980. Vääksy. Moniste. 18 s.
- 1980b. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Werner Söderström Oy. Porvoo. 256 s.
- 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia For.* 523: 1—55.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustavat. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(2): 1—271.

Total of 60 references

SUMMARY

Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat

Material

The purpose was to investigate the effect of planting spacing on the survival of seedlings in pine plantations on peat soil and the effect of tree spacing (the number of live trees at inventory) on the height and diameter development, branchiness and crown structure.

The material was collected from planting spacing and row planting experiments set up in the 1960's according to plans made by the Department of Peatland Forestry at the Finnish Forest Research Institute. Eight experimental areas in different parts of southern Finland were chosen. Row arrangements and planting spacing are shown in Table 1 and general information on experimental areas is given in Appendix 1.

Experiments 30 and 36 in Alkkia (Material 1) have been set up on abandoned agricultural peats and Experiment 3B (3) in Aitoneva on a peat cut-away area. Experiment 3A (2) was originally a cotton-grass bog, although it has been used for a sod peat drying field for several years. The original peatland site type of Experiments 4—7 was a *Sphagnum fuscum* bog and that of Experiment 8 mainly a cotton-grass bog. According to soil analysis Experiment 3 was on the nitrogen-richest site. The total nitrogen content in Experiment 1 was average, and the lowest contents were found in *Sphagnum fuscum* bogs (4—7) (App. 1).

At planting the transplants received spot or strip fertilization except in Experiment 8 and later nearly all the experiments were refertilized (App. 2).

At inventory the stands were 18—22 years old. Tree density was 833—8,148 stems/hectare (Table 2), although the vast majority of sample plots had 1,000—5,000 trees/hectare (App. 3). Including all the trees, the mean breast-height diameter of the experimental areas varied from 2.5 to 8.4 cm. Some sample plots (6—8) represented real sapling stands (2.4—3.6 m), while Experiments 1—5 were at early pole-stage stand phase. Diameter and height figures of dominant trees are shown in Table 3.

Measurements were carried out as strip surveys perpendicularly against the direction of ditches. Each strip had three transplant rows. A total of 10,791 trees were measured. $D_{1.3}$ of each tree of the survey strip was measured. In addition height, crown limit and the diameter of the thickest live and dead branch were measured in mid rows. Peat samples (5—10 cm layer) were taken from some plots and the total nitrogen content was analyzed by using the Kjeldahl method. In Experiment 2, peat samples were taken from each refertilized sample plot. In addition to the total nitrogen content, also exchangeable P and K in peat were determined (from NH_4OAc extract, pH 4.8).

The results of each experimental area were calculated for the whole material and submaterials for which 2,000

or 1,000 dominant trees (according to height) per hectare were chosen. The mentioned stem figures correspond to the stem number recommended after the thinning of young stands generally and the first commercial thinning of stands on Calluna sites respectively. The preliminary calculations suggested that there were no essential differences between the submaterials chosen according to height or $D_{1.3}$.

Results and discussion

Background

As the effect of spacing on different stand parameters is best seen in closed young stands, the main focus is on pole-stage stands (Experiments 1—5), while the other stands have received less attention. One should remember when interpreting the results that only Experiments 3A and B in Aitoneva (Exps. 2 and 3 in Figures) were planted with even plant spacings to all directions. The other experiments were row planting experiments where the distance between row pairs was 5 metres and that between individual rows about 1.5 and 3.5 metres. The results of Experiments 3A in Aitoneva (Exp. 2 in the Figures) deviated in many respects from the other ones. The cause was not in the nitrogen, phosphorus and potassium contents measured from soil. A partial reason may be the scarcity of observations in the densest stands (App. 3).

Survival

In the original scheme the density varied from 1,600 to 10,000 trees/hectare, but at the measuring moment from 833 to 8,148 trees per hectare. The number of live trees differed from the planting density the more the greater the planting density (Fig. 1, App. 4). Planting density did not, however, affect the survival percentage, which was 56—85 on the average (Table 4).

It is likely that poor drainage and no fertilization at planting increased mortality in Experiment 8 and micronutrient shortages in Experiment 4. In Experiment 3 too big nutrient doses at planting increased mortality (Table 5).

The comparison of the present number of transplants with the minimum number recommended by the Central Forestry Board Tapio, showed that, only the smallest planting densities required supplementation and that in nearly all the cases 2,000 transplants per hectare at planting was enough to make supplementary planting unnecessary when comparing with *Vaccinium* site type (requirement > 1,400 living transplants/ha), and 2,500 comparing with *Myrtillus* site types

(requirement > 1,600 living transplants/ha. Fig. 1, Table 6). Thus the present recommendations for planting density (2,000—2,500 transplants/ha) nearly always lead to fully stocked stands.

Breast-height diameter

The effect of spacing on the mean breast-height diameter in sapling stands (Experiments 6—8) was insignificant, but the diameter increment slowed down in pole-stage stands when the stem number increased (Fig. 2a, Apps. 5 and 6). The effect of planting density on diameter increment in the submaterial of 2,000 dominant trees was smaller than in the entire material (Fig. 2b, Apps. 5 and 6).

Fig. 3 and Table 7 show the proportional distribution of $D_{1.3}$ classes in Experiments 1—4. The measurements were, however, carried out at too early a stage to draw any far-reaching conclusions, particularly as no volume figures per hectare had been determined. The greatest number of small-diameter ($D_{1.3} > 6$ cm) merchantable stems was obtained with densities of over 3,500 trees/hectare. The number of merchantable stems was then 1,100—4,000 trees/hectare. No maximum numbers of merchantable timber in large-size diameters can yet be given. The beneficial effects of larger spacings on diameter increments can already be seen (Table 7). More precise knowledge on the number of merchantable stems exceeding a certain diameter cannot be obtained until the first thinnings.

Height

Spacing did not affect the average tree height in the material consisting of all the trees (Fig. 4a, App. 7). In material of 2,000 and 1,000 dominant trees, the mean height increased as the stem number rose (Fig. 4b, App. 7). Height in the densest stand was about 40—130 cm (2,000 trees/ha) or 30—160 cm (1,000 trees/ha) greater than in the least dense position (App. 8).

The slenderness of dominant trees increased with the increase in density (Fig. 5, App. 9).

Crown

The lower limit of a live crown was the higher the denser the stand in the material involving all the trees and 2,000 dominant trees (Figs. 6a and b, App. 10). The crown limit of dominant trees in pole-stage stands, except Experiment 5, was over 190 cm when the stand density was 2,000 trees/ha (Fig. 6b).

The length of the live crown decreased as the stem number increased in the material of all the trees, whereas in the material of 2,000 dominant trees the live crown was the longer the denser the stand (Figs. 7a and b, App. 11).

The crown ratio decreased in dominant trees less than in the whole material as the density increased (Figs. 8a and b, App. 12). The proportion of the live crown in dominant trees (2,000 trees/ha) decreased by about 6—10 % units in the investigated densities (Fig. 8b). The crown ratio of the dominant trees was slightly higher than that of all the trees, which could already be concluded from the ratio between the crown length and stem number. Even in the densest stands the crown ratio of dominant trees was over 55 %, except in Experiment 4. According to this investigation an even-

aged pine plantation can be fairly dense at least up to the height of 4.5—5.9 metres without restricting too much the crowns of dominant trees.

Branch thickness

According to the material of all the trees, the diameter of both live and dead branches decreased as the density increased. The correlation was clearly weaker in the case of dominant trees (Fig. 9a and 4a, Apps. 13 and 16, Figs. 9b and 11b, Apps. 13 and 16). The diameter of live branches decreased from about 21 mm to 18 mm in Experiments 3 and 4 when density increased from 2,000 to over 4,000 trees per hectare (App. 14).

When the branch diameter in different stand density classes was compared to the breast-height diameters, it was seen that there was a solid positive correlation between the branch diameter and $D_{1.3}$ independent of the density class. On the other hand, stand density affected the branch diameter only by retarding breast-height diameter increment (Figs. 10 and 12, Apps. 15 and 17).

The maximum branch diameter is considered 20 or 30 mm when pruning the plantation. Table 8 shows that in four most advanced stands, in Experiments 1—4, over half the maximum branches were thicker than 20 mm (with the exception of Exp. 2). Density affected the distribution of under 20 mm branches only in Experiment 3.

The joint analysis of Experiments 2 and 3 indicate that the diameter of the thickest dead or live branch was slightly more on the NPK than PK fertilized plots when investigating dominant trees with equal breast-height diameter (Table 9). Furthermore, the branches in Experiment 3 were slightly thicker than in Experiment 2. The nitrogen content in the former was clearly higher than in the latter experiment. Thus nitrogen seems to increase the diameter growth of branches.

Conclusions

By using present plantation densities (2,000—2,500 transplants/ha), all the tested peatland sites became fully stocked if compared with the recommendations for nutritionally corresponding mineral soil sites by the central Forestry Board Tapio, provided that the nutrient and water conditions were adequate.

Greater densities slowed down diameter growth, which, however, was less pronounced in dominant trees. The increase in the growing density from about 1,500 trees to 7,500 trees per hectare, which would mean an increase in planting density from 2,000 to 10,000 transplants per hectare, decreased the average breast-height diameter by about 20—34 mm in the material of all trees and by about 12—28 mm in the material of 2,000 dominant saplings. When increasing the growing density from about 1,000 to 3,500 trees the corresponding figures are about 4—15 mm and 3—11 mm. Even though the height of dominant trees has simultaneously increased by about 40—130 cm in the densest stands compared with the most sparsely stocked ones, it is obvious that the volume growth of dominant trees decreased as the density increased.

The decrease in diameter growth along with the increase in stem numbers clearly decreased branch diameter in pole-stage stands. If considering only 2,000 or 1,000 dominant trees, the growing density affected branch diameter less than in the whole material. Yet, an

increase in Experiment 3B (3) at Aitoneva in growing density from about 1,500 to 5,500 (increase in planting density from 1,600 to 10,000) decreased the branch thickness of 2,000 dominant saplings by about 10 % and the cross-sectional area of the branch by about 20 %. As the crown ratio remained fairly good (> 55 %), it seems that at least up to the mean height of 5–6 metres, the branchiness of even dominant pine trees can be somewhat decreased by using narrow spacings without damaging the development of the crown.

Finally, the results suggest that, considering the planting costs, there is no reasonable cause for employing greater planting densities than recommended today in order to improve wood quality on peat soils. On the other hand, if the young plantations develop denser because of natural regeneration, the quality of dominant trees can be improved by favouring dense positions, although it would lead to a decrease in the diameter and volume growth of dominant trees.

Liite 1. Yleistietoja koealueista.
Appendix 1. Some basic information on the experimental areas.

Koe Experiment	Sijainti Location	Koordinaatit Coordinates	Omistaja Owner	Suoyyppi ¹⁾ Peatland site type	Kokonais-N, % Total N, % 5—10 cm	Sarkaleveys Drain spacing m	Perustettu Year of establishment	Koealoja kpl No of sample plots	Koealan koko Sample plot size ha
1 Alkkia 30	Karvia	62°10'N, 22°75'E	Metsäntutkimuslaitos	2)	1,52	20	1966	24	0,08
Alkkia 36	Karvia	62°10'N, 22°75'E	Metsäntutkimuslaitos	2)	1,71	20	1967	24	0,12
2 Aitoneva 3A	Kihniö	62°12'N, 23°18'E	Metsähallitus	3)	1,31	20	1964	38	0,1—0,16
3 Aitoneva 3B	Kihniö	62°12'N, 23°18'E	Metsähallitus	4)	1,87	20	1964	36	0,1—0,16
4 Kivisuo	Leivonmäki	61°53'N, 25°59'E	Metsäntutkimuslaitos	RN		24	1966	50	0,08
5 Särkkä	Ilomantsi	62°47'N, 31°00'E	Enso-Gutzeit Oy	RN	0,96	40	1967	24	0,16
6 Alkkia 37	Karvia	62°10'N, 22°75'E	Metsäntutkimuslaitos	RN	0,83	20	1967	24	0,12
7 Kaunisvesi	Kannus	63°42'N, 24°07'E	Metsäntutkimuslaitos	RN	1,10	40	1968	24	0,16
8 Jyrkkä	Sonkajärvi	63°39'N, 27°50'E	A. Ahlström Oy	Tn, LkN, (VSN)	0,62	60	1967	24	0,12

1) RN = Raikaneva — *Sphagnum fuscum* bog

TN = Tupasvillaneva — *Ombrotrophic cotton-grass* bog

LKN = Lyhytkortinen neva — *Low-seed* bog

VSN = Varsinainen saraneva — *Genuine tall-seed* bog

2) Suoviljelyksiä — *Abandoned agricultural peats*

3) Turpeenkuivatuskenttiä — *Sod peat drying field*

4) Suopohja — *Peat cutover area*

Liite 2. Koelueiden lannoitukset.
Appendix 2. Fertilization on experimental areas.

Koe Experiment	Viljelylannoitus — Fertilization at planting		Lannoitustapa — Way of fertilization	Jatkolannoitus — Refertilization			Lannoitetta — Fertilizer kg/ha
	Vuosi Year	Lannoite Fertilizer		Vuosi Year	Lannoite Fertilizer	Käsittelyt Treatments	
1 Alkkia 30 Alkkia 36	1966 1967	NPK ¹⁾ PK ²⁾	25 g/0,25 m ² kaista — strip 0,5 m, 100 g/jm-rm	1975	N ³⁾ P ⁴⁾ PK ⁵⁾	O, P, PK, NPK	400
2 ja 3 Aitoneva 3A ja 3B	1964	NPK ¹⁾	0, 15, 30 tai — or 60 g/0,25 m ²	1975	N ³⁾ PK ⁵⁾	O, N, PK, NPK	500
4 Kivisuo	1966	NPK ¹⁾	kaista — strip 1 m, 0, 100, 200. 400 g/jm-rm	1968 ⁶⁾ 1974 ⁸⁾	PK ²⁾ NPK ⁷⁾ PK ⁵⁾	O, PK, NPK PK	300 250 kaista — strip 1 m, 200 g/jm-rm
				1978 ⁹⁾	K ¹⁰⁾ NK ¹¹⁾ kiv.-maa ¹²⁾	O, K NK kiv.-maa ¹²⁾	300 200 27 kg/m ²
5 Särkkä	1966	NPK ¹⁾	kaista — strip 0,5 m, 100 g/jm-rm				
6 Alkkia 37	1967	PK ²⁾	kaista — strip 0,5 m, 100 g/jm-rm	1975	N ³⁾ PK ⁵⁾	PK, NPK	400 400
7 Kaunisvesi	1968	NPK ¹⁾	hajaleveys — broad- cast 400 kg/ha	1982	N ³⁾ PK ¹³⁾	NPK	469 365
8 Jyrkkä				1972	PK ⁵⁾	PK	375

- 1) Metsän Y-lannos suomaille — NPK-fertilizer for peatland forests (14—7, 7—8,8)
- 2) PK-lannos — PK-fertilizer (0—7, 3—12,5)
- 3) Oulunsalpietari — Calcium-ammonium nitrate (27,5 % N)
- 4) Hienofosfaatti — Finely ground rock phosphate (14 % P)
- 5) Suomensien PK-lannos — PK-fertilizer for peatland forests (0—10, 3—12,5)
- 6) Vain osa koaloista (461—472). Ei häiritse viljelytiheysvertailua. — Only a part (461—472) of the experimental plots. Does not hamper the planting density comparisons.
- 7) NPK-lannos — NPK fertilizer (6,5—8, 6—12,5)
- 8) Kaikki koalat — All experiments.
- 9) Vain osa koaloista (451—459). Ei häiritse viljelytiheysvertailua. — Only a part (451—459) of the experimental plots. Does not hamper the planting density comparisons.
- 10) Kalisuola — Muriate of potash (49,8 % K)
- 11) Kaliumnitraatti — Potassium nitrate (13,7—0—38,2)
- 12) Kivennäismaa — Mineral soil
- 13) Suomensien PK-lannos — PK fertilizer for peatland forests (0—8, 6—16,6)

Liite 3. Koalojen jakautuminen runkolokuluokkiin eri kokeissa.
Appendix 3. Number of sample plots distributed into different stem number classes in different experiments.

Koe Experiment	Koaloja, kpl — No of experimental plots									Σ
	Runkoluku kpl/ha — No of trees/ha									
	< 1000	1000—1999	2000—2999	3000—3999	4000—4999	5000—5999	6000—6999	7000—7999	>8000	
1 Alkkia 30 & 36	—	9	18	14	—	—	3	4	—	48
2 Aitoneva 3A	2	13	13	3	3	2	—	1	1	38
3 Aitoneva 3B	—	13	9	4	5	4	—	1	—	36
4 Kivisuo	—	29	9	7	5	—	—	—	—	50
5 Särkkä	—	9	—	6	—	3	2	4	—	24
6 Alkkia 37	1	5	6	4	2	1	4	1	—	24
7 Kaunisvesi	—	1	10	5	—	3	4	1	—	24
8 Jyrkkä	—	8	9	3	1	2	1	—	—	24
Σ	3	87	74	46	16	15	14	12	1	268

Liite 4. Elävien taimien lukumäärän (kpl/ha) riippuvuus alkuperäisestä viljelytiheydestä (kpl/ha) eri kokeissa.

Appendix 4. Dependence of the number of live transplants on the original planting spacing in different experiments.

Koe Experiment	Yhtälö Equation	T _x	F-malli F-model	Selitysaste Coeff. det., %
1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,8082x + 126$	18,36***	336,97***	87,9
2 Aitoneva 3A	$y = 0,5279x + 249$	10,00***	99,91***	73,5
3 Aitoneva 3B	$y = 0,4867x + 745$	8,71***	75,89***	69,0
4 Kivisuo	$y = 0,3648x + 678$	8,66***	75,01***	60,9
5 Särkkä	$y = 0,8523x - 152$	19,17***	367,46***	94,3
6 Alkkia 37	$y = 0,6542x + 306$	5,38***	28,96***	56,8
7 Kaunisvesi	$y = 0,7648x + 64$	18,69***	349,40***	94,0
8 Jyrkkä	$y = 0,4779x + 477$	6,81***	46,41***	67,8

Liite 5. Kaikkien taimien ja 2000 valtataimen /ha rinnankorkeusläpimitan (mm) riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.

Appendix 5. Dependence of the breast-height diameter (mm) of all the trees and 2,000 dominant trees on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F-model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x} mm
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,00456x + 88,6$	7,95***	63,28***	57,9	74
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,00032x + 60,3$	0,25	0,06	0,1	59
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00611x + 102,9$	6,14***	37,69***	52,5	84
	4 Kivisuo	$y = -0,00835x + 95,2$	4,10***	16,85***	25,9	77
	5 Särkkä	$y = -0,00410x + 74,4$	5,01***	25,14***	53,3	57
	6 Alkkia 37	$y = -0,00053x + 27,4$	0,42	0,18	0,8	26
	7 Kaunisvesi	$y = -0,00268x + 50,7$	2,31*	5,34*	19,5	41
	8 Jyrkkä	$y = -0,00172x + 34,6$	1,56	2,44	10,0	30
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,00310x + 87,6$	4,14***	17,14***	27,1	78
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,00189x + 58,8$	1,49	2,22	5,8	64
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00450x + 102,5$	4,55***	20,73***	37,8	89
	4 Kivisuo	$y = -0,00680x + 93,0$	3,31***	10,93**	18,5	78
	5 Särkkä	$y = -0,00257x + 71,8$	3,04***	9,24**	29,5	61
	6 Alkkia 37	$y = 0,00130x + 25,6$	0,96	0,92	4,0	30
	7 Kaunisvesi	$y = -0,00081x + 49,0$	0,66	0,43	1,9	46
	8 Jyrkkä	$y = 0,00076x + 30,4$	0,73	0,53	18,5	33

Liite 6. Puiden keskiläpimitta eri tiheysluokissa.
Appendix 6. Mean diameter of trees in different density classes.

Koe Experiment	Runkoluku kpl/ha No of stems/ha	Kaikki puut All trees	D _{1,3'} mm 2000 valtaainta Dom. trees	Koe Experiment	1000 valtaainta Dom. trees	Kaikki puut All trees	D _{1,3'} mm 2000 valtaainta Dom. trees	Runkoluku kpl/ha No of stems/ha	Kaikki puut All trees	D _{1,3'} mm 2000 valtaainta Dom. trees	1000 valtaainta Dom. trees		
1 Aikkia 30 & 36	1000—1999	78,0	78,5	5 Särkkä	85,4	65,2	66,1	2000—2999	65,2	66,1	70,4		
	2000—2999	79,7	83,1		85,3	60,6	63,4	3000—3999	60,6	63,4	68,8		
	3000—3999	72,2	75,9		80,1	45,7	52,6	5000—5999	45,7	52,6	56,8		
	6000—6999	59,6	69,2		70,7	50,6	58,1	6000—6999	50,6	58,1	58,0		
	7000—7999	53,0	62,3		59,8	45,6	53,8	7000—7999	45,6	53,8	56,4		
F-arvo F value		18,26***	6,06***	F-arvo F value	5,38**	5,57**	2,28		5,57**	2,28	2,61		
2 Aitoneva 3A	< 999	60,5	62,0	6 Aikkia 37	62,0	19,6	20,7	1000—1999	19,6	20,7	25,2		
	1000—1999	59,8	60,6		67,2	29,7	31,6	2000—2999	29,7	31,6	37,2		
	2000—2999	61,1	65,2		75,3	27,8	34,6	3000—3999	27,8	34,6	39,2		
	3000—3999	55,8	60,8		67,7	31,1	35,5	4000—4999	31,1	35,5	36,2		
	4000—4999	54,2	66,4		71,2	18,0	31,0	5000—5999	18,0	31,0	50,5		
	5000—5999	53,3	66,1		67,2	22,5	31,0	6000—6999	22,5	31,0	34,9		
	7000—7999	69,9	71,2		75,7	19,7	33,2	7000—7999	19,7	33,2	43,2		
	8000—8999	60,8	81,2		91,3								
	F-arvo F value		0,23		0,40	F-arvo F value	0,70	0,50	0,44		0,50	0,44	0,60
	3 Aitoneva 3B	1000—1999	96,0		97,1	7 Kaunisvesi	103,1	52,7	52,9	1000—1999	52,7	52,9	58,1
2000—2999		83,7	87,9	93,6	44,7		46,3	2000—2999	44,7	46,3	52,8		
3000—3999		80,4	86,5	92,1	40,2		47,6	3000—3999	40,2	47,6	54,4		
4000—4999		73,9	82,4	83,8	29,5		38,6	5000—5999	29,5	38,6	45,7		
5000—5999		69,1	77,2	88,6	37,2		48,0	6000—6999	37,2	48,0	46,8		
7000—7999	61,8	68,7	71,6	33,5	39,7	7000—7999	33,5	39,7	36,5				
F-arvo F value		8,17***	4,20**	F-arvo F value	3,39*	1,37	0,43		1,37	0,43	0,56		
4 Kivisuo	1000—1999	83,6	83,3	8 Jyrkkä	88,6	31,3	31,2	1000—1999	31,3	31,2	36,4		
	2000—2999	69,9	71,5		76,0	32,2	33,7	2000—2999	32,2	33,7	39,2		
	3000—3999	70,9	72,6		77,5	23,2	29,8	3000—3999	23,2	29,8	32,5		
	4000—4999	58,7	64,2		69,5	23,3	31,6	4000—4999	23,3	31,6	35,7		
	5000—5999	64,8	68,8		73,3	23,5	33,6	5000—5999	23,5	33,6	38,2		
F-arvo F value		6,48***	3,88*	F-arvo F value	3,93*	33,3	41,3		33,3	41,3	45,5		
				F-arvo F value		1,36	0,51		1,36	0,51	0,48		

Liite 7. Puiden keskipituuden (m) riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.
Appendix 7. Dependence of tree height (m) on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F model	Selityaste Coeff. det., %	\bar{x} m
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,000016x + 5,38$	0,42	0,18	0,4	5,33
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000097x + 4,56$	1,09	1,20	3,2	4,28
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,000022x + 5,98$	0,35	0,12	0,4	5,91
	4 Kivisuo	$y = -0,000140x + 5,89$	1,06	1,13	2,3	5,58
	5 Särkkä	$y = -0,000108x + 4,98$	2,07*	4,27	16,3	4,53
	6 Alkkia 37	$y = -0,000004x + 2,46$	0,06	0,00	0,0	2,45
	7 Kaunisvesi	$y = -0,000028x + 3,27$	0,35	0,12	0,6	3,16
	8 Jyrkkä	$y = -0,000039x + 2,74$	0,59	0,35	1,6	2,63
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,000160x + 5,20$	3,79***	14,37***	23,8	5,73
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000357x + 4,27$	4,23***	17,87***	33,2	5,23
	3 Aitoneva 3B	$y = 0,000230x + 5,64$	3,95***	15,59***	31,4	6,36
	4 Kivisuo	$y = 0,000180x + 5,40$	1,47	2,16	4,3	5,81
	5 Särkkä	$y = 0,000086x + 4,76$	1,76*	3,10	12,4	5,12
	6 Alkkia 37	$y = 0,000172x + 2,24$	2,21*	4,90*	18,2	2,84
	7 Kaunisvesi	$y = 0,000192x + 3,01$	2,31*	5,31*	19,5	3,74
	8 Jyrkkä	$y = 0,000177x + 2,37$	2,62*	6,87*	23,8	2,87
1000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,000139x + 4,68$	1,57	2,46	3,1	5,13
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000340x + 4,98$	4,02***	16,17***	31,0	5,88
	3 Aitoneva 3B	$y = 0,000180x + 6,28$	3,40***	11,53**	25,3	6,85
	4 Kivisuo	$y = 0,000113x + 6,05$	0,89	0,79	1,6	6,31
	5 Särkkä	$y = 0,000051x + 5,24$	1,00	1,01	4,4	5,46
	6 Alkkia 37	$y = 0,000140x + 2,11$	1,87*	3,51	7,1	2,57
	7 Kaunisvesi	$y = 0,000192x + 3,10$	2,17	4,72*	17,7	3,83
	8 Jyrkkä	$y = 0,000144x + 2,96$	1,62	2,63	10,7	3,36

Liite 8. Valtataimien (2000 ja 1000 kpl/ha) keskipituus (m) eri tiheysluokissa.
Appendix 8. Mean height (m) of dominant trees (2,000 and 1,000 trees/ha) in different density classes.

Aineisto Material	Koe Experiment	Keskipituus — Mean height, m									
		Runkoluku, kpl/ha — No of stems/ha									
		< 1000	1001—1999	2000—2999	3000—3999	4000—4999	5000—5999	6000—6999	7000—7999	> 8000	
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36		5,14	5,74	5,87	—	—	6,20	6,18		
	2 Aitoneva 3A		4,70	4,99	5,65	5,88	6,41	—	7,54	6,83	
	3 Aitoneva 3B		6,05	5,13	6,59	6,75	6,96	—	7,26		
	4 Kivisuo		5,81	5,27	6,29	6,13	—	—	—		
	5 Särkkä		—	4,89	5,21	—	5,10	5,31	5,41		
	6 Alkkia 37		2,15	2,76	3,16	3,26	3,10	3,19	3,25		
	7 Kaunisvesi		3,88	3,38	3,80	—	3,47	4,62	4,23		
	8 Jyrkkä		2,62	2,93	2,66	3,14	3,19	4,02	—		
1000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36		5,76	6,16	6,28	—	—	6,42	6,39		
	2 Aitoneva 3A	5,53	5,29	5,93	6,31	6,35	6,77	—	8,10	7,10	
	3 Aitoneva 3B		6,64	6,64	6,95	7,05	7,43	—	7,64		
	4 Kivisuo		6,34	5,87	6,57	6,52	—	—	—		
	5 Särkkä		—	5,35	5,62	—	5,35	5,53	5,68		
	6 Alkkia 37	2,57	2,51	3,36	3,49	3,57	3,30	3,43	3,60		
	7 Kaunisvesi		4,48	4,02	4,33	—	3,75	4,99	4,50		
	8 Jyrkkä		3,18	3,42	3,02	3,50	3,61	4,58	—		

Liite 9. Valtataimien (2000 kpl/ha) solakkuuden (H , dm/ $D_{1,3}$, mm) riippuvuus runkoluvusta riukuvaiheen taimikoissa eri kokeissa.
Appendix 9. Dependence of the slenderness (H , dm/ $D_{1,3}$, mm) of dominant trees (2,000 stems/ha) on stem number in pole-stage stands.

Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T_x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x}
1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,00001790x + 0,62$	2,91***	8,50**	15,6	0,68
2 Aitoneva 3A	$y = -0,00000763x + 0,85$	0,73	0,53	1,5	0,83
3 Aitoneva 3B	$y = 0,00000428x + 0,56$	8,52***	72,52***	68,1	0,69
4 Kivisuo	$y = 0,00000682x + 0,57$	6,21***	38,59***	44,6	0,72
5 Särkkä	$y = 0,00000245x + 0,70$	4,09***	16,71***	43,2	0,80

Liite 10. Latvusrajan riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.
Appendix 10. Dependence of crown limit on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T_x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x}
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,000117x + 1,62$	3,88***	15,04***	24,6	2,00
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000128x + 1,69$	2,08*	4,35*	10,8	2,04
	3 Aitoneva 3B	$y = 0,000125x + 1,96$	2,53**	6,42*	15,9	2,34
	4 Kivisuo	$y = 0,000010x + 2,66$	0,13	0,02	0,0	2,68
	5 Särkkä	$y = 0,000054x + 1,36$	2,93**	8,60**	28,1	1,59
	6 Alkkia 37	$y = 0,000049x + 0,46$	2,10*	4,43*	16,8	0,63
	7 Kaunisvesi	$y = 0,000054x + 0,54$	3,05***	9,33**	29,8	0,74
	8 Jyrkkä	$y = 0,000061x + 0,79$	3,51***	12,30**	35,9	0,96
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,000130x + 1,64$	4,25***	18,10***	28,2	2,07
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000196x + 1,63$	3,36***	11,27***	23,9	2,16
	3 Aitoneva 3B	$y = 0,000180x + 1,90$	3,68***	13,56***	28,5	2,44
	4 Kivisuo	$y = 0,000043x + 2,61$	0,56	0,31	0,6	2,70
	5 Särkkä	$y = 0,000100x + 1,29$	5,46***	29,81***	57,5	1,71
	6 Alkkia 37	$y = 0,000083x + 0,42$	3,36***	11,32***	34,0	0,71
	7 Kaunisvesi	$y = 0,000096x + 0,45$	4,17***	17,40***	44,2	0,82
	8 Jyrkkä	$y = 0,000096x + 0,73$	5,11***	26,08***	54,3	1,00

Liite 11. Elävän latvuksen pituuden (m) riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.
Appendix 11. Dependence of the length (m) of live crown on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T_x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x}
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,000130x + 3,76$	4,03***	16,28***	26,1	3,32
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,000031x + 2,86$	0,72	0,51	1,4	2,78
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,000147x + 4,02$	4,39***	19,27***	36,2	3,57
	4 Kivisuo	$y = -0,000150x + 3,23$	1,87*	3,51	6,81	2,90
	5 Särkkä	$y = -0,000162x + 3,62$	3,97***	15,79***	41,8	2,94
	6 Alkkia	$y = -0,000053x + 2,00$	1,05	1,11	4,8	1,81
	7 Kaunisvesi	$y = -0,000081x + 2,73$	1,23	1,52	6,5	2,42
	8 Jyrkkä	$y = -0,000100x + 1,95$	1,84*	3,40	13,4	1,67
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,000032x + 3,56$	0,91	0,84	1,8	3,66
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,000161x + 2,64$	3,90***	15,25***	29,8	3,08
	3 Aitoneva 3B	$y = 0,000056x + 3,75$	1,58	2,51	6,9	3,92
	4 Kivisuo	$y = 0,000140x + 2,79$	1,76*	3,11	6,1	3,11
	5 Särkkä	$y = -0,000014x + 3,46$	0,37	0,13	0,6	3,40
	6 Alkkia 37	$y = 0,000089x + 1,82$	1,60	2,55	10,4	2,13
	7 Kaunisvesi	$y = 0,000096x + 2,56$	1,41	2,00	8,3	2,92
	8 Jyrkkä	$y = 0,000082x + 1,64$	1,42	2,01	8,4	1,87

Liite 12. Latvussuhteen riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.
 Appendix 12. Dependence of crown ratio on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T_x	T_x^2	F-malli F-model	Selvitysaste Coef. det., %	\bar{x}
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,0024x + 70,2$	4,85***		23,54***	33,9	62,4
		$y = -0,0079x + 61 \cdot 10^{-8}x^2 + 79,8$	-3,06***	2,17*	15,08***	40,1	62,4
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,0016x + 62,9$	-2,54***		6,47***	15,2	58,5
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,0023x + 67,8$	-4,26***		18,19*	34,9	60,7
	4 Kivisuo	$y = -0,0011x + 54,5$	-1,14		1,31	2,7	52,2
	5 Särkkä	$y = -0,0021x + 73,3$	-6,98***		48,76***	68,9	64,6
	6 Alkkia 37	$y = -0,0062x + 44 \cdot 10^{-8}x^2 + 81,3$	-2,80**	1,89*	29,03***	73,4	64,6
	7 Kaunisvesi	$y = -0,0022x + 81,9$	-6,70***		44,84***	67,1	74,3
2000 valttainta dominant trees	8 Jyrkkä	$y = -0,0018x + 83,0$	-4,98***		24,79***	53,0	76,2
		$y = -0,0028x + 71,0$	-4,60***		21,12***	50,0	63,1
		$y = -0,0097x + 91 \cdot 10^{-8}x^2 + 81,5$	-3,39***	2,44**	15,93***	60,3	63,1
	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,0013x + 68,3$	-2,92***		8,53***	15,7	64,1
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,00080x + 61,7$	-1,35		1,83	4,8	59,5
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,0014x + 66,4$	-2,66**		7,05*	17,2	62,0
	4 Kivisuo	$y = 0,0010x + 51,4$	1,04		1,08	2,2	53,7
	5 Särkkä	$y = -0,0014x + 72,4$	-5,01***		25,07***	53,3	66,6
6 Alkkia 37		$y = -0,0014x + 80,5$	-4,26***		18,11***	45,1	75,6
	7 Kaunisvesi	$y = -0,0012x + 82,8$	-3,01***		9,03**	29,1	78,2
	8 Jyrkkä	$y = -0,0012x + 68,4$	-1,82*		3,33	13,1	65,1
		$y = -0,00074x + 83 \cdot 10^{-8}x^2 + 77,9$	-2,39*	2,05*	4,00	27,6	65,1

Liite 13. Paksuimman elävän oksan läpimitan (mm) riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.

Appendix 13. Dependence of the diameter (mm) of the thickest live branch on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det. %	\bar{x}
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,00090x + 21,9$	4,80***	23,08***	33,4	18,9
	2 Aitoneva 3A	$y = -0,00029x + 13,3$	0,97	0,94	2,5	12,5
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00118x + 21,8$	6,41***	41,09***	54,7	18,1
	4 Kivisuo	$y = -0,00220x + 24,4$	4,00***	16,04***	25,0	19,4
	5 Särkkä	$y = -0,00118x + 17,4$	3,66***	13,36**	37,8	13,8
	6 Alkkia 37	$Y = -0,00015x + 7,8$	0,53	0,28	1,3	7,3
	7 Kaunisvesi	$y = -0,00078x + 13,9$	3,07***	9,41**	30,0	10,9
	8 Jyrkkä	$y = -0,00047x + 8,6$	1,99*	3,96	15,3	7,3
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,00009x + 20,6$	0,41	0,16	0,4	20,3
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,00051x + 12,2$	1,67	2,78	7,2	13,6
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00043x + 21,1$	2,17*	4,69*	12,1	19,8
	4 Kivisuo	$y = -0,00110x + 22,7$	2,01*	4,02	7,7	20,2
	5 Särkkä	$y = -0,00024x + 16,8$	1,01	1,02	4,4	15,8
	6 Alkkia 37	$y = 0,00058x + 6,9$	1,72*	2,95	11,8	9,0
	7 Kaunisvesi	$y = -0,00027x + 13,9$	1,02	1,04	4,5	12,8
	8 Jyrkkä	$Y = 0,00019x + 7,5$	0,78	0,61	2,7	8,1

Liite 14. Valtataimien (2000 ja 1000 kpl/ha) paksuimpien elävien oksien läpimitat (mm) eri tiheysluokissa.

Appendix 14. Diameters (mm) of the thickest live branches of dominant trees (2,000 and 1,000 stems/ha) in different spacing classes.

Aineisto Material	Koe Experiment	Runkoluku kpl/ha No of stems/ha								
		<1000	1000—1999	2000—2999	3000—3999	4000—4999	5000—5999	6000—6999	7000—7999	8000—8999
2000 valta- tainta Dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	—	19,0	22,2	19,9	—	—	20,4	19,8	—
	2 Aitoneva 3A	12,6	12,7	14,1	12,7	13,9	15,3	—	16,0	17,2
	3 Aitoneva 3B	—	20,7	19,3	20,3	18,7	17,5	—	18,1	—
	4 Kivisuo	—	21,7	16,2	19,9	17,7	—	—	—	—
1000 valta- tainta Dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	—	21,1	23,6	21,0	—	—	19,2	21,0	—
	2 Aitoneva 3A	12,6	14,3	16,1	14,3	15,1	15,9	—	19,5	20,3
	3 Aitoneva 3B	—	23,1	21,2	22,0	19,6	19,9	—	19,4	—
	4 Kivisuo	—	22,4	16,4	16,7	13,2	—	—	—	—

Liite 15. Valtataimien (2000 kpl/ha) paksuimman elävän oksan läpimitan (mm) riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta (mm) eri tiheysluokissa eri kokeissa.

Appendix 15. Dependence of the diameter (mm) of the thickest live branch of dominant trees (2,000 stems/ha) on breast-height diameter (mm) in different density classes.

Koe Experiment	Runkoluku kpl/ha No of stems/ha	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x} mm
1 Alkkia 30 & 36	1000—1999	$y = 0,169x + 5,5$	8,87***	78,62***	57,6	19,0
	2000—2999	$y = 0,180x + 6,0$	8,47***	71,70***	33,1	22,2
	3000—3999	$y = 0,191x + 3,6$	6,23***	38,82***	30,6	20,0
	6000—6999	$y = 0,222x + 1,2$	2,33*	5,42*	35,1	20,4
	7000—7999	$y = 0,217x + 2,4$	3,01**	9,08*	41,1	19,8
	2 Aitoneva 3A	1000—1999	$y = 0,159x + 3,6$	20,82***	433,34***	66,7
2000—2999		$y = 0,182x + 2,2$	20,08***	403,25***	70,3	14,1
3000—3999		$y = 0,115x + 5,1$	4,07***	16,53***	42,9	12,7
4000—4999		$y = 0,241x - 3,5$	6,10***	37,27***	74,1	13,9
5000—5999		$y = 0,243x - 2,8$	4,06***	16,48**	60,0	15,3
7000—7999		$y = 0,197x - 1,9$	1,59	2,52	45,7	16,0
8000—8999		$y = 0,137x + 5,0$	1,58	2,50	38,4	17,2
3 Aitoneva 3B		1000—1999	$y = 0,167x + 4,5$	18,36***	337,10***	54,0
	2000—2999	$y = 0,170x + 3,4$	14,42***	207,93***	63,2	19,3
	3000—3999	$y = 0,202x + 1,2$	6,32***	39,95***	48,8	20,3
	4000—4999	$y = 0,192x + 1,8$	7,12***	50,62***	55,3	18,7
	5000—5999	$y = 0,179x + 2,0$	5,16***	26,63***	48,8	17,5
	7000—7999	$y = 0,100x + 9,9$	1,50	2,26	22,0	18,1
4 Kivisuo	1000—1999	$y = 0,158x + 7,9$	9,95***	99,03***	30,1	21,7
	2000—2999	$y = 0,193x + 2,3$	12,80***	163,81***	66,4	16,1
	3000—3999	$y = 0,300x - 4,3$	4,30***	18,46***	35,9	19,9
	4000—4999	$y = 0,202x + 2,4$	6,75***	45,51***	70,6	17,7

Liite 16. Paksuimman kuolleen oksan läpimitan (mm) riippuvuus runkoluvusta eri kokeissa.

Appendix 16. Dependence of the diameter (mm) of the thickest dead branch on stem number in different experiments.

Aineisto Material	Koe Experiment	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F model	Selitysaste Coeff. det., %	\bar{x}
Kaikki puut All trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = -0,00041x + 18,3$	1,99*	3,94	7,9	16,9
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,00010x + 10,9$	0,41	0,17	0,5	11,1
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00074x + 17,6$	3,98***	15,88***	31,8	15,3
	4 Kivisuo	$y = -0,00260x + 25,4$	4,01***	16,05***	25,1	19,6
	5 Särkkä	$y = -0,00065x + 16,2$	2,77**	7,68*	25,9	13,46
	6 Alkkia 37	$y = 0,00001x + 6,8$	0,05	0,00	0,0	6,8
	7 Kaunisvesi	$y = -0,00007x + 8,0$	0,28	0,08	0,4	7,8
	8 Jyrkkä	$y = -0,00056x + 9,8$	3,03***	9,21***	29,5	8,3
2000 valta- tainta dominant trees	1 Alkkia 30 & 36	$y = 0,00017x + 17,5$	0,74	0,55	1,2	18,1
	2 Aitoneva 3A	$y = 0,00054x + 10,5$	2,34*	5,47*	13,2	12,0
	3 Aitoneva 3B	$y = -0,00019x + 17,2$	0,90	0,81	2,3	16,6
	4 Kivisuo	$y = -0,00180x + 2,75$	2,75***	7,58***	13,6	20,1
	5 Särkkä	$y = -0,00020x + 15,6$	0,75	0,56	2,5	14,8
	6 Alkkia 37	$y = 0,00035x + 6,5$	1,29	1,65	7,0	7,8
	7 Kaunisvesi	$y = 0,00032x + 7,7$	1,16	1,35	5,8	8,9
	8 Jyrkkä	$y = -0,00026x + 9,4$	1,51	2,27	9,3	8,7

Liite 17. Valtataimien (2000 kpl/ha) paksuimman kuolleen oksan läpimitan (mm) riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta (mm) eri tiheysluokissa eri kokeissa.

Appendix 17. Dependence of the diameter of the thickest dead branch of dominant trees (2,000 stems/ha) on the breast-height diameter (mm) in different density classes.

Koe Experiment	Runkoluku, kpl/ha No of stems/ha	Yhtälö — Equation	T _x	F-malli F-model	Selitysaste Coeff.det., %	\bar{x} mm
1 Alkkia 30 & 36	1000—1999	$y = 0,058x + 11,7$	2,76***	7,63**	11,6	16,4
	2000—2999	$y = 0,138x + 6,6$	5,98***	35,75***	19,7	19,1
	3000—3999	$y = 0,069x + 12,2$	1,48	2,19	2,4	18,2
	6000—6999	$y = 0,223x + 1,1$	3,00**	9,00*	47,3	20,5
	7000—7999	$y = 0,189x + 2,3$	2,03*	4,12	24,0	17,4
2 Aitoneva 3A	1000—1999	$y = 0,127x + 3,8$	20,20***	407,88***	65,3	11,1
	2000—2999	$y = 0,131x + 3,4$	17,56***	308,45***	64,4	12,0
	3000—3999	$y = 0,129x + 3,2$	4,66***	21,73***	49,6	11,6
	4000—4999	$y = 0,124x + 3,4$	4,39***	19,29***	59,7	12,3
	5000—5900	$y = 0,118x + 4,7$	2,27*	5,17*	31,9	13,5
	7000—7999	$y = 0,160x - 0,3$	2,85*	8,09	72,9	14,2
8000—9000	$y = 0,080x + 8,0$	1,74	3,04	43,1	15,2	
3 Aitoneva 3B	1000—1999	$y = 0,096x + 7,4$	11,28***	127,13***	30,7	16,7
	2000—2999	$y = 0,133x + 4,5$	8,57***	73,42***	37,7	16,9
	3000—3999	$y = 0,152x + 2,1$	4,44***	19,72***	31,9	16,5
	4000—4999	$y = 0,155x + 2,7$	5,01***	25,08***	37,9	16,4
	5000—5999	$y = 0,148x + 3,2$	6,15***	37,81***	57,4	16,0
	7000—7999	$y = 0,132x + 3,4$	2,43*	5,89*	42,4	14,2
4 Kivisuo	1000—1999	$y = 0,154x + 9,0$	7,74***	59,85***	20,6	22,5
	2000—2999	$y = 0,173x + 4,7$	9,50***	90,31***	52,1	17,1
	3000—3999	$y = 0,404x - 14,1$	6,94***	48,19***	59,3	18,5
	4000—4999	$y = 0,124x + 7,7$	3,11***	9,66**	33,7	17,1

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 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 jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

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

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

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

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

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

- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyneimi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hervivahinkoalttiuteen. The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella. Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suomensiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus. The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.
- No 631 Pohtila, Eljas & Valkonen, Sauli: Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland.
- No 632 Norokorpi, Yrjö & Kärkkäinen, Sirpa: Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa. The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland.
- No 633 Silfverberg, Klaus & Huikari, Olavi: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidilla. Wood-ash fertilization on drained peatlands.
- No 634 Yli-Kojola, Hannu: Metsän ikärakenteen kehitys. The development of age-class composition.
- No 635 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1984. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1984.
- No 636 Vuokila, Yrjö: Puuston määrän vaikutus istutuskuusikon kehitykseen, kasvuun ja tuotokseen. The effect of growing stock level on the development, growth and yield of spruce plantations in Finland.
- No 637 Räsänen, Pentti K., Pohtila, Eljas, Laitinen, Esko, Peltonen, Antti & Rautiainen, Olavi: Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset. Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978—1979.
- No 638 Ihalainen, Ritva: Opintojen keskeyttäminen metsäalan ammatillisessa koulutuksessa. The abandonment of studies in vocational training in forestry.
- No 639 Uotila, Antti: Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascolyca abietina* in southern and central Finland.
- No 640 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1983—1985. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1983—1985.
- No 641 Ferm, Ari: Jätevedellä kasteltujen lehtipuiden alkukehitys ja biomassatuotos kaatopaikalla. Early growth and biomass production of some hardwoods grown on sanitary landfill and irrigated with leachate waste-water.
- 1986
- No 642 Rikala, Risto & Petäistö, Raija-Liisa: Lannoituksen vaikutus koulittujen rauduskoivun taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkaisuuteen. Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants.
- No 643 Juntunen, Marja-Liisa: Metsäalan toimihenkilöiden ajankäyttö ja työtehtävät. NSR:n yhteispohjoismaisen projektin ”Metsätalouden työorganisaatio” osatutkimus. The time expenditure and work tasks of forest functionaries. A part study of joint Nordic NSR project ”The organization of work in forestry”.
- No 644 Saksa, Timo: Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in northern Karelia in Finland.
- No 645 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts.
- No 646 Kaunisto, Seppo & Tuveva, Jorma: Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen turvemaidilla. Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoneisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.