

FOLIA FORESTALIA 705

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

KYÖSTI TURKIA & SEPPO KELLOMÄKI

**KASVUPAIKAN VILJAVUUDEN JA
PUUSTON TIHEYDEN VAIKUTUS
NUORTEN MÄNTYJEN OKSIEN
LÄPIMITTAAN**

**INFLUENCE OF THE SITE FERTILITY AND
STAND DENSITY ON THE DIAMETER OF
BRANCHES IN YOUNG SCOTS PINE
STANDS**



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

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

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä 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 705

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Kyösti Turkia & Seppo Kellomäki

KASVUPAIKAN VILJAVUUDEN JA PUUSTON TIHEYDEN VAIKUTUS NUORTEN MÄNTYJEN OKSIEN LÄPIMITTAAN

Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches
in young Scots pine stands

Approved on 18.12.1987

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO	4
3. TULOKSET	6
31. Oksien paksuusvaihtelu	6
32. Oksien paksuusvaihtelun yhteys kasvupaikan ominaisuuksiin	8
321. Metsätyyppi	8
322. Ravinteisuus	8
323. Maan raakoostumus	9
33. Oksien paksuusvaihtelun yhteys puuston tiheyteen	10
34. Oksien paksuusvaihtelun malli	10
4. TULOSTEN TARKASTELU	13
KIRJALLISUUS — REFERENCES	15

TURKIA, K. & KELLOMÄKI, S. 1987. Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimitaan. Abstract: Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands. *Folia Forestalia* 705. 16 p.

Tutkimuksessa on selvitetty nuorten mäntyjen (*Pinus sylvestris* L.) oksien paksuuden riippuvuutta kasvupaikan viljavuudesta ja puuston tiheydestä. Aineiston muodosti kahdeksan mustikkatyyppin, kolmetoista puolukkatyyppin ja kaksitoista kanervatyyppin männikköä, joiden ikä oli 17 — 26 vuotta. Puuston tiheys vaihteli 1 000 — 5 000 runkoa/ha. Koepuista mitattiin kaikkien elävien ja kuolleiden oksien paksuudet. Oksien läpimitan vaihtelu rinnastettiin metsätyyppiin sekä maan ja neulasten ravinnepitoisuuksiin, puuston tiheyteen ja maan raekoostumukseen.

Oksien läpimita kytkeytyi kiinteästi kasvupaikan viljavuuteen, mutta metsätyyppi sinänsä ennakoiti huonosti oksien läpimitan vaihtelua. Oksien paksuus vaihteli suuresti metsätyyppiittäin siten, että huonoilla mustikkatyyppin ja hyvillä puolukkatyyppin kasvupaikoilla oksien paksuus oli likimain yhtä suuri. Oksien paksuusvaihtelu korreloi kiinteästi neulasten tyyppipitoisuuden kanssa, jonka avulla oksien paksuusvaihtelu voitiin kytkeä kasvupaikan viljavuusvaihteluun. Myös maan hienojen lajitteiden kasvava osuus ennakoiti oksien paksunemista.

Oksien paksuus pieneni puuston tiheyden kasvaessa, erityisesti kanervatyyppin kasvupaikoilla. Muilla kasvupaikoilla riippuvuus ei ollut yhtä kiinteä, sillä kasvupaikkojen sisäinen viljavuusvaihtelu aiheutti suurta vaihtelua oksien paksuudessa. Kasvupaikkojen viljavuuden ja puuston kasvatustiheyden vaikutusta kuvaavassa regressiomallissa puuston tiheys selitti noin 20 % ja neulasten tyyppipitoisuus 54 % oksien paksuusvaihtelusta. Täten kasvupaikkojen viljavuusvaihtelu näytti selittävän puuston kasvatustiheyttä paremmin nuorten mäntyjen oksien paksuutta.

Keywords: Branchiness, *Pinus sylvestris*, timber quality
ODC 232.43+114.52+536+181.63+174.7 *Pinus sylvestris*

Authors' address: University of Joensuu, Faculty of Forestry, P.O. Box 111, SF-80101 Joensuu, Finland.

This study aims to recognise how the site fertility and the stand density affect the branch diameter of young Scots pines (*Pinus sylvestris* L.). The study material consists of 8, 13 and 12 stands on sites of *Myrtillus*, *Vaccinium* and *Calluna* types. The stand age was 17 — 26 years and the stand density 1 000 — 5 000 stems/ha. In the analysis the mean diameter of all the branches of the sample trees as well as the mean diameters of the three uppermost and the uppermost whorls was related to the type of site and the nutrient concentrations of soil and needles, soil composition and stand density.

The branch diameter of the sample trees was closely related to the site fertility, but site type was a poor predictor of the branch diameter compared with the nitrogen concentration of the needles. Consequently, the within-site variability of the site fertility resulted in the branch diameter being nearly the same on poor sites of *Myrtillus* and rich sites of *Vaccinium* types. There was evidence that the branch diameter can grow exceptionally thick on soils of silty morain.

The branch diameter was inversely related to the stand density. This was especially true on sites of *Calluna* type. On other sites this relationship was obscured by the within-stand variability of the site fertility. The variability of the branch diameter was composed up to 20 % by the stand density and 54 % by the site fertility. It was apparent that the site fertility could have a greater effect on branch diameter than stand density.

1. JOHDANTO

Maassamme viljellään metsää vuosittain noin 140 000 ha (Metsätilastollinen... 1984), josta suurin osa on männyn istutusta. Vaikka viljelyyn usein liittyy ongelmia, mm. odottamattoman suurta taimien kuolemista (Yli-Vakkuri ym. 1969, Leikola ym. 1977, Räsänen ym. 1985), on mäntyviljelmien kasvu yleensä ollut ripeää. Useissa tapauksissa runkojen ulkoinen laatu on kuitenkin jäänyt heikoksi (Uusvaara 1974, 1983 ja 1985, Varmola 1982, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982), mikä merkitsee muodostuvien sahatukkien huonoa laatua (Heiskanen 1965, Kärkkäinen 1980 ja 1985).

Erityisesti tuoreilla kankailla ja sitä viljavammilla kasvupaikoilla männyn rungot kasvavat oksikkaiksi. Näin käy varsinkin silloin, kun taimikko on harva. Viljalla kasvupaikoilla on myös tavallista enemmän tyvimutkaisuutta (Huuri 1976), joka yhdessä suuren oksikkuuden kanssa heikentää tuntuvasti runkojen ulkoista laatua.

Mäntyrunkojen oksikkuuden yhteyttä kasvatustiheyteen on selvitetty useissa tutkimuksissa (esim. Varmola 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981, Jokinen ja Kellomäki 1982, Kellomäki ja Väisänen 1986, Huuri ja Lähde 1985, Huuri ym. 1987). Tutkimuksissa korostuu kaksi, toisilleen osittain vastakkaista näkemystä viljely- ja kasvatustiheyden merkityksestä mäntyrunkojen ulkoisen laadun parantamisessa. Esimerkiksi Huuri ja Lähde (1985, s. 303) esittävät, että viljely- ja kasvatustiheyden pitäisi olla yli 10 000 runkoa hehtaarilla, ennenkuin viljely- ja kasvatustiheys parantaa merkittävästi mäntyjien ulkoista laatua (ks. myös Huuri ym. 1987). Kellomäki ja Tuimala (1981) puolestaan esittävät, että jo 2 500 — 3 000 rungon hehtaaritiheys vähentää tuntuvasti mäntyjien oksikkuutta (myös Jokinen ja Kellomäki 1982, Kellomäki 1984, Kellomäki ja Väisänen 1986). Kaikki tähän mennessä tehdyt tutkimukset osoittavat kuitenkin yhtäpitävästi, että nuorten mäntyjien oksikkuus vähenee kasvatustiheyden lisääntyessä.

Tarkasteltaessa oksikkuuslaadun yhteyttä puuston tiheyteen on pidettävä tarkoin erillään oksien paksuuden muutos puuston tiheyden muutoksen suhteen sekä oksien absoluuttinen paksuus tietyllä puuston tiheydellä.

Oksikkuuden muutos suhteessa kasvatustiheyden muutokseen osoittaa rajahyödyn olevan suurimmillaan (puuston tiheyden kasvatamisesta saatava oksikkuuden väheneminen), kun viljelytiheys kasvaa 1 000 rungosta 2 500 runkoon hehtaarilla (esim. Kellomäki 1984, Kellomäki ja Väisänen 1986). Myös absoluuttinen oksanpaksuus pienenee voimakkaasti tällä tiheysalueella (Kellomäki ja Tuimala 1981, Huuri ym. 1987). Oksikkuus pienenee myös tätä suuremmilla puuston tiheyksillä, kuten Huuri ja Lähde (1985) osoittavat tutkimuksissaan. Rajahyöty puuston tiheyden suhteen on tiheissä metsiköissä (tiheys $> 2\,500\text{ ha}^{-1}$) kuitenkin selvästi pienempi kuin harvoissa (tiheys $< 2\,500\text{ ha}^{-1}$) (Kellomäki ja Väisänen 1986).

Sytä erilaisiin päätelmiin puuston tiheyden vaikutuksesta mäntyjien oksikkuuteen voidaan etsiä mm. käytetyistä aineistoista. Esimerkiksi Huurin ja Lähteen (1985) aineisto edustaa pintakasvillisuuden ja maaperän perusteella arvioiden hyvälle puolukkatyyppin kasvupaikoille istutettuja männiköitä, jotka pituusboniteetiltaan vastaavat kuitenkin mustikkatyyppin ja käenkaali-mustikkatyyppin kasvupaikkoja (Huuri ym. 1987). Kellomäki ja Tuimala (1981), Jokinen ja Kellomäki (1982), Kellomäki (1984) sekä Kellomäki ja Väisänen (1986) tekevät päätelmänsä aineistoista, jotka edustavat mustikka- ja puolukkatyyppin mäntyviljelmiä sekä kanervatyyppin luontaisesti uudistuneita männiköitä. Yhdessä näistä tutkimuksista ei kasvupaikan viljavuutta ole määritelty metsätyyppiä täsmällisemmin, esimerkiksi ravinneanalyyysien avulla. On kuitenkin ilmeistä, että kasvatustiheyden merkitystä suuresti korostavat päätelmät perustuvat kaikkein viljavimpia kasvupaikkoja edustaviin aineistoihin.

Kasvupaikkojen viljavuusvaihtelu voi vaikeuttaa yksikäsitteisten päätelmien tekemistä puuston tiheyden vaikutuksesta nuorten mäntyjien oksikkuuteen myös sen vuoksi, että tiheyden vaikutus oksien paksuuteen voi vaihdella kasvupaikan viljavuudesta riippuen. Tähän mahdollisuuteen viittaa esimerkiksi Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) tutkimus nuorten mäntyjien ulkoisen laadun yhteydestä erilaisiin kasvupaikka- ja metsikkötekijöihin. Tutkimuksen mukaan erityisesti puolukka-

tyypin kasvupaikoilla oksaisuuslaatu parani, kun puuston tiheys kasvoi. Puolukkatyyppiä paremmilla kasvupaikoilla ei havaittu vastaavaa oksaisuuslaadun paranemista puuston tihentyessä.

Kärkkäinen ja Uusvaara (1982) osoittavat työssään nuorten mäntyjen ulkoisen laadun kytkeytyvän kiinteästi puiden kasvunopeuteen. Tuloksen he tiivistävät seuraavaksi toteamukseksi: ”tarkasteltaessa samankokoisia puita laatu heikkenee kasvun parantuessa, johtuipa hyvä kasvu mistä tekijöistä tahansa”. Näitä tekijöitä voivat olla mm. viljava kasvupaikka, alhainen kasvatustiheys tai puun vallitseva metsikköasema (Heikinheimo 1953, Kellomäki 1982, Oker-Blom ja Kellomäki 1982, Vuokila 1982, Kellomäki ja Väisänen 1986).

Kellomäki (1984) on osittain teoreettisiin päätelmiin, osittain kasvu- ja tuotostutkimuksiin nojautuen esittänyt, että nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuutta puuston tiheydestä ja kasvupaikan viljavuudesta voidaan kuvata mallilla, jossa kasvupaikan viljavuus on tasotekijänä. Puuston tiheys vähentää oksikkuutta tasotekijän asettamissa rajoissa siten, että vaikutus on kaikilla kasvupaikoilla luonteeltaan samanlainen. Tämän vuoksi kasvupaikkojen väliset oksikkuuserot voidaan rinnastaa kasvupaikkojen välisiin eroihin runkopuun tuotoksessa.

Mallia voidaan perustella mm. Varmolan (1980) tuloksella, joka osoittaa samankokoisten runkojen olevan yhtä oksikkaita eri kasvupaikoilla. Samaan viittaa myös Satoon (1982) väite, että mäntylajeilla runko ja oksat kasvavat vakiosuhteisesti kasvupaikan viljavuudesta ja puuston tiheydestä riippumatta. Tämän seurauksena hyvä rungon paksuus-

kasvu merkitsee myös hyvää oksien kasvua ja oksikkaita sahatukkeja (Heiskanen 1965).

Puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden keskinäisistä vaikutussuhteista on vaikea tehdä täsmällisiä päätelmiä, koska kasvupaikan viljavuuden määrittäminen on tähän mennessä tehdyissä tutkimuksissa jäänyt pelkästään metsätyyppien tasolle. Tämän vuoksi samaa metsätyyppiä edustavat havainnot voivat vaihdella varsin paljon ilman selvää kytkentää puuston tiheyteen (esim. Kellomäki ja Tuimala 1981). Vaihtelun voidaan tulkita ilmaisevan mm. metsätyyppien sisäistä viljavuusvaihtelua, joka vaikeuttaa myös kasvu- ja tuotosennusteiden laadintaa. On mahdollista, että tähän mennessä tehtyjen tutkimusten ristiriitaiset tulokset johtuvat siitä, että metsätyyppien perusteella on vaikea ennakoida puiden kasvua. Näin saattaa olla erityisesti taimikko- ja riukuvaiheen metsiköissä, joita tähän mennessä tehdyt tutkimukset pääasiassa edustavat.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten kasvupaikan viljavuus ja puuston kasvatustiheys vaikuttavat nuorten mäntyjen oksien kasvuun ja paksuuteen.

Tutkimus on osa Joensuun yliopiston, Metsäntutkimuslaitoksen ja Suomen Akatemian yhteistyönä tehtävää tutkimusta männyn laatuksivatuksesta. Tutkimusaineisto on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen metsätieteiden tutkimusosastolla prof. Olli Uusvaaran ohjauksessa. Aineiston ovat analysoineet metsätieteiden ylioppilas Kyösti Turkia ja Luk Hannu Väisänen Joensuun yliopiston metsätieteellisessä tiedekunnassa prof. Seppo Kellomäen ohjauksessa. Tutkimuksen alustava käsikirjoitus on Turkian, joka viimeisteli sen yhdessä Kellomäen kanssa nykyiseen muotoonsa. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Pentti Hakkila, prof. Eino Mälkönen, MML Timo Pukkala ja prof. Olli Uusvaara, joiden kommentit on otettu kiitollisuudella vastaan.

2. TUTKIMUSAINEISTO

Tutkimusaineisto kerättiin vuosina 1984-1985, ja se edustaa männyn luontaisia kasvupaikkoja: mustikkatyyppiä (MT), puolukkatyyppiä (VT) ja kanervatyyppiä (CT) (taulukko 1). Metsiköt sijaitsevat eri puolilla Etelä-Suomea. Kaikki mustikkatyyppin ja puolukkatyyppin metsiköt ovat istutettuja. Osa kanervatyyppin metsiköistä oli luontaisesti syntyneitä. Viljelyssä käytettyjen taimien ja siementen alkuperää ei tunneta.

Tutkimusmetsiköiden puusto oli parikymmenvuotiaista. Puuston tiheys vaihteli mustikkatyyppillä 1 000 — 3 200, puolukkatyyppillä 1 000 — 5 000 ja kanervatyyppillä 1 100 — 3 700 runkoon hehtaarilla. Puuston keskiläpimitta oli mustikkatyyppillä 8,5 — 11,5, puolukkatyy-

pillä 6,4 — 12,6 ja kanervatyyppillä 5,5 — 7,8 cm sekä keskipituus mustikkatyyppillä 5,5 — 8,4, puolukkatyyppillä 5,0 — 9,0 ja kanervatyyppillä 3,5 — 5,5 m. Keskiläpimitat ja keskipituudet on laskettu koepuiden aritmeettisina keskiarvoina.

Kustakin metsiköstä mitattiin 100 m²:n suuruinen ympyräkoela, joka sijoitettiin tyyppilliseen ja puustoltaan yhtenäiseen kohtaan metsikössä. Koelan ympärillä oli joka suuntaan vähintään 10 m:n vaippa. Koepuiden valitsemiseksi mitattiin runkolukusarja 1 cm:n luokitusta käyttäen. Kustakin läpimittaluokasta otettiin koepuiksi ensimmäinen eteensattuva puu ja tämän jälkeen kunkin läpimittaluokan joka kuudes puu.

Taulukko 1. Koealojen puuston yleistunnuksia.
Table 1. General description of the study areas.

Koeala Sample plot	Metsä- tyyppi Site type ¹⁾	Tiheys Density 1 ha ⁻¹	Koepuiden lukumäärä Number of sample trees	Ikä Age a	Pituus Height m	Läpimitta Diameter	Sijainti Location
1	MT	1000	6	19	6,0	11,5	Padasjoki
2	MT	1600	8	17	5,5	8,5	Ähtäri
3	MT	2100	9	18	8,1	10,9	Tuusula
4	MT	2200	9	18	8,1	11,3	Alastaro
5	MT	2300	9	18	6,6	8,9	Noormarkku
6	MT	2500	9	19	7,4	10,7	Juupajoki
7	MT	2700	9	19	8,4	11,1	Ähtäri
8	MT	3200	10	18	7,6	10,4	Noormarkku
9	VT	1000	7	19	8,2	12,6	Padasjoki
10	VT	1300	8	18	6,2	10,2	Jyväskylä
11	VT	1700	9	18	5,9	8,3	Juupajoki
12	VT	2000	7	17	7,6	10,6	Alastaro
13	VT	2100	9	21	7,5	8,7	Ähtäri
14	VT	2300	9	17	7,0	9,5	Jyväskylä
15	VT	2400	10	17	7,1	9,7	Hyytiälä
16	VT	2600	11	18	7,4	8,6	Noormarkku
17	VT	3000	9	19	5,0	7,2	Ähtäri
18	VT	3300	10	19	5,7	7,9	Noormarkku
19	VT	3700	10	18	5,6	6,4	Tammela
20	VT	4600	14	18	6,8	7,8	Hartola
21	VT	5000	16	20	9,0	9,3	Hartola
22	CT	1100	6	21	4,7	7,3	Niinisalo
23	CT	1300	7	25	5,6	7,7	—”—
24	CT	1500	6	26	5,1	7,8	—”—
25	CT	1800	6	20	3,5	5,3	—”—
26	CT	2000	8	24	4,3	6,1	—”—
27	CT	2100	6	23	3,8	5,5	—”—
28	CT	2200	7	23	4,1	6,5	—”—
29	CT	2300	6	23	3,8	5,5	—”—
30	CT	2400	6	24	4,1	6,1	—”—
31	CT	2500	7	23	3,9	5,5	—”—
32	CT	3300	9	26	4,9	6,3	—”—
33	CT	3700	11	24	5,3	6,2	—”—

¹⁾ MT = Mustikkatyyppi (Myrtillus type), VT = Puolukkatyyppi (Vaccinium type), CT = Kanervatyyppi (Calluna type)

Koepuista mitattiin pituus, latvusraja ja latvuksen pituus, läpimitat rinnankorkeudelta ($D_{1,3}$) ja 10 cm:n päästä tyvillekkauksesta ($D_{0,1}$). Koepuiden jokaisesta oksakiehkurasta mitattiin kiehkuran etäisyys latvasta, elävien ja kuolleiden oksien lukumäärä, elävien ja kuolleiden oksien läpimitta, oksakulma ja elävien oksien pituus. Tässä työssä on käytetty hyväksi vain elävien oksien läpimittatietoja.

Kasvupaikkojen viljavuus määriteltiin metsätyyppien ja ravinneanalyysien avulla. Ravinneanalyysia varten otettiin kultakin koealalta neljästä osanäytteestä koostunut maanäyte kivennäismaan pintakerroksesta (0–10 cm). Tämän lisäksi otettiin neulasnäytteet koepuiden ylimmistä oksakiehkuroista. Näytteenäytteet olivat yhden vuoden ikäisiä. Maanäytteitä ja neulasnäytteitä otettiin koealan mittaussajankohdasta riippuen toukokuun puolesta välistä lähtien syyskuun loppuun lukuun ottamatta heinäkuuta. Maa- ja neulasnäytteet pakattiin muovipusseihin ja lähetettiin laboratorioon, jossa ne pakastettiin (lämpötila < -20 °C) välittömästi.

Näytteitä säilytettiin pakastettuina muutamasta päivästä useaan kuukauteen ennen niiden analysointia. Neulasnäytteistä määritettiin typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesium-pitoisuudet sekä maanäytteistä kokonaistyyppi, helpollukoinen fosfori sekä vaihtuva

kalium, kalsium ja magnesium. Ravinmäärityksissä noudatettiin Halosen ym. (1983) laatimia ohjeita. Maanäytteistä määritettiin lisäksi raekoostumus seulomalla.

Puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutusta oksikkuuteen tarkasteltiin oksien läpimitan avulla siten, että tarkastelu kohdistettiin puiden kaikkien oksien keskiläpimittaan, kolmen ylimmän kiehkuran oksien keskiläpimittaan ja ylimmän kiehkuran oksien keskiläpimittaan. Ylimmän ja kolmen ylimmän oksakiehkuran oksien läpimitta voidaan tulkita oksien vuotukseksi ja oksien kolmen vuoden keskimääräiseksi vuotukseksi paksuuskasvuksi. Kaikkien oksien keskiläpimitta ilmaisee puolestaan, kuinka paksuiksi oksat olivat keskimäärin kasvaaneet.

Sahatukkien laatu kytkeytyy kiinteästi runkojen paksuimpiin eläviin ja kuolleisiin oksiin. Tämän vuoksi tarkasteltiin myös runkojen paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien läpimitan vaihtelua, vaikka taimikkoja riukuvaiheessa esiintyvät paksuimmat oksat eivät muodostakaan varttuneen puun paksuimpia oksia. Jatkoanalyysissä paksuimmat oksat jätettiin kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle, sillä nämä tunnuksot eivät oleellisesti täydentäneet elävien oksien keskitunnusten perusteella tehtäviä päätelmiä.

3. TULOKSET

31. Oksien paksuusvaihtelu

Tässä aineistossa ylimpien oksien keskiläpimitat olivat suurimpia mustikkatyypin metsiköissä, joissa ylimmän kiehkuran oksien läpimitta oli 9 — 12 mm (taulukko 2). Puolukkatyypillä ylimmän kiehkuran oksien keskiläpimitan vaihteluväli oli 7 — 10 mm ja kanervatyypillä 5 — 7 mm. Oksien vanhetes-

sa vaihteluväli ja oksien läpimitta kasvoivat: kolmannen kiehkuran oksien keskimääräinen läpimitta oli mustikkatyypillä 11 — 17 mm, puolukkatyypillä 9 — 13 mm ja kanervatyypillä 7 — 9 mm. Kaikkien oksien keskiarvot olivat mustikkatyypillä 14 — 20 mm, puolukkatyypillä 11 — 20 mm ja kanervatyypillä 9 — 14 mm. Oksien paksuuksien keskiarvoja luonnehti paitsi suuri kasvupaikkojen sisä-

Taulukko 2. Puuston tiheys sekä oksien keskiläpimitta ja hajonnat eri metsätyyppejä edustavilla koealoilla.
Table 2. Values for the branch diameter and its standard deviation in different sections of the crowns as a function of the site type and stand density.

Koe- ala Sample plot	Metsä- tyyppi Site type	Puuston tiheys Density 1 ha ⁻¹	Elävien oksien keskiläpimitta, mm Mean diameter of branches, mm					
			Kaikki Total		Kolme ylintä kiehkuraa Tree uppermost whorls		Ylin kiehkura Uppermost whorl	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	MT	1000	19,89	6,96	17,39	5,98	12,18	2,95
2	MT	1600	14,10	5,35	12,02	3,62	10,19	2,12
3	MT	2100	15,45	7,49	11,64	4,98	8,28	2,18
4	MT	2200	16,49	7,99	12,47	4,85	9,93	3,05
5	MT	2300	13,80	5,78	11,09	4,35	9,15	2,67
6	MT	2500	16,01	6,29	13,14	4,94	9,69	2,76
7	MT	2700	15,92	6,60	12,76	4,45	9,90	2,01
8	MT	3200	15,12	6,19	11,32	3,86	9,15	2,18
9	VT	1000	19,11	7,75	12,78	4,90	9,97	2,43
10	VT	1300	15,97	6,41	12,70	4,77	9,79	3,44
11	VT	1700	13,44	5,96	11,09	5,04	8,71	2,17
12	VT	2000	16,06	6,99	12,15	4,39	9,43	2,37
13	VT	2100	15,44	6,63	12,09	4,28	9,89	2,49
14	VT	2300	13,83	5,31	11,39	3,89	9,89	2,34
15	VT	2400	14,45	6,06	11,47	4,45	8,73	2,37
16	VT	2600	13,31	5,58	10,80	3,95	8,40	1,93
17	VT	3000	14,03	5,35	12,98	4,66	10,32	2,94
18	VT	3300	14,42	6,41	11,11	4,12	9,02	2,19
19	VT	3700	11,23	4,32	9,32	3,45	7,18	1,77
20	VT	4600	13,03	5,34	11,16	4,34	9,10	2,84
21	VT	5000	13,80	6,06	11,68	4,66	9,57	3,11
22	CT	1100	13,99	3,78	8,95	1,46	7,05	1,22
23	CT	1300	11,74	2,57	8,98	1,71	6,83	1,49
24	CT	1500	11,91	3,11	8,31	0,77	6,54	0,71
25	CT	1800	11,85	2,44	7,15	1,40	5,50	1,10
26	CT	2000	10,84	2,77	7,00	1,20	4,33	1,11
27	CT	2100	10,27	1,72	7,71	1,05	5,78	0,92
28	CT	2200	11,49	2,60	7,89	1,46	6,28	1,36
29	CT	2300	10,66	2,04	7,87	1,89	5,66	1,36
30	CT	2400	10,31	2,38	7,39	1,20	5,81	1,16
31	CT	2500	9,79	1,41	7,52	1,83	6,11	1,36
32	CT	3300	9,66	3,45	8,76	3,65	5,75	1,32
33	CT	3700	9,12	2,59	6,89	2,36	6,04	2,29

nen vaihtelu myös se, että oksien läpimitta saattoi yksittäistapauksissa olla lähes sama viljavuudeltaan erilaisilla kasvupaikoilla.

Puustojen ikävaihtelu eri metsätyypeillä vaikeuttaa täsmällistä vertailua. Erityisesti kanervatyypillä puusto oli keskimäärin vanhempaa kuin muilla metsätyypeillä (vrt. taulukko 1). Tosin mustikkatyypin puustot voivat ikäeroista huolimatta olla kehitysvaiheeltaan edellä puolukkatyypin puustoja. Puustojen ikäeroilla ei sen sijaan liene suurta vaikutusta ylimpien oksien läpimittoihin, jotka edustavat vuotuista kasvua.

Paksuimpien elävien oksien läpimittasuhteet noudattivat edellä kuvattuja suhteita (taulukko 3): mustikka- ja puolukkatyypin

mäntyjen välillä erot olivat suhteellisen vähäisiä, mutta kanervatyypin männyillä paksuimmatkin elävät oksat jäivät tuntuvasti ohuemmiksi kuin mustikka- ja puolukkatyypin männyillä. Mustikkatyypin kasvupaikoilla paksuimman oksan keskiläpimitta oli 20 — 33 mm, puolukkatyypin männiköissä 18 — 29 mm ja kanervatyypin männiköissä 15 — 28 mm. Myös paksuimpien elävien oksien läpimittavaihtelu osoitti, että oksien läpimitta saattoi yksittäistapauksissa olla lähes sama kasvupaikan viljavuudesta riippumatta.

Paksuimpien kuolleiden oksien läpimittasuhteet olivat samankaltaisia paksuimpien elävien oksien läpimittasuhteiden kanssa. Mustikkatyypin männiköissä kuolleiden ok-

Taulukko 3. Puuston tiheys sekä paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien keskiläpimitta ja hajonnat eri metsätyyppejä edustavilla koealoilla.

Table 3. Mean diameter of the thickest living and dead branches and its standard deviation as a function of the site type and stand density.

Koe- ala Sample plot	Metsä- tyyppi Site type	Puuston tiheys Density 1 ha ⁻¹	Paksuimpien oksien keskiläpimitta, mm Mean diameter of thickest branches, mm			
			Elävät Living		Kuolleet Dead	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	MT	1000	32,83	8,95	19,50	3,94
2	MT	1600	22,25	7,57	15,88	4,39
3	MT	2100	25,89	8,12	19,78	5,29
4	MT	2200	29,22	9,34	25,44	7,67
5	MT	2300	20,67	7,18	18,33	5,55
6	MT	2500	26,33	9,07	22,22	5,31
7	MT	2700	26,67	7,23	24,00	6,54
8	MT	3200	26,30	6,46	26,10	4,01
9	VT	1000	28,57	8,16	24,43	6,37
10	VT	1300	26,63	9,53	16,00	3,63
11	VT	1700	19,33	7,38	15,56	6,98
12	VT	2000	27,00	7,83	23,00	5,77
13	VT	2100	25,44	8,97	21,56	8,44
14	VT	2300	22,89	6,23	16,00	3,54
15	VT	2400	22,40	7,50	19,00	4,85
16	VT	2600	20,82	6,79	16,91	5,11
17	VT	3000	21,89	5,44	15,33	3,50
18	VT	3300	21,10	9,39	16,30	5,46
19	VT	3700	17,80	4,69	15,50	3,10
20	VT	4600	19,71	6,72	16,29	5,04
21	VT	5000	21,06	8,23	19,25	5,70
22	CT	1100	23,33	6,56	14,83	2,32
23	CT	1300	28,43	26,13	13,00	3,61
24	CT	1500	20,67	6,68	13,17	3,13
25	CT	1800	23,00	6,87	11,83	3,66
26	CT	2000	19,88	5,44	12,63	2,39
27	CT	2100	18,00	3,46	12,50	2,26
28	CT	2200	20,14	7,90	12,14	2,34
29	CT	2300	18,33	3,20	13,00	2,45
30	CT	2400	18,17	6,55	13,50	2,35
31	CT	2500	16,14	3,98	11,57	1,62
32	CT	3300	15,89	5,60	13,44	3,97
33	CT	3700	14,64	5,01	11,73	3,69

sien läpimitan keskiarvo oli 16 — 26 mm ja puolukkatyyppin männikoissä 15 — 24 mm. Kanervatyyppin männikoissä paksuimpien kuolleiden oksien läpimita oli 12 — 15 mm, joten ne jäivät tuntuvasti ohemmiksi kuin mustikka- ja puolukkatyyppillä. Myös paksuimpien kuolleiden oksien läpimitavaihtelu osoitti, että oksien läpimita saattoi yksittäistapauksissa olla lähes sama kasvupaikan viljavuudesta riippumatta.

Oksien paksuusvaihtelun kuvaaminen eri tavoin laskettujen oksatunnusten avulla johti varsin samanlaisiin päätelmiin. Tämä oli odotettavissa, sillä eri oksatunnukset korreloivat kiinteästi toistensa kanssa: eri tunnusten väliset korrelaatiokertoimet olivat suurempia kuin 0,6 suurella tilastollisella todennäköisyydellä ($r > 0,6$, $p < 0,01$). Tämän vuoksi puiden oksikkuuden analyysi keskitettiin ylimmän, kolmen ylimmän ja kaikkien elävien oksien keskiläpimittojen tarkasteluun. Samalla nämä tunnukset ilmaisivat luotettavasti myös paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien läpimittoja, kuten oheisessa asetelmassa esitetyt korrelaatiokertoimet osoittavat (korrelaatiokertoimet runkojen paksuimpien elävien ja kuolleiden sekä ylimmän, kolmen ylimmän ja kaikkien oksakiehkuroiden elävien oksien keskiläpimitan välillä).

Oksien asema	Runkojen paksuimmat oksat	
	Elävät	Kuolleet
Ylin kiehkura	0,88	0,81
Kolme ylintä kiehkuraa	0,67	0,73
Kaikki kiehkurat	0,76	0,73

Kaikissa tapauksissa korrelaatiokertoimet olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,01$). Samalla voidaan havaita, että oksien kasvunopeus (ylimmän oksakiehkuran oksien paksuus) ennakoii selväpiirteisesti paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien paksuuksia. Nopeimmin kasvavat oksat muodostuvat siis paksuimmiksi.

32. Oksien paksuusvaihtelun yhteys kasvupaikan ominaisuuksiin

321. Metsätyyppi

Varianssianalyysillä tehty testaus osoitti, että metsätyyppien väliset oksien paksuus-erot olivat tilastollisesti vähintään suuntaantavia ($p < 0,10$) kaikkien oksatunnusten

Taulukko 4. Oksien läpimittaa kuvaavia tunnuksia eri metsätyypeillä.

Table 4. Mean values for the indicators of the branch diameter as a function of the site type.

Oksatunnus Indicator		MT	VT mm	CT
Kaikki oksat	\bar{x}	15,84	14,47	10,96
All branches	s	1,87	1,89	1,32
Kolme ylintä kiehkuraa	\bar{x}	12,72	11,59	7,86
Three uppermost whorls	s	2,01	0,98	0,73
Ylin kiehkura	\bar{x}	9,80	9,23	5,97
Uppermost whorl	s	1,13	0,84	0,70

suhteen. Keskiläpimitat olivat suurimmillaan mustikkatyyppin kasvupaikoilla, joilla kaikkien oksien keskiläpimita oli 4,88 mm suurempi kuin kanervatyyppillä (taulukko 4). Vastaavat erot kolmen ylimmän ja ylimmän oksakiehkuran keskiläpimitassa olivat 4,86 mm ja 4,83 mm. Sen sijaan mustikkatyyppin ja puolukkatyyppin väliset erot olivat pieniä, kaikkien oksien keskiläpimitassa 1,37 mm sekä kolmen ylimmän ja ylimmän oksakiehkuran keskiläpimitassa 1,13 mm ja 0,57 mm.

322. Ravinteisuus

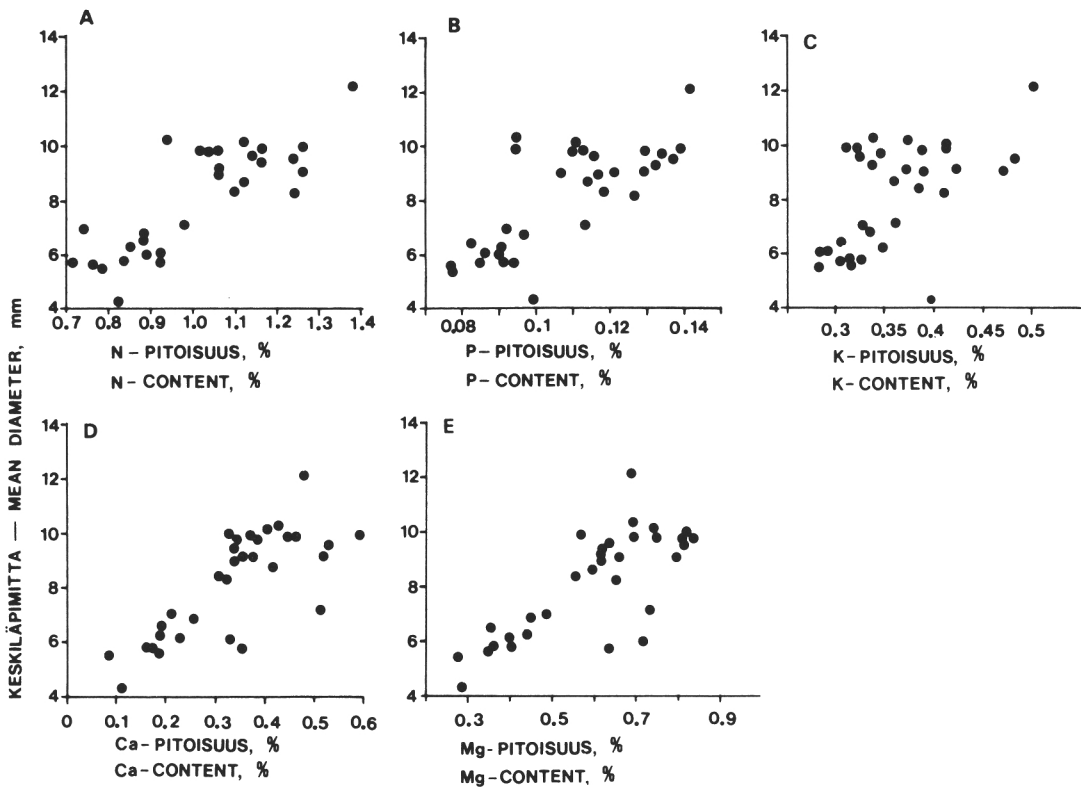
Kasvupaikan viljavuutta voidaan metsätyyppin ohella kuvata myös maa- ja neulasanalyysin antamilla ravinetunnuksilla, jolloin metsätyyppien edustamat viljavuusluokat voidaan korvata jatkuvilla ravinnemuuttujilla. Näin voidaan välttää metsätyyppiluokitteluun liittyvät rajanveto-ongelmat, jotka voivat vaikuttaa suuresti analyysin tuloksiin ja niiden tulkintaan.

Kaikki oksatunnukset korreloivat tilastollisesti vähintään suuntaantavasti ($p < 0,10$) maan ja neulasten ravinnepitoisuuksien kanssa (kuva 1, taulukko 5). Oksan läpimita korreloi kiinteämmin neulasten kuin maan ravinnepitoisuuksiin. Varsinkin neulasten tyyppipitoisuuden ja oksien keskiläpimittojen väliset korrelaatiot olivat kiinteitä ja selvästi suurempia kuin oksien keskiläpimittojen korrelaatiot muiden ravinteiden kanssa. Kaliumia lukuun ottamatta myös muiden ravinteiden pitoisuudet korreloivat kiinteästi ylimpien oksien läpimitan kanssa. Oksien vanhetessa korrelaatiot muiden ravinteiden kuin typen kanssa heikkenivät.

Taulukko 5. Oksien läpimitan sekä maan ja neulasten ravinnepitoisuuksien väliset korrelaatiot.

Table 5. Correlations for the relationship between branch diameter and the nutrient concentrations of soil and needles.

Näyte ja ravinne Sample and nutrient		Kaikki oksat All branches		Kolme ylintä kiekkuraa Three uppermost whorls		Ylin kiekkura Uppermost whorl	
		r	p<	r	p<	r	p<
Maa Soil	N	0,27	0,06	0,39	0,01	0,34	0,02
	P	0,37	0,01	0,37	0,01	0,44	0,00
	K	0,34	0,02	0,30	0,04	0,35	0,02
	Ca	0,63	0,00	0,64	0,00	0,69	0,00
	Mg	0,43	0,00	0,38	0,01	0,42	0,00
Neulaset Needles	N	0,74	0,00	0,83	0,00	0,81	0,00
	P	0,72	0,00	0,76	0,00	0,75	0,00
	K	0,51	0,00	0,57	0,00	0,55	0,00
	Ca	0,57	0,00	0,71	0,00	0,77	0,00
	Mg	0,56	0,00	0,70	0,00	0,76	0,00



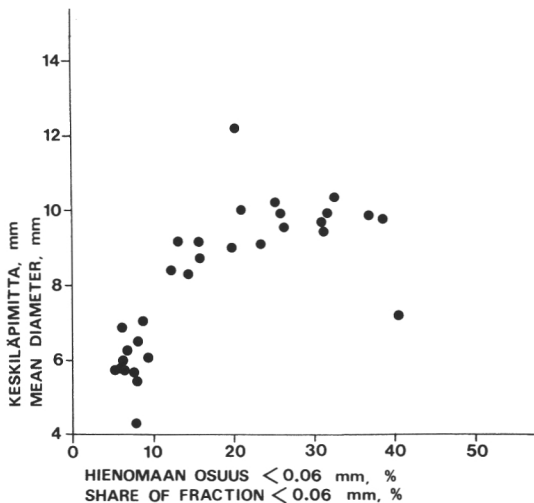
Kuva 1. Ylimmän oksiekhurun oksien läpimitan riippuvuus neulasten ravinnepitoisuuksista.

Fig. 1. Mean diameter of the branches at the uppermost whorl as a function of nutrient concentrations of the needles.

323. Maan raekoostumus

Oksatunnuksista vain ylimpien oksien keskiläpimitta korreloitui maan lajitekoostumuksen kanssa (kuva 2) siten, että oksien

läpimitan ja maan hienoainekseen (< 0,06 mm) suhteellisen osuuden välillä vallitsi tilastollisesti merkitsevä (p < 0,001) positiivinen korrelaatio. Korrelaatiokerroin oli logaritimuunnoksella linearisoidussa aineistossa



Kuva 2. Ylimmän oksakiehkuran oksien keskiläpimitan riippuvuus hienojen maalajitteiden osuudesta.

Fig. 2. Mean diameter of the branches at the uppermost whorl as a function of the share of the silt in soil.

0,82. Hienoaineksen osuuden kasvaessa ylimpien oksien läpimita kasvoi likimain suoraviivaisesti, kunnes hienoaineksen osuus ylitti 20 %. Tämän jälkeen ylimpien oksien läpimita vakiintui noin 10 mm suuruiseksi.

33. Oksien paksuusvaihtelun yhteys puuston tiheyteen

Oksan läpimitan riippuvuutta puuston tiheydestä tarkasteltiin metsätyypeittäin siten, että oksien keskiläpimitat esitettiin puuston tiheyden funktiona (kuva 3) sellaisenaan aineiston perusominaisuuksien selvittämiseksi. Mustikkatyypillä kaikkien oksien keskiläpimita pieneni aluksi jyrkästi tiheysarvoon 2 300 runkoa/ha asti, jonka jälkeen oksan oheneminen hidastui. Mustikkatyypillä puuston suurin tiheys oli 3 200 runkoa/ha, joten oksien keskiläpimita tätä suuremmilla puuston tiheyksillä jäi selvittämättä. Mustikkatyypillä tiheys vaikutti ylimpienkin oksien läpimitaan. Ylimmän kiehkuran oksien keskiläpimitan ero harvimman ja tiheimmän metsikön välillä oli 3 mm. Kolmen ylimmän kiehkuran oksien keskiläpimitan ero harvimman ja tiheimmän metsikön välillä oli 6 mm.

Puolukkatyypillä oksien läpimita pieni aluksi voimakkaasti, mutta läpimitan pieneminen tasoittui tiheyksissä 2 300 — 3 700 runkoa/ha (kuva 3). Kaikkien oksien keskiläpimita pieneni kuitenkin aina tiheyteen 3 700 runkoa/ha asti, jonka jälkeen oksat olivat yllättäen jälleen paksumpia. Puuston tiheydellä 5 000 runkoa/ha oksien keskiläpimita vastasi oksien keskiläpimitaa puuston tiheydellä 2 300 runkoa/ha. Puolukkatyypillä puuston tiheys ei vaikuttanut mainittavasti ylimpien kiehkuroiden oksien paksuuteen. Ylimpien kiehkuroiden oksien läpimitan ero harvimman ja tiheimmän metsikön välillä oli yhden millimetrin luokkaa.

Kanervatyypillä kaikkien oksien keskiläpimita pieni tasautuvasti tiheyden koko vaihtelualueella (kuva 3). Voimakkainta oksien ohentuminen oli tiheysalueella 1 100 — 2 500 runkoa/ha. Ero harvimman ja tiheimmän metsikön oksien keskiläpimitassa oli 4,87 mm. Kanervatyypilläkään tiheys ei vaikuttanut mainittavasti ylimpien kiehkuroiden oksien läpimitaan.

Oksien keskiläpimita korreloi kaikilla metsätyypeillä tilastollisesti vähintään suunta-antavasti ($p < 0,10$) puuston tiheyden kanssa (taulukko 6), kun korrelaatiokerrointen arvot laskettiin logaritmuunnoksella linearisoidusta aineistosta. Puuston tiheyden kytkeytyminen oksien läpimitaan voimistui kasvupaikan viljavuuden vähentyessä. Yhteys oli kiintein kanervatyypillä ja pienin mustikkatyypillä. Mustikkatyypillä puuston tiheyden vaikutus oksien paksuuteen ulottui kuitenkin ylimpiin kiehkuroihin saakka.

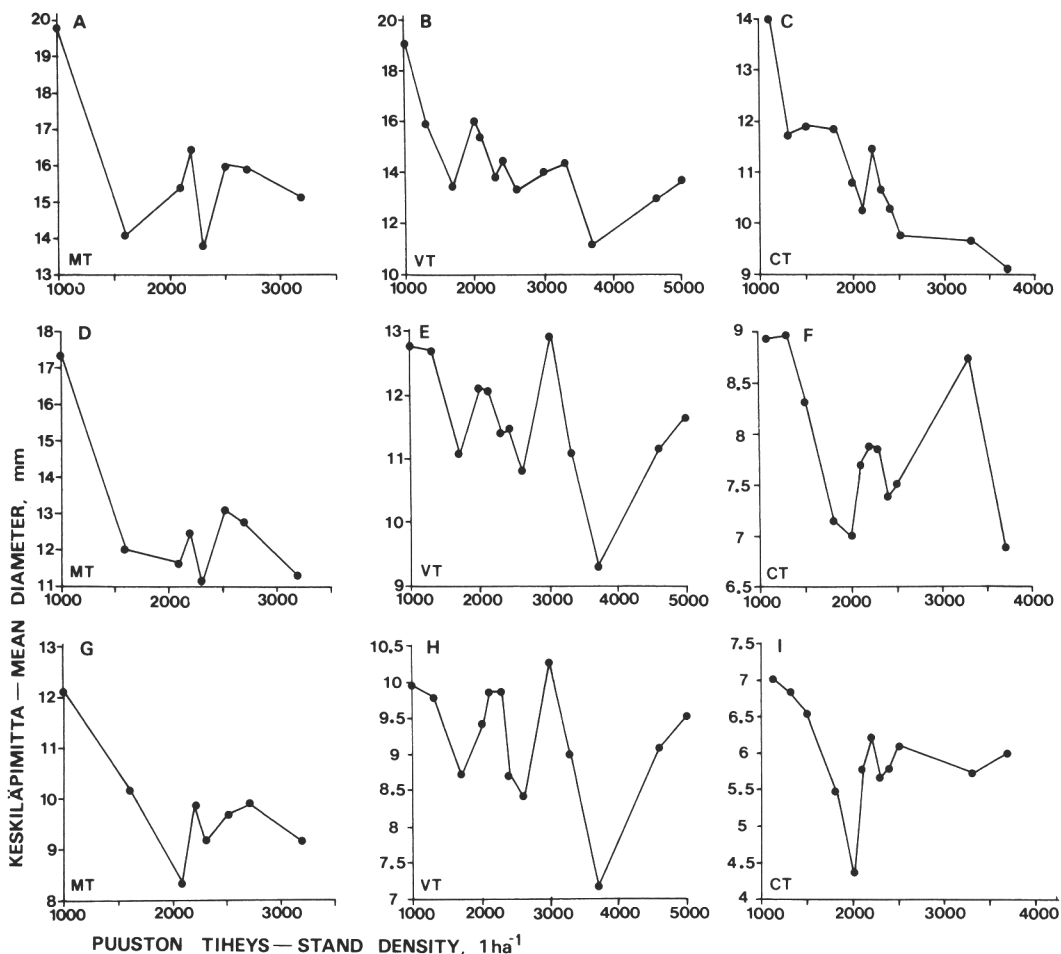
34. Oksien paksuusvaihtelun malli

Tehdyt analyysit osoittavat, että nuorten mäntyjen oksien paksuus ei vähene yksikäsitteisesti puuston tiheyden kasvaessa, vaan kasvupaikan viljavuusvaihtelu voi aiheuttaa suuria muutoksia oksien paksuuteen. Näiden suhteiden kuvaamiseksi sisällytettiin puuston tiheys ja kasvupaikan viljavuus samaan malliin olettaen, että kaikkien oksien keskiläpimita on kääntäen verrannollinen puuston tiheyteen ja suoraan verrannollinen kasvupaikan viljavuuteen. Viljavuutta kuvattiin neulasten ja maan ravinnepitoisuuksilla sekä hienomaan osuudella.

Taulukko 6. Oksien läpimittojen korrelaatioita puuston tiheyden (puita/ha) kanssa.

Table 6. Correlations of the branch diameters with the stand density (stem/ha).

Oksatunnus Indicator of branch diameter	MT		Metsätyyppi — Site type VT Korrelaatio ja sen merkitsevyys Correlation and its significance		CT	
	r	p<	r	p<	r	p<
Kaikki oksat All the branches	-0,58	0,06	-0,74	0,00	-0,92	0,00
Kolme ylintä kiehkuraa Three uppermost whorls	-0,76	0,01	-0,49	0,04	-0,52	0,04
Ylin kiehkura Uppermost whorl	-0,73	0,01	-0,33	0,13	-0,38	0,10



Kuva 3. Kaikkien oksien (A, B, C), kolmen ylimmän oksakiehkuran (D, E, F), oksien ja ylimmän oksakiehkuran (G, H, I) oksien keskiläpimitta puuston tiheyden funktiona.

Fig. 3. Mean diameter of all the branches (A, B, C), the branch at the three uppermost (D, E, F) and the uppermost whorl (G, H, I) as a function of the stand density.

Taulukko 7. Neulasten ja maan ravinnetunnusten korrelaatioita puuston tiheyden (puita/ha) kanssa.

Table 7. Correlation of the nutrients of soil and needles with the stand density (Stem/ha).

Näyte ja ravinne Sample and nutrient		Korrelaatio ja sen merkitsevyys Correlation and its significance	
		r	p<
Maa Soil	N	0,33	0,03
	P	0,20	0,12
	K	0,15	0,20
	Ca	0,15	0,20
	Mg	0,06	0,36
Neulaset Needles	N	0,17	0,16
	P	0,06	0,35
	K	0,22	0,11
	Ca	0,31	0,03
	Mg	0,31	0,37

Mallia laadittaessa sisällytettiin puuston tiheys ensimmäiseksi malliin. Tämän jälkeen selitettiin selittämättä jäänyttä vaihtelua kasvupaikan ominaisuuksilla. Tavoitteena oli yksinkertainen, selityskykyinen ja tulkinnallisesti yksiselitteinen malli, jonka virhe jäisi mahdollisimman pieneksi ja satunnaiseksi. Tähän oli sikäli hyvät mahdollisuudet, että ravinnetunnukset eivät korreloineet puuston tiheyden kanssa tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,10$) lukuun ottamatta maan typpipitoisuutta ja neulasten kalsiumpitoisuutta (taulukko 7). Tämän vuoksi kasvupaikan viljavuuden vaikutusta oksikkuuteen voitiin tarkastella erillään tiheyden vaikutuksesta.

Jatkotarkasteluun tuli valituksi malli, johon puuston tiheyden ja oksien läpimitan suhde sisältyi logaritmisessa ja neulasten typpipitoisuuden ja oksien läpimitan suhde lineaarisessa muodossa yhtälön (1) mukaisesti.

$$\ln \bar{D} = a + bN + c \ln T \quad (1)$$

missä \bar{D} on oksien keskiläpimitta (mm), N neulasten typpipitoisuus (%) ja T puuston tiheys (1 ha^{-1}) sekä a, b ja c parametreja. Näiden arvoiksi saatiin $a = 3,952 \pm 0,377$, $b = 0,89 \pm 0,113$ ja $c = -0,22 \pm 0,048$. Kaikki parametrit olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$).

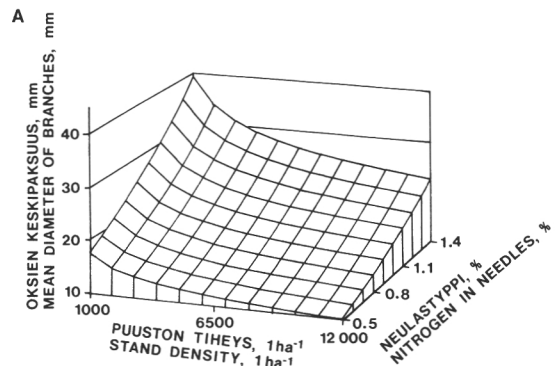
Mallin kokonaisselitysaste (R^2) oli 0,74 ja keskivirhe 1,11 mm. Kaikkien oksien keskiläpimitan vaihtelusta puuston tiheys selitti vain 20 %. Kun malliin lisättiin neulasten typpipitoisuus, selitetyin vaihtelun osuus kasvoi 74 %:iin kokonaisvaihtelusta. Maan kalsiumpitoisuuden sisällyttäminen malliin lisäsi sen selitysastetta edelleen 83 %:iin. Koska

tämä malli ei enää ollut tulkinnallisesti selkeä, valittiin yllä oleva malli jatkotarkasteluun. Tehty analyysi viittaa siihen, että nuorten mäntyjen oksien läpimitta voi kytkeytyä kasvupaikan viljavuuteen kiinteämmin kuin puuston tiheyteen.

Nuorten mäntyjen oksien läpimitan sekä kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden välisiä suhteita tutkittiin edelleen yhtälön (1) avulla tehdyillä mallilaskelmilla, joissa puuston tiheyttä vaihdeltiin välillä 1 000 — 12 000 runkoa hehtaarilla. Tiheysvaihtelu ulottui sitten laajemmalle kuin empiirisessä aineistossa. Neulasten typpipitoisuus sai arvoja välillä 0,5 — 1,4 %, jolloin typpipitoisuuden vaihtelu kattoi kasvupaikat kannervatyypistä käenkaali-mustikkatyyppeihin.

Nuorten mäntyjen oksien läpimitta muodostaa neulasten typpipitoisuuden ja puuston tiheyden suhteen regressiopinnan, jossa neulasten typpipitoisuuden kasvu harvassa puustossa lisää nopeasti oksien paksuutta (kuva 4). Vastaavasti oksien paksuus suurenkin typpipitoisuuden vallitessa jää pieneksi, jos puusto on tiheää. Puuston tiheneminen ei kuitenkaan kumoa kokonaan typen vaikutusta, sillä suurilla neulasten typpipitoisuuden arvoilla oksien läpimitta on aina suurempi kuin pienillä typpipitoisuuksilla.

Oksien läpimitan riippuvuus kasvupaikan viljavuudesta ja puuston tiheydestä tulee havainnollisesti esiin myös silloin, kun neulasten typpipitoisuudella kuvataan eri metsätyyppejä ja lasketaan oksien läpimitta puuston tiheyden funktiona metsätyypeittäin. Eri



Kuva 4. Laskennallisia tuloksia oksien läpimitan riippuvuudesta puuston tiheydestä ja neulasten typpipitoisuudesta.

Fig. 4. Computed results on the dependence of the branch diameter on the stand density and the nitrogen concentration of the needles.

metsätyypeillä käytettiin neulasten tyypipi-
toisuuden ja sen vaihtelun arvoina seuraavia
empiirisestä aineistosta laskettuja arvoja.

Metsätyyppi	Tyypipitoisuus, %	
	\bar{x}	s
MT	1,16	0,12
VT	1,09	0,09
CT	0,82	0,07

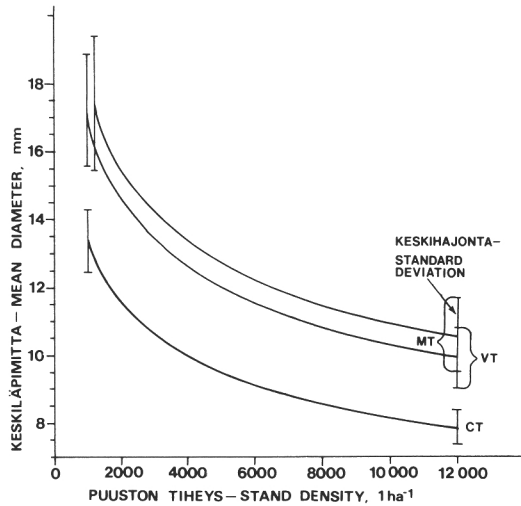
Kuvassa 5 esitetyistä tuloksista voidaan
havaita oksien läpimitan voimakas pienene-
minen, kun puuston tiheys kasvaa tiheydestä
1 000 runkoa/ha tiheyteen 3 000 runkoa/ha.
Samalla voidaan panna merkille mustikka-
tyypin ja puolukkatyypin välillä vallitseva
pieni ero verrattuna puolukkatyypin ja ka-
nervatyypin väliseen eroon. Itse asiassa ok-
sien paksuus on heikoilla mustikkatyypin ja
hyvillä puolukkatyypin kasvupaikoilla liki-
main yhtä suuri.

Kasvupaikan viljavuuden ja puuston ti-
heyden vaikutusta nuorten mäntyjen oksien
paksuuteen voidaan havainnollistaa edelleen
laskemalla, miten suuri puuston tiheys tarvi-
taan eri metsätyypeillä, jottei oksien paksuus
ylittäisi haluttua arvoa. Laskelmien tuloksia
on esitetty oheisessa asetelmassa.

Oksan keski- läpimita, mm	Tarvittava tiheys, 1 ha ⁻¹		
	MT	VT	CT
16	1 700	1 300	
15	2 300	1 700	
14	3 300	2 500	
13	4 500	3 500	1 100
12	6 500	5 000	1 700
11	9 500	7 500	3 500
10	14 000	11 000	3 800

4. TULOSTEN TARKASTELU

Nuorten mäntyjen ulkoista laatua on vii-
me vuosina käsitelty useissa tutkimuksissa.
Perusteen näille tutkimuksille antaa se, että
puiden tyvitukin lopullinen laatu muotoutuu
suureksi osaksi taimikko- ja riukuvaiheen ai-
kana. Nuorten mäntyjen ulkoisen laadun pe-
rusteella ei voida kuitenkaan tehdä lopullisia
päätelmiä aikanaan saatavien tukkien laa-



Kuva 5. Oksien paksuuden riippuvuus puuston tihey-
destä ja metsätyyppistä.

Fig. 5. Dependence of the branch diameter on the stand
density and the site type.

Asetelmasta voidaan havaita, että kaner-
vatyypin kasvupaikoilla oksien keskiläpimita
ei harvoissakaan puustoissa ylitä 14 mm:ä.
Mustikkatyypin ja puolukkatyypin kasvu-
paikoilla tulisi puuston tiheyden olla vähin-
tään 3 300 ja 2 500 runkoa hehtaarilla, jottei
14 mm:n paksuus ylittyisi. Koska puuston ti-
heyden lisäämisestä saatava hyöty vähenee
nopeasti puuston tiheyden kasvaessa, kasvaa
puuston tiheys nopeasti, jos oksien läpimitan
halutaan jäävän todella pieneksi. Jos esimer-
kiksi oksien läpimitan halutaan jäävän 10
mm:iin, on puuston tiheyden oltava mustik-
katyypillä vähintään 14 000, puolukkatyypillä
11 000 ja kanervatyypillä 3 800 runkoa hehta-
aarilla.

ratkaisevasti rungon tyviosan laadun kehittymiseen (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982).

Viljavuuden ja tiheyden vaikutusta oksikkuuteen pyrittiin kuvaamaan erikseen sekä saamaan selville niiden mahdolliset yhdysvaikutukset. Tutkimusaineisto oli puolukka-tyypin ja kanervatyypin osalta varsin kattava, mutta mustikkatyypiltä tutkimusaineistossa ei ollut hyvin tiheitä metsiköitä. Kanervatyypin lukuun ottamatta aineisto edustaa pelkästään istutusmänniköitä. Kanervatyypin aineistoon sisältyy myös luontaisesti uudistettuja taimikoita. Ne oli kuitenkin harvennettu, joten ne tässä suhteessa vastasivat muiden metsätyyppien taimikoita. Nämä taimikoiden syntytapoihin ja kehityshistoriaan liittyvät erot on pidettävä mielessä vertailtaessa puiden oksikkuutta eri kasvupaikoilla, vaikka esimerkiksi Kärkkäinen ja Uusvaara (1982) eivät havainneetkaan mäntyjen syntyvän vaikuttavan niiden oksikkuuteen.

Tulokset osoittivat, että maastossa tehty kasvupaikkojen luokitus metsätyyppien mukaan ennakoiti huonosti kasvupaikan viljavuuden vaikutusta oksikkuuteen. Syynä näytti olevan kunkin metsätyypin suuri sisäinen viljavuusvaihtelu, jolloin esimerkiksi mustikkatyypin ja puolukka-tyypin kasvupaikoiksi luokitelluissa metsiköissä oksien paksuus saattoi olla yhtä suuri. Näiden vaikeuksien välttämiseksi käytettiin analysissa hyväksi myös maan pintakerroksen ja puiden yläoksien neulasten ravinnepitoisuuksia, joiden voidaan olettaa kuvastavan saatavilla olevien ja otettujen ravinteiden kokonaisu-määriä.

Neulasten ravinnepitoisuuksien ja oksien läpimittojen välillä vallitsi yleensä selvä yhteys. Ainoastaan neulasten kaliumpitoisuuden ja oksien keskiläpimitan korrelaatio oli pienempi kuin 0,6. Erityisesti neulasten typpipitoisuuden ja oksien läpimittojen välinen korrelaatio oli kiinteä. Neulasten typpipitoisuus selitti 54 % oksien keskiläpimitan vaihtelusta. Oksien keskiläpimitan riippuvuus neulasten typpipitoisuudesta voidaan kuvata lineaarisena, jolloin oksien läpimitat kasvoivat yhtä paljon jokaista typpipitoisuuden lisäystä kohti. Muiden ravinteiden pitoisuuksien suhteen riippuvuus on käyräviivainen siten, että suurilla pitoisuuksilla oksien läpimita ei enää kasvanut sanottavasti.

Maalajin vaikutus oksien paksuuteen on yhteydessä kasvupaikkojen ravinteisuusvaihteluun siten, että maan hienojen lajitteiden

osuuden kasvaessa maan typpipitoisuus kasvaa (Viro 1952, Kuusipalo 1984). Tämän vuoksi oksien paksuuntuminen hienojen lajitteiden osuuden kasvaessa ilmaisee typen saatavuuden paranemista ja neulasten korkeata typpipitoisuutta. Tähän viittaa mm. se, että maan ja neulasten typpipitoisuuden välillä vallitsi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio ($r = 0,58$, $p < 0,01$). Täten maalaji ei yksin kovin hyvin selitä oksien paksuusvaihtelua, vaikka sillä voi olla merkitystä männyn laatuksivatukseen sopivien kasvupaikkojen välillä.

Puuston tiheys vaikutti oksien läpimitaan kaikilla metsätyypeillä likimain samalla tavalla: oksien läpimita pieneni hidastuvasti puuston tiheyden kasvaessa. Tulos on sama kuin monissa aiemmissa tutkimuksissa saatu (esim. Varmola 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981, Jokinen ja Kellomäki 1982, Huuri ja Lähde 1985, Huuri ym. 1987). Puuston tiheys vaikutti eniten kanervatyypin kasvupaikoilla, joilla oksien läpimita pieneni johdonmukaisesti yli koko tutkitun tiheysvaihtelualueen. Puuston tiheyden vaikutus oksikkuuteen näyttää täten olevan sitä selväpiirteisempää, mitä heikompi on kasvupaikan viljavuus. Tulos on yhdenmukainen Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) tulosten kanssa.

Mustikkatyypin kasvupaikoilla puuston tiheys vaikutti ylimpienkin oksien läpimitaan toisin kuin muilla metsätyypeillä. Syynä tähän voi olla puiden kasvu- ja kehityserot eri kasvupaikoilla, minkä vuoksi puusto saattoi olla mustikkatyypin kasvupaikoilla sulkeutuneempaa kuin muilla kasvupaikoilla. Tämän seurauksena puuston tiheyden vaikutus ulottuisi mustikkatyypillä myös ylimpiin oksakiehkuroihin, päinvastoin kuin muiden kasvupaikkojen vielä heikosti sulkeutuneissa puustoissa. Näin oli ilmeisesti siitä huolimatta, että puusto kanervatyypin kasvupaikoilla oli hieman vanhempaa kuin muilla kasvupaikoilla (vrt. taulukko 1).

Tärkein oksikkuuteen vaikuttava tekijä oli tämän tutkimuksen mukaan kasvupaikan viljavuus, joka määrää kunkin metsikön puiden oksikkuuden yleistason. Puuston tiheyden avulla voidaan vaikuttaa oksien läpimitaan sitä tehokkaammin, mitä karumpi kasvupaikka on. Tämän vuoksi nuorten mäntyjen oksien paksunemista rajoitetaan tehokkaimmin välttämällä männyn viljelyä sellaisilla moreenimailla, joilla on puiden tarpeeseen nähden tarjolla runsaasti typpeä. Käytännössä tämä tarkoittaa männyn viljelemistä hei-

koilla mustikkatyypin ja sitä karummilla kasvupaikoilla, joiden maaperä koostuu karkeista lajitteista. Näissä olosuhteissa nuorten mäntyjen oksien paksuus jää melko pieneksi käytännön viljelytiheyssuosituksia (Tapion... 1983) sovellettaessa. Pienetkin lisäykset nykysuositusten tasosta voivat tällaisilla kasvupaikoilla vähentää tuntuvasti puiden oksien kasvua. Hyvillä mustikkatyypin ja sitä paremmilla kasvupaikoilla nuorten mäntyjen oksikkuuslaatu näyttää suurillakin kasvustiheyksillä jäävän vaatimattomaksi (ks. myös Huuri ym. 1987).

Vaikka puuston tiheyden vaikutus oksan

läpimitaan jäi tämän tutkimuksen mukaan selvästi pienemmäksi kuin kasvupaikan viljavuuden vaikutus, on puuston viljely- ja kasvustiheydellä kuitenkin selvä vaikutus oksien kasvuun. Oksien paksuuden rajoittamiseksi tietyn suuruiseksi tarvitaan sitä suurempi viljelytiheys, mitä viljavampi kasvupaikka on. Viljelytiheydet tulisi kuitenkin porrastaa metsätyypeittäin nykyistä selvemmin, sillä puolukkatyypin ja sitä heikommilla kasvupaikoilla oksien läpimitan rajoittamiseksi tietyn suuruiseksi riittää tuntuvasti pienempi viljely- ja kasvustiheys kuin mustikkatyypin tai sitä paremmilla kasvupaikoilla.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 41(5). 39 s.
- Heiskanen, V. 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männikössä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. Acta Forestalia Fennica 80(2). 62 s.
- Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia Forestalia 265. 22 s.
- & Lähde, E. 1985. Effect of planting density on the yield, quality and quantity of Scots pine plantations. Teoksessa: Crop physiology of forest trees (toim. P.M.A. Tigerstedt, P. Puttonen & V. Koski). s. 295-304. Helsinki University Press. Helsinki. 336 s.
- , Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. Folia Forestalia 685. 48 s.
- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havainnot metsikön kasvustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Abstract: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. Folia Forestalia 508. 12 s.
- Kellomäki, S. 1982. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntyjen latvusten kasvun dynamiikka. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(4). 80 s.
- 1984. Havainnot puuston kasvustiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Summary: Observations on the influence of stand density on branchiness of young Scots pines. Silva Fennica 18(2):101-114.
- & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. Folia Forestalia 478. 27 s.
- & Väisänen, H. 1986. Kasvustiheyden ja kasvupaikan hyvyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko ja riukuvaiheen männiköissä. Malleihin perustuva tarkastelu. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. A study based on models. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 139. 38 s.
- Kuusipalo, J. 1984. Diversity pattern of the forest understorey vegetation in relation to some site characteristics. Seloste: Metsän pintakasvillisuuden lajirunsauden suhde eräisiin kasvupaikkatekijöihin. Silva Fennica 18(2):121-131.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntyrunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96(5). 152 s.
- 1985. Puutiede. Moniste. Helsinki. 415 s.
- & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. Folia Forestalia 515. 28 s.
- 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 southwestern Finland in 1967-1975. Folia Forestalia 312. 27 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1984. Folia Forestalia 620. 323 s.
- Oker-Blom, P. & Kellomäki, S. 1982. Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus. Abstract: Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off branches. Theoretical study. Folia Forestalia 509. 14 s.
- Räsänen, P., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: For-

- est regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories 1978-1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Satoo, T. 1982. Forest biomass. Nijhoff. Hague. 152 s.
- Tapion taskukirja 1983. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. s. 173-181.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality of plantation grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2). 105 s.
- 1983. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 122. 105 s.
- 1985. The quality and value of sawn goods from plantation-grown Scots pine. Seloste: Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 130. 53 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning. *Folia Forestalia* 524. 31 s.
- Viro, P. J. 1952. Nutrient status and fertility of forest soil. I. pine stands. Selostus: Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus. I. männiköt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(4). 52 s.
- Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittämisen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia* 523. 55 s.
- Yli-Vakkuri, P., Räsänen, P. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamia tuloksia Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 2. 92 s.

Total of 29 references

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 tutkimusasema
Punkaharju Research 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) 1514 000

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

1987

- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla.
Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassan vitamiinipitoisuus.
Vitamin content of tree biomass.
- No 683 Uusvaara, Olli & Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia.
Solid content and other technical properties of forest chips.
- No 684 Rikkinen, Pentti: Havutukkien kuorelliseen latvaläpimittaan perustuva tilavuuden määrittäminen.
Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark.
- No 685 Huuri, Olavi, Lähde, Erkki & Huuri, Leena: Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen.
Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations.
- No 686 Valtanen, Jukka & Engberg, Mikael: Vuosina 1970—72 perustetun aurausalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla.
The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72.
- No 687 Nurmi, Juha: Polttohakkeen kuivatus traktorikonteissa.
Drying of fuel chips and chunks in wooden bins.
- No 688 Juntunen, Marja-Liisa (red.): Arbets säkerhet och belastning vid självverksamma skogsägares drivningsarbete — NSR slutrapport.
Work safety and strain of self-employed forest owners during logging.
Työturvallisuus ja kuormittuminen omatoimisten metsänomistajien puunkorjuussa.
- No 689 Nöjd, Pekka, Mälkönen, Eino & Kukkola, Mikko: Lehtikuusen lannoituskokeiden tuloksia.
Growth response of *Larix* to fertilization.
- No 690 Metsätilastollinen vuosikirja 1986.
Yearbook of Forest Statistics 1986.
- No 691 Ritari, Aulis: Lumipeitteen sulamisen riippuvuus eräistä metsikkö- ja kasvupaikkatunnuksista Kivalon tutkimusalueella.
Ablation of late snowcover in relation to some stand and site characteristics in Kivalo, northern Finland.
- No 692 Sirén, Matti, Ala-Ilomäki, Jari & Högnäs, Tore: Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus.
Mobility of forwarding vehicles used in thinnings.
- No 693 Lofström, Irja (toim.): Taajamametsien hoito.
Urban forestry.
- No 694 Verkasalo, Erkki: Metsähakkeen kosteuden ja kuivamassan mittausta kuormatantamenetelmillä.
Measurement of moisture content and dry weight of forest chips by load sampling methods.
- No 695 Poteri, Marja, Heikkilä, Risto & Yuan-Yi, Liu: Peltoluteen aiheuttaman kasvuhäiriön kehittyminen yksivuotiailla männyntaimilla.
Development of the growth disturbance caused by *Lygus rugulipennis* in one-year-old pine seedlings.
- No 696 Saarenmaa, Hannu: Tuhohyönteisten ja sinistymän esiintyminen myrskyn kaatamissa puissa Lapissa 1983—86.
Insect attack and blue stain in windthrown trees in Lapland 1983—86.
- No 697 Aarne, Martti: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1985.
Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1985, by districts.
- No 698 Ihalainen, Ritva: Nainen metsänhoitajana.
Woman as a forester in Finland.
- No 699 Laiho, Olavi, Sarjala, Tytti, Hyvärinen, Riitta & Rautiainen, Lea: Lannoituksen vaikutus männikön mykoritsoihin.
Effect of fertilization on mycorrhizae in pine stands.
- No 700 Salonen, Tommi (toim.-ed.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1986.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1986.
- No 701 Nikkanen, Teijo & Pukkala, Timo: Siemenviljelysten harvennussuunnitelman laatiminen ATK-ohjelmistolla.
Making a thinning plan for seed orchards using a computer program.
- No 702 Saksa, Timo: Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa.
Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland.
- No 703 Mattila, Eero & Penttilä, Timo: Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien suomensät vuosina 1952—1984.
Peatland forests of Lappi and Koillis-Suomi forestry board districts, North Finland, 1952—1984.
- No 704 Huuri, Olavi & Huuri, Leena: Metsäpuiden pystykarsinnan varhaisvaiheet Keski-Euroopassa ja Suomessa.
The early days of forest tree pruning in Central Europe and Finland.
- No 705 Turkia, Kyösti & Kellomäki, Seppo: Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan.
Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands.
- No 706 Laiho, Olavi: Metsiköiden alttius tuulituholle Etelä-Suomessa.
Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoniesteita 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.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0800-6
ISSN 0015-5543