

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
JALOSTUSASEMA
01590 MAISALA

FOLIA FORESTALIA 478

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1981

SEPPÖ KELLOMÄKI JA
AILI TUIMALA

PUUSTON TIHEYDEN VAIKUTUS
PUIDEN OKSIKKUUTEEN
TAIMIKKO- JA RIUKUVAIHEEN
MÄNNIKÖISSÄ

EFFECT OF STAND DENSITY
ON BRANCHINESS OF YOUNG
SCOTS PINES



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine 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 478

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1981

Seppo Kellomäki ja Aili Tuimala

PUUSTON TIHEYDEN VAIKUTUS PUIDEN OKSIKKUUTEEN
TAIMIKKO- JA RIUKUVAIHEEN MÄNNIKÖISSÄ

Effect of stand density on branchiness of young
Scots pines

ODC 232.43:53:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0526-0
ISSN 0015-5543

KELLOMÄKI, S. & 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.

Tutkimuksessa mitattiin puiden elävän latvuksen ominaisuuksia neljästätoista riukuvaiheen männiköstä (tiheysvaihtelu 300—6100 runkoa/ha) puuston kasvutiheyden ja puiden oksikkuuden välisen suhteen selvittämiseksi. — Elävien oksakiehkuroiden määrä väheni ja latvussuhde pieneni metsikön tiheyden kasvaessa. Vuosittain syntyvien oksien määrä oli tiheissä metsiköissä pienempi kuin harvoissa. Elävien oksien kokonaisuus puuta kohti väheni metsikön tiheyden kasvaessa. Harvoissa metsiköissä oksakiehkuroiden paksuimman elävän oksan paksuus oli selvästi suurempi kuin tiheissä metsiköissä. Kuolleita oksia oli elävän latvuksen sisällä latvasta lukien kuudennessa oksakiehkurasta lähtien. Oksien lukumäärä ja paksuimman oksan paksuus kokonaan kuolleissa oksakiehkuroissa kasvoi puuston tiheyden lisääntyessä. Oksien määrä rungon pituusyksikköä kohti ja oksien poikkileikkauspinta-alojen osuus rungon vaipasta oli huomattavasti suurempi harvoissa kuin tiheissä metsiköissä. Metsikön tiheyden lisääntyminen arvosta 1 800 runkoa/ha arvoon 2 500 runkoa/ha vähensi oksien pinta-alaosuutta kolmanneksen.

Characteristics of the living crowns of young Scots pines were measured in fourteen stands representing a density variation of 300—6 100 stems/ha in order to determine the effect of stand density on the branchiness of trees. The number of living whorls, as well as the crown ratio, were found to decrease as stand density increased. The number of newly-formed branches at the stem apex was also smaller in dense stands than in open stands. The diameter of the thickest branch in each whorl increased as the stand density decreased. Within the living crown, these appeared dead branches from the sixth whorl downwards. The number of branches as well as the diameter of the thickest branch in each dead whorl was positively related to the stand density. Branch number per unit stem length and the total branch cross-sectional area per unit stem area was negatively related to the stand density. When the stand density was 2 500 stems/ha the branch cross-sectional area was only about one third of that in a stand of 1 800 stems/ha.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TARKASTELUTAPA	4
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
31. Tutkimusmetsiköt	5
32. Mittaukset	5
33. Laskenta	6
4. TULOKSET	7
41. Latvuksen ominaisuudet	7
411. Latvuksen muoto	7
412. Latvussuhde	7
42. Elävien oksien määrä ja ominaisuudet	9
421. Oksien määrä	9
422. Oksien ominaisuudet	11
43. Kuolleiden oksien määrä ja ominaisuudet	14
431. Oksien määrä	14
432. Oksien ominaisuudet	15
44. Puiden oksikkuus	16
441. Oksien määrä puuaineessa	16
442. Paksuimman oksan sijainti	18
5. TARKASTELU	19
KIRJALLISUUS	26
SUMMARY	27

1. JOHDANTO

Oksikkuus vaikuttaa erityisen paljon puun arvoon sahateollisuuden raaka-aineena. K ä r k k ä i s e n (1980) mukaan jopa kolme neljäsosaa mäntysahatukkien laadusta määräytyy pelkästään oksikkuuden perusteella. Oksikkuus vaikuttaa tällöin sekä sahatavaran lujuusominaisuuksiin että ulkonäköön. Myös sahatavaran työstöön puiden oksikkuudella on vaikutuksensa.

Tyvitukki on sahapuuron tärkein osa, ja siinä mielessä juuri tyviosan oksikkuus vaikuttaa eniten sahatukkirunkojen arvoon. Tämän vuoksi metsikön nuoruusvaiheen — taimikko- ja riukumetsiköt — kehitys vaikuttaa suuresti rungon laatuun sahapuuna. Erityisesti puuston kasvatus tiheydellä näyttää olevan suora vaikutus oksien kasvuun ja puiden oksikkuuteen, kuten esimerkiksi H e i k i n h e i m o (1953), U u s v a a r a (1974), P e r s s o n (1977) ja V a r m o l a (1980) ovat havainneet.

Tämän työn tarkoituksena on tutkia met-

sikön tiheyden vaikutusta puuston oksikkuuteen. Erityisesti on tutkittu tiheyden vaikutusta seuraaviin oksikkuustekijöihin: latvuksen rakenteeseen, elävien ja kuolleiden oksien määrään, elävien ja kuolleiden oksien paksuuteen sekä puuaineen oksaisuuteen. Tutkimus kohdistetaan viljelymänniköihin, jotka edustavat varttuneita taimikoita ja riukuvaiheen metsiköitä.

Työ kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen metsänteknologian tutkimusosastolla tehtävään tutkimukseen metsikön rakenteen ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta puuaineen laatuun. Tutkimuksen suunnittelusta on vastannut Seppo K e l l o m ä k i, joka on myös analysoinut aineiston. Hän on myös osallistunut työn käsikirjoituksen laadintaan yhdessä Aili T u i m a l a n kanssa.

Pääosan tutkimuksen maastotöistä tekivät Pertti L a a k s o ja Veikko S a l o. Tutkimuksen käsikirjoituksen lukivat Metsäntutkimuslaitosta varten Matti K ä r k k ä i n e n ja Yrjö V u o k i l a. Kuvat piirsi Leena M u r o n r a n t a ja tutkimuksen kirjoitti puhtaaksi Aune R y t k ö n e n. Esitämme kaikille tutkimukseen osallistuneille ja sitä tukeneille parhaimmat kiitoksemme.

2. TARKASTELUTAPA

Tässä työssä oksikkuudella tarkoitetaan kasvavan puun oksien lukumäärää, laatua (elävä, kuollut) ja mittoja (paksuus, pituus, poikkileikkauspinta-ala) puuta tai sen rungon mittayksikköä (pituus, rungon vaippa-ala) kohti tiettyinä ajankohtana (vrt. H e i k i n h e i m o 1953). Oksikkuus on täten tilasuure, jonka muutosnopeutta (muutos aikayksikössä) kutsutaan oksistumiseksi. Kukin oksikkuustekijä (oksien lukumäärä, laatu ja mitat) ilmaisevat oksikkuuden eri puolia, joita painottamalla voidaan määrittää puun kokonaisoksikkuus.

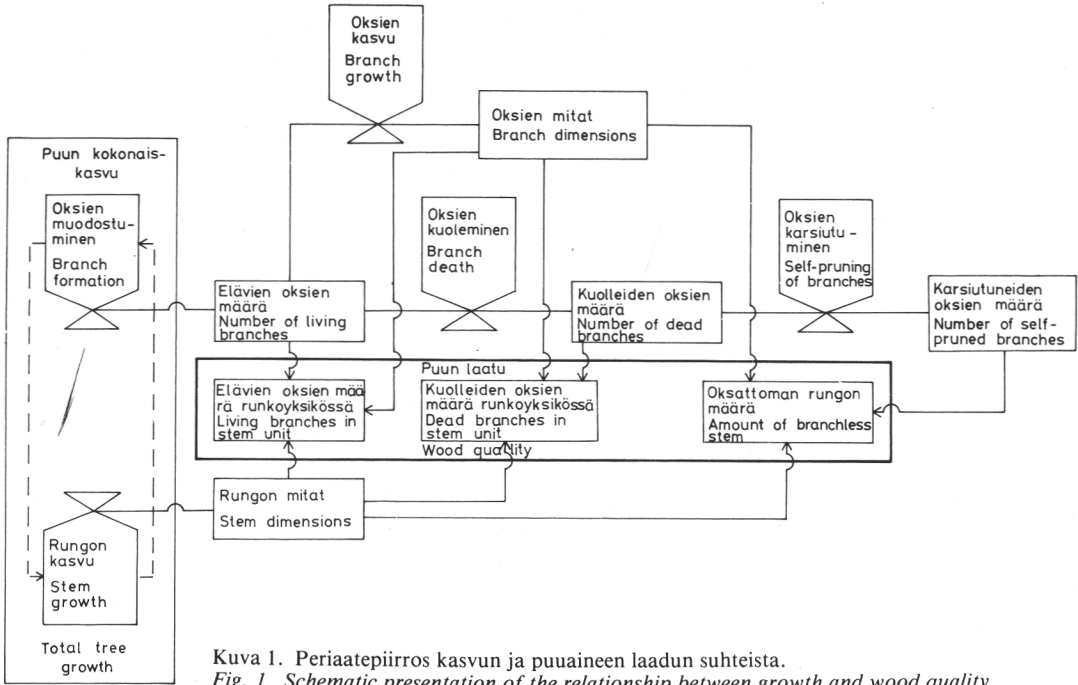
Oksikkuuden ja oksistumisen välistä suhdetta on havainnollistettu kuvan 1 kaaviolla. Oksistuminen on jaettu neljään eri muutosnopeuteen: oksien muodostumiseen, kasvuun, kuolemiseen ja karsiutumiseen. Kaikki nämä prosessit liittyvät kiinteästi puun rungon kasvuun, joka on otettu viidentenä muutosnopeutena kaavioon.

Kaavioon on myös sisällytetty kutakin muutosnopeutta vastaava tilasuure. Oksikkuustunnukset on ilmaistu tilasuureiden suhteina. Kaaviossa ovat seuraavat tilasuuret: elävien oksien lukumäärä, kuolleiden oksien lukumäärä, elävien oksien mitat, kuolleiden oksien mitat, karsiutuneiden oksien lukumäärä ja rungon mitat. Näiden avulla voidaan laskea erilaisia

oksikkuustunnuksia riippuen siitä, mitä oksikkuuden puolta halutaan painottaa.

Tutkimustehtävän mukaisesti oletetaan, että metsikön tiheys vaikuttaa muutosnopeuksiin ja niiden kautta vastaaviin tilasuureisiin ja oksikkuustunnuksiin. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin selvitetty vain metsikön tiheyden ja tilasuureiden välisiä suhteita tutkimatta lähemmin metsikön tiheyden ja muutosnopeuksien välisiä suhteita. Toisin sanoen on tehty poikkileikkaus ja kuvattu tilannetta tietyssä metsikön kehitysvaiheessa.

Periaatteessa tarkastelutapa edellyttää, että eri tiheysvaihtoehdot edustavat samanikäisiä metsiköitä. Koska tämä ei ollut mahdollista, rajoitettiin tarkastelu ensisijaisesti elävän latvuksen alueelle. Tällöin oletetaan, että samanikäiset oksakiehkurat ja oksat ovat fysiologisesti ja ekologisesti samassa asemassa puuston iästä riippumatta. Samanikäisten kiehkuroiden vertailu antaa mahdollisuuden puuston ikäerojen häiritsemättä tutkia puuston tiheyden vaikutusta puun oksikkuuden tunnuksiin varsinkin, jos vertailua suoritetaan jo karsiutumisasiheeseen kehittyneiden metsiköiden välillä. Edellytyksenä on kuitenkin, etteivät puustot kehitysvaiheeltaan ja iältään poikkea toisistaan kohtuuttomasti.



Kuva 1. Periaatepiirros kasvun ja puuaineen laadun suhteista.
 Fig. 1. Schematic presentation of the relationship between growth and wood quality.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

31. Tutkimusmetsiköt

Edellä kuvattua periaatetta soveltaen kerättiin tutkimusta varten aineisto, joka edustaa 11–24 vuotiaita viljelymänniköitä. Metsiköt sijaitsivat pääosin Helsingin yliopiston metsäseman ympäristössä, metsähallinnon Korkeakosken hoitoalueen mailla sekä aseman läheisyydessä olevissa yksityismetsissä (Hyytiälä). Kaksi tutkimuksen harvinta metsikköä sijaitsi Kaakkois-Suomessa (Puumala) (taulukko 1).

Tutkimusmetsiköt kasvoivat pääasiassa mustikkatyyppin kasvupaikoilla, osittain myös hyvälaatuisilla puolukkatyyppin kasvupaikoilla. Metsiköt olivat osittain istutettuja, osittain kylvettyjä. Kylvä oli tehty hajakylvönä ja syntynyt taimikko harvennettu hyvin varhaisessa vaiheessa. Kaikki metsiköt olivat lähes puhtaita männiköitä (männyn osuus yli 95 % runkoluvusta). Vain poikkeustapauksissa metsiköissä esiintyi muita puulajeja kuin mäntyä.

Puuston tiheys oli tutkituissa metsiköissä 300–6100 runkoa/ha. Metsiköittäiset keskipituudet olivat 3,5–8,5 m ja rinnankorkeusläpimitat 5,9–9,3 cm. Aineiston harvimmat metsiköt olivat selvästi lyhyempiä ja nuorempia kuin tiheimmät metsiköt. Kaikissa tapauksissa latvuksen karsiutuminen oli kuitenkin jo alkanut, ja metsiköt olivat siinä mielessä vertailukelpoisia.

32. Mittaukset

Kustakin metsiköstä mitattiin ympyräkoela, jonka säde harvoissa (tiheys alle 4000 puuta/ha) metsiköissä oli 7,98 m ja tiheissä (tiheys yli 4000 puuta/ha) 5,64 m. Koeala sijoitettiin tyypilliseen ja puustoltaan yhtenäiseen kohtaan metsikössä. Ennen koepuiden valintaa mitattiin koealan kunkin puun suunta bussolilla koealan keskipisteestä sekä mitattiin desimetrin tarkkuudella kunkin puun etäisyys koealan keskipisteestä. Lisäksi mitattiin viisi yksittäispuuta.

Koepuiden valitsemiseksi mitattiin puuston rinnankorkeusläpimitan jakauma. Kustakin läpimittaluokasta otettiin tämän jälkeen koepuiksi ensimmäinen, kuudes jne. puu kuitenkin siten, että jokaisesta läpimittaluokasta tuli vähintään yksi koepuu. Koepuiden määrä läpimittaluokkaa kohti oli enintään neljä.

Tämän jälkeen koepuut kaadettiin ja niistä tehtiin seuraavat mittaukset:

- läpimitta 1,3 m:n korkeudelta, cm
- puun kokonaispituus, dm

Kustakin oksakiehkurasta tehtiin seuraavat mittaukset:

- oksakiehkuran etäisyys latvasta, cm. Mukaan

Taulukko 1. Metsiköiden kuvaus.
Table 1. Description of the stands.

Metsikkö Stand	Kasvupaikka- tyyppi Forest site type ¹⁾	Tiheys runkoa/ha Density stems/ha	Metsikön ikä, a Stand age, a	Keskipi- tuus, m Mean height, m	Keskiläpimitta rinnankorkeu- delta, cm Mean diameter, dbh, cm	Uudistamistapa Method of regeneration	Sijainti Location
1	MT	1200	13	3,8	6,7	Istutus — Planted	Hyytiälä
2	MT	950	14	3,5	5,9	Istutus — Planted	Hyytiälä
3	MT	4900	24	8,4	8,7	Kylvö — Seeded	Hyytiälä
4	MT	1800	15	4,6	7,5	Istutus — Planted	Hyytiälä
5	MT	3400	24	8,4	9,3	Kylvö — Seeded	Hyytiälä
6	MT	6100	24	8,5	8,4	Kylvö — Seeded	Hyytiälä
7	MT	4100	16	6,9	6,6	Istutus — Planted	Hyytiälä
8	MT	2500	15	4,6	6,4	Istutus — Planted	Hyytiälä
9	MT	4500	17	5,3	6,6	Istutus — Planted	Hyytiälä
10	MT	2200	16	4,9	7,1	Istutus — Planted	Hyytiälä
11	MT	2900	17	5,1	7,4	Istutus — Planted	Hyytiälä
12	MT	5400	23	8,4	8,3	Kylvö — Seeded	Hyytiälä
13	VT +	300	14	4,2	7,0	Istutus — Planted	Puumala
14	VT +	550	11	4,3	7,7	Istutus — Planted	Puumala
15	MT	Yksittäispuita Solitary trees	14	3,6	6,7	Istutus — Planted	Hyytiälä

¹⁾ MT = Myrtillustyyppi
VT+ = Good Vacciniumentyyppi
(see Cajander, 1949)

otettiin myös kuolleet oksakiehkurat niin pitkäl-
tä, kuin niiden täsmällinen paikka oli määritet-
tävässä. Oksakiehkurat numeroitiin siten, että
ylin oksakiehkura sai numeron 1, seuraava nume-
ron 2 jne. latvasta tyvelle.

- elävien oksien lukumäärä kiehkurassa. Pieniä
vesioksia, joiden läpimitta oli alle 5 mm, ei otet-
tu huomioon.
- paksuimman oksan paksuus, mm tyvestä kynnäk-
sen ulkopuolelta
- ohuimman oksan paksuus, mm tyvestä kynnäk-
sen ulkopuolelta
- pisimmän oksan pituus, cm
- lyhyimmän oksan pituus, cm
- pisimmän oksan taannehtiva pituuskasvu mu-
kaan lukien viimeinen vuosikasvu
- paksuimman elävän oksan oksakulma, astetta
- ohuimman elävän oksan oksakulma, astetta
- kuolleiden oksien lukumäärä kiehkurassa
- paksuimman kuolleen oksan paksuus, mm tyves-
tä kynnäksen ulkopuolelta
- ohuimman kuolleen oksan paksuus, mm tyvestä
kynnäksen ulkopuolelta.

Näyteosiksi otettiin samat oksat, joista em. mit-
taukset tehtiin. Näytteet merkattiin, pakattiin ja vie-
ttiin laboratorioon tarkempaa analyysiä varten.

33. Laskenta

Tulokset esitetään piirroksin, joissa tutkittavan tun-
nuksen metsiköittäinen keskiarvo on rinnastettu vas-
taavaan metsikön tiheyteen. Oksien määrää ja ominai-
suuksia koskevat tulokset on esitetty kiehkuroittain.
Piirroksissa ei ole hajontatunnuksia. Hajonnan suu-
ruudesta on mainittu erikseen tekstissä, mikäli sillä
on ollut merkitystä tulosten arvioinnin kannalta.

Laskennassa aineisto ryhmiteltiin eläviin oksiin,
kuolleisiin oksiin sekä latvuksen rakenteeseen. Niistä
laskettiin seuraavat tunnuksat.

Latvuksen rakenne: Latvuksen pituus, latvuksen le-
veys, oksien pituusjakauma latvuksessa ja latvussuhde.

Elävät oksat: elävien oksakiehkuroiden lukumäärä,
oksien lukumäärä kiehkuraa kohti, oksien kokonais-
määrä, paksuimman oksan paksuus, paksuimman ok-
san pituus, paksuimman oksan pituuden ja paksuuden
suhde ja oksakulma.

Kuolleet oksat: kuolleiden oksien lukumäärä elävän
latvuksen oksakiehkuroissa, oksien lukumäärä koko-
naan kuolleissa oksakiehkuroissa, kuolleiden oksien
kokonaisuus elävässä latvuksessa ja paksuimman
kuolleen oksan läpimitta.

Puiden oksikkuus: oksien määrä rungon pituusyks-
ikköä kohti, oksien poikkileikkauspinta-alojen sum-
man suhde rungon vaipan alaan ja latvuksen pak-
suimman oksan sijainti rungolla.

4. TULOKSET

41. Latvuksen ominaisuudet

411. Latvuksen muoto

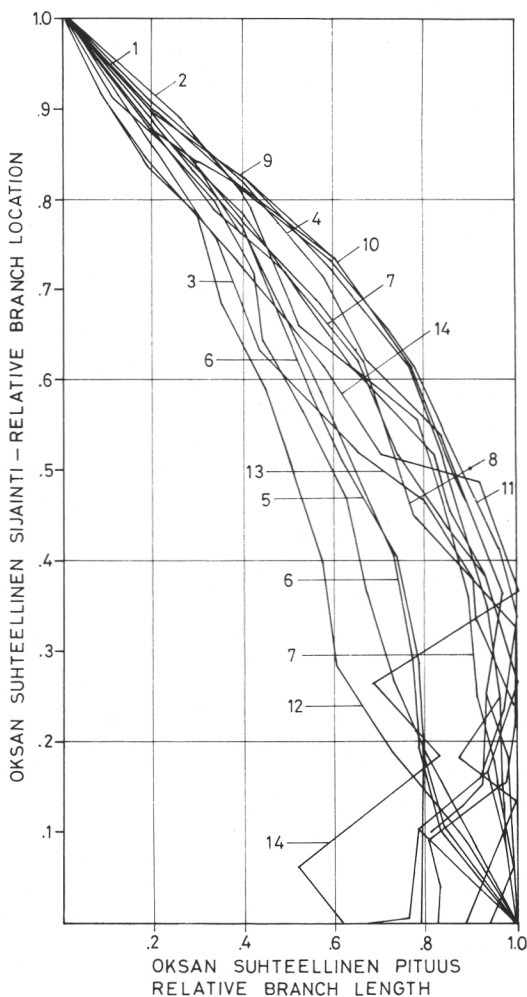
Latvuksen muodon ja metsikön tiheyden välistä suhdetta tutkittiin suhteuttamalla latvuksen pituus ja leveys puuston tiheyteen. Latvuksen leveydellä tarkoitettiin tällöin latvuksen pisimmän oksan pituus säteenä piirretyn ympyrän halkaisijaa. Säteen määrittämiseksi projisoitiin pisimmän oksan pituus tasoon oksakulman avulla ja käytettiin näin saatua oksan pituutta säteenä. Tarkastelua häiritsivät kuitenkin puiden absoluuttiset kokoerot, joten latvuksen pituus- ja leveysuhteiden avulla ei voitu tehdä kovinkaan yksikäsitteisiä päätelmiä latvuksen rakenteesta. Puiden koko-erot pyrittiin poistamaan seuraavasti:

Kunkin oksan sijainti määritettiin elävän latvuksen sisällä siten, että koko latvuksen pituus sai arvon 1,0 ja kukin oksakiehkura tätä pienemmän arvon sijaintinsa mukaan suhteessa koko latvuksen pituuteen. Alin oksakiehkura sai tällöin sijaintiarvon 0,0. Kunkin oksakiehkuran pisin oksa sai arvon välillä 0,0—1,0 sen mukaan, mikä oksan pituus oli suhteessa latvuksen pisimmän oksan pituuteen. Laskennassa käytettiin tasolle projisoituja oksan pituuksia. Näiden normalisoitujen arvojen avulla piirrettiin kunkin metsikön keskimääräinen latvus (kuva 2).

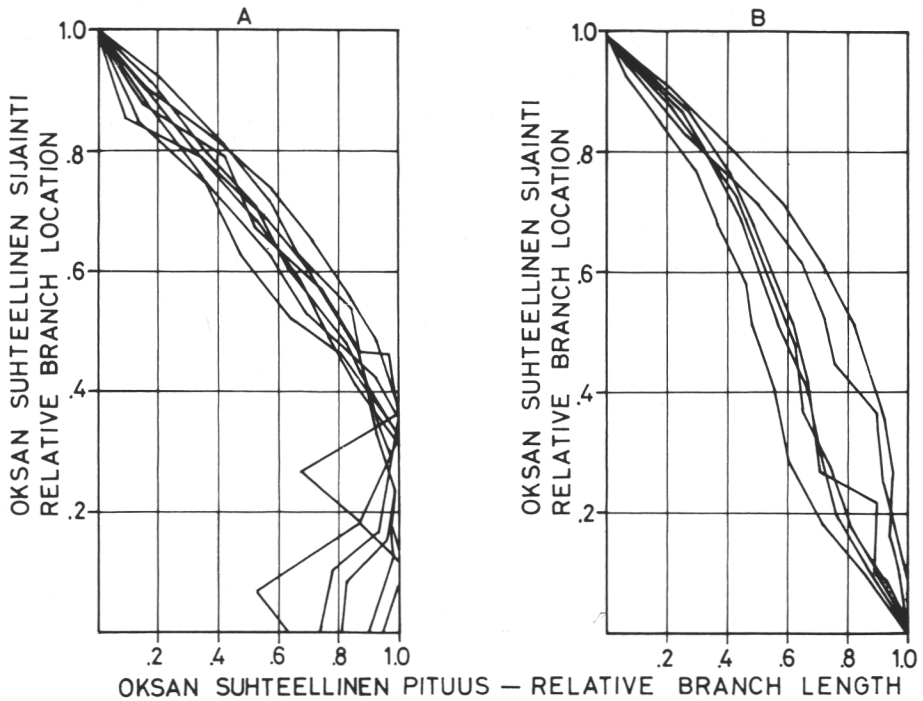
Metsiköiden latvukset jakautuivat kahteen tyyppiin siten, että metsiköissä 1, 2, 4, 8, 10, 11, 13 ja 14 elävän latvuksen maksimileveys oli suhteellisella korkeudella 0,3—0,4. Muissa metsiköissä latvuksen maksimileveys oli alimmissa oksakiehkuroissa. Jälkimmäisessä tapauksessa latvuksen muoto muistutti enemmän kartiota kuin edellisessä tapauksessa. Erityisesti kaikkein tiheimmissä metsiköissä latvuksen muoto läheni kartiota. Metsiköiden lähempi vertailu osoittikin, että tiheissä (tiheys yli 3000 runkoa/ha) metsiköissä latvus sai kartiomaisia piirteitä (kuva 3).

412. Latvussuhde

Metsikön tiheyden vaikutusta latvuksen rakenteeseen tutkittiin myös suhteuttamalla puiden latvussuhde puuston tiheyteen. Latvussuhteella tarkoitetaan tällöin elävän latvuksen pituuden suhdetta puun pituuteen. Metsiköiden ikäerojen vuoksi latvussuhde sellaisenaan olisi johtanut harhaan, sillä jo metsiköiden kehityserojen vuoksi varttu-



Kuva 2. Latvuksen muoto eri metsiköissä.
Fig. 2. Crown shape in different stands.



Kuva 3. Latvuksen muoto: A — metsiköissä joiden tiheys on alle 3000 runkoa/ha; B — metsiköissä joiden tiheys on yli 3000 runkoa/ha.

Fig. 3. Crown shape: A — stands with a density of less than 3000 stems/ha; B — stands with a density of more than 3000 stems/ha.

neemmissä metsiköissä latvussuhde on pienempi, kuin vähemmän varttuneissa metsiköissä. Tämän vuoksi ei myöskään metsikön tiheyden vaikutuksesta latvussuhteen suuruuteen olisi saatu selvää kuvaa.

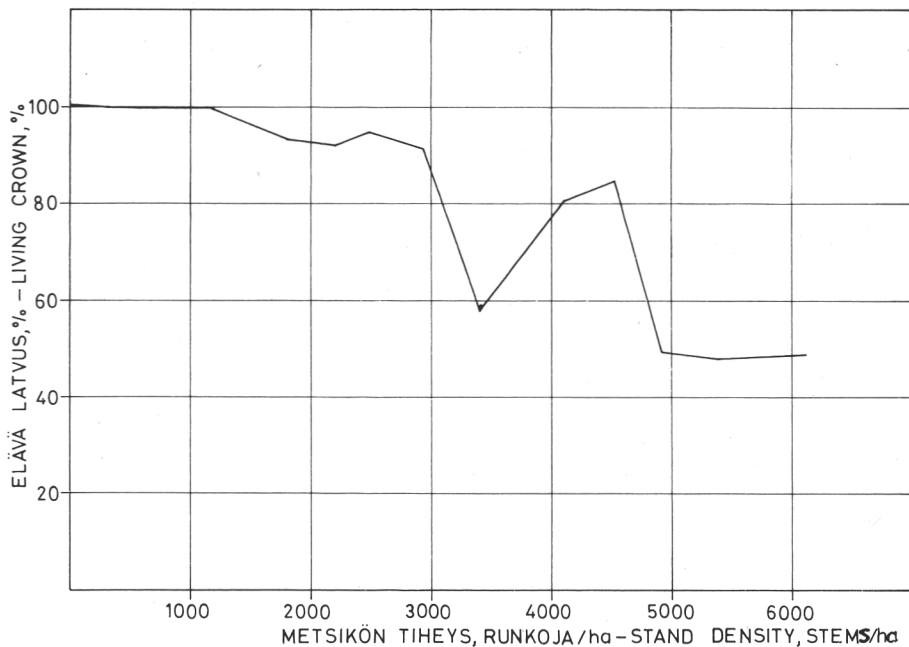
Metsiköiden iästä johtuvien kehityserojen eliminoimiseksi meneteltiin seuraavasti. Oletettiin oksien kuolemisen johtuvan kahdesta syystä: oksien vanhenemisesta ja riittämättömästä valaistuksesta. Poistamalla edellisen tekijän vaikutus elävän latvuksen pituuteen tai elävistä oksista vapaan rungon pituuteen saadaan korjattu latvussuhde, joka sellaisenaan voidaan suhteuttaa suoraan metsikön tiheyteen.

Sisäsyntyisten tekijöiden vaikutusta latvussuhteeseen tutkittiin aineiston harvimpien metsiköiden sekä yksittäispuiden avulla laskemalla elävistä oksista vapaan rungon keskimääräinen vuotuinen kasvu olettaen, että näissä tapauksissa rungon karsiutuminen johtuu pääasiassa juuri sisäsyntyisistä tekijöistä. Tulokset on esitetty oheisessa asetelmassa.

Metsikkö	\bar{x}	s
		cm/v
13	1,76	0,84
14	3,69	3,63
yksittäispuut	1,57	0,91

Laskelmissa sisäsyntyiselle karsiutumisel- le käytettiin arvoa 2,1 cm/v. Tämä kerrottiin puun iällä ja saatu arvo vähennettiin puun pituudesta. Näin saatua korjattua pituutta käytettiin edelleen laskettaessa latvussuhdetta. Tulokset on esitetty kuvassa 4.

Latvussuhde oli suurempi kuin 90 % niissä metsiköissä, joiden tiheys oli alle 3000 runkoa/ha. Vasta tätä tiheimmissä metsiköissä latvussuhde sai oleellisesti pienempiä arvoja, joskaan latvussuhteen pieneneminen ei ollut kovin säännönmukaista. Kaikkein tiheimmissä metsiköissä, tiheys 5000—6000 runkoa/ha, elävän latvuksen pituus oli noin puolet puun pituudesta. Tiheimmissä metsiköissä latvussuhde oli kuitenkin suurempi kuin metsikön tiheyden ja latvussuhteen välinen suoraviivainen riippuvuus edellyttäisi. Toisin sanoen rungon karsiutuminen hidastuu metsikön tiheyden kasvaessa.



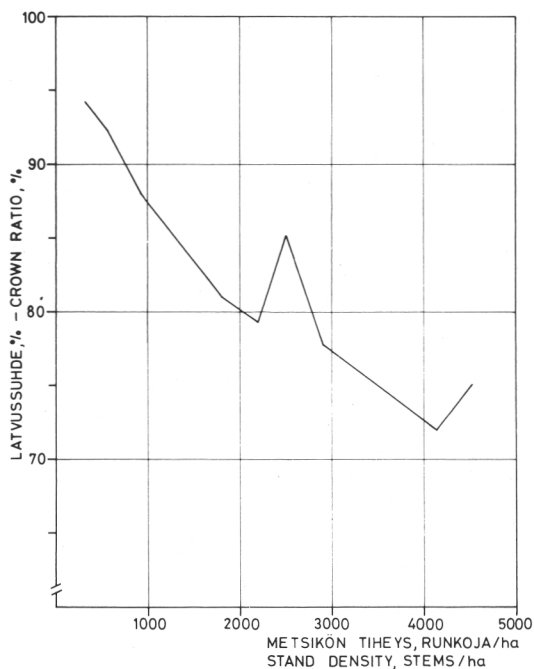
Kuva 4. Korjatun latvussuhteen riippuvuus metsikön tiheydestä.
Fig. 4. Dependence of corrected crown ratio on stand density.

Latvussuhde laskettiin myös korjaamattomasta aineistosta niissä tapauksissa, missä metsiköiden iät eivät poikenneet toisistaan kahta vuotta enempää (vrt. taulukko 1). Kuvassa 5 esitetyistä tuloksista ilmenee, että metsikön tiheys vaikutti tässäkin tapauksessa selvästi puiden latvussuhteeseen. Tällöin tiheys näytti vaikuttavan jo varsin harvoisakin metsiköissä (tiheys alle 3000 runkoa/ha) latvussuhdetta pienentävästi. Tulokset ovat joka tapauksessa varsin yhdenmukaiset verrattuna korjatun pituuden avulla lasketuun latvussuhteeseen. Kaiken kaikkiaan näytti siltä, että metsikön tiheys jo taimikkoja riukuvaiheessa vaikuttaa voimakkaasti puun kokonaisoksikkuuteen.

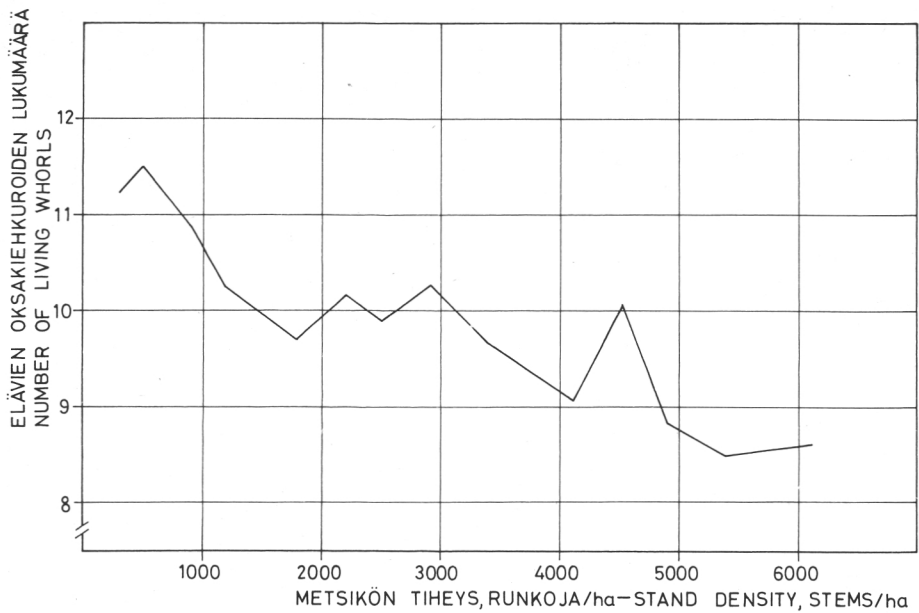
42. Elävien oksien määrä ja ominaisuudet

421. Oksien määrä

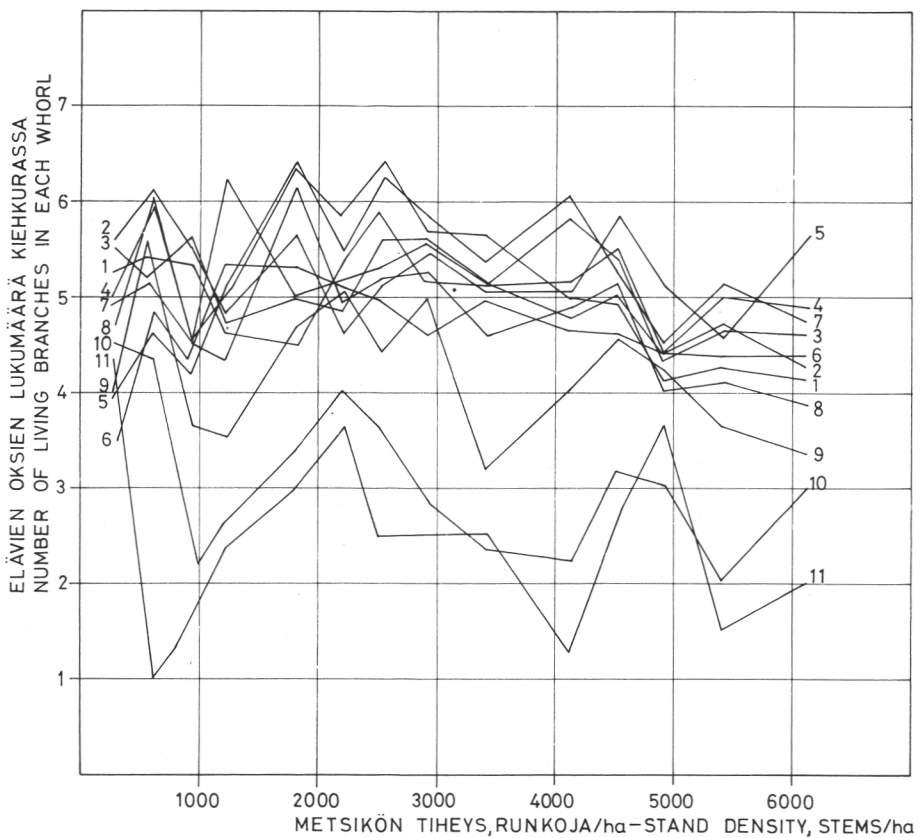
Latvuksen oksien kokonaismäärään vaikuttaa kaksi tekijää: oksakiehkuroiden lukumäärä ja oksien lukumäärä oksakiehkuroissa. Kuvasta 6 ilmenee, että elävien oksakiehkuroiden lukumäärä latvusta kohti vä-



Kuva 5. Todellisen latvussuhteen riippuvuus metsikön tiheydestä.
Fig. 5. Dependence of real crown ratio on stand density.



Kuva 6. Elävien oksakiehkuroiden lukumäärän riippuvuus metsikön tiheydestä.
 Fig. 6. Number of living whorls as a function of stand density.



Kuva 7. Oksakiehkuroiden elävien oksien lukumäärän riippuvuus metsikön tiheydestä.
 Fig. 7. Number of living branches in each whorl as a function of stand density.

henee metsikön tiheyden kasvaessa. Harvimmassa metsiköissä (tiheys alle 1000 runkoa/ha) oli eläviä oksakiehkuroita koepuuta kohti 11—12 ja tiheimmissä metsiköissä 8—9. Oksakiehkuroiden lukumäärä väheni kuitenkin hitaammin kuin suoraviivainen riippuvuus metsikön tiheydestä edellyttäisi. Koepuiden välinen vaihtelu metsiköissä oli keskimäärin 1—2 oksakiehkuraa riippumatta metsikön tiheydestä.

Oksien lukumäärä oksakiehkuraa kohti on esitetty kuvassa 7. Ylimmässä oksakiehkurassa oli oksia keskimäärin 4—6. Vuosittain syntyvien oksien määrä näyttää tiheissä metsiköissä hieman pienemmältä kuin harvoissa metsiköissä. Myös alemmissa oksakiehkuroissa oksien lukumäärä noudattaa tätä mallia. Elävien oksien lukumäärä oli metsikkökohtaisesti samansuuruinen kuudenteen oksakiehkuraan saakka. Vasta tätä alempana oksia alkaa kuolla, ja oksien määrä oksakiehkuraa kohti vähentyä. Oksien kuoleminen on hidasta, ja vasta 3—4 vuoden kuluttua koko oksakiehkura on kuollut.

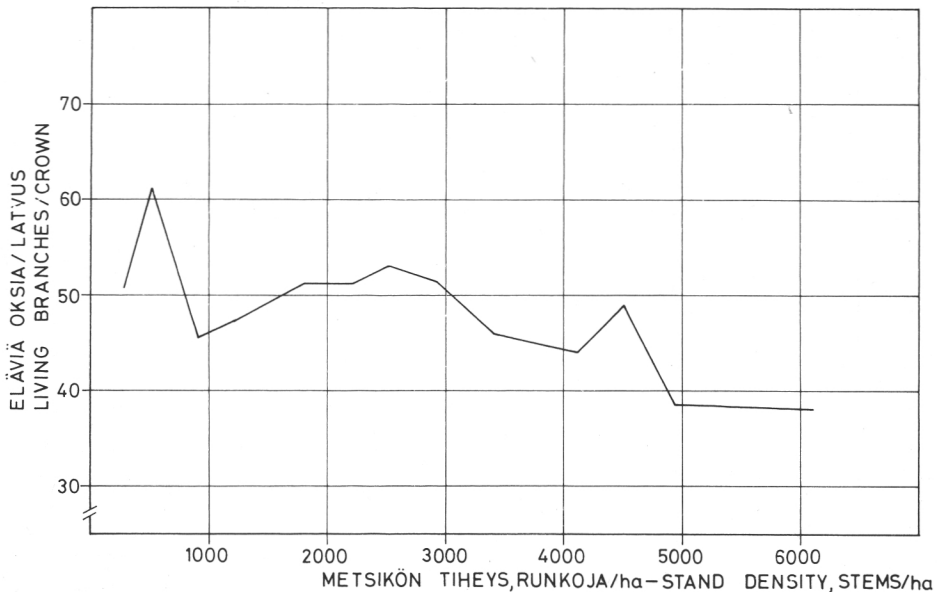
Oksien kokonaismäärä latvusta kohti on esitetty kuvassa 8. Kuten edellisen perusteella oli odotettavissa, väheni oksien kokonaismäärä metsikön tiheyden kasvaessa. Riippuvuus oli lähes suoraviivainen siten, että harvoissa metsiköissä (tiheys alle 1000 runkoa/ha) oksia latvusta kohti oli keski-

määrin 50—60 ja tiheissä metsiköissä (tiheys yli 5000 runkoa/ha) 30—40. Metsiköiden välillä oli kuitenkin oksakiehkuroiden lukumäärästä ja kiehkurakohtaisesta oksien määrästä aiheutuvaa vaihtelua.

422. Oksien ominaisuudet

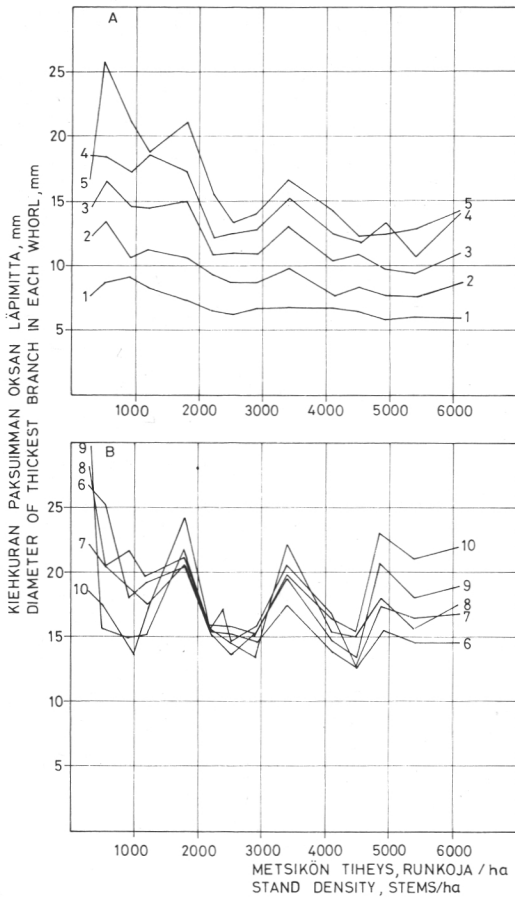
Oksien ominaisuuksia kuvattiin oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitan, pituuden ja näiden suhteen avulla. Kuvasta 9 ilmenee, että metsikön tiheys vaikutti jo ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan paksuuteen. Ero harvojen metsiköiden (tiheys alle 1000 runkoa/ha) ja tiheiden metsiköiden (tiheys yli 5000 runkoa/ha) välillä oli keskimäärin 3—4 mm. Alemmissa oksakiehkuroissa tämä ero kuitenkin korostui. Kahdeksannessa oksakiehkurassa, missä oksan läpimitan kasvu oksien kuolemisen perusteella arvioiden tyrehtyy, oli tämä ero noin 10 mm.

Oksan läpimitan ja metsikön tiheyden välinen riippuvuus oli oksakiehkurasta riippumatta käyräviivainen siten, että metsikön tiheyden ylittäessä 2000—3000 runkoa/ha ei oksan paksuus enää vähentynyt mitenkään selväpiirteisesti. Tämä riippuvuus oli erityisen selkeä viidessä ylimmässä oksakiehkurassa, vaikkakin metsikkökohtaista vaihtelua



Kuva 8. Latvuksen elävien oksien lukumäärän riippuvuus metsikön tiheydestä.

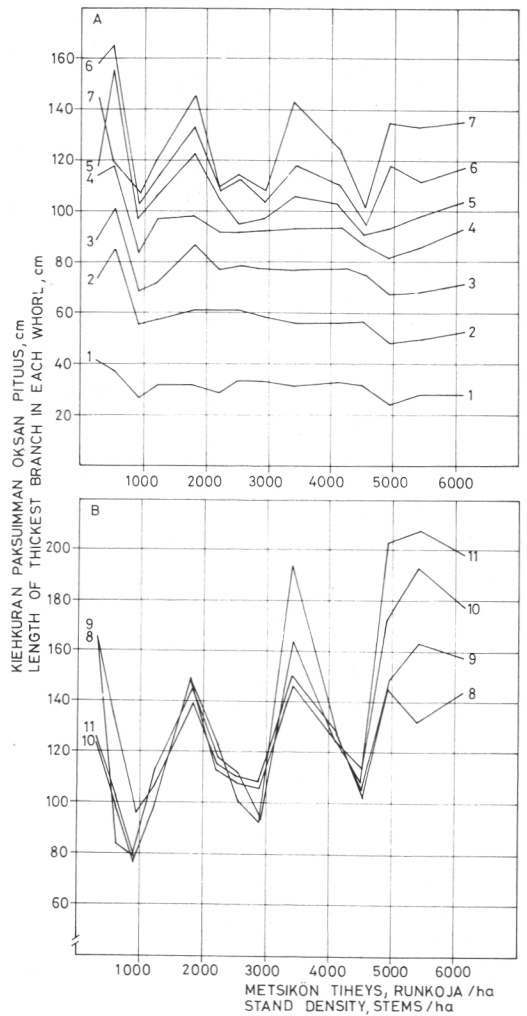
Fig. 8. Relationship between number of living branches in crown and stand density.



Kuva 9. Kiehkuroiden paksuimman oksan läpimitan riippuvuus metsikön tiheydestä. A — kiehkurat 1—5; B — kiehkurat 6—10.
 Fig. 9. Relationship between diameter of the thickest branch in each whorl and stand density. A — whorls 1—5; B — whorls 6—10.

esiintyi. Myös alimmissa oksakiehkuroissa lukuun ottamatta kaikkein tiheimpiä metsiköitä tämä riippuvuus näytti pätevän. Alaoksien poikkeuksellisen suuri paksuus tiheissä metsissä voi viitata oksien mukautumiseen ja siten pitkään jatkuvaan kasvuun näissä olosuhteissa.

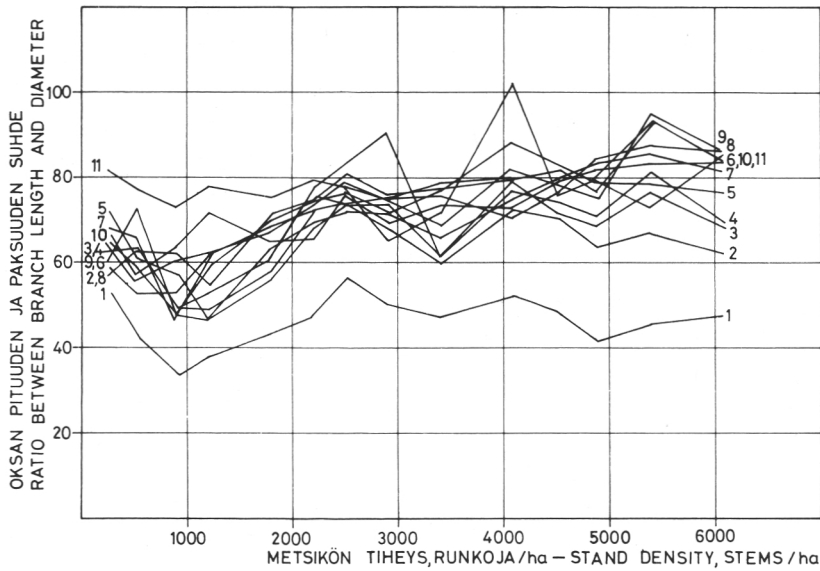
Oksien pituus ei näyttänyt riippuvan paljoakaan metsikön tiheydestä lukuun ottamatta harvimpia metsiköitä (kuva 10). Näin oli erityisesti seitsemässä ylimmässä oksakiehkurassa. Tätä alempana oksien pituuden sijaan lisääntyi metsikön tiheyden kasvaessa. Tosin metsiköittäinen vaihtelu oli suurta kovin pitävien johtopäätösten tekemiseksi. Alaoksien suuri pituus tiheissä metsiköissä oli kuitenkin yhdenmukainen näiden oksien suuren paksuuden kanssa.



Kuva 10. Kiehkuroiden paksuimman oksan pituuden riippuvuus metsikön tiheydestä. A — kiehkurat 1—7; B — kiehkurat 8—11.
 Fig. 10. Relationship between length of the thickest branch in each whorl and stand density. A — whorls 1—7; B — whorls 8—11.

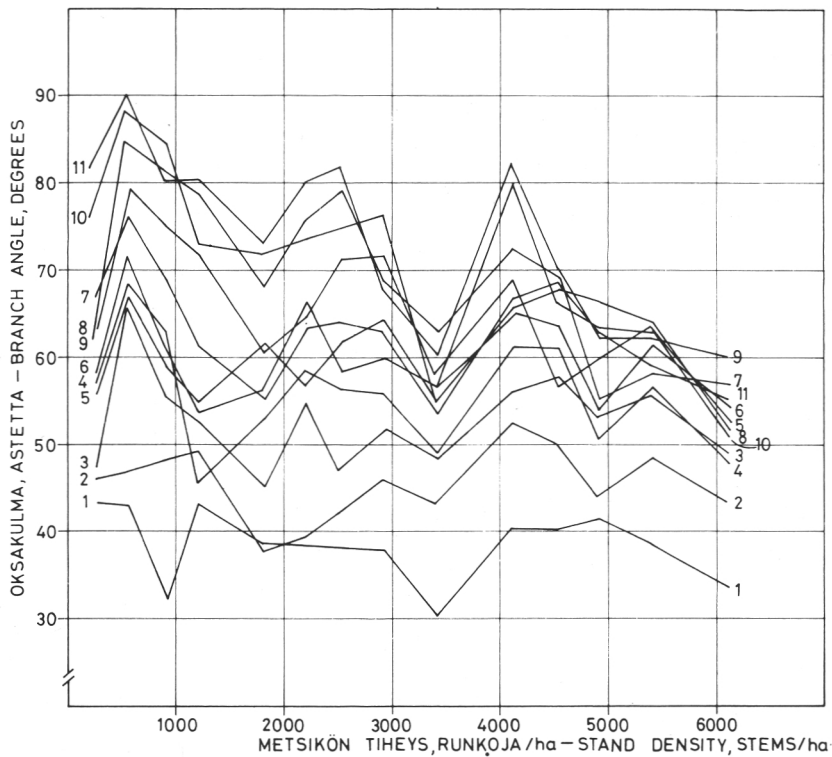
Oksien pituuden ja paksuuden suhde kasvoi metsikön tiheyden kasvaessa (kuva 11), kuten jo edellä olleen perusteella oli pääteltävissä. Toisin sanoen oksan paksuuskasvu väheni pituuskasvua nopeammin metsikön tiheytyessä. Näin näytti olevan kaikissa oksakiehkuroissa lukuun ottamatta ylintä oksakiehkuraa, jossa ko. suhde oli lähes vakio ja riippumaton metsikön tiheydestä.

Oksakulman riippuvuus metsikön tiheydestä on esitetty kuvassa 12. Ylimmässä oksakiehkurassa oksakulma oli keskimäärin 40° ja riippumaton metsikön tiheydestä. Metsikön tiheys ei myöskään vaikuttanut



Kuva 11. Kiehkuroiden paksuimman oksan pituuden ja läpimitan välisen suhteen riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 11. The effect of stand density on the ratio of the length and diameter of the thickest branch in each whorl.



Kuva 12. Oksakulma metsikön tiheyden funktiona.

Fig. 12. Relationship between branch angle and stand density.

muiden ylimpien oksakiehkuroiden (kiehkurat 2—8) oksakulmaan. Toisessa oksakiehkurassa oksakulma oli noin 45° , kolmannessa noin 50° ja muissa ylimmissä oksakiehkuroissa 55° — 65° . Alimmissa oksakiehkuroissa (kiehkurat 9—11) oksakulma sen sijaan oli sitä suurempi, mitä harvempi metsikkö oli. Harvoissa metsiköissä (tiheys alle 1000 runkoa/ha) alaoksat olivat lähes suorassa kulmassa runkoa vastaan. Tiheissä metsiköissä alimpien oksien oksakulma oli 50° — 60° .

43. Kuolleiden oksien määrä ja ominaisuudet

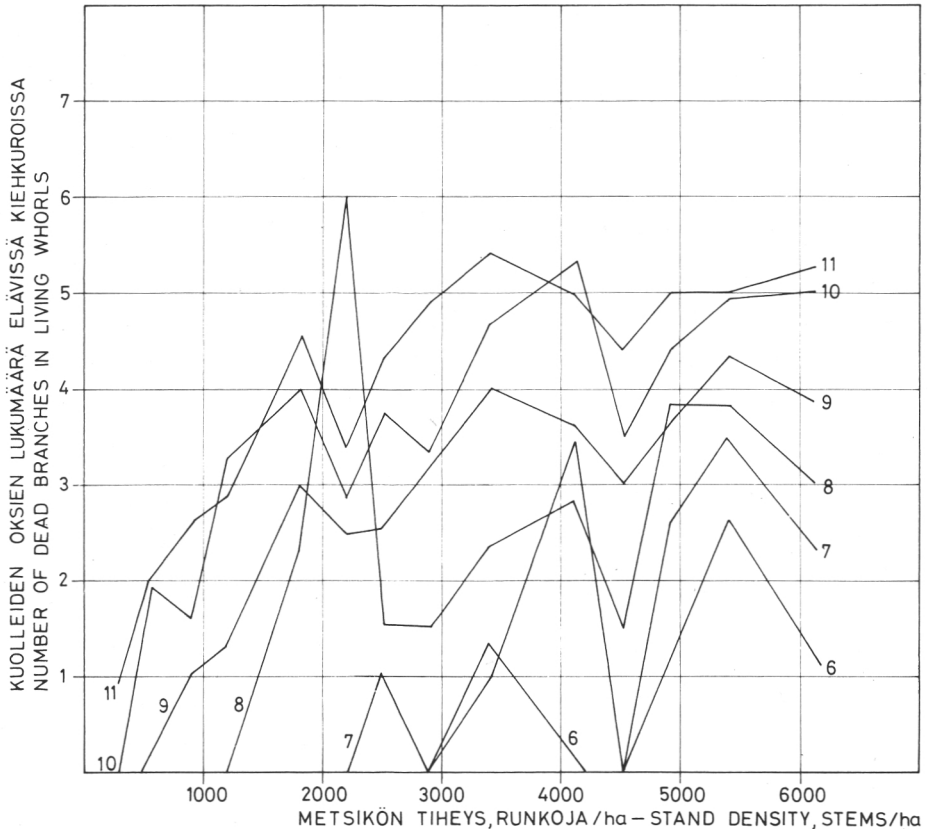
431. Oksien määrä

Kuolleiden oksien lukumäärä elävän latvuksen oksakiehkuroissa on esitetty kuvassa 13. Kuolleita oksia esiintyi vasta kuudennessa oksakiehkurasta lähtien. Kuolleiden oksien määrä elävässä latvuksessa lisää-

tyi metsikön tiheyden kasvaessa. Riippuvuus oli käyräviivainen siten, että kuolleiden oksien lukumäärä ei enää sanottavasti lisääntynyt metsikön tiheyden ylittyttyä 3000 runkoa/ha. Varsinkin alimmissa oksakiehkuroissa tämä merkitsee, että lähes kaikki kiehkuran oksat ovat tällöin jo kuolleet.

Myös kokonaan kuolleissa oksakiehkuroissa oli oksia sitä enemmän, mitä tiheämmästä metsiköstä oli kyse (kuva 14). Näiltä osin aineisto oli suppea ja mahdollisesti myös harhaan johtava, sillä harvoja puustoja edustavissa metsiköissä kuolleita oksakiehkuroita edustava rungon osuus oli vähäinen. Tulos on kuitenkin yhdenmukainen sen kanssa, miten kuolleita oksia esiintyi elävässä latvuksessa.

Edellä olevan perusteella on jo odotettavissa, että elävän latvuksen kuolleiden oksien kokonaismäärä kasvaa metsikössä, kun puuston tiheys kasvaa. Kuvan 15 mukaan näin oli aina noin 3000 rungon hehtaarti-



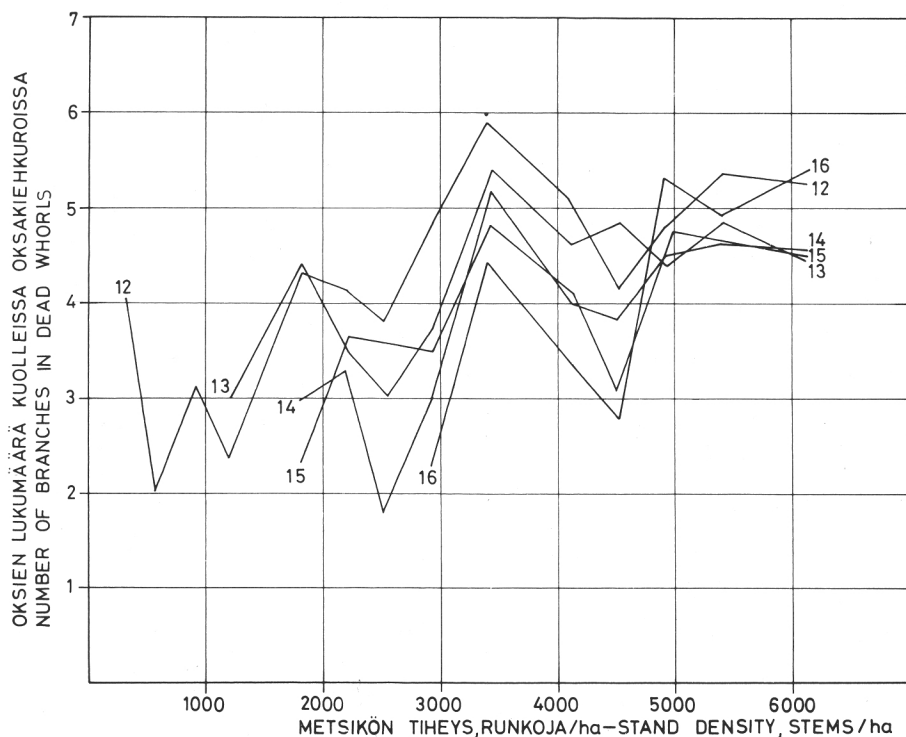
Kuva 13. Elävässä oksakiehkuroissa olevien kuolleiden oksien lukumäärän riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 13. Relationship between number of dead branches in living whorls and stand density.

heyteen saakka. Kaikkein tiheimmissä metsiköissä (tiheys yli 5000 runkoa/ha) kuolleiden oksien kokonaismäärä sen sijaan laski elävien oksakiehkuroiden pienen lukumäärän vuoksi, vaikka kuolleita oksia oksakiehkuraa kohti olisikin ollut paljon.

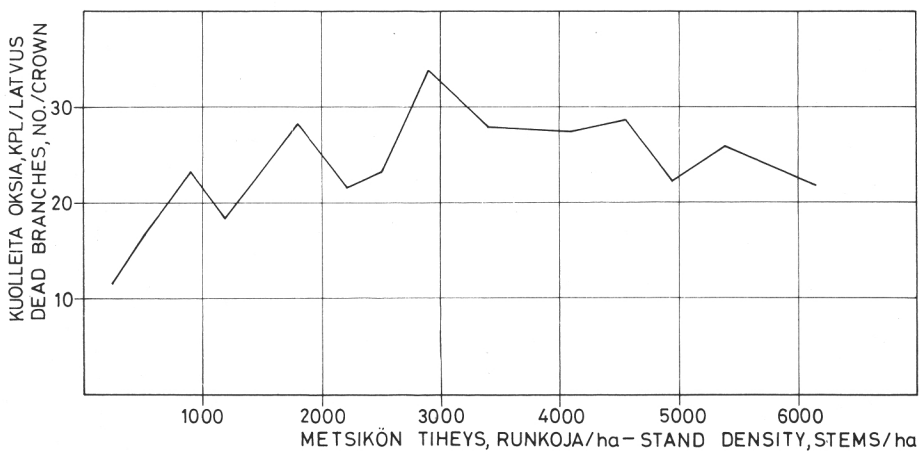
432. Oksien ominaisuudet

Kuolleiden oksien ominaisuuksia kuvattiin vain niiden läpimitan avulla. Kuvasta 16 havaitaan, että kiehkuran paksuin kuollut oksa oli sitä paksumpi, mitä tiheim-



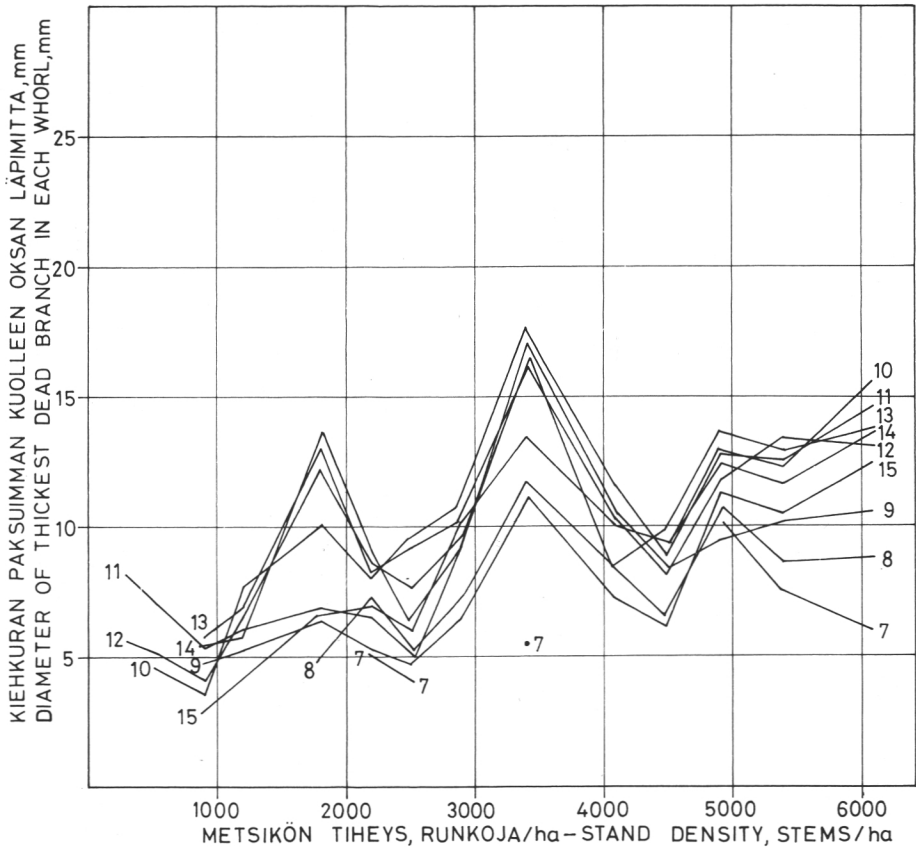
Kuva 14. Kuolleissa oksakiehkuroissa olevien oksien lukumäärän riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 14. Relationship between branches in each dead whorl and stand density.



Kuva 15. Elävässä latvuksessa olevien kuolleiden oksien määrän riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 15. Relationship between number of dead branches in the living crown and stand density.



Kuva 16. Kiehkuran paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus metsikön tiheydestä.
 Fig. 16. Relationship between diameter of the thickest dead branch in each whorl and stand density.

mästä puustosta oli kyse. Tosin metsiköiden välillä oli suurta vaihtelua, mutta suunta näyttää ilmeiseltä. Tulos oli siinä suhteessa johdonmukainen, että myös alimpien elävien oksien paksuus alkoi kasvaa metsikön tiheyden kasvaessa. Myös elävän latvuksen ulkopuolella (kiehkurat 11–15) paksuimman kuolleen oksan läpimitta kasvoi metsikön tiheyden kasvaessa.

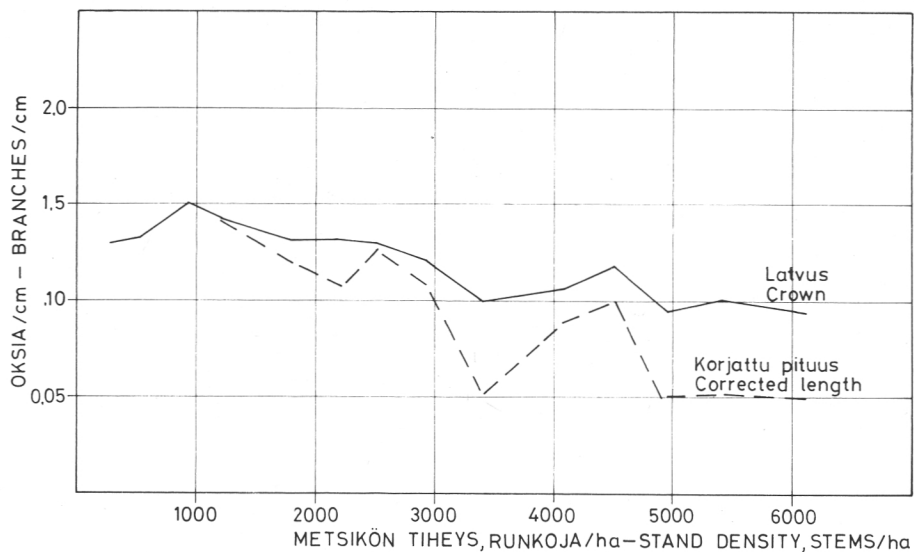
44. Puiden oksikkuus

441. Oksien määrä puuaineessa

Puiden oksikkuutta tutkittiin kahdella tavalla: laskettiin elävien oksien lukumäärä rungon pituusyksikköä kohti sekä elävien oksien poikkileikkauspinta-alojen summan suhde rungon vaipan pinta-alaan. Laskelmat suoritettiin sekä latvuksen sisällä olevaa rungon osan pituutta että puun korjattua pituutta kohti. Oksien lukumäärää koskevat tulokset on esitetty kuvassa 17.

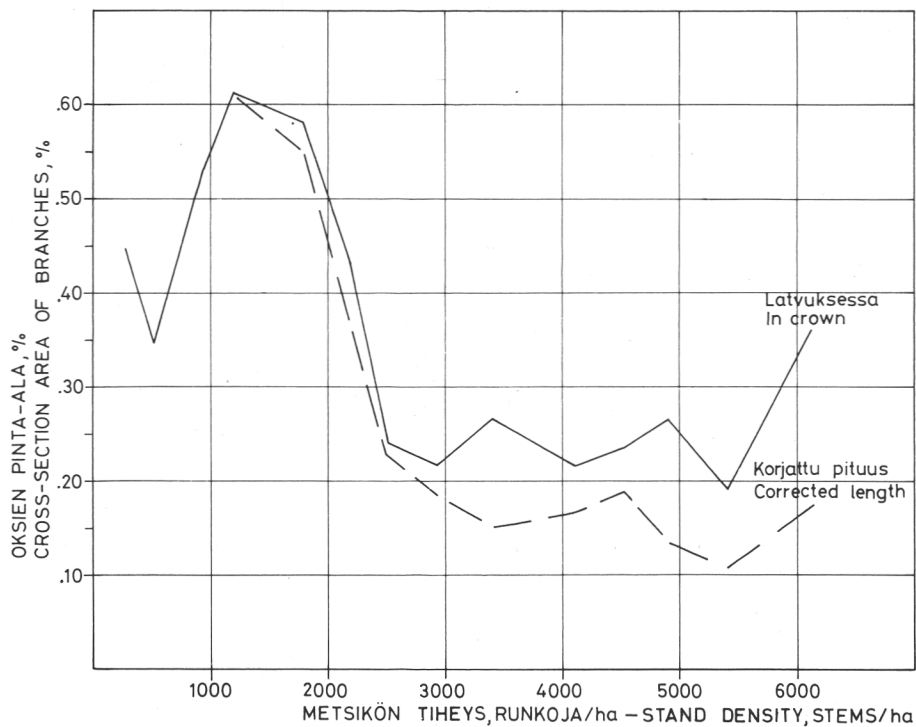
Oksien lukumäärä rungon pituusyksikköä kohti laski selväpiirteisesti metsikön tiheyden kasvaessa. Kaikkein tiheimmissä metsiköissä (tiheys yli 3000 runkoa/ha) oksien määrä oli kuitenkin suurempi kuin suoraviivainen riippuvuus metsikön tiheydestä olisi edellyttänyt. Latvusta edustavaa rungon osaa kohti laskettu oksamäärä putosi noin kahteen kolmasosaan verrattuna harvoihin metsiköihin. Korjattua pituutta kohti laskettu oksamäärä oli vastaavasti tiheissä metsiköissä noin kolmannes siitä, mitä se oli harvoissa metsiköissä.

Oksien poikkileikkauspinta-alojen osuus prosentteina rungon vaippapinta-alasta metsikön tiheyden funktiona ilmenee kuvasta 18. Laskelmissa oksaa kohti kohtisuorassa mitattu läpimitta projisoitiin oksakulman avulla rungon suuntaiseksi, joten oksien poikkileikkauspinta-ala ja rungon vaippa-ala tulivat tässä mielessä vertailukelpoisiksi.



Kuva 17. Oksien lukumäärä rungon pituusyksikköä kohti ja sen riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 17. Relationship between number of branches per unit stem length and stand density.



Kuva 18. Oksien poikkileikkauspinta-alojen summan osuus rungon vaipan pinta-alasta ja sen riippuvuus metsikön tiheydestä.

Fig. 18. Relationship between proportion of cross-sectional area of branches out of the surface area of stem and stand density.

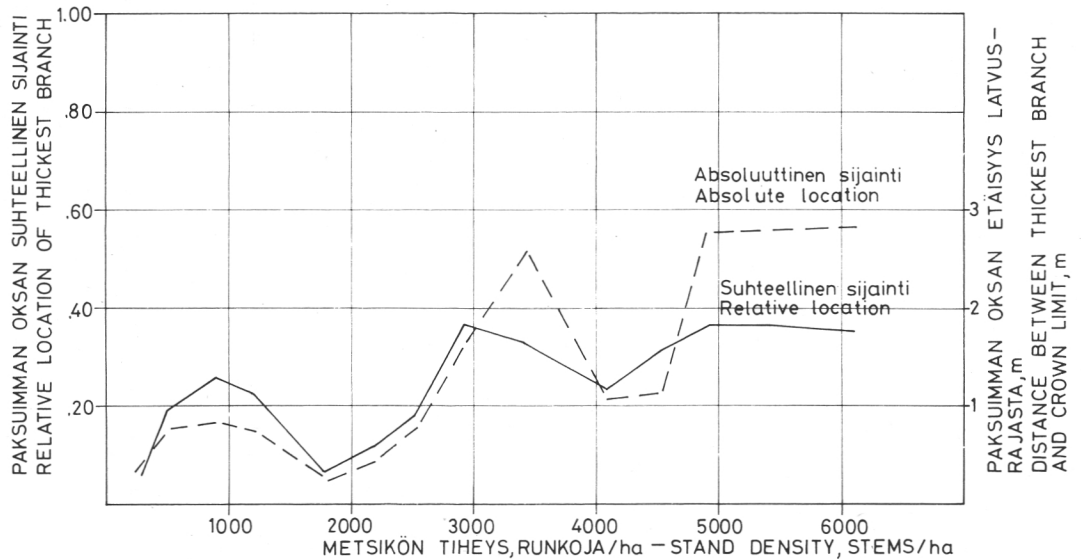
Laskelmat tehtiin sekä latvusta edustavaa rungon osaa kohti että puun korjattua pituutta hyväksi käyttäen.

Oksien pinta-alojen osuus rungon vaipan pinta-alasta oli suurimmillaan, kun puuston tiheys oli 1000—1800 runkoa/ha. Tätä tiheämissä metsiköissä osuus pieneni nopeasti niin, että sen suuruus jo tiheydessä 3000 runkoa/ha oli vain kolmasosa edellä mainitusta arvosta. Tämän jälkeen osuuden pieneneminen väheni. Latvusta edustavaa runkoa kohti laskettuna arvo itse asiassa näytti vakioituvan tiheissä metsiköissä.

Korjattua pituutta kohti laskettu osuus kuitenkin edelleen pieneni metsikön tiheyden kasvaessa. Kun metsikön tiheys oli 5000—6000 runkoa/ha, prosentiosuus oli vajaa neljäsosa maksimiarvosta. Oksapinta-alojen ja rungon vaipan pinta-alan suhteen perusteella arvioiden aineisto jakautui runsasoksaisiin ja vähäoksaisiin metsiköihin. Raja näiden ryhmien välillä sijoittui metsikön tiheyteen 2000—2500 runkoa/ha.

442. Paksuimman oksan sijainti

Kuvassa 19 on esitetty latvuksen paksuimman oksan sijainti korjattua pituutta hyväksi käyttäen. Tulokset on esitetty sekä suhteellisina arvoina että absoluuttisina arvoina suhteessa korjattuun pituuteen. Latvuksen paksuin oksa sijaitsi tiheissä metsiköissä ylempänä kuin harvoissa metsiköissä. Latvuksen paksuimman oksan sijainnin ja metsikön tiheyden välinen riippuvuus oli jokseenkin suoraviivainen, joskin säännötöntä vaihtelua esiintyi. Kaikissa tapauksissa paksuin oksa sijaitsi vielä muodostumassa olevan tyvitukin alueella. Metsiköt olivat tosin vasta voimakkaimman kehityksensä alkuvaiheessa, joten kovin pitkälle meneviä loppupäätelmiä tyvitukin laadusta ei tässä suhteessa vielä voida tehdä.



Kuva 19. Latvuksen paksuimman oksan sijainti ja sijainnin riippuvuus metsikön tiheydestä.
Fig. 19. Relationship between location of the thickest branch in crown and stand density.

5. TARKASTELU

Tutkimuksen kohteeksi valittiin nuoret mäntymetsiköt siitä huolimatta, että tarkkoja päätelmiä puiden oksikkuudesta metsikön myöhemmissä kehitysvaiheissa ei voida tehdä. Taimikko- ja riukuvaiheessa olevien männiköiden tutkiminen laatukehityksen selvillesaamiseksi on kuitenkin perusteltua, sillä useista täysi-ikäisistä tai täysi-ikäisyyttä lähestyvistä metsiköistä tehdyissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kiistattomasti osoitettu, että puiden nuoruuden kehitys, erityisesti kasvunopeus, vaikuttaa ratkaisevasti rungon ja erityisesti sen arvokkaimman osan, tulevan tyvitukin laatuun (mm. Helander 1922, Olberg ja Kühn 1930, Nylinder 1959, Heiskanen 1954a, 1965). Heiskanen (1965) mukaan mäntysahapuurunkojen oksaton tyviosa on sitä lyhyempi, mitä nopeampi puiden nuoruusvaiheen kasvu on ollut. Edelleen Heiskanen (1965) tutkimuksesta selviää, että tyvitukin paksuoksaus ja nopea nuoruuskasvu liittyvät kiinteästi toisiinsa riippumatta rungon koosta. Metsikön tiheyden vaikutus puun laatuun, erityisesti oksikkuuteen, on edellisen perusteella selvä, sillä tiedetään, että puiden järeytymisen taimikko- ja riukuvaiheen metsiköissä on sitä nopeampaa, mitä harvemmasta metsiköstä on kyse (mm. Vuokila 1972).

Heiskanen (1954b) luonnonmänniköitä koskevan tutkimuksen mukaan tyvitukin oksaisuuden perusteella voidaan tehdä päätelmiä myös muiden rungosta saatavien tukkien oksaisuudesta. Vastaava tulos on suoraan tai epäsuoraan nähtävissä useista männyn kasvunopeutta tai kasvatustiheyttä koskevista tutkimuksista (mm. Erteld 1975, Persson 1977). Tulevien tukkien suhteellista laatua voidaan näin ollen ennustaa jo metsikön nuorella iällä ja tehdä huomioita erityisesti tyvitukin laatukehityksestä.

Oksien paksuus on lajiteltumääreenä käytössä sekä tukkien (Heiskanen ja Siimes 1959) että sahatavaran (Vientisahatavaran... 1960) lajittelussa. Oksien paksuuden tunnukseksi on tutkimuksen tuloksiin valittu kiehkuran paksuimman oksan

paksuus. Persson (1976) on osoittanut, että paksuimman oksan paksuus on yhtä hyvä tai parempi tunnus tukkien laatuvaikutuksia koskevissa tutkimuksissa kuin keskimääräinen oksanpaksuus. Paitsi oksien läpimitalla, myös oksien laadulla (elävä, kuiva) on selvää ennustearvoa (Orvär 1970) samoin kuin oksien sijainnillakin (Kärkkäinen 1980). Useimmiten lopulliset sahatavaran laatuun vaikuttavat tunnuksukset ovat kuitenkin edellisten tekijöiden yhdistelmiä (mm. Orvär 1970, Persson 1976 ja Kärkkäinen 1980).

Muilla oksikkuustunnuksilla, esimerkiksi oksien pituudella tai latvuksen pituudella, ei ole sanottavaa ennustearvoa puun tulevaa teknistä laatua arvioitaessa. Ne ovat pikemminkin tuotostunnuksia, jotka vain epäsuorasti ilmaisevat rungon laatua (esim. Kärkkäinen 1980).

Yleensä puuteknologiassa on tämällyypisissä tutkimuksissa mittaukset ja tarkastelu suoritettu lähtien puun tyveltä latvaa kohden ja tarkastelu on painotettu tyvitukin tai tulevan tyvitukin pituudelle. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin tarkastelu keskitetty poikkeuksellisesti latvukseen, jolloin samanikäiset oksakiehkurat muodostavat tarkastelun perusyksikön. Menettelyn etuna on, ettei aineiston muodostavien metsiköiden tarvitse olla täsmälleen samanikäisiä. Tämä tietenkin edellyttää, että samanikäisten oksien kehitys on perustapahtumiltaan yhdenmukaista tiheydeltään erilaisissa metsiköissä, kuten tässä tutkimuksessa on oletettu.

Tulosten luotettavuutta arvioitaessa on erityisesti otettava huomioon metsiköiden väliset ikäerot (taulukko 1), kuten jo edellä todettiin. Tällä ei tosin liene vaikutusta tuloksiin, jos vertaillaan samanikäisiä oksakiehkuroita, erityisesti niiden eläviä oksia keskenään. Kuolleiden oksien vertailu sen sijaan on epävarmempaa, varsinkin latvuksen alimmissa oksakiehkuroissa. Koska tutkimusmetsät olivat systemaattisesti sitä vanhempia, mitä tiheämpiä ne olivat, jää epä-

selväksi, kuinka hyvin kuolleiden oksien määrä todella kuvaa toisaalta oksien kuole-
misen ja toisaalta niiden karsiutumisen sekä
metsikön tiheyden välistä suhdetta. Kuol-
leiden oksien tehokkaampi karsiutuminen
harvoissa metsiköissä verrattuna tiheisiin
metsiköihin vastaa aiemmin esitettyjä tulok-
sia (H e i k i n h e i m o 1953).

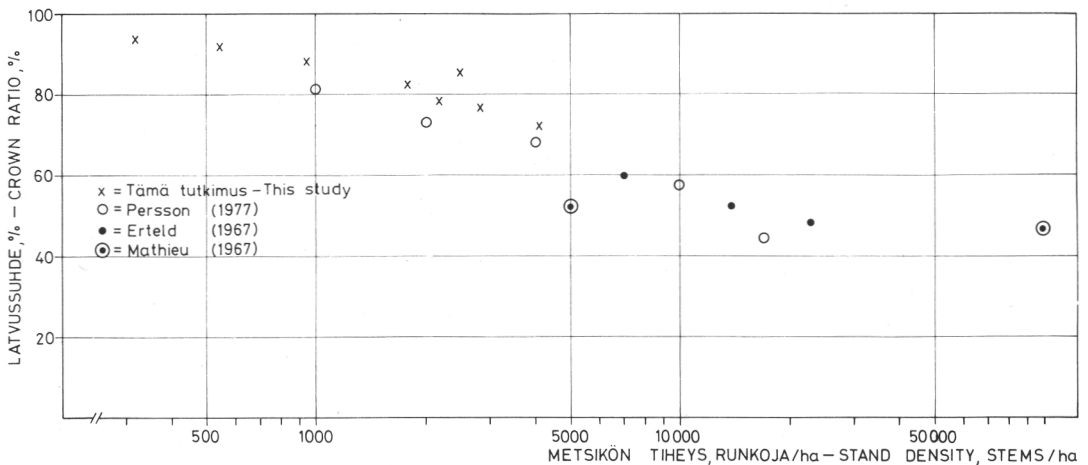
Tässä tutkimuksessa puiden laatua on
tarkasteltu osana metsikön kehitystapahtu-
maa. Oksikkuutta on tosin tutkittu vain
tilasuureiden avulla kiinnittämättä huomiota
oksin kasvun ja kuoleamisen nopeuksiin.
Saadut tulokset ovat kuitenkin yhden-
mukaisia esimerkiksi K e l l o m ä e n
(1980) esittämien tulosten kanssa mm. oksi-
en paksuus- ja pituuskasvun suhteesta var-
jostukseen. Erityisesti sädekasvu alenee no-
peasti varjostuksen vuoksi. Täten myös
oksin läpimitta alenee metsikön tiheyden
ja vastaavan varjostuksen kasvaessa. Oksien
pituuskasvu sen sijaan jatkuu kohtalaisen
suurena heikkosakin valaistuksessa, kuten
on pääteltävissä oksan pituuden ja metsi-
kön tiheyden välisen suhteen perusteella.
Tätä tukevat K e l l o m ä e n (1980) aiem-
mat tulokset.

Latvuksen muodon ja metsikön tiheyden
välinen vertailu osoitti, että latvus on
muodoltaan sitä kartiomaisempi, mitä tihe-
ämpi metsikkö oli. Tällöin lienee kyse siitä,
että metsikön tihetessä alaoksin kuolemi-
nen nopeutuu, jolloin latvuksen levein
kohta siirtyy suhteellisesti alemmaksi. Har-
voissa metsiköissä (runkoluku alle 3000

runkoa/ha) latvuksen levein kohta sen sijaan
oli suhteellisella korkeudella 0,3—0,4. Ti-
heyden vaikutus latvuksen muotoon oli
suhteellisen vähäinen (vrt. myös K e l-
l o m ä k i ym. 1980), vaikka selviä abso-
luuttisia kokoeroja esiintyikin.

Latvuksen muodon muuttuminen kartioksi
metsikön tihentyessä on selvässä yhteydes-
sä latvussuhteen muutokseen. Tämän tutki-
muksen mukaan latvussuhde pieneni 20 pro-
senttiyksikköä, kun metsikön tiheys kasvoi
330 rungosta 4500 runkoon hehtaarilla. Tu-
loket viittaavat siihen, että metsikön tihey-
den lisääntyminen vähentää latvussuhdetta
eniten alhaisilla metsikön tiheysarvoilla. Tä-
mä ilmenee myös kuvasta 20, jossa on kirj-
jallisuudesta saatuja tuloksia metsikön ti-
heyden ja latvussuhteen välisestä suhteesta.
Tulokset koskevat 15—20 vuoden ikäisiä
männiköitä, jotka edustavat vaihtelevia
kasvuolosuhteita. Kuvaan on sisällytetty
myös ne tämän tutkimuksen tulokset, jotka
ovat iältään suoraan vertailukelpoisia.

Latvussuhteen ja metsikön tiheyden väli-
nen suhde on lähes suoraviivainen, kun met-
sikön tiheys on esitetty logaritmisessa astei-
kossa. M a t h i e u n (1967) tulokset kos-
kevat eri alkuperää olevia 16-vuotiaita män-
tyjä (*Pinus sylvestris*) viljelytiheyksien olles-
sa 10 000 ja 111 000 tainta hehtaarilla.
E r t e l d (1967) puolestaan tutki eroja
kolmen eri viljelytiheyden välillä (7000—
23300 runkoa/ha). Metsiköt olivat 19-vuo-
tialta ja hoitamattomia, tihein kylvetty ja
muut istutettuja. P e r s s o n i n (1977)



Kuva 20. Latvussuhteen riippuvuus metsikön tiheydestä kirjallisuudesta saatujen tulosten perusteella täydennettynä.
Fig. 20. Relationship between stand density and crown ratio as supplemented with results obtained from the literature.

tulokset puolestaan edustavat taimikko- ja riukuvaiheen männiköitä, joiden tiheys vaihteli 900—17 800 runkoa/ha.

Vastaava epälineaarinen riippuvuus latvussuhteen ja metsikön tiheyden välillä on todettavissa, jos tarkastellaan erikseen kuvaan 20 sisällytettyjen tutkimusten tuloksia (vrt. E r t e l d 1967, P e r s s o n 1977). Vaihtelua eri tapausten välille aiheuttaa mm. kasvupaikkojen välinen hyvyysvaihtelu. Esimerkiksi U u s v a a r a (1974) ja V a r m o l a (1980) totesivat, että varttuneissa männyn taimikoissa ja riukuvaiheen metsiköissä latvussuhde oli sitä suurempi, mitä heikompi kasvupaikka oli. Latvuksen pituus saattaa olla myös periytyvä ominaisuus, kuten N i l s s o n i n (1968) havainnot osoittavat (vrt. myös P e r s s o n 1977). Nämä tekijät saattavat vaikuttaa myös tässä tutkimuksessa havaittuun säännöttömään vaihteluun metsikön tiheyden ja latvussuhteen välisessä suhteessa.

Latvussuhteen suuruus taimikko- ja riukuvaiheessa ei vielä ilmaise latvussuhdetta metsikön myöhemmissä kehitysvaiheissa, sillä latvussuhteen suuruus riippuu metsikön tiheyden lisäksi myös puun iästä. H e i k i n h e i m o n (1953) mukaan on latvussuhde luontaisesti syntyneissä, sulkeutuneissa männiköissä 15 vuoden iällä 75 %. Tämän jälkeen latvussuhde pienenee nopeasti metsikön ikääntyessä siten, että nopeaa laskua seuraa vakiintuminen metsikön iän ollessa noin 50 vuotta. Tällöin latvussuhde on 45 %. Valtakunnan metsien inventoinnin aineistoon perustuva luku on maan eteläpuoliskolla noin 54 % (H a k k i l a ym. 1972). Iän vaikutus latvussuhteen suuruuteen on itse asiassa niin suuri, että se osittain peittää metsikön tiheydestä johtuvan vaihtelun latvussuhteen suuruudessa. Esimerkiksi N ä s l u n d i n (1944) tutkimuksessa männyn latvussuhde 40 vuoden iällä oli 38 % ja 44 %, kun vastaavat viljelytiheydet alunperin olivat 17 800 ja 900 tainta hehtaarilla. N y l i n d e r (1959) totesi, että elävän latvuksen etäisyys maasta oli absoluuttisesti pienempi harvoina perustetuissa metsiköissä mutta suhteellisesti lähes sama kuin tiheinä perustetuissa metsiköissä. Toisin sanoen metsikön alkutiheyden vaikutus oli lähes kokonaan hävinnyt metsikön varttuessa.

Elävien oksakiehkuroiden lukumäärä latvusta kohti laski selvästi metsikön tiheyden

kasvaessa, kuten jo latvussuhteen ja metsikön tiheyden välisen suhteen perusteella oli odotettavissa. Tällöin harvoissa metsiköissä oli 3—4 elävää oksakiehkuraa enemmän kuin tiheissä metsiköissä. Eläviä oksia oli latvusta kohti vastaavasti 30—60 kappaletta. Koska latvuksen karsiutuminen oli tutkimushetkellä jo alkanut kaikissa metsiköissä, ilmaisee ao. luku tällöin sen oksien määrän, minkä ko. ympäristö kykenee ylläpitämään puuta kohti. H e i k i n h e i m o n (1953) mukaan luontaisesti syntyneissä, täystiheissä männiköissä oli 30—35 vuoden iällä 35—57 oksaa latvaa kohden, kun kasvupaikkana oli puolukkatyyppin kangas. Oksien määrä latvusta kohden väheni siirryttäessä vallitsevista puista vallittuihin puihin.

Oksien kokonaismäärä latvusta kohti riippuu oksakiehkuroiden lukumäärän lisäksi siitä, kuinka monta oksaa on kussakin oksakiehkurassa. Tässä tutkimuksessa todettiin oksien lukumäärän olevan lievästi riippuvainen metsikön tiheydestä siten, että tiheissä metsiköissä syntyi vuosittain hieman vähemmän oksia kuin harvoissa metsiköissä. Tulos on yhdenmukainen M a t h i e u ' n (1967) ja K e l l o m ä e n (1980) saamien tulosten kanssa. P e r s s o n (1977) sen sijaan ei havainnut säännönmukaista vaihtelua kiehkurassa olevien oksien lukumäärässä metsikön tiheyden vaihdellessa. V a r m o l a (1980) puolestaan totesi, että oksien määrä kiehkuraa kohti lisääntyi metsikön tiheyden kasvaessa. V a r m o l a n (1980) tulokseen on saattanut vaikuttaa se, ettei kasvupaikan vaikutusta eliminoitu metsikön tiheyden vaikutusta tutkittaessa. Siten tiheimmät metsiköt kasvoivat yleensä paremilla kasvupaikoilla kuin harvat metsiköt. Esimerkiksi M a y e r (1961) on havainnut puun oksien kokonaismäärän korreloivan positiivisesti kasvupaikan hyvyyden kanssa.

Oksien lukumäärä latvukseen syntyvässä kiehkurassa on selvästi perinnöllisten tekijöiden säätelemä, kuten esimerkiksi E k l u n d h E h r e n b e r g (1963), R a u t i a i n e n (1971) ja B l o m q v i s t (1975) ovat todenneet. Samaan viittaa myös P e r s s o n i n (1977) tutkimus, joka osoitti pohjoista alkuperää oleviin mäntyihin syntyvän vähemmän oksia kiehkuraa kohti kuin eteläistä alkuperää oleviin mäntyihin, kun molempia alkuperiä edustavat männyt kasvoivat samoissa olosuhteissa.

Näyttää siltä, että ympäristötekijät, erityisesti valaistus, vaikuttavat geneettisten tekijöiden asettamissa rajoissa syntyvän oksakiehkuran oksien määrään (Flower-Ellys yms. 1976, Kellomäki 1980). Tiheissäkin metsiköissä latvuksen yläosa kuitenkin saa riittävästi valoa, joten metsikön tiheys ei vaikuta erityisen paljon syntyvän oksakiehkuran oksien määrään (vrt. myös Grah 1962).

Tutkimustuloksen mukaan oksien kuoleminen alkoi, kun oksakiehkuran ikä oli 6—8 vuotta riippumatta metsikön tiheydestä. Samanlaisen tuloksen ovat aiemmin saaneet mm. Flower-Ellys ym. (1976) ja Kellomäki (1980), joiden tutkimukset osoittavat oksien kuoleamisen alkavan 6.—7. oksakiehkurasta (myös Mathieu 1967). Kuolleiden oksien lukumäärä oksakiehkuraa ja koko latvusta kohti sen sijaan oli selvästi suurempi tiheissä metsiköissä kuin harvoissa metsiköissä, kuten Näslund (1944), Heikinheimo (1953) ja Mathieu (1967) ovat aiemmin todenneet. Tämä lienee yhteydessä siihen, etteivät tuuli, sade, lumi ym. karsiutumista edistävät mekaaniset tekijät vaikuta tiheissä metsiköissä yhtä tehokkaasti kuin harvoissa metsiköissä, vaikka oksien kuoleminen onkin nopeampaa. Toisaalta oksien kuoleminen ja karsiutumisenopeus ovat periytyviä ominaisuuksia (Velling 1978), joten pelkkä kasvutila ei selitä kuolleiden oksien lukumäärää puissa.

Metsikön tiheys vaikutti jo ylimmän oksakiehkuran oksien paksuuteen. Tiheyden vaikutus korostui oksakiehkuran vanhetessa. Tämä jatkui koko oksan eliniän, joten paksuimmat oksat sijaitsivat latvuksen alaosassa. Näin oli erityisesti tiheissä metsiköissä. Metsikön tiheyden vaikutus oksien paksuuteen on yhdenmukainen useissa muissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa (Eklund 1956, Nylander 1959, Erteld 1975, Persson 1977, Varmola 1980). Vertailua tämän tutkimuksen ja muiden tutkimusten välillä tosin vaikeuttaa erilainen tarkastelutapa.

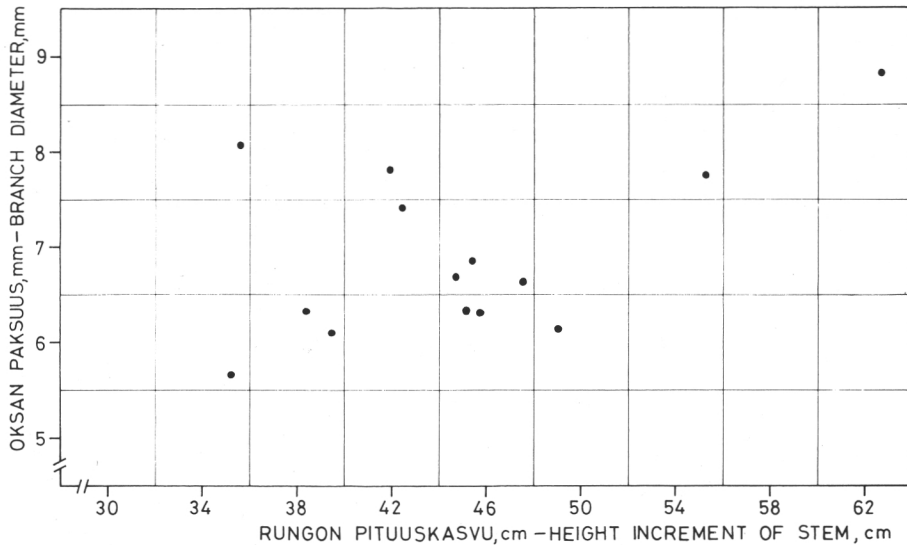
Tässä tutkimuksessa metsikön tiheyden ja oksan paksuuden välinen riippuvuus oli käyräviivainen siten, ettei oksan paksuus enää sanottavasti vähentynyt, kun metsikön tiheys ylitti 3500 runkoa hehtaarilla. Käyräviivaista riippuvuutta havaitsivat myös Brown (1966) ja Erteld (1975). Sen

sijaan Dittmar (1975) ja Persson (1977) totesivat oksan paksuuden riippuvan suoraviivaisesti metsikön kasvutiheydestä. Käyräviivaisuus tämän tutkimuksen tuloksissa saattaa tosin johtua mm. pienehköstä aineistosta. Toisaalta em. muissa tutkimuksissa koepuut on valittu rajoitetusta joukosta, kuten esimerkiksi 500 tai 1500 metsikön paksuimman puun joukosta, sen sijaan että tässä tutkimuksessa koeputa valittiin tasaisesti eri läpimittaluokista.

Metsikön tiheyden ja oksien paksuuden välisen suhteen tarkastelu osoittaa metsiköiden välillä olevan perusmallista poikkeavaa vaihtelua. Tämä vaihtelu oli yhteydessä puiden kasvunopeuteen, kuten ilmenee kuvasta 21, jossa on esitetty ylimmän oksan paksuus (paksuuskasvu) puun pituuskasvun (viimeisimmän vuosikasvaimen pituus) funktiona. Vastaavanlaisen riippuvuuden ovat aiemmin epäsuorasti havainneet mm. Nylander (1959), Heiskanen (1965) ja Elfving (1975) tutkiessaan rungon läpimitan ja oksien läpimitan välistä suhdetta. Varmola (1980) puolestaan totesi, että vartuneissa männyn taimikoissa puun paksuimman oksan läpimitta on suorassa suhteessa rungon rinnankorkeusläpimittaan. Varmola havaitsi myös, että metsikön tiheyden aiheuttamat erot oksan paksuudessa ovat sitä suuremmat, mitä paksumpia puut ovat (vrt. myös Nylander 1959).

Tässä tutkimuksessa ei varsinaisesti tutkittu rungon kasvun ja oksan kasvun välistä suhdetta. Esimerkiksi Olbergin ja Kühnin (1930) tutkimus kuitenkin osoittaa, että paksuuksien perusteella tehdyt päätelmät pätevät myös vastaaviin kasvusuhteisiin. Tällöin vuosiluston leveyttä voidaan käyttää vastaavasti oksaisuuden tunnuksena. Olberg ja Kühn (1930) esittivät, että pystykarsintapuut voitaisiin valita puun vuosilustojen leveyden perusteella ja jättää tällöin karsimatta erittäin nopeakasvuiset ja siten paksuoksaist puut. Vastaavasti hyvissä kasvuolosuhteissa männyn oksat kasvavat aina paksummiksi kuin huonoissa kasvuolosuhteissa riippumatta metsikön tiheydestä (Uusvaara 1974, Varmola 1980). Määrän ja laadun kasvu näyttävät täten olevan jossain määrin käänteisiä käsitteitä (vrt. myös Abetz 1970, Persson 1977).

Tämän tutkimuksen mukaan oksakiehkuroiden pisimmän oksan pituus pieneni met-



Kuva 21. Ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan paksuuden ja vuosikasvaimen pituuden välinen riippuvuus.

Fig. 21. Relationship between the thickness of the thickest branch in the uppermost whorl and the length of the annual shoot.

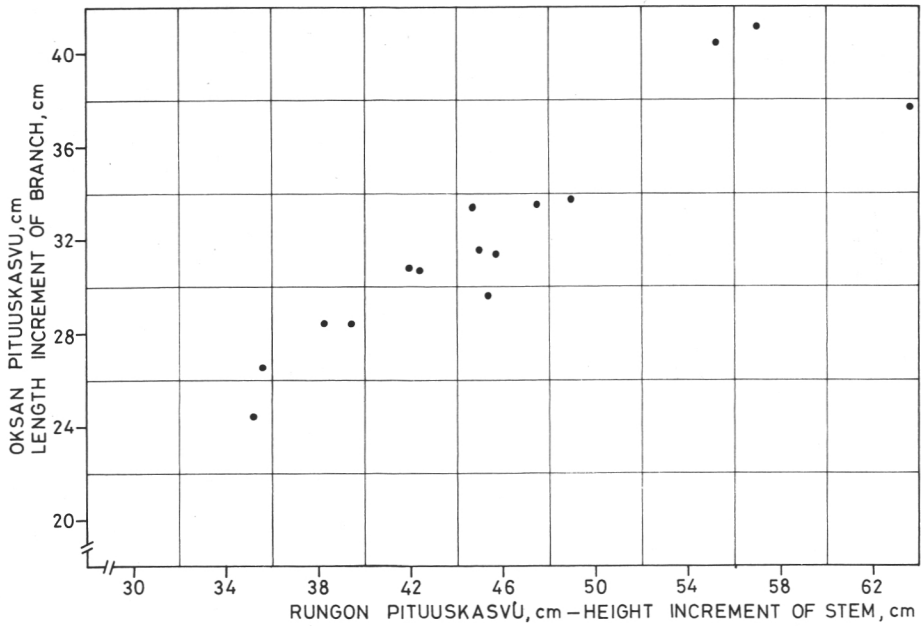
sikön tiheyden kasvaessa. Poikkeuksen tästä muodostivat tiheet metsiköt, joissa puiden alaoksat saivat odottamattoman suuria arvoja. Männyn latvus näyttää joka tapauksessa leviävän jonkin verran kasvutilan lisääntyessä, kuten esimerkiksi N ä s l u n d (1944) ja V a r m o l a (1980) ovat todenneet. Kuusella on tehty samanlaisia havainnot (M e r k e l 1967, D u m m 1971). Metsikön tiheys vaikuttaa oksan pituuteen vähemmän kuin oksan paksuuteen. Tässä suhteessa tulos on yhdenmukainen K e l l o m ä e n (1980) esittämien tulosten kanssa männyn oksan pituuskasvun ja paksuuskasvun suhteesta. M a y e r i n (1961) mukaan männyn oksien pituuskasvu saattaisi reagoida kasvutilaan kuitenkin selvemmin kuin oksan paksuuskasvu. M a y e r (1961) ei kuitenkaan esitä varsinaisia mittaustuloksia väitteensä tueksi.

Oksan pituuden ja metsikön tiheyden välisessä suhteessa havaittava säännötön vaihtelu kytkeytyy ilmeisesti puiden perinnöllisiin ominaisuuksiin ja kasvupaikkojen väliseen hyvyysvaihteluun, kuten on pääteltävissä kuvasta 22. Sen mukaan sekä rungon pituuskasvu että ylimmän oksan pituuskasvu ovat melko suoraviivaisessa suhteessa toisiinsa. Vastaavasti metsikön tiheys vaikuttaa samalla tavalla sekä oksan kasvuun että rungon kasvuun (vrt. myös E k l u n d h

E h r e n b e r g 1963). Tässä tutkimuksessa ei rungon ja oksan kasvuja kuitenkaan varsinaisesti tutkittu. Esimerkiksi E l f v i n g i n (1975) mukaan metsikön keskimääräinen pituus laskee metsikön tiheyden kasvaessa samalla, kun vastaava valtapituus kasvaa. V a r m o l a (1980) puolestaan toteaa, että harvoissa metsiköissä (runkoluku alle 1000 runkoa/ha) puuston keskipituus on pienempi kuin tiheissä metsiköissä (runkoluku yli 2000 runkoa/ha). Kaikkein harvimpia metsiköitä lukuun ottamatta oksan pituuskasvu ei näytä reagoivan erityisen voimakkaasti metsikön tiheyteen.

Tämän tutkimuksen mukaan ylimmän oksakiehkuran oksakulma oli 30–40°, eikä metsikön tiheys vaikuttanut oksakulman suuruuteen. Oksan vanhetessa oksakulma kasvoi, kuten esimerkiksi S c h ö p f (1954) ja M a y e r (1961) ovat esittäneet. Tiheissä metsiköissä oksakulma ei kuitenkaan kasva iän mukana yhtä selvästi kuin harvoissa metsiköissä. Syynä tähän on se, että tiheissä metsiköissä oksien massa lisääntyy hitaasti ja oksat tukeutuvat toisiinsa, mikä estää oksien taipumisen alaspäin.

Nyt saadut tulokset oksakulman suuruudesta vastaavat P e r s s o n i n (1977) saamia tuloksia. Tosin vertailua vaikeuttaa se, että P e r s s o n i n tulokset edustavat ar-



Kuva 22. Ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan pituuden ja vuosikasvaimen pituuden välinen riippuvuus.

Fig. 22. Relationship between the length of the thickest branch in uppermost whorl and that of the annual shoot.

vion mukaan vain kahdeksannetta ja yhdeksännettä oksakiehkuraa. Rautiainen (1971) (oksakiehkurat kahdesta neljään) ja Lindqvistin (1980) (oksakiehkura neljä) tuloksiin verrattuna ovat nyt todetut oksakulmat hieman pienempiä kuin ko. tutkimuksissa todetut. Varmolan (1980) mukaan männyn oksakulma mustikkatyypin kasvupaikoilla on 56° ja puolukkatyypin kasvupaikoilla 55°. Oksakulman vaihtelu oli kuitenkin suurta.

Oksakulma on voimakkaasti periytyvä ominaisuus, ja suuri oksakulma on yksi laadullisen valinnan tärkeimpiä perusteita (Rautiainen 1971). Alkuperäinen oksakulma voi kuitenkin muuttua varsin selvästi siten, että muutos on suhteessa metsikön tiheyteen, oksan ikään, ja ympäristön ominaisuuksiin (Schöpf 1954, Blomqvist 1975). Puun laatua ajatellen oksakulma harvoissa metsiköissä näyttää muodostuvan paremmaksi kuin alkupe räisen oksakulman ja oksan paksuuden perusteella on pääteltävissä. Tiheissä metsiköissä oksakulma sen sijaan ei muodostu yhtä edulliseksi kuin harvoissa metsiköissä.

Oksien karsiutumisen ei nyt esitelty aineiston perusteella voida tehdä pitkälle

meneviä päätelmiä. Tulokset viittaavat kuitenkin selvästi siihen, että metsikön riittävä tiheys voimistaa oksien kuolemista vähentäen kuitenkin niiden karsiutumista. Esimerkiksi Heikinheimo (1953) suosittellee kohtuullista kasvatustiheyttä sillä perusteella, että väljätkö kasvutila parantaa luontaisen karsiutumisen edellytyksiä: lumen, jään ja tuulen vaikutusta. Tällöin kuolleiden oksien karsiutumisenopeus riippuu puolestaan siitä, kuinka vahvoiksi oksat kasvavat eläessään. Täten metsikön tiheys vaikuttaa epäsuorasti kuolleiden oksien esiintymiseen latvuksessa.

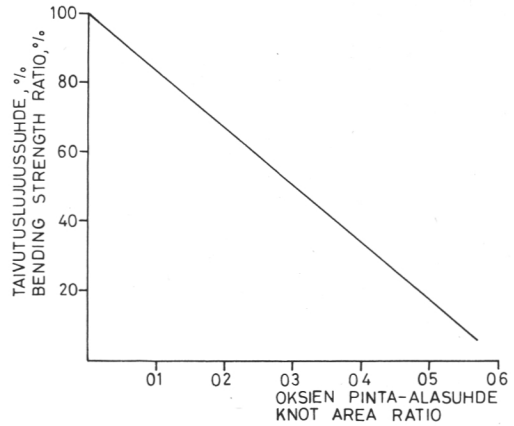
Puiden oksikkuuden ja metsikön tiheyden välisen suhteen selvittämiseksi laskettiin oksien lukumäärä rungon pituusyksikköä kohti sekä oksien poikkileikkauspinta-alojen summa rungon pinta-alaa kohti. Molemmat indeksit osoittavat puuaineen oksikkuuden vähenevän metsikön tiheyden kasvaessa. Oksien poikkileikkauspinta-alojen summan ja rungon pinta-alan suhteen tarkastelu osoittaa, että oksikkuus ei sanottavasti enää vähene metsikön tiheyden ylitettyä 2500 runkoa/ha. Vastaavasti metsikön tiheyden vähentyminen arvosta 2500 runkoa/ha arvoon 1800 runkoa/ha lisää oksien

pinta-alaosuuden lähes kolminkertaiseksi. Tällä tavalla mitaten puiden oksikkuus näyttää reagoivan erittäin herkästi metsikön tiheyteen, kun se vaihtelee välillä 1500—2500 runkoa/ha. *Perssonin* (1975) mukaan myös oksien tilavuuden suhde rungon tilavuuteen käyttäytyy samansuuntaisesti (vrt. myös *Maier* 1961).

Nyt tehdyn tutkimuksen perusteella ei voida päätellä lähemmin, mikä on metsikön tiheyden vaikutus lopputuotteen, varsinaisen sahatavaran lujuteen. Tiedetään kuitenkin, että esimerkiksi mäntysahatavaran taivutuslujuus on suorassa suhteessa oksien pinta-alaosuuteen, kuten kuvassa 23 on esitetty. Havaitaan, että esimerkiksi oksien pinta-alaosuuden väheneminen 0,6:sta 0,2:een lisää taivutuslujuuden kuusinkertaiseksi. Sahatavarasta mitattu oksien pinta-alaosuus ei tietenkään ole suoraan verrattavissa kokonaisten runkojen vastaaviin arvoihin. Esitetyt tulokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, millä tavoin metsikön tiheys voi vaikuttaa sahatavaran lujuusominaisuuksiin.

Oksikkuus on vain yksi — tosin varsin keskeinen — sahatukkien ja sahatavaran laatuun vaikuttava tekijä. Tällöin on huomattava, että esimerkiksi puuaineen tiheys oksikkuuden ohella vaikuttaa voimakkaasti sahatavaran lujuteen. Esimerkiksi *Harrisin* ym. (1976) tekemät tutkimukset radiatamännyn (*Pinus radiata*) lujuusominaisuuksista osoittavat oksikkuuden ja puuaineen tiheyden välillä selvää yhdysvaikutusta. Niinpä 10 %:n tiheyslisäys kompensoi 60 % lisäyksen oksien läpimitassa, kun soiron mitat olivat 100 × 50 mm. On erityisesti huomattava, että puuston kasvatustiheyden nostaminen lisää selvästi puuaineen tiheyttä (vrt. *Persson* 1975, *Brazier* 1970) samalla, kun puun oksikkuus vähenee. Täten metsikön riittävä tiheys voi lisätä sahatavaran lujuutta huomattavasti enemmän kuin pelkän oksikkuuden perusteella on pääteltävissä.

Metsikön tiheys vaikuttaa myös kuitupuun laatuun. *Persson* (1975) totesi, että



Kuva 23. Oksien pinta-alaosuuden ja mäntysahatavaran taivutuslujuuden välinen riippuvuus suhteellisin arvoina (*Notes...* 1977).

Fig. 23. Relationship between knot area and strength of pine timber in relative values (*Notes...* 1977).

massan saanto kasvaa erityisesti männyllä käytettyä raaka-aineyksikköä kohti kasvatustiheyden noustessa. Edellä viitattiin jo *Perssonin* (1975) tuloksiin oksien tilavuuden suhteesta runkupuun tilavuuteen l. oksapitoisuudesta.

Nyt esitelty aineisto on varsin suppea ja se edustaa vain mustikkatyyppin kankaille tehtyjä männynviljelmää. Tämän vuoksi on ennen aikaista yrittää antaa suosituksia metsikön perustamistiheydestä runkojen laatua ajatellen. Mainittakoon kuitenkin, että *Heikinheimo* (1951) suosittelee omiin tutkimuksiinsa perustuen männyn viljelytiheydeksi 2500—3200 tainta/ha runkojen riittävän laadun turvaamiseksi. Nyt esitellyt tulokset ovat yhdenmukaisia näiden tulosten kanssa. Näyttää selvältä, ettei mitään ylisuuria viljelytiheyksiä tarvita viljelymänniköiden laadun parantamiseksi. Poikkeuksen saattavat kuitenkin muodostaa lehtomaiset kankaat ja pellot, joissa todella suuret viljelytiheydet voisivat olla ainoa keino huolehtia männiköiden riittävästä laadullisesta kehityksestä (*Uusvaara* 1974, *Vuokila* 1979, *Varmola* 1980).

KIRJALLISUUS

- ABETZ, P. 1970. Bestandesdichte und Astdurchmesser bei der Rheintalkiefer. Summary: Stand density and branch diameters in the Rhine-Valley Scots pine. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141(12):233—238.
- BLOMQUIST, S. 1975. Samband plusträd — kloner — avkommor av tall. Summary: The relationship between plus trees, clones and progenies of Scots pine. Årsb. Fören. Skogsträdsförädl. 1975:171—194.
- BRAZIER, J.D. 1970. The effect of spacing on the wood density and wood yield of Sitka spruce. Forestry (Suppl.):22—28.
- BROWN, G.S. 1966. Branch diameter, green crown depth and stand density in radiata pine in spacing trials in Ashley forest. Prod. Branch Rep. No. 71, For.Res.Inst.Rotorua, New Zealand.
- CAJANDER, A.K. 1949. Forest types and their significance. Acta For. Fenn. 56.4:1—71.
- DITTMAR, O. 1975. Waldbauliche und ertragskundliche Ergebnisse 30 jähriger Kiefern — Verbandsweitenversuche im Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Eberwalde. Sozial. Forstw. 25(8):239—245.
- DUMM, G. 1971. Der Einfluss des Pflanz — Verbandes auf Astbildung und Schneebruchgefährdung bei Fichte. Allg. Forstzeitschr. 26(8):150—152.
- EKLUND, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog. Summary: An experiment in sowing and planting pine with different spacings. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 46(10):1—98.
- EKLUNDH EHRENBORG, C. 1963. Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Sammanfattning: Ärftlig variation i avkomme-försök med tall. Stud. For. Suec. 10:1—135.
- 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.
- ERTELD, W. 1967. Kronenkennwerte als Leistungsweiser in Kiefernjungwüchsen verschiedenen Ausgangsverbandes. Sozial. Forstw. 1967(8):236—240.
- 1975. Verbandsweite, Jahrringsbreite und Aststärke der Kiefer auf einem mittleren terrestrischen Standort im Altpleistozän. Sozial. Forstw. 1975(8):242—245.
- FLOWER-ELLIS, J., ALBREKTSSON, A. & OLSSON, L. 1976. Structure and growth of some young Scots pine stands: (1) dimensional and numerical relationships. Swedish Coniferous Project. Techn. Rep. 3:1—98.
- GRAH, R.F. 1962. Control of knots in young growth Ponderosa pine timber. Calif. For. & For. Prod. no 31:1—5.
- HAKKILA, P., LAASASENAHO, J. & OITTINEN, K. 1972. Korjuuteknisiä oksatietoja. Summary: Branch data for logging work. Folia For. 147:1—15.
- HARRIS, J.M., JAMES, R.N. & COLLIS, M.J. 1976. Case for improving wood density in Radiata pine. New Zealand Journ. For. Sci. 5(3):347—354.
- HEIKINHEIMO, O. 1951. Metsänistutukset huokeamiksi ja yleisemmiksi. Metsälehti 1951(45):1—2.
- 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning on tree stems. Commun. Inst. For. Fenn. 41(5):1—39.
- HEISKANEN, V. 1954 a. 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.
- 1954 b. Tutkimuksia mäntytykkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Summary: Investigations into pine tree grading methods and their accuracy. Commun. Inst. For. Fenn. 44(1):1—132.
- 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.
- HELANDER, A.B. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo. 553 s.
- KELLOMÄKI, S. 1980. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntyjen latvusten kasvun dynamiikka. Commun.Inst.For.Fenn. 98(4):1—50.
- , HARI, P., KANNINEN, M. & ILONEN, P. 1980. Eco-physiological studies on young Scots pine stands: II. Distribution of needle biomass and its application in approximating light conditions inside the canopy. Seloste: Neulasmassan jakautuminen nuoren männikön latvuksessa ja tämän käyttö metsikön sisäisten valaistusolojen arvioinnissa. Silva Fenn. 14(3):243—257.
- KÄRKKÄINEN, M. 1980. Mäntyrunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Commun. Inst. For. Fenn. 96(5):1—152.
- LINDQVIST, M. 1980. Mäntykloonien laadun arvostelu siemenviljelyksessä n:o 96. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 51 s.
- MATHIEU, J.H. 1967. Einfluss von Pflanzenverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremervörde. Göttingen. 117 s.
- MAYER, H. 1961. Waldbauliche Güteansprüche und morphologische Qualitätsmerkmale in Föhren-Dickungen zwischen Alpen und Donau. Forstwiss. Cbl. 80(9/10):294—316.
- MERKEL, O. 1967. Der Einfluss des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. Summary: The effect of tree spacing on branch sizes in spruce. Allg. Forst- u. Jagdztg. 138(6):113—125.
- NILSSON, B. 1968. Studier av några kvalitetsgenskapers genetiska variation hos tall (*Pinus silvestris* L.). Rapp. Uppsats. Instn. Skogsgenet. Skogshögsk. 3:1—117.
- Notes for the course stress grading of timber. 1977. Building Research Establishment. Prinos Risborough

- Laboratory. 14 s.
- NYLINDER, P. 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Summary: Aspects of quality production. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 2:1—19.
- NÄSLUND, M. 1944. Alustus Ruotsin metsäviikon teemasta "Erfarenheter av skogsodling". Svenska SkogsvFörb. Tidskr. 42(2):108—116.
- OLBERG & KÜHN, 1930. Ueber den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer. Ztschr. Forst- u. Jagdw. 58(9): 625—658.
- ORVÉR, M. 1970. Klassificering av tallsågtimmer med objektivt mätbara faktorer. Summary: Grading of Scots pine saw timber using objectively measurable factors. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 65:1—138.
- PERSSON, A. 1975. Ved och pappersmassa från gran och tall i olika förband. Summary: Wood and pulp of Norway spruce and Scots pine at various spacings. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 37:1—145.
- 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. Rapp. Uppsats. 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.
- RAUTIAINEN, P. 1971. Ympäristö- ja perintöteki- jöiden vaikutus männyn ilmaisuun Pohjois-Karjal- lan piirimetsälautakunnan siemenviljelyksessä Tohmajärvellä. Summary: The effect of environmental and genetic factors on the phenotype of pine in a seed orchard in North Karelia. Silva Fenn. 5(4): 336—349.
- SCHÖPF, J. 1954. Untersuchungen über Astbildung und Astreinigung der Selber Kiefer. Forstwiss. Cbl. 73(9/10): 275—290.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation- grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For.Fenn. 80(2):1—105.
- VARMOLA, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ul- koinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451:1—21.
- VELLING, P. 1978. Puun laatu paremmaksi metsää jalostamalla. Summary: Better wood through breeding. Metsä ja Puu 1978 (10):9—12.
- Vientisahatavaran lajitteluohjeet 1960. Suomen Saha- teollisuusmiesten yhdistys. 51 s.
- VUOKILA, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotan- nolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. Folia For. 141:1—34.
- 1979. Laatu — metsänkasvatuksen uusin ongelma. Suomen Metsäyhdistyksen kesäretkeily 13.— 14.6.1979. Moniste. 3 s.

SUMMARY

Characteristics of the living crowns of young Scots pines were measured in fourteen stands representing a density variation 300—6100 stems/ha in order to determine the effect of stand density on the branchiness of trees. The following results were obtained:

1. The number of living whorls, as well as the branch number at the stem apex, decreased as the stand density increased. Consequently, the number of living branches per tree followed the same pattern.
2. The diameter of the thickest branch in each whorl decreased as stand density increased.
3. Within the living crown there appeared dead branches from the sixth whorl downwards. The number of dead branches was positively related to the stand density as well as their diameter.
4. Branch number per unit stem length and the total branch cross-sectional area per unit stem area were negatively related to the stand density. With a stand density of 2500 stems/ha, the branch cross-sectional area was only about one third of that in a stand of 1800 stems/ha.

ODC 232.43:53:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0526-0
ISSN 0015-5543

KELLOMÄKI, S. & TUIMALA, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puuden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia For.* 478:1—27.

Characteristics of the living crowns of young Scots pines in 14 stands, density variation of 300—6100 stems/ha, were measured. The number of living whorls and that of newly-formed branches at stem apex as well as the diameter of the thickest branch in each whorl increased as the stand density decreased. Dead branches appeared from the sixth whorl downwards. Their number as well as the diameter was positively related to the stand density. Branch number per unit stem length and the total branch cross-sectional area per unit stem area was negatively related to the stand density.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.43:53:174.7 *Pinus sylvestris*
ISBN 951-40-0526-0
ISSN 0015-5543

KELLOMÄKI, S. & TUIMALA, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puuden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia For.* 478:1—27.

Characteristics of the living crowns of young Scots pines in 14 stands, density variation of 300—6100 stems/ha, were measured. The number of living whorls and that of newly-formed branches at stem apex as well as the diameter of the thickest branch in each whorl increased as the stand density decreased. Dead branches appeared from the sixth whorl downwards. Their number as well as the diameter was positively related to the stand density. Branch number per unit stem length and the total branch cross-sectional area per unit stem area was negatively related to the stand density.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

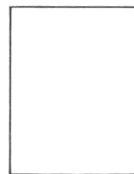
Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me following publications (add numbers of the publications on the backside of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communications Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia & tiedusteluja
Remarks & calls for information _____

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:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koasema
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:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* c/o Joensuun korkeakoulu
c/o Joensuu University
PL 111
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

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

- No 461 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa.
Sowing experiments with *Betula pendula* in Finnish Lapland.
- No 462 Raulo, Jyrki & Rikala, Risto: Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla.
Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways.
- No 463 Hyppönen, Mikko: Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä.
Profitability of some stand growing alternatives in the State forests of northern Finland.
- No 464 Harstela, Pertti & Piirainen, Kimmo: Esitutkimus PIKA 75 harvesterin automaatioasteen vaikutuksista tuotukseen, mittaustarkkuuteen ja kuljettajan kuormittumiseen.
Output, accuracy of measuring and strain of the driver at three automation levels of PIKA 75 harvester. A pilot study.
- No 465 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1978—80.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1978—80.
- No 466 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Pitkän puutavaran esijuonto vinttureilla ja hevosella.
Bunching of timber by winches and horse.
- No 467 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: KOPO palahakejärjestelmä.
KOPO block chip system.
- No 468 Vuokila, Yrjö: Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen.
The growth reaction of young pine stands of the first commercial thinning.
- No 469 Rummukainen, Ukko & Voipio, Pekka: Ahavan tuhot kuusentaimissa Suomenjokien taimitarhalla keväällä 1978.
Winter wind damage on Norway spruce seedlings at Suomenjoki seedling nursery in spring 1978.
- No 470 Hallaksela, Anna-Maija & Nevalainen, Seppo: Juurikäävän torjunta urealla kuusenkannoissa.
Control of root rot fungus (*Heterobasidion annosum*) by treating Norway spruce stumps with urea.
- No 471 Eeronheimo, Olli: Metsähakkeen hankinta ja käyttö metsäteollisuudessa. Tilanne keväällä 1980.
Delivery and use of forest chips in forest industry. Situation in spring 1980.
- No 472 Nisula, Pentti: Herbisidilaitteilla varustettu raivaussaha voimajohtojen johtoauiden raivauksessa.
Use of a clearing saw equipped with a herbicide device in the clearing of power grid lines.
- No 473 Saastamoinen, Olli & Sievänen, Tuija: Keravan ja Rovaniemen lähimetsien ulkoilukäytön ajallinen vaihtelu.
Time patterns of recreation in urban forests in two Finnish towns.
- No 474 Sirén, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa.
Stand damage in thinning operations.
- No 475 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1980.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1980.
- No 476 Jalkanen, Risto: Harmaakariste männyllä. Kirjallisuuskatsaus.
Lophodermella sulcigena on pines. A literature review.
- No 477 Veijalainen, Heikki: Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaalla.
Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil.
- No 478 Kellomäki, Seppo & Tuimala, Aili: Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä.
Effect of stand density on branchiness of young Scots pines.
- No 479 Saramäki, Jussi & Valtanen, Eila: Toistuvan tyypillannoituksen vaikutus nuoren metsikön rakenteeseen ja kehitykseen.
The effect of repeated nitrogen fertilization on the structure and development of the young pine and spruce stands.
- No 480 Hovila, Pekka: TT 1000 TU ja TT 1000 TS kokopuuhaakurit.
TT 1000 TU and TT 1000 TS whole-tree chippers.
- No 481 Moilanen, Mikko & Issakainen, Jorma: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus kuusen ja koivun uudistumiseen eräillä Kainuun vaara-alueen paksuturpeilla soilla.
Effect of fertilization and soil preparation on the regeneration of birch and spruce on thick peat soils in Kainuu.
- No 482 Lipas, Erkki: Faktoriaalisen lannoituskokeen tulosten tulkinta.
Interpretation of the results from factorial fertilization experiments.
- No 483 Salminen, Sakari: Vuosien 1971—75 valtakunnallisia metsävaratietoja karttamuodossa.
A cartographic presentation of forest resources in Finland 1971—75.
- No 484 Aarne, Martti: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat 1979.
Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1979 by districts.
- No 485 Kurkela, Timo: Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männiköissä.
Cancer and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*.
- No 486 Oikarinen, Matti & Pyykkönen, Juhani: Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla.
The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtillus spruce swamp in Ostrobothnia.

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