

# SILVA FENNICA



1989 · Vol. 23 N:o 4

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA  
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

## PUBLISHER – JULKAISIJA

The Society of Forestry in Finland  
Suomen Metsätieteellinen Seura r.y.

## EDITORS – TOIMITUS

Editor-in-chief – Vastaava toimittaja Markku Kanninen  
Editor – Toimittaja Tommi Salonen

Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki, Finland  
tel. +358 0 658 707, telex 125 181 hyfor sf

## EDITORIAL BOARD – TOIMITUSKUNTA

Juhani Päivänen (University of Helsinki), Matti Keltikangas (University of Helsinki),  
Antti Korpilahti (Metsäteho), Paavo Pelkonen (University of Joensuu) and Tuija  
Sievänen (Finnish Forest Research Institute).

## AIM AND SCOPE – TAVOITTEET JA TARKOITUS

Silva Fennica publishes papers relevant to Finnish forestry and forest research. The journal aims to cover all aspects of forest research, ranging from basic to applied subjects. Besides research articles, the journal accepts research notes, scientific correspondence, and reviews.

Silva Fennicassa julkaistaan artikkeleita, joilla on merkitystä Suomen metsätalouden ja metsätutkimuksen kannalta. Sarja kattaa metsätalouden kaikki osa-alueet ja julkaisee sekä metsätieteen perusteita käsitteleviä että sovellutuksiin tähtääviä kirjoituksia. Tutkimusraporttien lisäksi julkaistaan tiedonantoja, keskusteluartikkeleita ja katsauksia.

## SUBSCRIPTIONS – TILAUKSET

Subscriptions and orders for back issues should be addressed to Academic Bookstore, P.O. Box 128, SF-00101 Helsinki, Finland. Annual subscription price is FIM 220. Exchange inquiries can be addressed to the editorial office.

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan toimitukselle. Silva Fennican tilaushinta kotimaahan on 160 mk, ulkomaille 220 mk.

This journal is indexed in Agricola, Agrindex, Biological Abstracts, Current Advances in Ecological Sciences, Current Advances in Plant Science, Ecological Abstracts, Forest Products Journal, Forestry Abstracts, International Bibliography of Periodical Literature, Life Sciences Collection.

## Männyn istutustaimikoiden lustonleveysmalli

Martti Varmola

ABSTRACT: A MODEL FOR RING WIDTH OF PLANTED SCOTS PINE

Varmola, M. 1989. Männyn istutustaimikoiden lustonleveysmalli. Abstract: A model for ring width of planted Scots pine. *Silva Fennica* 23(4): 259–269.

Luston leveyttä rinnankorkeudella ennustetaan rungon säteellä rinnankorkeudella, puun asemaa metsikössä kuvaavalla läpimitan ja pohjapinta-alamediaani-läpimitan suhteella, metsikön pituusboniteetilla ja taimikon tiheydellä. Rinnan-korkeusläpimitan ja kantoläpimitan välisen muuntomallin avulla voidaan ennustaa kannonkorkeuden keskimääräisiä lustonleveyksiä.

Aiempien tutkimusten mukaan puun laadussa on odotettavissa selvä parannus, kun keskimääräinen luston leveys ytimen läheisyydessä tyvileikkauksesta mitattuna pienenee 3:sta 2:een millimetriin. Tämän tutkimuksen mukaan männyn istutukseen soveltuvista maapohjista vain karuimmilla (VT-) luston leveys kannonkorkeudella jää paksuimmillakin puilla alle 3 mm:n nykyisillä kasvatus-tiheyksillä. Muilla kasvupaikoilla vaatimus alle 3 mm:n lustonleveysistä aiheuttaa huomattavan kasvatusiheyden nostamisen nykyisestä ohjetasosta. Alle 2 mm:n keskimääräiseen lustonleveyteen ei rehevimmillä kasvupaikoilla päästä lainkaan alle 4000 runkoa/ha olevilla kasvatusiheyksillä ja karuimmil-lakin kasvupaikoilla vain runkolukusarjan ohuimmat puut täyttävät vaatimuk-sen alle 2 mm:n keskimääräisestä luston leveydestä.

Ring width at breast height is presented as a function of stem radius at breast height, the ratio between the diameter of a tree and the basal area median diameter, site index, and density of stand. By means of a conversion model ring width at stump height can be estimated as a function of ring width at breast height.

According to previous studies substantially better wood quality can be expected if mean ring width near the pith at stump height decreases from 3 to 2 mm. According to the present study only on the poorest sites suitable for pine planting (poor *Vaccinium* -type) is ring width less than 3 mm at stump height even in the thickest trees. On more fertile sites a substantial increase in the recommended planting density is required, if the mean ring width is aimed to be less than 3 mm. On the best sites it is impossible to reach mean ring widths of less than 2 mm, when the density is less than 4000 stems/ha. Only the thinnest trees on the poorest sites can have a mean ring width less than 2 mm.

Keywords: *Pinus sylvestris*, growth models, spacing, wood, quality.  
ODC 56 + 232.43

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi, Finland.

Accepted October 25, 1989

## 1. Johdanto

Sahatavaran laatuun vaikuttavat oksaisuus, lenkous, järeyys ja puuaineen lujuus. Näistä oksaisuus on tärkein sahatukkien laatua alentava tekijä. Erityisen haitallisia ovat kuivat ja lahot oksat. Lenkous vähentää lähinnä sahatavaran saantoa. Järeiden merkitys korostuu hyvälaatuisissa tukeissa.

Puun oksaisuus ja sitä kautta puuaineen laatu määräytyy pääasiassa nuoruusvaiheen kasvunopeuden perusteella. Suuri oksamassa merkitsee suurta yhteyttävää pinta-alaa ja nopeaa kasvua. Koska oksaisuuden mittaaminen tukista on vaikeaa, on kehitetty menetelmiä arvioida sahatavaran laatua luston paksuuden perusteella. Heiskanen (1954) totesi parhaaksi laadun ilmaisejäksi keskimääräisen luston leveyden tyvitukin kaatoleikkauksessa välillä 0-4 cm ytimestä. Myöhemmässä tutkimuksessa Heiskanen (1965) totesi puiden laadussa tapahtuvan selvän parannuksen, kun vuosiluston paksuus tyvileikkauksessa pieneni 3 tuuman matkalla ytimestä kolmesta kahteen millimetriin. Uusvaaran (1981b) mukaan vuosiluston leveyden ylittäessä kaatoleikkauksessa 3,5 mm ytimen läheisyydessä ei viljelymänniköistä saatu juuri lainkaan u/s-sahatavaraa. Toisaalta luston leveyden pieneminen alle kahden millimetrin ei enää parantanut u/s-saantoa. Parhaaksi laatua selittäväksi tunnuksiksi Uusvaara (1981a) totesi viljelymänniköissä lustojen keskimääräisen leveyden 75 millimetrin matkalla ytimestä. Halisen (1985) mukaan sahatavaran laatu-luokkien välinen ero oli suurimmillaan mitattaessa luston leveyden keskiarvo väliltä 2-4 cm ytimestä.

Nylinder (1958) selitti oksan paksuutta rinnankorkeusvuosilustojen lukumäärällä välillä 2-4 cm ytimestä. Orvér (1970) havaitsi parhaaksi tunnukseksi vuosilustojen lukumäärän tyvitukin kaatoleikkauksessa välillä 2-4 cm ytimestä. Persson (1976) esitti laatu-

indeksifunktiot sekä kanto- että rinnankorkeusvuosilustojen leveyden perusteella.

Puutavaran mittauksen yhteydessä luston leveydet voidaan mitata kaatoleikkauksesta ja tähän perustuvatkin useimmat luston leveyden ja sahatavaran laadun välistä riippuvuutta koskevat selvitykset. Nuoruusvaiheen kasvunopeuteen vaikuttavien metsikkötietojen, esimerkiksi tiheyden, selvittäminen tukkipuista on kuitenkin mahdotonta.

Jos nuoruusvaiheen kasvunopeuteen vaikuttavia tekijöitä halutaan selvittää, se pitää tehdä pystypuiden avulla. Pystypuiden lustotiedot on mitattu useimmiten rinnankorkeudelta eikä kaatoleikkauksesta. Pääosa kasvu- ja tuotostutkimuksen sädekasvutiedoista koskee rinnankorkeusläpimitan kasvua. Tätä tietoa ei voida suoraan käyttää sahatavaran laadun ennustamiseen, kun laatua ennustetaan kaatoleikkauslustojen leveyden avulla. Tunnettaessa rinnankorkeus- ja kaatoleikkaussädekasvujen välinen riippuvuus sahatavaran laatua voidaan ennustaa myös rinnankorkeudelta mitattujen luston leveyksien perusteella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää eri tekijöiden vaikutusta rinnankorkeudelta mitatun luston leveyteen männyn istutustaimikoissa. Ennustemallin avulla voidaan simuloida eri tilanteissa istutusmännyn sädekasvua rinnankorkeudella. Rinnankorkeus-sädekasvun ja kaatoleikkauksen sädekasvun välisen muuntofunktion avulla voidaan ennustaa kaatoleikkauksen luston leveyttä ja odotettavissa olevaa sahatavaran laatua.

Tutkimus on tehty Suomen Sahanomistajayhdistyksen aloitteesta. Se on myös pääosin rahoittanut työn. Tutkimuksen aineistot on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunnalla.

## 2. Aineisto

Aineisto on neljää pohjoisinta metsälautakuntaa lukuunottamatta sama, jota käytettiin männyn istutustaimikoiden ulkoista laatua selvittäneessä tutkimuksessa (Varmola 1980). Em. tutkimuksessa on esitetty yksityiskohtaisesti aineiston yleispiirteet ja mittausten menetelmä. Kustakin metsälautakunnasta (2-13, 15) valittiin mittauksen kohteeksi viisi taimikkoa. Jokaisessa taimikossa mitattiin 5-10 koealaa. Koealan keskipisteenä oli ns. keskuspuu, joita oli yhteensä 296.

Normaalien koepuutietojen ja lukuisten ulkoista laatua kuvaavien tunnusten lisäksi keskuspuista kairattiin lastu rinnankorkeudelta eteen sattuvalta puolelta. Luston leveydet mitattiin lastusta lustomikroskoopilla 0,01 millimetrin tarkkuudella. Lustomittauksista saatiin selville puiden rinnankorkeusikä. Toisaalta puista oli mitattu rinnankorkeusikä myös oksakiehkuroiden perusteella. Lustoista mitattu ikä osoittautui systemaattisesti suuremmaksi kuin kiehkuroista mitattu. Ero oli keskimäärin 1,7 vuotta. Syynä eroon saattoivat olla toisaalta lustojen lukumäärää lisäävät valistelut ja toisaalta kiehkuroiden lukumäärää vähentävät latvakadot. Summaamalla lustonleveydet ja lisäämällä kaksinkertaiseen summaan mitattu kuorenpaksuus saatiin rinnankorkeusläpimita. Se oli keskimäärin 5,8 mm pienempi kuin mittasaksilla mitattu. Osa erosta on lustoista puuttuvaa mittaavuoden kasvua, joka jätettiin huomiotta niitä mitattaessa.

Epätarkkuuksista huolimatta lustotiedot hyväksyttiin sellaisenaan analyysin lähtöaineistoksi. Edellä mainitut erot osoittivat kuitenkin ikämittausten vaikeudet sellaisissakin tilanteissa, joissa sekä vuosilustojen että oksakiehkuroiden odottaisi erottuvan selvästi. Puutunnusten keskiarvot, hajonnat, minimi ja maksimit olivat:

	$\bar{x}$	s	minimi	maksimi
d, cm	10,4	2,5	4,7	18,7
h, m	6,7	1,5	3,1	11,3
t <sub>1,3</sub> , v	13	3	5	24

n = 296

Varsinaisen analyysiaineiston muodosti vuosittainen lustotieto. Näistä poistettiin ytimen leveys, koska sitä kuvaamaan kehitettiin oma

malli. Lustohavaintoja oli kaikkiaan 3518. Vuosiluston leveyttä (i), kunkin kasvuvuoden alkuun saakka keräytyneitä sädettä (r) ja ytimen sädettä (y) kuvaavat tunnuksot olivat:

	$\bar{x}$	s	minimi	maksimi	n
i, mm	3,47	1,43	0,26	8,33	3518
r, mm	21,9	15,3	0,37	85,3	3518
y, mm	2,13	1,17	0,37	6,79	296

Luston leveyden keskiarvo oli lähes 3,5 mm. Analyysiaineiston havainnot keskittyivät ytimen läheisyyteen ja säteen keskiarvo oli noin 2 cm maksimin ollessa 8,5 cm. Ytimen halkaisija oli keskimäärin 4,3 mm. Esim. Kilkki ja Varmola (1979) asettivat nuorten mäntyjen runkokäyriä laatiessaan latvan huipun läpimitaksi eli kuorelliseksi ytimeksi 5 mm.

Metsikön tiheys mitattiin mäntyjen lukumääränä kolmen metrin säteisellä ympyräkoelalla, jonka keskipisteenä oli koepuu. Se, että koealan keskipisteenä oli puu, aiheuttaisi yliarvion metsikön tiheyteen, jos puiden lukumäärää käytettäisiin sellaisenaan muutettaessa tiheyttä hehtaarikohtaiseksi. Simuloidujen istutustaimikoiden perusteella laadittiin malli hehtaarikohtaisen runkoluvun (N) ennustamiseksi puiden lukumäärän (lkm) ja kuolleisuuden avulla:

$$N = 199 + 338 \times (lkm) - 7,23 \times (\text{kuolleisuusprosentti}) \quad (1)$$

Koska istutustiheyksiä ei mittausten yhteydessä selvitetty, metsiköiden kuolleisuusprosenttien laskeminen ei ollut mahdollista. Kuolleisuusprosentti lienee keskimäärin ollut 20-30 %. Jatkotarkastelussa koealan puiden lukumäärää vastaavana hehtaarikohtaisena runkolukuna käytetään kuolleisuusprosentin 30 mukaisia runkolukuja.

Yli puolet koealoista oli mustikkatyypillä (taulukko 1). Vähiten havaintoja oli lehtomaiselta kankaalta. Keskimääräinen puiden lukumäärä koealalla oli 5,1 eli noin 1700 runkoa/ha. Puiden lukumäärä koealalla kasvoi kasvupaikan parantuessa. Tiheysvaihtelu kattoi runkolukualueen 300-3000 (=tiheysluokat 1-10).

Häglundin välipituusmallilla (1976) estimoitujen pituusboniteettien mukainen koealojen kasvupaikkajakauma oli:

Taulukko 1. Koealojen jakaantuminen tiheysluokkiin eri kasvupaikoilla.  
Table 1. The distribution of sample plots in different density classes on different sites.

Metsätyyppi Forest site type	Tiheysluokka, mäntyjä/koeala Density class, number of pines per plot											Yhteensä In all
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	
OMT			3	4	9	11	9	2	5	1	1	45
MT	3	15	19	31	30	26	15	8	6	1		154
VT	1	11	14	23	18	17	12			1		97

$H_{100}$	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31
n	3	25	100	119	42	7

Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan viljelymänniköiden metsätyyppitaitiset vastinpituisboniteetit ovat: VT 21-24, MT 27 ja OMT 30. Pituisboniteeteilla arvioituna aineiston pääosa sijoittui mustikkatyyppille ja hyvälle puolukkatyyppille. Aineisto kattoi myös karun puolukkatyyppin ja lehtomaisen kankaan kasvupaikat.

### 3. Mallit

#### 31. Vuosiluston leveys

Puun ja metsikön kasvua kuvaavat mallit ovat yleensä tulomuotoisia. Myös tässä tutkimuksessa päädyttiin tulomuotoiseen malliin. Selitettäväksi muuttujaksi valittiin vuosittainen kasvuindeksi korjaamaton luston leveys. Aineiston havainnot muodostavat hierarkkisen rakenteen (taimikko > koepuut > lustot), joten havainnot eivät ole toisistaan riippumattomia, eikä t-testiä sinällään voi käyttää muuttujien valintakriteerinä. Selittävät muuttujat valittiin graafisen tarkastelun perusteella ja valinta tarkistettiin jäännösvaihtelukuvien perusteella.

Luston leveyttä ( $i_r$ , mm) parhaiten selittäviksi muuttujiksi todettiin kunkin kasvukauden alkuun mennessä keräytynyt säde ( $r$ , mm), puun asema metsikössä ( $d/D_{gM}$ ), metsikön tiheys eli mäntyjen lukumäärä kolmen metrin säteisellä ympyräkoelalla (lkm), kasvupaikka ( $H_{100}$ ) ja sädekasvuindeksi (IND) Tiuhosen (1983, 1984 ja 1985) mukaan. Mallin kertoimet ja luotettavuustunnukset olivat:

Puun asemaa metsikössä kuvattiin puun läpimitan suhteena pohjapinta-alamediaani-läpimitaan ( $d/D_{gM}$ ). Runkolukusarjan ja keskiläpimitan selvittämiseksi mitattiin em. kolmen metrin säteisellä ympyrällä kaikkien puiden läpimitat 1 cm:n tasaavaa luokitusta käyttäen. Suhde  $d/D_{gM}$  oli keskimäärin 1,14, minimi 0,53 ja maksimi 2,28. Koepuut painotuivat siten hiukan keskimääräistä paksumpiin puihin. Puun sijaintia runkolukusarjassa suhteessa pohjapinta-alamediaani-läpimitaan käsitellään lähemmin alaluvussa 41.

selitettävä muuttuja  $\ln(i_r)$ ,  $x=1,14$  (2)

	kerroin	t-arvo		
vakio*	0,210797	0,68	$R^2$	0,297
$\ln(r+0,1)$	0,797684	27,68	$s_m$	0,492
$\sqrt{(r+0,1)}$	-0,409348	-25,29	$s_r$	0,412
$d/D_{gM}$	-0,537107	-4,00	$s_{e\%}$	43,1
$\ln(d/D_{gM})$	1,18491	7,66	$b_{e\%}$	-1,41
$H_{100}$	0,0355842	9,00	n	3518
lkm	-0,0288372	-7,59		
IND	0,00319211	5,81		

\* vakioon tehty logaritmin mallin vaatima lisäys  $s_r^2/2$

jossa  $R^2$  on mallin selitysaste,  $s_m$  selitettävän muuttujan keskihajonta,  $s_r$  mallin jäännöshajonta,  $s_{e\%}$  mallin suhteellinen keskivirhe ja  $b_{e\%}$  mallin systemaattinen virhe.

Mallin selitysaste oli melko alhainen. Tämä kuvaa sitä suurta vaihtelua, joka vuosilustoissa on nuorella iällä vuosittaisen kasvun sivuuttaessa maksimin. Systemaattinen virhe oli -1,41 %, absoluuttisena -0,041 mm. Harha aiheutui luston leveyden jonkin verran vinosta jakaumasta selittävien muuttujien suhteen.

Luston leveyden vaihtelusta suurimman osan selitti rungon kuoreton säde. Tämä on yhdenmukainen tulos verrattuna esimerkiksi pohjapinta-alan kasvumalleihin, joissa pohjapinta-ala ennen kasvujaksoa on yleensä paras kasvun selittäjä.

Luokittaisina keskiarvoina mitaten malli kulki harhattomasti selittävien muuttujien suhteen lukuunottamatta kasvuindeksiä, jonka suhteen mallilla saatiin muutamilla havainnoilla selvä yliarvio kasvuindeksin ollessa alhainen (kuva 1). Kasvuindeksin ollessa jonkin verran yli sadan malli antoi aliarvion. Kasvuindeksin huonoon selityskykyyn saattoi olla syynä se, että indeksit on laadittu pääasiassa vanhojen metsiköiden perusteella, joissa ilmaston vaikutus on suhteellisesti pienempi kuin nuorissa metsissä (Mikola 1950). Mallin laadinta-aineistossa kasvuindeksien keskiarvo oli 107. Indeksien mukaan otolla kyettiin joka tapauksessa jossain määrin korjaamaan keskimääräistä suotuisamman kasvujakson vaikutusta luston leveyteen.

Säteen ollessa yli 5 cm mallilla saatiin yliarvio luston leveydelle. Tämä aiheutui aineiston äärialueilla sijaitsevien muutamien puiden epänormaalin heikosta kasvusta.

Kasvupaikkaluokittain malli antoi keskimäärin harhattoman tuloksen (kuva 1). Karulla puolukkatyyppillä malli kuitenkin aliarvioi sädekasvua ytimen läheisyydessä ja yliarvioi säteen ollessa yli 4 mm. Muilla kasvupaikkatyypeillä ei havaittu vastaavanlaisia systemaattisia virheitä.

Mallin laadinta-aineisto kattoi koko Etelä- ja Keski-Suomen lukuunottamatta ruotsinkielisiä metsälautakuntia. Malli lienee harhaton maantieteellisen sijainnin suhteen, koska lämpösommalla ei havaittu olevan selitysarvoa.

Mallin loogisuutta selittävien muuttujien suhteen tarkasteltiin osittaiskorrelaatiokuvilla (kuva 2). Muille kuin tarkasteltavalle muuttujalle annettiin vakiona aineiston keskiarvot. Luston leveyden maksimi saavutettiin säteen ollessa 1,5 cm. Puun asemaa metsikössä kuvaavan muuttujan suhteen luston leveyden lisääntyminen oli sitä hitaampaa, mitä vallitsevammasta puusta oli kyse. Suhteen  $d/D_{gM}$  lähestyessä kahta luston leveys ei juurikaan enää lisääntynyt. Pituisboniteetin suhteen luston leveys lisääntyi samanmuotoisesti kuin esimerkiksi tilavuuskasvu kuvattaessa kasvupaikan boniteettia. Tiheyden lisäänty-

sä luston leveys pieneni, ei kuitenkaan kovinkaan voimakkaasti.

Kuvat osoittavat mallin loogisen käyttäytymisen selittävien muuttujien suhteen. On kuitenkin huomattava, että suuri osa luston leveyden vaihtelusta jäi selittämättä. Koska mallissa olevat puun asemaa ja metsikön tiheyttä kuvaavat tunnuksot laskettiin kyseisen puun lähiympäristöstä, voidaan olettaa, että ne kuvaavat puun asemaa metsikössä ja siten naapuripuiden vaikutusta koepuun kasvuun. Näillä muuttujilla ei kuitenkaan päästy korkeaan selitysasteeseen. On ilmeistä, että pelkätään puusta mitattavilla tunnuksilla ei kyetä kovinkaan tarkkaan kasvun ennustamiseen (ks. Mielikäinen 1978). Latvuksen, juuriston ja maaston mikrotopografian samoin kuin puiden tilajärjestyksen mittaamisella kasvun ennustamista kyettäisiin todennäköisesti parantamaan. Vaikeutena on kuitenkin mittaus-

#### 32. Ytimen leveys

Vuosilustomallilla kuvataan säteen kasvu rinnankorkeusialta yksi eteenpäin. Puun ytimen eli ensimmäisen vuoden kasvun estimoimiseksi kehitettiin malli, jossa selitettävänä muuttujana oli ytimen säde ( $y$ , mm). Selittäviksi muuttujiksi valittiin puun asemaa kuvaava suhde ( $d/D_{gM}$ ) ja metsikön tiheyttä kuvaava puiden lukumäärä koelalla (lkm). Muilla tarkastelluilla muuttujilla ei havaittu olevan selitysarvoa. Mallin muoto ja luotettavuustunnukset olivat:

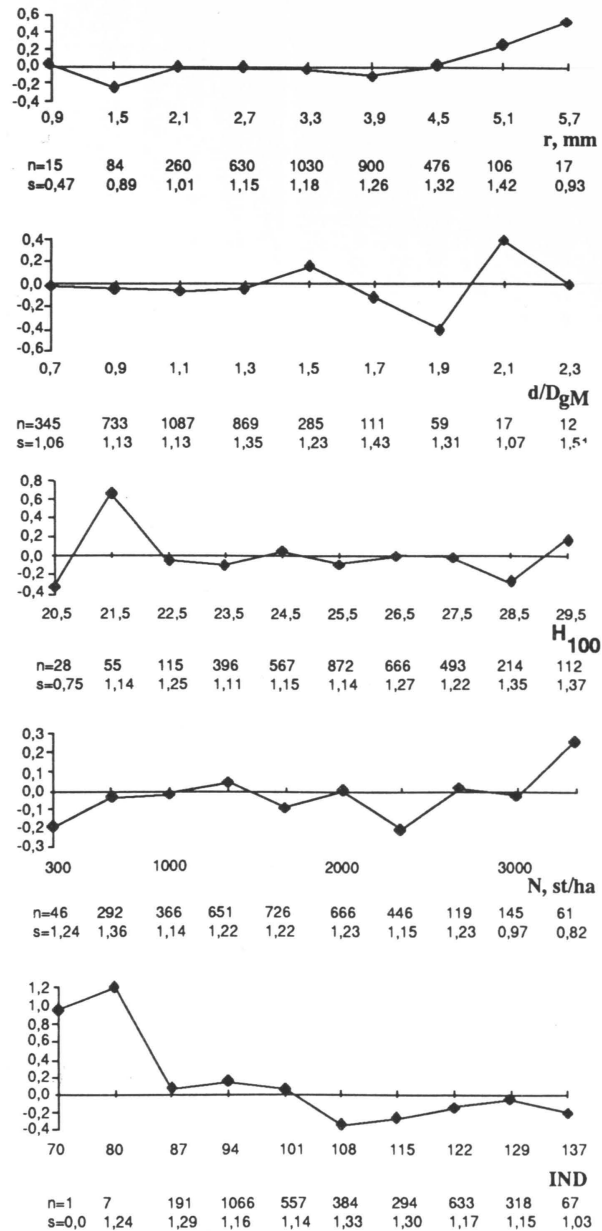
selitettävä muuttuja  $\ln(y)$ ,  $x=0,631$  (3)

	kerroin	t-arvo	$R^2$	$s_r$
vakio*	0,808448	7,79	0,039	0,495
$\ln(d/D_{gM})$	0,336952	2,71		0,487
lkm	-0,0189852	-1,23		51,7
				$s_{e\%}$
				$b_{e\%}$
				n
				296

\* vakioon tehty logaritmin mallin vaatima lisäys  $s_r^2/2$

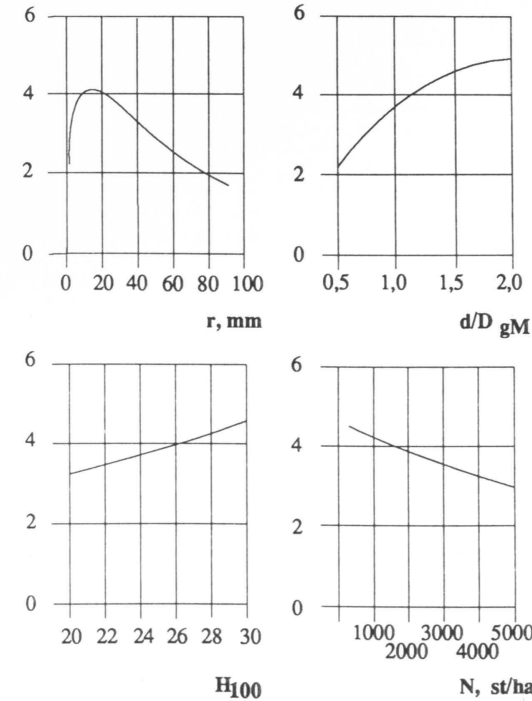
Mallin selitysaste oli hyvin alhainen. Tämä kuvaa sitä, että ytimen säde oli jokseenkin vakio puusta tai ympäristöstä riippumatta. Puun asemaa eli suhteellisen koko vaikutti kuitenkin jo tässä vaiheessa jonkin verran

Luston leveyden ennustevirhe (ennustettu-mitattu), mm  
Prediction error in ring width (estimated-measured), mm



Kuva 1. Vuosilustomallilla estimoitujen ja mitattujen lustonleveyksien erojen luokitelliset keskiarvot ja havaintojen lukumäärä selittävien muuttujien suhteen ( $r$ =runnon säde rinnantasalla,  $d/D_{gM}$ =rinnankorkeusläpimitan suhde pohjapinta-alamediaaniläpimittaan,  $H_{100}$ =pituusboniteetti,  $N$ =runkoluku,  $IND$ =kasvuindeksi).  
Figure 1. Differences between estimated and observed ring widths and number of observations as a function of dependent variables ( $r$ =stem radius at breast height,  $d/D_{gM}$ =breast height diameter compared with the basal area median diameter,  $H_{100}$ =site index,  $N$ =number of stems per ha,  $IND$ =growth index).

Luston leveys, mm  
Ring width, mm



Kuva 2. Osittaiskorrelaatiot eri muuttujien suhteen. Muille kuin tarkasteltavalle muuttujalle on annettu aineiston keskiarvot vakiona ( $r=22$  mm,  $d/D_{gM}=1,14$ ,  $H_{100}=25,6$ , mäntyjen lukumäärä=5,1, symbolit, ks. kuva 1).  
Figure 2. Partial relationships as a function of different dependent variables. Remaining variables are held constant ( $r=22$  mm,  $d/D_{gM}=1,14$ ,  $H_{100}=25,6$ , number of pines on a plot=5,1, symbols, Fig. 1).

puun paksuuteen, ja metsikön tiheyden lisääntyminen aiheutti jonkinasteisen ensimmäisenkin luston ohentumisen.

### 33. Rinnankorkeusläpimitan ja kantoläpimitan välinen suhde

Laasasenahon (1982) muuntomallin mukaan puun kantoläpimita on keskimäärin 2 cm, kun puu saavuttaa rinnankorkeuden ja kantoläpimita on keskimäärin 25 % + 2 cm suurempi kuin rinnankorkeusläpimita. Perssonin (1976) mukaan tiheässä kasvaneessa istutustaimikossa vuosilustojen lukumäärä vyöhykkeellä 2 - 4 cm ytimestä on rinnankorkeudella keskimäärin 6-11 ja kannonkorkeudella 5-10 lustoa. Perssonin mukaan läpimittojen välinen ero on siten pienempi, yhden vuosiluston verran eli 10-20 %.

Tämän tutkimuksen koepuista mitattiin läpimitat sekä rinnankorkeudelta että kannonkorkeudelta (1 % puun pituudesta, keskimäärin 6,7 cm maanpinnan yläpuolella). Tämä kannonkorkeus on alempi kuin täysikasvuisen puun kaatoleikkaustaso. Aiemmassa tutkimuksessa (Varmola 1980) männyn istutustaimien tyvilajentuma havaittiin vähäisemmäksi kuin valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä mitatuilla puilla. Saman asian osoittaa istutusmänttyjen läpimittojen suhdetta kuvaava yhtälö:

$$d_{0,01h} = 1,70 + 1,167 \cdot d \quad (4)$$

Kantoläpimita, joka on lisäksi alempana puussa kuin tukkipuun kantoläpimita, on vain 16,7 % + 1,7 cm suurempi kuin rinnankorkeusläpimita. Koska puiden suhteellinen muoto ei riipu kovinkaan paljon puun koosta, suhdelukua voitaneen käyttää muunnettaessa rinnankorkeudelta mitattuja sädekasvuja kantoläpimitan sädekasvuksi.

## 4. Mallin soveltaminen

### 41. Soveltamisnäkökohtia

Pääosa aineistosta muodostui luston leveyksistä puun säteen ollessa vähemmän kuin 6 cm. Tämän rajan ulkopuolella mallin soveltaminen on osittain ekstrapolointia. Kasvupaikat käsittivät Etelä-Suomen kuivahkot, tuoreet ja lehtomaiset kankaat. Tiheysvaihtelu ulottui 300:sta 3000:een runkoon/ha. Ylära-

jan osalta tulokset ovat ekstrapolointia aineiston ulkopuolelle.

Puun asemaa metsikössä kuvattiin mallissa suhteella  $d/D_{gM}$ . Suhteen ollessa yksi puu edustaa pohjapinta-alamediaanipuuta. Mallin laadinta-aineistossa suhteen ääriarvot olivat 0,53 ja 2,28. Metsikön kasvaessa puiden järjestyksjärjestys muuttuu. Samalla muuttuu puun asema metsikössä ja kunkin puun suhde

pohjapinta-alamediaanipuuhun. Aineistolla ei ollut kuitenkaan mahdollisuutta tutkia suhteen muuttumista ajan funktiona.

Istutusmänniköiden runkolukujakauman voi olettaa olevan melko kapean puiden samankäisyyden ja tasaisen tilajärjestyksen vuoksi. Tutkimusaineisto ei kuitenkaan antanut mahdollisuuksia tutkia runkolukujakauman muotoa pienten koealojen vuoksi. Runkolukujakaumien muotoa ja suhteen  $d/D_{gM}$  sijaintia niissä tutkittiin Metsäntutkimuslaitoksen istutusväliläikeiden avulla (ks. Vuokila 1986). Mitatut kolme taimikkoa edustivat puolukka-tyypin metsiköitä (2) ja peltoa (1). Taimikot mitattiin valtapituuden ollessa noin 6 metriä. Ne edustivat siten suunnilleen samaa kehitysvaihetta kuin lustonleveysmallin koeput.

Kunkin istutusvaihtoehdon (800, 1100, 1600, 2500 ja 5000 runkoa/ha) eri istutuskuivovaihtoehdot yhdistettiin yhdeksi runkolukujakaumaksi, josta jätettiin pois alle 5 cm:n luokkaan kuuluvat puut samoin kuin tässäkin tutkimuksessa. Suhteelle  $d/D_{gM}$  laskettiin 0,5:stä alkaen sijainti runkolukusarjassa. Tämä sijainti ei ollut riippuvainen metsikön tiheydestä ja vaihteli enintään 10 %-yksikköä suhteen  $d/D_{gM}$  ollessa yli 0,9. Suhteen  $d/D_{gM}$  avulla voitiin ennustaa se, millä kohdalla runkolukujakaumaa eri läpimittaiset puut verrattuna pohjapinta-alamediaaniläpimittään sijaitsevat (taulukko 2).

## 42. Luston leveys eri metsätyypeillä

Ytimen sädettä (malli 3) ja luston leveyttä (malli 2) kuvaavien mallien avulla simuloitiin istutusmännityksen keskimääräisiä lustonleveyksiä. Ydintä lukuunottamatta jokaiseen lustonleveyteen lisättiin yhtälön (4) mukaan 16,7 %, ja uutena säteenä pidettiin tällä suhdeluvulla lisättyä sädettä. Viimeisen mukaan tulevan muunnetun luston jälkeisen säteen tuli olla alle 75 mm. Tämä vastasi Uusvaaran (1981b) laatumallin muuttujaa.

Halisen (1985) ja Uusvaaran (1981b) tutkimusten mukaan keskimääräisellä lustonleveydellä ytimen läheisyydessä voidaan ennustaa sahatavaran laatujaakaumaa siten, että lustonleveyden ollessa yli 3 mm sahatavarasta ei saada juuri lainkaan u/s-laatulokkaa. Toisaalta lustonleveyden jäädessä alle 2 mm:n u/s-laatulokan osuus ei enää kasva, vaan jois-

Taulukko 2. Puun suhteellinen sijainti läpimittajakau-massa  $d/D_{gM}$ :n (= puun läpimitan suhde pohjapinta-alamediaaniläpimittään) eri arvoilla.

Table 2. The relative state of a tree in the diameter distribution on different values of  $d/D_{gM}$  (=breast height diameter compared with basal area median diameter).

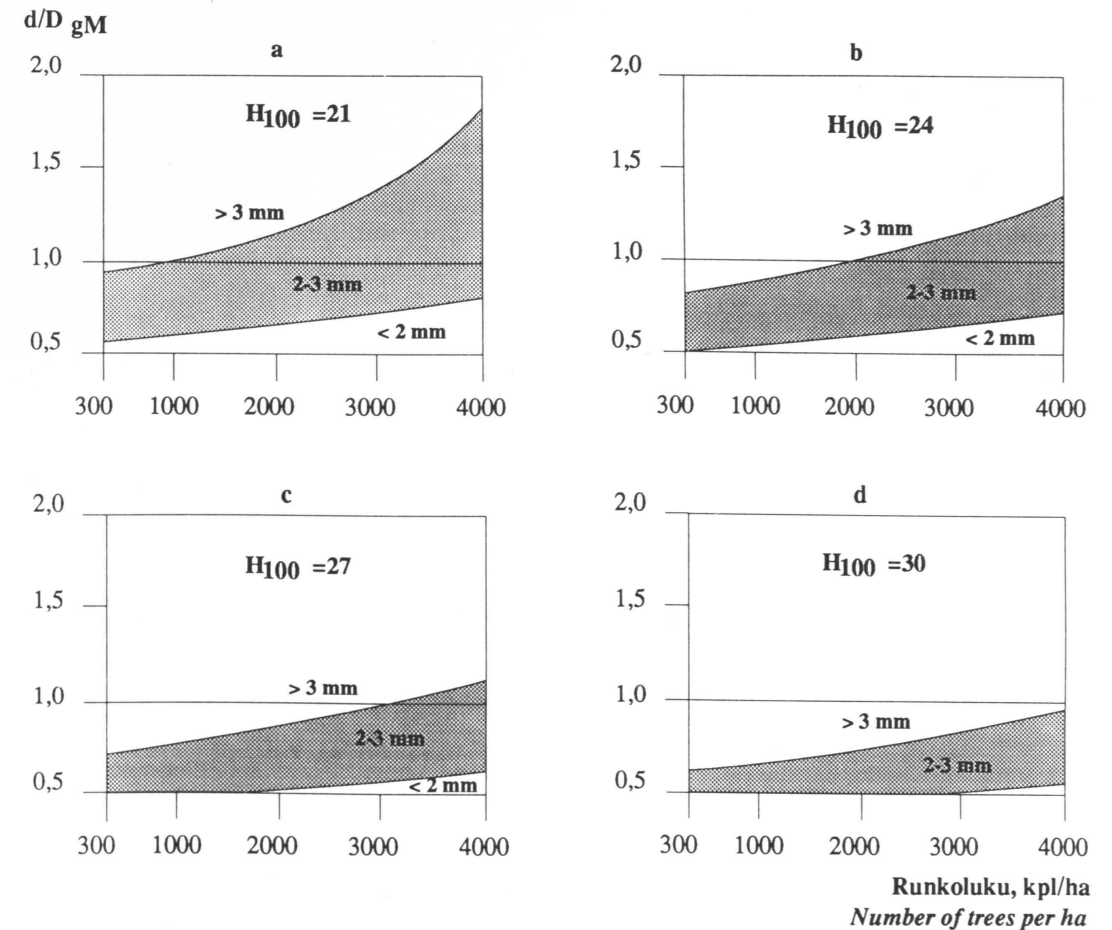
$d/D_{gM}$	Sijainti - State, %
0,5	13
0,6	27
0,7	47
0,8	62
0,9	66
1,0	66
1,1	68
1,2	73
1,3	84
1,4	92
1,5	97
1,6	99
1,7	99
1,8	100
1,9	100
2,0	100

sakin tapauksissa jopa vähenee. Haluttaessa korkealaatuista sahatavaraa keskimääräisen lustonleveyden on ytimen läheisyydessä jätettävä siis noin 2 mm:iin eikä se saa ylittää 3 mm:ä.

Kuvassa 3 on esitetty ne rajat, joilla lustonleveys kannonkorkeudella on alle 2 mm, välillä 2–3 mm tai yli 3 mm. Seuraavassa tarkastelussa runkolukusarjan paksuimman puun läpimitan ja pohjapinta-alamediaanipuun läpimitan suhteeksi oletetaan 1,8 (ks. taulukko 2).

Puolukka-tyypin karummalla osalla ( $H_{100} = 21$ ) istutusmännikön kasvatustiheyden tulee olla lähes 4000 runkoa/ha, jos kaikkien puiden lustonleveyden halutaan jäävän alle 3 mm:n (kuva 3a, taulukko 2). Jos lustonleveys saa olla korkeintaan 2 mm, tiheydellä 4000 runkoa/ha vain hieman yli puolet puista runkolukusarjan alarajalta lukien täyttää ehdon (ks. taulukko 2). Tiheydellä 2000 runkoa/ha vain ohuimmilla puilla lustonleveys jää alle 2 mm:n.

Puolukka-tyypin rehevämmällä osalla ( $H_{100} = 24$ ) joidenkin puiden lustonleveys on yli 3 mm silloinkin, kun kasvatustiheys on 4000 runkoa/ha (kuva 3b). Pohjapinta-alame-



Kuva 3. Keskimääräinen lustonleveys (alle 2 mm, 2–3 mm ja yli 3 mm) kannonkorkeudella 75 mm:n matkalla ytimestä puun aseman ( $d/D_{gM}$ ) ja metsikön tiheyden funktiona eri pituusboniteeteilla (a=karu VT, b=rehevä VT, c=MT, d=OMT).

Figure 3. Mean ring width (under 2 mm, 2–3 mm, and over 3 mm) at stump height from the pith to 75 mm as a function of the state of a tree ( $d/D_{gM}$ ) and the number of stems in different sites (a=poor Vaccinium-type, b=rich Vaccinium-type, c=Myrtillus-type, d=Oxalis-Myrtillus-type).

diaania ohuimmilla puilla lustonleveys jää alle 3 mm:n, kun kasvatustiheys on vähintään 2000 runkoa/ha. Jos vaatimuksena ovat alle 2 mm:n vuosilustot, alle puolet puista täyttää ehdon kasvatustiheyden ollessa noin 4000 runkoa/ha ja vain kaikkein ohuimmat puut kasvatustiheyden ollessa 2000 runkoa/ha.

Mustikka-tyypillä ( $H_{100} = 27$ ) paksuimpien puiden ( $d/D_{gM} > 1,3$ ) lustonleveys on yleensä yli 3 mm tarkastellulla tiheysalueella (kuva 3c). Pohjapinta-alamediaania ohuimmilla puilla lustonleveys jää alle 3 mm:n, kun kasvatustiheys on vähintään 3000 runkoa/ha. Alle 2 mm:n vuosilustoihin yltyvät vain kaik-

kein ohuimmat puut, vaikka kasvatustiheys olisi 4000 runkoa/ha. Mallin mukaan on epätodennäköistä, että kasvatustiheydellä 2000 runkoa/ha on keskimäärin alle 2 mm:n levyisiä lustoja kasvattavia puita edes runkolukusarjan alapäässä.

Lehtomaisella kankaalla ( $H_{100} = 30$ ) kasvatustiheydellä 4000 runkoa/ha vain pohjapinta-alamediaania ohuimmat puut kasvattavat alle 3 mm:n levyisiä lustoja (kuva 3d). Kasvatustiheydellä 2000 runkoa/ha vain ohuimmat puut kasvattavat alle 3 mm:n levyisiä lustoja. Alle 2 mm:n lustoja kasvattavia puita ei tarkasteltavalla tiheysalueella ole juuri lainkaan.

## 5. Päätelmät

Luston leveyttä kuvaavaan malliin liittyy useita epävarmuustekijöitä. Eri tavoin mitattujen rinnankorkeusikien välinen ero on yli puolitoista vuotta. Vuosilustoista laskettu ikä on kuitenkin keskimäärin suurempi, joten, jos virheet ovat lustojen määrittämisessä, luston leveys on pikemminkin tullut ali- kuin yliarvioituksi.

Vuosilustomallin jäännöshajonta on suuri, 43 %. Huomattava osa vaihtelusta on siten jäänyt selittämättä. Selittämättä jäänyt vaihtelu osoittaa, että puiden lustonleveydet vaihtelevat suuresti samalla kasvupaikalla ja tiheydellä. Toisaalta yksittäiset suuret erot lustonleveyksissä tasoittunevat eri vuosien keskiarvoissa.

Puun asemaa kuvaava suhde  $d/D_{FM}$  kertoo puun sijainnin runkolukusarjassa. Yhteys on kiinteä suhteen ollessa yli yhden. Runkolukusarjan alapäässä sen sijaan yhteys on epämääräisempi.

Tutkimuksessa esitetty malli kuvaa luston leveyttä rinnankorkeudella. Koska sahatavaran laatua kuvaavissa tutkimuksissa on käytetty kannonkorkeudelta mitattuja luston leveyksiä, mallilla saatuun luston leveyteen lisättiin koepuiden rinnankorkeus- ja kanto- läpimittojen eroa kuvaavana keskiarvona 16,7 %. Eri korkeuksilta mitattujen läpimittojen välisen suhteen tarkempi selvittäminen on tarpeen, jos luston leveyttä halutaan ennustaa rinnankorkeusläpimitan kasvun avulla, kuten kasvu- ja tuotostutkimuksissa yleensä tehdään ja sahatavaran laatua ennustetaan kuitenkin kannonkorkeudelta mitattun sädekasvun perusteella. Toisena mahdollisuutena on kehittää mallit kuvaamaan suoraan rinnankorkeudelta mitattujen luston leveyksien ja sahatavaran laadun välisiä suhteita (ks. Persson 1976).

Tutkimuksessa kehitettyjen mallien mukaan männyn istutukseen soveltuvista maapohjista vain karuimmilla (VT-) luston leveys jää paksummillakin puilla yleensä alle 3 mm:n nykyisillä kasvatustiheyksillä. Muilla kasvupaikoilla vaatimus alle 3 mm:n lustonleveydestä

aiheuttaa huomattavan kasvatustiheyksien nostamisen. Alle 2 mm:n keskimääräiseen lustonleveyteen ei rehevimmillä kasvupaikoilla päästä ainakaan alle 4000 runkoa/ha olevilla kasvatustiheyksillä ja karuimmillakin kasvupaikoilla vain runkolukusarjan ohuimmat puut täyttävät vaatimuksen alle 2 mm:n keskimääräisestä luston leveydestä.

Kasvatustiheyden nostamisen vaihtoehdona istutusmänniköissä on poistaa kookkaimpia puita ensiharvennuksessa. Tämä ns. laatuharvennus (ks. Vuokila 1982) voidaan nähdä laadun kohottamiseen tähtäävänä toimenpiteenä eikä suinkaan harsintana. Viimeaikaiset tulokset kookkaimpien puiden poistamisesta osoittavat, että jäljelle jäävän puuston kasvu ei harvennustavan vuoksi heikkene (Vuokila 1977, Eriksson 1985). Ensiharvennus voidaan tehdä nykyistä kannattavammaksi toimenpiteeksi kookkaimpien puiden poistamisella. Se aiheuttaa kuitenkin nopeasti puustopääoman vähenemisen. Kolmasosan poisto runkolukusarjan yläpäästä alentaa pohjapinta-alan noin puoleen. Rehevimmillä kasvupaikoilla voimakaskaan kookkaimpien puiden poisto ei takaa laatupuusaantoa päätehakkuussa.

Tutkimuksessa ei ole puututtu siihen, miten luotettavia Uusvaaran (1981b) laskelmat luston leveyden ja sahatavaran laadun välisistä riippuvuuksista ovat. Tyvitukeista saatavan sahatavaran u/s-prosenttia luston leveydellä ja ensimmäisen täyden oksakiehkuran korkeudella maasta kuvaavan mallin selitysaste oli 29,8. On ilmeistä, että myös luston leveyden ja sahatavaran saannon väliseen riippuvuuteen liittyy suurta hajontaa siten, että leveysluotoisestakin puusta voidaan saada hyvälaatuista sahatavaraa ja että ohuet lustot eivät välttämättä ole tae korkeasta laadusta. Tätä osoittaa sahatavaran u/s-prosentin pienentyminen luston leveyden lähestyessä yhtä millimetriä (Uusvaara mt.) ja myös Lapin mäntyjen paksuuksaisuus hitaasta kasvusta huolimatta.

## Kirjallisuus

- Eriksson, H. 1985. Dags att återinföra höggallring. Skogen 5-6: 48-50.
- Halinen, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. Summary: The effect of the growth rate of young pine on the quality of sawn goods. Silva Fennica 19(4): 377-385.
- Heiskanen, V. 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatukkien laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On the interdependence of annual ring width and sawlog quality. Commun. Inst. For. Fenn. 44(5): 28 s.
- 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): 62 s.
- Hägglund, B. 1976. Skattning av höjdboniteten i unga tall- och granbestånd. Summary: Estimating site index in young stands of Scots pine and Norway spruce in Sweden. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 39: 66 s.
- Kilki, P. & Varmola, M. 1981. Taper curve models for Scots pine and their applications. Seloste: Männyn runkokäyrämalleja ja niiden sovellutuksia. Acta For. Fenn. 174: 60 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Commun. Inst. For. Fenn. 108: 74 s.
- Mielikäinen, K. 1978. Puun kasvun ennustettavuus. Abstract: Predictability of tree growth. Folia For. 363: 15 s.
- Mikola, P. 1950. Puiden kasvun vaihtelusta ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. Commun. Inst. For. Fenn. 38(5): 131 s.
- Nylinder, P. 1958. Synpunkter på produktionens kvalitet. Skogen 45(4):100-102.
- 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: 138 s.
- Persson, A. 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on quality of sawn timber from Scots pine. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 42: 122 s.
- Tiihonen, P. 1983. Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Summary: Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory. Folia For. 545: 8 s.
- 1984. Kasvun vaihtelu Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin perusteella. Summary: Growth variation in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala and Pohjois-Savo according to the 7th National Forest Inventory. Folia For. 588: 8 s.
- 1985. Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin perusteella. Summary: Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory. Folia For. 615: 8 s.
- Uusvaara, O. 1981a. Viljelymänniköiden puun tekni- nen laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedon- antoja 28: 47 s.
- 1981b. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantaja 27: 108 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoi- nen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451: 21 s.
- Vuokila, Y. 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia For. 298: 17 s.
- 1983. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Sum- mary: The improvement of the technical quality of forests. Folia For. 523: 55 s.
- 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kesto- kokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntu- kimuslaitoksen tiedonantaja 239: 229 s.
- & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield mod- els for conifer cultures in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 99(2): 271 s.

Total of 22 references