

# ACTA FORESTALIA FENNICA

Vol. 163, 1978

METSIKÖN KASVUN ARVIOINTI  
*ESTIMATION OF STAND INCREMENT*

Aarne Nyysönen  
Kari Mielikäinen



SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

## **Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat**

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin käsittää yhden tutkimuksen.

**SILVA FENNICA.** Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä kirjoitelmia ja lyhyehköjä tutkimuksia. Ilmestyy neljästi vuodessa.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistoon, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17.

## **Publications of the Society of Forestry in Finland**

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, contain one treatise each.

**SILVA FENNICA.** Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions, and exchange inquiries can be addressed to the office: Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17, Finland.

# **METSIKÖN KASVUN ARVIOINTI**

**AARNE NYYSSÖNEN JA KARI MIELIKÄINEN**

***SUMMARY:***

***ESTIMATION OF STAND INCREMENT***

**HELSINKI 1978**

ALMUS

# ITINERARIUM REPERIENDI

Itinerarium reperiendi...

Itinerarium reperiendi...  
Itinerarium reperiendi...  
Itinerarium reperiendi...  
Itinerarium reperiendi...  
Itinerarium reperiendi...

## Publications of the Ministry of Forestry in Finland

Publications of the Ministry of Forestry in Finland...  
Publications of the Ministry of Forestry in Finland...  
Publications of the Ministry of Forestry in Finland...  
Publications of the Ministry of Forestry in Finland...  
Publications of the Ministry of Forestry in Finland...

ISBN 951-651-038-8

Helsingin yliopiston monistuspalvelu  
Painatusjaos Helsinki 1984

## ALKUSANAT

Tässä tutkimuksessa, joka muodostaa osan Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa monien vuosien aikana käynnissä olleista metsiköiden arvokasvua ja uudistamisjärjestystä koskevista selvityksistä, mainitaan tekijöinä kaksi henkilöä. Nyyssönen on vastannut tutkimuksen suunnittelusta ja kenttätöiden järjestelystä, ohjannut aineiston käsittelyä sekä laatinut käsikirjoituksen. Mielikäisen työpanos on kohdistunut tutkimuksessa keskeisellä sijalla olleeseen metsiköiden kasvuyhtälöiden laadintaan, missä vaadittuja laskelmia hän on kehitellyt myös itsenäisesti.

Puukohtaisten yhtälöiden edellyttämät laskelmat ovat pääosin metsänhoitaja Urpo Nikusen tekemiä. Metsikkökoealojen mit-

tausryhmiä ovat johtaneet metsänhoitajat Harri Lallukka ja Yrjö Sevola. Metsän-tutkimuslaitoksessa aiemmin mitattuja aineistoja ovat tutkimukseen luovuttaneet professorit Kullervo Kuusela ja Yrjö Vuokila. Monet metsänarvioimistieteen laitoksessa käydyt keskustelut, joissa dosentti Pekka Kilkki on ollut mukana, ovat olleet hyödyksi työn muotoutumiselle. Valtion maatalous-metsätieteellisen toimikunnan myöntämällä apurahoilla on ollut avainasema tutkimustyön rahoituksessa. Kaikesta mainituilla tavoilla saamastaan avusta ja tuesta tekijät tuntevat suurta kiitollisuutta.

Helsinki, toukokuu 1978

AARNE NYSSÖNEN  
KARI MIELIKÄINEN

## SISÄLLYS

	Sivu
Merkinnät — <i>Symbols</i> .....	5
1. Johdanto .....	6
2. Tutkimusaineistot .....	8
3. Runkolukusarjaan perustuva menetelmä .....	10
31. Aiemmat menettelytavat .....	10
32. Läpimitan ja pituuden kasvuyhtälöt .....	10
33. Tulosten soveltamisen tavat ja rajoitukset .....	15
4. Metsikön tunnuksiin perustuva menetelmä .....	16
41. Kuutiokasvun yhtälöt .....	16
42. Kasvun tasokorjaukset .....	24
43. Kasvun arviointitaulukot .....	25
44. Luotettavuusvertailut .....	25
45. Soveltamiskohteet .....	33
5. Yhdistelmä ja päätelmiä .....	35
Kirjallisuutta .....	37
Summary in English .....	39

## MERKINNÄT — SYMBOLS

### PUU — TREE

d = läpimitta rinnantasalla kuorineen, cm  
diameter at breast height incl. bark, centimetres (cm)

h = pituus, m  
height, metres (m)

$i_r$  = edellisen 5-vuotiskauden sädekasvu rinnantasalla, mm  
radial increment at breast height in the previous 5-year period, millimetres (mm)

$i_h$  = edellisen 5-vuotiskauden pituuskasvu, dm  
height increment in the previous 5-year period, decimetres (dm)

$P_d$  = vuotuinen läpimittakasvu seuraavana 5-vuotiskautena koronkorkoprosenttina  
annual diameter increment in the next 5-year period, as a compound interest percentage

$P_h$  = vuotuinen pituuskasvu seuraavana 5-vuotiskautena koronkorkoprosenttina  
annual height increment in the next 5-year period, as a compound interest percentage

### METSIKKÖ — STAND

T = ikä, vuotta (a)  
age, years (a)

D = keskiläpimitta (pohjapinta-alan mediaani), cm  
mean diameter (median of basal area), cm

G = pohjapinta-ala, m<sup>2</sup>/ha  
basal area, m<sup>2</sup>/ha

$H_{med}$  = keskipituus (keskiläpimittaa vastaavan puun pituus), m  
mean height (corresponding to the mean-diameter tree), m

$H_{dom}$  = valtapituus (100 paksuimman puun keskipituus hehtaaria kohti), m

dominant height (mean of the 100 largest [in diameter] trees per hectare), m

V = kuutiomäärä kuorineen, m<sup>3</sup>/ha  
stem volume, m<sup>3</sup>/ha

$P_v$  = vuotuinen kuutiokasvuprosentti kaavalla

$$P_v = \frac{200}{n} \cdot \frac{V_o - V_{-n}}{V_o + V_{-n}}$$

missä  $V_o$  = kuutiomäärä kasvunmittausjakson lopussa,  $V_{-n}$  = kuutiomäärä jakson alussa ja  $n$  = jakson pituus  
annual volume-increment percentage given by the above formula in which  $V_o$  = volume at the end and  $V_{-n}$  = volume at the beginning of the increment-measuring period,  $n$  = length of the period

### MUITA — OTHERS

Y = selitettävä muuttuja regressioyhtälöissä  
dependent variable in regression functions

$s_e$  = arvion keskivirhe  
standard error of estimate

$s_m$  = selitettävän muuttujan alkuperäinen keskihajonta  
original standard deviation of the dependent variable

$s_f$  = jäännöshajonta  
residual standard deviation (stand. dev. of the dependent variable about the function)

$R^2$  = selitysaste (R = yhteiskorrelaatiokerroin)  
degree of determination (R = multiple correlation coefficient)

Poikkeavat ja täydentävät merkinnät selitetään tekstissä.

Deviating and complementary symbols to be explained in the text.

## 1. JOHDANTO

Puuston kasvun käytännöllinen arviointi Suomessa on tähän mennessä tapahtunut sekä kasvun kairauksen avulla että ilman niitä, tiettyihin metsikön tunnuksiin nojaten. Edelliseen ryhmään kuuluvia menetelmiä on menneinä vuosikymmeninä hallinnut niin Suomessa kuin myös Ruotsissa ja Norjassa JONSONIN (1928, s. 473–495) kuvaama ja ILVESSALON (1948) Suomen oloihin soveltama tapa, missä kuutiokasvuprosentti saadaan pintakasvuprosentin ja muutokorkeuden kasvuprosentin summana. Koepuiden kasvuprosentteja asianmukaisesti painottaen saadaan arvio metsikön tai metsän puuston kasvusta.

Toinen mahdollisuus kuutiokasvun laskeutukseksi menneen jakson sädekasvun kairauksella ja pituuskasvun arviointia käyttäen on määrittää mittausajankohdan ja esim. 5 vuotta aiemman kuutiomäärän erotus. Näin menetellään nykyisin sekä Suomen että Ruotsin valtakunnan metsien inventoinneissa (Vid andra ... 1947, s. 90–93; KUUSELA ja SALMINEN 1969, s. 63). Kolmas Suomessa tunnettu, samaan ryhmään kuuluva menetelytapa soveltaa menneen jakson kasvun kairauksella metsikön puuston runkolukusarjan projisioimiseksi mittausajankohdasta viisi vuotta eteenpäin. Näin saadaan arvio seuraavan 5-vuotiskauden kuutiokasvusta ja arvokasvusta. Tätä menetelmää on käytetty metsäarvioimisen harjoitustöissä Helsingin yliopistossa vuodesta 1964 lähtien.

Tietyt metsikön tunnuksat arvioimalla tai mittaamalla saadaan kasvun arvio ilman kairauksia kasvu- ja tuotostaulukoista. Niitä on koonnutt yhteen julkaisuun KOIVISTO (Kasvu- ja ... 1959); tämän alan täydentäviä sarjoja on lisäksi eräissä muissa julkaisuissa (esim. KUUSELA ja NYSSÖNEN 1962; VUOKILA 1967; NYSSÖNEN 1975). Laajaan valtakunnan metsien toisessa inventoinnissa koottuun aineistoon nojaavia, lähinnä metsikön ikään ja tiheyteen perustuvia kuutiokasvuprosentteja on esitetty ILVESSALON (1948) kasvunlaskentataulukoisissa. Viidennessä inventoinnissa kertyneeseen koala-aineistoon perustuvia metsiköiden keskimääräisiä kasvuprosentteja on las-

kettu maan eri osille (RAJALA 1970; KOHMO 1972). Kuutiokasvun riippuvuutta tietyistä puu- ja metsikkötunnuksista on selvitetty myös regressioanalyysia soveltaneilla tutkimuksilla (esim. KUUSELA ja KILKKI 1963; VUOKILA 1965; KOIVISTO 1970).

Edellä lyhyesti hahmotellut menettelytavat muodostivat sen perustan, joka oli tarjolla metsikön kuutiokasvun määrittämiseksi ja jonka riittävyttä jouduttiin kriittisesti arvioimaan, kun Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa aikoinaan pantiin käyntiin tutkimus, minkä päätavoitteena on selvittää metsikön lähiajan arvokasvun arviointia ja sen käyttöä varsinkin metsikön suhteellisen uudistuskypsyyden määrittämisessä. Huomio kiintyi tällöin siihen, että aiempiin tutkimuksiin perustuvan kasvunarvioinnin soveltamis- mahdollisuudet olivat nyt ko. mielessä liian rajoitetut. Eräissä tutkimuksissa oli lisäksi käytetty sellaisia kasvua selittäviä muuttujia kuten kuoretonta kuutiomäärää tai silmämääräisesti arvioitavaa metsikön tiheyttä, joiden arviointi on joko hankalaa tai subjektiivista. Mainitut aiemmat menettelytavat antavat usein arvion menneen jakson keskimääräisestä kasvusta, kun taas puuston käsittelypäätösten teossa on kyse metsikön tulevasta suorituskyvystä. Tarvittava muuntaminen menneestä kasvusta tulevaksi kasvuksi ei ole vailla virhemahdollisuuksia.

Edellä mainituista syistä katsottiin kuutiokasvun arviointimenetelmiä koskeva selvitys tarpeelliseksi. Sen tuloksia on tietyiltä osiltaan selostettu jo eräissä aiemmissa kirjoituksissa (LAURILA 1972; NYSSÖNEN 1974; MIELIKÄINEN 1975) ja niitä on useiden vuosien aikana käytetty metsänarvioimisen harjoitustöiden lisäksi mm. sovellettaessa keskusmetsälautakunta Tapion systeemiä metsätaloussuunnitelmien laadintaan. Tässä tutkimuksessa on tarkoitus käsitellä metsikön lähiajan kasvun arviointia, pitäen silmällä sekä yksityiskohtaisia runkolukusarjan ja kasvun kairauksen perustuvia että metsikön tunnuksiin nojaavia menettelytapoja. Tutkimus koskee mäntyä ja kuusta



maan eteläpuoliskossa, minkä osuus Suomen metsien nykykasvusta on n. 80 %. Vaikka tämä osatutkimus ensisijaisesti pyrkii palvelemaan päätavoitetta arvokasvun

arviointia, myös muita tulosten soveltamismahdollisuuksia pyritään ottamaan huomioon.

## 2. TUTKIMUSAINEISTOT

Tutkimuksessa käytetyt aineistot on pääosin kerätty aiemmin julkaistuja tutkimuksia varten. Täydennykseksi on voitu jossain määrin mitata uusia metsikkökoealoja, minkä lisäksi muuta metsäntutkimuslaitoksen kestokokeista tai metsänarvioimisen harjoitustöistä peräisin olevaa aineistoa on käytetty laskentatöiden alkuvaiheiden kokeiluihin tai laadittujen yhtälöiden testaukseen.

Männiköistä oli tarjolla NYYSSÖSEN (1954) vuosina 1948–1950 mitatut metsiköt ja VUOKILAN (1965) metsiköt vuosilta 1961–

1962. Täydennysmittaukset v. 1969 kohdistuivat vanhanpuoleisiin, vähäpuustoiisiin metsiköihin. Sen jälkeen kun yksi yli 140-vuotias metsikkö sekä kuutiomäärältään alle 10 m<sup>3</sup>/ha ja keskiläpimitaltaan alle 6 cm olevat metsiköt oli poistettu, jäi Nyysösen keräämään aineistoon 189, Vuokilan aineistoon 139 ja täydennysaineistoon 24 eli yhteensä 352 metsikköä. Niiden jakautuma metsätyypeittäin on seuraava: OMT 34, MT 87, VT 151 ja CT 80 metsikköä. Jakautuma ikä- ja kuutioluokkiin on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Männiköt ikä- ja kuutioluokittain.

Table 1. Pine stands by age and volume classes.

Ikä Age a	Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha — Stand volume m <sup>3</sup> /ha								Yht. Total
	≤39	40–79	80–119	120–159	160–199	200–239	240–279	≥280	
	Metsikkökoealoja, kpl — Number of sample plots								
≤ 19	1	1	—	—	—	—	—	—	2
20–39	—	13	13	11	4	1	—	—	42
40–59	—	7	13	22	17	18	3	2	82
60–79	—	9	16	29	18	15	8	10	105
80–99	—	7	21	17	8	5	6	4	68
100–119	—	2	8	10	7	4	7	4	42
≥120	—	1	3	3	—	2	1	1	11
Yht. Total	1	40	74	92	54	45	25	21	352

Taulukko 2. Kuusikot ikä- ja kuutioluokittain.

Table 2. Spruce stands by age and volume classes.

Ikä Age a	Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha — Stand volume, m <sup>3</sup> /ha								Yht. Total
	≤39	40–79	80–119	120–159	160–199	200–239	240–279	≥280	
	Metsikkökoealoja, kpl — Number of sample plots								
20–39	2	5	11	2	2	—	—	—	22
40–59	—	2	13	14	14	7	6	—	56
60–79	—	2	11	4	3	5	13	5	43
80–99	—	—	1	1	—	1	2	14	19
100–119	—	—	—	—	—	—	2	4	6
Yht. Total	2	9	36	21	19	13	23	23	146

Pääosan kuusikoista muodostaa VUOKILAN (1956) vuosina 1948–1954 koottu aineisto. Sitä täydennettiin vuosina 1969 ja 1970 tehdyillä vähäkuutioisten mutta iältään varttuneiden metsiköiden mittauksilla. Edellisiä kertyi 108 ja jälkimmäisiä 38 eli yhteensä 146 kuusikkoa, näistä 82 OMT:ltä ja 64 MT:ltä. Taulukossa 2 näkyvä kuusikoiden jakautuma ikäluokkiin eri kuutio-  
luokissa on selvästi suppeampi kuin taulukon 1 kuvaama männiköiden vastaava jakautuma.

Aineistoon kuuluvien männiköiden ja kuusikoiden yleiset kasvuedellytykset näyttäisivät maantieteellisen sijainnin puolesta olevan likimain samanveroiset, tai ehkä hienokseltaan kuusikoiden eduksi. Männiköt ovat merenrannikoita ja Etelä-Pohjanmaata lukuun ottamatta koko Etelä- ja Keski-Suomesta leveysasteen 63° N tienoille pohjoisessa. Kuusikot ovat sen sijaan peräisin Päijänteen länsi- ja eteläpuoliselta alueelta, paitsi 11 koealaa Pohjois-Savosta, joiden kasvu on oikaistu muun kuusiaineiston kasvun tasoon kertoimella 10/9.

Mäntyä koskevat puuyhtälöt perustuvat VUOKILAN (1965) aineistoon, jota myös LAURILA (1972) on aiemmin käsitellyt. Kaikkiaan 1404 koepuun aineistossa ovat eräiden tunnuslukujen ääriarvot seuraavat; käytetyt symbolit on selitetty sivulla 5.

#### MÄNTY — PINE

$P_d$	0.2 ... 25.4 %
$d$	1.8 ... 40.8 cm ( $\bar{d}$ 16.2 cm)
$h$	2.2 ... 30.4 m
$i_r$	0.5 ... 19.6 mm ( $\bar{i}_r$ 7.6 mm)
$H_{dom}$	2.6 ... 28.9 m
$T$	12 ... 122 a
$G$	0.6 ... 36.6 m <sup>2</sup> /ha
$D$	1.5 ... 25.4 cm

Kuusen puuyhtälöiden laatimisessa käytettiin yliopistollisissa metsänarvioimisen harjoitustöissä mitattua, yhteensä 32:sta kutakuinkin puhtaasta kuusikosta peräisin olevaa 497 koepuun aineistoa. Tunnusten vaihtelurajat ovat seuraavat:

#### KUUSI — SPRUCE

$P_d$	0.2 ... 12.9 %
$d$	5.4 ... 45.9 cm ( $\bar{d}$ 15.2 cm)
$h$	5.0 ... 29.3 m

$i_r$	1.0 ... 31.0 mm ( $\bar{i}_r$ 9.3 mm)
$H_{med}$	6.0 ... 23.7 m
$T$	15 ... 110 a
$G$	6.5 ... 29.5 m <sup>2</sup> /ha
$D$	6.3 ... 31.8 cm

Aineiston keruuta erilaisine mittauksineen on selostettu asianomaisissa julkaisuissa (NYYSSÖNEN 1954; VUOKILA 1956, 1965) ja metsänarvioimisen harjoitustöiden ohjeissa, aineiston alkukäsittelyä myös MIELIKÄISEN (1975) tutkimuksessa. Niin metsikkö- kuin puutunnustenkin lukuarvot edellytettiin tunnetuiksi myös muuna ajankohtana kuin mittausvuonna, esim. laskentajakson keskellä. Samoin oli tarpeen muuntaa kuorettomat kasvut kuorellisiksi, mikä tehtiin pienentämällä kuoretonta kasvuprosenttia puuston järeyyteen perustuvan korjaustekijän avulla (Praktisk ... 1955, s. 74). Metsikön kuorellisen kuutiomäärän laske-  
miseksi jonakin toisena ajankohtana käytettiin apuna ILVESSALON (1948, s. 130–131) kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoista saatuja, metsikön kuoriprosentin iänmukaista kehitystä kuvaavia lukuja. Samoja taulukoita sovellettiin myös puukohtaisissa muunnoksissa. Tunnusten uusia lukuarvoja laskettaessa oletettiin keskiläpimitan ja -pituuden kehitys kussakin metsikössä samantyyppiseksi kuin vastaavissa toistuvasti harvennetuissa metsiköissä kasvu- ja tuotos-  
taulukoiden (1959) mukaan.

Vaikka mainittuihin muunnoslaskelmiin sinänsä voi liittyä systemaattisia virheitä, niillä ei ilmeisesti ole tuntuva merkitystä eri metsiköitä toisiinsa suhteutettaessa.

Kasvun ilmastollisista vaihteluista aiheutuvat korjaukset sisältyvät sekä NYYS-  
SÖNEN (1954) männikköaineistoon että VUOKILAN (1956) kuusikkoaineistoon. Sen sijaan VUOKILAN (1965) männiköitä sekä männyn ja kuusen täydennysaineistoja koskevat korjaukset tehtiin metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastosta saatujen vuosilustoindeksien nojalla. Puukohtaisissa laskelmissa käytettyjä kasvutuloksia ei ole korjattu vuosilustoindeksien avulla. Kysymyksessä olevat aineistot ovat eri vuosilta ja männyn kasvun mittausjaksojen pituus on vaihteleva, minkä johdosta ilmastollisten vaihteluiden vaikutukset jossain määrin tasoittuvat.

### 3. RUNKOLUKUSARJAAN PERUSTUVA MENETELMÄ

#### 31. Aiemmat menettelytavat

Metsikön nykyisen runkolukusarjan lisäksi on nyt kysymyksessä olevassa menetelmässä hahmoteltava runkolukusarja tietyn ajanjakson, esim. 5 vuoden kuluttua mittausvuodesta eteenpäin. Sitä varten joudutaan ennustamaan puiden mittasuhteiden muuttumista lähiaikana. Tehtävä on hyvin ongelmallinen ja muodostaa mielenkiintoisen tutkimusalueen. Huomionarvoisia muuttujia ovat esim. kasvupaikka, puulaji, puuston kehitysvaihe, tiheys ja käsittely. Kun näitä kysymyksiä ei ole voitu riittävästi tutkia eri olosuhteita silmällä pitäen, on käytännöllisessä kasvunlaskennassa jouduttu tekemään tiettyjä oletuksia erityisesti läpimitan kehityksestä. Jäljempänä mainitaan eräitä menettelytapoja, joita on tarjolla yhdessä tavallisimmista amerikkalaisista kasvunlaskentamenetelmistä, ns. runkolukusarjan projisioinnissa (stand table projection; vrt. NYYSÖNEN 1956). Nykyisen runkolukusarjan lisäksi on kaikkien lähtökohtana menneen kauden paksuuskasvun tunteminen, yleensä kasvun kairauksiin perustuen.

1) Oletetaan puiden sädekasvun rinnantasalla jatkuvan samansuuruisena kuin edellisenä mittausjaksona. Tämä oletamus johtaa yleensä kasvun yliarviointiin, mikä saatettiin todeta mm. tämän tutkimuksen alkuvaiheissa tehdyssä, metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoihin perustuneessa tarkastelussa (vrt. myös LAURILA 1972.)

2) Otaksutaan, että tietynkokoisten puiden tuleva sädekasvu on sama kuin niiden puiden aiempi kasvu, jotka olivat samankokoisia edellisen jakson alussa mutta ovat nyt suurempia.

3) Puiden poikkipinnan kasvun oletetaan jatkuvan samansuuruisena tulevana kuin menneenäkin jaksona.

4) Sovelletaan läpimitan käyräviivaista tasoitusta: puiden läpimitan mennyttä kehitystä tarkastellaan akselistossa iän funktiona ja projisioidaan lähikaudelle tasoituskäyrän avulla.

Viimeksi mainittu vaihtoehto on jo lähellä

sitä mahdollisuutta, että läpimitan tulevaa kehitystä estimoidaan regressioanalyysin avulla laadituilla yhtälöillä. Luvussa 32 esitetään puun kasvua kuvaavia yhtälöitä, jotka perustuvat luvussa 2 selostettuihin aineistoihin.

Runkolukusarjan projisiointiin liittyen on yleensä oletettu, ettei pituden ja läpimitan suhde muutu ennustejakson aikana; vastaava oletamus on tehty myös runkomuodosta. Vaikka puun kuutiokasvun tärkein komponentti on läpimitan kasvu, sen ohessa on asianmukaista huomiota kiinnitettävä pituden ja muodon kehitykseen. Siinä mielessä esitetään luvussa 32 myös eräitä pituden kehitystä kuvaavia yhtälöitä.

#### 32. Läpimitan ja pituden kasvuyhtälöt

Yhtälöt, jotka kuvaavat puun läpimitan ja pituden vuotuista kasvua seuraavana 5-vuotiskautena koronkorkoprosenttina, esitetään taulukoissa 3–6. Kunkin yhtälön luotettavuutta kuvaa parhaiten arvion suhteellinen keskivirhe,  $s_e$ , prosenttilukuna. Kun selitettävänä muuttujina ovat taulukossa 6 esitettyä kuusen pituduskasvua lukuun ottamatta kasvuprosentin luonnolliset logaritmit, on mainittu keskivirhe saatu kaavalla

$$s_e = \sqrt{\frac{s_f^2}{e} - 1}$$

missä  $s_f$  on jäännöshajonta eli funktiosta laskettuihin poikkeamiin perustuva keskijäntö (vrt. LAASASENAHO 1976, s. 37). Esim. männyn läpimitan keskimääräisen kasvuprosentin (2) tasolla yhtälöt 1–3 merkitsevät n. 0,6 prosenttiyksikön suurista arvion keskivirhettä. Toisin sanoen, mikäli yhtälö on antanut kasvuprosentiksi 2, todennäköisyys on 68 %, että todellinen kasvuprosentti on välillä 1,4 ... 2,6.

Lisäinformaatioksi on taulukkoihin merkitty, paitsi havaintojen lukumäärä ja aineiston alkuperäisten kasvuprosenttien keskiarvo, myös selitettävän muuttujan keski-

hajonta  $s_m$ , jäännöshajonta  $s_f$  sekä selityksaste  $R^2$ . Niin taulukoissa 3–5 kuin myöhemmissä metsikön kasvuyhtälöitä esittämissä taulukoissa 7 ja 8 on eksponentti-muunnoksen vaatima korjaus otettu huomioon lisäämällä kunkin yhtälön vakioon

korjauskerroin  $\frac{s_f^2}{2}$  epälineaariseksi muuntamista silmällä pitäen (vrt. MEYER 1941).

Taulukon 6 kuvaamat kuusen pituuskasvun yhtälöt selittävät kasvuprosenttia sellaisenaan. Myös tässä taulukossa on esitetty

Taulukko 3. Männyn läpimittakasvun yhtälöitä.

Table 3. Functions for the diameter increment of Scotch pine.

$y = \ln p_d$ ,  $n = 1404$ ,  $\bar{p}_d = 1.97\%$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero — Function No.			
	1	2	3	4
	Kerroin — Coefficient			
Vakio — Constant	+2.4984	+1.6043	+1.3129	+5.4625
$\ln T$ .....	-0.1565			-0.6675
$\ln G$ .....	-0.1997	-0.1176		-0.4758
$\ln D$ .....	+0.3953			+0.1773
$\ln H_{dom}$ .....	-0.8997	-0.1762		-0.9442
$\ln d$ .....	-0.9393	-0.6268	-0.7814	-0.3631
$\ln h$ .....	+0.6927		-0.0352	+0.7762
$\ln i_r$ .....	+0.7126	+0.7707	+0.8267	
$s_e$ % .....	28.6	29.7	30.3	39.7
$s_m$ .....	0.7189	0.7189	0.7189	0.7189
$s_f$ .....	0.2802	0.2909	0.2965	0.3822
$R^2$ .....	0.849	0.837	0.830	0.719

Taulukko 4. Kuusen läpimittakasvun yhtälöitä.

Table 4. Functions for the diameter increment of Norway spruce.

$y = \ln p_d$ ,  $n = 497$ ,  $\bar{p}_d = 1.92\%$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero — Function No.			
	5	6	7	8
	Kerroin — Coefficient			
Vakio — Constant	+2.9645	+2.7061	+1.9991	+6.9342
$\ln T$ .....	-0.1995			-0.8808
$\ln G$ .....	-0.2707	-0.3207		-0.4982
$\ln D$ .....	+0.2671			+0.4159
$\ln H_{med}$ .....	-0.1684	-0.0029		-0.3865
$\ln d$ .....	-0.9857	-0.9184	-0.8353	-0.6267
$\ln h$ .....	+0.1311		-0.2027	+0.1287
$\ln i_r$ .....	+0.7021	+0.7405	+0.8015	
$s_e$ % .....	31.5	31.8	33.2	48.3
$s_m$ .....	0.7392	0.7392	0.7392	0.7392
$s_f$ .....	0.3079	0.3105	0.3236	0.4581
$R^2$ .....	0.829	0.825	0.810	0.621

aiempien kanssa vertauskelpoiset tiedot.

Parhaissa läpimitan kasvuyhtälöissä arvion keskivirhe on n. 30 % taulukoiden 3 ja 4 osoittamalla tavalla. Metsikkötunnusten lukumäärän vähentäminen tai jopa poistaminen suurentaa virhettä verraten vähän, mikäli edellisen 5-vuotiskauden sädekasvu säilyy yhtenä selittävänä muuttujana. Tä-

män jäädessä pois arvion luotettavuus selvästi heikkenee molemmilla puulajeilla. Samaa asiaan on kiinnittänyt huomiota myös LAURILA (1972), jonka tutkimuksesta on saatavissa eräitä lisäpiirteitä männyn kasvusta, sekä FRIES (1964, s. 57–69) rauduskoivua koskevassa tutkimuksessaan. Sen sijaan BRAASTADIN (1974) tutkimus,

Taulukko 5. Männyn pituuskasvun yhtälöitä.

Table 5. Functions for the height increment of Scotch pine.

$y = \ln p_h$ ,  $n = 1404$ ,  $\bar{p}_h = 2.10\%$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero — Function No.			
	9	10	11	12
	Kerroin — Coefficient			
Vakio — Constant	+4.8735	+5.4636	+3.1618	+2.5883
$\ln T$ .....	-0.8164	-0.9902		
$\ln H_{dom}$ .....			-0.7518	
$\ln d$ .....	+0.5793	+0.5475	+0.4466	+0.6308
$\ln h$ .....	-1.2209	-1.1339	-1.0694	-1.8653
$\ln i_h$ .....	+0.1159		+0.2760	+0.3043
$s_e$ % .....	33.6	34.3	42.3	43.2
$s_m$ .....	0.7901	0.7901	0.7901	0.7901
$s_f$ .....	0.3275	0.3334	0.4059	0.4132
$R^2$ .....	0.829	0.822	0.737	0.727

Taulukko 6. Kuusen pituuskasvun yhtälöitä.

Table 6. Functions for the height increment of Norway spruce.

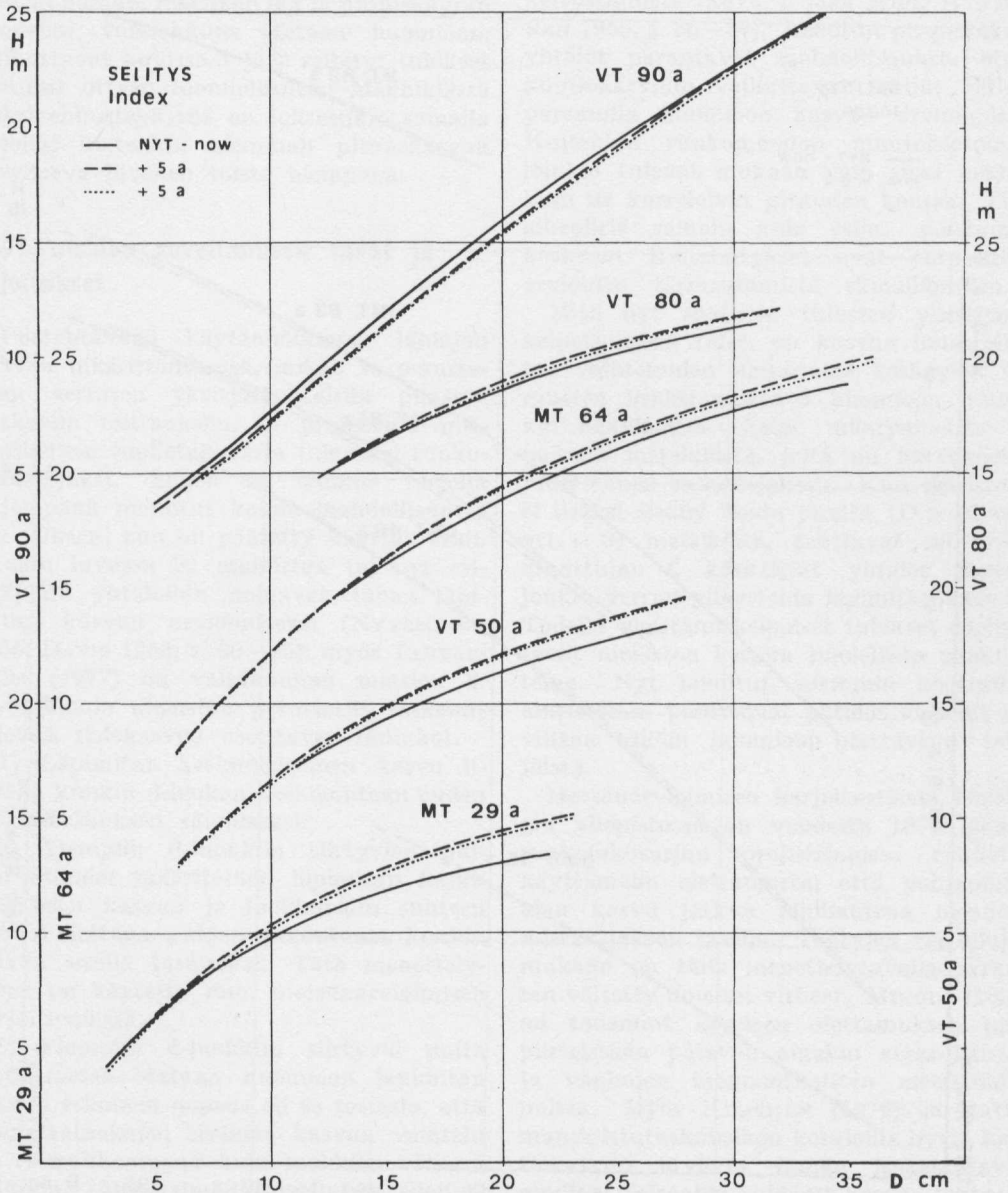
$y = p_h$ ,  $n = 497$ ,  $\bar{p}_h = 1.24\%$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero — Function No.		
	13	14	15
	Kerroin — Coefficient		
Vakio — Constant .....	+12.7402	+12.1823	+10.3265
$\ln T$ .....	-1.1786	-1.3110	
$\ln V$ .....		-0.3260	-0.8851
$\ln G$ .....	-0.0937		
$\ln D$ .....	-0.1434		
$\ln H_{med}$ .....	-0.8070		
$\ln d$ .....	+0.7563	+0.6333	+0.5715
$\ln h$ .....	-2.0522	-2.0323	-2.2711
$s_e$ % .....	56	57	63
$s_m$ .....	1.250	1.250	1.250
$s_f$ .....	0.695	0.702	0.776
$R^2$ .....	0.691	0.687	0.614

jossa kuusen kasvuyhtälöitä on melko yksityiskohtaisesti analysoitu, ei sisällä aiempaa kasvua selittävänä muuttujana.

Taulukoista 5 ja 6 nähdään, että puulajien väliset erot pituuskasvun arvioiden luotettavuudessa ovat huomattavat. Erot ovat kuitenkin paljon näennäisiä aiheutuen mm. selitettävän muuttujan erilaisesta muodosta

sekä aineistosta ja sen mittaustavasta: männyaineisto on kaadettuja ja siis luotettavasti mitattuja koepuita, kun taas kuusta koskevat havainnot ovat pystyjuista tehtyinä epävarmempia ja omiaan lisäämään jännösvaihtelua. Tärkein metsikkötunnus näyttää olevan ikä. Sen korvaaminen jollakin muulla suurentaa arvion keskivirhettä. Eri-

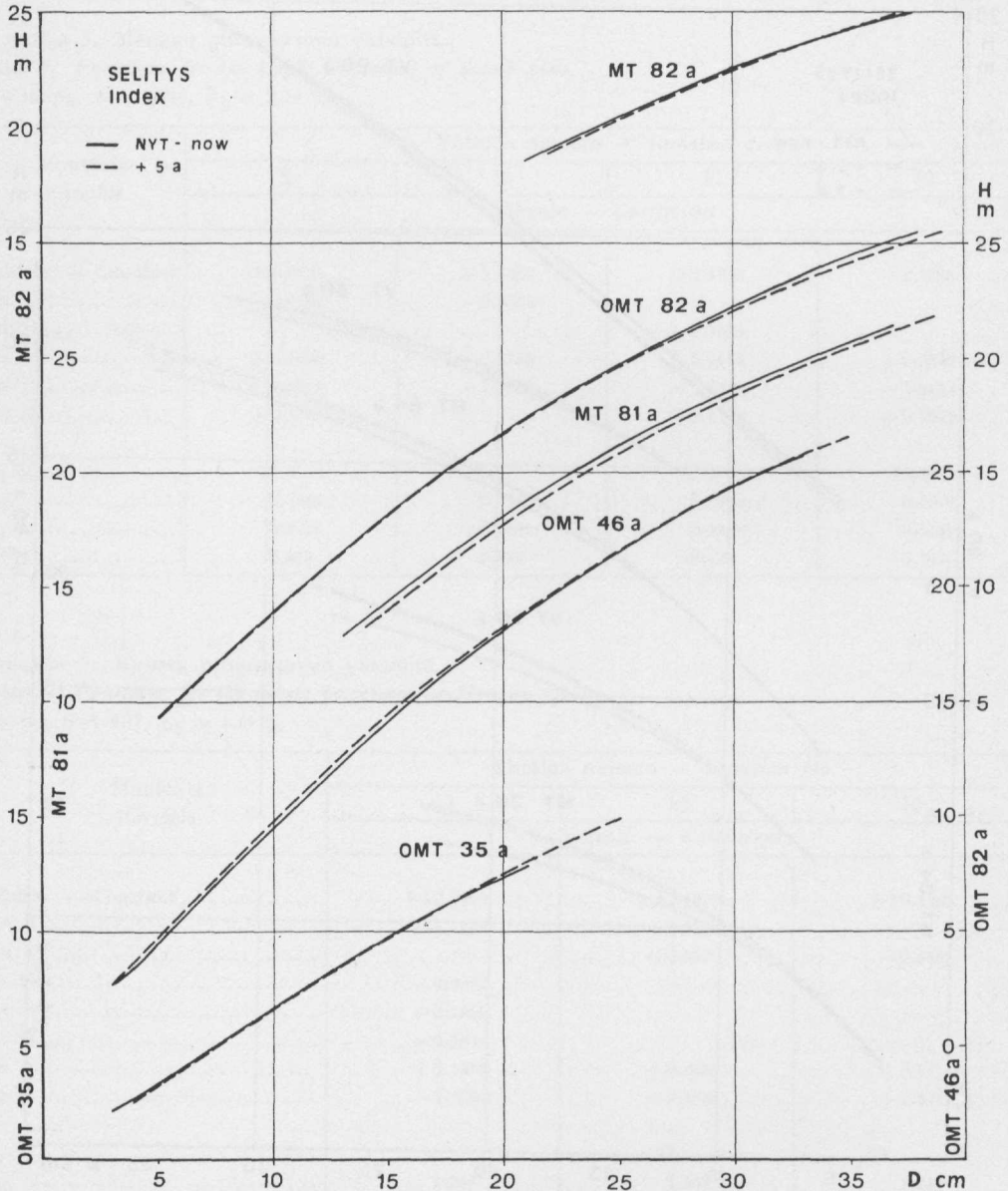


Kuva 1. Esimerkkejä pituuskäyräin projisioinnista männiköissä.

Fig. 1. Examples of the projection of height curves in pine stands.

tyisesti on kuitenkin tämän yhteydessä taulukosta 5 pantava merkille se, ettei edellisen 5-vuotiskauden pituuskasvulla ole suurta merkitystä. Tämä viittaa mahdollisuuteen korvata pystypuiden latvakasvainten arviointi luotettavammin määritettävillä tunnuksilla. Ainakin varttuneissa kuusikoissa pituuskasvun arviointi on usein erittäin vaikeaa.

Käsityksen saamiseksi laadittujen yhtälöiden antamista tuloksista laskettiin eräissä esimerkiksi otetuissa männiköissä ja kuusikoissa, joihin kuhunkin oli sijoitettu koeala metsänarvioimisen harjoitustöissä, koepuiden läpimitan ja pituuden muutos seuraavana 5-vuotiskautena. Läpimitalle käytettiin yhtälöä 3 tai 7 ja pituudelle vastaavasti männiköissä yhtälöitä 9 ja 10 sekä kuusi-



Kuva 2. Esimerkkejä pituuskäyräin projisioinnista kuusikoissa.

Fig. 2. Examples of the projection of height curves in spruce stands.



koissa yhtälöä 14. Pituuskäyrät mittaushetkellä ja 5 vuotta myöhemmin laskettiin NÄSLUNDIN (1936) yhtälöllä, jonka perusmuoto on

$$h - 1,3 = \frac{d^2}{(a + bd)^2}$$

(a ja b ovat koepuujoukon perusteella määrättyjä kertoimia).

Kun puulaji, metsikön ikä ja pituuskäyrän »nousun» voimakkuus otetaan huomioon, vaikuttavat kuvissa 1 ja 2 esitetyt tulokset yleisesti ottaen luonnollisilta. Männiköissä kaksi ennustekäyrää on jokseenkin samalla tasolla, kuitenkin aiemman pituuskasvun tarvitseva hivenen toista alempana.

### 33. Tulosten soveltamisen tavat ja rajoitukset

Päätehtävänä käytännöllisessä lähiajan kasvun määrittämisessä, mikäli se perustetaan verraten yksityiskohtaisiin puustoa koskeviin mittauksiin, on projisoida mitaushetken runkolukusarja tulevaksi runkolukusarjaksi. Siihen on lähinnä tarjolla jäljempänä mainitut kolme mahdollisuutta sen jälkeen, kun on päätetty käyttää esim. jotakin luvussa 31 mainittua tai nyt esitettyihin yhtälöihin nojaavaa tapaa läpimitan kasvun arvioimiseksi (NYSSÖNEN 1956; DAVIS 1966, s. 90—95); myös TARVASMÄKI (1977) on valtakunnan metsien 3. inventoinnin aineiston perusteella laskenut tulevaa sädekasvua osoittavat taulukot.

1) Läpimitan keskimääräinen kasvu lisätään kunkin d-luokan keskikohtaan uuden luokakeskuksen saamiseksi.

2) Ylempiin d-luokkiin siirtyvien puiden osuudet määritetään läpimitan keskimääräisen kasvun ja luokkavälin suhteen avulla olettaen puiden jakautuma kunkin luokan sisällä tasaiseksi. Tätä menettelytapaa on käytetty mm. metsänarvioimisen harjoitustöissä.

3) Ylempiin d-luokkiin siirtyviä puita osoitettaessa otetaan huomioon läpimitan kasvun erilainen nopeus eli se tosiasia, että läpimittaluokkien sisäinen kasvun vaihtelu on voimakkaampaa kuin luokkien välinen vaihtelu. Menetelmän sovellutus edellyttää onnistuakseen suhteellisen runsaan aineiston.

Niin kuin aiemmin mainittiin, tähänastisessa runkolukusarjan projisointia käyttävässä kasvun laskennassa on yleensä oletettu, että kunkin läpimittaluokan puiden pituus on sama ennustejakson alussa ja lopussa. Tämä oletamus ei pidä yleisesti paikkaansa ainakaan nuorenpuoleisissa ja keski-ikäisissä tiheissä metsiköissä, joissa havaitaan läpimitan funktiona esitettyjen pituuskäyrän kerrostumista (kuva 1 sekä esim. NYSSÖNEN 1955, s. 36—37). Laaditut pituuskasvu-yhtälöt parantavat mahdollisuuksia ottaa kuutiokasvuun vaikuttavat tekijät entistä paremmin huomioon kasvun arvioinnissa. Kuitenkin runkomuodon muutokset tällöinkin tulevat mukaan vain siinä määrin kuin ne korreloivat pituuden kanssa. Tätä aihepiiriä samoin kuin esim. poistumaa koskevat lisäselvitykset ovat tarpeellisia arvioiden täsmentämistä silmälläpitäen.

Mitä nyt saatujen tulosten yleistämiskelpoisuuteen tulee, on kasvun ilmastollisten vaihteluiden vaikutusta koskevien varusten lisäksi otettava huomioon muitakin näkökohtia. Esim. mäntyaineisto on pääosin metsiköistä, joita on harvennettu juuri ennen ennustejaksoa. Kun aineistoon ei lisäksi sisälly kovin järeitä ( $D > 25$  cm, vrt. s. 9) metsiköitä, saattavat selittävän muuttujan  $I_V^2$  käsittävät yhtälöt yleensä jonkin verran yliarvioida läpimitan kasvun. Todella yleistämiskelpoiset tulokset edellyttävät aineiston keruun huolellista suunnittelua. Nyt laaditut, aiemmin koottuihin aineistoihin perustuvat yhtälöt antavat osviittaa tällöin huomioon otettavista tekijöistä.

Metsänarvioimisen harjoitustöissä Helsingin yliopistossa on vuodesta 1977 alkaen runkolukusarjan projisoinnissa ryhdytty käyttämään olettamusta, että pohjapinta-alan kasvu jatkuu lähikautena menneen mittausjakson tasolla. Tehtyjen vertaailujen mukaan on tällä menettelytavalla parhaiten vältetty ilmeiset virheet. MIKOLA (1952) on todennut kyseisen olettamuksen pääpiirteissään pätevän ainakin keski-ikäisten ja vanhojen luonnontilaisten metsiköiden puissa. Myös KILPINEN (1978) sai tutkimansa istutuskuusikon koealoilla hyviä kuutiokasvun arvioita tämän laskentatavan avulla. Toisaalta voidaan kysyä, johtaako ko. menettely talousmetsissä kasvun aliarviointiin (vrt. KUUSELA 1953).

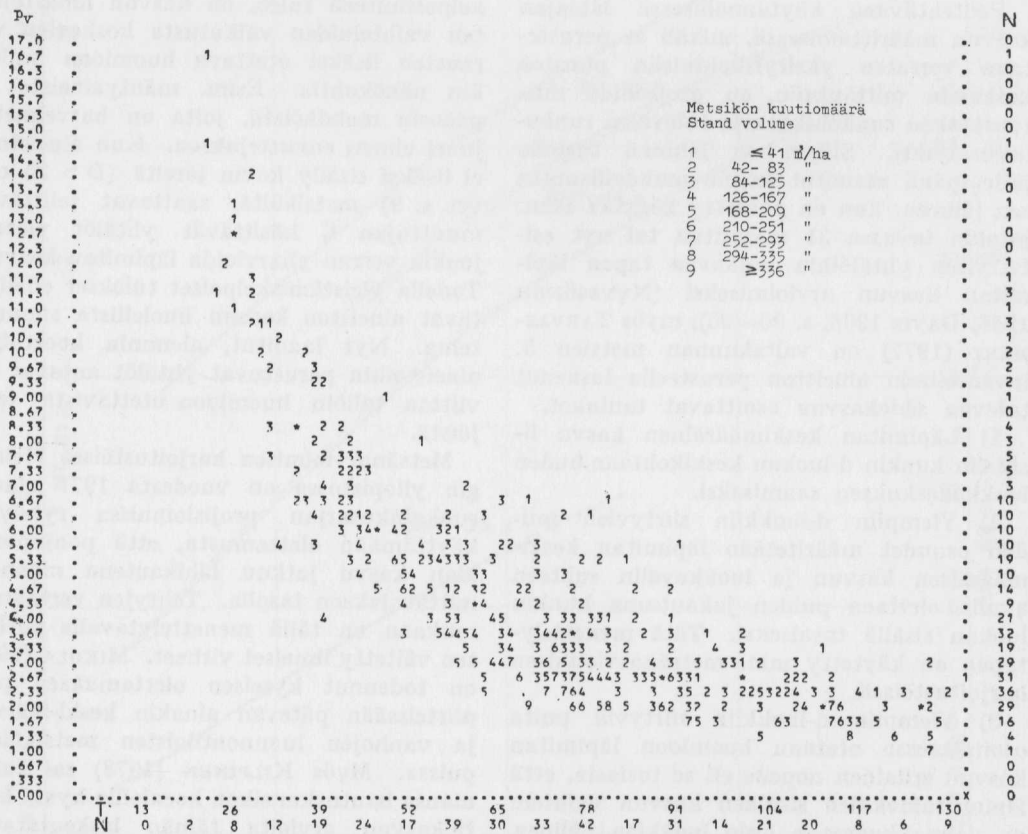
## 4. METSIKÖN TUNNUKSIIN PERUSTUVA MENETELMÄ

### 41. Kuutiokasvun yhtälöt

Metsikön kuutiokasvun yhtälöitä laadittaessa on selitettäväksi muuttujaksi valittu kasvuprosentti samaan tapaan kuin puuyhtälöitäkin valmistettaessa. Suhteellisen kasvun kuvaaja on käännepisteetön, iän mukana eksponentiaalisesti pienenevä suure, kun taas absoluuttisen kasvun kuvaajalla on kaksi käännepistettä ja maksimi; mallin laadinta kasvuprosentille on siten katsottava helpommaksi. Lisäksi on prosenttien käyttö tässä tutkimuksessa luontevaa, koska siirtyminen kuutiokasvusta arvokasvuun ta-

pahtuu kasvuprosentin välityksellä. Kasvun ilmaiseminen prosentin avulla on monesti silloin mielekästä, kun kyseessä on kasvua koskeva vertailu tai suhteellisen tuoton taikka kannattavuuden tarkastelu (vrt. ILVESSALO 1965, s. 129; PRODAN 1965, s. 431).

Yhtälöiden selittämä kasvuprosentti kuvaa mittausjakson keskimääräisen vuotuisen kuutiokasvun suhdetta jakson alku- ja loppukuutioiden keskiarvoon. Se tunnetaan yleisesti Presslerin prosenttina (esim. KUUSELA 1953, s. 30) ja tarjoaa mahdollisuuden laskea sekä nykykasvu että ensi 5-vuotis-



Kuva 3. Männikkökoealojen kasvuprosentit ( $p_v$ ) iän (T) ja kuutiomäärän (V) funktiona.  
 Fig. 3. Increment percentages ( $p_v$ ) of pine stands as a function of stand age (T) and volume (V).

kauden kasvu niin absoluuttisena kuin suhteellisenakin.

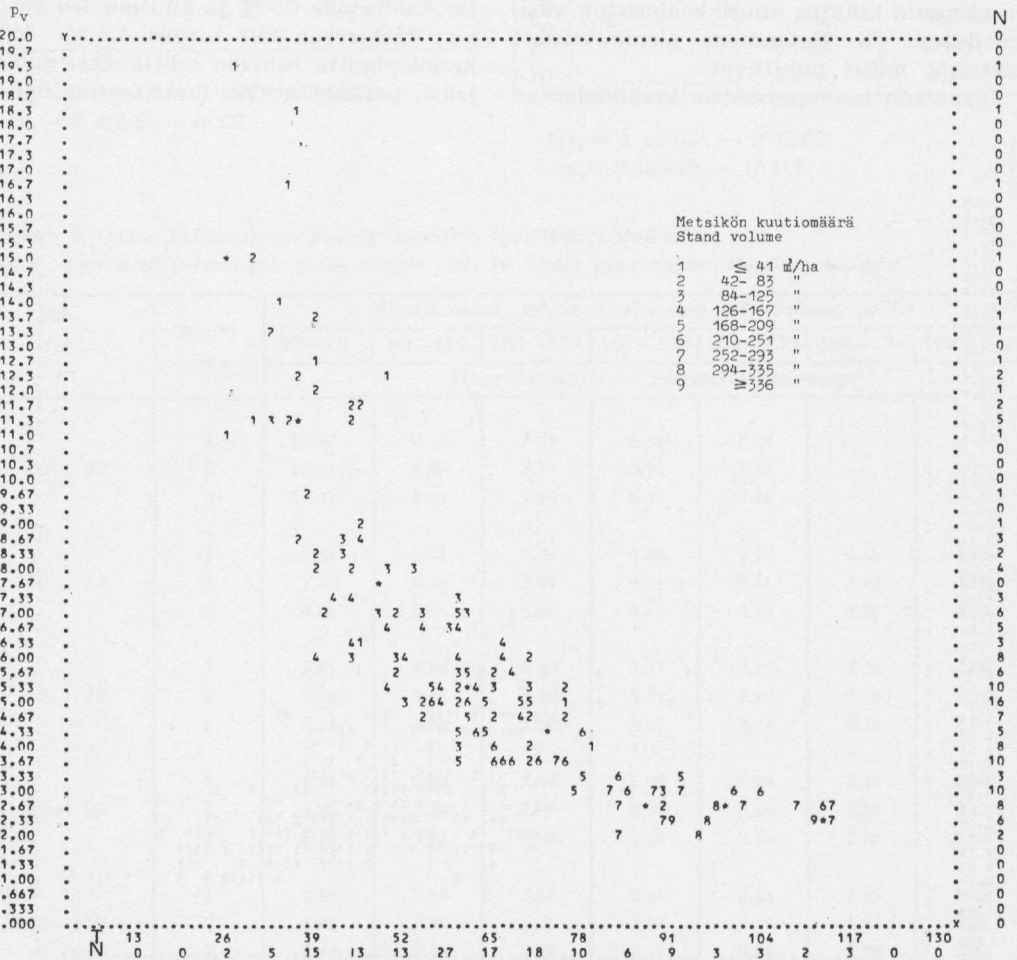
Selittävien muuttujien valinnassa pyrittiin rajoittumaan vain muutamaun, parhaiten selittävään tekijään. Metsätyypin ja puulajin ohessa näiden joukkoon voitiin odottaa kuuluvan ensiksikin metsikön iän, joka vanhastaan on tasaikäsrakenteisten metsiköiden kasvu- ja tuotostauluokoiden perustunnus ja jota myös monissa viime vuosikymmeninä tehdyissä tutkimuksissa on käytetty kasvun selittäjänä (esim. ILVESSALO 1948; KUUSELA ja KILKKI 1963; KOIVISTO 1970).

Aiemmat tutkimukset osoittavat lisäksi

sen, että myös puuston määrä on jollain tavalla oleva mukana kasvuprosenttia selittäessä. Valittavana on erilaisia tunnuksia: metsikön tiheys, pohjapinta-ala, kuutiomäärä jne. Tässä tutkimuksessa on päädytty kuutiomäärään, joka on keskeinen puuston tunnus ja jossa tietyllä tavalla yhdistyy pohjapinta-alan ja pituuden vaikutus.

Muista mahdollisista tunnuksista on yhtälöiden laadinnassa kokeiltu vain keskiläpimittaa, jolla on tärkeä asema nimenomaan arvokasvun määrittämisessä.

Yleiskäsitys kuutiokasvuprosentin ja toisaalta iän ja kuutiomäärän keskinäisestä



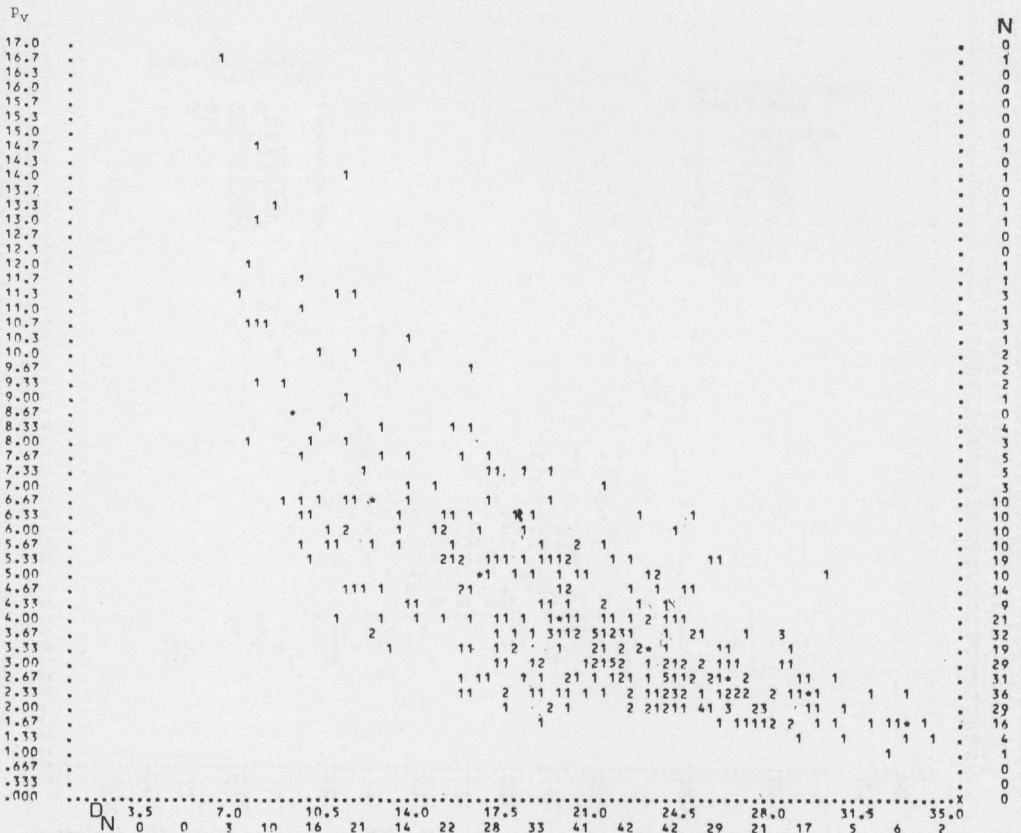
Kuva 4. Kuusikkokoealojen kasvuprosentit ( $p_V$ ) iän ( $T$ ) ja kuutiomäärän ( $V$ ) funktiona.  
Fig. 4. Increment percentages ( $p_V$ ) of spruce stands as a function of stand age ( $T$ ) and volume ( $V$ ).

yhteydestä sekä samalla kasvuprosenttien vaihtelusta aineiston männiköissä ja kuusikoissa saadaan kuvista 3 ja 4. Metsikön ikä  $T$  on  $x$ -akselilla, kuutiokasvuprosentti  $p_v$   $y$ -akselilla ja kolmantena muuttujana on kuutiomäärä  $V$ ; akselistossa olevat numerot ilmaisevat kunkin metsikön kuutiomääräluokan. (Kaikissa atk-taulukointiin perustuvissa kuvissa luokkien keskiarvot on osoitettu tähdellä.) Olennaisia kuvista 3 ja 4 näkyviä piirteitä on iän kasvaessa pienenevä kasvuprosentti sekä se, että prosentti on kullakin iällä vähäkuutioisissa metsiköissä yleensä korkeampi kuin suurikuutioisissa. Vm. piirre on männiköissä selvempi kuin kuusikoissa. Kuvasta 4 näkyy lisäksi jo aiemmin viitattu kuusikkoaineiston yksipuolisuus: yli 75-vuotiaat pienikuutioiset metsiköt miltei puuttuvat.

Männikön kasvuprosenttia keskiläpimitan

$D$  funktiona osoittava kuva 5 tuo esille luonnollisen pääsuunnan: suhteellisen kasvun pienenemisen puuston järeyden lisääntyessä. Samalla voidaan todeta selittävien muuttujien, esim. iän ja keskiläpimitan, kesken esiintyvän sellaista korrelaatiota, mikä on otettava huomioon regressionalyydin antamien tulosten tulkinnassa.

Tämän tutkimuksen keskeiset tulokset, männikön ja kuusikon kasvuprosenttien yhtälöt luotettavuuslukuineen, nähdään taulukoista 7 ja 8. Arvion keskivirhe on tasoa 17 %, mitä on pidettävä melko kohtuullisena (vrt. esim. ERIKSSON 1976). Kyseinen keskivirhe yksinkertaisena merkitsee männikköaineiston keskimääräisen kasvuprosenttin 4.33 tasolla 0.7 % ja kuusikoiden vastaavan keskiarvon 6.13 tasolla 1.0 %. Mikäli keskiläpimitta lisätään selittäväksi muuttujaksi, paranee arvion luotettavuus lievästi.



Kuva 5. Männikkökoalojen kasvuprosentit ( $p_v$ ) keskiläpimitan ( $D$ ) funktiona.  
 Fig. 5. Increment percentages ( $p_v$ ) of pine stands as a function of mean diameter ( $D$ ).

Taulukko 7. Männikön kuutiokasvun yhtälöitä.  
Table 7. Functions for the volume increment of Scotch pine.

$$y = \ln p_v, n = 352, \bar{p}_v = 4.33 \%$$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero Function No.	
	16	17
	Kerroin — Coefficient	
Vakio — Constant	-0.7702	-0.7632
(ln T) <sup>2</sup> .....	-0.09667	-0.1181
V <sup>1</sup> /V <sup>0.3</sup> .....	+1.2503	+1.3516
(ln D) <sup>8</sup> /10 000 .....	+0.1796	
x <sub>4</sub> <sup>*</sup> .....	+0.1817	+0.9116
s <sub>e</sub> % .....	16.1	16.9
s <sub>m</sub> .....	0.5117	0.5117
s <sub>f</sub> .....	0.1597	0.1681
R <sup>2</sup> .....	0.904	0.893

\*<sub>4</sub>x<sub>4</sub> = 1 mikäli — if OMT, MT, VT

x<sub>4</sub> = 0 mikäli — if CT

Taulukko 8. Kuusikon kuutiokasvun yhtälöitä.  
Table 8. Functions for the volume increment of Norway spruce.

$$y = \ln p_v, n = 146, \bar{p}_v = 6.13 \%$$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero Function No.	
	18	19
	Kerroin — Coefficient	
Vakio — Constant	+8.839	+9.7669
ln T .....	-1.2749	-1.5813
ln V .....	-0.5948	-0.5730
(ln T x ln V) <sup>2</sup> .....	+0.00809	+0.003315
ln T x V <sup>2</sup> /100 000 .....	-0.1193	-0.1177
(ln D) <sup>5</sup> .....	-0.0006095	
x <sub>6</sub> <sup>*</sup> .....	+0.1009	
s <sub>e</sub> % .....	16.8	17.3
s <sub>m</sub> .....	0.4975	0.4975
s <sub>f</sub> .....	0.1663	0.1717
R <sup>2</sup> .....	0.893	0.884

\*<sub>6</sub>x<sub>6</sub> = 1 mikäli — if OMT

x<sub>6</sub> = 0 mikäli — if MT

Taulukko 9. Männikkökoalojen kasvuprosenttien luokittaiset keskiarvot.

Table 9. Increment percentages of the sample plots in Scotch pine stands: the class averages.

Ikä Age a	Rivi*) Row	Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha — Growing stock volume, m <sup>3</sup> /ha						
		40—79	80—119	120—159	160—199	200—239	240—279	280—319
		Kasvuprosentti — Increment percentage						
20—39	1	10.93	9.10	7.76	6.01	8.64	—	—
	2	12.17	8.85	7.77	6.73	7.08	—	—
	3	11.72	8.83	7.79	6.73	7.08	—	—
40—59	1	6.61	6.31	5.63	4.86	4.26	4.15	4.62
	2	7.06	6.33	5.37	4.71	4.11	3.86	3.59
	3	6.88	6.25	5.43	4.80	4.16	3.81	3.67
60—79	1	5.47	4.65	3.77	3.37	3.27	2.75	2.40
	2	5.03	4.34	3.79	3.47	3.23	2.82	2.58
	3	5.16	4.33	3.82	3.57	3.29	2.75	2.48
80—99	1	4.22	2.98	2.74	2.60	2.30	2.14	1.98
	2	3.90	3.26	2.80	2.53	2.48	2.28	2.13
	3	3.93	3.25	2.83	2.56	2.45	2.23	2.03
100—119	1	2.89	2.59	2.13	2.25	2.23	1.72	1.81
	2	2.82	2.69	2.18	2.12	2.11	1.83	1.64
	3	2.89	2.73	2.18	2.17	2.24	1.72	1.60
120—139	1	2.76	2.40	2.43	—	1.64	1.44	1.15
	2	2.65	2.20	1.95	—	1.63	1.62	1.47
	3	2.25	2.09	1.90	—	1.65	1.55	1.35

\*) Rivi 1 mittausten perusteella — Row 1 based on measurement

» 2 yhtälöllä 17 — » 2 from function 17

» 3 » 16 — » 3 » » 16

Samalla metsätyypit tai -tyyppiryhmät erotuvat selvemmin toisistaan. Kun keskiläpimitta ei ole selittävänä muuttujana, viljavan maan puiden ikäisekseen suuri koko merkitsee vähäisempää suhteellista kasvua, jolloin kasvupaikkaerojen vaikutus kasvuprosenttiin hämärtyy. Toisaalta selittävien muuttujien keskinäinen korrelaatio vaikeuttaa luotettavia numeerisia arvioita keskiläpimitan muutosten vaikutuksista.

Kuvissa 6, 7 ja 8 on esimerkkejä jäännös-vaihtelusta keskiläpimitan funktiona. Yhtälöllä saadusta kasvuprosentista on kussakin tapauksessa vähennetty mittauksiin perustuva kasvuprosentti. Havaintojen voidaan

todeta jakautuvan pääpiirteissään tasaisesti aineiston koko vaihtelualueelle. Kuvia 6 ja 7 keskenään verrattaessa havaitaan, että keskiläpimitan lisääminen muuttujaksi on parantanut arvioinnin osuvuutta ennen muuta järeissä männiköissä.

Taulukoiden 9 ja 10 perusteella voidaan eri tavoin laskettujen kasvuprosenttien keskiarvoja verrata keskenään ikä- ja kuutiomääräluokittain. Kussakin luokassa on 1–29 metsikköä. Taulukoita yksityiskohtaisesti tarkasteltaessa on vaikeaa osoittaa yhtälöiden johtaneen systemaattisiin alitai yliarvioihin missään aineiston osassa.

Taulukko 10. Kuusikkokoealojen kasvuprosenttien luokittaiset keskiarvot.

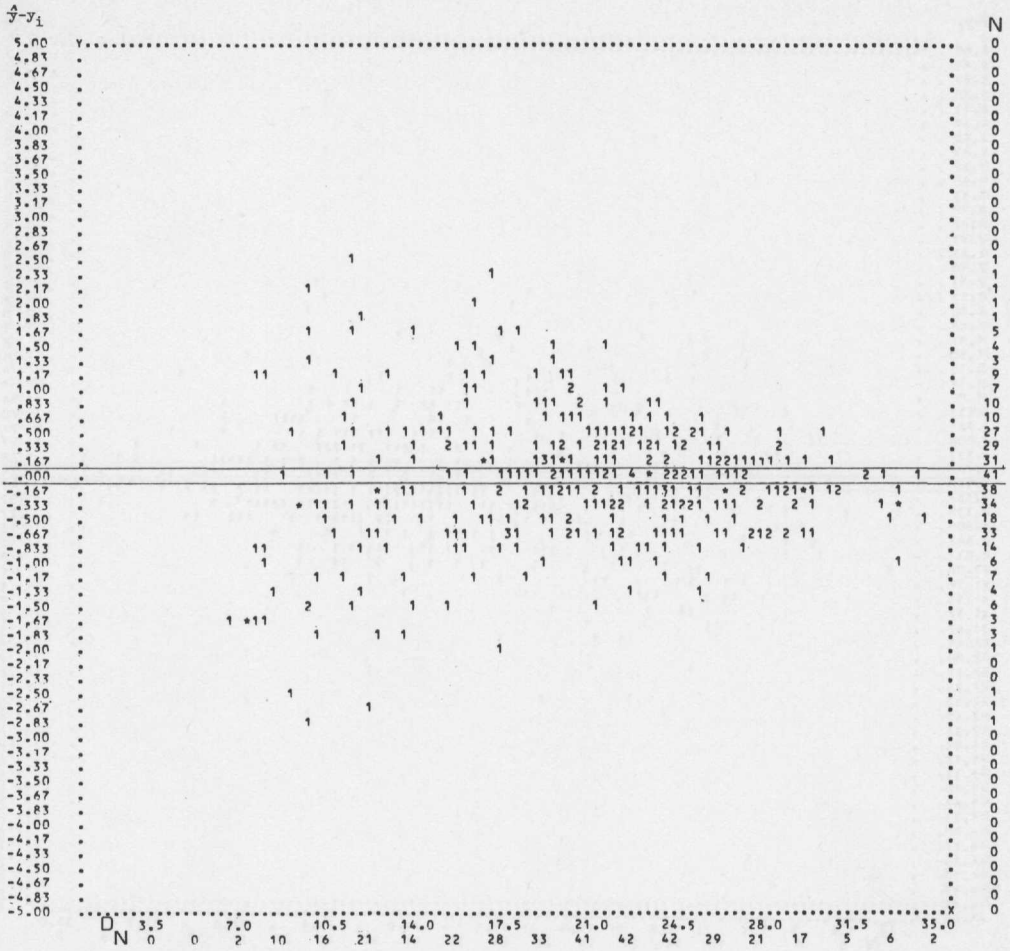
Table 10. Increment percentages of the sample plots in Norway spruce stands: the class averages.

Ikä Age a	Rivi*) Row	Kuutiomäärä, m <sup>3</sup> /ha — Growing stock volume, m <sup>3</sup> /ha							
		40–79	80–119	120–159	160–199	200–239	240–279	280–319	320–359
		Kasvuprosentti — Increment percentage							
20–39	1	13.62	11.04	11.44	6.79	—	—	—	—
	2	15.66	10.98	11.01	8.23	—	—	—	—
	3	15.37	11.13	11.18	8.41	—	—	—	—
40–59	1	10.19	7.80	6.73	6.41	5.55	4.71	—	—
	2	8.84	7.54	6.82	6.19	5.18	4.71	—	—
	3	8.80	7.37	6.75	6.34	5.15	4.70	—	—
60–79	1	4.76	4.94	5.68	5.19	5.38	3.83	3.63	3.31
	2	4.95	5.28	5.17	4.94	4.69	4.09	3.75	3.24
	3	5.36	5.24	5.24	4.98	4.66	4.06	3.84	3.32
80–99	1	—	2.81	3.20	—	3.41	3.05	3.01	2.38
	2	—	4.10	3.98	—	3.49	3.23	3.04	2.68
	3	—	4.16	3.79	—	3.65	3.27	2.91	2.69
100–119	1	—	—	—	—	—	2.81	2.26	2.70
	2	—	—	—	—	—	2.81	2.44	2.44
	3	—	—	—	—	—	2.93	2.40	2.49

\*) Rivi 1 mittausten perusteella — Row 1 based on measurement

» 2 yhtälöllä 19 — » 2 from function 19

» 3 » 18 — » 3 » » 18

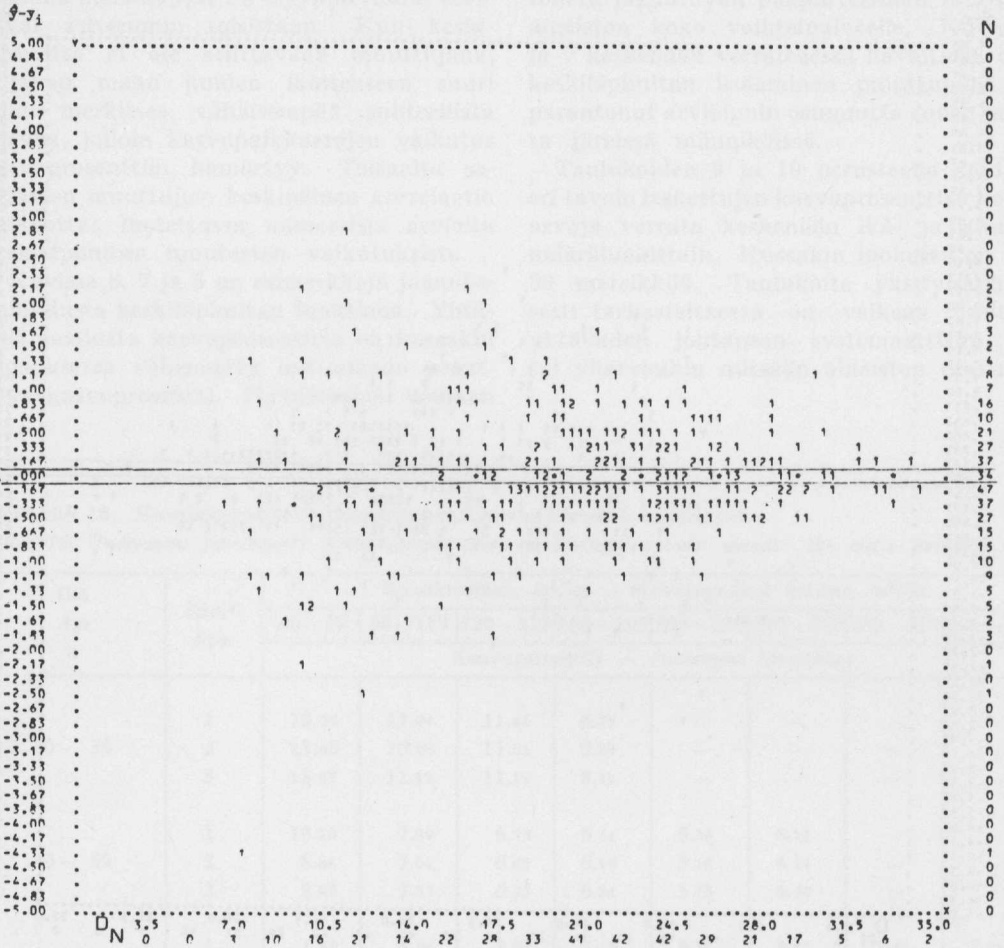


Kuva 6. Männiköiden yhtälön 17 jäännösvaihtelu keskiläpimitan (D) funktiona.

Fig. 6. Residuals from function 17 for pine stands plotted against mean diameter (D).

$\hat{y}$  = yhtälöllä saatu kasvuprosentti  
 increment percentage given by the function

$y_i$  = kairauksiin perustuva kasvuprosentti  
 increment percentage based on increment borings

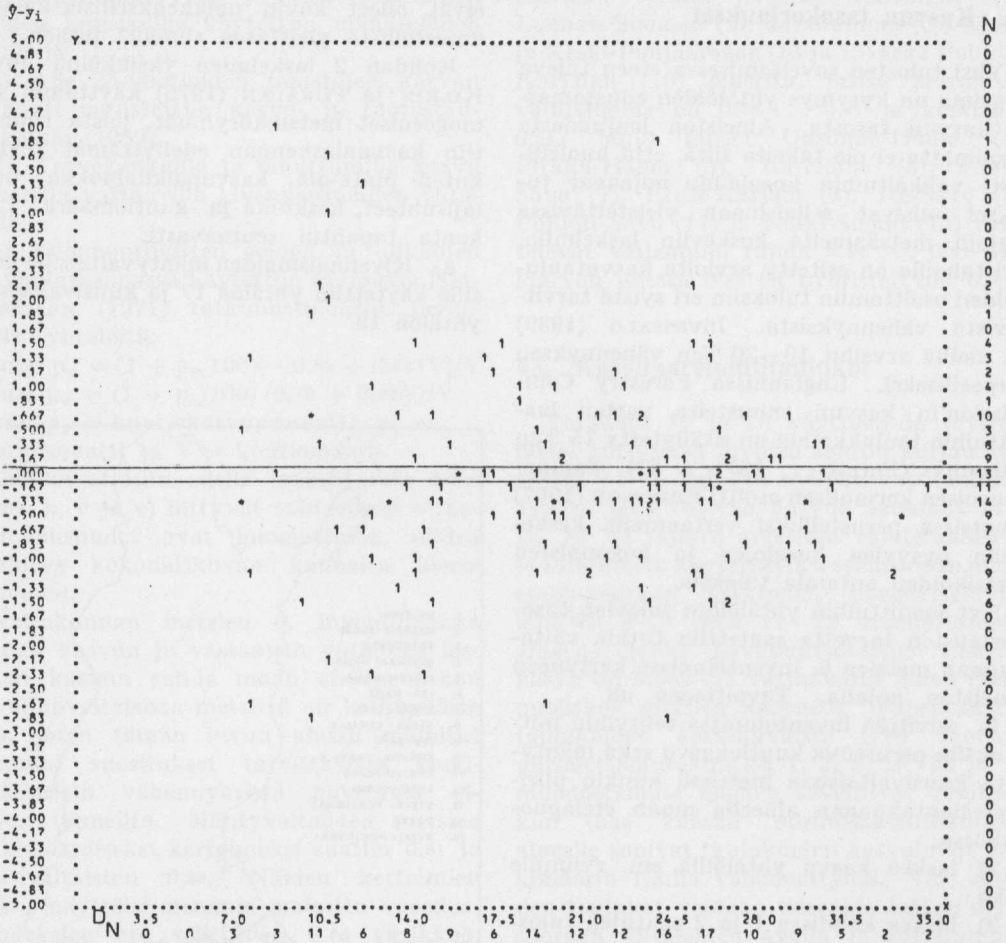


Kuva 7. Männiköiden yhtälön 16 jäännösvaihtelu keskiläpimitan (D) funktiona.

Fig. 7. Residuals from function 16 for pine stands plotted against mean diameter (D).

$\hat{y}$  = yhtälöllä saatu kasvuprosentti  
*incrementpercentage given by the function*  
 $y_1$  = kairuksiin perustuva kasvuprosentti  
*increment percentage based on borings*





Kuva 8. Kuusikoiden yhtälön 18 jäännösvaihtelu keskiläpimitan ( $D$ ) funktiona.

Fig. 8. Residuals from function 18 for spruce stands plotted against mean diameter ( $D$ ).

$\hat{y}$  = yhtälöllä saatu kasvuprosentti  
increment percentage given by the function.

$y$  = kairauksiin perustuva kasvuprosentti  
increment percentage based on borings

## 42. Kasvun tasokorjaukset

Yksi tulosten soveltamisessa eteen tuleva ongelma on kysymys yhtälöiden edustamasta kasvun tasosta. Aineiston laajuudesta huolimatta ei ole takeita siitä, että huolellisesti valikoituihin koealoihin nojaavat tulokset olisivat sellaisinaan yleistettävissä laajoja metsäalueita koskeviin laskelmiin. Eri tahoilla on esitetty arvioita kasvutaulukoiden osoittamiin tuloksiin eri syistä tarvittavista vähennyksistä. ILVESSALO (1939) on meillä arvellut 10–20 %:n vähennyksen tarpeelliseksi. Englannissa Forestry Commission'in kasvun ennusteita varten laadittuihin taulukkoihin on sisällytetty 15 %:n vähennys (Forest ... 1971, s. 67). Samansuuruisen korjauksen osoitti ERIKSSON (1967) Ruotsissa perustelluksi vertaamalla keskenään pysyvien koealojen ja kokonaisten metsiköiden antamia tuloksia.

Nyt laadittuihin yhtälöihin tulevien tasokorjausten tarvetta saatettiin tutkia valtakunnan metsien 6. inventoinnissa kertyneen aineiston nojalla. Tavoitteena oli

1) selvittää inventoinnissa tehtyihin mitauksiin perustuva kuutiokasvu sekä mäntyettä kuusivaltaisissa metsissä kunkin piirimetsälautakunnan alueella maan eteläpuoliskossa,

2) laskea kasvu yhtälöillä em. ryhmille sekä

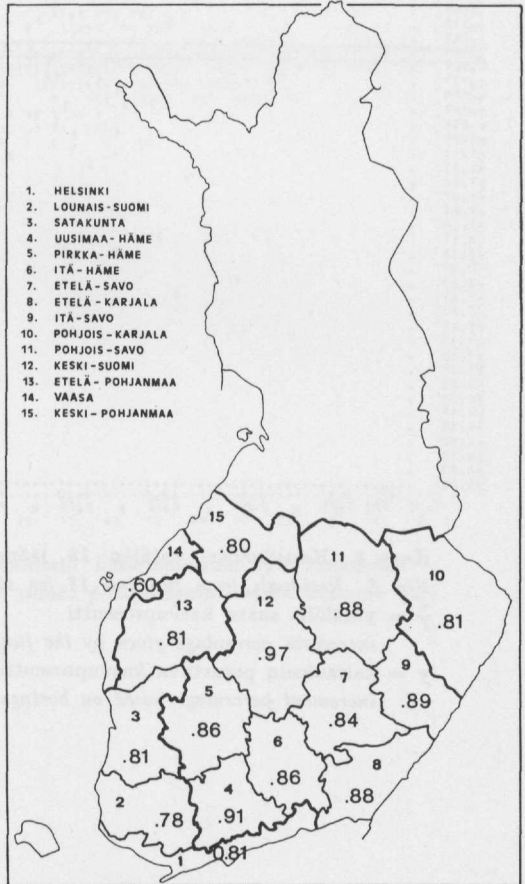
3) laskea kohdissa 1 ja 2 saatujen tulosten suhde.

Kohdan 1 tiedot oli jo aiemmin laskettu. Erikseen oli kuitenkin tarkasteltava vuosilustoindeksien avulla kasvun ilmastollista tasoa inventoinnissa käytettyinä viisivuotisia kasvunmittausjaksoina, jotka päättyivät eri alueilla vuosiin 1970–1973. Tarjolla oli sekä metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa että Enso-Gutzeit Osakeyhtiön metsien inventoinnissa v. 1975 kootuista aineistoista laskettuja vuosilustoindeksijä, joiden edustavuus tosin ei ollut moitteeton. Ääritapauksissa saattoivat 5-vuotisjaksoihin kohdistuvat osaindeksit poiketa jopa 10 % keskiarvosta esim. Itä-Suomen männyn ollessa vuosiin 1972 ja 1973 päättyvinä jaksoina kuusta ja myös keskitasoa alempana. Yleiseksi keskiarvoksi saatiin kuitenkin männulle 99 ja kuuselle 102 eli havupuille yhdessä miltei tasan 100. Niin ollen inventoinnin kasvunmittausjaksot

eivät olleet kovin poikkeuksellisia kasvun ilmastollista yleistäsoa silmällä pitäen.

Kohdan 2 laskelmien yksikköinä olivat KILKIN ja PÖKÄLÄN (1975) käyttämät homogeeniset metsikköryhmät, joista tunnettiin kasvunlaskennan edellyttämät tekijät kuten pinta-ala, kasvupaikkaluokka, puulajisuhteet, keski-ikä ja -kuutiomäärä. Laskenta tapahtui seuraavasti:

a) Kivennäismaiden mäntyvaltaisille metsille käytettiin yhtälöä 17 ja kuusivaltaisille yhtälöä 19.



Kuva 9. Inventoinnissa saadun kuutiokasvun ja vastaavan yhtälöllä lasketun kasvun suhde havupuivaltaisissa metsissä piirimetsälautakunnittain. Fig. 9. Ratio between the volume increment given by the forest inventory and that given by the present functions for coniferous forests, by forestry board districts.

b) Puolukkatyyppin ja sitä karumpien maiden kuusikoille käytettiin männiköiden yhtälöitä.

c) Alle 25-vuotiaiden puustojen kasvun arviointi perustettiin kasvu- ja tuotostaulukoihin (1959).

d) Turvekankailla ja muuttumilla kasvu laskettiin vastaavilla kivennäismaiden yhtälöillä.

e) Luonnontilaisten soiden ja ojikkojen kasvunlaskennassa käytettiin seuraavia HEIKURAISEN (1971) tutkimustuloksiin perustuvia yhtälöitä:

Mänty  $p_v = (1 + p_b/100)(-0.02 + 0.027V)/V$

Kuusi  $p_v = (1 + p_b/100)(0.45 + 0.03V)/V$

missä  $p_v$  = kuutiokasvuprosentti,  $p_b$  = kuoriprosentti ja  $V$  = kuutiomäärä.

Vaikka eräisiin edellä mainittuihin eriin (esim. b, c ja e) liittyvät suhteelliset virhemahdollisuudet ovat huomattavia, niiden merkitys kokonaiskuvan kannalta lienee vähäinen.

Valtakunnan metsien 6. inventoinnissa saadun kasvun ja vastaavan yhtälöllä lasketun kasvun suhde maan eteläpuoliskon havupuuvaltaisissa metsissä oli keskimäärin 0.85, joten tämän luvun alussa mainitut aiemmat suositukset tarvittavista keskimääräisistä vähennyksistä näyttävät oikeaan osuneilta. Mäntyvaltaisten metsien keskimääräiseksi kertoimeksi saatiin 0.81 ja kuusivaltaisten 0.88. Näiden kertoimien erosta näyttäisi aiemmin mainittu vuosilustoindeksien ero selittävän 0.03 yksikköä. Yhtälöllä laskettu kuusivaltaisten metsien kasvu jää silti alhaisemmaksi kuin vastaava mäntyvaltaisten metsien kasvu, mikä saattaa johtua sekametsiköiden käsittelemisestä tavallaan puhtaina metsikköinä pääpuulajinsa mukaisesti, varsinkin kuusipuustoissa yleisen eri-ikäisyyden mukanaan tuomasta iänmäärityksen vaikeudesta, tms. (vrt. myös BRUCE 1977). Kun vielä eri puulajien kertoimet vaihtelivat alueittain melkoisesti mm. niiden satunnaisvirheiden johdosta, joita kasvun arviointiin liittyy, katsottiin tarkoituksenmukaiseksi laskea yhteinen kerroin kunkin piirimetsälautakunnan havumetsille käyttäen kaikissa vaiheissa kuutiomäärää painolukuna. Kertoimet nähdään kuvasta 9.

Maan eteläpuoliskon piirimetsälautakunnista Vaasa (14) erottuu omaksi ryhmäkseen kertoimella 0.60. Seuraava verraten saman-

tasoinen ryhmä koostuu Helsingin (1), Lounais-Suomen (2), Satakunnan (3), Etelä- ja Keski-Pohjanmaan (13 ja 15) sekä Pohjois-Karjalan (10) alueista, missä kerrointen vaihtelualue on 0.78 ... 0.81 ja keskiarvo 0.81. Muut alueet Uusimaa-Häme (4), Pirkka-Häme (5), Itä-Häme (6), Etelä-Savo (7), Etelä-Karjala (8), Itä-Savo (9), Pohjois-Savo (11) ja Keski-Suomi (12) vaihtelevat väljemmin rajoin 0.84 ... 0.97 keskiarvon ollessa 0.89 eli pyöristettynä 0.9.

### 43. Kasvunarviointitaulukot

Yhtälöitä 17 ja 10 käyttäen ja soveltamalla edellisessä luvussa saatua korjauskerrointa 0.9 on laskettu nykykasvun taulukot 11–13 sekä tulevan kasvun taulukot 14–16. Ne on rajattu aineiston vaihtelualueelle ja tarkoitettu käytettäväksi sellaisinaan maan eteläpuoliskon keskisellä, piirimetsälautakuntien 4–9 sekä 11–12 muodostamalla alueella, jonka havupuuvaltaisten metsien kasvu on lähes 2/3 vastaavasta maan eteläpuoliskon metsien kasvusta. Vähentämällä taulukoiden kasvuluvuista 1/10 saadaan piirimetsälautakuntien 1, 2, 3, 10, 13 ja 15 muodostamille alueille soveltuvat tulokset, kun taas Vaasan piirimetsälautakunnan alueelle sopivat taulukoiden kasvuluvuut keskimäärin 1/3:lla vähennettyinä. Vm. alueiden taulukot voidaan tietenkin laskea myös suoraan yhtälöiden avulla ja soveltamalla asianmukaisia korjauskertoimia.

### 44. Luotettavuusvertailut

Luvussa 41 esitettiin metsikön kasvuprosenttiyhtälöiden luotettavuutta kuvaavia tietoja tarkastelemalla arvion keskivirhettä, jäännösvaihtelua ja mahdollisia systemaattisia poikkeamia luokittain. Yliopistollisissa metsänarvioimisen harjoitustöissä vuosina 1967–1976 mitatut metsikkökoealat tarjoavat mahdollisuuden tehdä vertailuja yhtälöillä uudessa aineistossa saatavista tuloksista. Kaikkiaan on kyseessä 155 (männiköissä 57 ja kuusikoissa 98) mittauskertaa. Yleensä mittaus tulokset koskevat eri metsiköitä; vain eräissä Siilinjärven Toivalassa sijaitsevilla metsiköissä esiintyy toistoja. Näillä yleensä 1/5–1/4 hehtaarin suurui-

Taulukko 11. Männikön kuutiokasvu. MT ja VT, kerroin 0.9. Yläriivi: % kuutiomäärästä, alariivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 11. Volume increment of Scotch pine stands. Site types MT and VT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

M <sup>3</sup> /HA	Ikä Age a											
	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	
40	13.17 5.27	10.06 4.02										
50	12.59 6.24	9.62 4.81	7.73 3.86	6.42 3.21								
60	11.96 7.19	9.15 5.49	7.35 4.41	6.11 3.67	5.20 3.12	4.50 2.70	3.96 2.37					
70	11.40 7.98	8.71 6.10	7.00 4.90	5.82 4.07	4.95 3.46	4.29 3.00	3.77 2.64					
80	10.87 8.70	8.30 6.64	6.67 5.34	5.55 4.44	4.72 3.78	4.09 3.27	3.59 2.87	3.19 2.55				
90	10.39 9.35	7.94 7.15	6.38 5.74	5.30 4.77	4.51 4.06	3.91 3.52	3.43 3.09	3.05 2.75				
100	9.96 9.96	7.61 7.61	6.12 6.12	5.08 5.08	4.32 4.32	3.75 3.75	3.29 3.29	2.92 2.92	2.62 2.62			
110	9.57 10.53	7.31 8.04	5.88 6.46	4.88 5.37	4.15 4.57	3.60 3.96	3.16 3.48	2.81 3.09	2.52 2.77			
120	9.22 11.06	7.04 8.45	5.66 6.79	4.70 5.64	4.00 4.80	3.47 4.16	3.04 3.65	2.71 3.25	2.43 2.91			
130	8.80 8.84	5.46 7.10	4.54 5.90	3.86 5.02	3.35 4.35	2.94 3.82	2.61 3.39	2.34 3.04	2.12 2.75			
140	8.57 9.20	5.28 7.40	4.39 6.14	3.73 5.23	3.24 4.53	2.84 3.98	2.53 3.54	2.26 3.17	2.05 2.87	1.86 2.61		
150	8.37 9.55	5.12 7.66	4.25 6.38	3.62 5.43	3.13 4.70	2.75 4.13	2.45 3.67	2.19 3.29	1.98 2.98	1.80 2.71		
160	8.18 9.49	4.97 7.95	4.13 6.60	3.51 5.52	3.04 4.27	2.67 3.88	2.37 3.41	2.13 3.08	1.92 2.80	1.75 2.80		
170	8.01 10.21	4.83 8.21	4.01 6.82	3.41 5.80	2.96 5.03	2.60 4.42	2.31 3.92	2.07 3.52	1.87 3.18	1.70 2.89		
180	8.85 10.53	4.70 8.46	3.90 7.03	3.32 5.98	2.88 5.18	2.53 4.55	2.25 4.04	2.01 3.63	1.82 3.28	1.66 2.98		
190	8.58 8.70	3.81 7.23	3.24 6.15	2.81 5.33	2.46 4.68	2.19 4.26	1.96 3.73	1.78 3.37	1.62 3.07	1.55 3.07		
200	8.47 8.94	3.71 7.43	3.16 6.32	2.74 5.47	2.40 4.81	2.14 4.27	1.92 3.83	1.73 3.46	1.58 3.15	1.54 3.15		
210	8.37 9.17	3.63 7.62	3.09 6.48	2.67 5.62	2.35 4.93	2.09 4.38	1.87 3.93	1.69 3.55	1.54 3.23	1.54 3.23		
220	8.27 9.39	3.55 7.80	3.02 6.64	2.61 5.75	2.30 5.05	2.04 4.49	1.83 4.03	1.65 3.64	1.51 3.31	1.51 3.31		
230	8.18 9.61	3.47 7.98	2.95 6.79	2.56 5.89	2.25 5.17	2.00 4.59	1.79 4.12	1.62 3.72	1.47 3.39	1.47 3.39		
240	8.09 9.82	3.40 8.16	2.89 6.95	2.51 6.02	2.20 5.29	1.96 4.70	1.75 4.21	1.59 3.81	1.44 3.46	1.44 3.46		
250	8.33 8.34	2.84 7.09	2.46 6.14	2.16 5.40	1.92 4.80	1.72 4.30	1.56 3.89	1.42 3.54	1.42 3.54	1.42 3.54		
260	8.51 8.51	2.78 7.24	2.41 6.27	2.12 5.51	1.88 4.89	1.69 4.39	1.53 3.97	1.39 3.61	1.39 3.61	1.39 3.61		
270	8.67 8.67	2.73 7.38	2.37 6.39	2.08 5.62	1.85 4.99	1.66 4.47	1.50 4.04	1.36 3.68	1.36 3.68	1.36 3.68		
280	8.84 8.84	2.68 7.52	2.33 6.51	2.04 5.72	1.82 5.08	1.63 4.56	1.47 4.12	1.34 3.75	1.34 3.75	1.34 3.75		
290	9.00 9.00	2.64 7.65	2.29 6.63	2.01 5.83	1.78 5.18	1.60 4.64	1.45 4.20	1.32 3.82	1.32 3.82	1.32 3.82		
300	9.15 9.15	2.60 7.79	2.25 6.75	1.98 5.93	1.76 5.27	1.57 4.72	1.42 4.27	1.30 3.89	1.30 3.89	1.30 3.89		
310	9.31 9.31	2.56 7.92	2.21 6.86	1.94 6.03	1.73 5.36	1.55 4.80	1.40 4.34	1.27 3.95	1.27 3.95	1.27 3.95		
320	9.46 9.46	2.52 8.05	2.18 6.97	1.91 6.13	1.70 5.44	1.53 4.88	1.38 4.41	1.26 4.02	1.26 4.02	1.26 4.02		

Taulukko 13. Kuusikon kuutiokasvu. CMT ja MT, kerroin 0.9. Yläriivi: % kuutiomäärästä, alariivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 13. Volume increment of Norway spruce stands. Site types CMT and MT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

M <sup>3</sup> /HA	Ikä Age a											
	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125		
40	12.08 4.83	8.82 3.53	6.69 2.76									
50	11.37 5.69	8.39 4.14	6.61 3.31									
60	10.84 6.50	8.07 4.84	6.40 3.84	5.30 3.18								
70	10.42 7.29	7.81 5.47	6.24 4.37	5.19 3.64								
80	10.06 8.05	7.59 6.08	6.10 4.88	5.10 4.08	4.39 3.51							
90	9.76 8.78	7.41 6.67	5.98 5.38	5.03 4.52	4.34 3.91							
100	9.49 9.49	7.24 7.24	5.87 5.87	4.95 4.95	4.30 4.30	3.80 3.80						
110	9.24 10.17	7.09 7.80	5.77 6.58	4.89 5.38	4.25 4.68	3.77 4.15						
120	9.02 10.82	6.94 8.33	5.68 6.81	4.82 5.95	4.21 5.05	3.74 4.49	3.38 4.06					
130	8.80 11.44	6.81 8.85	5.58 7.26	4.76 6.18	4.16 5.41	3.71 4.83	3.36 4.37					
140	8.60 12.04	6.67 9.34	5.49 7.69	4.69 5.76	4.12 5.16	3.68 4.64	3.34 4.29					
150	8.40 12.61	6.55 9.82	5.40 8.10	4.63 6.03	4.07 5.47	3.64 4.57	3.31 4.15	3.04 3.75				
160	8.22 13.15	6.42 10.27	5.31 8.50	4.56 7.30	4.02 6.43	3.61 5.77	3.28 4.25	3.02 4.84	2.81 4.49	2.63 4.20		
170	8.29 10.70	5.22 8.87	4.23 7.63	3.96 6.74	3.56 6.06	3.26 5.53	3.00 5.09	2.79 4.74	2.61 4.44			
180	8.17 11.10	5.13 9.23	4.42 7.96	3.91 7.03	3.56 6.34	3.21 5.79	2.97 5.34	2.77 4.98	2.59 4.67			
190	8.03 9.56	4.95 6.26	3.85 7.32	3.47 6.60	3.18 6.04	2.94 5.58	2.74 5.20	2.57 4.89				
200	8.44 9.68	4.27 6.55	3.79 7.58	3.46 6.45	3.14 6.27	2.90 5.80	2.71 5.42	2.55 5.10				
210	8.44 10.17	4.20 6.41	3.73 7.83	3.37 7.08	3.09 6.49	2.86 6.02	2.68 5.62	2.52 5.29				
220	8.44 10.44	4.12 6.06	3.66 7.30	3.36 6.70	3.04 6.21	2.82 5.81	2.64 5.48	2.49 5.48				
230	8.46 10.69	4.04 6.29	3.59 7.27	3.26 7.49	2.89 6.89	2.78 6.39	2.60 5.99	2.45 5.65				
240	8.45 10.91	3.95 6.49	3.53 7.68	3.20 7.08	2.94 6.56	2.73 6.15	2.56 5.42	2.42 5.60				
250	8.44 11.11	3.87 6.98	3.45 8.03	3.14 7.84	2.89 7.22	2.69 6.71	2.52 6.30	2.38 5.93				
260	8.44 11.24	3.78 6.84	3.34 7.79	3.07 7.99	2.83 7.30	2.63 6.85	2.47 6.43	2.34 6.04				
270	8.44 9.98	3.70 6.92	3.30 8.16	3.01 7.48	2.77 6.97	2.58 6.54	2.42 6.19	2.29 6.04				
280	8.44 10.10	3.61 7.04	3.21 8.23	2.94 7.59	2.71 7.07	2.53 6.64	2.37 6.29	2.25 6.29				
290	8.44 10.21	3.56 7.13	3.15 8.32	2.87 7.68	2.65 7.16	2.47 6.73	2.32 6.20	2.20 6.20				
300	8.44 10.21	3.43 7.21	3.07 8.39	2.80 7.75	2.58 7.23	2.41 6.80	2.27 6.44	2.15 6.44				
310	8.44 9.27	2.49 6.45	2.73 8.45	2.52 7.80	2.35 7.28	2.21 6.85	2.09 6.49	2.09 6.49				
320	8.44 9.31	2.65 7.92	2.45 6.86	2.45 6.03	2.29 5.36	2.29 4.80	2.15 4.34	2.04 3.95				
330	8.44 9.33	2.63 8.51	2.58 7.87	2.38 7.35	2.23 6.94	2.10 6.56	1.99 6.16	1.99 6.16				
340	8.44 9.33	2.74 8.51	2.50 7.87	2.31 7.35	2.16 6.93	2.04 6.57	1.93 6.17	1.93 6.17				

Taulukko 12. Männikön kuutiokasvu, CT, kerroin 0.9. Yläriivi: % kuutiomäärästä, alariivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 12. Volume increment of Scotch pine stands. Site type CT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

M <sup>3</sup> /HA	Ikä Age a										
	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	
40	7.36 2.95	6.12 2.45	5.21 2.08								
50	7.04 3.52	5.85 2.92	4.97 2.49	4.31 2.15	3.79 1.89	3.30 1.68					
60	6.70 4.02	5.56 3.34	4.73 2.84	4.10 2.46	3.60 2.16	3.20 1.92	2.87 1.72	2.59 1.56	2.36 1.42	2.16 1.30	
70	6.37 4.46	5.30 3.71	4.51 3.15	3.90 2.73	3.43 2.40	3.05 2.13	2.73 1.91	2.47 1.73	2.25 1.57	2.06 1.44	
80	6.08 4.86	5.05 4.04	4.30 3.44	3.72 2.98	3.27 2.62	2.91 2.32	2.61 2.08	2.36 1.88	2.14 1.71	1.96 1.57	
90		4.83 4.34	4.11 3.70	3.56 3.20	3.13 2.81	2.78 2.50	2.49 2.24	2.25 2.03	2.05 1.84	1.88 1.69	
100		4.63 4.63	3.94 3.94	3.41 3.41	3.00 3.00	2.66 2.66	2.39 2.39	2.16 2.16	1.96 1.96	1.80 1.80	
110			3.78 4.16	3.28 3.60	2.88 3.17	2.56 2.81	2.29 2.52	2.07 2.28	1.89 2.08	1.73 1.90	
120			3.64 4.37	3.16 3.79	2.77 3.33	2.46 2.96	2.21 2.65	2.00 2.40	1.82 2.18	1.66 2.00	
130				3.05 3.96	2.68 3.48	2.38 3.09	2.13 2.77	1.93 2.51	1.75 2.28	1.61 2.09	
140				2.95 4.12	2.59 3.62	2.30 3.22	2.06 2.89	1.86 2.61	1.70 2.37	1.55 2.17	
150					2.51 3.76	2.23 3.34	2.00 3.00	1.81 2.71	1.64 2.47	1.50 2.26	
160					2.45 3.89	2.16 3.46	1.94 3.10	1.75 2.80	1.60 2.55	1.46 2.34	
170						2.10 3.57	1.88 3.20	1.70 2.90	1.55 2.64	1.42 2.41	
180						2.05 3.68	1.83 3.30	1.66 2.99	1.51 2.72	1.38 2.49	

Taulukko 14. Männikön kuutiokasvu seuraavana 5-vuotiskautena. MT ja VT, kerroin 0,9. Yläriivi: % alkukuutiosta, alariivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 14. Volume increment of Scotch pine stands in the next 5-year period. Site types MT and VT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of the initial volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

M <sup>3</sup> /ha	Ikä Age a											
	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	
40	15.88 6.35	11.61 4.64										
50	15.01 7.51	11.00 5.50	8.60 4.30	7.01 3.50								
60	14.12 8.47	10.37 6.22	8.13 4.88	6.63 3.98	5.57 3.34	4.77 2.86	4.16 2.50					
70	13.30 9.31	9.79 6.85	7.68 5.38	6.28 4.39	5.27 3.69	4.52 3.17	3.95 2.76					
80	12.56 10.05	9.27 7.61	7.28 5.82	5.95 4.76	5.01 4.01	4.30 3.44	3.75 3.00	3.31 2.65				
90	11.90 10.71	8.80 7.92	6.92 6.23	5.66 5.10	4.77 4.29	4.09 3.69	3.57 3.22	3.16 2.84				
100	11.31 11.31	8.38 8.38	6.60 6.60	5.41 5.41	4.55 4.55	3.91 3.91	3.42 3.42	3.02 3.02	2.70 2.70			
110	10.79 11.87	8.00 8.80	6.31 6.94	5.17 5.69	4.36 4.80	3.75 4.12	3.27 3.60	2.89 3.18	2.59 2.84			
120	10.32 12.38	7.67 9.20	6.05 7.26	4.97 5.96	4.19 5.02	3.60 4.32	3.15 3.77	2.78 3.34	2.49 2.98			
130	7.37 9.58	5.82 7.57	4.78 6.21	4.03 5.24	3.47 4.51	3.03 3.94	2.68 3.48	2.40 3.11	2.16 2.81			
140	7.10 9.93	5.61 7.85	4.61 6.45	3.89 5.44	3.35 4.68	2.92 4.09	2.59 3.62	2.31 3.24	2.08 2.92	1.89 2.65		
150	6.85 10.27	5.42 8.13	4.45 6.68	3.76 5.64	3.24 4.85	2.83 4.24	2.50 3.76	2.24 3.36	2.02 3.03	1.83 2.75		
160	6.62 10.60	5.24 8.39	4.31 6.90	3.64 5.82	3.13 5.02	2.74 4.39	2.43 3.88	2.17 3.47	1.96 3.13	1.78 2.84		
170	6.42 10.91	5.08 8.64	4.18 7.11	3.53 6.00	3.04 5.17	2.66 4.52	2.36 4.00	2.11 3.58	1.90 3.23	1.72 2.93		
180	6.23 11.21	4.94 8.88	4.06 7.31	3.43 6.18	2.96 5.32	2.59 4.65	2.29 4.29	2.05 3.69	1.85 3.32	1.68 3.02		
190		4.80 9.12	3.95 7.51	3.34 6.34	2.88 5.47	2.54 4.78	2.23 4.24	1.99 3.79	1.80 3.42	1.63 3.10		
200		4.67 9.35	3.85 7.70	3.25 6.51	2.80 5.61	2.45 4.91	2.17 4.35	1.94 3.89	1.75 3.51	1.59 3.19		
210		4.56 9.57	3.75 7.88	3.17 6.66	2.74 5.74	2.39 5.03	2.12 4.65	1.90 3.98	1.71 3.59	1.55 3.26		
220		4.45 9.78	3.66 8.06	3.10 6.82	2.67 5.88	2.34 5.14	2.07 4.56	1.85 4.08	1.67 3.68	1.52 3.34		
230		4.34 9.99	3.58 8.24	3.03 6.97	2.61 6.01	2.29 5.26	2.03 4.66	1.81 4.17	1.64 3.76	1.49 3.42		
240		4.25 10.20	3.50 8.41	2.96 7.11	2.56 6.13	2.24 5.37	1.98 4.74	1.77 4.26	1.60 3.84	1.45 3.43		
250			3.43 8.57	2.90 7.26	2.50 6.26	2.19 5.48	1.96 4.86	1.74 4.35	1.57 3.92	1.43 3.56		
260			3.36 8.74	2.84 7.40	2.45 6.38	2.15 5.59	1.90 4.95	1.70 4.43	1.54 4.00	1.40 3.63		
270			3.30 8.90	2.79 7.53	2.41 6.50	2.11 5.69	1.87 5.05	1.67 4.52	1.51 4.08	1.37 3.70		
280			3.23 9.06	2.74 7.67	2.36 6.62	2.07 5.80	1.83 5.14	1.64 4.60	1.48 4.15	1.35 3.77		
290			3.18 9.21	2.69 7.80	2.32 6.73	2.03 5.90	1.80 5.23	1.61 4.68	1.46 4.22	1.32 3.84		
300			3.12 9.37	2.64 7.93	2.28 6.85	2.00 6.00	1.77 5.32	1.59 4.76	1.43 4.30	1.30 3.90		
310			3.07 9.52	2.60 8.06	2.24 6.96	1.97 6.10	1.74 5.40	1.56 4.84	1.41 4.37	1.28 3.97		
320			3.02 9.66	2.56 8.19	2.21 7.07	1.93 6.19	1.72 5.49	1.54 4.92	1.39 4.44	1.26 4.03		

Taulukko 16. Kuusikon kuutiokasvu seuraavana 5-vuotiskautena. OMT ja MT, kerroin 0,9. Yläriivi: % alkukuutiosta, alariivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 16. Volume increment of Norway spruce stands in the next 5-year period. Site types OMT and MT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of the initial volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

M <sup>3</sup> /ha	Ikä Age a											
	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125		
40	14.10 5.64	9.87 3.95	7.51 3.01									
50	13.13 6.56	9.32 4.66	7.18 3.59									
60	12.42 7.45	8.92 5.35	6.94 4.16	5.66 3.40								
70	11.86 8.30	8.61 6.03	6.75 4.72	5.54 3.88								
80	11.40 9.12	8.35 6.08	6.59 5.27	5.44 4.36	4.65 3.72							
90	11.01 9.91	8.13 7.32	6.45 5.81	5.36 4.82	4.59 4.13							
100	10.66 10.66	7.93 7.93	6.33 6.33	5.28 5.28	4.54 4.54	3.99 3.99						
110	10.35 11.39	7.74 8.52	6.21 6.83	5.20 5.72	4.49 4.94	3.96 4.36						
120	10.07 12.08	7.57 9.09	6.10 7.32	5.13 6.16	4.44 5.33	3.93 4.72	3.54 4.24					
130	9.80 12.74	7.41 9.63	5.99 7.79	5.06 6.58	4.40 5.71	3.90 5.07	3.52 4.57					
140	9.54 13.36	7.25 10.15	5.89 8.25	4.99 6.98	4.34 6.08	3.86 5.41	3.49 4.89	3.19 4.47				
150	9.30 13.95	7.10 10.65	5.79 8.68	4.91 7.37	4.29 6.44	3.83 5.74	3.46 5.20	3.17 4.76				
160	9.07 14.51	6.95 11.12	5.68 9.09	4.84 7.74	4.24 6.78	3.76 6.05	3.43 5.49	3.15 5.04	2.92 4.67	2.73 4.36		
170		6.80 11.56	5.58 9.48	4.76 8.09	4.18 7.10	3.74 6.36	3.40 5.78	3.12 5.31	2.90 4.93	2.71 4.61		
180		6.65 11.98	5.47 9.85	4.68 8.43	4.12 7.41	3.69 6.64	3.36 6.05	3.09 5.57	2.87 5.17	2.69 4.45		
190			5.36 10.19	4.60 8.74	4.05 7.70	3.64 6.91	3.32 5.32	3.06 5.81	2.85 5.41	2.67 5.07		
200			5.26 10.51	4.52 9.03	3.98 7.97	3.58 7.17	3.27 6.55	3.02 6.04	2.82 5.63	2.64 5.28		
210			5.15 10.81	4.43 9.30	3.92 8.22	3.53 7.41	3.22 6.77	2.98 6.26	2.78 5.84	2.61 5.49		
220			5.03 11.07	4.34 9.55	3.84 8.45	3.47 7.63	3.17 6.38	2.94 6.46	2.74 5.73	2.58 5.67		
230			4.92 11.32	4.25 9.78	3.77 8.67	3.40 7.83	3.12 7.17	2.89 6.65	2.70 6.21	2.54 5.85		
240			4.81 11.54	4.16 9.98	3.69 8.86	3.34 8.01	3.06 7.35	2.84 6.81	2.66 6.37	2.50 6.01		
250			4.69 11.73	4.06 10.16	3.61 9.03	3.27 8.17	3.00 7.50	2.79 6.97	2.61 6.52	2.46 6.15		
260			4.57 11.89	3.97 10.32	3.53 9.18	3.20 8.32	2.94 7.64	2.73 7.10	2.56 6.65	2.41 6.28		
270			3.87 10.45	3.45 9.31	3.13 8.44	3.22 7.76	2.88 7.22	2.67 6.77	2.51 6.39	2.37 6.39		
280			3.77 10.56	3.36 9.41	3.05 8.55	2.81 7.32	2.61 7.32	2.61 6.87	2.45 6.49	2.32 6.49		
290			3.67 10.65	3.28 9.50	2.98 8.63	2.74 7.95	2.55 7.40	2.40 6.95	2.26 6.57	2.26 6.57		
300			3.57 10.71	3.19 9.57	2.90 8.70	2.67 7.47	2.49 7.47	2.34 7.01	2.21 6.63	2.21 6.63		
310			3.10 9.61	2.82 8.74	2.60 8.06	2.42 7.51	2.26 7.06	2.21 7.06	2.16 6.66	2.16 6.66		
320			3.01 9.64	2.74 8.77	2.53 8.09	2.36 7.55	2.22 7.22	2.22 7.22	2.10 6.72	2.10 6.72		
330			2.92 9.64	2.66 8.78	2.46 8.11	2.29 7.56	2.15 7.11	2.04 6.73	2.04 6.73	2.04 6.73		
340			2.83 9.63	2.58 8.77	2.38 8.10	2.22 7.56	2.09 7.11	1.96 6.74	1.96 6.74	1.96 6.74		

Taulukko 15. Männikön kuutiokasvu seuraavana 5-vuotiskautena. CT, kerroin 0.9. Yläriivi: % alkukuutiosta, alarivi: m<sup>3</sup>/ha/a.

Table 15. Volume increment of Scotch pine stands in the next 5-year period. Site type CT, multiplier 0.9. Upper row: percentage of the initial volume, lower row: m<sup>3</sup>/ha/a.

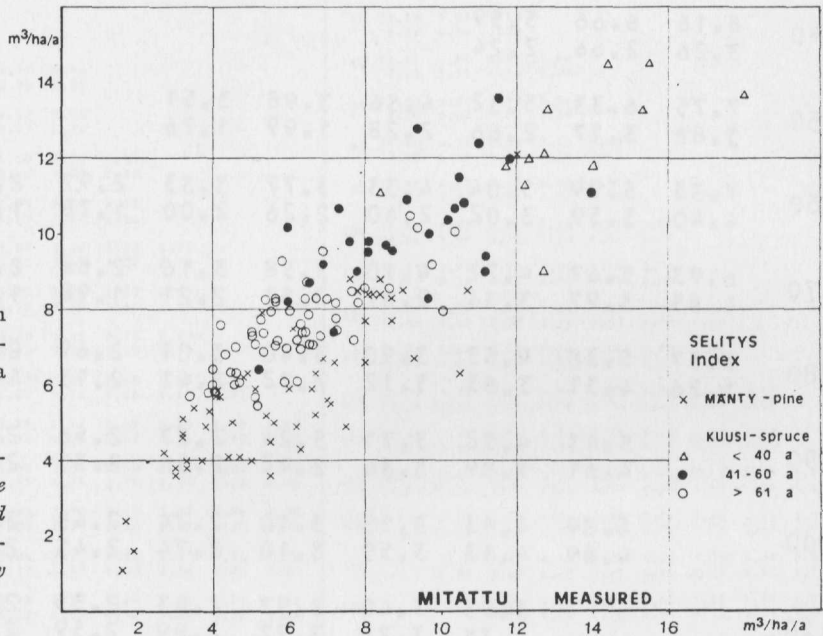
	Ikä Age a									
M <sup>3</sup> /HA	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135
40	8.16 3.26	6.66 2.66	5.59 2.24							
50	7.75 3.88	6.33 3.17	5.32 2.66	4.56 2.28	3.98 1.99	3.51 1.76				
60	7.33 4.40	5.99 3.59	5.04 3.02	4.33 2.60	3.77 2.26	3.33 2.00	2.97 1.78	2.68 1.61	2.43 1.46	2.22 1.33
70	6.93 4.85	5.67 3.97	4.77 3.34	4.10 2.87	3.58 2.51	3.16 2.21	2.82 1.98	2.54 1.78	2.31 1.62	2.11 1.47
80	6.57 5.26	5.38 4.31	4.53 3.63	3.90 3.12	3.40 2.72	3.01 2.41	2.69 2.15	2.42 1.94	2.20 1.76	2.00 1.60
90		5.13 4.61	4.32 3.89	3.71 3.34	3.24 2.92	2.87 2.58	2.56 2.31	2.31 2.08	2.10 1.89	1.91 1.72
100		4.89 4.89	4.13 4.13	3.55 3.55	3.10 3.10	2.74 2.74	2.45 2.45	2.21 2.21	2.00 2.00	1.83 1.83
110			3.95 4.35	3.40 3.74	2.97 3.27	2.63 2.89	2.35 2.59	2.12 2.33	1.92 2.12	1.76 1.93
120			3.80 4.56	3.27 3.92	2.86 3.43	2.53 3.03	2.26 2.71	2.04 2.44	1.85 2.22	1.69 2.03
130				3.15 4.09	2.75 3.58	2.44 3.17	2.18 2.83	1.96 2.55	1.78 2.32	1.63 2.12
140				3.04 4.25	2.66 3.72	2.35 3.29	2.10 2.94	1.90 2.66	1.72 2.41	1.57 2.20
150					2.57 3.86	2.28 3.41	2.04 3.05	1.84 2.75	1.67 2.50	1.52 2.29
160					2.49 3.99	2.21 3.53	1.97 3.16	1.78 2.85	1.62 2.59	1.48 2.36
170						2.14 3.64	1.92 3.26	1.73 2.94	1.57 2.67	1.43 2.44
180						2.08 3.75	1.86 3.35	1.68 3.03	1.53 2.75	1.40 2.51

silla koealoilla on laskettu kasvun kairaus-  
ten perusteella seuraavan 5-vuotiskauden  
keskimääräinen vuotuinen kasvu. Periaate,  
jolla edellisen kauden sädekasvu on proji-  
sioitu tulevalle kaudelle, vaihtelee jonkin ver-  
ran, mutta ainakin kaikissa enintään 40-  
vuotiaissa kuusikoissa on edellytetty poik-

kileikkauspinnan kasvun pysymistä ennal-  
laan. Koealoille saatuja kasvatuloksia ei  
ole korjattu vuosilustoindeksien avulla.

Arvioitaessa koealametsiköiden kasvu nyt  
laadittujen yhtälöiden tai taulukoiden avulla  
on lähtökohtana ollut mittausten osoittama  
kunkin metsikön ikä ja kuutiomäärä sekä

YHTÄLÖ FUNCTION



Kuva 10. Yhtälöillä  
saadun ja kairauksiin  
perustuvan kuutiokas-  
vun korrelaatio uudessa  
aineistossa.

Fig. 10. Correlation  
between the volume in-  
crement given by the  
present functions and  
that given by the incre-  
ment borings in new  
study material.

Taulukko 17. Kasvuarvioiden vertailu.  
Table 17. Comparison of the increment estimates.

Aineisto Material	n	$\frac{\Sigma \hat{y}}{n}$ m³/ha/a	$\frac{\Sigma 100 \cdot \frac{\hat{y}-y_i}{\hat{y}}}{n}$ %	$\sqrt{\frac{\Sigma (100 \cdot \frac{\hat{y}-y_i}{\hat{y}})^2}{n-1}}$ %
Männiköt — Pine stands	57	5.80	+ 1.1	25.7
Kuusikot ≤ 40 a	12	12.37	+ 8.2	19.0
Spruce stands 41-60 a	27	9.97	- 9.6	19.2
≥ 61 a	59	7.57	- 18.3	23.7

Selitys — Explanation

$\hat{y}$  = yhtälöllä saatu ensi 5-vuotiskauden keskimääräinen kuutiokasvu tasokorjattuna  
volume increment in the next 5-year period, given by the function

$y_i$  = vastaava kasvu kairaussten perusteella  
corresponding result from the increment borings

n = tapausten lukumäärä — number of cases



metsikön sijainnista riippuen joko 0.85 tai 0.9 kasvun tason korjauskertoimenä. Yleiskuva tuloksista saadaan kuvasta 10 ja taulukosta 17, joissa eri ikäiset männiköt ovat yhtenä ryhmänä sekä runsaampi ja niistä poikkeavia piirteitä osoittava kuusikoaineisto kolmena ryhmänä. Männiköissä ei esiinny mainittavaa systemaattista poikkeamaa, kun taas nuorissa kuusikoissa kairauksiin perustuva tulos keskimäärin on yhtälöllä saatua suurempi, mutta keskiikäisissä ja erityisesti vanhanpuoleisissa kuusikoissa keskimäärin pienempi kuin yhtälöllä saatu. Vm. metsiköissä erotus on absoluuttisena 1.4 m<sup>3</sup>/ha/a nostaen esiin kysymyksen siitä, johtavatko nyt laaditut yhtälöt ja taulukot kaikesta huolimatta kasvun systemaattiseen yliarviointiin varttuneissa kuusikoissa. Viimeisessä sarakkeessa esitettyjä arvion keskivirheitä lienee pidettävä kohtuullisina varsinkin, kun niihin sisältyy myös systemaattinen virhe. Toisaalta virheillä todellisuudessa on pyrkimys nousta suuremmiksi mittausvirheiden johdosta. Varsinkin metsikön iän määrittämiseen liittyy lisäksi systemaattisen virheen vaara.

Tämän tutkimuksen käsikirjoituksen ollessa jo pääosiltaan valmiina ilmestyivät GUSTAVSENIN (1977) laatimat, valtakunnan metsien 3. inventoinnissa koottuun aineistoon perustuvat kasvuyhtälöt. Selitettävänä

tunnuksena on ollut seuraavan 5-vuotijakson kuutiokasvuprosentti, ja yhtälöitä on laadittu mänty-, kuusi- ja koivuvaltaisille metsiköille koko maassa ja laajajakoilla osaluueilla erilaiset kasvupaikat yhdistäen. Arvion keskivirhe esim. Etelä-Suomen yhtälöissä on n. 30 %, kun se edellä todettiin n. 17 %:ksi vastaavissa tämän tutkimuksen yhtälöissä. Kun otetaan huomioon, että valtakunnan metsien inventoinnin koelat on valittu systemaattisesti ja ovat kooltaan pienehköjä, mainittu ero käy ymmärrettäväksi. Kuitenkaan inventointiin perustuvien yhtälöiden suurenpuoleinen jäännöshajonta ei välttämättä merkitse epätarkkoja tuloksia kasvun arvioinnissa. Käsitteksen saamiseksi eri yhtälöiden keskinäisestä suhteesta on taulukkoon 18 laskettu jo taulukossa 17 esitetyt tunnuksat käyttämällä vertailussa osaa vm. taulukon aineistosta. Kuusikoiden osalta eri yhtälöillä saadut tulokset ovat miltei identtiset, kun taas männiköissä kairauksiin perustuvat, mitatut kasvut ovat keskimäärin 16 % pienempiä kuin inventointiin perustuvilla yhtälöillä saadut tulokset, mutta runsaat 5 % suurempia kuin tämän tutkimukset yhtälöiden antamat tulokset. Vastaavasti arvion keskivirhekin on inventointiin perustuvilla yhtälöillä tullut suuremmaksi.

Kuvat 11 ja 12 osoittavat, mikä on ensi 5-

Taulukko 18. Kasvuyhtälöiden vertailu.

Table 18. Comparison of the increment functions.

Aineisto Material	Rivi Row	n	$\frac{\hat{\Sigma y}}{n}$ m <sup>3</sup> /ha/a	$\frac{\Sigma 100 \cdot \frac{\hat{y}-y_i}{\hat{y}}}{n}$ %	$\sqrt{\frac{\Sigma (100 \cdot \frac{\hat{y}-y_i}{\hat{y}})^2}{n-1}}$ %
Männiköt	1	28	7.39	-16.3	28.4
Pine stands	2	28	5.86	+ 5.6	22.5
Kuusikot	3	42	8.12	-14.0	24.5
Spruce stands	4	42	8.20	-14.1	24.0

Selitys — Explanation

Rivit 1 ja 3: Gustavsen'in (1977, s. 25–26) taulukoista saadut tulokset.

Row 1 and 3: Results based on Gustavsen (1977, p. 25–26).

Rivit 2 ja 4: Tämän tutkimuksen taulukoista 14–16 saadut tulokset.

Row 2 and 4: Results based on Tables 14 to 16 of the present paper.

Muut selitykset, ks. taul. 17 s. 30.

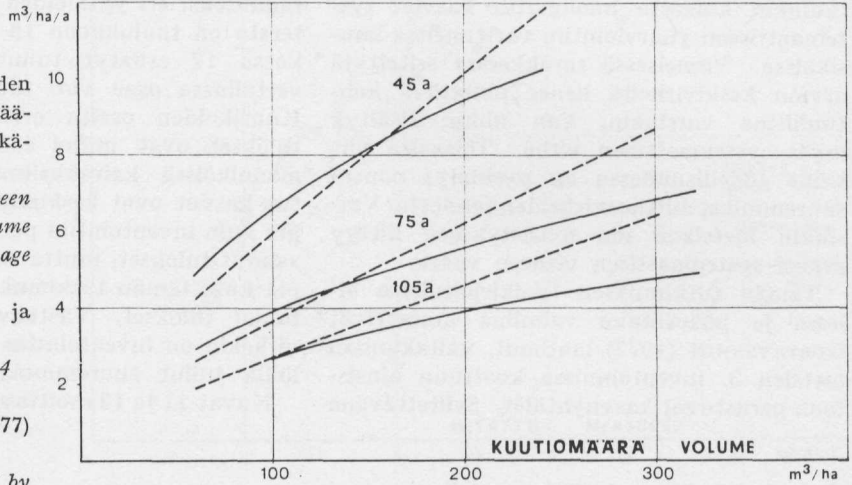
Other explanations, see Table 17 p. 30.

vuotiskauden keskimääräinen vuotuinen kuutiokasvu kuutiomäärän funktiona eräissä ikäluokissa. Alhaisimpia kuutiomääriä lukuun ottamatta männiköiden kasvu saadaan inventointiin perustuvilla yhtälöillä suuremmaksi kuin tämän tutkimuksen yhtälöillä, mikä sopii yhteen myös taulukkoon 18 perustuvien, edellä jo mainittujen tulosten kanssa. Kuusikoiden kasvun tasosta molemmat tutkimukset antavat likipitään saman kuvan.

Toinen mielenkiintoinen piirre, joka kuvista 11 ja 12 on nähtävissä inventointiin

perustuvien yhtälöiden antamia tuloksia tarkasteltaessa, on kasvun jatkuva verraten suoraviivainen lisääntyminen kuutiomäärän suuretessa. Pohjoisemmilla osa-alueilla ko. suoraviivaisuus on mainitussa Gustavsenin tutkimuksessa vielä selvempi kuin Etelä-Suomessa. Nämä tulokset erottuvat, paitsi nyt saaduista tuloksista, myös niistä yleisistä kasvun ja kuutiomäärän korrelaatiota koskevista piirteistä, joita esim. ASSMANN (1961) on selostanut. Pääasiallisena syynä inventointiin perustuvien yhtälöiden antamaan poikkeavaan kuvaan lienee koalojen

KASVU INCREMENT

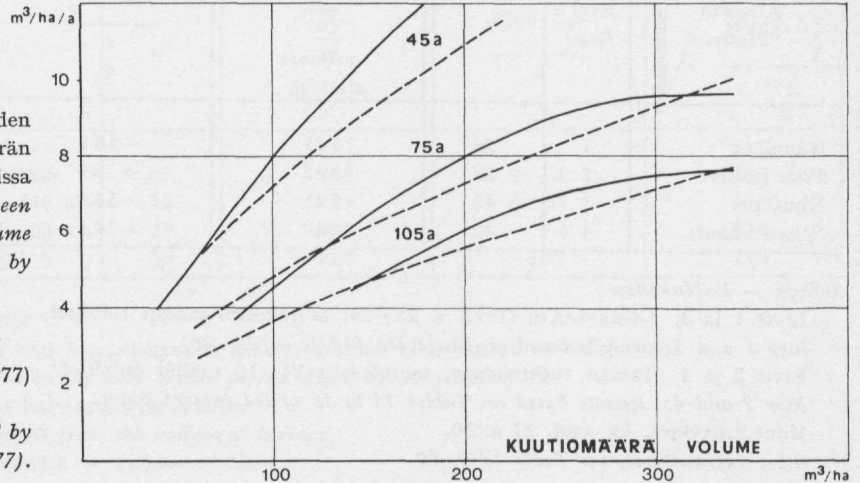


Kuva 11. Männiköiden kasvun ja kuutiomäärän suhde eräissä ikäluokissa.

Fig. 11. Ratio between the increment and volume in pine stands, by age classes.

— Taulukoilla 14 ja 15  
From Tables 14 and 15  
--- Gustavsenin (1977) yhtälöllä 5.  
From function 5 by Gustavsen (1977).

KASVU INCREMENT



Kuva 12. Kuusikoiden kasvun ja kuutiomäärän suhde eräissä ikäluokissa.

Fig. 12. Ratio between the increment and volume in spruce stands, by age classes.

— Taulukolla 16  
From Table 16  
--- Gustavsenin (1977) yhtälöllä 8  
From function 8 by Gustavsen (1977).

pienlainen koko ja kuutiomäärien vaihtelu. Suurikuutioisten koe alojen puusto käyttää kasvaakseen myös harvemman ympäryspuuston vallassa olevaa aluetta ja vähäkuutioisissa koealametsikoissa tiheämpi ympärillä oleva puusto kilpailullaan pienentää varsinaisen koealan puuston kasvua. Näin syntyneeseen vinoutumaan on tietenkin kiinnitettävä huomiota yhtälöitä sovellettaessa.

Kuva 13 osoittaa vielä pääpiirteet siitä, miten männiköiden ja kuusiköiden kuutiokasvuprosentti on riippuvainen metsikön iästä ja kuutiomäärästä nyt laadittujen yhtälöiden mukaan.

#### 45. Soveltamiskohteet

Tutkimuksen tuloksina valmistuneet yhtälöt ja taulukot on laadittu ensi sijassa metsikön arvokasvun määrittämistä varten. Tulosten soveltamista tähän tarkoitukseen selvitetään myöhemmässä julkaisussa.

Hakkuulaskelmat muodostavat tulosten käytön toisen kohteen. Erityisesti sillä seikalla, että kasvun arviointi metsikön iän ja kuutiomäärän eri tasoilla käy entistä luotettavammin, on tärkeä merkitys hakkuulaskelmissa. Myös tulevan kasvun arviointimahdollisuudella voi olla merkitystä tämän yhteydessä. Mitä tulosten käyttöön nimenomaan tavoitehakkuulaskelmassa (KUUSELA ja NYSSÖNEN 1962) tulee, voidaan niistä koituvaa hyötyä pitää huomata-

tavana. Kasvatettavista ikä- tai kehitysluokista saatava hakkuumäärä (S) on tähän mennessä määrätynyt seuraavasti:

$$S = k \cdot 1.0 p^{n/2} - \frac{K}{1.0 p^{n/2}}$$

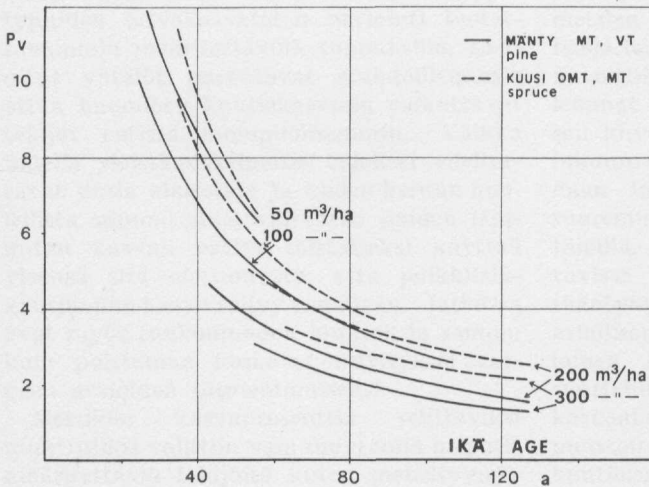
missä  $k$  = alkupuusto,  $K$  = loppupuusto,  $p$  = kasvuprosentti ja  $n$  = laskentajakson pituus, tavallisesti 20 vuotta. Vaikeutena on ollut hakea sopiva keskimääräinen kasvuprosentti. Nyt saadut tulokset tarjoavat mahdollisuuden määrittää tämä prosentti entistä varmemmin, mutta yksinkertaisempaa näyttäisi olevan välttää koko prosentti ja käyttää sen sijaan kuutiometreinä ilmaistavaa kasvua. Edellistä kaavaa vastaten laskentajakson puolivälissä tapahtuvaksi ajateltu hakkuu laskettaisiin kaavalla

$$S = k + I - K$$

missä  $I$  = laskentajakson kasvu. Hehtaaria ja vuotta kohti se saadaan esim. taulukoista 11–13 puoliksi nykypuuston, puoliksi tavoitepuuston iän ja kuutiomäärän avulla.

Kolmannen laajan soveltamiskohteen tarjoaa metsän kasvun arviointi yleensä. Niin pienillä kuin suurillakin alueilla voidaan kokonaiskasvun arvioinnissa odottaa parhaita tuloksia silloin, kun sekä mäntyä että kuusta on esim. 1/4–1/2 puustosta, eri puulajit kasvavat pääosin luontaisilla kasvupaikoillaan ja myöskään puuston ikärakenne ei ole

#### KASVU INCREMENT



Kuva 13. Männiköiden ja kuusiköiden vuotuinen kuutiokasvuprosentti iän ja kuutiomäärän funktiona.

Fig. 13. Annual volume-increment percentage of pine and spruce stands as a function of age and volume.

kovin poikkeuksellinen. Rajoitetusti esiintyville lehtipuille voidaan käyttää männyn kasvulukuja.

Vielä on mainittava inventoinnilla hankitun, metsää koskevan informaation ajantasaistus. Metsätalouden suunnittelussa on jatkuvasti ajan tasalla olevien tietojen merkitys voimakkaasti kasvamassa (Nyyssönen 1978). Inventoinnissa saadun kuutiomäärän ja erikseen selvitetyn poistuman lisäksi ajantasaistuksessa on tarpeen kasvu, minkä arviointiin tämän tutkimuksen tulokset luontuvat hyvin.

Varovaisuus on tarpeen tulosten perusteella tehtävässä eri puulajien kasvun keskinäisessä vertailussa. Tämä koskee lähinnä mustikkatyyppejä, joka on mäntyä ja kuusta

koskevien tulosten yhteistä aluetta. On huomattava, että männiköiden MT:lle soveltuvia kasvuyhtälöitä laadittaessa VT:n koealat ovat painaneet eniten, eri metsätyypeillä mitattujen koealojen lukumäärien suhteen ollessa  $OMT:MT:VT = 2:5:9$ . Kuusikoiden vastaavia yhtälöitä laadittaessa taas suhdellut ovat  $OMT:MT = 5:4$ .

Lisäksi näyttäisi olevan tarpeen varoa tekemästä tulosten perusteella pitkälle meneviä päätelmiä metsikön iän ja kuutiomäärän vaikutuksesta kuutiokasvuun nimenomaan kuusikoissa. Vihdoin on huomattava, että laaditut yhtälöt ja taulukot eivät korjaamatta kuvaa lannoitettujen metsikön kasvua.

## 5. YHDISTELMÄ JA PÄÄTELMÄ

Tutkimuksessa on käsitelty lähiajan kasvun arviointia Suomen eteläpuoliskon männiköissä ja kuusikoissa käyttämällä sekä metsikön tunnuksiin nojaavia menettelytapoja että yksityiskohtaisia runkolukusarjaan ja kasvun kairaukseen perustuvia laskelmia. Tutkimus muodostaa osan Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa käynnissä olevista metsikön arvokasvua koskevista selvityksistä. Tutkimusaineistot on pääosin kerätty aiemmin julkaistuja tutkimuksia varten, mutta myös uusia metsikkökoaloja on mitattu sekä käytetty metsäntutkimuslaitoksen kestokokeista ja metsänarvioimisen harjoitustöistä peräisin olevia mittaustuloksia. Metsikkökohdaiset laskelmat perustuvat kaikkiaan 352 männikköön ja 146 kuusikkoon, puukohdaiset laskelmat taas 1 404 mäntyyn ja 497 kuuseen.

Parhaissa puun läpimitan kasvua seuraavan 5-vuotiskauden aikana kuvaavissa yhtälöissä arvion keskivirhe on n. 30 %. Metsikkötunnusten lukumäärän vähentäminen tai jopa poistaminen suurentaa virhettä verraten vähän, mikäli aiempi sädekasvu säilyy selittävänä muuttujana. Tämän poisjääminen heikentää arvion luotettavuutta selvästi molemmilla puulajeilla. Edellisen 5-vuotiskauden pituuskasvulla ei näyttäisi olevan suurta merkitystä selittävänä muuttujana, mikä viittaa mahdollisuuteen korvata pystypuiden latvakasvainten arviointi luotettavammin määritettävillä tunnuksilla. Laaditut yhtälöt parantavat mahdollisuuksia ottaa huomioon kuutiokasvuun vaikuttavat tekijät entistä monipuolisemmin. Vaikka todella yleistämiskelpoiset tulokset edellyttävät uusia aineistoja ja niiden keruun huolellista suunnittelua, voitaneen puiden läpimitan kasvun osalta toistaiseksi käyttää yleensä sitä olettamusta, että poikkileikkauspinnan kasvu säilyy ennallaan. Jatkossa ovat myös runkomuodon muutoksia samoin kuin poistumaa koskevat selvitykset tarpeen arvioiden täsmentämiseksi.

Metsikön kasvuprosenttia selittäviksi muuttujiksi valittiin vain muutamia helposti määritettäviä tekijöitä kuten metsätyyppi,

puulaji, metsikön ikä ja kuutiomäärä ynnä keskiläpimita, jolla on tärkeä merkitys arvokasvun kannalta. Arvion keskivirhe laadituissa yhtälöissä on tasoa 17 %. Jotta olisi saatu käsitys siitä, ovatko nyt kysymyksessä olevat huolellisesti valikoituihin koaloihin perustuvat tulokset yleistettävissä, laskettiin valtakunnan metsien 6. inventoinnissa kertyneen aineiston nojalla havupuuvältaisten metsien kasvut piiri-metsälautakunnittain myös nyt laadituilla yhtälöillä. Ottamalla lisäksi huomioon kasvun ilmastollinen vaihtelu vuosilustoindeksien perusteella antoi vertailu sen tuloksen, että inventoinnissa mitattu kasvu oli keskimäärin 85 % yhtälöillä saadusta kasvusta. Yksityiskohtaisessa tarkastelussa muodostettiin kolme tasoltaan erilaista aluetta, joille laskettiin omat korjauskertoimensa. Julkaisuun sisältyvät pääosalle maan eteläpuoliskoa sellaisinaan soveltuvat metsikön nykykasvun sekä tulevan kasvun arviointitaulukot. Muilla alueilla taulukoiden kasvuluvuista on tehtävä tietyt vähennykset.

Sovellettaessa tuloksia uuteen koalaineistoon esiintyivät merkittävimmät systemaattiset poikkeamat varttuneissa kuusikoissa herättäen kysymyksen siitä, johtavatko yhtälöt ja taulukot niissä kaikesta huolimatta kasvun systemaattiseen yliarviointiin. Verrattaessa keskenään nyt saatuja ja GUSTAVSENIN (1977) valtakunnan metsien 3. inventoinnin koalojen perusteella laatimien yhtälöiden antamia tuloksia havaittiin, että kuusikoiden kasvusta molemmat tutkimukset antavat samankaltaisen kuvan, mutta alhaisimpia kuutiomääriä lukuun ottamatta männiköiden kasvu saadaan inventointiin perustuvilla yhtälöillä suuremmaksi kuin tämän tutkimuksen yhtälöillä. Toinen piirre inventointiin perustuvissa yhtälöissä on kasvun jatkuva lisääntyminen kuutiomäärän suuretessa. Pääasiallisena syynä lienee koalojen pieneläinen koko ja kuutiomäärien vaihtelu: suurikuutioisten koalojen puusto käyttää kasvaakseen myös harvemman ympäryspuuston vallassa olevaa aluetta ja vähäkuutioisissa koalametsiköissä tiheämpi ym-

päriillä oleva puusto kilpailullaan pienentää varsinaisen koelan puuston kasvua.

Tutkimus on valmistettu ensi sijassa metsikön arvokasvun määrittystä varten. Muista soveltamiskohteista voidaan mainita hakkuulaskelmien laatiminen; esim. tavoitehakkuulaskelman tekoon tutkimuksessa saadut tulokset antavat uutta joustavuutta ja varmuutta. Tulokset ovat käytettävissä myös yhä tärkeämmäksi tulevassa metsän inventointitietojen ajantasaisuudessa sekä metsän kasvun arvioinnissa yleensä. Kyseisessä arvioinnissa nyt laadittujen yhtälöiden ja taulukoiden avulla on luotettavien tulosten todennäköisyys suurin silloin, kun

kasvupaikkojen, puulajien ja ikäluokkien jakautuma ei ole kovin poikkeuksellinen.

Tutkimuksen päätarkoituksena on ollut parantaa metsikön lähiajan kasvun arvioinnin mahdollisuuksia. Metsikön kasvuyhtälöiden osalta tuleva kehittämistarve näyttäisi kohdistuvan lähinnä kuusikoita ja samalla näiden ja männiköiden keskinäistä suhdetta sekä lannoitettuja metsiköitä koskeviin kysymyksiin. Lisäksi ansainnee tutkia sellaista metsikköyhtälöiden vaihtoehtoa, jossa aiempi sädekasvu on yhtenä selittäjänä muuttujana, mikä puuyhtälöistä saatujen viitteiden perusteella näyttäisi johdettavan parempiin arvioihin.

## KIRJALLISUUTTA

- ASSMANN, E. 1961. Waldetragskunde. München 490 s.
- BRAASTAD, H. 1974. Diametertilvekstfunksjoner for gran. Summary: Diameter increment functions for *Picea abies*. Medd. Norsk Inst. Skogsforsk. 31(1). 74 s.
- BRUCE, D. 1977. Yield differences between research plots and managed forests. For. 75: 14–17.
- DAVIS, K. P. 1966. Forest management: regulation and valuation. 2nd ed. New York. 519 s.
- ERIKSSON, H. 1967. En jämförelse mellan produktionen på fasta försöksytor och i hela bestånd. Summary: A comparison between the yield figures for permanent sample plots and those for the stand as a whole. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. Nr. 14. 71 s.
- » — 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. Nr. 41. 291 s.
- Forest management tables (metric). 1971. Revised by G. J. Hamilton & J. M. Christie. Forestry Commission Booklet No. 34. London. 201 s.
- FRIES, J. 1964. Värtbjörkens produktion i Svealand och södra Norrland. Summary: Yield of *Betula verrucosa* Ehrh. in middle Sweden and southern north Sweden. Acta For. Suec. 14. 303 s.
- GUSTAVSEN, H. G. 1977. Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt. Abstract: Finnish volume increment functions. Folia For. 331. 37 s.
- HEIKURAINEN, L. 1971. Virgin peatland forests in Finland. Acta Agr. Fenn. 123: 11–25.
- ILVESSALO, Y. 1939. Mitä metsä voi tuottaa? Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki 15 s.
- » — 1948. Pystypuiden kuutiomis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki. 148 s.
- » — 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo—Helsinki. 400 s.
- JONSON, T. 1928. Några nya metoder för beräkning av stamvolym och tillväxt hos stående träd. Summary: Some new methods for calculating volume and increment of standing timber. SkogsvFör. Tidskr. 26: 423–527.
- Kasvu- ja tuottotaulukoita. Growth and yield tables. 1959. Koonnut — Collected by P. Koivisto. Commun. Inst. For. Fenn. 51(8). 49 s.
- KILKKI, P. & PÖKÄLÄ, R. 1955. A long-term timber production model and its application to a large forest area. Seloste: Pitkän ajan puuntuotantomalli ja sen sovellutus Keski-Suomen ja Pohjois-Savon piirimetsälautakuntien alueelle. Acta For. Fenn. 143. 46 s.
- KILPINEN, P. 1978. Tulevan kauden kasvun arviointimenetelmien tarkkuus. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 48 s. + liitteitä.
- KOHMO, I. 1972. Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969–70. Folia For. 163. 15 s.
- KOIVISTO, P. 1970. Regionality of forest growth in Finland. Seloste: Metsän kasvun alueellisuus Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 72(2). 76 s.
- KUUSELA, K. 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. Acta For. Fenn. 60(1). 136 s.
- » — & KILKKI, P. 1963. Multiple regression of increment percentage on other characteristics in Scotch-pine stands. Seloste: Kasvuprosentti ja muiden metsikkötunnusten välinen yhteiskorrelaatio männiköissä. Acta For. Fenn. 75(4). 40 s.
- » — & NYYSSÖNEN, A. 1962. Tavoitehakkua-laskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. Acta For. Fenn. 74(6). 34 s.
- » — & SALMINEN, S. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing. Commun. Inst. For. Fenn. 69(4). 72 s.
- LAURILA, M. 1972. Puun kasvun ennustaminen. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 98 s. + liitteitä.
- MEYER, H. A. 1941. A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. The Pennsylvania State Forest School, Res. paper No. 7. 3 s.
- MIELIKÄINEN, K. 1975. Männiköiden ja kuusikoiden kuutiokasvuyhtälöt ja niiden laadinta. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 103 s.
- MIKOLA, P. 1952. Puun kasvun luonnollinen kehitys. Summary: The natural course of tree growth. Metsätal. AikakL. 69: 40–44.
- NYYSSÖNEN, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. Acta For. Fenn. 60(4). 194 s.
- » — 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. Summary: Estimation of the cut from stumps. Commun. Inst. For. Fenn. 45(5). 68 s.
- » — 1956. On the methods of determination of stand growth in U.S.A. Papers 12th Congr. Int. Union. For. Res. Organ., Oxford. Sec. 25, Vol. 3: 127–138.
- » — 1974. Estimation of stand value-increment and inherent variables. Mitt. Forstl. VersAnst. 108: 14–20.
- » — 1975. Metsän arvioiminen. Tapion tasku-

- kirja, 17. painos, s. 216–249. Jyväskylä.
- NYYSÖNEN, A. 1978. Assessment of forest resources for forest management. Manuscript for Proc. Eighth World For. Congr., Jakarta. 11 s.
- NÄSLUND, M. 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. Medd. Stat. SkogsförsAnst. 29(1). 170 s.
- Praktisk skogshandbok, 6. uppl. 1955. Norrl. Skogsv. Förb. Stockholm. 408 s.
- PRODAN, M. Holzmesslehre. Frankfurt a. M. 644 s.
- RAJALA, J. 1970. Nykymetsikköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964–68. Folia For. 95. 28 s.
- TARVASMÄKI, P. 1977. Puu- ja metsikkötunnuksiin perustuva sädekasvu. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 24 s. + liitteitä.
- Vid andra riksskogstaxeringen av Norrland åren 1938–42 använd metodik och härom vunna erfarenheter. Redogörelse avgiven av 1937 års riksskogstaxeringsnämnd. Statens offentl. utredn. 1947: 36.
- VUOKILA, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikköiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 48(1). 138 s.
- » — 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. Lyhennelmä: Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvun ja tuottotaulukoita varten. Commun. Inst. For. Fenn. 60(4). 86 s.
- » — 1967. Eriasteisin kasvatushakkuihin käsitellyjen männikköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. Summary: Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for southern Central-Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 63(2). 123 s.



## Summary:

### ESTIMATION OF STAND INCREMENT

The paper concerns the estimation of the increment of Scotch pine and Norway spruce stands in South Finland. Attention is paid to the methods based on both stand tables with increment borings and certain stand characteristics. The work is a part of on-going studies at the Department of Forest Mensuration and Management of the University of Helsinki concerning the estimation of stand value increment.

The study material consisted largely of data collected for studies already published, but new sample plots have been measured and use was also made of other data. A total of 352 pine stands and 146 spruce stands belonging to different age and volume classes were employed, see Table 1 and Table 2 p. 8. The analysis of tree growth is based on 1 404 pine and 497 spruce stands. The range of various characteristics is shown on p. 9.

Tree functions indicating the annual increment of diameter and height during the next 5-year period are presented in Tables 3-6 p. 11-12. The standard error of estimate is about 30 per cent for the best functions for the diameter increment. Decreasing the number of stand characteristics, or even their elimination, results in only a slight increase of error, assuming the past radial increment as an independent variable. If this is omitted, the precision of the estimate becomes clearly inferior for both tree species. Tables 5 and 6 show differences in the precision of the height increment estimates for different species. They are mainly due to the different methods of measurement. Since height increment of the previous period, as shown by Table 5, is not greatly significant as an independent variable, there are good grounds for replacing the estimation of height increment by more reliably determined characteristics.

The functions presented offer improved possibilities for the examination of specific factors important to volume increment. Examples of the results derived by the use of functions are indicated in Figs. 1 and 2 p. 13-14. However, for more valid results there is still a need for new tree data. With regard to the diameter increment, the assumption that the trees will maintain the same basal area growth in the future as in the past

may be retained, at least for the time being. In order to improve future estimates, it will also be necessary to study mortality and changes in stem form.

The independent variables selected to explain the annual volume-increment percentage of pine and spruce stands are: forest site type, tree species, stand age and volume, and mean diameter (which is of importance for value increment). General features of the correlation between the increment percentage, and age and volume, and of the variations in the data, are indicated by Figs. 3 and 4 p. 16-17; Fig. 5 p. 18 also includes the mean diameter. (In all Figs. 3 to 8 the class means are indicated by asterisk.)

The main results of this study, the functions for the volume increment of pine and spruce stands, are presented in Tables 7 and 8 p. 19. The standard error of estimate is about 17 per cent. Figs. 6, 7 and 8 p. 21-23 give examples of residuals plotted against mean diameter; calculations were made by subtracting the increment percentage based on measurements from the percentage given by the function. Tables 9 and 10 p. 19-20 indicate the average percentages by classes. It is not possible indicate those parts of the material in which there occurred systematic over- or under-estimations.

In order to study if these results, which are based on sample plots carefully but subjectively selected, could be used in growth estimation of large forest areas, the increment of coniferous forests in the southern half of Finland, by Forestry Board Districts, were calculated using the present functions and then compared with the growth estimates of the 6th National Forest Inventory. The comparison, in which consideration was also given to the climatic variation of growth, resulted in an average ratio of 0.85 between the measured and observed increment. The ratios of different areas can be seen in Fig. 9 p. 24. In a detailed analysis, three larger areas were formed. Tables 11 to 13 p. 26-27 were calculated for the estimation of the present increment and Tables 14 to 16 for the average increment of the next 5-year period by the application of multiplier 0.9 to functions 17 and 19. The tables can be used

for Districts 4 to 9, 11 and 12. The same tables can be used in Districts 1, 2, 3, 10, 13 and 15 when 1/10 is subtracted from the increment indicated by the tables, but District 14 requires a subtraction of 1/3.

Fig. 10 p. 30 and Table 17 p. 30 present results of the application of Tables 14 to 16 to a new set of sample plot data. Rather clear systematic deviations can be seen in older spruce stands. The question can be raised if the present functions overestimate the increment in that type of forests.

Table 18 p. 31 and Figs. 11 and 12 p. 32 show results given by the present functions and those derived by the functions computed by Gustavsen (1977) on the basis of data from the 3rd National Forest Inventory. Concerning spruce, there are no significant differences between the two studies, but for pine, excluding low-volume stands, the functions based on the inventory data give higher increments than the present functions. The second feature of the inventory functions is the continuous increment increase with increase in stand volume. The reasons for this might be the small size of sample plots and the heterogeneity of tree stands: trees on high-volume plots also utilize the surroundings having lower volumes,

and the dense surroundings diminish the increment of the low-volume plots. Fig. 13 p. 33 also illustrates the relative increment as indicated by the functions of the present study.

The present study was made, in the first place, for the estimation of the value increment of a stand. Other uses might include the preparation of the cutting budget, up-dating the inventory information, and estimation of the increment in general. When determining increment of a certain forest area by the use of the present functions and tables, the likelihood of accurate results is good if the distribution of sites, tree species and age classes is not too exceptional.

The main purpose of this paper was to improve the possibility of estimating the increment of a stand in the near future. With regard to the stand functions, there appears to be a need for continuous development with regard spruce and also with respect to the mutual relationship between spruce and pine. In addition, the need exists for the study of various options of the stand functions in which the radial increment of the previous period exists as an independent variable; the comparison of tree functions refers to advantages of this approach.

NYSSÖNEN, AARNE and MIELIKÄINEN, KARI  
O.D.C. 561 + 562 + 564

1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. ACTA FORESTALIA FENNICA 163. 40 p. Helsinki.

Taulukko 7. Männikön kuutiokasvun yhtälöitä.  
Table 7. Functions for the volume increment of Scotch pine.

$y = \ln p_v, n = 352, \bar{p}_v = 4.33 \%$

Muuttuja Variable	Yhtälön numero Function No.	
	16	17
	Kerroin - Coefficient	
Vakio - Constant	-0.7702	-0.7682
(ln T) <sup>2</sup> .....	-0.09667	-0.1181
V <sup>1/V</sup> <sup>0.3</sup> .....	+1.2503	+1.3516
(ln D) <sup>0.8</sup> /10 000 .....	-0.1796	
x <sub>4</sub> <sup>*</sup> .....	+0.1817	+0.09116
S <sub>e</sub> % .....	16.1	16.9
S <sub>m</sub> .....	0.5117	0.5117
S <sub>f</sub> .....	0.1597	0.1681
R <sup>2</sup> .....	0.904	0.898

\*<sub>4</sub>x<sub>4</sub> = 1 mikäli - if OMT, MT, VT  
x<sub>4</sub> = 0 mikäli - if CT

Korjaus sivulle 19:  
Correction p. 19:



NYYSSÖNEN, AARNE and MIELIKÄINEN, KARI

O.D.C. 561 + 562 + 564

1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. ACTA FORESTALIA FENNICA 163. 40 p. Helsinki.

The paper concerns the estimation of the increment of Scotch pine and Norway spruce stands in the southern half of Finland. For the methods based on stand tables, tree functions forecasting the annual increment of diameter and height during the next 5-year period are presented. The main results of the study, however, are the functions for the volume-increment percentage of pine and spruce stands. The independent variables are: forest site type, tree species, stand age and volume, and mean diameter. The standard error of estimate is about 17 per cent in the best functions. Calculations were made also with regard to the application of the results in growth estimation of large forest areas.

Authors' address: Department of Forest Mensuration and Management, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

NYYSSÖNEN, AARNE and MIELIKÄINEN, KARI

O.D.C. 561 + 562 + 564

1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. ACTA FORESTALIA FENNICA 163. 40 p. Helsinki.

The paper concerns the estimation of the increment of Scotch pine and Norway spruce stands in the southern half of Finland. For the methods based on stand tables, tree functions forecasting the annual increment of diameter and height during the next 5-year period are presented. The main results of the study, however, are the functions for the volume-increment percentage of pine and spruce stands. The independent variables are: forest site type, tree species, stand age and volume, and mean diameter. The standard error of estimate is about 17 per cent in the best functions. Calculations were made also with regard to the application of the results in growth estimation of large forest areas.

Authors' address: Department of Forest Mensuration and Management, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

NYYSSÖNEN, AARNE and MIELIKÄINEN, KARI

O.D.C. 561 + 562 + 564

1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. ACTA FORESTALIA FENNICA 163. 40 p. Helsinki.

The paper concerns the estimation of the increment of Scotch pine and Norway spruce stands in the southern half of Finland. For the methods based on stand tables, tree functions forecasting the annual increment of diameter and height during the next 5-year period are presented. The main results of the study, however, are the functions for the volume-increment percentage of pine and spruce stands. The independent variables are: forest site type, tree species, stand age and volume, and mean diameter. The standard error of estimate is about 17 per cent in the best functions. Calculations were made also with regard to the application of the results in growth estimation of large forest areas.

Authors' address: Department of Forest Mensuration and Management, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

NYYSSÖNEN, AARNE and MIELIKÄINEN, KARI

O.D.C. 561 + 562 + 564

1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. ACTA FORESTALIA FENNICA 163. 40 p. Helsinki.

The paper concerns the estimation of the increment of Scotch pine and Norway spruce stands in the southern half of Finland. For the methods based on stand tables, tree functions forecasting the annual increment of diameter and height during the next 5-year period are presented. The main results of the study, however, are the functions for the volume-increment percentage of pine and spruce stands. The independent variables are: forest site type, tree species, stand age and volume, and mean diameter. The standard error of estimate is about 17 per cent in the best functions. Calculations were made also with regard to the application of the results in growth estimation of large forest areas.

Authors' address: Department of Forest Mensuration and Management, University of Helsinki, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.



# ACTA FORESTALIA FENNICA

## EDELLISIÄ NITETÄ — PREVIOUS VOLUMES

- VOL. 150, 1976. LEO HEIKURAINEN ja JUKKA LAINE.**  
Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilizations, drainage, and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps.
- VOL. 151, 1976. JORMA AHVENAINEN.**  
Suomen paperiteollisuuden kilpailukyky 1920- ja 1930-luvulla. Summary: The competitive position of the Finnish paper industry in the inter-war years.
- VOL. 152, 1976. YRJÖ KANGAS.**  
Die Messung der Bestandesbonität. Seloste: Metsikön boniteetin mittaaminen.
- VOL. 153, 1976. YRJÖ ROITTO.**  
The economic transport unit size in roundwood towing on Lake Iso-Saimaa (in Eastern Finland). Résumé: Le volume Economique du remorquage de bois ronds sur le lac Iso-Saimaa, en Finlande orientale. Tiivistelmä: Taloudellinen kuljetusyksikkö Ison-Saimaan nippulauttahuoneissa.
- VOL. 154, 1977. NIILLO SÖYRINKI, RISTO SALMELA ja JORMA SUVANTO.**  
Oulangan kansallispuiston metsä- ja suokasvillisuus. Summary: The forest and mire vegetation of the Oulanka national park, Northern Finland.
- VOL. 155, 1977. EERO KUBIN.**  
The effect of clear cutting upon the nutrient status of a spruce forest in Northern Finland (64° 28' N). Seloste: Paljaaksihakkuun vaikutus kuusimetsän ravinnetilaan Pohjois-Suomessa (64° 28' N).
- VOL. 156, 1977. JUKKA SARVAS.**  
Mathematical model for the physiological clock and growth. Seloste: Fysiologisen kellon ja kasvun matemaattinen malli.
- VOL. 157, 1977. HEIKKI JUSLIN.**  
Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttiuteen liittyviin asenteisiin vaikuttaminen. Summary: Influencing the timber-sales propensity of private forest owners.
- VOL. 158, 1977. ANNA-MAIJA HALLAKSELA.**  
Kuusen kantojen mikrobilajisto. Summary: Microbial flora isolated from Norway spruce stumps.
- VOL. 159, 1977. ERKKI WUOLIJOKI.**  
Metsätyöntekijän väsyminen. Summary: The fatigue in forest work.
- VOL. 160, 1977. YRJÖ KANGAS.**  
Die Messung der Bestandesbonität. Seloste: Metsikön boniteetin mittaaminen.
- VOL. 161, 1978. ERKKI HALLMAN, PERTTI HARI, PENTTI K. RÄSÄNEN, HEIKKI SMOLANDER**  
The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis, and height increment of Scots pine seedlings. Seloste: Istutusshokin vaikutus männyntaimien transpiraatioon, fotosynteesiin ja pituuskasvuun.
- VOL. 162, 1978. OLAVI LUUKKANEN.**  
Investigations on factors affecting net photosynthesis in trees: gas exchange in clones of *Picea abies* (L.) Karst.

KANNATTAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR  
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO  
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO  
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJA  
SUNILA OSAKEYHTIÖ  
OY WILH. SCHAUMAN AB  
OY KAUKAS AB  
KEMIRA OY  
G. A. SERLACHIUS OY  
KYMI KYMMENE  
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO  
KOIVUKESKUS  
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ  
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS  
OY TAMPELLA AB  
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ  
KAJAANI OY  
KEMI OY  
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO  
VAKUUTUSOSAKEHYTIÖ POHJOLA  
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ  
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY  
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS  
OY HACKMAN AB  
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ  
RAUMA-REPOLA OY  
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS  
JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY  
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI  
OSUUSPUU  
THOMESTO OY