



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1988

712

Pentti Rikkonen

ETELÄ-SUOMEN PIKKUTUKKIEN TILAVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN  
LATVALÄPIMITAN PERUSTEELLA

Volume determination of small sized logs in southern  
Finland using top diameter

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

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

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Telex: 126246 Metla SF

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

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n.150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research and field stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 712

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1988

Pentti Rikkonen

## ETELÄ-SUOMEN PIKKUTUKKIEKIL TILAVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN LATVALÄPIMITAN PERUSTEELLA

Volume determination of small sized logs in southern  
Finland using top diameter

*Approved on 25.3.1988*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO .....	3
3. TUTKIMUSTULOKSET .....	5
31. Läpimittaluokkien luokakeskiarvot .....	5
32. Tukkien muoto .....	6
33. Yksikkötilavuusluvut .....	8
34. Eräkohtaisten virheiden korjausmahdollisuudet .....	11
35. Yksikkötilavuuslukujen alueellinen soveltuvuus .....	15
4. YHTEENVETO .....	16
KIRJALLISUUS .....	17
SUMMARY .....	17

RIKKONEN, P. 1988. Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella. Summary: Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter. Folia Forestalia 712. 18 p.

Runsaan 6000 tukin aineiston avulla laskettiin yksikötilavuusluvut ( $m^3/m$ ) Etelä-Suomen alueella tehtävile normaalia pieniläpimittaisemmille mänty- ja kuusitu-keille. Luotettavia tilavuuslukuja ei aikaisemmin ole ol- lut käytettävissä. Tutkimuksessa selvitettiin myös tuk- kien muotosuhteita ja niiden riippuvuutta eri tekijöistä. Lisäksi tarkasteltiin leimikoittaisten mittausvirheiden riippuvuutta tukkien keskipituudesta, tyvitukkien osuu- desta ja runkojen rinnankorkeusläpimitasta sekä näihin tekijöihin perustuvia virheiden korjausmahdollisuuksia.

Research material consisting of some 6000 sawlogs was used for calculation of unit volume figures ( $m^3/m$ ) for small sized pine and spruce logs in southern Fin- land. Reliable figures for volume determination have not existed before. The research project also studied form factors of logs, and their dependence on various variables. Other matters studied included the relation- ship of scaling errors per stand to average length of logs, to proportion of butt logs and breast height diameter of stems, as well as the feasibility of correction of such errors.

Keywords: saw logs, scaling, top diameter, volume figures

ODC 526+524+516.1+832.10

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Dept. of Forest Technology, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-0806-5  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1988. Valtion painatuskeskus

# 1. JOHDANTO

Tukkien minimiläpimitta on puutavara-kaupan osapuolten sopimuksissa ollut jo pitkään männyllä 14 cm ja kuusella 16 cm kuoren alta. Kauppoja on tehty kuitenkin myös pienemmin minimiläpimitoin. Talvikautena 1983—84 kerätystä havutukkien mittaustutkimuksen aineistossa (Rikkonen 1987) tällaisin minimiläpimitoin tehtyjä mittauseriä oli Etelä-Suomen männyllä 9 % ja kuusella 22 %. Pohjois-Suomen aineistossa oli yksi tällainen erä sekä mäntyä että kuusta. Edellä todetut yleiset minimiläpimitat alittavia tukkeja tuli aineistoon näistä eristä, mutta myös niistä leimikoista, joissa nämä läpimitat olivat ohjeminimiläpimittoina. Aineisto sisälsi näin ollen myös pikkutukkikoon tukkeja, joista pääosa sijoittui männyn kuorelliseen läpimittaluokkaan 15 cm ja kuusen kuorelliseen läpimittaluokkaan 17 cm mutta osa myös näitä pienempiin luokkiin. Normaalityukkien yksikkötilavuusluvut laskettiin kaikilta osin luokkaan 13 cm saakka, jotta satunnaisesti esiintyvien kaikkien pieniläpimittaisimpienkin tukkien tilavuuden määrittäminen olisi ollut mahdollista.

Koska erilliseksi puutavaralajiksi muodostuneiden pikkutukkien tilavuuslukuja ei ole ollut käytettävissä, on niiden tilavuus käytännössä määritetty normaalityukkien pienten läpimittaluokkien tilavuuslukujen avulla sekä ennen kuorelliseen mittaukseen siirtymistä

että sen jälkeen. Kuorellisenkin mittauksen lukujen soveltuvuus pikkutukeille oli kuitenkin monista syistä epävarmaa. Tämän vuoksi Metsäntutkimuslaitos aloitti vuonna 1984 pikkutukkiaineiston keruun, ja Etelä-Suomen alueen tilavuusluvut saatiin lasketuiksi vuoden 1986 alussa (Rikkonen 1986). Mittausneuvosto suositteli 19.5.1987 tekemällään päätöksellä lukujen ottamista sopimusluonteiseen käyttöön.

Pikkutukkien mittausta on aikaisemmin Suomessa tutkinut vain Kärkkäinen (1978). Tutkimus kohdistui pelkästään kuuseen ja sen aineisto oli peräisin Keski-Suomesta. Tutkimuksessa käsiteltiin mm. latvamuoto-, keskusmuoto- ja tilavuuslukuja sekä esitettiin myös tarkkoihin tuloksiin johtanut keskusläpimittaotantaan ja kappalelukuun perustuva uusi mittausten menetelmä. Kärkkäinen selvitti samalla myös pikkutukkipinojen pinotiheyksiä todeten pienten pinojen tiiviyyden vaihtelun suureksi.

Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteenä oli yksikkötilavuuslukujen laatiminen Etelä-Suomen alueen pikkutukeille sekä näiden lukujen käytössä syntyvien leimikkoitaisten virheiden korjaamismahdollisuuksien tarkastelu. Pikkutukkien muotoa on selvitetty latva- ja keskusmuotolukujen sekä kapenemisen avulla.

## 2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

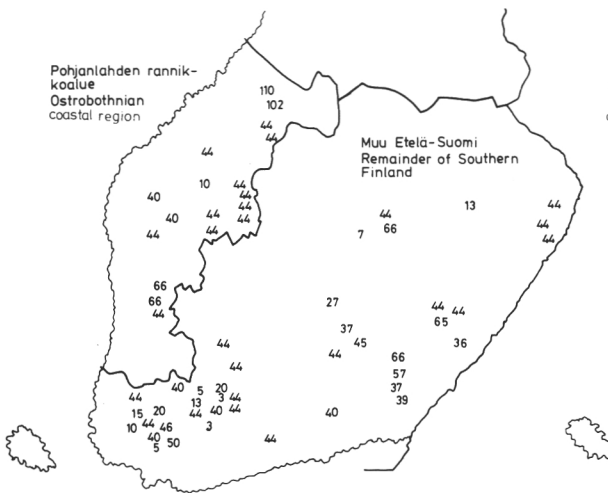
Aineiston, joka käsitti 2421 mänty- ja 3766 kuusitukkaa, keräsi talvikautena 1984—1985 Etelä-Suomen alueelta kaksi Metsäntutkimuslaitoksen mittausrhymää. Pyrkimyksenä oli kerätä noin 40 tukin eriä, mutta mitaustyön järjestelyongelmien vuoksi jouduttiin mittaamaan myös kooltaan vaihtelevia eriä, kuten alla oleva asetelma osoittaa. Erän keskikoko oli kuitenkin männyllä 40 ja kuusella 43 tukkaa.

Tukkeja/erä	Mänty	Eriä	Kuusi
— 9	5		
10— 19	5		4
20— 29	3		3
30— 39	4		3
40— 49	34		67
50— 59	2		5

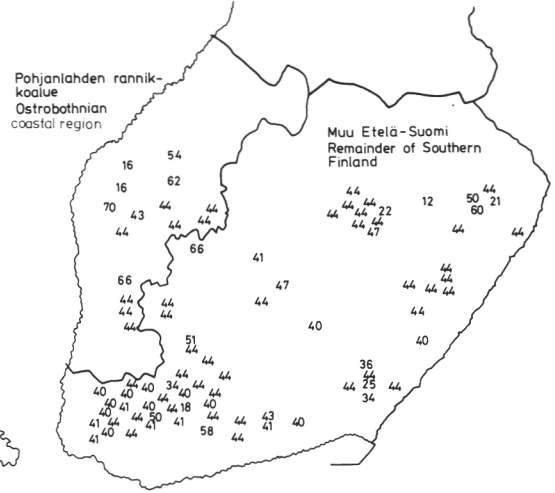
60— 69	5	6
—	—	—
100—110	2	—
Eriä yhteensä	60	88

Aineiston alueellinen painotus esimerkiksi hakkuiden suhteessa osoittautui pikkutukkihankinnan epätasaisuuden vuoksi käytännössä liian vaikeaksi. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin aineistoa kuitenkin hajoitamaan Etelä-Suomen eri puolille. Erien sijainti ilmenee kuvista 1a ja 1b.

Erien valinnassa ei voitu käyttää otantaa. Ne määrytyivät eri suunnilla mittaushetkillä olevien muotojen mukaan, mikä toisaalta vastasi sattumanvaraisuutta. Paruaihio-eriä, jotka kaikki mitattiin Itä-Suomesta, oli



Kuva 1a. Erien sijainti ja tukkien lukumäärät. Mänty.  
Fig. 1a. Location of lots and number of logs per lot. Pine.



Kuva 1b. Erien sijainti ja tukkien lukumäärät. Kuusi.  
Fig. 1b. Location of lots and number of logs per lot. Spruce.

männnyllä 10 ja kuusella 19 kpl. Mittaukset tapahtuivat palstalla puiden kaadon jälkeen siten, että hakkuuta seuraten mitattiin eteen sattuneet pikkutukit. Kohteesta määritettiin sijainnin lisäksi mm. metsätyyppi ja metsikön ikä. Tukeista mitattiin pituus, kuorellinen ja kuoreton latvaläpimita sekä kuorelliset läpimitat 10, 30, 50, 100, 200 jne. cm:n etäisyydeltä tyvileikkauksesta. Pituus mitattiin cm ja läpimitat mm tarkkuudella. Lisäksi määritettiin tukin asema rungossa ja sen likimääräinen laatu. Rungosta, josta tukki oli tehty, mitattiin rinnankorkeusläpimita ja pituus, mikäli nämä tunnukset olivat varmasti kyseiseen tukkiin kohdennettavissa ja muutoin tarkasti mitattavissa. Mittaukset ja määritykset vastasivat näin ollen normaalitukkien mittaustutkimuksen aineiston keruuta (Rikkinen 1987).

Tukkien todelliset tilavuudet määritettiin soveltamalla splinifunktiota tukin eri kohdilta mitattuihin läpimitoihin, joten tutkimusmenetelmä vastasi tältäkin osin normaalitukkien mittaustutkimusta.

Aineiston latvaläpimitalluokittainen jakautuma sekä luokkien tyvitukiosuudet ja keskipituudet olivat seuraavat:

d <sub>l</sub> , cm kuoren päältä, tasaava luokitus	Mänty			Kuusi		
	Tukkeja, kpl	Tyviä, %	Keski- pituus, cm	Tukkeja, kpl	Tyviä, %	Keski- pituus, cm
7,5	1	0	296			
8,5	7	43	398	12	50	394
9,5	67	33	400	62	40	447
10,5	208	45	414	137	45	449
11,5	367	46	419	266	48	426
12,5	679	64	427	555	37	417
13,5	867	40	443	855	36	428
14,5	221	49	449	906	44	439
15,5	4	100	348	712	47	449
16,5				244	59	442
17,5				13	62	380
18,5				3	67	342
19,5				1	100	318
Yht.	2421	41	431	3766	43	434

Aritmeettiset keskimääräiset tukkilajeittaiset kuorelliset latvaläpimitat ja keskipituudet olivat:

d <sub>l</sub> , cm	Mänty			Kuusi		
	Tyvet	Muut	Kaikki	Tyvet	Muut	Kaikki
Keskipit., dm	12,6	12,6	12,6	13,9	13,7	13,8
	44,3	42,3	43,1	45,3	41,9	43,4

Aineisto oli selvästi lyhyempää kuin normaalitukkien aineisto, jonka keskipituus oli Etelä-Suomessa männnyllä 47,1 dm ja kuusella 48,3 dm.

Aineiston sisältyi erilaisilla ohjeminimiläpimitoilla tehtyjä eriä, mikä näkyy seuraavasta asetelmasta:

Minimiläpimita kuoren alta, cm	Mänty	Eriä, kpl	Kuusi
9	3		8
10	14		12
11	5		7
12	38		58
14	—		3

Varsinkaan männnyllä ei minimiläpimitaohjetta ollut kovin tarkoin noudatettu. Alamittaisten tukkien osuus oli männnyllä 17 ja kuusella 11%. Se vaihteli varsin paljon eräkohtaisesti, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Alamittaisten osuus, %	Mänty	Kuusi
0	6	22
1—5	7	19
6—10	17	16
11—20	43	28
21—30	11	7
31—40	7	5
41—50	7	1
51—60	2	2
Yht.	100	100

Mäntyaineistossa oli 14 cm kuoren alta ylittäviä tukkeja vain 0,7 % ja kuusella vastaavasti 16 cm ylittäviä vain 0,5 %. Kun jokaisessa kohteessa tehtiin myös normaalitykkejä, oli rungot näin ollen käytetty niiden teon varsin tarkoin.

Katkaisuohjeet vaihtelivat laajoissa rajoissa. Runsaat kolmannes eristä oli tehty antamatta erityisohjeita pikkutukkien pituuksista. Niillä erillä, joille erityisohjeet oli annettu, vaihtelivat minimipituudet välillä 31—49 dm ja maksimipituudet välillä 43—61 dm. Parruaihioerien määräpituudet vaihtelivat välillä 27—61 dm. Myös muutamia tavallisten pikkutukkien eriä oli tehty määräpituuksille katkoen.

Aineisto voitiin luokitella myös sen mukaan, mikä osuus tukeista on ns. pikkutukkirungoista ja mikä osuus normaalitukkirunkojen latvaosista tehtyjä tukkeja. Viimeksi mainittuja oli mäntytukeista 54 ja kuusitukeista 50 %. Pikkutukkirunkojen tyvitukkeja oli vastaavasti 40 ja 43 % sekä niistä tehtyjä latvatukkeja 6 ja 7 %. Myös tämän ominaisuuden erakohtainen vaihtelu oli melko suuri.

Normaalikokoisista rungoista tehtyjen tukkien osuus, %	Mänty osuus eristä, %	Kuusi osuus eristä, %
0—19	14	15
20—39	15	20
40—59	29	29
60—79	18	30
80—100	24	6
Yht.	100	100

Noin 80 %:sta runkoja oli mitattu rinnankorkeusläpimitalla. Näiden tietojen perusteella voidaan esittää likimääräinen keskimääräisten rinnankorkeusläpimittojen jakautuma.

Keskim. $d_{1,3}$ , cm	Mänty	Eriä, kpl	Kuusi
13	1		2
15	9		8
17	13		16
19	18		23
21	8		23
23	6		12
25	4		2
27			
29	1		2
Yht.	60		88

Jakautuma osoittaa, että aineiston erät vaihtelivat runkojäreydeltään huomattavasti. Mäntyerien keskimääräisten rinnankorkeusläpimittojen keskiarvo oli 19,1 cm ja kuusierien 19,6 cm.

### 3. TUTKIMUSTULOKSET

#### 31. Läpimittaluokkien luokkakeskiarvot

Millimetreissä ilmaistut luokkakeskiarvot olivat kuorellisissa tasaavissa 2 cm:n ja 1 cm:n luokissa seuraavat:

$d_1$ , cm	Mänty		Kuusi	
	Tukkeja, kpl	Keskiarvo, mm	Tukkeja, kpl	Keskiarvo, mm
Luokka 2 cm				
9	74	95,4	74	94,0
11	575	111,7	403	112,1
13	1546	130,8	1410	131,5
15	225	142,9	1618	149,1
17			257	164,1
19			4	187,8
Luokka 1 cm				
8,5	7	86,8	12	86,8
9,5	67	96,3	62	95,4
10,5	208	105,5	137	105,0
11,5	367	115,2	266	115,8
12,5	679	125,5	555	125,8
13,5	867	135,0	855	135,2
14,5	221	142,7	906	144,9
15,5	4	152,5	712	154,5
16,5			244	163,7
17,5			13	173,3
18,5			3	185,8
19,5			1	193,5

Niiltä osin kuin aineiston määrä luokissa mahdollistaa johtopäätökset, voidaan todeta, että jakauman keskellä aineiston luokkakeskukset ovat lähellä laskennallista luokkakeskusta (esim. 13,0 ja 12,5), mutta ovat pienissä luokissa sitä suurempia ja suurissa sitä pienempiä. Poikkeamat ovat jakautuman laidoilla 2 cm luokissa suurempia kuin 1 cm luokissa. Tällä seikalla on merkitystä sekä tilavuuslaskujen laskennassa, että näiden soveltamisessa käytäntöön. Yhden millimetrin ero latvaläpimitassa merkitsee suunnilleen seuraavia eroja tilavuusluvussa.

$d_1$ , cm	Ero, %
9	2,2
11	1,8
13	1,5
15	1,3
17	1,2
19	1,0
21	0,9

Kahden cm luokitus olisi merkinnyt huomattavaa luotettavuusriskiä tilavuuslaskujen laadinnassa ja vielä suurempia riskejä niiden

käytössä, mistä syystä luvut on laadittu ja muutkin tulokset esitetty yhden cm luokitus- ta käyttäen. Normaali- ja pikkutukkien luokitusten päällekkäisyyden välttämiseksi päädyttiin käyttämään luokkarajoina tasaisia senttimetrejä luokkien saadessa näin ollen luokkakeskusten mukaiset nimitykset 9,5 cm, 10,5 cm jne. Ratkaisu oli perusteltu myös mittasaksien käytön kannalta.

## 32. Tukkien muoto

Tukkien muodon tarkastelussa oli keskeisenä tunnuksena latvamuotoluku eli todellisen tilavuuden ja latvatilavuuden suhde.

Keskimääräiset tilavuudella painotetut kuorellisen mittauksen latvamuotoluvut ilmenevät seuraavasta asetelmasta, josta näkyvät myös Etelä-Suomen normaalitukkien vastaavat latvamuotoluvut.

	Pikkutukit			Normaalitukit		
	Tyvet	Muut	Kaikki	Tyvet	Muut	Kaikki
Mänty	1,366	1,336	1,349	1,316	1,253	1,287
Kuusi	1,264	1,361	1,316	1,228	1,280	1,250

Pikkutukkien keskimääräiset latvamuotoluvut ovat kaikilta osin normaalitukkien latvamuotolukuja suuremmat, mikä onkin odotettua niiden pienemmän järeyden vuoksi. Tukkilajien ja puulajien väliset erot ovat samansuuntaiset kummassakin aineistossa.

Latvamuotolukujen variaatiokertoimille saatiin seuraava vertailuasetelma:

	Pikkutukit			Normaalitukit		
	Tyvet	Muut	Kaikki	Tyvet	Muut	Kaikki
Mänty	8,2	10,9	9,7	6,9	10,6	9,2
Kuusi	8,4	9,8	10,6	7,1	9,5	8,9

Latvamuotolukujen hajonta on pikkutukkeilla suurempi kuin normaalitukeilla. Pikkutukkien latvamuotolukujen hajontaa suurentaa normaalitukkeihin verrattuna se, että kapenemisen vaikutus latvamuotolukuun suurenee järeyden pienetessä. Toiseen suuntaan vaikuttaa pikkutukkien normaalitukkeja suppeampi läpimittajakautuma.

Selvitettäessä tukin kuorellisen latvaläpimitan ja sen pituuden vaikutusta latvamuotolukuun saatiin seuraavat yhtälöt: ( $y$  = latvamuotoluku,  $d$  = latvaläpimitta mm,  $l$  = pituus dm)

Latvaläpimitta			$R^2$
Mä, tyvet	$y = 1,357$	$+0,000127 d$	0,002
" muut	$y = 1,651$	$-0,00245 d$	0,039
" kaikki	$y = 1,521$	$-0,00132 d$	0,014
Ku, tyvet	$y = 1,641$	$-0,00267 d$	0,159
" muut	$y = 1,792$	$-0,00304 d$	0,119
" kaikki	$y = 1,751$	$-0,00304 d$	0,130
Pituus			
Mä, tyvet	$y = 1,160$	$+0,00481 l$	0,061
" muut	$y = 1,123$	$+0,00516 l$	0,043
" kaikki	$y = 1,125$	$+0,00532 l$	0,055
Ku, tyvet	$y = 0,978$	$+0,00645 l$	0,166
" muut	$y = 1,181$	$+0,00461 l$	0,040
" kaikki	$y = 1,188$	$+0,00328 l$	0,025

Odotusten mukaisesti latvamuotoluku suurenee pituuden myötä. Niinikään odotettua on järeyden suurenemisen päinvastainen vaikutus, jota mäntytyvillä ei tosin ole todettavissa. Regressiokertoimen perusteella riippuvuudet eivät ole tilastollisesti merkitseviä, mikä kuitenkin johtuu latvamuotolukujen suuresta hajonnasta.

Latvaläpimittaluokittaiset latvamuotoluvut on esitetty tukin aseman mukaisissa ryhmissä taulukoissa 1a ja 1b, joissa asema 1:n tukit ovat tyviä, asema 2:n tukit pääosin pienikokoisten normaalitukkiperunkojen latvatukkeja ja asema 3:n (rungosta toisen tukin jälkeen tehdyt tukit) tukit järeämpien runkojen latvatukkeja. Luvut osoittavat, että mäntytyviä lukuunottamatta latvamuotoluku pienenee selvästi läpimittaluokan suurenessa. Ryhmittely läpimittaluokkiin on näin ollen pääosin poistanut tukeittaisen hajonnan vaikutuksen.

Kun merkitään tyvien latvamuotolukua luvulla 100, saadaan latvamuotoluvuille seuraavat aseman mukaiset suhteelliset arvot:

$d_j$ , cm	Mänty				Kuusi			
	1	2	3	Asema 2+3	1	2	3	Asema 2+3
9,5	100	98	121	108	100	100	124	117
10,5	100	102	111	105	100	107	112	108
11,5	100	99	108	102	100	104	111	108
12,5	100	93	102	96	100	106	116	109
13,5	100	93	101	95	100	104	112	109
14,5	100	95	104	99	100	105	112	107
15,5					100	105	113	107
16,5					100	105	116	107

Tukin aseman vaikutus latvamuotolukuun on varsin selvä. Männyn pienissä läpimittaluokissa ovat tyvien ja aseman 2 tukkien luvut lähes samat ja aseman 3 tukkien luvut suurimmat. Tukkien järeytyessä tyvien ja aseman 3 välinen ero supistuu aseman 2 lukujen jäädessä pienimmiksi. Kuusella latvamuotoluku suurenee aseman myötä jokseenkin johdonmukaisesti. Kun verrataan tyvien ja muiden tukkien (asema 2+3) latvamuoto-



Taulukko 1a. Latvamuotoluvut. Mänty, mittaus kuoren päältä. A = Tukkeja, kpl; B = Latvamuotoluku.  
 Table 1a. Top form factors. Pine, scaling over bark. A = No. of logs; B = Top form factor.

Latva läpimitta — Top diameter, cm	Asema 1 (Tyvet) Position 1 (Butts)		Asema 2 Position 2		Asema 3 Position 3		Asema 2+3 (Muut) Position 2+3 (Others)		Kaikki Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	7,5	—	—	1	1,207	—	—	1	1,207	1
8,5	3	1,371	3	1,501	1	1,580	4	1,519	7	1,466
9,5	22	1,423	26	1,392	19	1,726	45	1,537	67	1,499
10,5	94	1,356	72	1,379	42	1,504	114	1,422	208	1,392
11,5	170	1,352	130	1,345	67	1,455	197	1,381	367	1,368
12,5	244	1,376	282	1,286	153	1,402	435	1,326	679	1,345
13,5	343	1,379	353	1,281	171	1,393	524	1,316	867	1,342
14,5	108	1,329	61	1,264	52	1,377	113	1,315	221	1,322
15,5	4	1,320							4	1,320
Yht. Total	988	1,366	928	1,295	505	1,414	1433	1,336	2421	1,349

Taulukko 1b. Latvamuotoluvut. Kuusi, mittaus kuoren päältä. A = Tukkeja, kpl; B = Latvamuotoluku.  
 Table 1b. Top form factors. Spruce, scaling over bark. A = No. of logs; B = Top form factor.

Latva läpimitta — Top diameter, cm	Asema 1 (Tyvet) Position 1 (Butts)		Asema 2 Position 2		Asema 3 Position 3		Asema 2+3 (Muut) Position 2+3 (Others)		Kaikki Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	8,5	6	1,406	1	1,871	5	1,586	6	1,644	12
9,5	25	1,517	25	1,522	12	1,882	37	1,643	62	1,587
10,5	66	1,449	51	1,555	20	1,616	71	1,571	137	1,509
11,5	127	1,334	89	1,386	50	1,479	139	1,418	266	1,375
12,5	206	1,291	249	1,367	100	1,492	349	1,401	555	1,358
13,5	312	1,278	368	1,334	175	1,435	543	1,365	855	1,332
14,5	402	1,252	334	1,314	170	1,402	504	1,342	906	1,300
15,5	333	1,240	262	1,300	117	1,403	379	1,331	712	1,287
16,5	145	1,215	71	1,271	28	1,406	99	1,307	244	1,252
17,5	8	1,240	2	1,196	3	1,388	5	1,318	13	1,270
18,5	2	1,075			1	1,290	1	1,290	3	1,145
19,5	1	1,193							1	1,193
Yht. Total	1633	1,264	1452	1,329	681	1,433	2133	1,361	3766	1,316

lukuja, todetaan että männyn pienissä läpimittaluokissa muiden tukkien latvamuotoluvut jäävät tyvien latvamuotolukuja suuremmiksi. Ero pienenee ja muuttuu lopulta, erisuuntaiseksi, kun järeys kasvaa. Kuusella muiden tukkien latvamuotoluvut ovat tyvien lukuja suurempia kaikissa läpimittaluokissa.

Tarkastelu tuo esille pikkutukkien latvamuotoluvuille annettiin arvo 1000, saatiin aineistojen tyville ja muille tukeille seuraavat suhteelliset arvot:

Tässä tutkimuksessa saadut latvamuotoluvut olivat normaalitukkien aineiston pieniläpimittaisen tukkien latvamuotolukuja pienempiä. Kun pikkutukkien tyvien latvamuotoluvuille annettiin arvo 1000, saatiin aineistojen tyville ja muille tukeille seuraavat suhteelliset arvot:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Pikkutukit		Normaalitukit	
	Tyvet	Muut	Tyvet	Muut
	Mänty			
13	1000	958	—	1037
15	1000	990	1040	1022
	Kuusi			
13	1000	1074	—	1157
15	1000	1073	1033	1112
17	1000	1075	1054	1106

Kaikkien tukkien latvamuotolukujen suhteet olivat seuraavat:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Mänty		Kuusi
	Normaalitukit/Pikkutukit		
13	1,064	1,102	
15	1,030	1,059	
17		1,057	

Kaikille tukeille saatiin eroihin vaikuttaa tukkilajeittaisten erojen ohella se, että

tukkilajien osuudet olivat aineistoissa erilaiset, kuten seuraavat luvut osoittavat:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Mänty		Kuusi	
	Pikkutukit	Normaalitukit	Pikkutukit	Normaalitukit
	Tyvien osuus, %			
13	38	5	37	4
15	50	20	47	16
17			59	31

Latvamuotolukujen erot johtuvat osaksi siitä, että pikkutukit olivat normaalitukkeja lyhyempiä. Läpimittaluokittaisten keskipituksien keskiarvojen ero oli männyllä 1,2 ja kuusella 2,2 dm. Pääosa latvamuotolukujen eroista johtuu kuitenkin tukkien muotoeroista.

Muotoeroja voidaan tarkastella myös aineistojen kapenemisiä vertaamalla. Tukkien keskimääräinen kapeneminen mm/m tukin keskeltä latvaan näkyy alla olevasta asetelmasta:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Pikkutukit			Normaalitukit		
	Tyvet	Muut	Kaikki	Tyvet	Muut	Kaikki
	<i>Mänty</i>					
13	7,4	9,0	8,4	—	12,1	11,9
15	7,0	9,2	8,1	8,5	11,2	10,6
	<i>Kuusi</i>					
13	6,7	11,1	9,5	—	13,5	13,3
15	6,2	10,7	8,7	7,6	12,2	11,4
17	5,9	10,4	7,7	7,7	11,9	10,6

Latvamuotolukujen eroja vastaten on pikkutukkien kapeneminen eri tukkilajeilla normaalitukkien kapenemistä pienempi. Muille tukeille saatuun varsin suureen kapenemiseen eroon vaikuttaa omalta osaltaan se, että pikkutukkiaineistossa oli kookkaista rungoista tehtyjä latvatukkeja vähemmän kuin normaalitukkien aineistossa. Kun pikkutukkien kapeneminen on pienempi myös tyvitukeilla, voidaan päätellä, että runkojen keskimääräinen muoto on pikkutukkileimikoissa ollut normaalitukkileimikoiden runkomuotoa parempi.

Kuusiaineiston kaikkien tukkien latvamuotoluvut poikkeavat Kärkkäisen (1978) selvittämistä latvamuotoluvuista, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Tämä tutkimus	Kärkkäisen tutkimus
11	1,417	1,507
13	1,341	1,331
15	1,294	1,262
17	1,253	1,189

Kun otetaan huomioon aineistojen läpimittaluokittaiset tukkilajisuhteiden ja keski-

pituuksien erot sekä niiden vaikutus latvamuotolukuun, jäävät nyt tehdyn tutkimuksen latvamuotoluvut 1—2% Kärkkäisen lukuja suuremmiksi luokissa 13—17 cm. Luokan 11 cm varsin suuresta erosta voidaan näillä teki-joilla selittää vain vähäinen osa. Kärkkäisen aineisto tässä luokassa oli kuitenkin vain 32 tukkia. Kaikkiaan voidaankin Kärkkäisen saamien tulosten katsoa tukevan tämän tutkimuksen tuloksia.

Keskusmuotoluvut eli todellisen tilavuuden ja keskusmuotoluvun suhteet olivat tässä tutkimuksessa ja Kärkkäisen tutkimuksessa seuraavat:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Tämä tutkimus			Kärkkäisen tutkimus		
	Tyvet	Muut	Kaikki	Runko <sup>1)</sup> tukit	Latvatukit	Kaikki tukit
11	1,020	1,003	1,011		1,017	1,019
13	1,029	1,000	1,011	1,033	1,000	1,005
15	1,033	1,000	1,015	1,037	1,001	1,014
17	1,041	1,004	1,026	1,046	1,009	1,037

<sup>1)</sup> Muut kuin tukkirunkojen latvatukit.  
Pikkutukkirunkojen latvatukkien osuus alle 1%.

Kummankin tutkimuksen mukaan tyvien todellinen tilavuus on niiden keskustilavuutta suurempi muiden tukkien tilavuuksien ollessa lähes samat. Erot tutkimusten välillä voivat hyvinkin johtua satunnaisvaihtelusta. Kaikkien tukkien keskusmuotolukujen erot johtuvat pääosin erilaisista tyvien ja muiden tukkien osuuksista.

Tässä tutkimuksessa saadut 1 cm:n latvaläpimittaluokille lasketut keskusmuotoluvut on esitetty taulukossa 2. Normaalitukkeja vastaten (Rikkonen 1987) ovat tyvien ja kaikkien tukkien keskusmuotoluvut männyllä selvästi suurempia kuin kuusella.

### 33. Yksikkötilavuusluvut

Splinifunktioiden avulla lasketut läpimittaluokittaiset yksikkötilavuusluvut tasoitettiin funktioilla. Kuorellisen mittauksen ja kuusen kuorettoman mittauksen tilavuusluvut tasoitettiin funktiolla  $y = a + bx^2$  ja männyn kuorettoman mittauksen luvut funktiolla  $y = a + bx$  ( $y$  = tilavuusluku,  $x$  = latvaläpimitta). Koska tasoitustarve osoittautui vähäiseksi, ei latvaläpimittana käytetty tasoitettuja millimetreissä ilmaistuja luokkakeskiarvoja kuten normaalitukkien tilavuuslukujen laskennassa (Rikkonen 1987) vaan senttimetreissä ilmaistuja luokka-arvoja (9, 10 jne). Ti-

Taulukko 2. Keskusmuotoluvut.  
Table 2. Middle form factors.

Kuorellinen latvaläpimitta, cm Top diameter over bark, cm	Mänty — Pine			Kuusi — Spruce		
	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total
8,5	1,084	0,999	1,036	1,013	1,027	1,020
9,5	1,059	0,997	1,017	1,006	1,006	1,006
10,5	1,070	0,997	1,030	1,015	1,003	1,009
11,5	1,071	0,998	1,032	1,022	1,003	1,012
12,5	1,081	1,001	1,029	1,028	1,000	1,011
13,5	1,087	1,003	1,036	1,030	1,000	1,011
14,5	1,078	1,000	1,038	1,031	0,999	1,013
15,5	1,064		1,064	1,035	1,002	1,017
16,5				1,041	1,004	1,026
17,5				1,035	1,005	1,023
Yht. — Total	1,079	1,001	1,033	1,029	1,000	1,013

Taulukko 3a. Yksikkötilavuusluvut (m<sup>3</sup>/m). Mänty.  
Table 3a. Unit volume figures (m<sup>3</sup>/m). Pine.

Latvaläpimitta, cm Top diameter, cm	Mittaus kuoren päältä Scaling over bark			Mittaus kuoren alta Scaling under bark		
	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total
9,5	0,0104	0,0108	0,0106	0,0108	0,0114	0,0111
10,5	0,0123	0,0125	0,0124	0,0133	0,0135	0,0134
11,5	0,0145	0,0144	0,0144	0,0159	0,0156	0,0157
12,5	0,0169	0,0165	0,0166	0,0184	0,0178	0,0180
13,5	0,0194	0,0187	0,0190	0,0209	0,0199	0,0203
14,5	0,0222	0,0212	0,0216	0,0234	0,0220	0,0226
15,5	0,0252	0,0238	0,0244	0,0259	0,0241	0,0249
16,5	0,0284	0,0265	0,0274	0,0284	0,0263	0,0272

Taulukko 3b. Yksikkötilavuusluvut (m<sup>3</sup>/m). Kuusi.  
Table 3b. Unit volume figures (m<sup>3</sup>/m). Spruce.

Latvaläpimitta, cm Top diameter, cm	Mittaus kuoren päältä Scaling over bark			Mittaus kuoren alta Scaling under bark		
	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total
9,5	0,0108	0,0115	0,0114	0,0121	0,0133	0,0127
10,5	0,0124	0,0133	0,0130	0,0138	0,0151	0,0145
11,5	0,0142	0,0152	0,0149	0,0158	0,0172	0,0166
12,5	0,0162	0,0174	0,0169	0,0179	0,0195	0,0188
13,5	0,0184	0,0197	0,0191	0,0202	0,0219	0,0212
14,5	0,0207	0,0221	0,0214	0,0227	0,0246	0,0237
15,5	0,0232	0,0248	0,0240	0,0254	0,0275	0,0262
16,5	0,0258	0,0277	0,0267	0,0283	0,0305	0,0289
17,5	0,0287	0,0307	0,0296	0,0314	0,0338	0,0318
18,5	0,0317	0,0339	0,0327	0,0346	0,0372	0,0350

lavuusluvut laskettiin erikseen tyville, muille tukeille ja kaikille tukeille.

Parametrit a ja b saivat seuraavat arvot, kun tilavuusluvut määritettiin kuutiodesimetreissä.

	Mittaus kuoren päältä		Mittaus kuoren alta	
	a	b	a	b
Mä, tyvet	2,066	0,10270	-11,754	2,5095
” muut	3,549	0,08980	- 7,726	2,1237
” kaikki	2,817	0,09593	- 9,571	2,2987

Ku, tyvet	3,810	0,08604	4,563	0,09272
” muut	4,066	0,09222	5,280	0,09855
” kaikki	4,242	0,08779	5,420	0,09295

Mallien selittävyys vaihteli välillä 97—99 % ja niillä laskettu aineiston tilavuus oli mitausten mukainen tilavuus promillen tarkkuudella.

Tilavuusluvut on esitetty taulukoissa 3a ja 3b. Ne perustuvat edellä esitettyihin funktioi-

Taulukko 4a. Tilavuuslukujen soveltuminen aineistoon. Mänty.  
Table 4a. Application of volume figures to the research material. Pine.

Latvaläpimitta, cm Top diameter, cm	Mittaus kuoren päältä Scaling over bark			Mittaus kuoren alta Scaling under bark		
	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total
9,5	1,002	1,035	1,032	1,006	1,005	1,012
10,5	0,966	0,990	0,981	0,981	0,996	0,991
11,5	0,971	1,002	0,990	0,996	1,001	0,999
12,5	1,010	0,996	1,001	1,012	0,996	1,002
13,5	1,020	1,005	1,011	0,995	1,003	1,004
14,5	0,962	0,989	0,977	0,964	0,913	0,998
15,5	0,956		0,987			

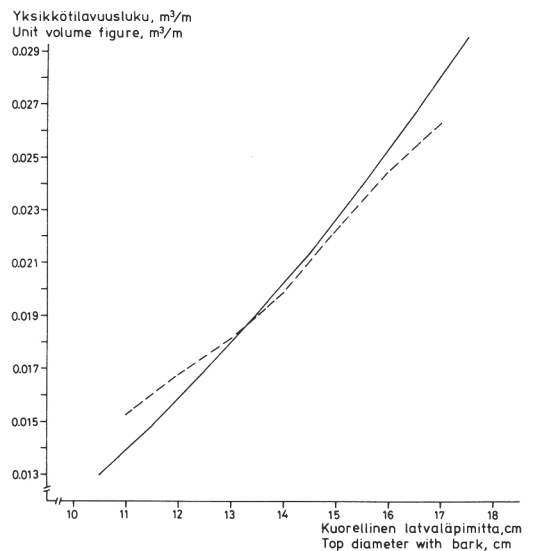
Taulukko 4b. Tilavuuslukujen soveltuminen aineistoon. Kuusi.  
Table 4b. Application of volume figures to the research material. Spruce.

Latvaläpimitta, cm Top diameter, cm	Mittaus kuoren päältä Scaling over bark			Mittaus kuoren alta Scaling under bark		
	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total	Tyvet Butts	Muut Others	Kaikki Total
9,5	1,028	1,005	1,002	1,006	1,007	1,001
10,5	1,006	1,031	1,004	0,983	0,974	0,997
11,5	0,984	0,984	0,974	0,980	1,009	1,001
12,5	0,988	1,005	1,000	1,002	0,995	1,004
13,5	1,004	0,996	1,003	1,005	1,002	1,006
14,5	1,001	0,999	1,000	1,006	1,006	0,987
15,5	1,006	1,004	1,006	0,991	0,988	0,957
16,5	0,989	0,993	0,986	0,966	0,974	0,973
17,5	1,020	1,010	1,011	0,936	0,960	1,004
18,5	0,927	1,016	0,950	1,014		
19,5	1,006		0,976			

hin lukuunottamatta kuusen kaikkien tukkien kuorettoman mittauksen pienimpien ja suurimpien läpimittaluokkien lukuja, joihin tehtiin vähäisiä käsivaraista korjauksia.

Lukujen soveltuvuus aineistoon ilmenee taulukoista 4a ja 4b, joihin on laskettu todellisen tilavuuden ja lasketun tilavuuden suhteet. Osin merkittäviäkin poikkeamia esiintyy. Ne eivät kuitenkaan antaneet aiheutta muihin kuin edellä todettuihin korjauksiin. Etenkin järeysjakautuman laidoilla esiintyvät poikkeamat voidaan selittää aineiston vähäisyyden ja edellä todetun latvamuotolukujen suuren hajonnan avulla.

Kärkkäinen on esittänyt senttimetrin läpimittaluokille tasoitettuja tilavuusluvut tästä tutkimuksesta poikkeavasti siten, että luokkarajoina olivat puolet senttimetrit (11,5, 12,5 jne). Vertailu nyt laskettuihin kuorellisen mittauksen lukuihin on esitetty kuvassa 2, ottamalla luokitusten ero huomioon. Latvamuotolukujen eroja vastaten ovat Kärkkäisen laskemat luvut nyt saatuja suurempia pienimmillä tukeilla eron ollessa järeimmillä tukeilla päinvastainen. Keskeisissä läpimitta-



Kuva 2. Kuusitukkien yksikkötilavuusluvut tässä tutkimuksessa (—) ja Kärkkäisen (1978) tutkimuksessa (-----).

Fig. 2. The unit volume figures of spruce logs in this study (—) and in the study of Kärkkäinen (1978) (-----).

luokissa luvut ovat varsin lähellä toisiaan. Laskemalla aineiston tilavuus luokissa 12,5—17,5 cm Kärkkäisen lukusarjasta interpoloituilla ja tämän tutkimuksen luvuilla, saatiin tilavuus viimeksi mainituilla 0,7% Kärkkäisen luvuilla saatua suuremmaksi. Ottamalla likimäärin huomioon aineistojen keskipituusero (Kärkkäisen aineistossa 22 cm pienempi) ja tyviusuuden ero (Kärkkäisen aineistossa tilavuudesta laskien 11% pienempi) ja näiden erojen vaikutus, saatiin tilavuuksien ero vieläkin pienemmäksi.

Kun männyn läpimittaluokissa 13—15 cm ja kuusen läpimittaluokissa 13—17 cm laskettiin aineiston tilavuus tässä tutkimuksessa saaduilla tasoitetuilla tilavuusluvuilla ja koko Etelä-Suomelle laadituilla normaalitukkien tilavuusluvuilla, muodostuivat tilavuuksien suhteet seuraaviksi:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Mänty Normaalitukkien luvut/Pikkutukkien luvut	Kuusi
13	1,145	1,139
15	1,146	1,126
17		1,138
Yht.	1,146	1,132

Tilavuuksien erot ovat selvästi suuremmat, kuin mitä edellä todetut latvamuotolukujen erot edellyttäisivät. Erilaisen läpimittajakauden vaikutuksen selvittämiseksi laadittiin normaalitukeille myös pikkutukkien luokkakeskusta vastaavat tilavuusluvut. Luokkakeskusten vaikutus tilavuuslukuun ilmenee alla olevasta asetelmasta:

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Luokkakeskus, mm		Alkuperäinen tilavuusluku/ Pikkutukkien luokkakeskusta vastaava tilavuusluku
	Pikkutukit	Normaalitukit	
<b>Mänty</b>			
13	130,8	135,1	1,077
15	142,9	151,6	1,131
<b>Kuusi</b>			
13	131,5	132,9	1,027
15	149,1	152,9	1,058
17	164,1	171,4	1,099

Jakamalla edellä esitetyt tilavuuksien suhteet näillä luvuilla saadaan seuraavat korjatut suhteet, joista erilaisen läpimittajakauden vaikutus on poistettu ja joiden näin ollen tulisi likimäärin vastata normaalitukkien ja pikkutukkien latvamuotolukujen suhteita (suluissa olevat luvut):

Kuorellinen latvaläpimitta, cm	Mänty	Kuusi
13	1,063 (1,064)	1,109 (1,102)
15	1,013 (1,030)	1,064 (1,059)
17		1,035 (1,057)

Korjatut suhteet vastaavat tyydyttävästi latvamuotolukujen suhteita lukuunottamatta männyn luokkaa 15 cm ja kuusen luokkaa 17 cm, joissa ero johtuu kuitenkin pääosin siitä, että järeimpien pikkutukkien tasoitetut tilavuusluvut olivat aineiston todellisia tilavuuslukuja hieman suurempia (taulukot 4a ja 4b).

Tarkastelu osoitti, että pikkutukkien ja normaalitukkien tilavuuslukujen tasoero johtuu tukkien erilaisen muodon lisäksi myös aineistojen erilaisista läpimittajakaudista. Samalla on syytä todeta, että normaalitukkien tilavuusluvut ovat 2 cm:n läpimittaluokituksen vuoksi niidenkin tilavuuden määrittämisessä epätarkkoja ja joka tapauksessa pikkutukeille merkittävästi liian suuria.

### 34. Eräkohtaisten virheiden korjausmahdollisuudet

Koska tukin aseman todettiin vaikuttavan latvamuotolukuun varsin selvästi, oli ennakoitavissa, että eräkohtaisia mittausvirheitä voitaisiin pienentää käyttämällä tilavuuden laskennassa tyville ja muille tukeille erikseen laskettuja tilavuuslukuja. Kun erilaisia mittauksen tarkentamismahdollisuuksia on seuraavassa selvitetty, on laskelmat tämän vuoksi tehty kaikissa vaihtoehdoissa sekä tukkilajeittaisilla että kaikkien tukkien tilavuusluvuilla. Alkuperäisten (eräkohtaiset tulokset korjaamattomia) todellisen ja lasketun tilavuuden suhteiden (seuraavassa tilavuussuhteiden) hajonnat olivat kuorellisessa mittauksessa seuraavat (alle 10 tukkia sisältäneet erät eivät ole mukana).

	Laskenta tukkilajeittain	Laskenta kaikkien tukkien luvuilla
Mänty	0,0575	0,0564
Kuusi	0,0487	0,0534

Männyllä on tukkilajeittaisten lukujen käyttö johtanut jopa hieman suurempaan hajontaan kuin yhden lukusarjan käyttö. Se, että erillisten lukusarjojen käyttö ei ole tilavuussuhteiden hajontaan vaikuttanut männyllä, ei sinänsä ole kuitenkaan yllätys, sillä männyn tyvien ja muiden tukkien tilavuuslukujen väliset erot muodostuivat tasoituksessa lopulta verraten pieniksi ja suunnaltaan järedestä riippuviksi kuten taulukosta 3a voidaan todeta. Asiaan voivat vaikuttaa myös eräkohtaisten tukkilajiosuuksien ja muiden tilavuussuhteisiin vaikuttavien ominaisuuksien

Taulukko 5. Eräkohtaisten korjaamattomien virheiden jakauma. Mittaus kuoren päältä.

Table 5. Distribution of the uncorrected errors within the lots. Scaling over bark.

Virhe-% todellisesta tilavuudesta Error percentage from the real volume	Laskenta tukkilajeittaisilla tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of log types		Laskenta kaikkien tukkien tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of all the logs	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce % eristä — percentage of the lots	Mänty Pine	Kuusi Spruce
0,0— 0,9	12,7	15,9	12,7	8,0
1,0— 1,9	10,9	22,8	9,1	13,6
2,0— 2,9	14,5	5,7	10,9	19,3
3,0— 3,9	12,7	8,0	10,9	11,4
4,0— 4,9	12,7	14,8	21,9	14,9
5,0— 5,9	10,9	12,5	9,1	4,5
6,0— 6,9	7,3	4,5	3,6	5,7
7,0— 7,9	5,5	10,2	7,3	6,8
8,0— 8,9	3,7	1,1	3,6	6,8
9,0— 9,9	1,8	0,0	1,8	2,3
10,0—10,9	0,0	1,1	1,8	3,4
11,0—11,9	3,7	2,3	5,5	1,1
12,0—12,9	1,8	1,1	0,0	0,0
13,0—13,9	0,0		0,0	0,0
14,0—14,9	0,0		1,8	1,1
15,0—15,9	1,8			1,1
Yhteensä — Total	100,0	100,0	100,0	100,0

sien keskinäiset riippuvuudet. Kuusella on tukkilajeittaisten lukujen käyttö pienentänyt tilavuussuhteiden hajontaa, mikä puolestaan on myös odotettua, koska kuusen tukkilajeittaiset tilavuuslukujen erot olivat selvät ja järedestä pääosin riippumattomat.

Normaalitukkien tutkimuksessa saatiin Etelä-Suomen aineistossa männyn tilavuussuhteiden hajonnaksi 0,035 ja kuusen hajonnaksi 0,031, joten pikkutukkien mittaus osoittautui ilman korjauksia normaalitukkien mittausta selvästi epätarkemmaksi.

Taulukossa 5 on esitetty eräkohtaisten korjaamattomien virheiden jakautuminen virheen koon mukaisesti luokkiin ja taulukoissa 6a ja 6b vastaava kumulatiivinen jakautuma. Todettakoon, että tukkilajeittaisilla männyn luvuilla ylittyi 10 %:n virhe noin 7 %:ssa eristä ja kaikkien tukkien luvuilla noin 9 %:ssa. Kuusella olivat vastaavat osuudet noin 5 % ja 7 %.

Soveliain mittaustuloksen korjausperuste on käytännön kannalta keskipituus, joka normaalitukkienkin mittauksessa on korjausperusteena. Mahdollisuuksien rajoissa liepee, että myös tyviosuuteen perustuvia korjauskertoimia voitaisiin käyttää. Leimikon järeyttä kuvaavan runkojen keskimääräisen rinnankorkeuslähimittan selvittäminen tuskin on käytännössä mahdollista. Seuraavassa on kuitenkin selvitetty kolmen mainitun tekijän ja tilavuussuhteen välistä riippuvuutta. Niin-

ikään on laskettu monimuuttujamallit, joissa selittävinä muuttujina ovat keskipituus ja tyviosuus, keskipituus ja keskimääräinen  $d_{1,3}$  sekä kaikki kolme selittäjää sisältävät mallit. Laskettaessa tilavuudet kaikkien tukkien tilavuusluvuilla saatiin seuraavat kuorellista mittausta koskevat yhtälöt, joissa:

y = tilavuussuhde  
k = keskipituus, dm  
p = tyvi prosentti  
d = keskimääräinen rinnankorkeuslähimitta, cm

		R <sup>2</sup>
Mänty	$y = 0,694 + 0,00703 k$	0,30
”	$y = 1,010 - 0,00028 p$	0,01
”	$y = 0,831 + 0,00881 d$	0,25
Kuusi	$y = 0,787 + 0,00481 k$	0,22
”	$y = 1,054 - 0,00132 p$	0,23
”	$y = 0,767 + 0,01170 d$	0,46
Mänty	$y = 0,699 + 0,00730 k - 0,00045 p$	0,33
”	$y = 0,577 + 0,00627 k + 0,00784 d$	0,50
”	$y = 0,374 + 0,00344 k + 0,00204 p + 0,02088 d$	0,67
Kuusi	$y = 0,792 + 0,00641 k - 0,00174 p$	0,60
”	$y = 0,517 + 0,00540 k + 0,01242 d$	0,72
”	$y = 0,499 + 0,00530 k + 0,00015 p + 0,01327 d$	0,72

Vastaavat mallit laskettiin myös tukkilajeittaisia tilavuuslukuja käyttäen saaduille tilavuussuhteille. Seuraava asetelma osoittaa, miten alkuperäisten tilavuussuhteiden hajonta muuttui eri korjausvaihtoehtoja sovellettaessa:

	Laskenta tukkilajeittaisilla luvuilla		Laskenta kaikkien tukkien luvuilla	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
A Alkuperäinen hajonta-%	5,8	4,8	5,7	5,3
Hajonta-% korjausten jälkeen				
B keskipituus	5,0	3,9	4,8	4,8
C keskip. ja tyvi-%	4,7	3,5	4,7	3,4
D keskip. ja keskim. d <sub>1,3</sub>	3,8	3,0	4,1	2,8
E keskip., tyvi-% ja keskim. d <sub>1,3</sub>	3,1	2,9	3,3	2,8

Keskimääräiset todellisen ja lasketun tilavuuden erot olivat seuraavat:

	Laskenta tukkilajeittaisilla luvuilla		Laskenta kaikkien tukkien luvuilla	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
Ero-% todellisesta tilavuudesta				
A	4,4	3,8	4,5	4,4
B	3,9	3,2	3,8	3,9
C	3,6	2,7	3,6	2,7
D	2,9	2,3	3,1	2,2
E	2,4	2,2	2,7	2,2

Virheiden kumulatiivinen jakautuminen virheiden kokoluokkiin on esitetty taulukoissa 6a ja 6b.

Mikäli tehdyt havainnot voidaan yleistää, antaa tarkastelu aiheen mm. seuraaviin johtopäätöksiin:

- Tukkilajeittaisten tilavuuslukujen käyttö lisää kuusen mittauksen tarkkuutta kun tulosta korjataan keskipituuteen perustuen.
- Keskipituuden käyttö korjausperusteena lisää tarkkuutta.
- Tarkkuutta voidaan edelleen lisätä, jos korjaus perustuu keskipituuden ohella tyviosuuteen tai runkojen järeyteen. Järeys on tyviosuutta parempi tarkkuuden lisääjä.
- Tarkkuus paranee männyllä vielä, jos tulosta korjataan kolmen muuttujan mallilla, jolloin tarkkuus vastaa normaalitukkien mittauksen tarkkuutta. Kuusella vastaava tarkkuus saadaan jo keskipituutta ja järeyttä korjaustekijöinä käyttäen.

Kaikkiaan voidaan todeta, että pikkutukkien kappaleittainen mittaus voitaisiin saada verraten tarkaksi, jos käytännössä olisi mahdollista mitata riittävä määrä niiden muotoon vaikuttavia tunnuksia ja korjata mitausta näihin tunnuksiin perustuvilla funktioilla. Kuusella voitaisiin tarkkuutta lisätä myös tukkilajeittaisia tilavuuslukuja käyttämällä. Käytännön ongelmien vuoksi jouduttaneen turvautumaan vain keskipituuteen perustuviin korjauksiin ja kaikille tukeille laskettuihin tilavuuslukuihin, jolloin aina 10%:iin nousevat virheet olisivat tässä saatujen tulosten mukaan mahdollisia. On kuitenkin korostettava, että tehty tarkastelu perustuu suppeilta alueilta mitattuihin pieniin eriin. Kokonaisissa leimikoissa voidaan olettaa virheisiin vaikuttavien ominaisuuksien vaihtelevan vähemmän kuin tutkimuksen

erissä, ja myös virheiden jäävän tässä todettua pienemmiksi.

Mittauserän koon ja tilavuussuhteiden hajonnan välisen riippuvuuden teoreettista tarkastelua varten muodostettiin aineistojen eristä kymmenen kooltaan mahdollisimman samansuuruista erää siten, että toisena muodostamisperusteena oli runkojen mahdollisimman samansuuruinen keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta, jolloin saatiin alkuperäisiä suurempia ja runkojäreydeltään yhtenäisiä eräiä. Keskipituuskorjauksen jälkeen saatujen tilavuussuhteiden hajonnat näkyvät seuraavassa asetelmassa, jossa näkyvät myös alkuperäisten erien vastaavat tiedot.

	Uudet erät		Alkuperäiset erät	
	Koko, m <sup>3</sup>	Hajonta, %	Koko, m <sup>3</sup>	Hajonta, %
Mänty	17,4	3,2	2,9	4,8
Kuusi	32,8	3,9	3,7	4,8

Männyllä on erän koon suurentuminen pienentänyt hajontaa selvästi enemmän kuin kuusella, mikä johtuu siitä, että kuusella on järeyden vaikutus tilavuussuhteeseen suurempi kuin männyllä. Kuusella on järeyden vaihtelun hajontaa suurentava vaikutus edelleenkin säilynyt, kun taas männyllä on tapahtunut eri tekijäin vaikutusten tasoittumista. Tasoittumisen merkitystä kuvaa se, että vastaavilla erillä, jotka oli muodostettu täysin sattumanvaraisesti, oli tilavuussuhteiden hajonta männyllä 2,0 % mutta kuusella vain 1,4 %. Tarkastelun tuloksia ei voida käyttää arvioitaessa, mikä olisi tilavuussuhteiden hajonta käytännön mittauksissa, mutta ne kuitenkin tukevat käsitystä, että se olisi huomattavasti pienempi kuin tutkimuksessa saatu 4,8 %, edellyttäen, että mittaukset tehdään huolellisesti.

Normaalitukkien mittauksessa keskipituuskorjaus perustuu leimikon keskipituuden ja ns. peruskeskipituuden eroihin. Tässä tutkimuksessa todettiin pikkutukkien katkaisuoheiden vaihtelevan huomattavasti (sivu 5). Saadut keskipituudet eivät tästä syystä ole kovinkaan luotettavia. Ongelma voidaan ainakin pääosin ratkaista käyttämällä pituusluokittaisia korjauskertoimia. Laskettuihin funktioihin perustuvat kertoimet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 6a. Eräkohtaisten virheiden kumulatiivinen jakauma eri korjausvaihtoehdoissa. Mänty, mittaus kuoren päältä.

Table 6a. Cumulative distribution of the errors within the lots by the various correction alternatives. Pine, scaling over bark.

Virhe enintään, % Maximum error, %	Laskenta tukkilajeittaisilla tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of log types					Laskenta kaikkien tukkien tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of all the logs				
	Ei korjausta No correction	Korjaus yhtälöillä <sup>1)</sup> Correction with the equations <sup>1)</sup>				Ei korjausta No correction	Korjaus yhtälöillä <sup>1)</sup> Correction with the equations <sup>1)</sup>			
		A	B	C	D		A	B	C	D
	% eristä — percentage of the lots									
0,9	13	21	9	18	31	13	15	18	18	29
1,9	24	27	29	40	45	22	31	32	35	42
2,9	38	51	45	60	64	33	42	47	55	55
3,9	51	58	60	78	84	44	62	62	75	67
4,9	64	69	73	84	93	65	71	75	82	87
5,9	75	75	82	85	96	75	82	80	85	93
6,9	82	84	85	91	100	78	85	89	91	98
7,9	87	91	91	98		85	89	91	95	100
8,9	91	93	96	98		89	93	95	98	
9,9	93	96	98	100		91	98	98	98	
10,9	93	100	100			93	100	100	100	
11,9	96					98				
12,9	98					98				
13,9	98					98				
14,9	98					100				
15,9	100									

<sup>1)</sup> Selittävät muuttajat — Independent variables  
 A Tukkien keskipituus — Mean length of the logs  
 B Tukkien keskipituus ja tyviprosentti — Mean length and butt percentage of the logs

C Tukkien keskipituus ja runkojen keskimääräinen  $D_{1,3}$  — Mean length of the logs and mean DBH of the stems  
 D Tukkien keskipituus ja tyviprosentti sekä runkojen keskimääräinen  $D_{1,3}$  — Mean length and butt percentage of the logs and mean DBH of the stems

Taulukko 6b. Eräkohtaisten virheiden kumulatiivinen jakauma eri korjausvaihtoehdoissa. Kuusi, mittaus kuoren päältä.

Table 6b. Cumulative distribution of the errors within the lots by the various correction alternatives. Spruce, scaling over bark.

Virhe enintään, % Maximum error, %	Laskenta tukkilajeittaisilla tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of log types					Laskenta kaikkien tukkien tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of all the logs				
	Ei korjausta No correction	Korjaus yhtälöillä <sup>1)</sup> Correction with the equations <sup>1)</sup>				Ei korjausta No correction	Korjaus yhtälöillä <sup>1)</sup> Correction with the equations <sup>1)</sup>			
		A	B	C	D		A	B	C	D
	% eristä — percentage of the lots									
0,9	16	15	23	34	32	8	8	20	30	27
1,9	39	36	42	55	53	22	30	47	53	53
2,9	44	51	60	70	73	41	45	61	69	69
3,9	52	65	76	83	84	52	57	73	84	82
4,9	67	80	86	89	89	67	68	87	91	91
5,9	80	89	89	94	95	72	77	93	97	95
6,9	84	92	92	98	99	77	86	94	99	99
7,9	94	95	99	100	100	84	90	100	100	100
8,9	95	98	100			91	95			
9,9	95	100				93	97			
10,9	97					97	98			
11,9	99					98	100			
12,9	100					98				
13,9						99				
14,9						100				

<sup>1)</sup> Selittävät muuttajat — Independent variables  
 A Tukkien keskipituus — Mean length of the logs  
 B Tukkien keskipituus ja tyviprosentti — Mean length and butt percentage of the logs

C Tukkien keskipituus ja runkojen keskimääräinen  $D_{1,3}$  — Mean length of the logs and mean DBH of the stems  
 D Tukkien keskipituus ja tyviprosentti sekä runkojen keskimääräinen  $D_{1,3}$  — Mean length and butt percentage of the logs and mean DBH of the stems



Taulukko 7. Tukkien keskipituuden mukaiset korjauskertoimet.  
Table 7. Correcting factors according to the mean length of logs.

Tukkien keskipituus, dm Mean length of logs, dm	Laskenta tukkilajeittaisilla tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of log types		Laskenta kaikkien tukkien tilavuusluvuilla Calculation with the volume figures of all the logs	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce
29,5 — 30,4	0,908	0,906	0,922	0,931
30,5 — 31,4	0,915	0,912	0,927	0,936
31,5 — 32,4	0,921	0,919	0,932	0,941
32,5 — 33,4	0,928	0,926	0,938	0,946
33,5 — 34,4	0,935	0,933	0,944	0,950
34,5 — 35,4	0,942	0,940	0,949	0,955
35,5 — 36,4	0,949	0,947	0,955	0,960
36,5 — 37,4	0,956	0,954	0,961	0,965
37,5 — 38,4	0,963	0,962	0,966	0,970
38,5 — 39,4	0,969	0,969	0,972	0,974
39,5 — 40,4	0,976	0,976	0,977	0,979
40,5 — 41,4	0,983	0,983	0,982	0,984
41,5 — 42,4	0,990	0,990	0,988	0,989
42,5 — 43,4	0,997	0,997	0,994	0,994
43,5 — 44,4	1,004	1,004	0,999	0,999
44,5 — 45,4	1,001	1,011	1,005	1,003
45,5 — 46,4	1,017	1,018	1,010	1,008
46,5 — 47,4	1,024	1,025	1,016	1,013
47,5 — 48,4	1,031	1,032	1,022	1,018
48,5 — 49,4	1,038	1,039	1,027	1,023
49,5 — 50,4	1,045	1,046	1,032	1,027
50,5 — 51,4	1,052	1,053	1,038	1,032
51,5 — 52,4	1,059	1,060	1,043	1,037
52,5 — 53,4	1,065	1,067	1,049	1,042
53,5 — 54,4	1,072	1,074	1,055	1,047
54,5 — 55,4	1,079	1,081	1,060	1,051
55,5 — 56,4	1,086	1,088	1,066	1,056
56,5 — 57,4	1,093	1,095	1,071	1,061
57,5 — 58,4	1,100	1,102	1,077	1,066
58,5 — 59,4	1,107	1,109	1,082	1,071
59,5 — 60,4	1,113	1,116	1,088	1,075
60,5 — 61,4	1,120	1,123	1,093	1,080

### 35. Yksikkötilavuuslukujen alueellinen soveltuvuus

Normaalitukkien mittaustutkimuksessa Etelä-Suomen alueen Pohjanlahden rannikkoalueelle ja muun Etelä-Suomen alueelle laskettujen tilavuuslukujen ero oli kuorellisessa mittauksessa männyllä n. 2,7% ja kuusella n. 2,1%.

Pikkutukkiaineistoa sijoittui näille alueille (kuvat 1a ja 1b) seuraavasti:

	Pohjanlahden rannikkoalue			Muu Etelä-Suomi		
	Eriä	% eristä	% tilavuudesta	Eriä	% eristä	% tilavuudesta
Mänty	18	31	39	37	69	61
Kuusi	14	16	18	86	84	82

Kaikkien tukkien kuorellisen mittauksen tilavuuslukuja käytettäessä muodostuivat eräkohtaiset tilavuussuhteiden alueittaiset keskiarvot eri laskentavaihtoehdoissa seuraaviksi:

Vaihtoehto	Mänty		Kuusi	
	Pohjanlahden rannikkoalue	Muu Etelä-Suomi	Pohjanlahden rannikkoalue	Muu Etelä-Suomi
A Ei korjausta	1,010	0,994	1,018	0,993
B Keskipituus	1,010	0,996	1,020	0,996
C Keskip. ja tyvi-%	1,014	0,993	1,012	0,998
D Keskip. ja $d_{1,3}$	1,017	0,991	1,009	0,998
E Keskip., tyvi-% ja $d_{1,3}$	1,010	0,995	1,009	0,998

Alueiden välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä männyllä vain vaihtoehdossa C (riski 10%) ja kuusella vain vaihtoehdossa B (riski 5%). Tukkilajeittaiseen laskentaan perustuvat erot poikkesivat edellä esitetystä vain vähän ja tilastolliset merkitsevyydetkin olivat vastaavat.

Alueiden väliset erot ovat kuitenkin samsuuntaiset kuin normaalitukeillakin. Käytäntöön sovellettavissa olevassa vaihtoehdossa B alueiden välinen ero on männyllä 1,4% ja kuusella 2,4%. Ero on männyllä

noin puolet normaalitukeilla todetusta vastaavasta erosta. Kuuselle saatu ero on normaalitukkien eroa hieman suurempi. Erot olivat joka tapauksessa aineiston latvamuotolukujen hajonnan ja aineiston vähäisyyden vuoksi varsin epävarmoja tilavuuslukujen alueellisen eriyttämisen perusteiksi. Todettujen alueellisten erojen vuoksi voitiin toisaalta

epäillä, miten hyvin tilavuusluvut keskimäärin soveltuisivat koko alueelle. Vastaus jäi avoimeksi, koska tietoja hakkuiden alueellisesta jakautumisesta ei ollut käytettävissä. Ilmeistä kuitenkin on, että Etelä-Suomen lounaisosassa, johon aineistokin painottui, on pikkutukkien teko yleisempää kuin alueen muissa osissa.

#### 4. YHTEENVETO

Kun erilliseksi puutavaralajiksi muodostuneiden pikkutukkien yksikkötilavuuslukuja ( $\text{m}^3/\text{m}$ ) ei ole ollut käytettävissä, on niiden tilavuus tavallisesti määritetty käyttämällä normaalitukkien pienten läpimittaluokkien tilavuuslukuja. Näiden soveltuvuus pikkutukkien tilavuuden määrittämiseen on ollut monestakin syystä epävarmaa. Metsäntutkimuslaitos keräsi 1984—1985 Etelä-Suomen pikkutukkileimikoista tilavuuslukujen laadintaa varten runsaat 2 400 mänty- ja runsaat 3 700 kuusitukkaa käsittävän aineiston. Männyn mittauseriä oli 60 ja kuusen 88.

Erien minimiläpimitat vaihtelivat männyllä välillä 9—12 cm ja kuusella 9—14 cm kuoren alta. Keskimääräinen kuorellinen latvaläpimitta oli männyllä 12,6 cm ja kuusella 13,8 cm. Mäntytukkien keskipituus oli 43,1 dm ja kuusitukkien 43,4 dm. Aineistoon sisältyi sekä normaalitukkirunkojen latvatukkeja että pikkutukkirungoista tehtyjä tukkeja. Viimeksi mainittujen osuus oli männyllä 46 % ja kuusella 50 %.

Koska luokkavälin suuruus vaikuttaa merkittävästi pieniläpimittaisten tukkien mittauksen tarkkuuteen, laskettiin tilavuusluvut ja muutkin tutkimustulokset normaalitukeilla käytössä olevan 2 cm luokkien sijasta 1 cm luokiin.

Tukkien latvamuotoluvut olivat kummallakin puulajilla sitä pienempiä mitä suurempi oli luokka. Tukin asema rungossa vaikutti latvamuotolukuun varsin selvästi. Pääosassa mäntyaineistoa oli rungosta järjestyksessä toisena tehtyjen tukkien latvamuotoluku pienin ja toisen tukin jälkeen tehdyillä tukeilla suurin. Kuusella latvamuotoluku suureni kaikissa läpimittaluokissa tukin järjestysluvun myötä.

Tukkien tilavuudet määritettiin splinifunktiolla. Yksikkötilavuusluvut ( $\text{m}^3/\text{m}$ ) määri-

tettiin sekä kuorellista että kuoretonta mitausta varten. Läpimittaluokittaiset tilavuusluvut tasoitettiin funktiolla  $y = a + bx^2$  ( $y$  = tilavuusluku,  $x$  = läpimittaluokka) lukuunottamatta männyn kuoretoman mittauksen lukuja, jotka tasoitettiin funktiolla  $y = a + bx$ .

Normaalitukkien pienten läpimittaluokkien (mänty 13—15 cm ja kuusi 13—17 cm) tilavuusluvuilla laskettu aineiston tilavuus oli yli 10% tässä tutkimuksessa saaduilla luvuilla laskettua tilavuutta suurempi. Eron todettiin johtuvan normaali- ja pikkutukkien muoto- ja pituuseroista, mutta merkittävältä osin myös tukkien erilaisista läpimittajakaumista.

Kaikille tukeille lasketujen tilavuuslukujen lisäksi laskettiin erikseen tyvitukkien ja muiden tukkien tilavuusluvut. Tukkilajeitaisten lukujen käytön todettiin lisäävän mitaustarkkuutta vain kuusella.

Todellisen tilavuuden ja tilavuusluvuilla lasketun tilavuuden suhde (tilavuussuhde) oli sitä suurempi, mitä suurempi oli erän tukkien keskipituus ja sen runkojen keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta. Keskipituus selitti regressioanalyyssissä erien tilavuussuhteen hajonnasta männyllä 30 % ja kuusella 22 %. Rungon keskimääräisen rinnankorkeusläpimitan selittävyys oli vastaavasti 25 % ja 46 %. Erän tyvitukkiosuuden suureneminen pienensi tilavuussuhdetta kuusella. Osuuden selittävyys oli 23 %. Männyllä ei tyvitukkiosuuden vaikutusta todettu. Monimuuttujamalli, jossa selittävinä muuttujina olivat keskipituus ja rinnankorkeusläpimitta, selitti tilavuussuhteen hajonnasta männyllä 50 % ja kuusella 72 %. Kun männyllä lisättiin selittäjiin tyvitukkiosuus, nousi mallin selittävyys 67 %:iin. Kun alkuperäinen tilavuussuhteiden variaatiokerroin oli männyllä 5,7 % ja kuusella 5,3 %, saatiin parhaiksi osoittautuneilla malleilla lasketujen tilavuussuhteiden variaa-

tiokertoimiksi vastaavasti 3,3 % ja 2,8 %. Pikkutukkien mittauksen tarkkuutta voidaan näin ollen lisätä merkittävästi, jos mittausvirheisiin keskeisesti vaikuttavat tekijät ovat käytännössä määritettävissä. Lähtien kuitenkin siitä, että vain keskipituuden määrittäminen soveltuu käytäntöön, laskettiin vain sitä koskevat korjauskertoimet.

Jakamalla aineisto normaalitukkien mit-

tauksen osa-aluejaon mukaisesti osiin todettiin, että Pohjanlahden rannikkoalueen aineiston tilavuussuhde oli normaalitukkeja vastaten muu Etelä-Suomi -alueen aineiston tilavuussuhdetta suurempi kummallakin puulajilla. Aineisto todettiin kuitenkin riittämättömäksi osa-alueittaisten tilavuuslukujen laskentaan.

## KIRJALLISUUS

- Kärkkäinen, M. 1978. Pienten kuusitukkien mittaus. Summary: Measurement of small spruce logs. *Folia Forestalia* 370. 54 s.
- Rikkonen, P. 1986. Pikkutukkien mittaustutkimus. Metsäntutkimuslaitos. Moniste 18 s.

- 1987. Havutukkien kuorelliseen latvaläpimitaan perustuva tilavuuden määrittäminen. Summary: Volume of coniferous saw logs based on top diameter over bark. *Folia Forestalia* 684. 47 s.

*Total of 3 references*

## SUMMARY

### Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter

Since unit volume figures ( $m^3/m$ ) for small sized logs, nowadays considered a separate timber assortment, have not so far been available, their volume has usually been determined by using volume figures for normal logs in small diameter classes. Therefore, during 1984 to 1985 the Forest Research Institute accumulated a material consisting of over 2400 small sized pine logs and over 3700 spruce logs from stands in southern Finland, for determination of volume figures. There were a total of 60 pine lots and 88 spruce lots.

Minimum diameters of the pine lots were 9 to 12 cm, and spruce lots 9 to 14 cm under bark. Average top diameter over bark was 12,6 cm for pine and 13,8 cm for spruce. Average length of pine logs was 43,1 dm and spruce logs 43,4 dm. The material included both top logs from normal sized stems and logs made from small sized stems, the latter in proportions of 46% for pine and 50% for spruce.

Since the size of the class difference is of significance for the accuracy of scaling in small sized logs, volume figures as well as other research results were calculated in 1 cm classes instead of the 2 cm classes in use for normal saw logs.

For both tree species, the larger the class, the smaller was the top form factor of the log. The position of the log on the stem clearly affected the top form factor. In the major portion of the pine material, the top form factor for the log made second from the stem was the smallest, and for the logs made after the second log the factor was largest. In the spruce material, the top form

factor increased in all diameter classes in order by the logs made.

The log volumes were determined using the spline function. Unit volume figures ( $m^3/m$ ) were determined for both over and under bark scaling. Volume figures per diameter class were equalized using the equation  $y = a + bx^2$  ( $y$  = volume figure,  $x$  = diameter class), except under bark measurement figures for pine, which were equalized using the equation  $y = a + bx$ .

The volume of this material, calculated using the volume figures of normal saw logs of small diameter classes (pine 13 to 15 cm, and spruce 13 to 17 cm), was larger by 10% than the volume calculated using the figures resulting from this study. The difference was attributed to the form and length differences between normal and small sized logs, but to a significant extent also to the different diameter distributions of the logs.

In addition to volume figures calculated for all logs, separate volume figures were calculated also for butt logs and other logs. Using separate figures was found to increase measurement accuracy only for spruce.

The greater the average length of the logs in the lot and the average breast height diameter of the stems, the greater was the ratio between the true volume and the volume calculated using volume figures (the volume ratio). Regression analysis indicated that average length explained for 30% of the deviation of the volume ratios of various lots of pine and 22% of spruce. Breast height diameter explained for 25 and 46% respectively. An increase in the proportion of butt logs reduced the ratio

for spruce. The proportion explained for 23% of the deviation. The proportion of butt logs of pine had no effect on the volume ratio. A model where average length of logs and average breast height diameter of stems were used as independent variables, explained for 50% of the deviation of pine and 72% of spruce. When the butt log proportion was added to the variables for pine, the model explained for 67% of the deviation. When the original variation coefficient for volume ratios was 5,7% for pine and 5,3% for spruce, calculations using the best models yielded variation coefficients for volume ratios of 3,3% and 2,8% respectively. Measurement accuracy of small sized logs can therefore be significantly increased, if factors

decisively affecting measurement errors can be determined in practice. However, realizing that determination of average length alone is applicable to practice, correction coefficients for that factor only were calculated.

By dividing the material into lots according to the subregional division of measurement of normal logs, it was found that the volume ratio for the Ostrobothnian coastal region was larger than the volume ratio for the area covering the remaining southern Finland for both tree species, as in normal logs. The material was, however, insufficient for calculation of volume figures by subregion.





METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

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

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

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 151 4000

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

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



- No 705 Turkia, Kyösti & Kellomäki, Seppo: Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan.  
Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands.
- No 706 Laiho, Olavi: Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa.  
Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland.
- No 707 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuumahdollisuuksien käyttöön vaikuttavat tilakohtaiset tekijät maan länsi- ja itäosissa.  
Factors affecting the use of the allowable cut in western and eastern parts of Finland.
- No 708 Rusanen, Mari & Velling, Pirkko: Satoindeksin vaihtelu ja korrelointi kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa nuorissa männyn jälkeläiskokeissa.  
Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation with growth and quality traits.
- No 709 Lipas, Erkki: Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä.  
Timing of nitrogen fertilization on mineral soils.
- No 710 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1987.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1987.
- No 711 Pajuoja, Heikki: Suomen puunkäyttö ja poistuma 1985—1987.  
Wood consumption and total drain in Finland, 1985—1987.
- No 712 Rikkinen, Pentti: Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella.  
Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter.
- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.  
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.
- No 714 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Suomen suometsät vuosina 1951—1984.  
Peatland forests in Finland in 1951—1984.
- No 715 Metsätilastollinen vuosikirja 1987.  
Yearbook of Forest Statistics, 1987.
- No 716 Nevalainen, Seppo & Liukkonen, Kirsi M. H: Ilman epäpuhtauksien vaikutus bioottisiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus.  
The effects of air pollution on biotic forest diseases and pests. A literature review.