

ODC  
525.1  
831.4

# FOLIA FORESTALIA 211

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1974

---

---

PAAVO TIIHONEN

---

MÄNTYPYLVAIDEN KUUTIOIMIS-  
MENETELMÄ

---

EINE KUBIERUNGSMETHODE FÜR  
KIEFERNMASTHOLZ

---

- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla. Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä. On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus. Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä. Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa. Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus. Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja. Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa. Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland. Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyn ja pluskuuset. Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa. Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971. The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot. Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohjola: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusi- viljelyistä. Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin. Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana. The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa. Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä. The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed. Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—
- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen. The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutiomistaulukot. Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu. The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2,—
- No 165 Metsätalastollinen vuosikirja 1971. Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—



Paavo Tiihonen

MÄNTYPYLVÄIDEN KUUTIOIMISMENETELMÄ

Deutsches Referat

Eine Kubierungsmethode für Kiefernmastholz

ALKUSANAT

Aloitteen oheisen tutkimuksen suorittamiseksi teki metsäteknikko ANTTI SEPPÄLÄ (Etelä-Karjalan pml) syksyllä 1973. Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen ja metsäteknologian tutkimusosastojen kesken tehdyn päätöksen mukaisesti tutkimus jäi allekirjoitaneen tehtäväksi.

Tutkimuksen kenttätöiden valmistelussa sekä aineiston keruussa ja käsittelyvaiheessa on saatu monipuolista ja arvokasta tukea pylväiden myyjien ja ostajien järjestöiltä sekä useilta metsäteollisuusyhtiöiltä ja heidän metsäammattimie-

hiltään. Aineiston keruuseen ja tulosten laskentaan on osallistunut useita metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston palveluksessa olevia henkilöitä. Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit KULLERVO KUUSELA ja YRJÖ VUOKILA. Julkaisun saksankielisen selostuksen ovat kääntäneet rouva MARIANNE KAHANPÄÄ ja fil.maisteri YRJÖ SIHVO.

Esitän kunnioittavat kiitokset saamastani monipuolisesta tuesta.

Helsinki, kesäkuu 1974

Paavo Tiihonen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
DEUTSCHES REFERAT .....	3
JOHDANTO .....	4
AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ .....	5
VAIHTOEHTOISIA KUUTIOIMISMENETELMIÄ .....	7
Nykyiset menetelmät .....	7
Keskuskiintomitan lähempi tarkastelu .....	8
Muita mahdollisuuksia .....	12
TÄYDENNYSMITTAUKSET .....	14
KÄYTÄNTÖÖN SUOSITELTAVA KUUTIOIMISMENETELMÄ .....	15
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	16

## EINE KUBIERUNGSMETHODE FÜR KIEFERNMASTHOLZ

Im Zusammenhang mit einer Untersuchung über die Holzsortenstruktur, die an der Finnischen Forstlichen Forschungsanstalt, Abteilung Abschätzung, ausgeführt wird, wurde im Herbst 1973 eine kurze Prüfung der Verlässlichkeit der angewandten Kubierungsmethode für Kiefern-mastholz vorgenommen. Diese Untersuchungsarbeit wurde 1974 fortgesetzt mit dem Ziel, eine Kubierungsmethode für die forstliche Praxis auszuarbeiten.

Die Untersuchung basiert in erster Linie auf einem im Herbst 1973 und Frühjahr 1974 gesammelten Material von insgesamt 1607 Kiefernmasten, zum Teil aber auch auf schon früher zusammengebrachten, entsprechenden Messergebnissen. Die Forsttechnologische Abteilung der Forstlichen Forschungsanstalt hat dazu mit Angaben über die Zuverlässigkeit der Massenbestimmung, die auf den Durchmesser der Mitte der Blochholzlänge zurückgeht, beigetragen (RIKKONEN 1974, im Druck).

In der vorliegenden Untersuchung werden zunächst die zwei derzeit üblichsten Massenbestimmungsverfahren erörtert, von denen das eine auf der Mastholzlänge und dem auf der halben Länge über Rinde gemessenen Durchmesser (2-cm Klassifizierung) beruht. Bei dem zweiten Verfahren wird der Mastholzanteil als gewöhnliches Blochholz mit Hilfe der gängigen Einheitskubikmassenwerte für Blochholz kubiert. Von sonstigen in Frage kommenden Möglichkeiten seien nur die Herabsetzung des Messpunktes für den Durchmesser um 0,5–1 m unterhalb der Mitte der Mastholzlänge und die Heranziehung des nach der "normalen" Ablängung erhaltenen Resultats erwähnt. Die Ergebnisse der verschiedenen Alternativen werden mit denen der sektionsweisen Kubierung verglichen.

Aus den Resultaten geht hervor, dass die Kubierung, die auf den in der Mitte des Mastholzanteils aufgenommenen Durchmesser zurückgeht, zu einer eindeutigen Unterschätzung von etwa 5 % führt. Die Methode an sich kann also nicht ohne weiteres für die Forstpraxis empfohlen werden. Andererseits scheint die Kubierung des Mastes als gewöhnliches Blochholz zu einer Überschätzung wechselnder Grösse zu führen. Diese Alternative setzt, wie bereits gesagt, durchschnittliche Einheitskubikmassenzahlen voraus. Bei Herabsetzung des Messpunktes für den Durchmesser etwas unterhalb der Mitte werden im Durchschnitt recht gute Resultate erzielt, aber die Anwendung einer solchen Methode in der allgemeineren Messpraxis dürfte kaum in Frage kommen. Auch die Heranziehung der Gesamtmasse des Blochholzanteils bei einem Stamm scheint keine gute Methode zu sein.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass man sich bei der Kubierung des Kiefernmastholzes auch weiterhin nur auf die Messungen stützen sollte, die den als Mastholz anzusprechenden Stammanteil betreffen. Als eigentliche Kubierungsgrundlage soll also auch weiterhin der Mittenfestgehalt gelten, der dem Durchmesser in der Mitte (auf der Rinde) und der Mastlänge gemäss bestimmt wird, aber dieses Mass ist um 5 % zu erhöhen. Für Mastholz von unterschiedlicher Stärke und Länge verwendet man ein und dieselbe Durchschnittsnachprüfung. Da aber möglicherweise schon in nächster Zukunft mit Änderungen hinsichtlich der durchschnittlichen Stärke und Form des Kiefernmastholzes zu rechnen ist, werden die Organisationen der Verkäufer und Abnehmer des Mastholzes aufgefordert, diese eventuellen Änderungen gemeinsam im Auge zu behalten.



## JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa suoritetuissa, puuston puutavaralajirakennetta koskevista tutkimuksissa on yleensä tarkasteltu samanaikaisesti rungon koko kuutiomäärää ja siitä erotettuja kaikkia puutavaralajeja. Eräiden täydennys- ja tarkistusaineistojen keruussa on kuitenkin rajoitettu vain joko yhteen puutavaralajiin, tukki- tai kuitupuuosaan, tai rungon koko kuutiomäärään. Esimerkkinä mainittakoon maan läntisen ja lounais-eteläisen rannikon tukkipuut, edelleen maan pohjoispuoliskon vanhat männyt, ns. aihkipetäjät.

Syksyllä 1973 tehtiin jälleen mainitunlaisia suppeita, mäntytukkipuiden kuitupuosien kuutiomäärää koskevia mittauksia Kouvolan ympäristössä. Tarkastelun piiriin tuli myös pylväspuiksi luettuja mäntyjä. Mittausten yhteydessä metsäteknikko ANTTI SEPPÄLÄ (Etelä-Karjalan pml) kiinnitti huomiota siihen, että pylväiden kuutiointissa sovellettiin ainakin kahta erilaista menetelmää. Kuutiointi tapahtui joko puun myyjien ja ostajien järjestöjen v. 1973 yhteisesti esittämien ohjeiden (*Uudistuva puutavaran. . .1973*) mukaisesti pylvään pituuden puolivälistä mitatun läpimitan ja pituuden mukaisesti tai toisaalta tukkeina, jolloin tukeista mitataan läpimitta latvasta kuoren alta (*Asetus puutavaran. . .1972*). SEPPÄLÄN mukaan käytännön kannalta oli tärkeää pyrkiä selvittämään kuvaa siitä, miten tarkkoihin tuloksiin mainituilla menetelmillä päästään nimenomaan mäntypylväiden kuutiointissa. Kuutiointi pylvään keskeltä mitatun läpimitan mukaisesti vaikutti käytännön kannalta edulliselta, mutta menetelmä ilmeisesti johti, kuten SEPPÄLÄN ja eräät muut selvitykset (esim. KURONEN et al. 1969) viittasivat, keskimäärin ainakin lievään aliarviointiin. Nykyisten pylväiden mitausohjeiden laadinnan yhteydessä oli samoin kiinnitetty huomiota ilmeiseen aliarviointiin nojaututtaessa pylvään pituuden puolivälin läpimitaan. Kätsöttiin, että oli päädytty lähinnä alustaviin ohjeisiin, jotka oli tarkistettava mahdollisimman pian.

Mäntypylväiden osuus maassamme vuosittain hakattavasta kuitu- ja tukkipuiden kokonais-

kuutiomäärästä on suhteellisesti verraten pieni (ks. HUTTUNEN 1972). Pylväshakkuut keskittyivät kuitenkin pääosiltaan verraten suppeille alueille, joten paikallisesti niiden merkitys saattaa olla hyvin suuri. Pylväspuista kertyy myös huomattavat kantorahatulot. Äskettäin käyttöön otetun uuden, kiintokuutiometrin käyttöön perustuvan mittausjärjestelmän kannalta on edelleen tärkeää pyrkiä kartoittamaan ja selvittämään kaikki mahdolliset haitat ja virhemahdollisuudet. Aiheen selvittely oli siten perusteltua.

Pylväsoosuutta koskeva tarkastelu ja pylvään kuutiointimenetelmän tarkistaminen tai peräti uuden menetelmän laadinta merkitsi keskittymistä vain yhteen puutavaralajiin. Tehtävä sisältyi kyllä *puutavaran mittaussäännön* (163/1969) edellyttämiin selvityksiin, mutta liittyi metsäntutkimuslaitoksen työohjelmien mukaisesti paremmin metsäteknologian kuin metsänarvioimisen tutkimusosaston tutkimuksiin. Toisaalta todettiin, että pylväsoisuuden tarkastelu liittyi kiinteästi myös puuston puutavaralajirakenteen selvittelyyn. Ainakin alustava selvitys oli käytännön kannalta edullisinta suorittaa edellä mainitun, Kouvolan ympäristössä tapahtuvan aineiston keruun yhteydessä. Näin menetellen tehtävästä aiheutui varsin vähän uusia mittauksia ja kustannuksia.

Edellä esitettyjen näkökohtien perusteella mäntypylväiden kuutiointia koskeva selvitys uskottiin kirjoittajan tehtäväksi. Tutkimustehtävä hahmottui pääosiltaan seuraavaksi. Tutkimus kohdistuu mäntyihin, joista valmistetaan tavanomaisen kauppatoiminnan mukaisia pylväitä. Käytännön hakkuutyömailta koottuihin mittaustietoihin nojautuen verrataan tähän mennessä sovelletuilla ja muilla mahdollisilla kuutiointimenetelmillä saatavia tuloksia pylvään todellista kuutiomäärää luonnehtiviin pätkittäisen kuutiointin tuloksiin. Vertailun pohjalta pyritään esittämään alustava ehdotus siitä, millainen pylväiden kuutiointimenetelmä näyttäisi käytännön mittaustoiminnan kannalta edullisimmalta.

Tutkimuksen edistyessä ilmeni, että tavoitteeksi asetetun alustavan ehdotuksen asemesta

oli syytä pyrkiä varsin täsmällisesti määritettyyn ratkaisuun. Käytännön taholta näet esitettiin, että mahdolliset mittaus- ja kuutioimisperusteiden muutokset olisi tehtävä viimeistään seuraavan hankintavuoden alussa eli 1.7.1974 lukien. Todettiin, että tällainen ratkaisu edellytti ainakin täydennysaineiston keruuta edellä mainittua tutkimusaineiston mittausaluetta huomattavasti laajemmalta alueelta. Aihetta koskeneiden neuvottelujen tuloksena *Osuuskunta Metsä-*

*liitto, Osuuspuu ja Pylväänviejät r.y.* lupautuivat avustamaan kaikin tavoin täydennysmittauksen käytännöllisessä suorittamisessa.

Edellisessä esitetyn tutkimustehtävän täsmennyksen jälkeen tavoitteena oli sellaisen mäntypylväiden kuutioimismenetelmän laadinta, jota perustellusti voitaisiin suosittaa käytännön mittauksiin jo seuraavan eli 1.7.1974 alkavan hankintakauden alusta lukien.

## AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

Johdannossa viitatus mukaisesti tutkimusaineiston keruussa päätettiin rajoittaa verraten suppealle Kouvola-Valkeala-alueelle, jota jäljempänä kutsutaan tutkimusalueeksi. Tämä seutu on kuitenkin eräs vilkkaimmista mäntypylväiden hakkuualueista. Aineiston keruuta edeltäneissä, pylväiden myyjiä ja ostajia edustaneiden metsäammattimiesten kanssa käydyissä neuvotteluissa ilmeni edelleen, että valitulta alueelta ja toisaalta sen lähiympäristöstä valmistettujen mäntypylväiden koossa ja muodossa tuskin oli mitään merkittäviä eroja. Aineistoa sopivasti ryhmittäen voitiin ilmeisesti saada ainakin likimääräiskuva tiettyjen keskimääräispuurteiden esiintymisen yleisyydestä ja merkityksestä kuutioimistulokseen.

Tutkimusalueen eri osissa sijainneista pylväselimikoista kaadettiin ja mitattiin syys-marraskuussa 1973 kaikkiaan 680 mäntypylväsrunkoa eli koepuuta. Niiden kuutiomäärä oli päätetäisen kuutioinnin mukaan yhteensä 284,8 m<sup>3</sup> (todellista kuorellista kiintokuutiometriä). Runkojen kaadosta ja karsinnasta sekä muista mittauksista edeltäneistä järjestelyistä huolehtivat alueella toimivat pylväiden ostajat, erityisesti *Osuuskunta Metsäliitto ja Arex Oy*. Aineistoon sisältyvät koepuut jakaantuvat rinnankorkeusläpimittaluokittain (jäljempänä lyhennys d, d-luokka) seuraavasti:

d-luokka, cm d-Klasse, der Stämme cm	Runkoluku Anzahl der Stämme	d-luokka, cm	Runkoluku
19	26	31	59
21	61	33	29

23	107	35	12
25	157	37	3
27	122	39	2
29	101	41	1

Jokaiseen koepuuhun oli ostajan mittamies merkinnyt erotettavan pylvään pituutta ilmaisevan luvun (7, 8, 8 1/2. . .jne.). Kaikki pylväsosaa koskevat tulokset on laskettu näiden merkintöjen, pituuksien, mukaisesti. Kuten johdannossa on todettu, pylväitä on kuutioitu keskeltä mitatun läpimitan mukaisesti ja toisaalta tukkeina. Päätettiin, että jokaisesta koepuusta tehdään näiden molempien vaihtoehtoisten menetelmien edellyttämät mittaukset. Läpimita mitataan siten pylvään keskeltä kuoren päältä 2 cm:n tasaavin luokin ja tukkien latvasta kuoren alta, samoin 2 cm:n tasaavin luokin (*Uudistuva puutavaran. . .1973*). Luokkakeskukset ovat molemmissa tapauksissa parittomia lukuja. Kaikkiaan 445 koepuusta mitattiin läpimita pylvään keskeltä myös millimetrin tarkkuudella. Näistä koepuista mitattiin edelleen kaksi muuta läpimittaa, toinen 1/2 m ja toinen 1 m keskikohdasta tyveen päin, samoin kuoren päältä millimetrin tarkkuudella.

Pylväsosa jaettiin tukkeihin käytännössä sovellettujen perusteiden mukaisesti. Jokaisesta pylvästä erotettiin, sen pituudesta riippuen, 2–3 yleensä samanpituista tukkia. Niinpä esim. 8 m:n pituisesta pylvästä tehtiin kaksi 4 m:n pituisia tukkia, 9 m:n pylvästä taasen kaksi 4,5 m:n tukkia. Pylvään pituuden mukaisesti ryhmittäen ovat erotettujen tukkien lukumäärät ja keskipituudet seuraavat.

Pylvään pituus, m <i>Länge des Mastes, m.</i>	Tukkien		Pylvään pituus, m	Tukkien	
	luku- määrä <i>Anzahl der Blöcher</i>	keski- pituus, cm <i>Mittellänge der Blöcher</i>		luku- määrä	keski- pituus, cm
7	72	350	11	106	550
8	106	400	12	189	400
8 1/2	32	425	13	33	433
9	426	450	14	9	467
9 1/2	42	475	15	39	500
10	398	500			

Kaikista pylväistä tehtyjen tukkien keskipituudeksi saatiin 457 cm.

Tukkien kuutiointi tapahtui uudessa mitausjärjestelmässä käytettävien, tukin latvaläpimitan mukaisesti ryhmitettyjen, maan eteläpuoliskon männyn yksikkökuutiolukujen mukaisesti. Pylvään keskeltä mitattuun läpimitaan (ja pituuteen) perustuva kuutiointi suoritettiin sen sijaan pääosiltaan luokkakokeskuksen (13, 15, 17... jne.), vähäisessä määrin myös millimetrin tarkkuudella ilmaistun läpimitan mukaisesti. Jälkimmäistä kuutioimistulosta kutsutaan puutavaran mittaussäännössä käytetyn nimityksen mukaisesti *keskuskiintomitaksi*.

Pylväosan pätkittäisessä kuutiointissa erotettiin, pylvään pituudesta riippuen, tyvestä tai myös latvasta metrin pituinen pölkky, muu osa kuutiointiin 2 m:n pölkkyinä. Läpimitat mitattiin kuoren päältä millimetrin tarkkuudella.

Pylväosan tarkastelun jälkeen jokainen koepuu apteerattiin yleisesti sovellettujen apteerausperusteiden (*Sahatukkien laatuvaatimukset* 1971; *Uudistuva...* 1973) mukaisesti, tukin minimiläpimitan ollessa 15 cm (luokka). Näin määritetty tukkiosa oli yleensä pitempi kuin pylväosa. Rungoista kertyneet tukit kuutiointiin samalla tavalla kuin pylväosasta erotetut tukit.

Lähinnä vertailumielessä mitattiin jokaisen koepuun kuitupuusa 6 cm:n minimiläpimitaan (kuoren alta) asti. Kuutiomäärä määritettiin nytkin pätkittäisellä kuutiointilla. Mitauksia täydennettiin edellä mainittujen 445 koepuun osalta vielä niin, että koko rungon kuutiomäärä voitiin määrittää pätkittäisellä kuutiointilla. Tuloksia verrattiin puu puulta ja eri tavoin ryhmittäen ILVESSALON (1947) ”Pys-

tyypuiden kuutioimistaulukoilla” saatuihin vastaaviin tuloksiin. Tätä vertailua samoin kuin muiden tulosten ryhmittelyä silmällä pitäen mitattiin jokaisesta koepuusta ILVESSALON taulukoiden kuutioimistunnukset, d, kapeneminen (d-d 6) ja pituus. ILVESSALON (mt.) taulukoiden tarkkuutta koskeneiden tutkimusten (esim. NOUSIAINEN et al. 1972) mukaisesti suurennettiin taulukoiden yksikkökuutioita 1,5 %:lla. Seuraavasta asetelmasta nähdään d-luokittaisen vertailun tulokset.

d-luokka, cm <i>d-Klasse, der cm</i>	Runkoluku <i>Anzahl Stämme</i>	Pätkittäinen kuutiointi <i>Sektionsweise Kubierung</i> m <sup>3</sup> kuorineen – m <sup>3</sup> mit Rinde	Taulukot <i>Tafeln</i> (ILVESSALO 1947)
19	17	4.2	4.2
21	47	14.7	14.7
23	74	27.9	27.6
25	94	41.3	41.3
27	90	46.3	46.3
29	63	38.1	38.2
31	39	27.1	27.7
33	14	10.8	10.9
35+	7	6.6	6.6
Yhteensä <i>Insgesamt</i>	445	217.0	217.5

Asetelman tulossarjojen vertailu osoittaa, että ILVESSALON (mt.) taulukoiden yksikkökuutiot luonnehtivat erittäin tarkasti tutkittujen mäntypylväspuiden koko kuutiomäärää. Samaan tulokseen päädyttiin myös muunlaisten kuutioimistulosten ryhmittelyjen perusteella. Kuutiomäärien lisäksi tutkittiin d-luokittain laskettuja keskimääräisiä kapenemisia ja pituuksia. Keskimääräislukuja verrattiin mm. valta-



kunnan metsien IV inventoinnin (ILVESSALO 1963) aineiston perusteella laskettuihin, maan eteläpuoliskon keski- ja itäosan mäntyjen vastaaviin tuloksiin. Tulossarjat olivat huomattavassa määrin yhdenmukaiset. Lähinnä saatettiin otaksua, että koepuiden kapeneminen oli ehkä keskimääräistä hieman pienempi. Mainittakoon, että kapenemisluvut viittasivat varsin samanlaiseen runkomuotoon kuin *Osuuskunta Metsäliitolta* saadut, eripituista pylväiden kapenemista osoittavat tulokset (*Impregn.* . . 1972).

Yhdistelmänä todettiin, että pylväspuiksi soveltuvat männyt eivät ilmeisesti edusta tutki-

musalueen muista männyistä ainakaan kovin selvästi poikkeavaa puuluokkaa.

Maastomittausten jälkeen voitiin jokainen tutkimusaineiston koepuu siis kuutioida usealla eri tavalla. Näin saatuja vaihtoehtoisia kuutiomismenetelmiä edustavia tuloksia verrattiin johdannossa esitetyn mukaisesti vastaaviin päätettävän kuutioinnin tuloksiin, kuten edellä koko rungon kuutiomääränkin osalta. Määrällisten lukujen rinnalle laskettiin aina vastaavat suhteellisten lukujen (%) sarjat. Vertailut on tehty pääosiltaan %-sarjojen pohjalta. Vertailujen tuloksia selostetaan seuraavassa.

## VAIHTOEHTOISIA KUUTIOIMISMENETELMIÄ

### Nykyiset menetelmät

Ensimmäiseksi tarkastelukohteeksi valittiin ne kaksi menetelmää, joita nykyisin on lähinnä käytetty mäntypylväiden kuutioinnissa. Toistuvasti mainiten toisen menetelmän kuutioimisperusteina ovat pylvään pituus ja pituuden puolivälistä kuoren päältä 2 cm:n tasaavin luokin mitattu läpimitta. Kuutioimistulosta kutsutaan edellä mainitun mukaisesti keskuskiintomitaksi. Toista vaihtoehtoa käytettäessä pylvasosa jaetaan yleensä samanpituisiin tukkeihin, joiden kuutiointi tapahtuu uuteen mittausjärjestelmään sisältyvien, tukin kuoretoman latvaläpimitan mukaisilla yksikkökuutioluilla. Molemmissa vaihtoehdoissa on tavoitteena pylvään todellinen kuorellinen kuutiomäärä.

Saatuja tuloksia verrattiin päätettävän kuutioinnin tuloksiin ensin puu puulta ja sitten koepuita eri tavoin ryhmittäen. Taulukosta 1 nähdään koepuiden d-luokan mukaisesti ryhmittäen saadut tulokset. Tulossarjojen mukaan pylvään keskuskiintomitta on johtanut keskimäärin 5–6 %:n aliarviointiin todellista kuutiomäärää luonnehtiviin päätettävän kuutioinnin tuloksiin verrattuna. Jos rajoitetaan runsaimmin koepuita sisältäviin 21–31 cm:n d-luokkiin, on keskuskiintomitta keskimäärin 94 % päätettävän kuutioinnin tuloksesta eli aliarviointi n. 6 %. Keskuskiintomittaa olisi siten suurennettava n. 6,4 %:lla, jotta tulokseksi

saataisiin päätettävän kuutioinnin mukainen kuutiomäärä.

Tukkeina kuutiointi on taulukon 1 mukaan johtanut vuorostaan yliarviointiin, joka keskimäärin tarkastellen asteittain pienenee d-luokan suuretessa. Poikkeuksena ovat vähäisen koepuumäärän sisältävät suurimmat d-luokat. Edellä (s. 6) esitetyn mukaisesti kaikista pylväistä erotettujen tukkien keskipituus on hieman pienempi kuin kuutioimisperusteina olleiden yksikkökuutiolukujen mukainen keskipituus, 460–490 cm (HEISKANEN ja RIKKONEN 1971). Yliarviointi pienenee hieman, jos %-lukuihin tehtäisiin tukkien keskipituuden mukainen tarkistus. Tämä tarkistus on kuitenkin varsin vähäinen, joten todettu yliarviointi säilyisi pääosiltaan selvänä korjauksen jälkeenkin (ks. HEISKANEN ja RIKKONEN mt., s. 23). Todettakoon myös, että pylvasosasta erotettuihin tukkeihin ei yleensä sisälly yhtä paljon usein voimakkaasti kapenevia latvatukkeja kuin tavanomaisiin tukkieriin, joiden kuutiointiin uuden mittausjärjestelmän yksikkökuutioluvut on tarkoitettu.

Taulukon 1 tulosten laskennan jälkeen jatkettiin vertailuja sekä puu puulta että muunlaisten ryhmittelyjen mukaisesti. Ilmeni, että tukkeina kuutioiden saadut tulokset vaihtelivat usein, kuten taulukon 1 tuloksetkin hieman viittaavat, varsin epäsäännöllisesti, joten mahdollisen keskimääräispiirteen löytäminen vaikutti epätodennäköiseltä. Tulosten arvostelua

Taulukko 1. Nykyisillä mäntypylväiden kuutioimismenetelmillä ja pätkittäisellä kuutiolla saatujen kuutiomäärien vertailun d-luokittaiset keskimääräistulokset.

*Tabelle 1. Die durchschnittlichen Resultate der verschiedenen d-Klassen der Verteilung der nach heutigen Kubierungsmethoden des Kiefernmastholzes und sektionsweisen Kubierung erhaltenen Kubikmassen.*

d-luokka, cm d-Klasse, cm	Pylväiden (=koepuiden) lukumäärä Anzahl der Brobestämme	Kuutioimisperuste – Kubierungsgrundlage	
		Keskuskiintomitta Mittfestgehalt	Tukkeina Als Blöcher
		% pätkittäisen kuutiointin tuloksesta – % vom Resultat der sektionsweisen Kubierung	
19	26	93	116
21	61	95	109
23	107	95	106
25	157	93	104
27	122	94	102
29	101	94	101
31	59	94	103
33	29	94	102
35	12	93	105
37	3	94	104
39	2	101	107
41	1	96	107

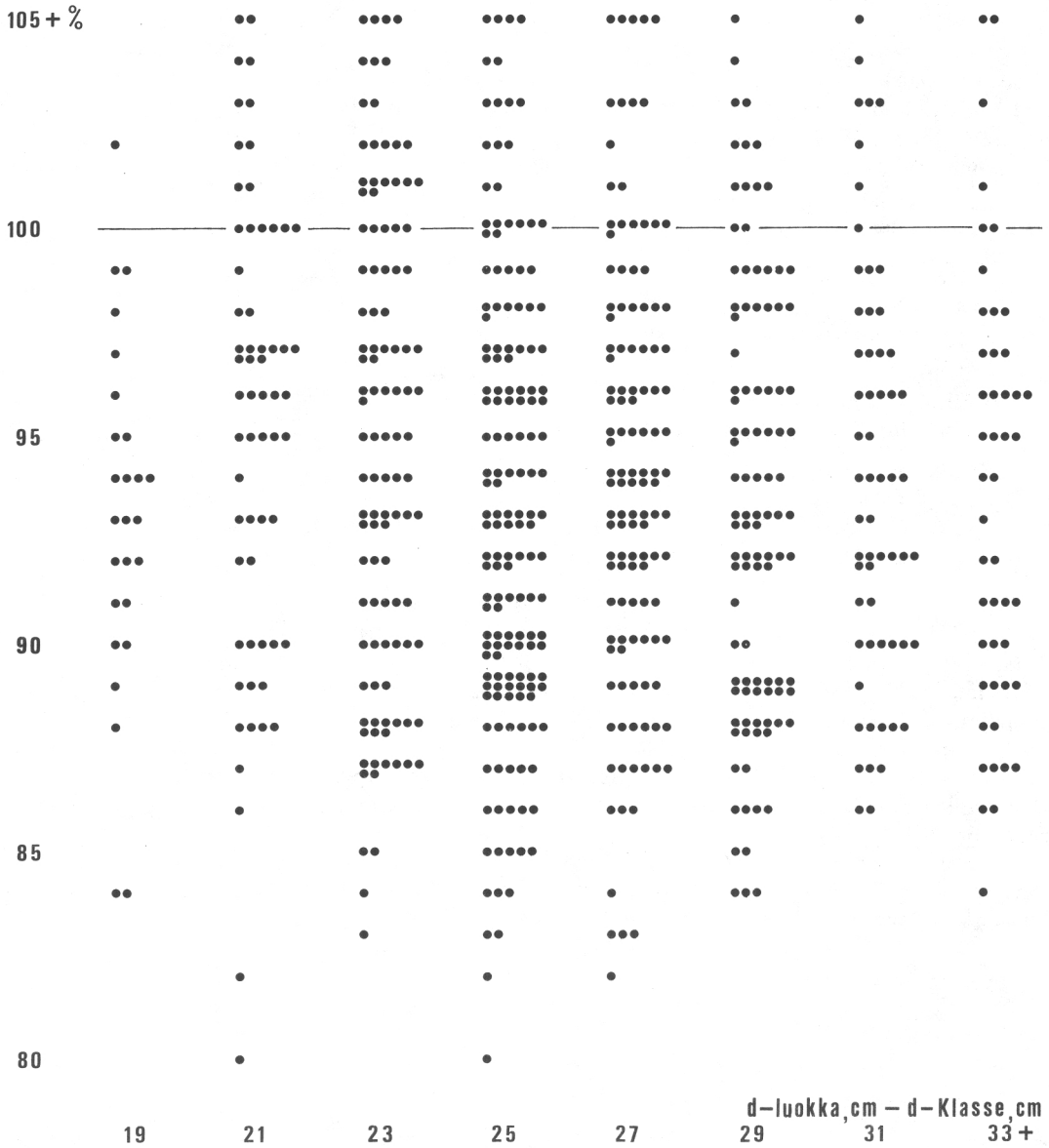
vaikeutti edelleen lähinnä tavanomaisten tukkien kuutiointiin tarkoitettujen keskimääräislukujen käyttö. Katsottiin, että pylväiden kuutioimismenetelmä oli edelleenkin pyrittävä laatimaan pylvään pituuden ja puolivälin läpimitan pohjalta. Seuraavassa jatketaan siten vain tämän vaihtoehdon tarkastelua.

#### Keskuskiintomitan lähempi tarkastelu

Taulukossa 1 esitetyt keskuskiintomitan keskimääräistä %-osuutta kuvaavat tulokset koostuvat kuvasta 1 nähtävistä, d-luokittain ryhmitetyistä koepuiden tuloksista. Koska keskuskiintomitan laskennassa sovellettiin läpimitan osalta 2 cm:n tasaavaa luokitusta, voitiin ennakkoivasti otaksua, että yksittäisten koepuiden kohdalla ilmeni varmaan + ja – suuntaisia eroja pätkittäisen kuutiointin tulokseen verrattuna. Kuva 1 osoittaa, että keskuskiintomitta on vaihtelevasti suurempi tai pienempi kuin vastaava pätkittäisen kuutiointin mukai-

nen kuutiomäärä. Aliarviointi (%-luku < 100) on kuitenkin aivan selvästi yleisempää kuin yliarviointi (%-luku > 100), joka ilmenee vain muutamassa kymmenessä rungossa kaikkiaan 680 koepuusta. Sadanneslukujen yksityiskohtaisessa tarkastelussa ilmeni edelleen, että miltei kaikissa niissä pylväissä, joissa tulos ylitti 100 %:n, keskeltä mitattu läpimita lähenei sovelletun 2 cm:n luokan alarajaa. Luokkakeskuksen mukainen kuutiointi johti tällaisissa pylväissä pätkittäiseen kuutiointiin verrattuna ilmeisesti selvemmin yliarviointiin. Toisaalta kuvasta ilmenevät suuret aliarvioinnit johtuvat osittain selaisista pylväistä, joissa keskeltä mitattu läpimita on luokan ylärajalla.

Pylvään keskuskiintomitan ja pätkittäisen kuutiointin tulosten muista vertailuista esitetään ensin seuraavassa asetelmassa pylvään pituuden mukaisesti ryhmittäen saatu %-sarja, jonka luvut ilmaisevat, kuten taulukossa 1, kuinka monta prosenttia keskuskiintomitta keskimäärin on vastaavasta pätkittäisellä kuutiointilla saadusta kuutiomäärästä.



Kuva 1. Mäntypylväiden keskuskiintomitan sadannesosuudet pätkittäisen kuutioinnin tuloksesta d-luokittain.

Abb. 1. Prozentanteile des Mittenfestgehaltes der Kiefernäste vom Resultat der sektionsweisen Kubierung, nach d-Klassen.

Pylvään pituus, m Länge des Mastes, m	7	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11	12	13	14	15
Keskuskiintomitan %-osuus											
Prozentanteil des Mittenfestgehaltes	93	94	94	94	94	93	94	95	95	97	96
Pylväiden lukumäärä Anzahl der Mastes	38	50	17	211	22	200	52	63	11	3	13



Asetelman mukaan viidessä pylvään pituusluokassa keskuskuution osuus on sama kuin vastaava taulukon 1 keskimääräistulos, 94 %. Neljässä suurimmassa pituusluokassa, 12–15 m, on sadannesosuus 1–3 % yksikköä keskimääräistulosta suurempi, joskin koepuiden lukumäärä on 13–15 m:n luokissa varsin pieni.

Pylvään latvaläpimittaluokka, cm (kuoretta) <i>Zopfdurchmesserklasse des Mastes, cm</i> (ohne Rinde)	13	15	17	19	21	23	25
Keskuskiintomitan %-osuus <i>Prozentanteil des Mittenfestgehaltes</i>	93	94	94	94	94	94	96
Pylväiden lukumäärä <i>Anzahl der Maste</i>	17	133	270	196	43	17	4

Vähäisen koepuumäärän sisältävää pienintä ja suurinta (13 ja 25 cm) d-luokkaa lukuun ottamatta on täysin prosentteina ilmaistu keskimääräistulos kaikissa luokissa sama, 94 %. Tämänkin ryhmittelyn mukaan keskuskiintomitan käyttö on johtanut keskimäärin n. 6 %:n aliarviointiin.

Molemmat ryhmittelyt johtivat siis varsin tasaisiin %-sarjoihin. Ryhmittämällä aineisto pylvään latvaläpimitan mukaisissa luokissa edel-

Seuraavasta asetelmasta nähdään pylvään latvaläpimitan mukaisesti ryhmittäen saadut keskimääräistulokset. Ryhmittelyperusteena oleva läpimitta on pylvään latvaosasta tehdyn tukin latvaläpimitta, joten se on mitattu kuoren alta 2 cm:n tasaavin luokin.

leen pituuden mukaan päädyttiin %-sarjoihin, joissa vierekkäisten luokkien välillä ilmeni osittain suuriakin eroja. Tuloksia havainnollistavat seuraavasta asetelmasta nähtävät lukusarjat. Asetelman supistamista silmällä pitäen on rajoitettu kolmen yleisimmin esiintyneen luokan tuloksien esittelyyn. Havaitaan, että suurimmat erot keskimääräistuloksesta (94 %) ovat pääosiltaan sellaisissa luokissa, joissa on vain muutamia koepuita.

Pylvään latvaläpimitta 15 cm – *Zopfdurchmesser des Mastes 15 cm*

Pylvään pituus, m <i>Länge des Mastes, m</i>	7	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11	12	13	14	15
1. Keskuskiintomitan %-osuus <i>Prozentanteil des Mittenfestgehaltes</i>	93	94	94	94	88	92	93	102	102		
2. Pylväiden lukumäärä <i>Anzahl der Maste</i>	27	28	8	52	1	11	1	3	2		
Pylvään latvaläpimitta 17 cm											
1. ....	96	94	94	95	93	93	95	95	94		
2. ....	3	21	9	115	8	84	10	16	4		
Pylvään latvaläpimitta 19 cm											
1. ....				93	94	94	94	95	93	95	98
2. ....				33	5	85	32	27	5	2	7

Aineisto ryhmitettiin vielä puun koko pituuden ja kapenemisen (d-d6) mukaisesti. Miltei kaikissa pituusluokissa saatiin keskimääräistulokseksi 94 %, vain 23 ja 24 m:n luokissa,

joihin sisältyy yhteensä 56 koeputta, tulos oli 95 %. Kapenemislukittaiset keskimääräistulokset nähdään seuraavasta asetelmasta.

Kapenemislukokka (d-d6), cm <i>Ausbauchungsklasse</i> (d-d6), cm	2	3	4	5	6	7	8	9
Keskuskiintomitan %-osuus <i>Prozentanteil des</i> <i>Mittelfestgehaltes</i>	98	96	95	94	93	92	91	94
Pylväiden lukumäärä <i>Anzahl der Maste</i>	7	85	208	212	116	44	7	1

Tulossarjan mukaan keskuskiintomitan %-osuus pätkittäisen kuutioinnin tuloksesta pienenee asteittain kapenemisen suuretessa. Jos tarkastelun ulkopuolelle jätetään vähäisen koepuumäärän sisältävät 2 sekä 8 ja 9 cm:n kapenemislukokat, on vaihtelualue asetelmassa kokonaislukuina esitettyjen %-lukujen mukaan 96–92 %, yhdellä desimaalilla ilmaisten hieman suppeampi, 95,7–92,4 %. Pääosan koeputta sisältävien 4–6 cm:n kapenemislukokien kohdalla %-lukujen ero on kuitenkin vain 2 %-yksikköä. Näihin kapenemislukokkiin kuulunee pääosa pylväspuun vaatimukset täyttävistä män-

nyistä (ks. ILVESSALO 1947, s. 19; TIIHONEN 1961, s. 15).

Viimeisenä keskuskiintomittaa koskeneena tarkastelukohteena olivat eri ryhmittelyperusteiden mukaisesti lasketut keskiarvon keski- virheet. Tuloksia havainnollistavat seuraavaan asetelmaan asemerkeinä otetut, koepuiden rinnankorkeusläpimitan (d) ja toisaalta kapenemisen (d-d6) mukaisesti ryhmittäen saadut lukusarjat. Ensimmäisestä asetelmasta on jätetty pois yhteensä kuusi koeputta sisältävät kolme suurinta d-luokkaa.

d-luokka, cm – d-Klasse, cm								
19	21	23	25	27	29	31	33	35
Keskuskiintomitan %-osuuksien keskiarvo – <i>Mittelwert der Prozentanteile des Mittelfestgehaltes</i>								
93,2	95,4	94,8	93,2	94,0	93,7	94,0	94,3	92,9
Keskivirhe, ± %- <i>Mittelfehler, ± %</i>								
0.84	0.68	0.56	0.44	0.48	0.51	0.65	1.13	0.89
Kapenemislukokka, cm – <i>Ausbauchungsklasse, cm</i>								
2	3	4	5	6	7	8		
Keskuskiintomitan %-osuuksien keskiarvo – <i>Mittelwert der Prozentanteile des Mittelfestgehaltes</i>								
98,3	95,8	94,6	93,6	92,9	92,4	91,1		
Keskivirhe, ± %- <i>Mittelfehler, ± %</i>								
2.18	0.53	0.37	0.35	0.47	0.77	1.54		

Molempien tunnusten tulossarjoista ilmenee, että kahden vierekkäisen luokan keskiarvojen ero on yleisesti kaksinkertaista keskiarvojen pienempi, kaikissa tapauksissa ainakin kolminkertaisen keskiarvoon sisällä. Kapenemisloukituksen mukaisista tuloksista voidaan päätellä, että pääosiltaan erittäin solakoita tai toisaalta voimakkaasti kapenevia runkoja sisältävissä pylväserissä on käytettävä edellä esitetystä (n. 6 %) poikkeavaa korjausta. Sen sijaan pylväserän järeydellä ei ole olennaista vaikutusta.

Keskuskiintomittaa koskeneen tarkastelun yhdistelmänä voidaan päätellä, että kuutiointi pylvään pituuden puolivälistä mitatun läpimitan mukaisesti johtaa niin selvään aliarviointiin, ettei menetelmää sellaisenaan voida suositella käytännön mittauksiin. Kuten edellä on todettu, pylvään kuutiointi tukkeina näyttää johtavan taasen vaihtelevansuureen yliarviointiin. Tämä vaihtoehto edellyttää myös keskimääräisten muuntolukujen eli yksikkökuutiolukujen käyttöä. Menetelmä on siten edellistä vaihtoehtoa heikompi.

#### Muita mahdollisuuksia

Pylvään pituuden puolivälistä mitattuun läpimittaan perustuvassa kuutiointinissa syntyvä aliarviointi ilmeni mm. v. 1969 leimikon pystymittauksen perusteiden selvittelyn yhteydessä. Menetelmään haluttiin sisällyttää myös katkenneiden runkojen kuutiointi. Aihetta koskeva selvitys jäi tällöin kirjoittajan tehtäväksi. Suoritetut selvitykset osoittivat, että tyviosaan rajoituvan rungonosan kuutiointi ko. osan pituuden puolivälistä mitatun läpimitan ja pituuden mukaisesti johti ainakin männyllä ja koivulla keskimäärin lievään aliarviointiin todellista kuutiomäärää luonnehtivaan, pätkittäisellä kuutiointinilla saatuun tulokseen verrattuna. Selvitysten pohjalta esitettiin käytännön mittauksia varten ohjeet, joiden mukaan läpimita mitataan männyllä ja koivulla 0.5 m kuutioitavan tyviosan puolivälin alapuolelta (ks. KURONEN et al. 1969, s. 12–13). NISULA (1967) on päätenyt koivutukkien pituuden puolivälin läpimittaan perustuvassa kuutiointinissa keskimäärin 1,6 %:n aliarviointiin. RIKKOSEN (alustava tiedonanto 1974) tutkimukset ovat johtaneet keskuskiintomitan käytössä männyn tyvitukeilla keskimäärin n. 6 %:n ja kaikilla tukeilla n. 4 %:n aliarviointiin.

Tutkimusmenetelmään sisältyneiden mittausten mukaisesti kuutiointi voitiin perustaa 445 koepuulla 0.5 tai 1 m pylvään pituuden puolivälin alapuolelta (tyven puolelta) mitattuun läpimittaan. Seuraavasta asetelmasta nähdään molemmista mainituista kohdista mitattujen läpimittojen mukaisesti saadut d-luokittaiset keskimääräistulokset. Kuutiointi on tapahtunut kuten puolivälin läpimitan osaltakin 2 cm:n tasaavien luokkien luokkakeskusten mukaisesti. Todettakoon, että pylvaiden lukumäärät d-luokittain on esitetty taulukossa 1 (s. 8).

d-luokka, cm d-Klasse, cm	Läpimitan mittaushohta keskikohdan alapuolella <i>Messpunkt des Durchmessers unterhalb der Mitte</i>	
	0.5 m	1 m
	% pätkittäisen kuutiointin tuloksesta <i>% des Resultats sektionsweisen Kubierung</i>	
19	93	99
21	98	102
23	99	102
25	98	103
27	98	101
29	98	101
31	100	102
33	100	100
35	98	102
37	100	100

Vähäisen koepuumäärän sisältävässä 19 cm:n d-luokassa olevaa poikkeusta lukuun ottamatta tulossarjoista voidaan päätellä, että siirtämällä läpimitan mittaushohta 0.5 m keskikohdasta tyveen päin saadaan keskimäärin varsin tarkkoja tuloksia. Näin menetellen päädytään edelleenkin aliarviointiin, joskin se nyt on varsin lievää, keskimäärin 1–2 %. Siirtämällä läpimitan mittaushohta vielä 0.5 m tyveen päin eli yhteensä 1 m päädytään asetelman toisen tulossarjan mukaan likimäärin samansuuruiseen yliarviointiin. Voidaan päätellä, että jos läpimita olisi mitattu n. 0.7 m pylvään pituuden puolivälistä tyveen päin, olisi saatu käytännöllisesti katsoen pätkittäisen kuutiointin mukaiset tulokset. Pylvään pituuden puolivälistä tyveen päin desimetrin tarkkuudella määritettävän mittaushohtan soveltaminen yleisesti käytännön mittauksissa ei liene kuitenkaan edullinen ratkaisu.

Pylvään pituuden puolivälin alapuolelta mitatun läpimitan käyttömahdollisuuksia tutkittiin vielä eräiden mäntypylväspuihin verrattavien koepuuerien perusteella. Tulokset vahvistivat edellä esitettyä päätelmää, että 0.5 m pylvään pituuden puolivälistä tyveen päin mitatun läpimitan mukainen kuutiointi johtaa verraten tarkkaan, joskin keskimäärin lievää aliarviointia osoittavaan tulokseen. Näistä muista vertailuista esitetään esimerkkinä eräältä Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n Koskenpäässä (Jämsänkoski) sijainneelta, kookkaita mäntytukkipuita sisältäneestä leimikosta saadut, täysin sadanneksiin pyöristetyt tulokset.

d-luokka, cm	Runkoluku	% pätkittäisestä kuutiosta
33	43	100
35	32	98
37	23	99
39	6	97
41	7	97
43	5	100
Yhteensä		
<i>Insgesamt</i>	236	99

d-luokka, cm <i>d-Klasse, cm</i>	Runkoluku <i>Anzahl der Stämme</i>	% pätkittäisestä kuutiosta <i>% der sektionsweisen Kubierung</i>
19	4	100
21	7	99
23	8	98
25	11	99
27	26	100
29	35	100
31	29	100

Kaikki koepuut yhdistäen on asetelman koepuuerässä päädytty keskimäärin vain yhden sadanneksen aliarviointiin.

Viimeisenä tarkastelukohteena oli pylväsosan ja normaalin apterauksen mukaisen tukkiosan kuutiomäärien vertailu. Pylväsosan kuutiona oli pätkittäisellä kuutioinnilla saatu tulos, tukit kuutiointiin kuten edelläkin latvaläpimitan mukaisesti ilmaistuilla yksikkökuutioluvuilla. Seuraavasta astelmasta nähdään koepuiden d-luokan mukaisesti ryhmitetyt tulokset. Toistettakoon, että d-luokittaiset koepuiden lukumäärät on esitetty taulukossa 1.

d-luokka, cm <i>d-Klasse, cm</i>	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37+
Normaali tukkiosa % pätkittäisestä kuutiosta <i>Normaler Blochholzanteil vom Resultat der sektionsweisen Kubierung, %</i>	93	110	116	116	116	114	111	114	115	110

Pienintä d-luokkaa (19 cm) lukuun ottamatta tulossarja viittaa siihen, että normaali tukkiosa on keskimäärin n. 14 % pylväsosan kuutiota suurempi. Tulosta tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon tukkien kuutiointissa käytetyistä keskimääräisistä yksikkökuutiosta mahdollisesti aiheutuva epätarkkuus. Koko runkoa koskevien pätkittäisen kuutiointin tulosten perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että tulossarja viittaa oikeaan suuruusluokkaan, mutta sisältänee ainakin lievää yliarviointia. Koepuiden pituuden mukaisesti tarkastellen %-osuus vaihteli varsin huomattavasti, joskin kaikissa d-luokissa osuus asteittain suureni pituuden kasvaessa. Suoritetut tarkastelut

osoittivat, että tulosten yhdistely koepuiden pituusluokittain tuskin johti edellä esitettyä d-luokittaista tulossarjaa selvempään keskimääräiskuvaan. Koska pylväspuiden koko saattaa vaihdella leimikoittain suurestikin, ei koepuiden d- ja pituusluokituksen pohjalta saatavia keskimääräisiä korjauskertoimia voida ainakaan sellaisenaan suosittaa sovellettaviksi käytännön mittauksissa.

Normaalin apterauksen mukaisten tulosten perusteella voitaneen kuitenkin likimääräissään-  
tönä päätellä, että pylväsosa näyttäisi käsittävän keskimäärin n. 90 % normaalin apterauksen mukaisesti kertyvästä tukkien kuutiomäärästä.

TÄYDENNYSMITTAUKSET

Kuten johdannossa on viitattu, laadittavan mäntypylväiden kuutioimismenetelmän luotettavuutta ja käyttömahdollisuuksia päätettiin tutkia yhteistyössä pylväiden myyjien ja ostajien edustajien kanssa. Kevättalvella 1974 tehdyn suunnitelman mukaisesti *Osuuspuu* muodosti yhden uuden mittausryhmän ja *Arex Oy* vuorostaan täydensi metsäntutkimuslaitoksen mittausryhmää. Mittauksiin osallistui siis kaksi ryhmää, molemmissa kolme mittamiestä. Huhtikuun 22 p:nä 1974 Utissa pidetyn yhteisen koulutustilaisuuden jälkeen aloitetut täydennysmittaukset ja samanaikaisesti tapahtunut tulosten laskenta saatiin päätökseen seuraavan toukokuun alussa. Mittauksissa keskityttiin vain pylväsosaan, ja sen kuutiomäärä määritettiin kuten aikaisemminkin kolmella eri tavalla: pätkittäisellä kuutioinnilla, pylvään pituuden puolivälistä mitatun läpimitan ja pylvään pituuden mukaisesti sekä lopuksi tukkeina, käyttäen viimeksi mainitun vaihtoehdon kuutiointissa uuden mittausjärjestelmän mukaisia yksikkökuutiolukuja.

Tutkimusaineistoa täydentävät mäntypylväiden mittaukset keskitettiin kahdelle taholle, toisaalta Mäntyharjun-Pieksämäen-Sotkamon ja toisaalta Joutsenon-Joensuun ja Nurmeksen alueilla oleviin leimikkoihin. Edelliseltä alueelta mitattiin kaikkiaan 491, jälkimmäiseltä 436 mäntypylvästä. Täydennysaineisto käsittää siis yhteensä 927 koepuuta. Kuutiomäärien vertailukohteena oli nytkin pätkittäisen kuutiointin mukainen tulos. Tulokset ryhmitettiin molemmilta osa-alueilta koepuiden d- ja kapenemisluokan sekä pylvään pituuden ja latvaläpimitan mukaisesti. Osa-alueet yhdistäen käsittää täydennysaineisto kaikkiaan ja d-luokittain seuraavasta asetelmasta nähtävät pylväsmäärät. Asetelmaan on otettu myös pätkittäisen kuutiointin mukaiset tulokset.

d-luokka, cm d-Klasse, cm	Pylväiden lukumäärä Anzahl der Maste	Pätkittäisen kuutiointin tulokset, m <sup>3</sup> Die Resultate der sektionsweisen Kubierung, m <sup>3</sup>
17	63	9,7
19	151	27,8
21	187	43,6
23	176	51,3
25	146	52,3

27	92	40,4
29	45	24,4
31	31	20,0
33	19	14,1
35	8	6,6
37	4	4,1
39	4	4,9
41	1	1,3

Yhteensä <i>Insgesamt</i>	927	300,5
------------------------------	-----	-------

Keskuskiintomitan keskimääräiseksi %-osuudeksi pätkittäisen kuutiointin tuloksesta saatiin läntisellä eli Mäntyharju-Sotkamo-alueella 95,4 % ja itäisellä alueella 96,9 %. Pylvään pituuden puolivälistä mitatun läpimitan mukainen kuutiointi on johtanut myös täydennysmittauksissa aliarviointiin. Keskuskiintomittaa olisi suurennettava 4,8 ja 3,2 %-illa, jotta tuloksiksi saataisiin vastaavat pätkittäisen kuutiointin tulokset. Osa-alueet yhdistäen lisäys olisi keskimäärin 4.1 %. Eri ryhmittelyperusteiden mukaisesti tarkastellen päädyttiin likimäärin vastaavanlaisiin tuloksiin kuin edellä tutkimusaineiston perusteella.

Pylvään kuutiointi tukkeina johti kuten tutkimusaineistossakin vuorostaan yliarviointiin, jonka suuruus oli keskimäärin läntisellä alueella n. 4 % ja itäisten mittauskohteiden alueella n. 10 %. Luokittain ilmeni nytkin selviä eroja, mutta tulossarjat olivat verraten yhdenmukaiset tutkimusaineiston vastaavien tulosten kanssa.

Täydennysmittausten tulosten tarkastelun yhdistelmänä voitiin päätellä, että nojautuminen pylvään pituuden puolivälistä mitattuun läpimitaan oli edullisempaa kuin kuutiointi tukkeina. Keskuskiintomitan keskimääräinen sadannesosuus pätkittäisen kuutiointin tuloksesta viittasi toisaalta vähäisempään aliarviointiin kuin edellä tutkimusaineiston perusteella saatu tulos. Täydennysaineiston keruukohteiden lähempi tarkastelu kuitenkin osoitti, että koepuiden kapeneminen (d-d<sub>6</sub>) oli molemmilla alueilla keskimäärin hieman pienempi kuin tutkimusaineiston koepuilla. Lisäksi ilmeni, että lähinnä itäisen alueen aineistoon sisältyi n. 30 % sellaisia pylväitä, joiden latvaläpimita oli, teh-

tyjen pylväiden pituuksista johtuen, keskimääräistä suurempi. Molemmat mainitut ominaisuudet pienentävät keskuskiintomitan %-osuutta ja samalla siis aliarviointia. Todettiin, että täydennysaineiston rakenne on ainakin jossain määrin lieventänyt todettua aliarviointia. Näin otaksuen katsottiin, että täydennysaineiston mittaustulokset viittaavat keskimäärin n. 5 %:n aliarviointiin.

Kaikki käytettävissä olevat mittaustulokset viittaavat siis lähes samansuuruiseen aliarviointiin. Toistuvasti mainitun RIKKOSEN (1974, main. ennakkotieto) mukaan aliarviointi oli kaikilla tukeilla n. 4 % ja tyvitukeilla 6 %. Tutkimusaineisto ja eräät aikaisemmat mittaustulokset viittaavat n. 6 %:n, täydennysaineisto vuorostaan n. 5 %:n aliarviointiin. Keskimääräis- tulokseksi saadaan siten n. 5 %.

## KÄYTÄNTÖÖN SUOSITELTAVA KUUTIOIMISMENETELMÄ

Käytäntöön suositeltavaa menetelmää hahmoteltaessa kiinnitettiin ensin huomiota siihen, tarjosivatko käytettävissä oleva tutkimusaineisto ja täydennyksenä kerätty aineisto yhdessä riittävän perustan laajamittaisessa toiminnassa käytettävän kuutioimismenetelmän laadintaan. Todettiin, että muiden mittaus- ja kuutioimismenetelmien valmistamisessa oli nojaututtu huomattavasti runsaampiin aineistoihin (esim. HEISKANEN ja RIKKONEN 1971; NOUSIAINEN et al. 1972). Tutkimusaineiston koepuut oli mitattu varsin suppealta alueelta, joskin aineiston käsittelyyn sisältyneiden ryhmittelyjen ja täydennysaineiston perusteella saatujen varsin yhdenmukaisten tulosten mukaan mainittu seikka tuskin aiheutti päätelmiin vakavaa epävarmuutta. Lähinnä oli syytä harkita, voitiinko maan pohjoispuoliskossa käyttää maan eteläpuoliskossa suoritettujen mittausten pohjalta laadittua menetelmää. Suoritettujen tarkastelujen perusteella todettiin, että voitiin rajoittaa vain yhteen keskimääräis- menetelmään.

Varsinaista kuutioimismenetelmää selvitetäessä kiinnitettiin päähuomio eri vaihtoehtoisilla menetelmillä saatujen tulosten tarkkuuteen ja toisaalta menetelmien edellyttämien mittausten ja tulosten laskennan käytännölliseen suoritukseen. Eri näkökohtien yhdistelmänä todettiin, että mäntypylväiden kuutiointi on edelleenkin syytä perustaa vain pylvääksi luetusta rungonosasta tehtäviin mittauksiin. Varsinaiseksi kuutioimis- perustaksi on kuten aikaisem- minkin otettava pylvään pituuden puolivälistä kuoren päältä mitatun läpimitan ja pylvään pituuden mukaisesti määritetty keskuskiintomitta, mutta sitä on suurennettava 5 %:lla.

Eri vahvuksille ja eripituksille pylväille käytetään samaa keskimääräistarkistusta. Kuutiointi tapahtuisi siten puun myyjien ja ostajien järjestöjen aikaisemmin yhteisesti esittämien kuutioimis- tunnusten mukaisesti, mutta 2 cm:n tasaavin (läpimitta) luokin ilmaistut kuorelliset yksikkö- kuutioluvut olisivat nyt seuraavat.

Läpimitta, cm <sup>1)</sup> <i>Durch-</i> <i>messer,</i> <i>cm</i>	Yksikkökuutio- luku, m <sup>3</sup> <i>Kubikmasse,</i> <i>m<sup>3</sup></i>	Läpimitta, cm <sup>1)</sup>	Yksikkö- kuutio- luku, m <sup>3</sup>
13	0.0140	33	0.0898
15	0.0186	35	0.1010
17	0.0238	37	0.1129
19	0.0298	39	0.1255
21	0.0363	41	0.1386
23	0.0436	43	0.1525
25	0.0516	45	0.1669
27	0.0602	47	0.1822
29	0.0694	49	0.1980
31	0.0793	51	0.2145

1) Läpimitta pylvään pituuden puolivälistä  
*Durchmesser in der Mitte der Mastholzlänge*

Toistettakoon, että kaikkien d-luokkien luokakeskusten mukaisia keskuskiintomittoja on suurennettu saman %-luvun mukaisesti eli 5 %:lla. Tarkistusesitys on siis varsin yksinkertainen. Toisaalta on syytä kiinnittää huomiota mahdollisiin vastaisiin pylväiden kuutioimis- menetelmän tarkistuksiin. Nyt kerätyt ja aikai- semmat aineistot osoittavat kyllä varsin saman-

suuruisen tarkistuksen tarvetta. Pylväspuiksi luettujen mäntyjen ja niistä valmistettavien pylväiden keskimääräisessä koossa ja muodossa saattaa kuitenkin tapahtua muutoksia ehkä jo lyhyen ajan kuluessa. Pylväseimikoiden rakennetta olisikin siten tarkkailtava jatkuvasti. Tutki-

mus antaa aiheen esittää, että eri osapuolet suorittaisivat yhteisvoimin kerran vuodessa, esim. syksyisin, kohtuullisen määrän suppeita mittauksia, jotta mahdollinen uusi laajempi selvitys voitaisiin tehdä tarvittaessa aikaisempaa lyhyemmässä ajassa.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

Asetus puutavaran mittaussäännön muuttamisesta. Helsinki. 1972.

HEISKANEN, VEIJO ja PENTTI RIKKONEN. 1971. Havusahatukkien todellisen kiintomittan määrittäminen latvaläpimitan perusteella. Summary: Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. FF 128.

HUTTUNEN, TERHO. 1972. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970–72. Summary: Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970–72. FF 166.

ILVESSALO, YRJÖ. 1947. Pystypuiden kuitiomittausluket. Summary: Volume tables for standing trees. MTJ 34.4.

ILVESSALO, YRJÖ. 1963. IV Valtakunnan metsien inventointi. 2. Maan eteläpuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmät. Summary: The Fourth National Forest Inventory. 2. Southern Forestry Board Districts. MTJ 57.4.

Impregnon pylväiden keskiohenema mm/jm. Osuuskunta Metsäliitto. Helsinki. 1972.

KURONEN, ANTERO, RAIMO LINDLÖF, JORMA RAJALA, ANTTI RENKO, UNTO SILVENNOINEN ja PAAVO TIIHONEN. 1969. Leimikon pystymittauksen perusteita ja ohjeita. Moniste.

NISULA, PENTTI. 1967. Tutkimuksia vaneri-

tukkien ja sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteista. Summary: Studies on the relationships between the volume and weight in veneer logs and bolts for rotary cutting. MTJ 63.1.

NOUSIAINEN, JUHANI, VÄINÖ RANTANEN ja PAAVO TIIHONEN. 1972. Kiintokuutiometrin käyttöön perustuva kuitu- ja tukkipuiden kuutioimismenetelmä. Mänty, kuusi ja koivu. Referat: Ein Massenermittlungsverfahren für Faser- und Blochholz mit dem Festmeter als Masseinheit. Kiefer, Fichte und Birke. MTJ 77.2.

Puutavaran mittaussääntö. 163/69.

RIKKONEN, PENTTI. 1974. Tukkien keskeltä mitta. Alustava tiedonanto.

Sahatukkien laatuvaatimukset. 1971. Suomen Sahanomistajayhdistys. Helsinki.

TIIHONEN, PAAVO. 1961. Männyn, kuusen ja koivun kapenemittausluket. Referat: Ausbauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke. MTJ 54.1.

Uudistuva puutavaran mitta. 1972. Puunmyyjien ja ostajien järjestöjen laatima esite. Uudistuva puutavaran mitta. I järeä puutavara. Helsinki. 1973.

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja

FF = Folia Forestalia



- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.  
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 150
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.  
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheyslunun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.  
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.  
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Fälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.  
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.  
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.  
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.  
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.  
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.  
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikkonen: Havusahatukki latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukki kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.  
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmita ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.  
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.  
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.  
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.  
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.  
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisestä vaihtelusta.  
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttättyminen Suomen itäosissa.  
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.  
On the supply of roundwood in Finland. 4,—

- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.  
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.  
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.  
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.  
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.  
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.  
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.  
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.  
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.  
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.  
Zur kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennumetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.  
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypyylväiden kuutioimismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernmasstholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennonaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121  
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää