

3.1, 3.2

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Puutavaran mittaustutkimusten neuvottelukunta

Leimikon pystymittauksen  
perusteita ja ohjeita

Helsinki 1969



## A l k u s a n a t

Metsäntutkimuslaitoksen asettama Puutavaran mittaus-  
tutkimusten neuvottelukunta, jonka puheenjohtajana on professori VEIJO HEISKANEN, totesi syyskuussa 1968 pitämässään kokouksessa, että pystymittauksen yleistyessä leimikoiden mittausmenetelmänä oli eri osissa maata päädytty osittain toisistaan poikkeaviin mittausperusteisiin ja -menetelmiin. Neuvottelukunta katsoi, että käytännön kannalta olisi tärkeätä pyrkiä mahdollisimman yhdenmukaisen, ehkä vain yhden ainoan menetelmän käyttöön. Todettiin, että yhdenmukaistaminen edellytti edullisimmiksi katsottavien perusteiden ja menetelmien kokoamista kirjallisiksi ohjeiksi kevääseen 1969 mennessä. Tehtävän suorittamista varten muodostettiin työryhmä, johon tulivat PAAVO TIIHONEN puheenjohtajana sekä ANTERO KURONEN, RAIMO LINDLÖF, ANTTI RENKO ja UNTO SILVENNOINEN jäseninä ja työryhmän valitsemana sihteerinä JORMA RAJALA.

Puutavaran mittaustutkimusten neuvottelukunnan esityksestä sai työryhmä käyttöönsä useilla eri tahoilla (Metsähallinto, useat yhtiöt jne.) laadittuja alustavia tai väliaikaisia mittausohjeita. Työryhmä järjesti maaliskuussa 1969 kaksi neuvottelutilaisuutta, joihin työryhmän lisäksi osallistuivat MATTI PONSI, PAAVO RÄSÄNEN, HANNU SAARINEN, SOINI SILANDER, JUKKA SORSA ja TAUNO TURUNEN. Neuvotteluihin ystävällisesti osallistuneiden henkilöiden lisäksi työryhmä sai neuvottelukunnan jäseniltä ja lukuisilta muilta metsäammattimiehiltä runsaasti arvokkaita tietoja. Työryhmä esittää kunnioittavat kiitokset saamastaan monipuolisesta tuesta.

Ohjeiden valmistamista suunnitellessaan työryhmä päätyi ratkaisuun, ettei ollut perusteltua eikä mahdollista rajoittaa vain yhtä menetelmää kuvaavien suppeiden ohjeiden laadintaan. Eräiden vaihtoehtojen esittely oli myös aiheellista. Mittaustyön käytännöllisen suorituksen lisäksi oli syytä esittää lyhyesti mittaustyön keskeisimmät perusteet. Työryhmä päätyi siten tehtävässään oheisen monisteen otsikon mukaisesti "Leimikon pystymittauksen perusteita ja ohjeita" suppeasti esittelevän selostuksen laadintaan.

Työryhmä toteaa, että tukkien mittayksikkö ilmeisesti muuttuu tulevan hankintakauden aikana. Lähiaikana valmistuu myös eräitä mittausperusteita käsitteleviä tutkimuksia. Mainituista ja muista vastaavanlaisista syistä laadittu selostus on tarkistettava ja täydennettävä ilmeisesti viimeistään talvikautena 1970-71.

Helsingissä toukokuussa 1969

Paavo Tiihonen

Antero Kuronen

Raimo Lindlöf

Antti Renko

Unto Silvennoinen

Jorma Rajala

## Sisällysluettelo

	Sivu
Yleisperusteet.....	1
Kuutioimistaulukot.....	1
Mittayksikkönä kiintokuutiometri.....	1
Mittayksikkönä pinokuutiometri ja kuutiojalka...	4
Mittausmenetelmä.....	6
Kasvu.....	6
Mittausten suorittamisesta.....	9
Kenttätöyt.....	10
Osatyövaiheet.....	10
Puidenluku.....	11
Koepuiden mittaus.....	15
Mittaustehtävät.....	15
Koepuiden lukumäärä.....	17
Koepuiden poiminta (otanta-) menetelmät.....	19
Tarkistusmittaukset.....	21
Ennen hakkuuta.....	21
Hakkuun jälkeen.....	22
Mittausryhmän omat tarkistukset.....	23
Laskentatyöt.....	23
Vaihtoehtoisia menetelmiä.....	23
Käsinlaskenta.....	26
Konelaskenta.....	29
Tarkistuslaskelmat.....	31
Kirjallisuutta.....	32
Liitteet 1 - 12	

## YLEISPERUSTEET

Kuutioimistaulukot

M i t t a y k s i k k ö n ä      k i i n t o k u u t i o m e t r i

Palkkaperusteiden määrittämiseen liittyvissä pystymittauksissa, joissa mittayksikkönä on kuorellinen kiintokuutiometri ( $k\text{-m}^3$ ), käytetään yksinomaan professori YRJÖ ILVESSALON laatimia "Pystypuiden kuutioimistaulukoita". Taulukot julkaistiin v. 1947 metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjan niteessä 34.4. Keskusmetsälautakunta Tapion v. 1948 julkaisemiin "Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoihin" liittyy julkaisun nimen mukaisesti kuutioimistaulukoiden lisäksi myös kasvunlaskentataulukot. Keskusmetsälautakunta Tapio julkaisi taulukoista uuden painoksen keväällä 1969.

Leimikon kantohinnan laskenta voidaan myös perustaa "Pystypuiden kuutioimistaulukoihin". Milloin  $k\text{-m}^3$  ei sovellu hinnoitteluyksiköksi, on laskelmissa käytettävä metsäntutkimuslaitoksen vahvistamia muuntolukuja. Edelleen on otettava huomioon jäljempänä tarkasteltavat kannon, latvuksen ja eri puutavaralajien osuudet.

"Pystypuiden kuutioimistaulukoiden" tunnukset eli luokitusperusteet ovat rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1.3}$ , kuoren päältä, luokkaväli pääosiltaan 1 cm, tasaava luokitus), pituus (metrin tasaavin luokin) ja kapeneminen, jolla tarkoitetaan rinnankorkeudelta ja 6 m korkeudelta (kuoren päältä, 6-7 m:n pituisilla puilla 3.5 m korkeudelta) mitattujen läpimittojen erotusta (1 cm tasaava luokitus). Läpimittojen ja pituuden mittauksen lähtökohtana on puun juurenharojen määrittämä alin mahdollinen kaatokorkeus (juurenniska). Taulukoiden sisältämät kuorelliset yksikkökuutiomäärät ( $k\text{-m}^3/\text{runko}$ ) on laskettu niin, että edellä mainitun mittausten lähtökohdan mukaisen tason (juurenniskan) yläpuolella olevasta rungon kuutiomäärästä (latvanhuippuun asti) on vähennetty käytön ulkopuolelle jäävänä kannon osuutena keskimäärin 1 - 2 1/2 %. Suoritetut selvitykset osoittavat, että pyrittäessä tarkkaan puun talteenottoon jää kannon osuus mainittua, sotaa edeltäneen ajan kannon keskimääräiskokoa hieman pienemmäksi. Taulukoiden yksikkökuutiomääriä voidaan siten, mainitun edellytyksen vallitessa ja rajoittuen edelleen vain männyyn ja kuuseen, suurentaa keskimäärin seuraavasti: maan eteläpuoliskossa 1 %, maan pohjoispuoliskossa 7 - 17 cm  $d_{1.3}$ - luokissa 1 1/2 %, 19 + cm luokissa 1 %.



## Kuusi

d1.3	Pituus, m															
cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+
7	5	5	6	6	6	7	8	8								
9	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7						
11	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7			
13	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6		
15	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	
17		3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
19			3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
21+				3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4

## Koivu

d1.3	Pituus, m															
cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20+
7	7	8	8	9	11	12	13	13	14	14	14					
9	6	6	7	8	8	10	10	11	11	12	12	12				
11	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10			
13	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8		
15		4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	
17			4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
19				4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
21					4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6
23						4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6
25+							4	4	5	5	5	5	5	5	5	5

Esitettyjen d1.3- ja pituusluokittaisten latvusosuuksien asemesta voidaan käyttää puulajeittaisia tai kaikille puulajeille sovituita keskimääräislukuja. Valmistettaessa 2 m pölkyjä keskimääräisosaus on männyllä ja kuusella 5 dm<sup>3</sup> kuorineen/runko ja koivulla 6 dm<sup>3</sup>/runko suuruusluokkaa. Jälkimmäisessä tapauksessa, 6 ja 7 cm minimiläpimittoja käytettäessä on keskimääräisluku pääasiassa pino-tavaraa käsittävässä leimikossa (d1.3 yleensä 7-19 cm) männyllä ja kuusella 4 dm<sup>3</sup> sekä koivulla 8 dm<sup>3</sup> suuruusluokkaa, mänty- ja kuusituk-kipuilla 3 dm<sup>3</sup> ja koivutukkipuurungoilla 6 dm<sup>3</sup>/runko.

Todettakoon, että latvuksen koko saattaa yksityistapauksissa vaihdella suurestikin.

Latvuksen lisäksi voidaan rungoista erottaa eri puutavaralajien osuudet. Tehtävä saatetaan perustaa esim. eri puutavaralajien osuuksia ilmaiseviin %-sarjoihin tai pystyapteenaukseen.



M i t t a y k s i k k ö n ä   p i n o k u u t i o m e t r i  
j a   k u u t i o j a l k a

Puutavaralajeittaisia laskelmia varten on metsäntutkimuslaitoksessa valmistettu puutavaralajitaulukoita. Edellä viitatus "Pystypuiden kuutioimistaulukoiden" ja varsinaisten puutavaralajitaulukoiden käytön lisäksi voidaan tukkipuita koskevissa mittauksissa nojautua pystyapteeraukseen tai maassa suoritettuun apteeraukseen.

Metsäntutkimuslaitoksessa valmistetuista puutavaralajitaulukoista on tähän mennessä julkaistu vain seuraavat, Folia Forestalia sarjan niteessä n:o 19 esitetyt taulukot: Paavo Tiihonen. 1966. Puutavaralajitaulukot 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. Äskettäin valmistuivat seuraavat, kevään kuluessa julkaistavat taulukot: Edellisiä täydentävät järeiden (d1.3 = 25-45 cm) mänty- ja kuusi-paperipuiden taulukot.

Maan eteläpuoliskon koivupaperi(-pino-)puiden taulukot.

Maan pohjoispuoliskon männyn ja kuusen taulukot.

Mänty- ja kuusi-paperipuiden taulukot, minimilatvaläpimitan ollessa 6 cm kuoren alta. - Koivun vastaavat taulukot pyritään valmistamaan kevään kuluessa. Niiden puuttuessa voidaan käyttää edellä mainittuja 2 m pölkkyyinä tapahtuvaan kuutiointiin perustuvia taulukoita.

Laadittujen puutavaralajitaulukoiden keskeisenä perustana ovat "Pystypuiden kuutioimistaulukoiden" yksikkökuutiot, joita kannon osuuden pienentymisen vuoksi on suurennettu seuraavasti: maan eteläpuoliskon männyn ja kuusen taulukot 1 %, maan pohjoispuoliskon männyn ja kuusen taulukoissa 7-17 cm:n d1.3-luokissa 1 1/2, muissa d1.3-luokissa 1 %. Koivun taulukoiden yksikkökuutiomääriin ei ole tehty lisäyksiä. Taulukoiden tunnuksina ovat Ilvessalon taulukoiden tunnukset, d1.3 (2 cm tasaava luokitus), pituus (metrin tasaavin luokin) ja kapeneminen (1 cm tasaavin luokin, lukuun ottamatta viimeksi mainittuja julkaisemattomia männyn ja kuusen paperipuuta- taulukoita, joissa luokkaväli on 1 cm). Jo julkaistut sekä Pohjois-Suomen männyn ja kuusen taulukot jakaantuvat kahteen osaan: tukkipuuta- taulukot ja paperipuuta- taulukot.

Kun kunkin puulajin paperipuuta- taulukoiden kaikkien luokkien yksikkökuutioiden ja tukkipuuta- taulukoiden paperi- ja ohutpuuosuuksien laskennassa on käytetty samaa muuntolukua, voidaan taulukoilla saa-

tavat  $\text{p-m}^3$ -määrät tarvittaessa ilmaista myös kiintokuutiometreinä. Tukkipuutaulukoiden tukkipuusuuden muuntamisessa kiintokuutiometreiksi on rajoitettava seuraaviin suuruusluokka-arvioihin: mänty-tukkipuilla  $1 \text{ k-m}^3$  kuorineen vastaa 1-2 cm kapenemislukassa noin 25-26 teknillistä kuoretonta kuutiojalkaa ( $\text{j}^3$ ), 3-4 cm kapenemislukassa noin 24-25  $\text{j}^3$ , 5-6 cm luokassa noin 23-24  $\text{j}^3$  ja erittäin voimakkaasti kapenevilla rungoilla noin 22  $\text{j}^3$ . Kuusella vastaavat muuntoluvut ovat noin 1  $\text{j}^3$  pienemmät.

Julkaistuissa maan eteläpuoliskon männyn ja kuusen taulukoissa, sekä valmiina olevissa, edellisiä täydentävien järeiden mänty- ja kuusipaperipuiden ja maan eteläpuoliskon koivupaperipuiden taulukoissa on paperipuusuus ilmaistu kuorellisina pinokuutiometreinä 2 m pituisina pölkkyyinä kuutioituna. Minimiläpimita on 8 cm kuoren päältä. Lisäksi on erotettu ohutpuu, samoin 2 m pölkkyyinä kuutioituna, minimiläpimitan ollessa 5 cm kuoren päältä. Tukkipuutaulukoiden tukkiosuus esitetään tavanomaiseen tapaan kuorettomina kuutiojalkoina, latvaläpimitan ja  $1/2$  tuuman alenevan luokituksen mukaisesti kuutioituna. Maan pohjoispuoliskon taulukoissa on sen sijaan rajoitettu ohutpuuta erottamatta vain paperipuuhun, männyllä 2 m, kuusella 3 m pölkkyyinä kuutioituna, minimiläpimitan ollessa molemmilla puulajeilla 6 cm kuoren alta.

Edellä viimeisinä esitetyissä uusissa maan eteläpuoliskon mänty- ja kuusipaperipuiden taulukoissa on erotettu vain paperipuusuus, 6 cm (kuoren alta) minimiläpimitaan asti kuutioituna. Yksikkökuutiot on ilmaistu pinokuutiometreinä, 2 m kuorellisina pölkkyyinä kuutioituna (pinotiheydet kuten edellisissä taulukoissakin: mänty 0.71, kuusi 0.72). Todettakoon, että sekapituisia pölkkyyjä tehtäessä niiden keskipituus saattaa suurestikin ylittää 2 m. Taulukoiden laadinnan perustaksi oli kuitenkin valittava tiettyä pölkkypituutta ja kuorimisastetta vastaava muuntoluku. Ratkaisussa päädyttiin mainittuun 2 m kuorellisten pölkkyyjen mukaiseen kuutiointiin.

Paperipuutaulukoiden käyttömahdollisuuksia laajentavat erityisesti vakiomuuntoluvun käyttö ja siirtyminen, ohutpuuta erottamatta, 6 cm minimiläpimitaan. Erityisesti tukkipuutaulukoita käytettäessä on syytä ottaa huomioon taulukoiden laadintaperusteet ja suorittaa, mieluummin aina, kohtuullinen määrä pystyapteerauksia tai kaadettujen runkojen apteerauksia. Näin menetellen voidaan selvittää, onko tuloksiksi saatuihin eri puutavaralajien määriin tarpeen tehdä tarkistuksia. Tukkipuutaulukoita ei suositella käytettäväksi runsaasti vikaisia

tai muodoltaan poikkeuksellisia runkoja sisältävien leimikoiden pystymittauksissa. Tällaisia leimikoita on etenkin maan pohjoispuoliskossa.

### Mittausmenetelmä

Pystymittaus on jo kauan käytettävissä olleista perusteista huolimatta, vielä toistaiseksi "uusi" leimikoiden mittausmenetelmä. Menetelmän käyttö on toisaalta perusteltua ja edullista. Molemmat näkökohdat yhdistäen voidaan päätellä, että pystymittauksissa on käytettävä yleisesti tunnettuja, mahdollisimman riidattomia menetelmiä. Milloin käytetään otantaa on syytä soveltaa riittävän suuria otantasadanneksia.

Edellisen perusteella voidaan todeta, että pystymittauksissa on ensi sijassa käytettävä yksinpuinlukua, rajoittuen kuitenkin vain läpimittojen mittauksessa täydelliseen selvitykseen. Hakkuupalkkaa määrättäessä käytetään työmarkkinajärjestöjen tekemän sopimuksen mukaisesti aina yksinpuinlukua. Muiden kuutioimistekijäin, pituuden ja muodon, sekä lisäksi myös vikaisuuksien ym. erikoispiirteiden selvittämisessä on syytä nojautua riidattoman menetelmän perusteella mitattuihin koepuihin.

Alkuhankaluuksien jälkeen ja menetelmän yleistyttyä on täysin perusteltua pyrkiä koeala-, linja- tai relaskooppimenetelmän käyttöön leimikoiden koon suosittamissa rajoissa. On ilmeisesti jälleen edullista rajoittua aluksi osittaisratkaisuihin. Niinpä esim. pääosapuidenluvusta voidaan suorittaa yksinpuinlukuna, esim. 11-13 cm:n d1.3-luokasta alkaen, ja runsaasti pienikuutioisia runkoja sisältävät ja yleisesti kokonaistulokseen vähiten vaikuttavat pienimpien d1.3-luokkien kuutiomäärät selvitetään esim. koeala-arviointina tapahtuvan koepuiden mittauksen yhteydessä. Myös hakkuumies voi selvittää osan mittaustehtävistä, ainakin runkojen kokonaislukumäärän.

### Kasvu

Milloin leimikon pystymittaus suoritetaan ennen kasvukauden alkua tai sen aikana ja runkojen kaato tai kaupasta sopiminen tapahtuu kasvukauden alun jälkeen aikaisintaan mittausta seuraavalla viikolla, on tulosten laskennassa otettava huomioon - mikäli eri osapuolet eivät tee muunlaista sopimusta - puuston kasvu. Kasvukaudella tarkoitetaan tässä toukokuun 25 päivän ja heinäkuun 26 päivän välistä aikaa. Käytännöllisistä syistä on päädytty 9 viikon pituiseen aikaan.

Kasvulaskelma voidaan suorittaa joko ILVESSALON "Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoissa" selostetulla tavalla (maastomittaukset ja kaavan  $p_v = p_g + p_{fh}$  käyttö) tai käyttämällä keskimääräisiä kuutiokasvusadanneksia. Jos jälkimmäistä vaihtoehtoa sovellettaessa ei ole mahdollista nojautua juuri ko. alueen puuston kasvua valaiseviin tietoihin, suositetaan käytettäväksi seuraavassa asetelmassa esitettyjä, vuosina 1960-63 suoritettussa valtakunnan metsien IV inventoinnissa saatuja keskimääräistuloksia. Asetelman mukaisesti tulokset on ryhmitetty vesistöalue-, metsätyyppi- ja ikäluokkaryhmittäin. Kuva 1 esittää asetelman vesistöalueryhmiä. V inventoinnin vastaavien tulosten valmistuttua on aiheellista tarkistaa asetelman luvut.

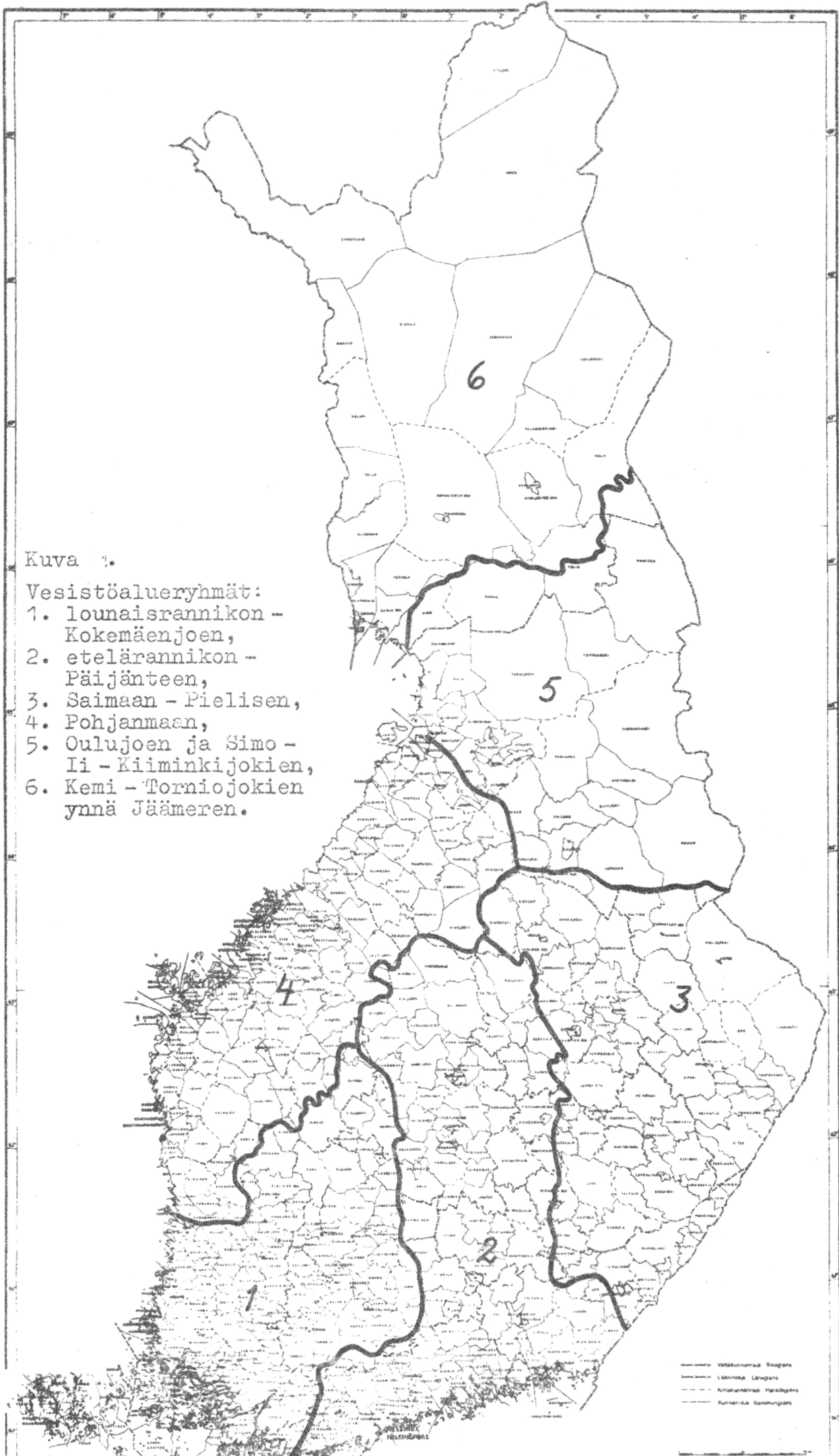
Vesistöalueryhmä	Metsä- tyyppi- ryhmä	-40	Ikäluokkaryhmä, v				
			41-80	81-120 <sup>2)</sup>	121-160 <sup>3)</sup>	161+	
Kuutiokasvusadannes							
1. Lounaisrannikon- Kokemäenjoen	MT-ryhmä <sup>1)</sup>	7.2	4.2	2.6			
	VT- "	6.8	3.7	2.6			
2. Etelärannikon- Päijänteen	MT-ryhmä	6.9	4.2	2.7			
	VT- "	6.1	3.7	2.8			
3. Saimaan- Pielisen	MT-ryhmä	7.5	4.3	2.8			
	VT- "	6.5	3.6	2.6			
4. Pohjanmaan	MT-ryhmä	8.9	4.6	2.9			
	VT- "	7.4	4.1	2.9			
5. Oulu-,Simo-,Ii- ja Kiiminki- jokien	MT-ryhmä	6.2	4.4	2.6	1.4		
	VMT-ryhmä <sup>1)</sup>	4.3	4.1	2.3	1.5		
	EVT- "	4.4	3.5	2.4	1.6		
6. Tornio-,Muonio-, Kemijokien sekä Jäämeren	MT-ryhmä	4.2	3.0	2.5	2.1	1.9	
	VMT- "	2.9	3.1	2.2	1.9	1.6	
	EVT- "	3.6	4.2	2.4	2.2	1.5	

1) MT-ryhmä = MT+, KpI ja ojit.suot; VT-ryhmä = VT, CT, ClT ja RÄI;  
VMT-ryhmä = HMT ja VMT; EVT-ryhmä = EVT, EMT, ErClT ja RÄI.

2) 1-4. vesistöalueilla ikäluokkaryhmä 81 + v.

3) 5. vesistöalueella - " - 121 + v.

Jos kasvulaskelmaan sisältyvä aika on vain osa ko. kasvukaudesta, määritetään käytettävä kasvusadannes edellä esitetyn asetelman tai maastossa suoritettujen mittausten perusteella saatujen keskimääräis-sadannesten ja toisaalta kasvukaudesta jäljellä olevan ajan perus-



Kuva 1.

Vesistöalueeryhmät:

1. lounaisrannikon - Kokemäenjoen,
2. etelärannikon - Pääjärven,
3. Saimaan - Pielisen,
4. Pohjanmaan,
5. Oulujoen ja Simo - Ii - Kiiminkijokien,
6. Kemi - Torniojokien ynnä Jäämeren.

- - - - - Väestönosa-alueet  
 - - - - - Linnat ja kaupungit  
 - - - - - Kuntarajat  
 - - - - - Kuntien keskuspaikat

teella. Laskelmien yksinkertaistamista silmällä pitäen suositetaan käytettäväksi seuraavassa asetelmassa esitettyä %-sarjaa.

Mittausta seuraava viikko								
25.-	1.-	8.-	15.-	22.-	29.6-	6.-	13.-	20.-
31.5	7.6	14.6	21.6	28.6	5.7	12.7	19.7	26.7
Osuus koko kasvukauden kasvusta (kasvu-%:sta), %								
90	80	70	60	50	40	30	20	10

Kertomalla sovelletulla menetelmällä saatu "koko kasvukauden" kasvusadannes asetelman %-luvulla saadaan mittausaikaa vastaava kasvusadannes.

Määrällisen kasvun lisäksi saattaa leimikossa tapahtua myös arvokasvua. Lähinnä on viitattava runsaasti tukkipuun mittoja läheneviä pinopuita sisältäviin leimikkoihin, edelleen nuoria, hyväkasvuisia tukkipuurunkoja käsittäviin leimikkoihin, joissa ilmenee merkittävää yksitukkisten runkojen muuttumista kaksitukkisiksi jne. Arvokasvua ilmenee toisaalta yleisesti vain osassa runkoja, joten sen merkitys jää käytännössä usein vähäiseksi. Kun arvokasvun täsmällinen laskenta on yleensä vaivalloista, olisi sen liittämistä leimikon pystymittaukseen pyrittävä välttämään. Näin voidaankin varmaan helposti menetellä suorittamalla niiden leimikoiden mittaus, joissa arvokasvun määrittäminen olisi perusteltua tai arvokasvu sinänsä saattaisi aiheuttaa erimielisyyttä, sellaisena ajankohtana (esim. kasvukauden päätyttyä, välittömästi ennen hakkuun aloittamista jne), jolloin arvokasvua ei tarvitse ottaa huomioon tulosten laskennassa.

#### Mittausten suorittamisesta

Leimikon pystymittauksen käytännöllisen suorituksen tulisi perustua seuraavanlaisiin ominaisuuksiin:

- tarkkuus
- taloudellisuus
- tarkistusten mahdollisuus

T a r k k u u d e l l a tarkoitetaan tässä, että mittaukset ja laskennat suoritetaan huolellisesti ja teknillisesti moitteettomalla tavalla. On syytä erityisesti painottaa kenttätöissä toimivien mittamiesten perus- ja täydennyskoulutuksen keskeistä mer-

kitystä. Koulutustilaisuuksia on helppo järjestää, eikä niistä aiheudu suuria kustannuksia. Tehdyt kokeet osoittavat, että huolellisesti suoritetuissa pystymittauksissa jää kuutioimistuloksen virhe alle  $\pm 2 - 3 \%$ :n.

Tarkkuutta unohtamatta on ajateltava toiminnan taloudellisuus, siis kenttä- ja laskentatöiden kustannuksia. Edellä korostetulla koulutuksella on myös kustannusten pienentämisen kannalta ratkaiseva merkitys. Tärkeää on myös pystymittauksen sijoittuminen organisaatioon siten, että ryhmä voi erikoistua tehtävänsä.

Leimikoiden pystymittaus on avoin luottamustehtävä, jonka kaikkiin osatyövaiheisiin on mahdollista liittää tarpeellisia pidettävät tarkistussmahdollisuudet. Eri osapuolet voivat ensiksi seurata yksityiskohtaisesti työn suoritusta. Eri osatyövaiheista voidaan tehdä vertailevia kokeita. Mahdollisten erimielisyyksien välttämiseksi on ennen mittauksia syytä sopia yksityiskohtaisesti, mitä erikoistoimenpiteitä, kuten esim. koepuiden merkintää ja ryhmittelyä, jäljennösten ottoa palstoittaisista puidenlukulomakkeista jne. leimikon pystymittauksen yhteydessä on tarpeen suorittaa.

## KENTTÄTYÖT

### Osatyövaiheet

Yleisperusteiden tarkasteluun viitaten voidaan erottaa kaksi osatyövaihetta: puiden luku ja koepuiden mittaus. Osatehtävät voidaan suorittaa joko samanaikaisesti tai erillisinä työvaiheina. Mahdollisista vaihtoehdoista korostettakoon lähinnä seuraavia myönteisiä ja kielteisiä piirteitä.

Jos koepuiden mittaus suoritetaan puiden luvun yhteydessä, etenee mittaustyö samanaikaisesti kaikki osatyövaiheet käsittäen tietystä alkupisteestä sovittua kulkutapaa noudattaen asteittain läpi koko ko. leimikon. Koepuiden mittaukseen liittyvä kävely jää vähäisemmäksi kuin mitattaessa koepuut eri osatyövaiheessa. Koepuiden mittaus voidaan perustaa tavanomaiseen tasaväliseen poimintaan, joka 20:s, joka 10:s puu jne. Puiden luvun yhteydessä suoritettuun koepuiden mittaukseen liittyy toisaalta myös tiettyä ylimääräistä kävelyä. Tämä aiheutuu siitä, että tavanomaisen mittausryhmän puitteissa on puiden lukijoiden suoritettava pääosa koepuiden mittauksen edellyt-

tämistä lisätehtävistä, mm. pituuden mittausta. Toinen puidenlukija joutuu tällöin yleensä etsimään sopivaa mittausta paikkaa, siis liik- kumaan. Samalla puidenluku keskeytyy, mistä aiheutuu ylimääräistä hukka-aikaa, siis lisäkustannuksia. Edelleen on korostettava, että koepuiden mittaus liittyy jatkuvaan liikkumista edellyttävään pui- denlukuun. Joustava, mutta samalla huolellinen mittaus edellyttää siis mittausryhmältä varsin voimaperäistä työskentelyä.

Suorittamalla puidenluku ja koepuiden mittaus eri työvaiheina saattaa työhön kuluva kokonaisaika eräissä tapauksissa hieman li- sääntyä. Osatehtävien erottaminen merkitsee toisaalta työn yksin- kertaistamista ja siten mittaustarkkuuden, yleensä ammattitaitoa edellyttävien ratkaisujen teon, valvonnan ja ohjauksen yms. tehos- tumista. Koepuiden mittaus esim. tietyn verkoston mukaisilta koe- aloilta merkitsee mittaustöiden keskittämistä tiettyihin pisteisiin, siis jatkuvaan etenemiseen verrattuna voimakkaampaa keskittymistä ko. erikoistehtävään, koepuiden mittaukseen. Koemittausten tulokset osoittavat, että koepuiden mittaus erillisenä työvaiheena on myös luotettavuuden kannalta perusteltua.

### Puidenluku

Ennen puidenluvun aloittamista on syytä täsmällisesti määritellä (mitat ja laatu) erotettavat puulajit ja puutavaralajit (runkolajit), esim. mäntytukkipuurungot, mänty- ja kuusipaperipuurungot jne., edel- leen muunlaisin perustein erotettavat luokat kuten kelot, lumen yms. katkomat rungot, maapuut jne. On myös päätettävä, antaako tietyn tai tiettyjen puulajien runkojen poikkeuksellinen laatu, vikaisuus tms. aiheen eri luokkien muodostamiseen. Perussääntönä voidaan pitää: yksittäisissä rungoissa, tietyissä läpimittaluokassa yms. suppeissa puitteissa ilmenevät erikoispiirteet voidaan ottaa huomioon ko. runkoerän kokonaistuloksessa, runsaanlaisesti tai yleisesti esiin- tyvät keskimääräisrungoista poikkeavat rungot on sen sijaan syytä erottaa omaksi puuluokaksi. Esim. mäntyjen luokittelu voi siten käsittää tukkipuut ja paperipuurungot tai tukkipuut, tyvilahoiset tukkipuut, paperipuurungot ja kelot jne.

Puidenluku on syytä perustaa ainakin toistaiseksi yksinpuinlukuun. Jäljempänä esitellään eräitä muita tietyissä olosuhteissa soveltuvia mahdollisuuksia. Yksinpuinlukuna suoritettavalla p u i d e n l u -



v u l l a tarkoitetaan tavanomaiseen tapaan leimikon kaikkien runkojen rinnankorkeusläpimitan (d1.3) mittaamista. Se suoritetaan eteen sattuvalta puolelta kuoren päältä, käytettävien kuutioimistaulukoiden perusteiden mukaisesti 1.3 m:n korkeudelta ylimmän katkaisua haittaavan juureuhaaran "niskalta" (puun alimmalta mahdolliselta kaatokorkeudelta) lukien 2 cm:n tasaavin luokkin, luokkakeskusten ollessa 7, 9, 11, 13... jne. siis parittomia lukuja. Milloin merkittävää tyvilaajenemaa ei esiinny, on mittausten alkukohta maan pinnan raja puun tyveä vastaan (ks. YRJÖ ILVESSALO. 1965 Metsänarvioiminen, kuva 37 sivulla 56). Toistuvasti esittäen: puiden luvussa ryhmitetään leimikon rungot erotettaviin (puu- ja puutavaralaji-) puuluokkiin eli runkolajeihin ja niiden puitteissa edelleen 2 cm:n d1.3-luokkiin.

Sekä kenttä- että laskentatöissä on otettava huomioon, että tuloisten laskennassa käytetään kuutioimistaulukoita, joiden laadinnan perustana ovat terveet, "normaalit" rungot. Seuraavassa esitetään suppeasti eräiden edellä viitattujen "normaaleista" rungoista poikkeavien puiden mittausperusteet.

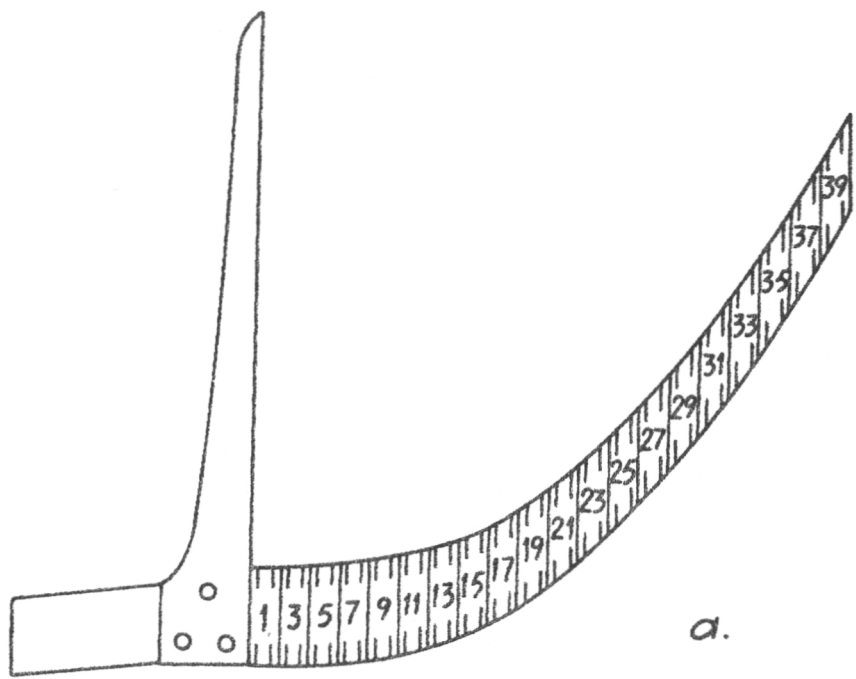
Jos runko on haaroittunut rinnankorkeudelta tai sen alapuolelta, luetaan kumpikin haara eri rungoksi. Milloin haaroittuminen alkaa rinnankorkeuden yläpuolelta, tapahtuu puiden luku perussäännön mukaisesti. Keloista voidaan muodostaa kaksi luokkaa: kuorelliset ja kuorettomat kelot. Molemmissa luokissa sovelletaan puiden luvun perussääntöä kuitenkin siten, että kuorettomista keloista mitataan kuoreton rinnankorkeusläpimitta. Katkenneista rungoista muodostetaan samoin kaksi luokkaa: rungot, joissa katkennut latvaosa on ehjänä ja käyttökelpoisena tyviosan läheisyydessä ja toisaalta sellaiset rungot, joiden latvaosa on jostakin syystä katkeillut, murskaantunut tai lahonnut käyttökelvottomaksi tai peräti hävinnyt. Rungot, joiden latvaosa on nähtävissä mitataan perussäännön mukaisesti, siis d1.3 eteen sattuvalta puolelta. Jälkimmäisessä puuluokassa sovelletaan seuraavia sääntöjä. Jos koepuut mitataan puiden luvun yhteydessä, niin katkenneista rungoista mitataan käyttökelpoisen rungonosan pituus metrin tasaavin luokin ja senjälkeen läpimitta 1 cm tasaavin luokin eteen sattuvalta puolelta kuoren päältä seuraavasti: männyllä 1.2 m mainitun pituuden keskikohdan alapuolelta, kuusella keskikohdalta, koi-vulla kuten männylläkin 1/2 m pituuden keskikohdan alapuolelta, jos

rungon tyviosan pituus on korkeintaan 14 m, tätä pitemmistä rungoista kuten kuusellakin pituuden puolivälistä. Mikäli koepuiden mittaus tapahtuu puidenluvun jälkeen, käytetään jäljempänä koepuiden mittausta käsittelyssä kappaleessa esitettyä menetelmää. - Kuorellisten katkenneiden runkojen rinnalla voidaan erottaa katkenneet kelot. Mittaukset suoritetaan samalla tavalla kuin kuorellisista katkenneista rungoista.

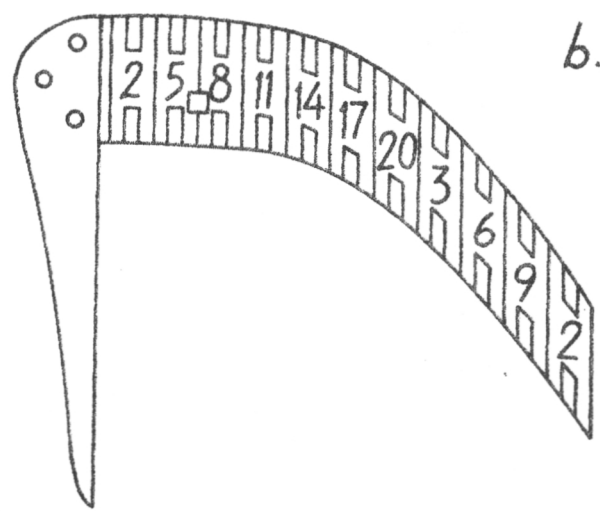
D1.3-luokan määrittäminen voidaan suorittaa joko tavanomaisella puisella käyräkaulaimella tai teräskaulaimella. Seuraavalla sivulla esitetyt piirrookset kuvaavat rinnankorkeusläpimitan ja 6 (3.5) m kork. läpimitan mittaukseen soveltuvia käyräkaulaimia. Kaulaimen suurinta d1.3-luokkaa vahvempien runkojen läpimitta mitataan tehtävään soveltuvalla mittanauhalla (talmeter). Tärkeää on, että luokkien rajat ja lukuarvot näkyvät kaulaimessa selvästi. Kaulaimeen on kiinnitettävä 1.3 m:n pituinen keppi tms. Mitatut rungot merkitään värillä tai maalivasaralla, putkimaisella merkkuslaitteella, kovelimella jne. Tärkeintä on, että runkoihin tehdään selvät, riittävän kauan säilyvät merkit. Tukkipuut, paperipuorungot ym. erilaiset rungot, tarvittaessa myös koepuut, on syytä merkitä eri tavoin. Perussääntönä tulisi olla: l e i m a u s j a p u i d e n l u k u s u o r i t e t a n s a m a n a i k a i s e s t i . Osatyövaiheisiin viitaten tehtävään voi liittyä myös koepuiden mittaus. Koepuut voidaan toisaalta vain merkitä puidenluvun yhteydessä.

Mahdollisia tarkistusmittauksia ja eri osatyövaiheena suoritettavaa koepuiden mittausta silmällä pitäen olisi eduksi, jos runkojen merkintä tehtäisiin niin, että merkki osoittaa aina mittaussuuntaa ja merkin alareuna mittauskorkeutta. Tällainen menettely hidastaa kyllä hieman puidenlukua.

Mittausten tulokset kootaan tavanomaiseen tapaan puidenlukulomakkeille. Lomakkeen rakennetta valaisevat liitteet 1-3. Milloin leimikko sisältää palkkaperusteiden määrittämisen vuoksi eri osa-alueina käsiteltäviä palstoja tai puuston rakenteen puolesta selvästi toisistaan eroavia suurehkoja osa-alueita (koepuualueita), kuten esim. tavanomaisia (kasvullisia) kivennäismaita ja toisaalta pienikokoista puustoa käsittäviä kalliomaita tai soita jne., kootaan puidenluvun tulokset kultakin erotetulta osa-alueelta omalle lomakkeelle. Vierekkäisillä palstoilla voidaan lukumerkit tehdä eri väreillä, vastakkaisille puolille runkoja jne. Pienialaisten tai vähäisiä runkoeria sisältävien osa-alueiden erottamista on syytä



a.



b.

Käyräkaulaimia: a. rinnankorkeusläpimitan ja b. 6 m  
 kork. läpimitan mittausta varten (Valmistanut metsän-  
 tutkimuslaitoksessa metsätekn. O.E. Töyry). Väritys,  
 joka ei ilmene piirroksista, selventää luokitusta.

välttää. Kysymystä tarkastellaan vielä koepuiden mittausta käsittelevässä kappaleessa.

Puidenlukua suorittava mittausryhmä käsittää ryhmänjohtajan (kirjamiehen, ylösottajan) lisäksi 1-3 lukumiestä eli läpimittojen mittaajaa. Yleisimmin on päädytty kahden lukumiehen käyttöön. Jos koepuiden mittaus suoritetaan puiden luvun yhteydessä, on mittamiesten lukumäärää yleensä syytä lisätä yhdellä.

## KOEPUIDEN MITTAUS

### Mittaustehtävät

Koepuun puulajia ja tavaralajia koskeneiden merkintöjen jälkeen tehdään kaikista koepuista seuraavat (perus)mittaukset:

d1.3	kuoren	päältä	2	cm:n	tasaavin	luokin	
"	"	"	1	"	"	"	(jäljempänä tarkka d1.3)
d6 tai d3.5	"	"	1	"	"	"	
	pituus	täysin	metrein,	"	"	"	

Läpimittojen ja pituuden mittauksen alkamiskohta on, kuten puidenluvussakin, puun juurenharojen määrittämä alin mahdollinen kaatokorkeus (ks. s. 1). D6-(3.5)-mittaus suoritetaan samassa suunnassa kuin d1.3-mittaus. Jos läpimitan (d1.3, d6 tai d3.5) mittauskorkeudella on oksakiehkura, siirretään mittauskohda hieman ylös- tai alaspäin oksattomaan osaan runkoa sen mukaan, onko täsmällinen mittauskorkeus oksakiehkuran keskikohdan ylä- vai alapuolella. Jos d6 tai d3.5:n mittaus d1.3:n mittaussuunnassa ei ole mahdollista oksien vuoksi, mitataan läpimitta lähinnä sopivimmasta suunnasta.

Molemmat d1.3-mittaukset (luokka ja tarkka) tehdään puidenluvussa käytettävällä kaulaimella. Ylempi läpimitta (d6 tai d3.5) mitataan edellisestä hieman poikkeavalla ns. latvakaulaimella, joka on kiinnitetty 5 m pitkän tangon päähän (ks. piirroksat s. 14). Pituuden mittaus voidaan nykyisin suorittaa useilla erilaisilla laitteilla: Suunto, Blume-Leiss, Lönnrothin tai Christenin pituusmittarilla.

Milloin katkenneiden runkojen kuutiointi perustetaan koepuimittauksiin, tehdään koepuista samat mittaukset kuin edellä esitetyssä puiden luvun yhteydessä tapahtuvassa katkenneiden runkojen mittauksessa. Toistuvasti mainitut mittaustehtävät ovat seuraavat: katkenneista rungoista mitataan käyttökelpoisen rungonosan pituus täysin metrein ja senjälkeen läpimitta 1 cm tasaavin luokin männyllä ja

koivulla 1/2 m mainitun pituuden keskikohdan alapuolelta, kuusella keskikohdalta, lukuun ottamatta yli 14 m pituisia koivun tyviosia, joista läpimitta mitataan kuten kuusellakin pituuden puolivälistä.

Mainittujen koepuiden kuutioinnissa tarvittavien perustietojen lisäksi voidaan koepuiden mittaukseen liittää erillistehtäviä, kuten vikaisuuden määrittäminen, pystyapteeraus jne. Kun mittayksikkönä on  $k-m^3$  tai  $p-m^3$ , perustetaan vikaisuuden määrittäminen erotettujen vikaisten rungonosien pituuden ja keskiläpimitan mittaukseen. Jos mittayksikkönä on kuutiojalka ( $j^3$ ), riippuu mittausten suoritus-tapa sovellettavasta kuutioimismenetelmästä seuraavasti. Kun kuutiointi tapahtuu pysty- (maassa suoritettun) apterauksen perusteella, apteerataan vikaiset rungot täysin samojen laatuvaatimusten ja apteraussääntöjen mukaisesti kuin muutkin rungot. Vikaisten rungonosien määrästä on kuitenkin syytä tehdä edellä mainitunlaisia muistiinpanoja. Kuten aikaisemmin on todettu, voidaan vikaiset rungot erottaa omaksi luokaksi, jos tällaisen luokan muodostaminen on käytännön kannalta tarkoituksenmukaista. Jos tukkipuiden kuutiointi perustetaan tiettyihin keskimääräissääntöihin rakentuviin kuutioimis- (puutavaralaji-) taulukkoihin, on erityisesti vikaisista puista syytä suorittaa kohtuullinen määrä (joka toinen, viides jne. koepuu) apterauksia, jotta saataisiin selville, missä määrin vikaisten runkojen d1.3-luokittaiset keskikuutiot poikkeavat vastaavista taulukkokuutiomääristä. Tällaista vertailua on syytä tehdä tarkistusmielessä myös terveistä rungoista. Vikaisuuksia koskevia havaintoja ja mittauksia tehtäessä on selvitettävä, voidaanko vikaiset rungonosat kokonaisuudessaan siirtää johonkin toiseen puuluokkaan vai onko osa esim. liian pieninä, lyhyinä tai pituudeltaan sopimattomina pölkkyyinä luettava hakkuutähteisiin.

Mittaustiedot kootaan koepuulomakkeelle. Liite 4 havainnollistaa konelaskentaan ja liitteet 5-7 käsinlaskentaan soveltuvia koepuulomakkeita. Käsinlaskennan helpottamista ja yksinkertaistamista silmällä pitäen voidaan koepuulomakkeita "muokata" sopivalla tavalla. Liitteet valaisevat eräitä mahdollisuuksia. Todettakoon, että luokakeskuksen mukaista kuutiointia voidaan suosittaa käytettäväksi vain silloin, kun koepuiden lukumäärä on d1.3-luokittain vähintään 10-20 rungon suuruusluokkaa.

## Koepuiden lukumäärä

Koepuiden lukumääriä ratkaistaessa on otettava huomioon toisaalta tarkkuus, johon koepuiden otannassa pyritään ja toisaalta pystymittauksen käyttömuodot, palkkaperusteiden laskenta ja kantohinnan määrittäminen. Edellä on todettu, että pystymittauksen kuutiomistuloksen virhe on mahdollista rajoittaa  $\pm 2 - 3 \%$ :iin. Esitetty yläraja,  $3 \%$ , luonnehtii myös maksimiarvoa, johon mittauksissa olisi pystyttävä rajoittumaan. Ottamalla huomioon aina mahdolliset mittausvirheet (helposti  $\pm 1 - 2 \%$ :n suuruusluokkaa) ja ns. taulukkovirhe (arviolta  $\pm 0.5 - 1.5 \%$ ) voidaan päätellä, että koepuiden otannassa on päästävä mahdollisimman tarkkaan edustavuuteen, virherajojen  $\pm 0.5 - 1 \%$  luonnehtiessa edustavuusvirheen (satunnaisvirheen, keskiarvon keskivirheen) maksimiarvoa leimikon merkittävässä puuluokissa.

Molemmissa pystymittauksen käyttömuodoissa on päähuomio kiinnitettävä - palkkaperusteiden luokitukselta johtuen - d1.3-luokittaiten ja puulajeittaiten tulosten tarkkuuteen, kantohinnan määrittämisessä edelleen puutavaralajeittaisiin tuloksiin. Ottamalla huomioon tarkkuusvaatimukset sekä leimikoiden koon ja rakenteen vaihtelu on käytännöllisintä määrittää koepuiden lukumäärä ainakin runsaasti runkoja sisältävien puuluokkien osalta d1.3-luokittain.

Koepuiden lukumäärää koskeneiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, että 5-10 koepuuta d1.3-luokkaa kohden näyttäisi kohtuulliselta etenkin tasarakenteisissa leimikoissa. Toisaalta tiedetään, että runkojen koon vaihtelu on jo 2 cm:n laajuisen d1.3-luokan puitteisissa usein huomattavan voimakasta; kuutiosisällöltään luokan pienin ja suurin runko saattaa erota luokan keskiarvosta yleisesti  $40 - 50 \%$ . Yleisluonteisena sääntönä voidaan siten pitää: jos ollaan vakuuttuneita (esim. ko. metsikössä aikaisemmin suoritettujen mittausten perusteella) runkojen koon suppeasta vaihtelusta, voidaan lähinnä pinotavaran osalta rajoittua edellä esitettyä suuruusluokkaa oleviin d1.3-luokittaisiin koepuumääriin. Pystymittauksia aloitettaessa ja milloin edellä mainitunlaista varmuutta ei ole, on perusteltua pyrkiä mittaamaan pinotavaraa sisältävistä d1.3-luokista 10-15 koepuuta. Tukkipuuleimikoiden pienimmissä d1.3-luokissa (19-23) voidaan rajoittaa mainittua suuruusluokkaa oleviin koepuumääriin, mutta runkojen koon suuretessa (d1.3 = 25+ cm) on koepuumäärä syytä suurentaa 15-20 runkoon. Vahvimpien (d1.3 = 30-35+ cm) d1.3-luokkien runkoja on leimikoissa usein niin vähän, että koepuiksi on otettava esim. joka toinen tai peräti jokainen runko.

Korostettakoon, että rungon koon suuretessa sen arvo myös yleisesti suurenee. Etenkin kantohintaa määritettäessä on suuriläpimittaisia runkoja otettava koepuiksi suhteellisesti enemmän kuin pieniläpimittaisia puita. Suurehkoissa ( $> 500 \text{ m}^3$ ) leimikoissa olisi pyrittävä vähintään esitettyjen minimirajojen mukaisiin koepuumääriin.

Runkojen ja leimikoiden koon vaihtelusta johtuen on koepuiden lukumäärien esittelyssä siis rajoitettava vain edellä esitettyihin suuruusluokkaa osoittaviin lukuihin. Onkin erittäin tärkeää, että mittausryhmän johtaja tai mittaustulosten ylösottaja tarkkailee työn edistyessä d1.3-luokittain saatavia pituus- ja kapenemishavaintoja ja pyrkii tietojen perusteella hahmottelemaan kuvaa runkojen koon vaihtelusta. Tulosten laskenta selventää keskimääräiskuvaa. Vain tuloksia tarkastelemalla on mahdollista selventää kuvaa siitä, olisiko vastaisuudessa tietynlaisissa leimikoissa syytä lisätä koepuiden lukumäärää, milloin keskimääräislukujen alittaminen on perusteltua jne.

Edellä esitetyt keskimääräissäännöt tarkoittavat leimikon pääpuulajia (- puutavaralajia) tai kaikkia niitä puulaji- ja tavaramalajiluokkia, joihin sisältyy runsaasti runkoja, pienehköissäkin leimikoissa yleisesti d1.3-luokittain useita kymmeniä runkoja. Milloin johonkin puuluokkaan kertyy vain yksittäisiä tai korkeintaan muutamia kymmeniä runkoja, voidaan kuutiointi perustaa pääpuulajin tai yleensä sopivimman luokan koepuihin. Mittausten yhteydessä on kuitenkin tarkkailtava, millaisia yhdenmukaisuuksia tai mahdollisia eroja ilmenee mainitunlaisen vähäisen runkoerän sisältävän luokan ja muiden luokkien runkojen pituuksien ja kapenemisten (yksikkökuutiomäärien) kesken. Runkoluvun ylittäessä muutaman kymmenen rungon määrän - 10 %:n osuuden vaikeutuu edellä mainittu vertailu usein siinä määrin, että ko. puuluokan kuutiointi on syytä suorittaa "omilla koepuilla". Tavanomaisiin lukumääriin pyrkiminen ei kuitenkaan ole perusteltua useinkin jo siitä syystä, että useat d1.3-luokat sisältävät vain vähäisen runkomäärän. On tyydyttävä vähäisempään koepuumäärään, mutta kuutiointin luotettavuutta voidaan usein tehostaa käyttämällä jäljempänä tarkasteltavaa graafista tasoitusta ja kuten edellä on jo todettu, vertaamalla tuloksia muiden puulajien mittaustietoihin. Jos leimikko jaetaan lähinnä puuston rakenteessa ilmenevien eroavuuksien vuoksi osa-alueisiin, voidaan yleissääntönä pitää, että kullekin

alueelle mitataan omat koepuunsa. Erillisten koepuiden mittaus voidaan kuitenkin rajoittaa vain tiettyyn tai tiettyihin puulajeihin tai puutavaralajien runkoihin. Mittausten päätyttyä verrataan eri alueilta saatuja mittaustietoja ja suoritetaan mahdolliset mittaus-tietojen yhdistelyt. Leimikosta erotetuille hakkuu- ja ajopalstoil-le ei mitata, mikäli erikoista syytä ei ilmene, erillisiä koepuita. Sekä puiden luvun että koepuiden mittauksen yhteydessä on aiheellista tehdä havaintoja eri palstojen puuston rakenteessa (= kuutioimis-perusteissa) ilmenevistä mahdollisista eroista. Vähäiset erot esim. muutamien d1.3-luokkien keskimääräisissä yksikkökuutioissa voitaneen ottaa huomioon ilman erillisten koepuiden mittaamista.

#### Koepuiden poiminta(otanta-)menetelmät

Mittausten osatyövaiheita käsittelevässä kappaleessa on mainit-tu kaksi vaihtoehtoista koepuiden mittauksen perusmenetelmää: mittaus puidenluvun yhteydessä tai erillisenä toimituksena. Edelleen on viitattu molempiin vaihtoehtoihin liittyviin myönteisiin ja kieltei-siin näkökohtiin.

P u i d e n l u v u n y h t e y d e s s ä t a p a h - t u v a s s a k o e p u i d e n m i t t a u k s e s s a o n vaikeutena oikean otantavälin ratkaiseminen, koska runkolukusarja ei ole vielä tässä vaiheessa tiedossa. On varmistuttava siitä, että otanta antaa riittävän määrän koepuita, mutta ei kuitenkaan kustan-nusten vuoksi muodostu kohtuuttoman suureksi. Tämän vuoksi on pyrit-tävä selvittämään, montako (leimattavaa) runkoa on esim. hehtaaria kohden ja kaikkiaan, sekä edelleen eri läpimittaluokkien runkomäärien likimääräisarviot. Jos esim. arvioidaan, että 11 cm:n d1.3-luokan runkoja on likimäärin 2000 kpl, 13 cm:n d1.3-luokassa noin 1800 kpl jne., saataisiin 100 rungon poimintaväliä käyttäen likimäärin seuraav-vat koepuumäärät: 11 cm:n d1.3-luokka 20 kpl ja 13 cm:n luokka 18 kpl. Leimikon yleistuntemuksen perusteella päätellään edelleen, mistä d1.3-luokasta lukien on syytä ottaa kaikki rungot koepuiksi. Mainittu-jen "ääriluokkien" pohjalta hahmotellaan muiden d1.3-luokkien koepui-den poimintavälit. On käytännöllistä valita poimintaväleiksi nollaan tai viiteen päättyviä lukuja. Järeimmissä d1.3-luokissa voi poiminta-väli olla pienempi kuin viisi. On pyrittävä tasaisesti asteittain pieneneviin poimintaväleihin, esim. seuraavasti:



d1.3-luokka, cm	9	11	13	15	17	19	21-25	27+
poimintaväli,								
runkoa	100	100	50	50	20	10	5	kaikki

Kunakin d1.3-luokan ensimmäiseksi koepuuksi voidaan poimintavälistä riippuen valita ensimmäinen, viides, kymmenes jne. puu. Koepuiden lukumäärien yhteydessä on jo tarkasteltu eri puuluokkien koepuita. Toistuvasti korostettakoon, että edellä tarkasteltua poimintamenetelmää sovellettaessa on syytä nojautua mahdollisimman paljon aikaisemmissa mittauksissa saatuihin kokemuksiin.

Koepuiden mittaus erillisinä toimituksena voidaan perustaa koeala- tai kaistaleotantaan, edelleen myös relaskoopin käyttöön. Kaikkien vaihtoehtojen käytössä sovelletaan samaa perussääntöä: kokeillaan, millaisia koepuumääriä näyttäisi todennäköisesti kertyvän erilaisia linja- ja koealavälejä sekä erisuuria koealan kokoja tai relaskoopin varren pituus: aukon suuruus-suhteita käytettäessä. Jo suoritettujen puiden luvun perusteella näet tiedetään eri puu- ja d1.3-luokkiin kertyneiden runkojen kokonaislukumäärät. Seuraava asetelma havainnollistaa kahden valintatavan mukaisia koepuumääriä koeala-otantaa käytettäessä.

d1.3-luokka, cm	Runkoja yhteensä	<u>100 m x 100 m linja- ja koealaväli</u>	
		1 aarin koealat = 1 %:n otanta	3 aarin koealat = 3 %:n otanta

Koepuumäärän arvio

9	2 570	26	77
11	2 040	20	61
13	1 852	18	56
15	1 413	14	42
17	1 060	11	32
19	855	8	26
21	603	6	18
23	590	6	18
25	470	5	14

Molemmissa esimerkeissä on perustana samanlainen linja- ja koealaverkosto, linja- ja koealaväli 100 m. Jos käytetään aarin koealoja, joilta otettaisiin kaikki leimatut rungot koepuiksi, kertyisi koepuita teoreettisesti ajatellen 1 % kaikista rungoista. Havaitaan, että tällainen otanta johtaisi esitetyn esimerkin pienissä

d1.3-luokissa kohtuullisiin koepuumääriin. 17 cm:n d1.3-luokasta alkaen koepuiden määrä näyttäisi jäävän vähäiseksi. Eräänä vaihtoehtona voitaisiin ajatella 3 aarin koealojen käyttöä 17 cm:n ja sitä järeämille d1.3-luokille. Toisessa esimerkissä on koealojen koko 3 aaria, siis otantasadannes 3. Havaitaan, että sovellettu menetelmä on johtanut keskimääräislukujen valossa tarkastellen ainakin 9-17 cm:n d1.3-luokissa kovin suuriin koepuumääriin.

Kohtuullisiksi katsottuihin koepuumääriin on siis mahdollista päästä valitsemalla sopiva linjaverkosto ja vaihtelemalla koealan kokoa tai kaistaleen levyettä.

## TARKISTUSMITTAUKSET

### Ennen hakkuuta

Jotta pystymittauksen tuloksiin voitaisiin luottaa, on oltava tarkistusmittauksen mahdollisuus. Tarkistusmahdollisuuden tulee olla riittävän helppo eikä sen kustannus saa nousta kohtuuttoman suureksi varsinaiseen mittaustyöhön verrattuna. Tämän vuoksi otantaan perustuvia mittauksia ei pidä tarkistaa uudella otannalla; tarkistusmittauksen otannanhan tulisi olla yhtä suuri tai suurempi jotta tarkistusmittauksella olisi merkitystä.

Pystymittaus jakautuu kahteen osatyövaiheeseen, puiden lukuun ja koepuiden mittaukseen. Myös tarkistusmittaukset on syytä kohdistaa näihin osatyövaiheisiin erikseen.

Puiden luvun yhteydessä puut jaetaan tarvittaessa tarkistusta varten sopivan kokoisiin ryhmiin. Koska puiden luvun yhteydessä on yleensä tarkoituksenmukaista suorittaa myös palstoitus hakkuuta varten, tästä ei aiheudu lisätyötä. Hakkuupalsta on yleensä sopiva tarkistusmittausyksikkö, riittävän suuri, jottei mahdollisella lukusuunnan muuttumisella ole vaikutusta tulokseen ja riittävän pieni työmäärän ja kustannusten kannalta.

Tarkistusmittausryhmä lukee muutamien valitsemiensa palstojen puut. Alkuperäisen mittauksen ja tarkistusmittauksen runkolukusarjat kuutioidaan samoilta d1.3-luokittaisilla yksikkökuutiomäärillä. Jos tämän leimikon koepuuotannan tulokset ovat käytettävissä, käytetään niitä. Muussa tapauksessa joitakin vastaavanlaisen metsän yksikkökuutioita. Näin saatu kuutiomäärien ja runkojen lukumäärän ero johtuu tällöin yksinomaan puiden luvusta.

Koepuiden oton yhteydessä ryhmitellään myös koepuut tarkistusmittausta ajatellen. Jos kysymys on linjaotannasta tai koealoittaisesta linjaotannasta, muodostaa yksi tai muutama linja sopivan ryhmän. Mitatut puut merkitään sekä ryhmän omaa työskentelyä että tarkistusmittausta ajatellen esim. kovelimella siten, että merkki osoittaa linjalla sen keskiviivaan päin, ympyräkoealalla ympyrän keskipisteeseen päin. Tämä keskipiste on merkittävä esim. muovinauhalla.

Puiden luvun yhteydessä tapahtuvassa koepuiden mittauksessa on koepuut merkittävä esim. värillisellä muovinauhalla ja ryhmät erotetaan tällöin muovinauhan värillä.

Koepuumittaukset voidaan suorittaa joko normaaliin tapaan pysty-  
puista tai kaadetuista rungoista.

Koepuuryhmiä voidaan tarkistusmitata useampiakin ja laskea näille yhteiset keskikuutiot jolloin on tehtävä vastaavat yhdistämiset myös alkuperäisissä mittaustuloksissa.

Koepuumittausten ero saadaan yhtenä lukuna näkyviin, kun kuutioidaan sama runkolukusarja (lohkon, leimikon tai koepuualueen) tarkistusmittauksen ja vastaavilla alkuperäisen mittauksen keskikuutioilla. Luokkien keskikuutioita voidaan myös vertailla silmävaraisesti tai graafisesti, jolloin nähdään onko merkittäviä eroja. Voidaan myös vertailla erikseen pituus- ja kapenemislukuja, jolloin eron syy on pääteltävissä.

Tällä tavoin suoritettu koepuiden tarkistusmittaus, joka kohdistuu vain rajoitettuun määrään koepuita, mutta kuitenkin täsmälleen samoihin puihin kuin alkuperäinenkin mittaus, antaa kuvan vain mittauksen oikeasta suorittamisesta, ei sen sijaan siitä, onko otanta ollut riittävä ja tasapuolinen. Tämän asian arvostelu kuuluu näin ollen myös tarkistusmittausryhmän tehtäviin.

Koepuiden mittauksen ja puiden luvun erot voidaan yhdistää laske-  
malla tarkistusmittauspalstojen runkolukusarjat tarkistusryhmän koepuilla ja vertaamalla puumääriä vastaavalla tavalla laskettuihin alkuperäisen mittauksen tuloksiin.

Hakkuun jälkeen.

Mikäli hakkuun jälkeen tarvetta esiintyy, voidaan leimikolla suorittaa lumettomana aikana hakkuualueen jälkitarkastus. Tarkastuksessa kiinnitetään huomio tarpeen mukaan kannon korkeuteen, latvuksen kokoon,

hylkykappaleisiin sekä metsään jääneeseen mitattuun pystypuuhun tai valmistettuun puutavaraan. Tarvittaessa on tarkastus kohdistettavissa myös varastoalueisiin.

Tarkastus voidaan suorittaa osapuolten yhteisellä silmävaraisella katselmuksella tai otantaan perustuvalla mittauksella. Linjoittainen kaistaleotanta sopii hyvin metsään jääneen tavaran mittaukseen. Jos hakkuutapa on sellainen, että se kerää tarkastuksen kohteet tietyn suuntaisten linjojen mukaisesti (esim. palstatien varteen hakkuu) on syytä varoa suunnittelemasta otantalinjoja näiden kanssa yhdensuuntaisiksi.

#### Mittausryhmän omat tarkistukset

On myös tärkeää, että mittausryhmä tarkkailee suorittamansa työn luotettavuutta. Puiden luvun osalta voi mittausryhmä suorittaa vertailuja lukemalla esim. sopivin aikaväleihin yhden tai parin palstan rungot uudelleen. Koepuumittauksia voidaan tarkistaa siten, että osa tietyn alueen koepuista numeroidaan (pahvilapuilla) ja vastaavat numerot sijoitetaan ko. koepuun mittaustietojen viereen koepuulomakkeessa. Runkojen kaadon jälkeen suoritetaan d1.3:n, d6:n ja pituuden mittaus maassa.

#### LASKENTATYÖT

##### Vaihtoehtoisia menetelmiä

Tulosten laskennassa voidaan erottaa ensin kaksi perusmenetelmää: konelaskenta ja käsinlaskenta. Molemmissa "Päämuodoissa" on edelleen laskennan suoritustavan mukaan erilaisia vaihtoehtoja. Kone- ja käsinlaskennassa voidaan nojautua samoihin laskentaperusteisiin. Seuraavan asetelman luvuilla valaistaan keskeisimpiä laskentatöiden suorituksen vaihtoehtoja. Esimerkiksi valitut puut ovat erään mäntypaperipuuleimikon 15 cm:n d1.3-luokan (maassa mitattuja) koepuita.

d1.3, (tarkka) cm	Kapeneminen, cm	Pituus, m	Yksikkökuutio k-m <sup>3</sup> kuorineen
14	3	16	0.125
16	2	21	.230
14	3	17	.130
14	2	17	.146
15	4	13	.116
14	1	14	.138
15	3	16	.146
15	3	14	.133
14	5	12	.087
15	5	14	.110
Yhteensä	31	154	1.361
Keskiarvo	3.1	15.4	0.136

Edellä todetun mukaisesti koepuumittausten tarkoituksena on määrittää kullekin d1.3-luokalle - puulajeittain ja tavaralajeittain - mahdollisimman luotettava yksikkökuutio. Edullisin ja teoreettisesti oikein tapa on hakea kuutioimistaulukoista jokaisen koepuun yksikkökuutio ja laskea luokittaiset yksikkökuutioiden keskiarvot. Esitetyssä esimerkissä tulos on 0.136 k-m<sup>3</sup>. Tässä samoin kuin muissakin vaihtoehtoisissa kerrotaan kunkin d1.3-luokan keskimääräistulos luokkaan kertyneiden runkojen lukumäärällä, jolloin tulokseksi saadaan luokan kuutiomäärä. D1.3-luokittaiten kuutiomäärien yhdistämisen tuloksena päädytään ko. puulajin tai puuluokan kokonaiskuutiomäärään.

Edellä tarkastellun, edullisimpana pidetyn vaihtoehdon samoin kuin muiden yleisimmin sovellettujen vaihtoehtojen perusteet ja valittu esimerkin mukaiset tulokset nähdään seuraavasta asetelmasta.

Vaihto- ehto n:o	Yksikkökuutien määrittämisperusteet	Yksikkökuutio k-m <sup>3</sup> kuorineen
1	Yksikkökuutioiden keskiarvo, tarkkoja läpimittoja käyttäen	0.136
2	Yksikkökuutioiden keskiarvo, kuutiointi (d1.3) luokkakeskuksen mukaisesti	0.143
3	Pituuksien keskiarvo täysin metrein Kapenemisien keskiarvo täysin senttimetrein	0.139
4	Pituuden suhteen interpoloiden Kapeneminen täysin senttimetrein	0.142
5	Pituus täysin metrein Kapenemisen suhteen interpoloiden	0.138
6	Pituuden ja kapenemisen suhteen interpoloiden	0.140
7	Pituus- ja kapenemistulokset graafisesti tasoittaen	
8	Yksikkökuutiot graafisesti tasoittaen	

Vaihtoehtoissa 2-6 on saatu vaihtelevasti 1. vaihtoehdosta poikkeavia tuloksia. Vaihtoehtoissa 7-8 ei ole esitetty tulosta, koska esimerkkinä on vain yhden d1.3-luokan koepuut. Erojen lähempi tarkastelu sivuutetaan tässä vain toteamalla, että ko. kymmenen koepuun erässä on yksikkökuutioiden vaihtelu verraten suuri (pienin yksikkökuutio 0.087, suurin 0.230).

Ensimmäistä vaihtoehtoa, koepuiden yksikkökuutioiden keskiarvoa, suositetaan käytettäväksi sekä kone- että käsinlaskennassa. Muitakin vaihtoehtoja voidaan silti käyttää etenkin käsinlaskennassa. Tulosten luotettavuuden tarkastelua silmällä pitäen on laskennan yhteydessä kuitenkin syytä kiinnittää huomiota siihen, millaiseksi käytetyllä menetelmällä saatava tulos todennäköisesti muodostuu ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattuna. Näin on etenkin 3-5 vaihtoehtoja käytettäessä laita. On tarkkailtava, onko ylös- ja alaspäin pyöristyyksiä likimain yhtä paljon vai esiintyykö yleisemmin + tai - suuntaan vaikuttavaa pyöristystä. Pituuden ja kapenemisen pyöristysten keskinäistä suhdetta on myös tarkkailtava. Niinpä esim. edellä esitetyssä esimerkissä merkitsee täysin metrein ilmaistu pituus (15 m) yksikkökuutien pienentymistä samanvahvuiseen ja samanmuotoiseen, mutta 15.4 m pitkään puuhun verrattuna. Kapenemisen pienentäminen 3.1 cm:stä tasan 3 cm:iin merkitsee vuorostaan runkomuodon vähäistä paranemista ja samalla yksikkökuutien suurentumista. Jos keskimääräinen kapeneminen olisi

ollut esim. 2.8 cm ja laskennassa olisi käytetty kapenemislukua 3 cm, olisi muutos merkinnyt yksikkökuution pienentymistä keskiarvoksi saadun kapenemisen (2.8 cm) mukaiseen tulokseen verrattuna. Pituuden ja kapenemisen pyöristykset täysiin metreihin ja senttimetreihin merkitsevät siis vaihtelevansuuria ja joko samansuuntaisia tai erisuuntaisia muutoksia interpolointiin perustuviin tuloksiin verrattuna.

Interpolointiin perustuva tulos lähenee yleisesti 1. vaihtoehdon (yksikkökuution. keskiarvo) mukaista tulosta. Eroja, tosin usein pienehköjä, ilmenee silti myös yleisesti, mikä aiheutuu lähinnä yksikkökuutiomäärien erisuurista eroista vierekkäisten kapenemisloukkien välillä (=lievästi käyräviivainen kehitys).

Edellä tarkasteltuihin "pyöristykseen" liittyvää epävarmuutta ja interpoloinnin aiheuttamaa lisätyötä voidaan tunnetusti ainakin lieventää käyttämällä esim. graafista tasoitusta. Tavanomainen käsi-varainen tasoitus on mahdollista suorittaa nopeasti. Kielteisenä piirteenä mainittakoon subjektiivisen arvostelun vaara. Erityisesti tämän menetelmän käyttö edellyttää siis hyvää perehtyneisyyttä sekä itse tasoitukseen että kuutioiden perusteisiin.

Eri vaihtoehtojen yhdistelmänä todettakoon, että jäljempänä tarkasteltava konelaskenta perustuu yksikkökuutioiden keskiarvoihin. Ottamalla huomioon laskentakustannukset on täysin metrein ja senttimetrein ilmaistujen d1.3-luokittaisten pituus- ja kapenemishavaintojen keskiarvojen käyttö perusteltua erityisesti laajamittaista käsinlaskentaa edellyttävässä toiminnassa. Edelleen pienehköjen leimikoiden ja sekapuulajien vähäisten koepuuerien pituus- ja kapenemishavaintoja on käsinlaskennassa edullista tarkastella graafisesti, jolloin vierekkäisistä luokista kertyneiden havaintojen vertailun ohella voidaan määrittää pituudet ja kapenemiset myös sellaisille d1.3-luokille, joista ei ole otettu yhtään koepuuta. - Kustannusten pienentämistä silmällä pitäen olisi toisaalta pyrittävä siirtymään konelaskentaan mahdollisimman laajamittaisesti.

Korostettakoon, että käytettävästä vaihtoehdosta riippumatta koepuiden otannon suoritustapa ja koepuiden lukumäärä vaikuttavat ensisijaisesti yksikkökuutioiden luotettavuuteen.

### Käsinlaskenta

Käsinlaskennalla tarkoitetaan tässä tavanomaiseen tapaan sel- laista mittaustulosten käsittelyä ja tulosten laskentaa, jossa lasku-

toimitukset suoritetaan vaihtelevassa määrin käsi- tai sähkökäyttöisiä laskukoneita apuna käyttäen. Käsinlaskennassa samoin kuin konelaskennassakin nojaututaan seuraaviin perussääntöihin.

- Valitulla koepuiden mittaus- ja laskentamenetelmällä määritetään d1.3-luokittaiset keskimääräiset yksikkökuutiot.
- Edelliset tulokset kerrotaan vastaavilla puidenlukulomakkeen mukaisilla (puulajeittaisilla, tavaralajeittaisilla) d1.3-luokittaisilla runkoluvuilla; tulokseksi saadaan d1.3-luokittaiset kuutiomäärät.
- Jos pystymittauksella pyritään yksinomaan palkkaperusteiden laskentaan, määritetään keskimääräisten yksikkökuutioiden ja muiden perusteiden avulla ko. leimikossa (osa-alueella, palstalla) käytettävät yksikköpalkat, jotka sitten kerrotaan edellisessä esitetyillä d1.3-luokittaisilla kuutiomäärillä. Osatulot yhdistämällä saadaan ko. puulajin (-tavaralajin) teosta, ajosta yms. aiheutuva kokonaispalkkio.
- Jos tehtävänä on kantohinnan määrittäminen, yhdistetään d1.3-luokittaiset kuutiomäärät puulajeittain, tavaralajeittain ym. laskennassa sovellettujen puuluokkien mukaisesti.

Laskentatöiden yksinkertaistamista ja kustannusten säästämistä silmällä pitäen kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin.

- Puiden luvun ja koepuiden mittauksen tulosten siirtämistä alkuperäisiltä lomakkeilta uusille erillisille laskentalomakkeille olisi vältettävä.
- Jos runsaasti palstoja yms. osa-alueita sisältävän leimikon laskentatyöt tapahtuvat käsinlaskentana, on edullisinta käyttää erillistä kuutioimislomaketta.
- Koepuulomake voi samanaikaisesti olla kuutioimislomake.

Käsinlaskennassa mahdollisia vaihtoehtoja valaistaan liitteissä 5-11 esitetyillä esimerkeillä. Ensimmäiseksi vaihtoehdoksi on valittu liitteessä 5 esitetty koepuulomake, jota käytettäessä jokaisen d1.3-luokan koepuut kootaan omalle lomakkeelle. Mäntykoepuille varatussa osassa (lomakkeen vasen reuna) on esitetty eräästä mäntypaperipuuleimikosta poimittujen kymmenen koepuun mittaustiedot: d1.3 2 ja 1 cm:n luokin, d6, edellisten mittaustietojen perusteella erotuksena saatu kapeneminen ja pituus. Mittaustietojen mukaisesti on koepuille haettu



yksikkökuutiot I l v e s s a l o n "Pystypuiden kuutioimistaulukoista" (d1.3 1 cm:n luokin). Esimerkistä ilmenee, että tämän jälkeen on laskettu yksikkökuutioiden keskiarvo, joka lopuksi on kerrottu luokkaan kertyneiden runkojen lukumäärällä. Esimerkistä nähdään edelleen, että saatuun yksikkökuutioon voidaan tarvittaessa tehdä kannon koon piene-  
nemisestä aiheutuva lisäys ja toisaalta, rungon käyttöosaan pyrittä-  
essä, latvuksesta ja mahdollisista vikaisuuksista aiheutuva vähennys. Tässä samoin kuin muissakin esimerkeissä on rajoitettu vain yhteen d1.3-luokkaan. Laskenta jatkuisi d1.3-luokasta toiseen, jonka jälkeen d1.3-luokittaiset tulokset yhdistettäisiin.

Liitteen 5 kuusikoepuiden osassa (lomakkeen keskellä) on esitetty eräästä kuusipaperipuuleimikosta kerättyjä koepuutietoja. Esimerkin mukaisesti luokan keskimääräisen yksikkökuution laskenta on perustettu koepuiden pituuksien ja kapenemisten keskiarvoihin (täysin metrein ja senttimetrein). Muilta osin laskentaa jatkettaisiin kuten edellisessä esimerkissä.

Liitteen 8 a- ja b-osat valaisevat laskentaesimerkkejä, joissa yhdistettyä koepuu- ja laskentalomaketta on edelliseen lomakemalliin verrattuna huomattavasti supistettu. Tässä samoin kuin liitteissä 9 ja 10 on rajoitettu vain kahden d1.3-luokan esittämiseen. Liitteen 8 a- ja b-osat eroavat vain yksikkökuution sijoittamiskohdan osalta. Molemmissa vaihtoehdoissa lasketaan siis yksikkökuutioiden keskiarvo, ja laskentaa jatketaan edellisissä esimerkeissä selostetulla tavalla.

Liitteessä 9 on koepuulomaketta edelleen yksinkertaistettu. Liitteen a-osassa on yksikkökuutioiden määrittäminen perustettu koepuiden 1 cm:n luokin ilmaistuihin rinnankorkeusläpimittoihin, "maastossa" laskettuihin kapenemisiin ja pituuksiin. Liitteen b-osa eroaa edellisestä siinä, että yksikkökuution määrittäminen suoritetaan "tarkan" d1.3:n asemesta d1.3-luokkien luokkakeskusten mukaisesti.

Liitteen 10 a-osan esimerkki vastaa liitteen 5 kuusikoepuiden laskentatapaa, jossa nojaudutaan pituuksien ja kapenemisten keskiarvoihin, mutta eri d1.3-luokat on koottu samalle lomakkeelle. Liitteen b-osa eroaa edellisestä vain kapenemisten merkintöjen sijoituskohdan osalta. Kutakin d1.3-luokkaa varten tarvitaan vain yksi rivi, joten esim. A4-kokoa olevalle lomakkeelle voidaan sijoittaa kaikki mahdolliset (yhden puulajin) d1.3-luokat. Liitteen 10 c-osan esimerkissä samoin kuin liitelomaketta 7 käytettäessä nojaudutaan myös pituuksien ja kapenemisten keskiarvoihin, mutta pituuksia ja kapenemisiä ilmaisevien numeroiden asemesta merkitään koepuiden mittaustie-

dot pisteinä lomakkeessa esitettyjen luokitusten mukaisesti. Kynällä tehtävät pisteet (viivat) voidaan edelleen korvata sopivan ruudukon puitteissa tapahtuvalla reijityksellä, on valmistettu sateellakin käyttökelpoisia lomakkeita jne. Liite 11 täydentää liitettä 7 laskennan osalta.

Esitettyjen esimerkkien pohjalta on mahdollista kehittää edelleen muita vaihtoehtoisia lomakemalleja ja laskentatapoja.

### Konelaskenta

Konelaskennalla ymmärretään tässä sellaista mittaustulosten laskentamenetelmää, jossa laskutoimitukset suoritetaan pääosin tietokoneita apuna käyttäen. Samat perussäännöt, joita noudatetaan käsinlaskennassa, pätevät myöskin konelaskennassa. Säännöt on selvitetty käsinlaskennan yhteydessä.

Konelaskennassa on syytä painottaa sitä, että tietokone laskee nopeasti ja luotettavasti monimutkaiset ja laajat laskentatehtävät. Perustiedot voidaan ilmoittaa suoraan mittaustuloksina, ilman että niitä tarvitsee muokata laskentaa helpottavaan muotoon. Esimerkiksi ilmoitetaan d1.3 tarkka mitta ja d6, joista kone laskee kapenemisen. Käytettävä laskentamenetelmä on konelaskennassa aina sivulla 25 mainituista vaihtoehdoista n:o 1.

Konelaskentaan liittyy oleellisena osana, samoin kuin käsinlaskentaankin, muita kuin varsinaiseen kuutiointiin liittyviä laskentatehtäviä. Konelaskenta antaa mahdollisuuden suorittaa erityisesti korjuun suunnittelua ja toteutusta palvelevia korjuun vaihtoehtolaskelmia. Konelaskenta voidaan kaikkine siitä saatavine **tietoineen** liittää yrityksen integroituun tietojenkäsittelyjärjestelmään.

Ensimmäinen konelaskennan tietokonesovellutus valmistuu keväällä 1969. Tämä tietokonesovellutus, PMP-systeemi, on valmistunut Metsähallinnon, Valtion Tietokonekeskuksen ja Enso-Gutzeit Osakeyhtiön yhteistyönä. Valmistuva laskentajärjestelmä perustuu sille periaatteelle, että sen on palveltava

- a) työmittausta, jolla määritellään palkanmaksun perustana olevat puutavaramäärät hakkuu-, juonto- ja kuljetusvaihetta varten
- b) kaupallista mittausta, jolla määritellään kaupallisten puutavaralajien määrät puutavaralajeittain.

Vaikka konelaskennan lomakkeiden täyttäminen käy selville näiden lomakkeiden yksityiskohtaisista täyttöohjeista, voidaan joitakin perusseikkoja tässä yhteydessä esittää.

#### 1. Puiden luku (lomake liite 2.)

Mittaus tapahtuu normaalien mittaussääntöjen mukaan puutavaralajeittain ja d1.3-luokittain. Palstan kaikkien laskettavien puiden tultua mitatuiksi merkitsee ylösottaja kunkin puutavaralajin kunkin d1.3-luokan runkomäärän lävistystä varten. Laskennan eri vaiheiden tarkistamista varten merkitään lisäksi kokonaisrunkoluku yhteensä sarakkeeseen. Mittaustietojen lisäksi merkitään lomakkeelle lukuisa määrä korjuun kustannusten laskennan tarvitsemia tietoja.

#### 2. Koepuiden mittaus (lomake liite 4.)

Koepuiden otanta ja mittaus tapahtuu yleisten koepuiden mittaussääntöjen mukaan. Koepuulomakkeelle merkitään puulajikoodi, tarkka d1.3 (mm. saksilla mitaten tai kaulaimella d1.3-luokka ja +, 0, -), d6 tai d3.5 ja koepuun pituus. Näiden tietojen perusteella tietokone laskee kullekin koepuulle yksikkökuution ja sijoittaa sen oikeaan d1.3-luokkaan. Koepuussa oleva mahdollinen vika voidaan huomioida sekä myöskin katkenneen rungon tai maapuun kuutioinnin tarvitsemat tiedot voidaan merkitä lomakkeelle. Tukkiisuuden määrittämistä varten voidaan myös koepuun tukkiisuuden pituus merkitä lomakkeelle. Kasvunlaskentaan tarvittavat tiedot merkitään myös tälle lomakkeelle.

#### 3. Korjuun kustannustiedot

Pystymittauksen laskentasovellutukseen liittyy oleellisena osana hakkuu- ja juontotaksan laskenta. Perustiedot tätä laskentaa varten saadaan osin puidenlukulomakkeelta, osin koepuulomakkeelta sekä erityiseltä lohkon taksanerittelylomakkeelta (lomake liite 12.).

#### 4. Tulosten laskenta

Kerätyt perustiedot lävistetään reikäkorteille. Näiden perustietojen mukaan tietokone suorittaa kuutioinnin koneen muistiin talletettujen Ilvessalon Pystypuiden kuutioimistaulukoiden mukaan. Taulukoiden ulkopuolelle jäävien puiden kuutiointi tapahtuu laadittujen tietokoneeseen talletettujen funktioiden avulla. Hakkuu- ja juontotaksan laskenta liittyy PMP-systeemissä em. kuutiomäärän laskentaan systeemin toisena osana.

## Tarkistuslaskelmat

Tarkistuslaskelmien piiriin kuuluvat laajassa mielessä tarkasteltuna kaikki ne toimenpiteet, joilla pyritään poistamaan tulosten laskentaan liittyviä virheitä. Tarkistuslaskelma on yleisesti, kuten tarkistusmittaus kenttätöiden yhteydessä, jo suoritetuttujen laskelmien toistamista (kerran, kahdesti, osittain jne.). Useat laskelmat voidaan kuitenkin suorittaa ainakin hieman käytetystä menetelmästä poikkeavalla tavalla. Tällaista tarkistustapaa olisi pyrittävä ensi sijassa käyttämään.

Tarkistukset on edullisinta aloittaa puidenlukulomakkeista, joista tutkitaan, onko runkolukuja osoittavat pistemäärät "muutettu" virheettömästi numeroiksi, ja onko lukumäärät edelleen viety oikein kuutioimislomakkeelle. Käsinlaskannassa voidaan erilaisia yhteensä ja kertolaskutehtäviä suorittaa alkuperäiseen laskentaan verrattuna eri järjestyksessä, d1.3-luokittaisiin osatuloihin ei kiinnitetä huomiota, vaan laskemalla osatuloja jatkuvasti yhteen selvitetään yksinomaan puulajeittaiset (tavaralajeittaiset) kokonaismäärät jne.

Koepuiden mittausten menetelmästä riippuen on usein mahdollista soveltaa kahta tai useampaakin erilaista laskentatapaa. Tarkistuslaskelmia voidaan tällöin suorittaa jollakin käytetystä laskentamenetelmästä poikkeavalla tavalla. Jos kuutioiden perusteena on esim. koepuiden yksikkökuutioiden keskiarvot, voidaan tarkistuslaskelma suorittaa koepuiden pituuksien ja kapenemisten keskiarvoja käyttäen. Tällaisissa vertailulaskelmissa saatetaan rajoittaa yleisimpään puulajiin, arvokkaimpaan tavaralajiin, tiettyihin palstoihin jne.

Lähinnä pituuksien ja kapenemisten keskiarvoihin perustuva, kiintokuutiometreissä tapahtuva toistokuutiointi tarjoaa merkittävän vertailuperustan myös eri puutavaralajeissa ilmaistujen tulosten tarkistamiseksi. Puutavaralajeittaiset tulokset muunnetaan totunnaisia muuntolukuja käyttäen kuorellisiksi kiintokuutiometreiksi ja osatulokset yhdistetään puulajeittain. Ottamalla huomioon eri taulukoissa käytetty kannon osuus ja lisäksi hukkapuun osuus on mahdollista tehdä ainakin suuruusluokkaa osoittava tarkistuslaskelma.

## Kirjallisuutta

Työryhmä on nojautunut työssään erityisesti seuraaviin julkaisuihin.

I l v e s s a l o , Y r j ö . 1936. Käytännöllisistä metsänarvioimistavoista (Metsänhoitajien jatkokurssit 1935) Silva Fennica 39.

- " - 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 34.4.

- " - 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo.

K u u s e l a , K u l l e r v o . 1960. Pinotavaraleimikon taksatoriset tunnuukset ja niiden vaikutus leimikkoarvioinnin tarkkuuteen. Summary: Mensurational characteristics of cordwood stock marked for felling and their effect on the precision of the stock estimation. Acta Forestalia Fennica 72.

N y y s s ö n e n , A a r n e . 1965. Metsän arvioiminen. Tapion Taskukirja. XV painos.

N y y s s ö n e n , A a r n e , K i l k k i , P e k k a ja M i k k o l a , E r k k i . 1967. On the precision of some methods of forest inventory. Seloste:Eräiden metsänarvioimismenetelmien tarkkuudesta. Acta Forestalia Fennica 81.

S i l a n d e r , S o j n i . 1968a. Runkojen pystymittauskokeilu Hirvaan lähistöllä syksyllä 1967. Metsähallitus. Tutkimusselostus n:o 85.

- " - 1968b. Pystymittauskokeilujen tuloksia. Metsähallitus. Koeselostus n:o 24.

Tapion Taskukirja

T i i h o n e n , P a a v o . 1966. Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. Folia Forestalia n:o 19.

- " - 1968. Leimikon pystymittauksen perusteita. Suomen metsänhoitajaliiton mittauspäivät, luentomoniste.

Liite 1. Puidenlukulomake n:o .....

Tila, palsta, Rn:o .....

D1.3 cm	Mänty		Kuusi		Koivu		Ha+Le		Tyv.+ leikot
	tukit	pinot	tukit	pinot	tukit	pinot	t	p	
7									
9									
11									
13									
15									
17									Eri- kois- puut
19									
21									
23									
25									
27									
29									
31									
33									
35									

Päiväys .....

Ryhmänjohtaja .....

# Lite 2.

## METSÄHALLINTO

## YLÖSOTTOLOMAKE PMP 1.

HOTTOALUE

LEIMIKKO

KL		TOIM. PIIRI	HOTO-ALUE	LEIMIKKO	KOE-PUU-ALUE	LONKO	PALSTA
02	03	000	0	0	0		

MITTAUSAIKA			TIHEYS LUOKKA	MAASTOLUOKKA		RAIVAUUS LUOKKA	AJO-URAA KM 1/10	AJOMATKA METREIÄ		PINTA-ALA AARIA	VÄRI	HAKK.HANK.LISÄT		
PV	KK	V		HAKKU	AJO			AJOMATKA 1	AJOMATKA 2			%	1/10	HK

D			RL	OLK	RL	OLK	RL	OLK	RL	OLK	RL	OLK	RL	OLK	RL	OLK
LK																
07																
09																
11																
13																
15																
17																
19																
21																
23																
25																
27																
29																
31																
33																
35																
37																
39																
41																
43																
45+																







M ä n t y					K u u s i					L e h t i p u u t				
d1.3	d6,3.5	Kape-nem.	Pi-tuus	Yks.kuu-tio k-m <sup>3</sup>	d1.3	d6,3.5	Kape-nem.	Pi-tuus	Yks.kuu-tio	d1.3	d6,3.5	Kape-nem.	Pi-tuus	Yks.kuu-tio
16	13	3	18	0.183	17	14	3	15						
16	14	2	18	.203	17	13	4	13						
16	13	3	13	.147	17	13	4	15						
17	14	3	18	.209	17	15	2	14						
18	15	3	18	.237	18	15	3	15						
17	14	3	15	.184	16	12	4	13						
18	15	3	20	.256	18	16	2	16						
17	14	3	17	.200	17	14	3	15						
18	15	3	19	.247	18	14	4	15						
17	14	3	19	.218	17	13	4	13						
Yht.				2.084			33	144						
Keskiarvo				.208			3	14	.170					
Kantolisäys				+										
Latvavähennys				-										
Luokan runkoluku				125					145					
Luokan kuutiomäärä				26.0					24.6					

Liite 6.

MITTEÄHALLINTO

Pystymittaus käsinlaskenta

Heitealue

Leimikke

Koepuuryhmä

Mittausaika / -

Ryhmä:

Koepuulaji

d	Pituus m.	Yksikkökootiet	Yht.	dm <sup>3</sup> /	Hylky leiket.
cm	Kapeneminen cm.	dm <sup>3</sup>	kpl.	r	
7					
9					
11					
13					
15					
17					
19					
21					
23					
25					
27					
29					
31					
33					
35					
37					
39					
41					
43					
45					

Huomi

D	Runkoluku		Koepuutiedot																		D1,3 41 cm jat mä																	
	MA'NTY	KUUSI	KAPENEMINEN cm						PITUUS m						PIT. m 293031																							
1,3 cm			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	lom...
7			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	ku	
9			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
11			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
13			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
15			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
17			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
19		tukit	KAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
21			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
23			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
25		tukit	KAP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
27			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
29			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
31			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
33			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
35			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
37			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
39			mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku		
41		PALSTA	Mittausaika																																	Mittaja		
43			VIKAI																																		VIKAI SUUKSISTA	

Liite 8.

Koepuu- ja laskentalomake

a.

Leimikko, puulaji, tavaralaji jne.

d1.3- luok- ka,cm	Tun- nus	Tunnukset: 1 = d1.3 tarkka, 2 = d6, 3 = kap. 4 = pituus, 5 = yksikkökuutio	Summa, keskiarvo runkoluku	Yh- teen- sä
9	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
11	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
13				

d1.3- luok- ka,cm	Tun- nus	Tunnukset:.....	Yksikkö- kuutiot	Summa keskiarvo runkoluku	Yh- teen- sä
9	1				
	2				
	3				
	4				
11	1				
	2				
	3				
	4				
13					

Liite 9.

Koepuu- ja laskentalomake

a.

Leimikko, puulaji, tavaramallit jne.

d1.3 luokka, cm	Tunnus	Tunnukset: 1 = d1.3 tarkka, 2 = kapeneminen, 3 = pituus	Yksikkökuutiot	Summa, keskiarvo runkoluku	Yhteensä
9	1				
	2				
	3				
11	1				
	2				
	3				
13					

b.

d1.3 luokka, cm	Tunnus	Tunnukset: 1 = kapeneminen 2 = pituus	Yksikkökuutiot	Summa, keskiarvo runkoluku	Yhteensä
9	1				
	2				
11	1				
	2				
13					

Liite 10.

Koepuu- ja laskentalomake

a.

Leimikko, puulaji, tavaralaji jne.

d1.3 luok- ka, cm	Tun- nus	Tunnukset: 1 = kapeneminen 2 = pituus	Summa Keskiarvo Yks.kuut.	Run- ko- luku	Yh- teen- sä
9	1				
	2				
11	1				
	2				
13					

b.

d1.3 luok- ka, cm	Kapeneminen, cm	Pituus, m	Summa Keskiarvo Yks.kuut.	Run- ko- luku	Yh- teen- sä
9					
11					
13					

d1.3 luok- ka, cm	Kapeneminen, cm									Pituus, m													Summa Keskiarvo Yks.kuut.	Run- ko- luku	Yh- teen- sä
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
9																									
11																									
13																									

TILA, RN:o	OMISTAJA JA OSOITE
	KUNTA KYLA
PALSTA	MITTAUSAIKA / - / 19 MITTAAJA

(merk. X)

MÄNTY

KUUSI

KOIVU

D 1,3 cm	KOEPUUT				LUO- KAN RUN- GOT T=tukit P=pinot. kpl	PUUTAVARALAJIT, KERTYMÄ						SISÄLTÖ k-m <sup>3</sup>			
	Kpl	KAPENEM		PITUUS		ä KUUTIO/RNK			LUOKAN KUUTIO			ä / RUNKO		LUO- KAN KUU- TIO k-m <sup>3</sup> V	
		Sum- ma	Kes- kim.	Sum- ma		Kes- kim.	Tukki	Papp	Halko, muut	Tukki	Papp	Halko, muut	k-m <sup>3</sup> / run- ko v		1,01x (v- 0,005) *
	Σ kap cm	Σ kap n	Σ H m	Σ H n	j <sup>3</sup>	p-m <sup>3</sup>		j <sup>3</sup>	p-m <sup>3</sup>		k-m <sup>3</sup>				
7						-	0.0		-		0.0	0.0			
9						-	0.0		-		0.0	0.0			
11					P	-	0.0		-		0.0	0.0			
13						-			-						
15						-			-						
17					T P	-			-						
19					T P	-			-						
21					T P	-			-						
23					T P	-			-						
25															
27															
29															
31															
33					T										
35															
37															
39															
41															
43															
← YHT					T	ä j <sup>3</sup> /rnk.									
*) Perusteet:					P	Poikkeavuuk-*) sien vaikutus					*Lehtipuille v-0,005				







