

# SILVA FENNICA

Vol. 8 1974 N:o 2

Sisällys Contents	MATTI KÄRKKÄINEN: Näkökohta tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvasta mäntypölkkyjen kuutioinnista	105
	<i>Summary: A note on the volume based on the mean of butt and top diameters of pine bolts</i>	110
	PERTTI HARSTELA: Eräiden koneellistamisennusteiden herkkyydestä kustannustason muutoksiin	111
	<i>Summary: The influence of the change of cost level on some mechanization prognosis</i>	114
	VELI POHJONEN: Istutustiheyden vaikutus eräiden lyhytkiertoviljelyn puulajien ensimmäisen vuoden satoon ja pituuskasvuun	115
	<i>Summary: Effect of spacing on the first year yield and height increment in some species undergoing short rotation culture</i>	126
	C. J. WESTMAN: Urealannoituksen vaikutus metsämaan kasveille käyttökelpoiseen typpimäärään	128
	<i>Summary: Effect of urea application on plant available nitrogen in forest soil</i>	134
	OLAVI LUUKKANEN: Esikokeita kinetiinin vaikutuksesta männyn hypokotyylien kallus- ja juuri muodostukseen	135
	<i>Summary: Effect of kinetin on the formation of callus and roots in hypocotyls of Scots pine: preliminary experiments</i>	143

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA  
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

## Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

**PUBLISHER:**

THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

**OFFICE:**

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

**EDITOR:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**EDITORIAL BOARD:**

YRJÖ VUOKILA (Chairman), EERO PAAVILAINEN (Vice Chairman), J. E. ARNKIL, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA, and KUSTAA SEPPÄLÄ (Secretary).

*Silva Fennica* is published quarterly. It is a sequel to the Series, vols. 1 (1926)—120(1966). Its annual subscription price is 20 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also publishes *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions and exchange inquiries can be addressed to the office.

## Silva Fennica

NELJÄNNEUVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN  
AIKAKAUSKIRJA

**JULKAISIJA:**

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

**TOIMISTO:**

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

**TOIMITTAJA:**

MATTI KÄRKKÄINEN

**TOIMITUSKUNTA:**

YRJÖ VUOKILA (puheenjohtaja), EERO PAAVILAINEN (varapuheenjohtaja), J. E. ARNKIL, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN, MATTI LEIKOLA, MATTI NUORTEVA ja KUSTAA SEPPÄLÄ (sihteeri).

*Silva Fennica*, joka vuosina 1926—66 ilmestyi sarjajulkaisuna (nro 1—120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestynyt aikakauskirja. Suomen Metsätieteellinen Seura julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nro 1) lähtien.

Tilauksia ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistolle. *Silva Fennican* tilaushinta on 20 mk.

## NÄKÖKOHTA TYVI- JA LATVALÄPIMITAN KESKIAARVOON PERUSTUVASTA MÄNTYPÖLKKYJEN KUUTIOINNISTA

MATTI KÄRKKÄINEN

*SUMMARY:*

*A NOTE ON THE VOLUME BASED ON THE MEAN OF BUTT AND TOP  
DIAMETERS OF PINE BOLTS*

Saapunut toimitukselle 15. 2. 1974

Tutkimuksessa tarkastellaan kapenemistaulukoihin perustuen, kuinka paljon tyvi- ja latvaläpimitaan perustuva kaksimetristen kuitupuupölkkyjen kuutiomäärä poikkeaa tarkasta kuutiomäärästä. Kun käytetään tavanomaisia mittavaatimuksia, jolloin järeitä rungon osia ei tehdä kuitupuuksi, tutkimuksen mukaan tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutiointi antaa liian suuria tuloksia pienten puiden ollessa kyseessä ja liian pieniä tuloksia suurilla puilla. Eroa voi pitää niin huomattavana, ettei ole syytä käyttää samoja muuntolukuja runko- ja latvuskuitupuulle. Ilmeistä myöskin on, että tyvi- ja latvaläpimitaan perustuva pölkyn kuutiomäärä poikkeaa tarkasta kuutiomäärästä enemmän kuin keskusläpimitaan perustuva kuutiomäärä.

### 1. JOHDANTO

Tavanomainen pieniläpimittainen kuitupuu varastoidaan tavallisesti sellaisiin muodostelmiin, joissa keskusläpimitan mittaaminen pölkkyjen kuutiointimiseksi ei ole mahdollista rikkomatta varastomuodostelmaa. Pienikokoisista kourakasoista voidaan tosin saada verraten suuri näyte kasan päällimmäisistä pölkkyistä, mutta tällaisen näytteen edustavuus on kyseenalainen, koska työntekijä sijoittanee kevyimmät pölkkyt kasan päälle ja raskaimmat alimmaisiksi. Kun kourakasat kuljetetaan metsätraktorilla ja puretaan varastopinoihin kourakuormainta käyttäen, voidaan olettaa, että pinossa ei vastaavaa ilmiötä enää esiinny. Keskusläpimitan mittaaminen varastopinon uloimmista pölkkyistä on näin ollen mahdollista, joskin menetelmän

käyttökelpoisuutta vähentää ulimpien pölkkyjen vähäinen lukumäärä kokopinon sisältämistä pölkkyistä. — Näin ollen voidaan olettaa, ettei varasto-  
muodostelmaa hajoittamatta ole kovin suuria mahdollisuuksia määrittää  
kuitupuupölkkyjen kiintokuutiomäärää keskusläpimittaa käyttämällä.

Kuitupuun kiintomittauksessa voidaan ajatella, että keskusläpimitan  
sijasta käytettäisiin tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvoa pölkkyjen kuuti-  
oinnissa. Menetelmää voidaan soveltaa jopa niin, että läpimittoja mitataan  
tyvi- ja latvaläpimittoja erottamatta ja lasketaan niiden keskiarvo. Kun  
näytteen edustavuudesta huolehditaan, voinee näin menetellen päästä käy-  
tännön tarpeita tyydyttävään tarkkuuteen tyvi- ja latvaläpimitan keski-  
arvoa määrättäessä.

Aikaisemmin tehdyn kirjallisuuskatsauksen (KÄRKKÄINEN 1974) mu-  
kaan on ilmeistä, ettei tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva pölkky-  
jen kuutiointi yleensä anna oikeaa kuutiomäärää, vaan joudutaan käyttä-  
mään korjauskertoimia. Tarkan kuutiomäärän ja tyvi- ja latvaläpimitan  
keskiarvoon perustuvan kuutiomäärän suhdetta osoittavia muotolukuja on  
kuitenkin tutkittu verraten vähän mm. keskusmuotolukuihin verrattuna.  
Kirjoittajan tietoon tulleet tutkimustulokset on esitetty mainitussa kirjalli-  
suuskatsauksessa. — Yleensä muotoluvut on saatu alle yhden suuruisiksi  
— toisin sanoen tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutiomäärä  
on saatu suuremmaksi kuin tarkka kuutiomäärä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millä tavoin tarkan  
kuutiomäärän ja tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kuutiomää-  
rän suhde riippuu rungon koosta. Tällaisesta tuloksesta voidaan päätellä,  
millaisia mahdollisuuksia on käyttää samoja korjauskertoimia sekä pieni-  
kokoiselle runkokuitupuulle että vastaavalle latvuskuitupuulle. Samassa  
yhteydessä pyritään myös selvittämään, antaako tyvi- ja latvaläpimitan  
keskiarvoon perustuva kuutiointi oleellisesti epätarkempia tuloksia kuin  
keskusläpimittaa käyttävä kuutiointi.

Prof. VEIJO HEISKANEN ja apul.prof. PEKKA KILKKI ovat lukeneet käsikirjoituksen. Kiitän  
saamastani tuesta.

## 2. LASKENTAMENETELMÄ

Tässä tutkimuksessa on käytetty hyväksi TIHOSEN (1961) julkaisemia  
männyn kapenemistaulukkoja, joissa on läpimitta-, kapenemis- ja pituusluo-  
kittain esitetty metrin välein läpimitta prosentteina rinnankorkeusläpi-  
mitasta. Rinnankorkeutta alempana olevia läpimittoja ei kuitenkaan ole  
esitetty. Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa on käytettävissä olevia tietoja  
hyväksi käyttäen arvioitu tyviläpimitta ja sen jälkeen laskettu tyvestä läh-  
tien kaksimetristen pölkkyjen tarkka kuutiomäärä. Kunkin pölkyn tarkka

kuutiomäärä on laskettu siten, että läpimittatiedoista on laskettu runko-  
käyrän yhtälö, integroitu sen neliö ja kerrottu  $\pi$ :llä. — Tämä kuutiointi-  
menetelmä on kuvattu tarkemmin aikaisemmin (KÄRKKÄINEN 1973, s. 8—  
9).

Koska tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuitupuuta, tyvestä lähtien  
poistettiin kaikki sellaiset simuloidut pölkkyt, joiden laatvaläpimitta oli  
suurempi kuin 15 cm. Minimiläpimitta kuoren alta oli 6 cm. Tällaisen menet-  
telytavan seurauksena kuitupuupölkkyihin jäi jonkin verran sellaista rungon  
osaa, joka läpimitan perusteella olisi kuulunut rungon tukkipuuosaan. Toi-  
nen mahdollisuus olisi luonnollisesti ollut etsiä se kohta rungosta, jossa läpi-  
mitta on täsmälleen tukin minimiläpimittaa vastaava. Käytettyä menetel-  
mää pidettiin kuitenkin parempana kuin mainittua toista vaihtoehtoa, koska  
optimaalisessa rungon apteerauksessa kuitupuuosaa kannattaa jättää  
myös minimiläpimittaa suurempia osia, kuten LAASASENAHO ja SEVOLA  
(1971, s. 22) ovat simulointitutkimuksessaan osoittaneet. Myös käytännön  
työmailta saatujen tutkimustulosten mukaan on ilmeistä, että käytännössä  
kuitupuuosaa aina jää jonkin verran teoreettisesti sahatukin mitat täyttä-  
vää rungon osaa (RIKKONEN 1970, s. 11—12, 1972, s. 12—14).

Kunkin kuitupuupölkyn tarkan kuutiomäärän lisäksi tutkimuksessa las-  
kettiin keskusläpimittaa vastaava tilavuus sekä tyvi- ja latvaläpimitan keski-  
arvoa vastaava tilavuus. Eri tavalla laskettujen kuutiomäärien vertaami-  
seksi laskettiin myös muotoluvut, joissa osoittajana oli aina tarkka kuutio-  
määrä ja nimittäjänä joko keskusläpimittaa vastaava kuutiomäärä tai  
tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutiomäärä.

Tulosten luotettavuutta heikentää pienillä puilla tyviläpimitan epävar-  
muus ja yleisesti se, että kyseessä ovat tasoitetut kapenemistiedot. Tukki-  
puukokoisissa rungoissa, joiden kuitupuuosassa ei ole tyviläajentuman vai-  
kutusta, saadut lukuarvot ovat luotettavimmat. Muutoin tulokset ovat vain  
suuntaa antavia.

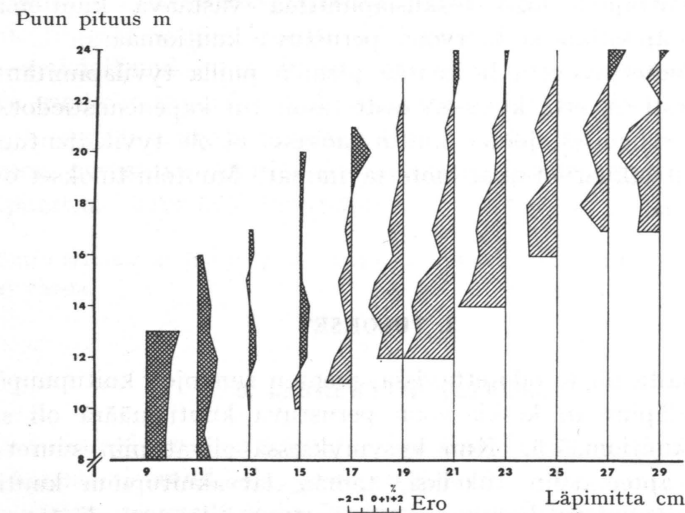
## 3. TULOKSET

Kuten ennalta oli jo odotettavissa, pienten runkojen kuitupuupölkkyjen  
tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutiomäärä oli suurempi  
kuin tarkka kuutiomäärä. Kun kysymyksessä olivat niin suuret rungot,  
että tyviosa apteerattiin tukeiksi, tämän latvakuitupuun kuutiointinissa  
tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva tilavuus oli taas selvästi  
liian pieni. Varsinaisten kuitupuurunkojen ollessa kyseessä puun pituus ei  
juuri vaikuttanut virheen suuruuteen. Sen sijaan suurilla puilla maksimaa-  
linen virhe jossakin rinnankorkeusläpimittaluokassa saatiin verraten lyhyi-  
den puiden ollessa kyseessä. Vastaavasti virhe pieneni piteuden kasvaessa,

joskin vain poikkeustapauksissa se väheni merkityksettömän pieneksi tai jopa vastakkaismerkkiseksi.

Erityisesti suurista rungoista tehtyjen pölkkyjen kuutioiden virhe kasvoi kapenevuuden lisääntyessä. Eräissä tapauksissa tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva tilavuus poikkesi varsin huomattavasti tarkasta tilavuudesta. Kun kapeneminen oli 3–4 cm, suurin todettu virhe oli 3,95 % ja kapenemisen ollessa 5–6 cm suurin todettu virhe oli peräti 5,25 %. Keskimääräinen suurten runkojen virhe lienee kuitenkin alle 2 %.

Kuvassa 1 on esitetty pituuden ja läpimitan funktiona se tarkasta kuutiomäärästä prosentteina ilmaistu virhe, joka aiheutuu tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvon käyttämisestä kuutioiden perustana. Kuvassa 1 olevat tulokset koskevat ainoastaan kapenemislukua 3–4 cm, joka tunnetusti on yleisimmin käytännössä esiintyvä kapenemisloukka (esim. ILVSSALO 1947, s. 19). Virheen suuruus on kuvassa esitetty pystysuorasta janasta lähtevän kuvion leveytenä negatiivisen virheen ollessa janasta vasemmalle ja positiivisen virheen janasta oikealle. Esim. jos puun rinnankorkeusläpimitta on 21 cm ja pituus 19 m, tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutio on kuitupuulla 0,61 % pienempi kuin tarkka kuutiomäärä. Tämä virhe vastaa muotolukua 0,9939. Samalla tavalla kuvasta 1 voidaan todeta, että puun läpimitan ollessa 11 cm ja pituuden 13 m tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva pölkkyjen kuutiointi antaa 0,89 % liian suuren tuloksen. Tämä virhe vastaa muotolukua 1,0089.



Kuva 1. Erilaisista mäntyrungoista saatavien kaksimetristen kuitupuupölkkyjen tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kuution poikkeama oikeasta tilavuudesta. Runkojen kapeneminen on 3...4 cm. Esimerkki: Kun rinnankorkeusläpimitta on 21 cm ja pituus 19 m, kuitupuupölkkyjen tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuva kuutio on 0,6 % pienempi kuin tarkka tilavuus.

Edellä esitetyistä tuloksista voidaan päätellä, ettei ole syytä käyttää samoja tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kuutioiden korjauskertoimia tarkkaan kuutiomäärään pääsemiseksi sekä runkokuitupuulle että latvuskuitupuulle — saadaanhan pienistä rungoista valmistetuille pölkkyille liian suuri kuutiomäärä ja suurten runkojen latvuskuitupuulle liian pieni kuutiomäärä. Sinänsä tämä tulos ei ole yllättävä, kuten aikaisemmassa kirjallisuustutkimuksessa (KÄRKKÄINEN 1974) on voitu eräeseen latvuskuitupuuta koskeneeseen tutkimukseen viitaten todeta. Merkillepantavaa kuitenkin tämän tutkimuksen perusteella on, että jopa kokonaisten puutavaraerien ollessa kyseessä voidaan yksittäistapauksissa saada niinkin suuria kuin 3...4 %:a lähenteleviä virheitä väärentyyppejä korjauskertoimia käyttämällä. Näin suurta rungon koon vaikutusta voi pitää todella huomattavana, kun kysymyksessä on pieniläpimittainen kuitupu.

Tämän tutkimuksen toisena ongelmana oli kysymys tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon perustuvan kuutioiden ja keskusläpimitaan perustuvan kuutioiden aiheuttamien virheiden suhteista. — Tässä tutkimuksessa käytetyn simuloinnin perusteella on ilmeistä, että keskusläpimittaa kuutioiden käyttämällä saadaan vain poikkeustapauksissa yhtä suuria tai suurempia virheitä kuin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoa käyttämällä. Esim. kun kapeneminen on 3–4 cm, keskusläpimittaa käyttämällä saadaan suurempi absoluuttinen virhe lähinnä ainoastaan silloin, kun rinnankorkeusläpimitta on 13 tai 15 cm. Sitä suuremmissa tai pienemmissä puissa tyvi- ja latvaläpimitan käyttäminen aiheuttaa absoluuttisesti suuremman virheen. Kokonaisia puutavaraeria ajatellen voidaan olettaa, että lähinnä ainoastaan pienikokoisessa harvennusupeustossa saattaa esiintyä tapauksia, jolloin keskusläpimittaa käyttämällä saadaan suurempi virhe kuin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoa käyttämällä. Sitä paitsi tämän tutkimuksen perusteella on huomattava, että maksimaaliset virheet ovat oleellisesti paljon suurempia tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoa käytettäessä. Kuten aiemmin on mainittu, suurin tässä tutkimuksessa havaittu tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoon käyttämisen aiheuttama virhe kuutiomäärässä oli peräti 3,95 %, kun kapeneminen oli 3–4 cm. Samassa kapenemisloukassa suurin havaittu keskusläpimitan käyttämisen aiheuttama virhe kuutiomäärässä oli 1,85 %. — Näiden tutkimustulosten perusteella kannattaa siis pyrkiä käyttämään pikemminkin keskusläpimittaa kuin tyvi- ja latvaläpimitan keskiarvoa.

## KIRJALLISUUTTA

- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Commun. Inst. For. Fenn. 34.4.
- KÄRKKÄINEN, M. 1973. Kappaleotannan perusteita mäntykuitupuun mittauksessa. Summary: Foundations of boltwise sampling in pine pulpwood measurement. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos, tiedonantoja 24.
- » — 1974. Keskusmuotoluvun perusteita tukkien ja kuitupuun mittauksessa. Summary: Foundations of middle form factor in the measurement of logs and pulpwood. Silva Fenn. 8(1) :47—88.
- LAASASENAHO, J. & SEVOLA, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Summary: Timber assortment relationships and stumpage value of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 74.3.
- RIKKONEN, P. 1970. Minimiläpimitan vaikutus kuusirungosta saatavan saha- ja paperipuun määrään sekä sahapuun arvoon. Summary: Effect of minimum diameter on the volume of saw timber and pulpwood obtainable from spruce stems, and on saw timber value. Commun. Inst. For. Fenn. 72.2.
- » — 1972. Minimiläpimitan vaikutus mäntyrungosta saatavan saha- ja kuitupuun määrään sekä sahapuun arvoon. Summary: Effect of minimum diameter on the volume of saw timber and pulpwood obtainable from pine stem, and on saw timber value. Commun. Inst. For. Fenn. 75.5.
- TIIHONEN, P. 1961. Männy, kuusen ja koivun kapenemistaulukot. Zusammenfassung: Ausbauchungstabellen für Kiefer, Fichte und Birke. Commun. Inst. For. Fenn. 54.1.

### SUMMARY:

#### A NOTE ON THE VOLUME BASED ON THE MEAN OF BUTT AND TOP DIAMETERS OF PINE BOLTS

*In this paper the use of butt and top diameters of pulpwood bolts for volume determination is analyzed. The study is based on the taper data of pine stems. According to the results, the use of the mean of butt and top diameters in the volume determination under Finnish conditions causes a positive error in small stems. In other words, the estimated volume of the bolts is too large. If the stems are so big that the butt portions of the stems can be used as saw logs, the remaining top bolts, used as pulpwood, are estimated to be smaller than they are in reality. Accordingly, there is a negative error.*

*Compared with the use of mid-diameter, the use of mean butt and top diameters seems to be more inaccurate. In almost every case the absolute error of the volume of bolts obtained from a stem was bigger when using the butt and top diameters of bolts instead of the mid-diameter of bolts. Only in two of the small diameter classes of the total 11 diameter classes was the error smaller. In addition, the greatest errors in volume determination were found when the mean butt and top diameters of bolts was used. — As a conclusion, the use of the mid-diameter of bolts is preferred to the use of the mean butt and top diameters.*