

ODC
523+526+
812.31:176.1
Populus tremula

FOLIA FORESTALIA 355

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1978

MATTI KÄRKKÄINEN JA JUHANI SALMI

TUTKIMUKSIA HAAPATUKKIEN
MITTAUKSESTA JA TEKNISISTÄ
OMINAISUUKSISTA

STUDIES ON THE MEASUREMENT AND
TECHNICAL PROPERTIES OF ASPEN LOGS

- 1976
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystyvuon kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun viottajana sekä voitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounding of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökoot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolosuhteet muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehtikonen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökoot.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- 1977
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä.
Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 299 Puro, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvyistä.
On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levityssajan-kohdasta turvemaalla.
Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimittaluokka männynlä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa.
The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikkityypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä.
Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.
- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta.
Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus.
Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland.
Step 1.
Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1.
- No 307 Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille.
Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen.
Changes in the quality of logging residues.
- No 310 Harstela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä harvennushakkuumenetelmistä (Levälleen teko ja LEKA-menetelmä).
The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without bunching and SCAPE method).

FOLIA FORESTALIA 355

Metsäntutkimuslaitos · Institutum Forestale Fenniae · Helsinki 1978

Matti Kärkkäinen — Juhani Salmi

TUTKIMUKSIA HAAPATUKKIEN MITTAUKSESTA JA TEKNISISTÄ
OMINAISUUKSISTA

Studies on the measurement and technical properties of aspen logs

ODC 523 + 526 + 812.31:176.1 *Populus tremula*
ISBN 951-40-0343-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.

Tutkimuksessa mitattiin 1629 haapatukkaa kolmelta tulitikkutehtaalta mittauksen kehittämiseksi ja teknisten ominaisuuksien selvittämiseksi. Tuloksia verrattiin koivutukkien ominaisuuksiin. — Haapatukit olivat järeämpiä kuin koivutukit, mutta lyhyempiä. Kapeneminen oli suurempi. Tyvitukkien osuus oli alhaisempi. Kuoren paksuus riippui suoraviivaisesti läpimitasta. Keskimääräinen kuoren osuus oli tyvitukeissa 12 %, muissa tukeissa 11 % ja keskimäärin 11,5 %. Keskusmuotoluku oli keskimäärin 1,02 ja alhaisempi kuin koivulla. Latvamuotoluku oli keskimäärin 1,25 ja riippui voimakkaasti läpimitasta ja pituudesta. Latvaläpimitaluokittain vertaillen haavan latvamuotoluku oli korkeampi kuin koivun. Kuiva-tuoretiheys oli tyvitukeissa noin 410 kg/m³ ja muissa tukeissa 390 kg/m³. Teh-taalla olevien haapatukkien tuoretiheys oli noin 815 kg/m³.

A total of 1629 aspen logs were measured at three match factories in order to develop measurement methods and analyze technical properties. The results were compared with those of birch. — The diameter of the aspen logs was greater than that of birch, but the length was shorter. The taper was greater, and the proportion of butt logs smaller. The thickness of the bark was a linear function of diameter. The volume per cent of bark was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and the average 11,5. The middle form factor 1,02 was smaller than that of birch. The top form factor was on the average 1,25 which is greater than in birch. The effect of diameter and length on top form factor was great. The basic density was 410 kg/m³ in butt logs and 390 kg/m³ in the other. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the match factories.

ALKUSANAT

Lehtipuutukkien tilavuuden määrittäminen on perinteisesti perustunut tukin piteuden puolivälillä mitattuun kuorelliseen läpimittaan. Teollisuuden Puuyhdistys ja mittausneuvosto esittivät 1972 Metsäntutkimuslaitokselle toivomuksen, että se aloittaisi tutkimukset, joiden perusteella voitaisiin myöhemmin siirtää tilavuuden määrittämiseen latvaläpimitan perusteella. Koivua koskevat tutkimukset myös aloitettiin ja niiden tulokset on jo julkaistu (Rikkonen 1974, Heiskanen ja Salmi 1976).

Koivututkimusten valmistuttua on tullut ajankohtaiseksi myös haapatukkien vastaavien ominaisuuksien selvittäminen. Mm. teollisuuden Puuyhdistys esitti 1975 alussa, että Metsäntutkimuslaitos ryhtyisi selvittämään haapatukkien mittaukseen vaikuttavia tekijöitä. — Käsillä oleva tutkimusraportti on osa haapatukkeja koskevista tuloksista.

Tutkimuksen suunnittelivat Veijo Heiskanen ja allekirjoittanut Juhani

Salmi. Haapatukkien laatua koskevista kysymyksistä avusti Olli Uusvaara. Kenttäaineiston keruusta vastasi Juhani Salmen johdolla Tauno Oittinen. Puuaineen tiheyden mittauslaboratoriossa Leena Kunnari, allekirjoittaneen Matti Kärkkäisen suunnittelemissa atk-käsittelyssä avusti Tarja Björklund ja konekirjoituksesta huolehti Aune Rytönen. Piirroksia ovat Leena Kunnarin. Englanninkielisen tarkistuksen ja käännöksiä teki John Deroome.

Kirjoitustyö jakautui allekirjoittajien kesken siten, että Juhani Salmi kirjoitti osan luvusta 5 sekä Matti Kärkkäinen muun käsikirjoituksen.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet Pertti Harstela, Olavi Huikari ja Olli Uusvaara (Metsäntutkimuslaitos) sekä Kaj Rasmussen (Porin Tulitikkutehdas).

Helsinki 1978-06-30

Matti Kärkkäinen

Juhani Salmi

SISÄLLYS

ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄ	5
3. AINEISTON HOMOGEENISUUS	7
4. TUKKIEN JÄREYS, PITUUS JA KAPENEMINEN	7
5. KUORI	10
51. Käsitteitä	10
52. Kuoren kaksinkertainen paksuus	10
53. Keskuskuoriprosentti ja latvakuoriprosentti	14
54. Kokonaiskuoriprosentti	15
6. KESKUSMUOTOLUKU	18
61. Käsitteitä ja teoreettinen tarkastelu	18
62. Kuorellisten tukkien keskusmuotoluvut	19
63. Kuorettomien tukkien keskusmuotoluvut	19
7. LATVAMUOTOLUKU	22
71. Latvamuotoluvun teoreettinen tarkastelu	22
72. Kuorellisten tukkien latvamuotoluvut	23
73. Kuorettomien tukkien latvamuotoluvut	25
74. Pituuden vaikutus latvamuotolukuun	27
8. TYVIPAISUMA JA MITTAUKSEN TARKKUUS	28
9. OKSAISUUS JA PUUAINEN TIHEYS	30
91. Tukkien oksaisuusluokat	30
92. Oksaisuusluokituksen antama informaatio	32
93. Puuaineen kuiva-tuoretiheys	35
94. Puuaineen tuoretiheys sekä puuaineen ja kuoren kosteussuhde	36
10. KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUS PUUTAVARAN MITTAUKSEEN	38
11. TULOSTEN TARKASTELUA	41
12. TIIVISTELMÄ	41
KIRJALLISUUTTA	43
SUMMARY	45

1. JOHDANTO

Tiedot teollisuudessa käytettyjen haapatukkien ominaisuuksista ovat vähäiset. Suomessa ei varsinaisia teollisuustutkimuksia ole tiettävästi tehty lainkaan. Joitakin viitettä haapatukkien muodosta ja kuoren määrästä voidaan saada eräistä pystypuita koskevista töistä (Blumenthal 1942, Iivessalo 1947, Tikka 1954, 1955),

mutta monista raaka-aineen käyttöön vaikuttavista tekijöistä ei ole mitään tietoa.

Käsillä olevan tutkimuksen tavoitteena on lisätä tietoa haapatukkien ominaisuuksista. Erityistä huomiota pyritään kiinnittämään tilavuuden mittaukseen ja kuoren määrään. Lisäksi esitetään havaintoja eräistä haapatukkien teknisistä ominaisuuksista.

2. AINEISTO JA MENETELMÄ

Haapatukkien ominaisuuksia koskeva tutkimus kohdistettiin pelkästään tulitikkutehtaisiin, koska ne ovat suurimpia järeän haapapuun käyttäjiä. Kaikki kenttämittaukset tehtiin tehdasvarastoilla, koska haapatukkien katsottiin kestävän kuljetuksen hyvin. Aineistoon hyväksyttiin ainoastaan maitse kuljetettuja, tuoreita ja ehjäkuoria tukkeja.

Aineisto kerättiin kokonaisuudessaan vuonna 1975. Tutkimuspaikkoja oli 3. Pienin aineisto kerättiin Porin Tulitikkutehtaalta Porista (tehdas 1). Suurin osa haapatukeista oli Finn-Match Oy:n Vaajakosken tehtaalta (tehdas 2) ja saman yhtiön Tampereen tehtaalta (tehdas 3).

Jotta mitatut tukit edustaisivat mahdollisimman hyvin tehtaalle saapuvaa raaka-ainevirtaa, mittauksia tehtiin kullakin tehtaalla usean viikon aikana. Kerralla mitattu tukkien määrä oli suunnilleen sama, noin 100 tukkia.

Tehtaalla 1 mittaukset tehtiin 1975-03-18—04-30, tehtaalla 2 vastaavasti 1975-10-15—12-19 ja tehtaalla 3 taas 1975-05-07—06-27.

Kun aineisto jouduttiin kustannussyistä keräämään eri tehtailla eri ajankohtaina ja kun aineistoa ei voitu kerätä koko hankintavuoden ajalta, sen tehtaittäisesta edustavuudesta ei voida olla varmoja. Sopii kuitenkin olettaa, etteivät vuodenaikojen erot ole kovin suuret samalle tehtaalle saapuvaa raaka-ainevirtaa tarkasteltaessa, koska puunkorjuun ja kaukokuljetuksen vaatimasta pitkästä ajasta johtuen eri aikoina hakatut tukit sekoituvat tehtaalla keskenään. Kun haapatukit kuitenkin käytetään tuoreena, ainakin kesän ja talven välinen ero on olemassa. Tämän vuoksi tehtaiden välisten erojen syyn selvittäminen voi tuottaa vaikeuksia.

Jokaisesta tukista mitattiin tilavuuden määrittämistä varten vaakasuorassa suunnassa millimetrin tarkkuudella kuorellinen tyviläpimitta sekä läpimitat 25, 75, 150, 250, 350 jne. cm päässä tyvestä. Lopuksi mitattiin viimeisen pätjän pituus sekä sen läpimitta pituuden puolivälillä. Vastaavilta kohdilta tehtiin mittaukset ty-

veä lukuun ottamatta myös kuoren poistamisen jälkeen. Näin saatiin selvitettyksi kuoren paksaus ja voitiin laskea kuoren osuus poikkileikkauksesta.

Tukkien laatua kuvattiin lukuisten muuttujien avulla. Jokaisesta tukista todettiin suurin oksa ja mitattiin sen läpimitta. Lisäksi mitattiin mahdollisen lahon määrä tyvessä ja latvassa sekä luokiteltiin lahonnut puuaine neljään ryhmään silmävaraisesti.

Käsillä olevassa tutkimuksessa lahoa ei analysoida, vaan tulokset esitetään eri julkaisussa. Lisäksi on huomattava, että haapatukit ovat valikoitua puutavaraa, jossa ei enää heijastu haavan luontainen lahoisuus. Lisäksi yksittäisistä tukkirungoista on epäilemättä poistettu lahoisia osia kuitupuuksi. Täysin lahottomia tukit eivät kuitenkaan ole, koska tulitikkuteollisuuden laatuvaatimusten mukaan "kovaa tai pehmeää keskitettyä sydänlahoa sallitaan yksi kolmannes pölkyn latvaläpimitasta, kuitenkin korkeintaan 10 cm".

Lisäksi tukit luokiteltiin neljään ryhmään tyvestä lukiin 1,5 m pituisen osan oksaisuuden perusteella. Tämä oksaisuusluokitus on esitetty tulosten yhteydessä.

Jokaisesta tukista määritettiin edelleen kutakin oksaisuusluokkaa edustavan osan pituus. Samoin määritettiin kutakin laatuluokkaa edustavan osan pituus silloin, kun tarkasteltiin muita laatuun vaikuttavia tekijöitä kuin oksaisuutta. Kussakin yksittäistapauksessa selvitettiin, mikä laatuun vaikuttava tekijä oli ratkaiseva.

Taulukossa 1 on esitetty sen aineiston määrä, jota edellä mainitut mittaukset koskivat. Lisäksi taulukossa 1 on esitetty tärkeimmät aineistoa luonnehtivat tunnuksiset tehtaittain. — Kaikkiaan mitattiin 871 tyvitukkaa (kuorellinen tilavuus 267 m³) ja 758 muuta tukkia (164 m³) eli yhteensä 1 629 tukkia (431 m³).

Tutkimuksen varsinaisena tavoitteena ei ollut selvittää puuaineen tiheyttä. Kun kuitenkin osasta aineistoa kerättiin kairanlastuja ja kiekkoja erilliseen haavan tiheyttä koskevaan tutkimukseen, myös näistä saadut tulokset esitetään jäljempänä.

Taulukko 1. Haapa-aineiston laajuus ja laatu.

Table 1. Amount and characteristics of the aspen material.

Muuttuja — Variable	Tehdas — Match factory							
	1		2		3		Yhteensä Total	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Tukkien lukumäärä, kpl — Number of logs	284	.	657	.	688	.	1629	.
Tyvituksia, % — Butt logs, per cent	52,5	.	54,5	.	52,9	.	53,5	.
Pituus, cm — Length, cm	437	70	522	100	484	100	491	100
Keskusläpimitta, mm — Diameter at mid-point, mm	261	48	262	53	242	51	254	52
Latvaläpimitta, mm — Top diameter, mm	237	48	237	52	218	50	229	51
Kuoren osuus, % tilavuudesta — Bark, per cent of volume	11,5	2,6	11,3	2,6	11,1	2,2	11,3	2,5
Kuorellinen tyvikapeneminen, mm/m — Taper from butt to mid-point, over bark, mm/m	21,4	13,8	18,0	11,1	18,7	11,2	18,9	11,7
Kuorellinen latvakapeneminen, mm/m — Taper from mid-point to top, over bark, mm/m	11,3	4,9	9,7	4,1	10,3	4,0	10,2	4,2
Kuoreton latvakapeneminen, mm/m — Taper from mid-point to top, under bark, mm/m	10,5	5,1	8,8	3,6	9,4	3,8	9,3	4,0

Kaikkiaan aineistosta otettiin 1 385 ytimestä pintaan ulottuvaa kairanlastua. Näistä oli 956 tyvitukeista ja 429 latvatukeista. Tyvitukeista otetuista kairanlastuista 467 oli rinnantasalta, 254 pituuden puolivälistä ja 235 latvaleikkauksesta 60 cm tyveen päin. Latvatukkeja koskevista kairanlastuista oli 223 pituuden puolivälistä ja 206 latvaleikkauksesta 60 cm tyveen päin.

Laboratoriossa kairanlastut jaettiin kolmeen osaan säteen suuntaisen tiheyden vaihtelun selvittämiseksi. Osien pituus valittiin siten, että sisin osa edusti poikkileikkauksessa 10 % pinta-alasta, seuraava keskiosa 40 % pinta-alasta ja uloin pintaosa 50 % poikkileikkauksen pinta-alasta. — Vastaavaa jakoa on käyttänyt mm. Hakki (1966). — Näytteistä määritettiin kuiva-tuoretiheys tavanomaisella menetelmällä jakamalla näyteen kuiva massa sen tuoreessa tilassa mitatulla tilavuudella. Tilavuus määritettiin upottamalla liotettu näyte vaa'an päällä olevaan vesiasiaan, jolloin tilavuus saadaan vähentämällä vaa'an lukemasta upotuksen jälkeen vaa'an lukema ennen upotusta (esim. Olesen 1971).

Osasta aineistoa kerättiin myös kiekkoja tiheyden määrittystä varten. Tyvitukkien rinnantasalta leikattiin 253 kiekkoa, 60 cm tyvitukin latvasta tyveen päin 255 kiekkoa ja vastaavalta latvatukkien kohdalta 222 kiekkoa. Tiheys määritettiin tavanomaisella veteenupotusmenetelmällä. — Kiekoista määritettiin sekä tuoretiheys että kuiva-tuoretiheys.

Lopuksi on vielä aiheellista tarkastella tilavuuden laskentaa, koska se poikkeasi yleisesti käytetystä menetelmästä.

Kuten aiemmin on mainittu, haapatukeista oli tiedossa kuorellinen läpimitta tyvileikkauksessa sekä kuorelliset ja kuorettomat läpimitat tyvestä lukien 25, 75 ja 150 cm päässä. Tästä latvaan päin kuorelliset ja kuorettomat läpimitat oli mitattu metrin välein. Latvapäässä oli vielä tiedossa alle 1 m pituisen pätjän keskusläpimitta ja pituus.

Nämä käytettävissä olevat tiedot rajoittivat huomattavasti tilavuuden laskentamenetelmän valintaa, koska läpimittojen mittauskohdat oli valittu Huberin kaavan

käyttöä varten. Tässä tutkimuksessa ongelma ratkaistiin seuraavasti.

Koska Huberin kaavaa käytettäessä syntyvä virhe on suurimmillaan tyvestä (esim. Bergstedt 1929), laskettiin 0, 25 ja 75 cm:n päässä tyvestä olevien kuorellisten läpimittojen avulla tyvikärän yhtälö. Tätä käyttäen arvioitiin 50 cm päässä tyvestä oleva läpimitta ja laskettiin 50 cm pituisen tyvikappaleen tilavuus Newtonin (Simpsonin) kaavalla (ks. esim. Karckäinen 1976a). Seuraavan 50 cm pituisen pätjän tilavuus laskettiin Huberin kaavalla, samoin sitä seuraavien 1 m pätkien ja viimeisen alle 1 m pätjän tilavuus.

Kuorettomat tilavuudet laskettiin samalla tavalla kuorettomista läpimitoista. Kun tyvestä ei oltu mitattu kuorettomia läpimittoja, kuoren suhteellinen paksuus oletettiin samaksi kuin 25 cm päässä tyvestä.

Huberin kaavan käytöstä aiheutuvan tilavuusvirheen suuruudesta ei ole tarkkaa tietoa. Ilmeisesti se on alle yhden prosentin suuruusluokkaa käsillä olevassa tapauksessa, kuten Karckäinen (1974, s. 57) kirjallisuustutkimuksessa mainitut lähteet viittaavat. — Jäljempänä esitetään tässä tutkimusraportissa tuloksia Huberin kaavan tarkkuudesta vain 50 cm pituisen tyvikappaleen osalta.

Kuten edellä on todettu, kaikkien läpimittojen mitaukset koskevat vaakasuoraa suuntaa. Tämä on mitaussäännön edellyttämä käytäntö. Kun tukit lepäivät kahden telan päällä, mahdollista on, että suurien tukkien suurin läpimitta on juuri vaakasuorassa suunnassa. Mutkaisissa tukeissa suurin läpimitta on taas pystysuorassa suunnassa. Kolmea telaa tai tasaista alustaa käytettäessä se on kuitenkin vaakasuorassa suunnassa (Nylander 1959, s. 9). — Ainakaan suomalaisilla havutukeilla ei ole kuitenkaan havaittu mitään systemaattista virhettä vaakasuoraa mitaussuuntaa käytettäessä, joten eri suuntiin vaikuttavat tekijät tasoitanevat toisensa (Salmi 1968, s. 7). Tämän vuoksi jäljempänä käytetään vaakasuorassa suunnassa mitattuja läpimittoja. Ellei erikseen mainita, tätä suuntaa pidetään satunnaisena poikkileikkauksen epäpyöreyyden nähdä.

3. AINEISTON HOMOGEENISUUS

Taulukossa 1 on esitetty tärkeimmät haapa-aineistoa kuvaavat tunnuksat. Jos kulta-kin tehtaalta kerättyä aineistoa pidetään otoksena tehtaalle saapuvasta raaka-ainevir-rasta (mahdollisesti ainoastaan tietynä vuodenaikana), voidaan hajonnan tunnusluku-jen avulla arvioida tehtaiden välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä. Kun vertailu suoritetaan tavanomaisesti t-testillä ja mer-kitsevyyssrajana käytetään riskitasoa 5 %, voidaan ensinnäkin todeta tukkien keskipi-tuuden olevan erilainen tehtaaittain. Pisim-mät tukit olivat tehtaalla 2 ja lyhimmat tehtaalla 1. Ero keskipituudessa oli peräti 0,85 m. Kaikkien tehtaiden väliset erot ovat tilastollisesti merkitseviä.¹⁾

Haapatukkien keskusläpimitta poikkesi muiden tehtaiden keskiarvosta tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan tehtaalla 3, jossa se oli noin 2 cm pienempi kuin muilla tehtailla. Myös keskimääräinen latvaläpimitta oli tehtaalla 3 alhaisempi kuin muilla tehtailla. Tilastollisesti merkitsevä ero oli lähes 2 cm.

Kuoren osuus tukkien tilavuudesta vaihte-li tehtaiden välillä jonkin verran. Tilastolli-esti merkitsevä ero oli ainoastaan tehtaiden 1 ja 3 välillä. Tehtaalla 1 kuoriprosentti oli keskimäärin 0,4 %-yksikköä suurempi kuin tehtaalla 3.

Kuorellinen tyvikapeneminen eli kapene-minen tyvestä tukin pituuden puoliväliin mm/m oli selvästi suurin tehtaalla 1 ja pie-

nin tehtaalla 2. Tilastollisesti merkitseviä eroja oli tehtaiden 1 ja 3 sekä luonnollisesti 1 ja 2 välillä.

Kuorellinen latvakapeneminen eli kapene-minen tukin pituuden puolivälistä latvaan oli selvästi suurin tehtaalla 1 ja pienin tehtaalla 2. Kaikkien tehtaiden väliset erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Sama koski myös kuoretonta latvakapenemistä.

Kun aineistoa on edellä olevan perusteella pidettävä epähomogeenisena, lukuisat tulok-set esitetään tehtaaittain. Kuten aiemmin on todettu, erojen selittäminen on vaikeaa mm. siksi, että aineisto on kerätty eri tehtailla eri vuodenaikoina. On kuitenkin monia eroja, joihin vuodenaika ei liene vaikuttanut, mm. tukkien pituus. Tältä osin eroja on pidettävä varsinaisina tehtaiden välisinä eroina.

Kun erityisesti puutavaran mittauksessa tarvitaan yleistettävissä olevia keskiarvotuloksia, koko aineiston keskiarvojen lisäksi esitetään tehtaaittaisista keskiarvoista paino-tettuja tuloksia. Painoina on käytetty tehtaiden käyttämää haapatukkimäärää vuosina 1973—1977. Näin menetellen tehtaan 1 painoksi saatiin 0,853, tehtaan 2 taas 0,118 ja tehtaan 3 puolestaan 0,029.

¹⁾ Hankintapäällikkö Rasmussenin arvion mukaan tukkien lyhyys tehtaalla 1 johtuu siitä, että siellä on aiemmin käytetty latvaläpimittaan perustuvaa mit-tausta. Tästä on aiheutunut, että tukkien myyjät ovat mielellään tehneet lyhyitä tukkeja.

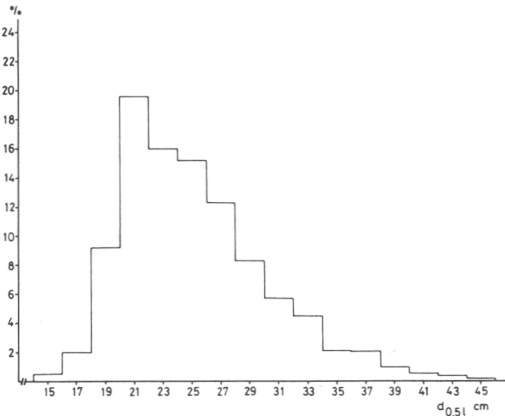
4. TUKKIEN JÄREYS, PITUUS JA KAPENEMINEN

Kuten taulukossa 1 on esitetty, haapatuk-kien keskusläpimittojen keskiarvo oli aineis-tossa 254 mm. Tyvitukeissa keskiarvo oli 267 mm ja muissa tukeissa 238 mm.

Koivuun verrattuna haapatukkeja voi pi-tää järeinä. Esim. R i k k o s e n (1974) laa-jassa aineistossa (2 594 tukkia) oli koivutuk-kien keskimääräinen keskusläpimitta n. 222 mm. Vielä laajemmassa (3 482 tukkia) H e i s k a s e n ja S a l m e n (1976) ai-

neistossa vastaava luku oli 219 mm (tyvitu-keissa 226 mm, muissa tukeissa 209 mm). Vanhemmassa N i s u l a n (1967) aineis-tossa keskimääräinen keskusläpimitta oli taas 226 mm. — Haapatukki-keskimää-räinen keskusläpimitta lienee näin ollen yli 30 mm suurempi kuin vanerikoivujen vas-taava läpimitta. — Kuvassa 1 on esitetty keskusläpimitan mukainen jakauma.

Haapatukki- suurempi järeys ei johdu



Kuva 1. Haapatukkien jakauma keskusläpimitan mukaan.
 Fig. 1. Frequency distribution of aspen log diameter. Diameter measured at mid-point of logs.

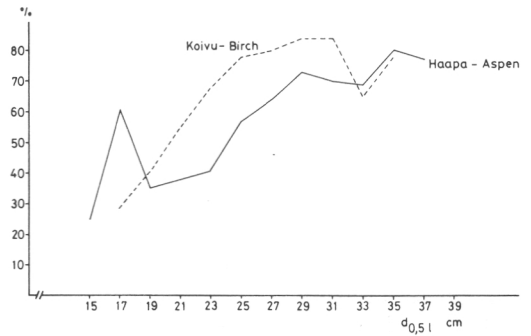
erilaisesta tyvitukkien osuudesta. Itse asiassa haapatukeista on vähäisempi osa tyvitukkeja (53,5 % taulukossa 1) kuin eräissä koivua koskevissa tutkimuksissa on havaittu (Rikkonen 1974: 58,6 %, Heiskanen ja Salmi 1976: 62,7 %). Mahdollisesti syynä on tyvilahon yleisyys. — Kuvassa 2 on esitetty eräs vertailu.

Osittain järeysero johtuu haapatukkien lyhydestä. Aineiston tukkien keskipituus 491 cm poikkeaa melkoisesti koivutukkien pituudesta (em. aineistoissa 545 ja 513 cm). Kun keskimääräinen kapeneminen on 10 mm/m suuruusluokkaa, pituuserosta voi aiheutua kuitenkin vain muutaman millimetrin ero keskimääräiseen keskusläpimittaan. Pääasiallinen järeysero johtuu näin ollen kaadettujen runkojen erilaisuudesta.

Tyvitukkien pituus (513 cm) oli suurempi kuin muiden tukkien (467 cm). Ero on tilastollisesti merkitsevä. Samanlainen ilmiö on havaittu myös koivulla (Heiskanen ja Salmi 1976), jolla ero oli vielä suurempi.

Kuvassa 3 on esitetty tyvitukkien ja muiden tukkien pituus keskusläpimittaluokittain. Erityisesti pieniläpimittaiset tyvitukit on tehty pitkiksi. Kun samasta rungosta on järjeyden puolesta voitu saada toinenkin tukki, pituutta on lyhennetty. — Samanlainen sinänsä ymmärrettävä ilmiö on havaittu myös koivutukeissa (Heiskanen ja Salmi 1976).

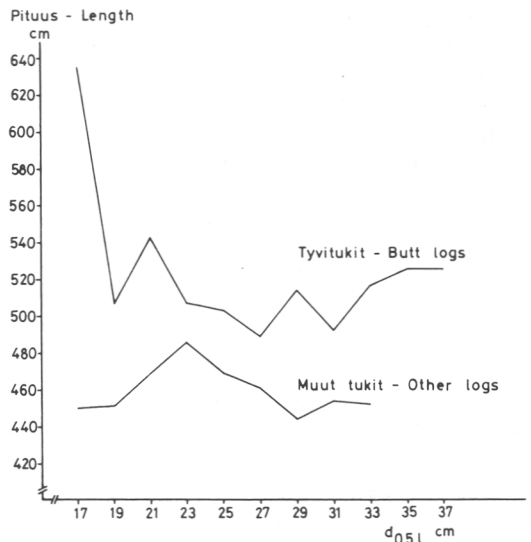
Kuorellinen tyvikapeneminen eli läpimitan muutos pituusyksikköä kohti tyvestä tukin keskelle oli tyvitukeissa peräti 26,1 mm/



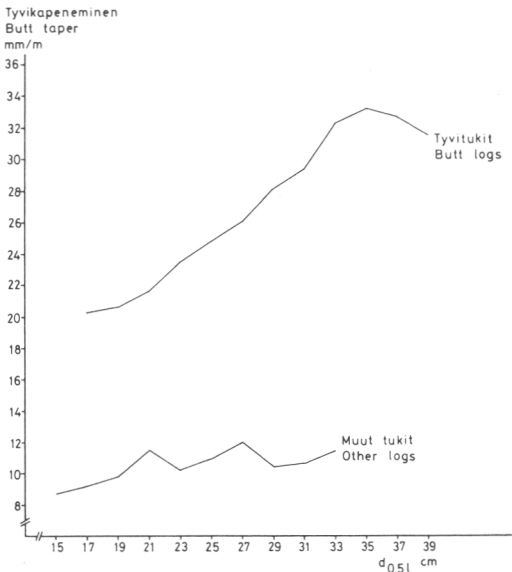
Kuva 2. Tyvitukkien osuus koivulla (Rikkonen 1974) ja haavalla (tämä tutkimus) eri keskusläpimittaluokissa.
 Fig. 2. Proportion of butt logs in various diameter classes. Values for birch according to Rikkonen (1974), and for aspen from this study. Diameter measured at the mid-point of logs.

m ja muissa tukeissa 10,6 mm/m. Ero on ymmärrettävästi tilastollisesti merkitsevä. — Vastaavasti standardipoikkeamat olivat 10,9 ja 5,5 mm/m.

Kuvassa 4 on esitetty tyvitukkien ja muiden tukkien tyvikapeneminen eri keskusläpimittaluokissa. Tyvitukeissa kapeneminen lisääntyy selvästi läpimitan kasvaessa, kenties aivan suurimpia tukkeja lukuunottamatta. Myös muissa tukeissa on samanlainen suuntaus, mutta loivempi.



Kuva 3. Tyvitukkien ja muiden tukkien pituus eri keskusläpimittaluokissa.
 Fig. 3. Length of butt logs and other logs in various diameter classes. Diameters measured at the mid-point of logs.



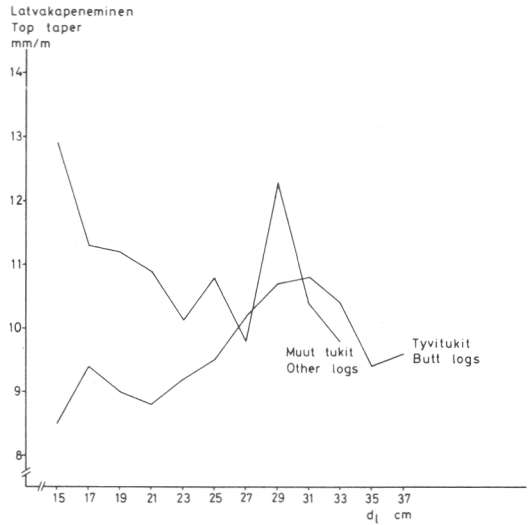
Kuva 4. Tyvikapeneminen (kapeneminen tyvestä tukin keskelle) eri keskusläpimittaluokissa.

Fig. 4. Butt taper (taper from butt to the mid-point of log) in various diameter classes (diameters measured at the mid-point).

Mahdollisesti em. tyvikapenemisen riippuvuus tukin järeydestä aiheuttaa osittain sen, että käsillä olevan tutkimuksen haapatukkien keskimääräinen tyvikapeneminen, 18,9 mm/m, on huomattavasti suurempi kuin vanerikoivuista käytettävissä oleva luku, 10,9 mm/m (Nisula 1967, s. 25). Kuvasta 4 todettavan regression perusteella voidaan kuitenkin arvioida, ettei järeyserosta voi aiheutua 2 mm/m suurempi ero tyvikapenemisessa. Muut syyt ovat näin ollen ratkaisuvampia. Mahdollisesti haavalla on suurempi tyvipaisuma kuin koivulla. Mahdollista on myös se, että Nisulan aineiston keräämisen aikaan (1962) kannot jätettiin korkeammiksi kuin nykyään — olihan mm. moottorisaha vasta yleistymässä mainittuna aikana. Kolmas vaikuttava tekijä saattaa olla vanerikoivujen suurempi pituus. — Rungon alaosassa on nimittäin selvää, että tukin pituuden kasvaessa tyvikapeneminen pienenee.

Kuorellinen latvakapeneminen eli läpimitan muutos tukin keskeltä sen latvaan oli tyvitukeissa ja muissa tukeissa seuraavan jaotelman mukainen.

	Latvakapeneminen mm/m						
	Tehdas		Yhteensä		Painotettu		
	1	2	3	\bar{x}	s	n	\bar{x}
Tyvitukit	10,3	9,3	9,5	9,6	3,7	871	10,2
Muut tukit	12,4	10,2	11,1	10,9	4,6	758	12,1
Yhteensä	11,3	9,7	10,3	10,2	4,2	1629	11,1



Kuva 5. Latvakapeneminen (kapeneminen tukin keskeltä latvaan) eri latvaläpimittaluokissa.

Fig. 5. Top taper (taper from the mid-point of log to the top) in various top diameter classes.

Ero tyvitukkien ja muiden tukkien välillä on tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan voidaan todeta, että muissa kuin tyvitukeissa ero tyvi- ja latvakapenemisen välillä on vähäinen (tyvikapeneminen 10,6 mm/m, latvakapeneminen 10,9 mm/m) eikä tilastollisesti merkitsevä. Tämä osoittaa sitä, että muut kuin tyvitukit lähenevät muodoltaan katkaistua kartiota.

Latvakapenemisen riippuvuus latvaläpimitasta on mielenkiintoinen. Kuvan 5 perusteella on ilmeistä, että tyvitukeissa kapeneminen lisääntyy latvaläpimitan suuretessa, kenties aivan järeimpiä tukkeja lukuunottamatta. Sen sijaan muissa tukeissa kapeneminen pienenee tukkien järeytymisen myötä. Samanlainen ilmiö on havaittu myös koivutukeissa, tosin hyvin heikosti ja siten, että tyvitukkien kapeneminen alkaa lisääntyä vasta järeissä tukeissa läpimitan lisääntymisen myötä (Heiskanen ja Salmi 1976, s. 41).

Vertailu vanerikoivuun on muutenkin mielenkiintoinen. Nisulan (1967) tutkimuksessa vanerikoivujen latvakapeneminen oli keskimäärin 7,6 mm/m. Heiskasen ja Salmen (1976) uudemmassa aineistossa latvakapeneminen oli tyvitukeilla 7,2 mm/m ja muilla tukeilla 9,6 mm/m. Nämä ovat selvästi alhaisempia arvoja kuin tässä tutkimuksessa saadut haapaa koskevat lu-

vut, tyvitukeilla 9,6 mm/m ja muilla tukeilla 10,9 mm/m. — Puulajien ero on tilastollisesti merkitsevä.

Edellä olevan perusteella on selvää, että haapatukkien kuorellinen kapeneminen on suurempi kuin koivuvaneritukkien. Erityisen suuri ero on tyvitukeissa. Sen sijaan kapenemiserosta ei voi vielä päätellä, eroaako haapatukkien mittaus koivuvaneritukkien mittauksesta perustettaessa tilavuuden määrittäminen latvasta mitattuun läpimitaan. Tämä johtuu siitä, että muotolukuihin vaikut-

taa kapenemisen lisäksi myös pituus ja tukin tarkka muoto.

Kuorettomasta latvakapenemisesta voidaan todeta, että se on kuorellista kapenemista alhaisempi. Tyvitukeissa kuoreton kapeneminen oli 8,5 ja muissa tukeissa 10,3 mm/m. Ero on siis tyvitukeissa huomattava ja muissa tukeissa käytännössä merkitykseltön. Ero aiheutuu ilmeisesti tyvitukkien pak-
susta kuoresta, jota tarkastellaan jäljempänä lähemmin.

5. KUORI

51. Käsitteitä

Kuoren määrää kuvataan jäljempänä kahdella tunnusluvulla. *Absoluuttinen* kuoren määrä esitetään *kaksinkertaisena kuoren paksuutena* (mm). *Suhteellinen* kuoren määrä esitetään tilavuusosuutena kuorellisen puun *tilavuudesta* (%). Tästä voidaan helposti johtaa kuoren osuus puun kuorellisesta *läpimitasta* (%). Jos kuoren osuus kuorellisesta tilavuudesta on B_v , niin sen ja läpimitasta lasketun kuoren osuuden B_d välillä vallitsee tunnetusti yhteys

$$B_v = 2B_d - \frac{B_d^2}{100}$$

Esim. jos B_v on 13 %, B_d on em. yhteyden mukaan 6,7 %. — Jäljempänä esitetään tunnuksesta B_v tietoja, jotka ovat helposti muutettavissa tunnukseksi B_d em. yhteyden avulla.

Suhteelliset kuoritunnusluvut voidaan ilmaista kahdella tavalla. Jäljempänä nämä kaksi tapaa erotetaan puhuttaessa kuoren tilavuusosuudesta, jota nimitetään lyhyesti *kuoriprosentiksi*. — Kuoriprosentti voidaan määrittellä jossakin tukkierässä olevan kuoren osuudeksi kyseisen tukkierän kuorellisesta tilavuudesta. Tällöin voidaan puhua *tukkierän kuoriprosentista*. Toisaalta kuoriprosentti voidaan todeta myös tukeittain ja laskea *kuoriprosenttien keskiarvo* eli *keskimääräinen kuoriprosentti*. Yleensä tämä keskiarvo poikkeaa tukkierän kuoriprosentista. Kuoriprosenttien käyttötarkoitus on selvä. Tukkierän kuoriprosentti soveltuu eräkohtaiseen tarkasteluun, kuoriprosent-

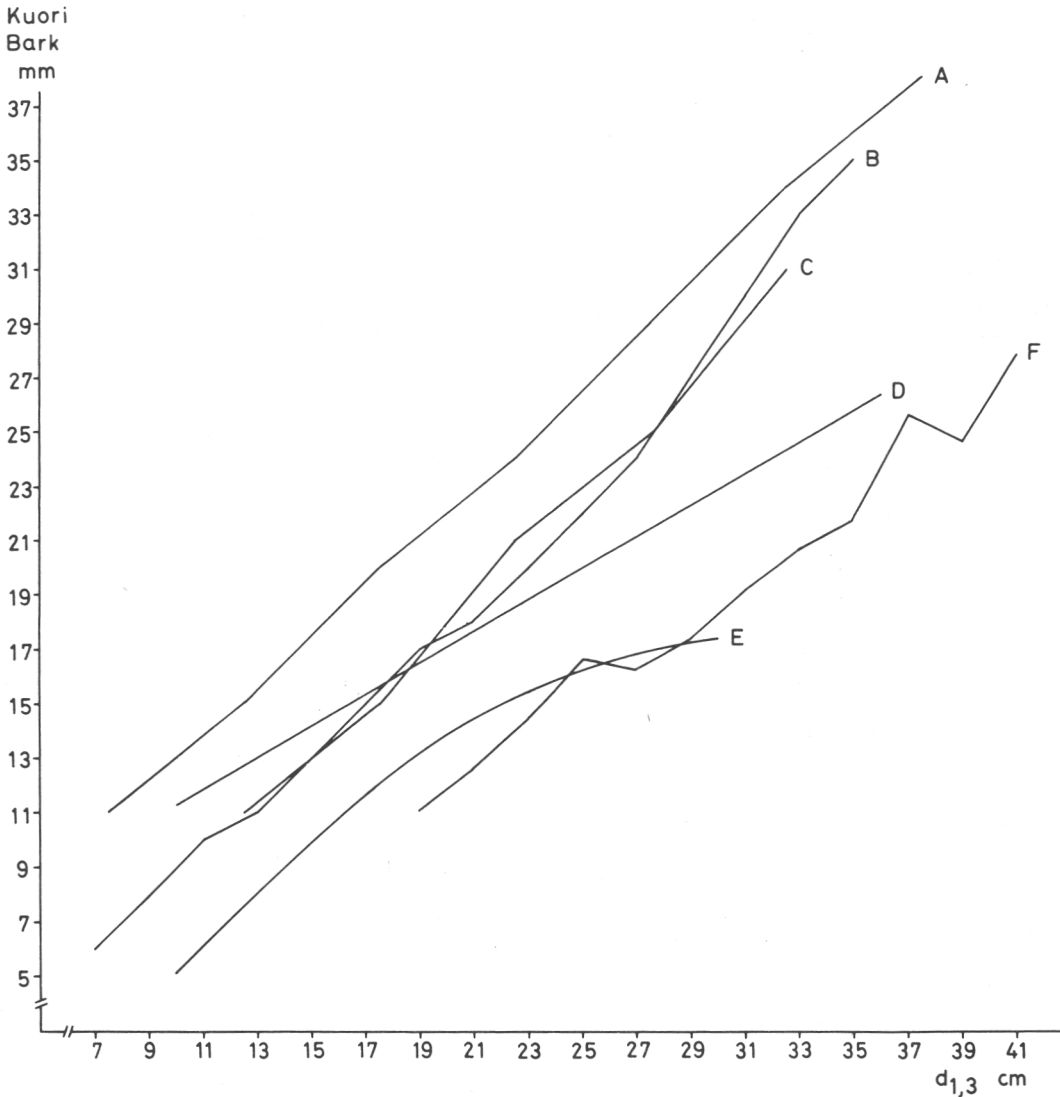
tien keskiarvo taas tukkikohtaiseen tarkasteluun.

Edellä esitetty tilavuuskuoriprosentti vastaa myös poikkileikkauksen kuorellisesta pinta-alasta laskettua kuoriprosenttia. Tämän vuoksi voidaan jäljempänä tarkastella *kokonaiskuoriprosenttia*, joka tarkoittaa kuoren osuutta tukin tai tukkierän kuorellisesta tilavuudesta, *keskuskuoriprosenttia*, jolla tarkoitetaan tukin keskellä vallitsevaa kuoren osuutta tilavuudesta (ja on siis sama kuin kuoren osuus kuorellisesta poikkipinta-alasta), ja myös *latvakuoriprosenttia*, jolla tarkoitetaan tukin latvassa vallitsevaa kuoren osuutta tilavuudesta.

52. Kuoren kaksinkertainen paksuus

Kun tutkimusaineisto kerättiin kokonaisuudessaan tehdasvarastoille saapuvasta raaka-ainevirrasta, kuori on saattanut kutistua ja kulua luonnontilaiseen kuoreen verrattuna. Toisaalta tällainen mahdollisesti lievästi muuttunut kuori vastaa likimäärin sitä kuoren tilaa, joka vallitsee tukkien mitaushetkellä keskimäärin. Luultavaa nimittäin on, että haapatukin kaltainen sivupuu-tavaralaji mitataan tavallisimmin tienvarsi-varastolla mahdollisesti pitkänkin ajan kulu-
ttua kaadosta ja maastokuljetuksesta.

Käsillä olevan tutkimuksen kuorta koskevia tuloksia voidaan jossakin määrin verrata luonnontilaiseen kuoreen, koska käytettävissä on metsänarvioimistieteellisissä tutkimuksissa tehtyjä havain-
toja. Nämä havainnot on tehty rinnantasalta. Käsillä olevassa tutkimuksessa lähin vertailukohta on 1,5 m tyvitukin tyvileikkauksesta. Ero rinnantasalta mittaukseen on siis 0,2 m tai hieman



Kuva 6. Kuoren kaksinkertainen paksuus noin rinnankorkeudella eri tutkimusten mukaan. A = Östlin 1963, B = Blumenthal 1942, C = Tikka 1955, D = Børset 1954, E = Eklund ja Wennmark 1925, F = käsillä oleva tutkimus.

Fig. 6. Double bark thickness at breast height according to different studies (A = Östlin 1963, B = Blumenthal 1942, C = Tikka 1955, D = Børset 1954, E = Eklund and Wennmark 1925, F = this paper).

enemmän riippuen siitä, onko rinnankorkeus mitattu maasta vai ylimmästä kaatoa haittaavasta juurenniskasta.

Kuvassa 6 on esitetty kaksinkertainen kuoren paksuus (mm) noin rinnantasalla eri tutkimusten mukaan. Käsillä olevan tutkimuksen tulos on selvästi alhaisempi kuin muissa tutkimuksissa saatu. Sinänsä tällainen tulos viittaa voimakkaaseen kuoren kulumiseen ja kutistumiseen, vaikka kyseessä onkin tuore puutavara. Ilmiö on sangen tun-

nettu sekä havu- että lehtipuilla, ja eräillä lehtipuilla mm. kutistuminen on havupuista voimakkaampaa (esim. Gislerud 1973, Riikonen 1973).

Toisaalta tutkimusten eroihin vaikuttaa käytetty mittaustapa. Kuvassa 6 esitetyistä tutkimuksista ainakin kaksi käsillä olevan tutkimuksen tuloksista eniten poikkeavaa (kuvaajat A ja B, Östlin 1963 ja Blumenthal 1942) perustuvat kuorimittarin käyttöön. Muista metsänarvioimistieteellis-

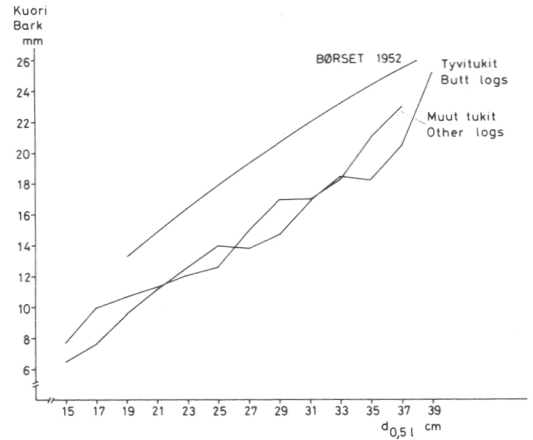
tä tutkimuksista ei ole varmaa tietoa, mutta mahdollisesti muutkin vertailututkimukset perustuvat kuorimittarilla tehtyihin mittauksiin kuoren paksuudesta, ehkä Tikkan (1955) tutkimusta (kuvaaja C) lukuun ottamatta. — Käsillä olevan tutkimuksen kuorimittaukset taas perustuivat kuoren huolelliseen poistamiseen ennen kuoretoman läpimitan mittausta, joka tehtiin kuorellisen läpimitan mittaamisen jälkeen.

Tunnettua on, että kuorimittarilla saadaan helposti liian suuria tuloksia kuoren paksuudesta. Esim. Alatalo (1977) toteasi laajaan mäntyaineistoon perustuen keskimääräiseksi virheeksi kuoren paksuudessa 10–40 % läpimitasta riippuen. Mittaukset tehtiin tällöin syyskesällä kasvukauden päätyttyä. Myös ulkomaisissa tutkimuksissa on raportoitu yliarvioinnista (esim. Mesavage 1969), joka on suurimmillaan kasvukauden aikana ja olematon talvella (Holmsgård ja Jakobsen 1970, s. 270–271). — Näin ollen on hyvin luultavaa, että siteeratut kuorimittarin käyttöön perustuvat tulokset ovat liian suuria ja käsillä olevan tutkimuksen tulos mahdollisesti lähempänä oikeaa.

Kuvan 6 perusteella näyttää ilmeiseltä, että haavalla kuoren paksuus riippuu likimain suoraviivaisesti rinnankorkeusläpimitasta. Selvästi käyräviivaisen kuvaajan ovat saaneet vain Eklund ja Wennmark (1925) pienehkössä aineistossa. — Käsillä olevan tutkimuksen mukaan kuoren paksuus kasvaa rinnantasalla 3/4 mm jokaista rinnankorkeusläpimitan cm kohti.

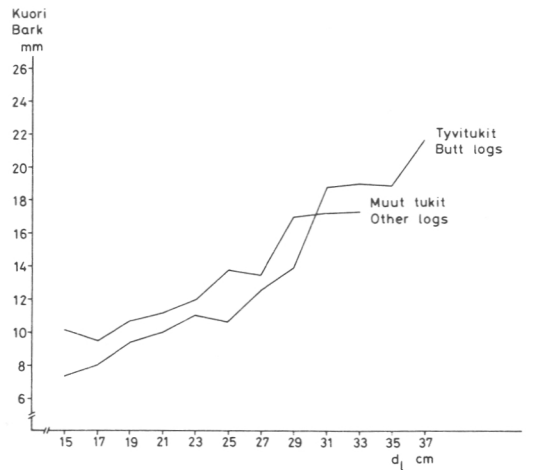
Kuoren kaksinkertainen paksuus mitattiin myös tukin keskeltä (keskuskuori) ja latvasta (latvakuori). Kuvassa 7 on esitetty kuoren paksuuden riippuvuus keskusläpimitasta tyvitukeissa ja muissa tukeissa. Vertailun vuoksi kuvaan on piirretty myös Børsetin (1952, s. 384) esittämät tulokset, jotka perustuvat kuoren paksuuden mittaamiseen kuorimittarilla.

Kuvan 7 mukaan kuoren kaksinkertaisen paksuuden riippuvuus läpimitasta on lineaarinen myös tukin keskellä. Mielenkiintoinen ero on, että samanvahvaisilla tukeilla tyvitukkien kuori on ohuempi kuin muiden tukkien. Ero ei kuitenkaan ole niin suuri, etteikö tukkilajeille voitaisi käyttää yhteistä keskiarvoa. — Mainittakoon, että Børsetin (1952) tutkimuksessa saatu tulos oli päinvastainen, ts. samanvahvaisista tukeista tyvi-



Kuva 7. Keskuskuoren kaksinkertainen paksuus eri keskusläpimitaluokissa ja vertailu norjalaisiin tyvitukkeja koskeviin tuloksiin, jotka perustuvat kuorimittarin käyttöön (Børset 1952, s. 384).

Fig. 7. Double bark thickness at the mid-point of logs compared with results for butt logs measured by bark gauge (Børset 1952, p. 384).

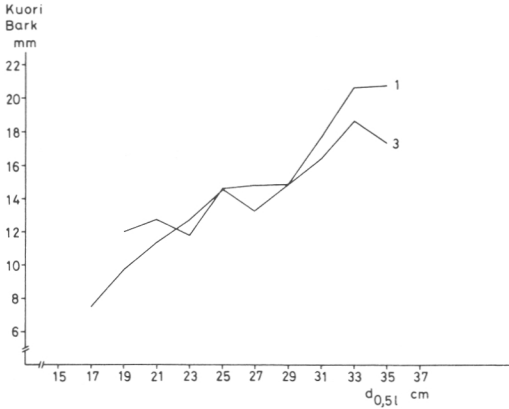


Kuva 8. Latvakuoren kaksinkertainen paksuus eri latvaläpimitaluokissa.

Fig. 8. Double bark thickness at the top of logs.

tukkien kuoren paksuus oli muita tukkeja suurempi. Mittaukset tehtiin tällöin kuorimittarilla. — Simonov (1962) ei havainnut eroja puun osien välillä läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen.

Latvakuoren paksuuden riippuvuus läpimitasta on esitetty kuvassa 8. Myös latvakuoren riippuvuutta läpimitasta on pidettävä lineaarisena, vaikka tyvitukkien osalta onkin havaittavissa lievää lineaarista voimakkaampaa nousua. — Keskuskuoren ta-



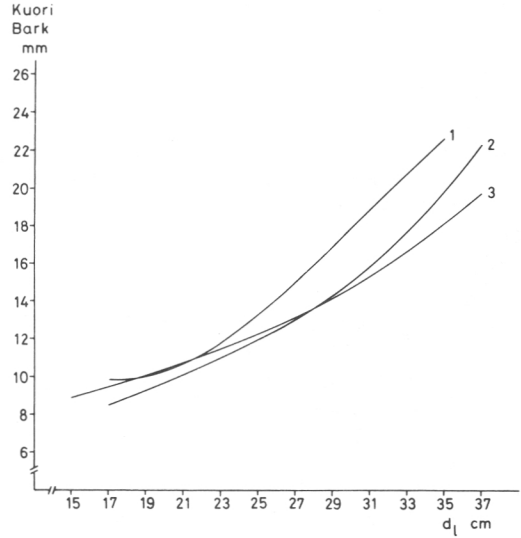
Kuva 9. Tyvitukkien keskuskuoren kaksinkertainen paksuus eri keskusläpimittaluokissa tehtailla 1 ja 3.

Fig. 9. Double bark thickness of butt logs at the mid-point of logs. Material from match factories 1 and 3.

voin myös latvakuori on tyvitukeissa ohuempi kuin muissa tukeissa läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen.

Edellä esitetyt tiedot koskevat koko ainestoa. Tehtaiden välillä oli eroja lähinnä siten, että läpimitan ja tukkilajin vaikutuksen eliminoinnin jälkeen paksukuorisimmat haapatukit olivat tehtaalla 1 ja ohutkuorisimmat tehtaalla 3.

Tästä on esimerkki kuvassa 9, jossa on esitetty keskuskuoren paksuus tehtaiden 1 ja



Kuva 10. Latvakuoren kaksinkertainen paksuus eri tehtailla latvaläpimitan mukaan tyvi- ja latvatukkeja erottelematta. Tasoitetut arvot.

Fig. 10. Double bark thickness at the top of logs at various match factories. Butt and other logs are not separated. Levelled values.

3 tyvitukeissa. Tehtaiden väliset erot ovat samat myös silloin, kun tarkastellaan tyvitukkeja ja muita tukkeja yhdessä. Esimerkiksi latvakuoren paksuuden riippuvuus latvaläpimitasta on hieman erilainen eri tehtailla

Taulukko 2. Kuoren kaksinkertainen paksuus läpimittaluokittain tyvitukeissa ja muissa tukeissa. Table 2. Double bark thickness of butt logs and other logs in various diameter classes.

Läpimitta Diameter	Tyvitukkien latvakuori Bark at the top of butt logs			Muiden tukkien latvakuori Bark at the top of other logs			Tyvitukkien keskuskuori Bark at mid-point of butt logs			Muiden tukkien keskuskuori Bark at mid-point of other logs		
	cm 1)	n	\bar{x} mm	s	n	\bar{x} mm	s	n	\bar{x} mm	s	n	\bar{x} mm	s
15	26	7,4	1,8	17	10,2	2,9	2	6,5	3,5	6	7,7	0,8
17	60	8,0	2,8	148	9,5	3,2	20	7,6	2,4	13	10,1	3,1
19	111	9,4	3,1	194	10,7	3,5	52	9,6	3,2	98	10,7	3,2
21	118	10,0	3,5	139	11,2	3,3	120	11,2	3,1	199	11,3	3,0
23	139	11,0	4,0	90	12,0	3,7	106	12,6	3,8	154	12,1	3,0
25	139	10,6	3,4	69	13,8	4,6	140	14,1	4,4	107	13,6	3,5
27	95	12,6	4,3	34	13,5	4,9	129	13,9	4,1	72	15,0	4,3
29	60	13,9	4,2	21	17,0	6,8	99	14,7	5,1	36	17,0	5,9
31	44	18,8	15,5	19	17,2	5,7	65	16,9	4,1	28	17,0	4,6
33	25	19,0	3,6	9	17,3	6,8	51	18,5	5,5	23	18,3	5,1
35	22	18,7	3,5	3	13,3	3,2	28	18,3	6,8	7	22,1	8,1
37	14	21,7	4,7	4	26,2	5,4	27	20,5	5,5	8	24,0	2,7

1) Keskusläpimitta tai latvaläpimitta sen mukaan, tarkastellaanko keskuskuorta vai latvakuorta — Diameter at mid-point of logs, or at the top of logs, depending on the variable under study.

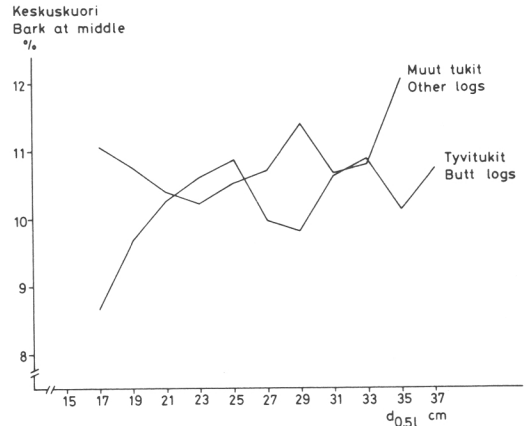
(kuva 10). Merkittävin syy tehtaan 3 keskiarvotietojen poikkeavuuteen on kuitenkin aiemmin mainittu tukkien pieniläpimittaisuus.

Koko aineistoa koskevat kaksinkertaisen kuoren keskiarvot ja standardipoikkeamat on esitetty taulukossa 2 läpimittaluokittain sekä keskuskuoren että latvakuoren osalta. Mielenkiintoinen piirre on, että läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen latvakuori tyvitukeissa on paksumpi kuin keskuskuori muissa tukeissa. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Ilmeisesti tämä heijastaa samaa piirrettä kuin aiemmin todettu seikka, että läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen tyvitukkien kuori on ohuempi kuin muiden tukkien. Ero ei kuitenkaan ole suuri, eikä sitä ole havaittu kaikissa tutkimuksissa.

Kun läpimitan vaikutus kuoren paksuuteen on voimakas, keskiarvotiedoilla on vain vähäinen käyttö. Mainittakoon kuitenkin, että keskuskuoren kaksinkertaisen paksuuden keskiarvo oli tyvitukeissa 14,4 mm ja muissa tukeissa 13,1 mm sekä koko aineistossa 13,8 mm. Vastaavat standardipoikkeamat olivat 5,7 mm, 4,8 mm ja 5,3 mm. Tukkilajien ero on tilastollisesti merkitsevä. Latvakuoren paksuus oli tyvitukeissa taas 11,9 mm ja muissa tukeissa 11,7 mm sekä koko aineistossa 11,8 mm. Vastaavat standardipoikkeamat olivat 6,2 mm, 4,6 mm ja 5,5 mm. Tukkilajien ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

53. Keskuskuoriprosentti ja latvakuoriprosentti

Edellä tarkasteltu kuoren absoluuttisen paksuuden muutos läpimitan muuttuessa



Kuva 11. Keskuskuori prosentteina kuorellisesta poikkipinta-alasta eri keskusläpimittaluokissa.

Fig. 11. Bark in per cent of the cross-sectional area over bark for various diameter classes measured at the mid-point of logs.

kuvaakin likimäärin myös kuoriprosentin muuttumista. — Jäljempänä tarkastellaan vain keskuskuoriprosenttia ja latvakuoriprosenttia, koska ne vastaavat yleisimminkin esiintyviä läpimitan mittauskohtia puutavaran mittauksessa.

Kuvassa 11 on esitetty keskuskuoriprosentin riippuvuus keskusläpimitasta. Sekä tyvitukeissa että muissa tukeissa trendi on lievästi nouseva. Samaa läpimittaluokkaa tarkasteltaessa voidaan tyvitukkien kuoriprosentti todeta alhaisemmaksi kuin muiden tukkien.

Keskuskuoriprosentin riippuvuus läpimitasta on siinä määrin lievä, että usein voidaan tyytyä keskimääräisiin arvoihin. Tällöin tyvitukkien ja muiden tukkien ero ei ole tilastollisesti merkitsevä, kuten seuraavasta jaotelmasta voidaan laskea.

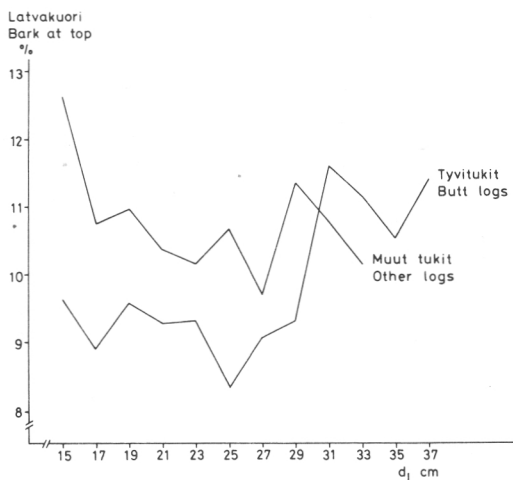
	Tehdas			Keskuskuoriprosentti			Painotettu \bar{x}
	1	2	3	\bar{x}	Yhteensä s	n	
Tyvitukit	10,97	10,15	10,40	10,39	3,10	871	10,86
Muut tukit	10,97	10,47	10,59	10,61	2,86	758	10,90
Yhteensä	10,97	10,29	10,49	10,49	2,99	1629	10,87

Latvakuoriprosentin riippuvuus läpimitasta on hieman erilainen. Kuvan 12 mukaan tyvitukeissa on trendi nouseva, mutta muissa tukeissa laskeva. Keskimäärin ottaen tyvitukkien latvakuoriprosentti on alhaisempi

kuin muiden tukkien, kun läpimitan vaikutus eliminoidaan.

Keskimääräiset latvakuoriprosentit olivat seuraavat.

	Tehdas			Latvakuoriprosentti			Painotettu \bar{x}
	1	2	3	\bar{x}	Yhteensä s	n	
Tyvitukit	10,42	8,94	9,52	9,43	3,48	871	10,22
Muut tukit	10,70	10,44	10,87	10,67	3,36	758	10,68
Yhteensä	10,56	9,62	10,16	10,01	3,48	1629	10,44



Kuva 12. Latvakuori prosentteina kuorellisesta poikkipinta-alasta eri latvaläpimittaluokissa.

Fig. 12. Bark in per cent of the cross-sectional area over bark for various top diameter classes.

Tukkilajien ero on tilastollisesti merkitsevä.

Keskuskuoriprosenttia ja latvakuoriprosenttia verrattaessa voidaan todeta, että tyvitukkien keskuskuoriprosentti on prosenttiyksikön verran suurempi kuin latvakuoriprosentti. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan muilla tukeilla tätä eroa ei ole. Tyvitukkien eron vuoksi tukkilajien keskimääräinen keskuskuoriprosentti on suurempi kuin vastaava latvakuoriprosentti. Ero on noin puoli prosenttiyksikköä ja tilastollisesti merkitsevä.

54. Kokonaiskuoriprosentti

Tärkein kuoritunnus puutavaran mittauksessa on kokonaiskuoriprosentti, ts. kuoren

osuus pölkyn kuorellisesta tilavuudesta. Jäljempänä käytetään selvissä tapauksissa myös termiä kuoriprosentti pidemmän muodon asemasta.

Tukkierän kuoriprosentista sekä kuoriprosenttien keskiarvoista saatiin seuraavat tulokset.

Tehdas	Tukkierän kuoriprosentti	Kuoriprosenttien		
		\bar{x}	s	Tukkeja
1	11,51	11,50	2,60	284
2	11,54	11,32	2,63	657
3	11,23	11,13	2,25	688
Yhteensä	11,41	11,27	2,48	1629
Painotettu	11,50	11,47		1629

Tehtaalla 1 tukkierän kuoriprosentti oli lähes sama kuin kuoriprosenttien keskiarvo. Muilla tehtailla sekä keskimäärin koko aineistossa erän kuoriprosentti oli selvästi suurempi kuin kuoriprosenttien keskiarvo. — Näiden tunnuslukujen erilaisesta käytöstä on mainittu jo luvussa 51.

Tilastollisesti merkitsevä kuoriprosenttien keskiarvojen ero on ainoastaan tehtaiden 1 ja 3 välillä. Tukkierän kuoriprosentin mukaan arvostellen tehdas 3 poikkeaa muista tehtaista alemman kuoren osuuden vuoksi. — Kun erot ovat käytännön kannalta vähäiset, on perusteltua käyttää kaikkialla samoja keskimääräisiä lukuja, ts. 11,50 tukkierän kuoriprosenttina ja 11,47 kuoriprosenttien keskiarvona.

Kuoriprosentin suuruuteen vaikuttaa tukkilaji, joskaan ei niin paljon kuin runsaskaarnaisilla puulajeilla.

	Tehdas			Keskimääräinen kokonaiskuoriprosentti			Painotettu \bar{x}
	1	2	3	\bar{x}	Yhteensä s	n	
Tyvitukit	11,99	11,66	11,45	11,63	2,52	871	11,94
Muut tukit	10,96	10,90	10,78	10,86	2,36	758	10,95
Yhteensä	11,50	11,32	11,13	11,27	2,48	1629	11,47

Tukkilajien ero on tilastollisesti merkitsevä. — On kuitenkin otettava huomioon, että em. tyvitukkien ja muiden tukkien eroon

vaikuttaa mm. tyvitukkien suurempi järeys. Tukkilajin vaikutuksesta kokonaiskuori-prosenttiin saatiin seuraavat tulokset.

	Tukkierän kokonaiskuori-prosentti				
	1	Tehdas 2	3	Yhteensä \bar{x}	Painotettu \bar{x}
Tyvitukit	11,84	11,75	11,50	11,68	11,82
Muut tukit	10,96	11,16	10,80	10,99	10,98
Yhteensä	11,51	11,54	11,23	11,41	11,50

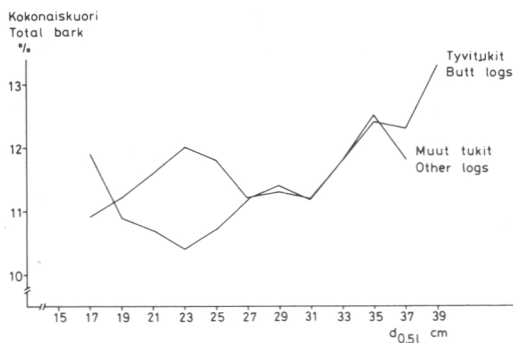
Aiemmin on todettu keskuskuori-prosentista ja latvakuori-prosentista, että ne ovat tyvitukeissa alhaisemmat kuin muissa tukeissa. Tämän vuoksi on yllättävää, että läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen tyvitukkien kokonaiskuori-prosentti on *suurempi* kuin muiden tukkien.

Kuvassa 13 on esitetty tyvitukkien ja muiden tukkien kokonaiskuori-prosentti eri keskusläpimittaluokissa. Yleisesti ottaen kuori-prosentti kohoaa läpimitan suuretessa, joskin muissa kuin tyvitukeissa kuori-prosentti aluksi alenee pienissä tukeissa. Tyvitukkien ja muiden tukkien kuori-prosenttiusero on merkittävä lähinnä keskusläpimittaluokissa 19—25 cm. Kun nämä läpimittaluokat ovat haapatukeilla yleisimmät (kuva 1), tyvitukkien ja muiden tukkien ero on keskimäärin suuri, kuten edellisestä jaotelmasta ilmenee.

Latvaläpimitan mukaan jaotellussa aineistossa tyvitukkien ja muiden tukkien kuori-prosenttiusero on vielä suurempi. Tyvitukeissa kokonaiskuori-prosentti kohoaa suunnilleen suoraviivaisesti latvaläpimitan kasvaessa, mutta muissa tukeissa kuori-prosentti aluksi laskee ja sitten taas kohoaa (kuva 14). Lat-

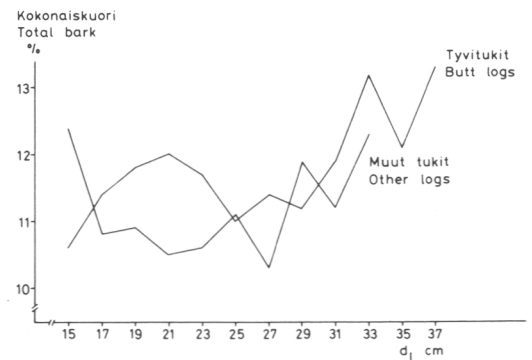
valäpimittaluokittain tarkastellen tyvitukkien kuoren määrä on selvästi suurempi kuin muiden tukkien. Ero on tilastollisesti merkitsevä.

Syyt siihen, että läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen keskuskuori-prosentti ja latvakuori-prosentti ovat haavan tyvitukeissa alhaisemmat kuin muissa tukeissa, mutta kokonaiskuori-prosentti päin vastoin, ovat ilmeisesti tukkien pituudesta, muodosta ja kaarnanmuodostuksesta johtuvia. Aiemmin on jo mainittu, että tyvitukit ovat pidempiä kuin muut tukit. Tästä seuraa, että samaa latvaläpimittaluokkaa tarkasteltaessa tyvitukkien tyviläpimita on suurempi kuin muiden tukkien, vaikka kapeneminen olisi samakin. Vastaavasti tyvitukeissa on tukiin keskimääräinen paksuus ja sen kanssa korreloiva kuori-prosentti suurempi kuin muissa tukeissa. Toisena vaikuttavana tekijänä on kapeneminen. Vaikka latvakapeneminen onkin tyvitukeissa pienempi kuin muissa tukeissa, on tyvikapeneminen niin paljon suurempi, että kokonaiskapeneminen on tyvitukeissa suurempi kuin muissa tukeissa. Tästä aiheutuu, että samaa latvaläpimittaluokkaa



Kuva 13. Kokonaiskuori-prosentti eri keskusläpimittaluokissa.

Fig. 13. Bark in per cent of log volume with bark for various diameter classes measured at the mid-point of logs.



Kuva 14. Kokonaiskuori-prosentti eri latvaläpimittaluokissa.

Fig. 14. Bark in per cent of log volume with bark for various top diameter classes.

tarkasteltaessa tyvitukkien tyvipää on keskimäärin paksumpi kuin muiden tukkien. Vastaavasti tyvitukkien kokonaiskuoriprosentti on korkeampi. Edelleen saattaa tyvi-osan kaarnamuodostus olla samaan suuntaan vaikuttavana tekijänä.

Vaikka edellä käsitelty tyvitukkien ja muiden tukkien kuoripitoisuusero on ilmeisesti todellinen siinä mielessä, että havainnot ovat yleistettävissä laajemmaltikin kuin vain tutkittuun aineistoon, absoluuttista eroa ei ole pidettävä käytännön kannalta suurena. Tukkilajia tärkeämpi kuoriprosen-

tin vaihtelun selittäjä on keskusläpimitta tai latvaläpimitta. Käytännöllisesti puutavaran mittaauksessa on riittävää, että kuoriprosentti esitetään mittaustavasta riippuen joko keskusläpimitan tai latvaläpimitan ^{ses.} \bar{x} -tina tyvitukkeja ja muita tukkeja erottelematta.

Taulukossa 3 on esitetty kuoriprosenttien keskiarvot ja standardipoikkeamat keskusläpimittaluokittain tyvitukeista ja muista tukeista sekä koko aineistosta. Taulukon mukaan tyvitukkien ja muiden tukkien erottamisella on vain vähän voitettavissa esim.

Taulukko 3. Tyvitukkien ja muiden tukkien kokonaiskuoriprosentti keskusläpimittaluokittain.
Table 3. Bark percentage of volume of butt logs and other logs for various mid-point diameter classes.

Keskusläpimitta Diameter at mid-point cm	Tyvitukit Butt logs			Muut tukit Other logs			Yhteensä Total		
	n	\bar{x} %	s	n	\bar{x} %	s	n	\bar{x} %	s
15	2	10,4	2,5	6	10,2	0,6	8	10,3	1,1
17	20	10,9	1,4	13	11,9	3,1	33	11,3	2,2
19	52	11,2	1,8	98	10,9	2,5	150	11,0	2,2
21	120	11,6	2,1	199	10,7	2,1	319	11,0	2,1
23	106	12,0	3,2	154	10,4	2,1	260	11,1	2,7
25	140	11,8	2,8	107	10,7	2,3	247	11,3	2,6
27	129	11,2	2,2	72	11,2	2,8	201	11,2	2,4
29	99	11,3	2,6	36	11,4	3,1	135	11,3	2,7
31	65	11,2	2,2	28	11,2	2,5	93	11,2	2,3
33	51	11,8	2,4	23	11,8	2,2	74	11,8	2,3
35	28	12,4	2,7	7	12,5	2,4	35	12,4	2,6
37	27	12,3	2,4	8	11,8	2,1	35	12,2	2,3
39	13	13,3	2,1	3	11,8	1,4	16	13,0	2,0
41	7	13,2	2,4	2	16,4	4,8	9	13,9	3,0

Taulukko 4. Tyvitukkien ja muiden tukkien kokonaiskuoriprosentti latvaläpimittaluokittain.
Table 4. Bark percentage of volume of butt logs and other logs for various top diameter classes.

Latvaläpimitta Top diameter cm	Tyvitukit Butt logs			Muut tukit Other logs			Yhteensä Total		
	n	\bar{x} %	s	n	\bar{x} %	s	n	\bar{x} %	s
13	3	11,5	2,6	7	10,0	0,9	10	10,4	1,6
15	26	10,6	1,4	17	12,4	2,0	43	11,3	1,9
17	60	11,4	1,9	148	10,8	2,3	208	11,0	2,2
19	111	11,7	2,2	194	10,9	2,2	305	11,2	2,2
21	118	12,0	3,1	139	10,5	2,3	257	11,2	2,8
23	139	11,7	2,8	90	10,6	2,5	229	11,3	2,7
25	139	11,0	2,3	69	11,1	2,5	208	11,0	2,4
27	95	11,4	2,4	34	10,3	2,4	129	11,1	2,5
29	69	11,2	2,3	21	11,9	3,0	81	11,3	2,5
31	44	11,9	2,3	19	11,2	2,1	63	11,7	2,2
33	25	13,2	2,7	9	12,3	2,4	34	13,0	2,6
35	22	12,1	2,0	3	11,4	2,4	25	12,0	2,0
37	14	13,3	2,4	4	14,1	4,0	18	13,5	2,7
39	7	13,6	2,3	2	12,1	1,2	9	13,3	2,1

otannan kannalta: läpimittaluokittaiset kokonaisaineiston standardipoikkeamat ovat tasoltaan kohtuullisia ja verrattavissa likimain tukkilajien vastaaviin standardipoikkeamiin.

Taulukossa 4 on esitetty vastaavat tiedot latvaläpimittaluokittain. Myös johtopäätökset ovat samat. Taulukkoja 3 ja 4 vertaamalla

la voidaan edelleen todeta, että standardipoikkeamat ovat latvaläpimitan mukaan vain hieman suuremmat kuin keskusläpimitan mukaan. Ero on käytännössä merkityksetön. Likimain sama kuori-informaatio voidaan näin ollen saada latvaläpimitan mittauksella kuin keskusläpimitan mittauksella.

6. KESKUSMUOTOLUKU

61. Käsitteitä ja teoreettinen tarkastelu

Keskusmuotoluvulla tarkoitetaan tukin todellisen tilavuuden ja keskustilavuuden suhdetta. Keskustilavuudella taas tarkoitetaan sen sylinterin tilavuutta, jonka pituus on tukin pituus ja läpimitta tukin pituuden puolivälistä mitattu läpimitta. Keskimääräisistä keskusmuotoluvuista puhuttaessa voidaan tarkoittaa jonkin mitatun tukkierän todellisen tilavuuden ja tukkien keskustilavuuksien summan suhdetta, tai sitten yksittäisten tukkien keskusmuotolukujen keskiarvoa. Edellistä voidaan nimittää *tukkierän keskusmuotoluvuksi ja jälkimmäistä tukkien keskusmuotolukujen keskiarvoksi*. Yleensä nämä luvut poikkeavat toisistaan. — Käyttöalue on selvä. Edellistä voidaan käyttää muunnettaessa jonkin keskustilavuutena mitatun erän tilavuus todelliseksi tilavuudeksi, jälkimmäistä taas muunnettaessa yksin kappalein keskustilavuus todelliseksi tilavuudeksi.

Ennen kuin ryhdytään tarkastelemaan empiirisiä tuloksia keskusmuotoluvun suuruudesta, on paikallaan todeta teoreettisella mallilla saatavat mielikuvat vaikuttavista tekijöistä ja vaikutuksen suuruudesta. Yksinkertaisuuden vuoksi tarkastellaan katkaistun ympyräkartion muotoista tukkia, jonka tyviläpimitta on d_0 ja sen puolikas r_0 , latvaläpimitta d_1 ja sen puolikas r_1 , pituus L sekä läpimitan kapeneminen eli muutos pituusyksikköä kohti k .

Kun kysymyksessä on katkaistu kartio, tyviläpimitta $d_0 = d_1 + kL$ sekä $r_0 = r_1 + 0,5 kL$. Merkitään $0,5 k = z$.

Katkaistun kartion tilavuus on tunnetusti

$$(1) \quad V = \frac{\pi L}{3} (r_0^2 + r_1^2 + r_0 r_1)$$

Kun otetaan huomioon tyvi- ja latvaläpimitan yhteys, katkaistun kartion tilavuus voidaan kirjoittaa kaavan (2) osoittamaan muotoon.

$$(2) \quad V = \frac{\pi L}{3} (3r_1^2 + 3r_1 zL + z^2 L^2)$$

Keskeltä mitattu läpimitta on katkaistusta kartiossa tunnetusti tyvi- ja latvaläpimittojen keskiarvo. Kun tukin keskustilavuus on keskusläpimittaa vastaavan sylinterin tilavuus, keskustilavuus voidaan kirjoittaa kaavan (3) osoittamaan muotoon. Tällöin on otettu huomioon tyviläpimitan riippuvuus latvaläpimitasta ja kapenemisesta.

$$(3) \quad V_k = \frac{\pi L}{4} (4r_1^2 + 4r_1 zL + z^2 L^2)$$

Keskusmuotoluku on määritelmän mukaan todellisen tilavuuden V ja keskustilavuuden V_k suhde. Kun kaavat (2) ja (3) yhdistetään, saadaan erinäisten sievennysten jälkeen yksinkertainen keskusmuotoluvun (kml) kaava (4)

$$(4) \quad kml = \frac{3d_1^2 + 3d_1 kL + k^2 L^2}{3d_1^2 + 3d_1 kL + 0,75k^2 L^2}$$

jossa 0,75 on tarkasti $3/4$.

Kaavasta (4) voidaan välittömästi nähdä, että katkaistun kartion keskusmuotoluku on 1, jos tukissa ei ole lainkaan kapenemista. Tällöin kysymyksessä on sylinteri. Jos taas tukki kapenee niin paljon, että latvaläpimita on 0, keskusmuotoluku saa arvon 1,33 tai tarkasti $4/3$. Näiden arvojen välissä voi katkaistun kartion keskusmuotoluku vaihdella. — Jäljempänä tarkasteltavaan latvamuotolukuun verrattuna keskusmuotoluvun mahdollinen vaihteluväli on pieni ja sen riippuvuus eri tekijöistä vastaavasti vähäinen.

Teoreettisesti on kapenemisen vaikutus keskusmuotolukuun merkittävin. Kun tarkastellaan keskimääräistä tukkia, jonka pituus on 4,9 m ja latvaläpimitta 23 cm, saadaan kaavasta (4) seuraavat keskusmuotoluvut, kun läpimitan kapeneminen vaihtelee välillä 0—20 mm/m.

Läpimitan kapeneminen mm/m	Katkaistun kartion keskusmuotoluku
0	1,000
2	1,000
4	1,001
6	1,001
8	1,002
10	1,003
12	1,004
14	1,006
16	1,007
18	1,009
20	1,010

Voidaan havaita, että keskusmuotoluku suurenee katkaistun kartion kapenemisen kasvaessa. Tavanomaisella kapenemisen vaihteluvälillä vaikutus on kuitenkin pieni.

Myös läpimitta vaikuttaa keskusmuotolukuun, käytännössä mahdollisesti kapenemista enemmän. Kun keskimääräisenä kapenemisenä pidetään 10 mm/m ja tarkastellaan 4,9 m pituista tukkia, saadaan seuraavan jaotelman mukaiset tulokset.

Latvaläpimitta cm	Katkaistun kartion keskusmuotoluku
13	1,008
15	1,007
17	1,005
19	1,004
21	1,004
23	1,003
25	1,003
27	1,002
29	1,002
31	1,002
33	1,002

Keskusmuotoluku siis suurenee latvaläpimitan pienetessä. Muutos on jyrkin aivan kuitupuunkokoisessa puutavarassa, jota ei tässä yhteydessä tarkastella. Mainittakoon kuitenkin esimerkkinä, että 3 m pitkän pölkyn keskusmuotoluku on 1,013, kun latvaläpimitta on 6 cm ja kapeneminen 10 mm/m.

Tukin pituus vaikuttaa keskusmuotolukuun suhteellisen vähän. Kun latvaläpimitta on 23 cm ja kapeneminen 10 mm/m, 3,1 m pitkän tukin keskusmuotoluku on 1,001. Vastaava arvo on 4,3 pitkälle tukille 1,002 ja

5,5 m pitkälle tukille 1,004.

Edellä esitettyjä tuloksia sovellettaessa on otettava huomioon, että ne koskevat katkaistua kartiota. Kun tyvitukeissa on kartiota suurentava tyvipaisuuma, erityisesti niiden keskusmuotoluvut ovat suuremmat kuin edellä on esitetty. Edelleen pätee kuitenkin se johtopäätös, että keskusmuotoluku vaihtelee suhteellisen vähän kapenemisen, latvaläpimitan ja pituuden muuttuessa.

62. Kuorellisten tukkien keskusmuotoluvut

Tukkierän keskusmuotoluvusta sekä keskusmuotolukujen keskiarvoista saatiin seuraavat tulokset.

Tehtas	Tukkierän keskusmuotoluku	Keskusmuotolukujen		
		\bar{x}	s	Tukkeja
1	1,022	1,019	0,050	284
2	1,025	1,022	0,045	657
3	1,020	1,020	0,037	688
Yhteensä	1,023	1,021	0,043	1 629
Painotettu	1,022	1,019		1 629

Yleensä keskusmuotolukujen keskiarvo on hieman alhaisempi kuin tukkierän keskusmuotoluku.

Keskusmuotolukujen keskiarvot eivät poikkea toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eri tehtaiden välillä, joten voidaan käyttää yhteistä keskiarvoa 1,019. Tukkierän keskusmuotoluvun samanlaiseen arvioimiseen ei ole mahdollisuuksia rinnakkaiserien puuttuessa. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että tehtaalla 2 keskusmuotoluku on suurempi kuin muilla tehtailla, pelkästään eron suuruuden perusteella päätellen. Varsinaisten selvitysten puuttuessa on kuitenkin aiheellista käyttää kaikkialla yhteistä tukkierien keskusmuotolukua 1,022.

Koivutukeissa keskusmuotoluku on suurempi kuin haapatukeissa. Esim R i k k o s e n (1974) aineistossa keskusmuotoluku oli koivulla 1,039 ja sen keskihajonta 0,059. Ilmeisesti kysymyksessä oli keskusmuotolukujen keskiarvo eikä erän keskusmuotoluku. Vastaava käsillä olevan tutkimuksen keskiarvo on 1,019. Osittain ero johtuu koivutukkien suuremmasta tyvitukkien osuudesta, mutta ei kokonaan. Samaa tyvien osuutta koskeva koivutukkien keskusmuotoluku on em. R i k k o s e n (1974) tutkimuksesta laskettuna 1,033. Myös pituuseron eliminoinnin jälkeen on ilmeistä, että haavalla on

pienempi keskusmuotoluku kuin koivulla. Osasyynä on ilmeisesti haapatukkien suurempi järeys, aleneehan teoreettisen mallin mukaan keskusmuotoluku järeyden lisääntyessä.

Kuten edellä on jo viitattu, tyvitukkien

osuus vaikuttaa keskimääräiseen keskusmuotolukuun, koska tyvitukeissa keskusmuotoluku on huomattavasti suurempi kuin muissa tukeissa.

Keskimääräisestä keskusmuotoluvusta saatiin seuraavat tulokset.

	Keskimääräinen keskusmuotoluku			\bar{x}	Yhteensä s	Painotettu n	\bar{x}
	Tehdas						
	1	2	3				
Tyvitukit	1,040	1,034	1,032	1,034	0,042	871	1,039
Muut tukit	0,996	1,007	1,007	1,005	0,038	758	0,998
Yhteensä	1,019	1,022	1,020	1,021	0,043	1629	1,019

Kun verrataan tuloksia koivutukkien vastaaviin arvoihin (R i k k o n e n 1974), voidaan todeta nimenomaan tyvitukkien erilaisuus. Koivulla tyvitukkien keskusmuotoluku oli nimittäin 1,057 ja muiden tukkien 1,004, joka on lähellä käsillä olevan tutkimuksen tulosta.

Tukkierän keskusmuotoluvusta saatiin seuraavat tulokset.

	Tukkierän keskusmuotoluku				
	Tehdas			Yhteensä	Painotettu
	1	2	3	\bar{x}	\bar{x}
Tyvitukit	1,039	1,037	1,030	1,035	1,038
Muut tukit	0,995	1,006	1,006	1,004	0,997
Yhteensä	1,022	1,025	1,021	1,023	1,022

Kun käytännössä on usein hankala erottaa tyvitukkeja muista tukeista, voidaan tukin aseman sijasta tarkastella sen järeyttä, joka on tyvitukeissa suurempi kuin muissa tukeissa.

Luontevin järeytystunnus keskusmuotolukua tarkasteltaessa on keskusläpimitta. Sopiva lähtökohta regressioanalyysiä varten voidaan hahmotella teoreettisesti lähtemällä katkaistun kartion muotoisesta tukista.

Tyviläpimittaa vastaava säde eli läpimitan puolikas r_0 voidaan kirjoittaa keskusläpimittaa vastaavan säteen, säteen pienemisen ja tukin pituuden avulla muotoon $r_0 = r + 0,5zL$, jossa z on säteen pieneminen pituusyksikköä kohti, L tukin pituus sekä r keskusläpimittaa vastaava säde. Vastaavalla tavalla voidaan kirjoittaa latvaläpimittaa vastaava säde muotoon $r_1 = r - 0,5zL$. Kun nämä riippuvuudet sijoitetaan kaavaan (1) ja kaavan (1) mukainen katkaistun kartion tilavuus jaetaan keskusläpimittaa vastaavan sylinterin tilavuudella, saadaan kaava (5), jossa vakio c on $0,5z$.

$$(5) \quad kml = \frac{3r^2 + c^2L^2}{3r^2}$$

Kaavasta (5) voidaan välittömästi nähdä, että tarkasteltaessa keskusmuotoluvun riippuvuutta pelkästään keskusläpimitasta kannattaa regressioanalyysissä kokeilla eräänä selittäjänä keskusläpimitan neliön inverssiarvoa. Toisaalta voidaan päätellä, ettei läpimitan vaikutus voi olla kovin suuri, onhan aiemmin jo todettu, että tyvitukkien pituus on suurempi kuin muiden tukkien. Kaavan (5) kannalta tämä merkitsee sitä, että pituus ja läpimitta muuttuvat samaan suuntaan aineistossa, jossa tyvitukkeja ja muita tukkeja tarkastellaan yhdessä.

Regressioanalyysissä kokeiltiin erilaisia kaavaan (5) perustuvia malleja sekä täysin sokeasti erilaisia valikoivan regressioanalyysin vaihtoehtoja. Kun mukaan otettiin vain tilastollisesti merkitseviä selittäjiä, yhtälöiden selitysasteet jäivät alhaisiksi (0,9%—1,9%) kaikilla tehtailla. Kahdella tehtaalla oli kaavan (5) mukaisesti keskusläpimitan neliön inverssiarvo mukana, yhdellä tehtaalla oli pelkkä keskusläpimitta. — Käytännössä selitysasteet ovat niin alhaisia, että usein voidaan tyytyä aiemmin esitettyihin yleiskeskisarvoihin ja jättää läpimitan vaikutus ottamatta huomioon. Tämä oli odotettavissa jo teoreettisen tarkastelun perusteella.

Läpimitan vähäinen vaikutus keskusmuotolukuun on todettu myös aiemmissa tutkimuksissa, kun tyvitukkeja ja muita tukkeja tarkastellaan erikseen. Tällaisia havaintoja ovat tehneet B ø r s e t (1952, s. 366) haavalla ja F i n n e (1973, s. 6) koivulla.

Mikäli keskusläpimittaluokittaisia lukuja kuitenkin tarvitaan, voidaan käyttää taulukon 5 tasoitettuja arvoja. Vertailun vuoksi on esitetty myös tehtaittaiset keskiarvot. —

Taulukko 5. Kuorelliset keskusmuotoluvut.
Table 5. Middle form factors of unbarked logs.

Keskus- läpi- mitta Diameter at the mid-point cm	Tehdas — Match factory			Yhteensä — Total			Paino- tettu Weighted \bar{x}	Tasoi- tettu Leveled 1) \bar{x}	Koivu Birch 2) \bar{x}
	1	2	3	\bar{x}	s	n			
15	..	..	1,024	1,024	0,022	8	1,024	1,024	0,970
17	..	1,036	1,044	1,043	0,047	33	1,038	1,022	1,038
19	1,011	1,020	1,019	1,018	0,037	150	1,012	1,019	1,029
21	1,007	1,020	1,016	1,016	0,043	319	1,009	1,016	1,033
23	1,012	1,012	1,020	1,016	0,044	260	1,012	1,015	1,036
25	1,023	1,020	1,021	1,021	0,038	247	1,023	1,017	1,045
27	1,022	1,026	1,017	1,022	0,044	201	1,022	1,021	1,044
29	1,022	1,026	1,028	1,025	0,044	135	1,023	1,024	1,068
31	1,027	1,024	1,019	1,023	0,042	93	1,026	1,026	1,067
33	1,020	1,027	1,032	1,027	0,051	74	1,021	1,027	1,027
35	1,055	1,038	1,020	1,036	0,047	35	1,052	1,028	..
37	1,009	1,046	1,025	1,033	0,045	35	1,014	1,032	..
39	1,026	1,021	1,008	1,016	0,050	16	1,025	1,041	..
41	1,073	1,017	1,039	1,028	0,028	9	1,065	1,051	..

1) Ks. Milne 1949, s. 278 — See Milne 1949, p. 278
2) Rikkonen 1974

Selvä keskusmuotoluvun kasvaminen keski-kokoisista tukeista alkaen johtuu miltei yksinomaan tyvitukkien osuuden kasvamisesta.

Taulukossa 5 on esitetty vertailun vuoksi myös R i k k o s e n (1974) koivua koskevat tulokset. Kaikissa läpimittaluokissa koivun keskusmuotoluku on suurempi kuin vastaava haapaa koskeva arvo. Ero johtuu osittain siitä, että koivun tyvitukeissa keskusmuotoluku on suurempi kuin haavan tyvitukeissa ja osittain siitä, että tyvitukkien osuus on koivulla suurempi kuin haavalla. — Tätä tyvitukkien osuuden eroa on käsitelty tarkemmin luvussa 4.

Käytännössä erolla saattaa olla huomattava merkitys. Kun haapatukkien keskusmuotoluku on suuruusluokaltaan 1,02 ja koivun 1,04, tämä merkitsee sitä, että määritettäessä tukkien tilavuus keskeltä mitatun läpimitan perusteella ilman korjauskerrointa, virhe on koivutukeissa kaksinkertainen haapatukkeihin verrattuna. Toisaalta jos haapatukkien keskeltämittaukseen sovelletaan samoja korjauskertoimia kuin yleisempään puutavaralajiin, vanerikoivuun, tilavuusarvioon saadaan n. 2 % suuruinen systemaattinen virhe.

63. Kuorettomien tukkien keskusmuotoluvut

Mikäli tukit mitataan keskusläpimitaan perustuen vasta kuorinnan jälkeen, tarvi-

taan tietoja kuorettomien tukkien keskusmuotoluvuista. — Käsillä olevassa aineistossa saatiin seuraavat tulokset.

Tehdas	Tukkierän Keskusmuotolukujen			Tukkeja
	keskusmuotoluku	x	s	
1	1,015	1,013	1,046	284
2	1,012	1,010	0,036	657
3	1,013	1,013	0,035	688
Yhteensä	1,013	1,012	0,038	1 629
Painotettu	1,014	1,012		1 629

Aiemmin esitetyt kuorelliset keskusmuotoluvut ovat huomattavasti suuremmat kuin kuorettomat keskusmuotoluvut. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Myös kuorettomien keskusmuotolukujen standardipoikkeamat ovat pienemmät. Tästä voidaan päätellä, että osa kuorellisten tukkien muodon vaihtelusta aiheutuu kuoren paksuuden vaihtelusta. Periaatteessa voidaan erilaisia otantamenetelmiä sovellettaessa päästä kuorettomien läpimittojen avulla tarkempaan tilavuuden määrittämiseen kuin käyttämällä kuorellisia läpimittoja. Eri asia sitten on, voidaanko kuoreton keskusläpimitta määrittää helposti muualla kuin tehtaalla.

Myös kuorettomaan keskusmuotolukuun vaikuttaa tyvien osuus. Keskimääräisestä keskusmuotoluvusta saatiin seuraavat tulokset.

	Keskimääräinen keskusmuotoluku							
	Tehdas			Yhteensä		Painotettu		
	1	2	3	\bar{x}	s	n	\bar{x}	
Tyvitukit	1,028	1,017	1,020	1,020	0,037	871	1,026	
Muut tukit	0,996	1,002	1,005	1,002	0,036	758	0,997	
Yhteensä	1,013	1,010	1,013	1,012	0,038	1629	1,013	

Tukkierän kuorettomasta keskusmuotoluvusta saatiin vastaavasti seuraavat tulokset.

	Tukkierän keskusmuotoluku					
	Tehdas			Yhteensä		Painotettu
	1	2	3	\bar{x}	\bar{x}	
Tyvitukit	1,028	1,019	1,019	1,020	1,027	
Muut tukit	0,995	1,001	1,004	1,001	0,996	
Yhteensä	1,015	1,012	1,013	1,013	1,015	

7. LATVAMUOTOLUKU

71. Latvamuotoluvun teoreettinen tarkastelu

Tärkeimpiä latvamuotolukuun vaikuttavia tekijöitä kannattaa tarkastella teoreettisesti, jotta voisi saada mielikuvan vaikutussuunnista ja suuruussuhteista. Lähtökohtana on jälleen katkaistun ympyräkartion muotoinen tukki, jonka pituus on L , kapeneminen eli läpimitan muutos pituusyksikköä kohti k sekä tyvestä mitatun läpimitan puolikas r_0 . Tällöin latvasta mitatun läpimitan puolikas $r_1 = r_0 - kL/2$. — Jäljempänä merkitään säteen eli läpimitan puolikkaan pienenemistä pituusyksikköä kohti luvulla z ($= 0,5 k$).

Katkaistun kartion tilavuus V on aiemmin todetun (kaava 1) mukaisesti

$$V = \frac{\pi L}{3}(r_0^2 + r_1^2 + r_0 r_1)$$

Kun otetaan huomioon em. tulos, että $r_1 = r_0 - zL$, saadaan sievennyksien jälkeen kaava (6).

$$(6) \quad V = \frac{\pi L}{3}(3r_0^2 - 3r_0 zL + z^2 L^2)$$

Latvatilavuus on määritelmän mukaan latvaläpimittaa vastaavan sylinterin tilavuus eli edellä olevia merkintöjä käyttäen kaavan (7) mukainen.

$$(7) \quad V_1 = \pi L(r_0^2 - 2r_0 zL + z^2 L^2)$$

Tilavuuksien V ja V_1 suhde on määritelmän mukaan latvamuotoluku (l_{ml}). Se on esitetty kaavana (8).

$$(8) \quad l_{ml} = \frac{3r_0^2 - 3r_0 zL + z^2 L^2}{3r_0^2 - 6r_0 zL + 3z^2 L^2}$$

Helposti havaitaan, että kaava (8) voidaan kirjoittaa myös muotoon (9).

$$(9) \quad l_{ml} = \frac{3r_1^2 + 3r_1 zL + z^2 L^2}{3r_1^2}$$

jossa r_1 on aiemmin todetun mukaisesti latvaläpimitan puolikas.

Kaavasta (9) voidaan välittömästi nähdä, että katkaistun kartion latvamuotoluku saa arvon 1, jos kapenemista ei lainkaan ole. Tällöin on todellinen tilavuus sama kuin latvatilavuus. Jos taas tukki kapenee niin paljon, että latvaläpimitta saa arvon 0, latvamuotoluku on äärettömän suuri.

Kapenemisen vaikutus käytännössä mahdollisella vaihteluvälillä on suuri. Jos tukin pituus on 4,9 m ja latvaläpimitta 23 cm, kapenemisen ollessa 0—20 mm/m (kaavassa (9) $z = 0$ —10 mm/m) saadaan seuraavan jaotelman mukaiset latvamuotoluvut.

Läpimitan kapeneminen mm/m	Katkaistun kartion latvamuotoluku
0	1,000
2	1,043
4	1,088
6	1,133
8	1,180
10	1,228
12	1,277
14	1,328
16	1,380
18	1,432
20	1,487

Kapenemisen lisäksi myös latvaläpimita vaikuttaa latvamuotolukuun. Kun tarkastellaan keskimääräistä tukkia, jonka pituus on 4,9 m ja kapeneminen 10 mm/m, saadaan kaavalla (9) seuraavat tulokset läpimitan vaikutuksesta.

Latvaläpimita cm	Katkaistun kartion latvamuotoluku
13	1,424
15	1,362
17	1,316
19	1,280
21	1,251
23	1,228
25	1,209
27	1,192
29	1,178
31	1,166
33	1,156
35	1,147

Voidaan näin ollen todeta, että tukin muodon pysyessä muuten samana latvamuotoluku pienenee latvaläpimitan kasvaessa.

Myös tukin pituus vaikuttaa latvamuotolukuun. Kun tarkastellaan tukkeja, joiden kapeneminen on keskimääräinen 10 mm/m sekä latvaläpimita 15 tai 23 cm, kaavalla (9) saadaan tukin pituuden vaikutuksesta seuraavat tulokset.

Tukin pituus m	Katkaistun kartion latvamuotoluku, kun latvaläpimita on	
	15 cm	23 cm
3,1	1,196	1,130
3,4	1,220	1,145
3,7	1,246	1,161
4,0	1,273	1,177
4,3	1,301	1,193
4,6	1,331	1,210
4,9	1,362	1,228
5,2	1,395	1,247
5,5	1,431	1,266
5,8	1,468	1,285
6,1	1,507	1,306

Pituuden kasvaessa latvamuotoluku siis kasvaa. Pituuden vaikutus on sekä absoluuttisesti että suhteellisesti sitä suurempi, mitä pienemmästä tukista on kysymys.

Edellä esitetyn mallin perusteella on luultavaa, että tukkien latvamuotoluku kasvaa kapenemisen lisääntyessä, latvaläpimitan pienentyessä sekä pituuden kasvaessa. Edellytyksenä on, että muut tarkastellut tekijät pysyvät muuttumattomina (*ceteris paribus*-malli).

Selvää on, etteivät tukit ole tarkasti katkaistun kartion muotoisia eivätkä muutokset toisistaan riippumattomia. Vaikutussuuntien voi kuitenkin olettaa pysyvän samoina.

72. Kuorellisten tukkien latvamuotoluvut

Tukkierän latvamuotoluvuista sekä latvamuotolukujen keskiarvoista saatiin seuraavat tulokset.

Tehdas	Tukkierän latvamuotoluku		Latvamuotolukujen		Tukkeja
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
1	1,239	1,251	0,107	284	
2	1,253	1,264	0,117	657	
3	1,262	1,278	0,124	688	
Yhteensä	1,254	1,268	0,119	1629	
Painotettu	1,242	1,254		1629	

Latvamuotolukujen keskiarvo on selvästi suurempi kuin tukkierän latvamuotoluku. Tilanne on siis päinvastainen kuin keskusmuotoluvuissa. Syynä on jäljempänä tarkasteltava latvamuotoluvun riippuvuus tukin asemasta ja järeydestä.

Tehtaan 3 aineistosta todettu latvamuotoluku poikkesi muiden tehtaiden alhaisemmasta latvamuotoluvusta. Ero muihin tehtaisiin on tilastollisesti merkitsevä. Ero johtuu pääasiassa siitä, että tehtaalla 3 tukit olivat pienempiä kuin muilla tehtailla, kuten aiemmin on jo todettu.

Käsillä olevan tutkimuksen latvamuotolukujen keskiarvo, 1,268, ei poikkea tilastollisesti merkitsevästi koivutukkiensa vastaavasta keskimääräisestä arvosta 1,273 (Heiskanen ja Salmi 1976, s. 35). Tämä on tärkeä havainto: jos jostakin syystä käytetään tukeittain mitattaessa yhtä ainoata latvamuotolukua, sekä koivulle että haavalle voidaan käyttää edellisen suureen aineistoon perustuvaa lukua 1,273.¹⁾

¹⁾ Tilastotieteellisesti tämä kanta on konservatiivinen, ts. kun haavan ja koivun eron todellisuudesta ei ole suurta varmuutta, käytetään koivun latvamuotolukua.

On kuitenkin kyseenalaista, missä määrin voidaan käyttää yhtä ainoaa latvamuotolukua tukin asemasta ja järeydestä riippumatta. — Ensinnäkin tyvitukki- ja muiden

tukki- ja latvamuotoluvut ovat erilaiset. Keskimääräisistä latvamuotoluvuista saatiin seuraavat tulokset. — Tyvitukki- ja muiden tukki-ero on merkitsevä.

	Keskimääräinen latvamuotoluku						
	Tehtas			\bar{x}	Yhteensä s	n	Painotettu \bar{x}
	1	2	3				
Tyvitukit	1,234	1,260	1,276	1,262	0,107	871	1,238
Muut tukit	1,270	1,269	1,281	1,274	0,131	758	1,270
Yhteensä	1,251	1,264	1,278	1,268	0,119	1629	1,254

Tukkierän latvamuotoluvusta saatiin vastaavasti seuraavat tulokset.

	Tukkierän latvamuotoluku						
	Tehtas			\bar{x}	Yhteensä \bar{x}	Painotettu \bar{x}	
	1	2	3				
Tyvitukit	1,230	1,252	1,259	1,251		1,233	
Muut tukit	1,255	1,256	1,267	1,260		1,256	
Yhteensä	1,239	1,253	1,262	1,254		1,242	

Kun käytännössä on usein hankala erottaa tyvitukkeja muista tukeista, kannattaa kokeilla pelkän latvaläpimitan selityskykyä. Aiemmin esitetystä kaavasta (9) voidaan päätellä, että kun regressioanalyyssissä käytetään ainoana selittäjänä latvaläpimittaa (ja sen muunnoksia), kannattaa kokeilla muunnoksina ainakin latvaläpimitan inverssiarvoa ja latvaläpimitan neliön inverssiarvoa.

Kun regressioanalyyssissä kokeiltiin lukuisia kiinteitä malleja ja sovellettiin vertailun vuoksi myös sokeaa valikoivan regressioanalyyssin tekniikkaa, kaikkien tehtaiden aineistoissa saatiin ainoaksi tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi läpimitan neliön inverssiarvo. Tehtaalla 1 selitysaste oli 21,9 %, tehtaalla 2 taas 18,1 % ja tehtaalla 3 puolestaan 26,7 %. Vakiotekijät ja regressiokertoimet olivat seuraavat, kun läpimita mitattiin senttimetreinä.

Tehtas	Vakiotekijä	Regressio-kerroin	t-arvo	F
1	1,119	65,94	8,9	79
2	1,135	63,87	12,0	145
3	1,117	66,76	15,8	250

Eri tehtaiden aineistosta saatiin siis likimäärin samanlaiset kuvaajat. Mielenkiintoista on myös todeta, että parhaat mallit saatiin teoreettisesti perustellun kaavan (9) avulla.

Taulukossa 6 on esitetty tehtaittaiset keskiarvot läpimittaluokittain sekä painotetut

ja tasoitetut arvot. Vertailun vuoksi on esitetty myös koivua koskevat tulokset (Heiskanen ja Salmi 1976).

Haavan ja koivun vertailu on mielenkiintoinen. Likimain kaikissa latvaläpimittaluokissa koko aineistoa koskeva keskiarvo on suurempi kuin vastaava koivua koskeva arvo. Sama koskee myös painotettuja lukuja, joissa heijastuu tehtaan 1 tukki-lyhyys. — Tämä on yllättävä tulos, kun koivutukit ovat haapatukkeja pitempiä ja latvamuotoluku kasvaa pituuden lisääntyessä. Toisaalta tämä on merkittävää myös siten, että keskimäärin koivun ja haavan latvamuotoluku on likimain sama, kuten aiemmin on todettu. Tämä johtuu haapatukki- suuremmasta järeydestä — aleneehan latvamuotoluku järeyden lisääntyessä. — Näin ollen voidaan todeta, ettei koivulle ja haavalle voida tarkkuuden kärsimättä käyttää samoja läpimittaluokittaisia latvamuotolukuja, vaikka keskitaso onkin sama.

Taulukko 6. Kuorelliset latvamuotoluvut.
Table 6. Top form factors of unbarked logs.

Latvaläpimitta Top diameter cm	Tehdas — Match factory			Yhteensä — Total			Painotettu Weighted \bar{x}	Tasoi- tettu Leveled 1) \bar{x}	Koivu Birch 2) \bar{x}
	1	2	3	\bar{x}	s	n			
13	..	..	1,408	1,408	0,176	10	1,408	1,427	1,414
15	1,496	1,361	1,444	1,442	0,133	43	1,469	1,407	1,352
17	1,345	1,328	1,354	1,343	0,136	208	1,343	1,365	1,304
19	1,299	1,338	1,293	1,311	0,115	305	1,303	1,314	1,280
21	1,254	1,279	1,260	1,266	0,112	257	1,257	1,267	1,252
23	1,228	1,232	1,239	1,235	0,092	229	1,229	1,236	1,235
25	1,231	1,242	1,222	1,233	0,087	208	1,232	1,221	1,221
27	1,214	1,221	1,212	1,217	0,083	129	1,215	1,214	1,208
29	1,208	1,221	1,206	1,213	0,079	81	1,209	1,202	1,198
31	1,182	1,213	1,211	1,207	0,080	63	1,186	1,190	1,189
33	1,188	1,201	1,204	1,200	0,067	34	1,190	1,185	1,181
35	1,182	1,187	1,207	1,189	0,055	25	1,183	1,194	1,173
37	1,191	1,191	1,182	1,189	0,086	18	1,191	1,219	..
39	1,306	1,131	1,173	1,164	0,075	9	1,281	1,250	..

1) Ks. Milne 1949, s. 278 — See Milne 1949, p. 278

2) Heiskanen ja Salmi 1976

Taulukon mukaan haavan ja koivun latvamuotolukujen ero on suurimmillaan pienissä tukeissa, alenee sitten pienimmilleen ja suurenee jälleen.

Edellä esitettyjä tuloksia yleistettäessä on oletettava, että kummallakin puulajilla tyvitukkien osuus on kussakin läpimittaluokassa suunnilleen sama kuin käsitellyissä aineistoissa. Tyvitukkien ja muiden tukkien latvamuotolukujen välillä on nimittäin systemaattinen ero vielä latvaläpimitan eliminoinnin jälkeenkin. — Haapaa koskevat latvaläpimittaluokkien latvamuotolukujen keskiarvot ja standardipoikkeamat olivat seuraavat.

Latvaläpimitta, cm	Latvamuotoluku			
	Tyvitukit		Muut tukit	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
15	1,459	0,144	1,416	0,113
17	1,350	0,136	1,340	0,136
19	1,314	0,107	1,309	0,120
21	1,267	0,096	1,266	0,125
23	1,247	0,092	1,216	0,090
25	1,241	0,080	1,216	0,097
27	1,232	0,073	1,174	0,095
29	1,216	0,080	1,206	0,077
31	1,221	0,069	1,174	0,096
33	1,214	0,058	1,162	0,079

Kokonaisuutena ottaen ero tyvitukkien ja muiden tukkien latvamuotoluvuissa on tilas-

tollisesti merkitsevä myös läpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen, ts. kun tarkastellaan eroja latvaläpimittaluokittain.

On mielenkiintoista todeta otantamenetelmien käytön kannalta, että sekä tyvitukeissa että muissa tukeissa latvamuotoluvun standardipoikkeama alenee järeymen kasvaessa. Samaan johtopäätökseen tullaan variaatio-kertoimen tarkastelussa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että suurten tukkien latvaläpimitaan perustuvassa tilavuuden mittauksessa voidaan päästä tarkempiin tuloksiin kuin pienten tukkien mittauksessa.

72. Kuorettomien tukkien latvamuotoluvut

Kun tukit mitataan latvaläpimitaan perustuen vasta kuorinnan jälkeen, tai jos halutaan selvittää kuoreton tilavuus kuoren alta mitatun latvaläpimitan avulla, tarvitaan tietoa kuorettomien tukkien latvamuotoluvusta. — Käsillä olevassa aineistossa saatiin seuraavat tulokset.

Tehdas	Tukkierän latvamuotoluku	Latvamuotolukujen		Tukkeja
		\bar{x}	s	
1	1,227	1,241	0,132	284
2	1,230	1,241	0,121	657
3	1,246	1,265	0,131	688
Yhteensä	1,236	1,252	0,128	1629
Painotettu	1,228	1,242	.	1629

Aiemmin esitetyt kuorellisten tukkien latvamuotoluvut ovat hieman suuremmat kuin

kuorettomat latvamuotoluvut. Ero on tilastollisesti merkitsevä tehtaalla 2 sekä koko aineistossa.

Otannan kannalta on mielenkiintoista todeta, että latvamuotolukujen standardipoikkeamat ovat kuorettomissa tukeissa suuremmat kuin kuorellisissa tukeissa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että otannalla päästään latvaläpimitaan perustuvassa mittauksessa tarkempaan tulokseen kuorellisesta kuin kuorettomasta tilavuudesta. — Kuten aiemmin on todettu, keskusläpimitaan perustuvassa mittauksessa tilanne on päinvastainen.

Myös kuorettomaan latvamuotolukuun vaikuttaa tyvitukkien osuus. Keskimääräisistä latvamuotoluista saatiin seuraavat tulokset.

	Keskimääräinen latvamuotoluku						
	Tehtas			\bar{x}	Yhteensä s	Painotettu n	Painotettu \bar{x}
	1	2	3				
Tyvitukit	1,218	1,223	1,249	1,233	0,116	871	1,220
Muut tukit	1,266	1,263	1,283	1,273	0,137	758	1,266
Yhteensä	1,241	1,241	1,265	1,252	0,128	1629	1,242

Vastaavasti saatiin tukkierän kuorettomista latvamuotoluista seuraavat tulokset.

	Tukkierän latvamuotoluku					
	Tehtas			Yhteensä \bar{x}	Painotettu \bar{x}	
	1	2	3			
Tyvitukit	1,212	1,219	1,233	1,223	1,213	
Muut tukit	1,252	1,250	1,267	1,257	1,252	
Yhteensä	1,227	1,230	1,246	1,236	1,228	

Kun tyvitukkien erottaminen muista tukeista on mittauksessa hankalaa ja jopa tulokinnanvaraista kuorettomien tukkien ollessa kyseessä, voidaan tarkastella myös pelkän latvaläpimitan selityskykyä aikaisemmin se-

lotetulla tavalla. Regressioanalyysistä saatiin hyvin samanlaisia tuloksia kuin kuorellisten latvamuotolukujen ollessa kyseessä.

Taulukossa 7 on esitetty latvaläpimitta- luokittain tehtaittaiset keskiarvot sekä ver-

Taulukko 7. Kuorettomat latvamuotoluvut.
Table 7. Top from factors of barked logs.

Latvaläpimita Top diameter cm 1)	Tehtas — Match factory			Yhteensä — Total			Painotettu Weighted \bar{x}	Tasoi- tettu Leveled 2)	Koivu Birch 3)	
	1	2	3	\bar{x}	s	n				\bar{x}
	\bar{x}									\bar{x}
13	..	..	1,417	1,417	0,164	10	1,417	1,420	1,373
15	1,457	1,367	1,439	1,435	0,133	43	1,446	1,396	1,336	
17	1,331	1,311	1,349	1,333	0,140	208	1,329	1,352	1,307	
19	1,288	1,317	1,293	1,301	0,118	305	1,292	1,299	1,256	
21	1,249	1,260	1,239	1,249	0,119	257	1,250	1,251	1,223	
23	1,206	1,210	1,217	1,212	0,092	229	1,207	1,218	1,224	
25	1,207	1,212	1,201	1,206	0,084	208	1,207	1,202	1,195	
27	1,195	1,188	1,194	1,192	0,079	129	1,194	1,196	1,203	
29	1,193	1,196	1,188	1,193	0,074	81	1,193	1,188	1,219	
31	1,300	1,193	1,198	1,214	0,196	63	1,284	1,180	1,198	
33	1,168	1,172	1,175	1,173	0,075	34	1,169	1,175	1,146	
35	1,175	1,157	1,179	1,166	0,062	25	1,173	1,184	1,158	
37	1,169	1,167	1,170	1,168	0,075	18	1,169	1,203	..	
39	1,294	1,133	1,149	1,157	0,082	9	1,271	1,225	..	

1) Kuorellinen — Over bark

2) Ks. Milne 1949, s. 278 — See Milne 1949, p. 278

3) Laskettu Heiskanen ja Salmén (1976, s. 10 ja 31) perusteella — Calculated from the study of Heiskanen and Salmén (1976, p. 10 and 31)

tailu vastaaviin koivua koskeviin lukuihin. Koivua koskevat tulokset on laskettu Heiskasen ja Salmen (1976, s. 10 ja 31) tutkimuksen perusteella. Tämän vertailun mahdollistamiseksi latvaläpimitta tarkoittaa kuorellista läpimittaa, vaikka tarkastelun kohteena onkin kuorettoman tukin latvamuotoluku.

Kun taulukon 7 tuloksia verrataan taulukon 6 tuloksiin, voidaan todeta kuorellisten latvamuotolukujen olevan hieman suurempia. Ero on suurimmillaan kuorellisen latvaläpimitan ollessa 23—27 cm. Tulos on tulkittava siten, että kuori lisää todellisen tilavuuden ja latvatilavuuden eroa ja suhteellisesti eniten keskijäreissä tukeissa.

74. Pituuden vaikutus latvamuotolukuun

Katkaistun kartion osalta on aiemmin jo todettu, että latvamuotoluku kasvaa pituuden lisääntyessä. Käytännössä vaikuttaa tämän puunmitausopillisen ilmiön lisäksi kaksi muuta tekijää. Toisaalta voidaan olettaa, että tukin pituuden lisääntyessä joudutaan siirtymään rungossa alaosaan enemmän kapenevalle osalle, ja tämä lisääntynyt kapeneminen näkyy latvamuotoluvun suurenemisenä. Mm. koivulla tämä ilmiö on havaittavissa siten, että tyvitukkien kapeneminen on vähäisempää kuin muiden tukkien (esim. Heiskanen ja Salmi 1976, s. 8). — Tekijä siis korostaa pituuden lisääntymisen vaikutusta. — Toisaalta voidaan olettaa, että hakkuumiehen käyttäytyminen hänen toimiessaan perinteellisten apteerausohjeiden mukaan vaikuttaa toiseen suuntaan. Runsaasti kapenevista rungoista tehdään lyhyitä tukkeja ja vähän kapenevista taas pitkiä. Ainakin koivulla on todettu, että mittauskerän keskipituuden kasvaessa kapeneminen pienenee (Heiskanen ja Salmi 1976, s. 9).

Aikaisemman tutkimustoiminnan perusteella on ilmeistä, että hakkuumiehen käyttäytyminen vaikuttaa muita tekijöitä vähemmän latvamuotoluvun suuruuteen. Esim. Nisula (1967) totesi lajittelemattomilla vanerikoivutukeilla, että erän keskipituuden noustessa myös latvamuotoluku suureni. Tämä väittäjä pätee myös silloin, kun tarkastellaan saman läpimitan omaavia tukkeja, ts. latvaläpimitan vaikutuksen eliminoinnin jälkeen (Rikkonen 1974, Heiskanen ja Salmi 1976). — Olettaa sopii,

että sama säännönmukaisuus pätee myös haapatukeissa.

Kun tarkastellaan regressioanalyysin avulla pituuden vaikutusta latvamuotolukuun, kaavan (9) mukaan kannattaa kokeilla selittävänä tekijänä pituuden ja latvaläpimitan suhdetta sekä em. suhteen neliötä. Kun erilaisia vaihtoehtoja kokeiltiin eri tehtaiden aineistoissa, käyttökelpoiseksi osoittautui yksinkertainen malli, jossa ainoana selittävänä tekijänä on pituuden ja latvaläpimitan suhde. Tehtaiden 2 ja 3 aineistoissa tällä mallilla saatiin suurin selitysaste, eikä myöskään tehtaan 1 aineistossa mallin selitysaste (27,2 %) poikennut kohtuuttomasti kahden selittävän tekijän mallin selitysasteesta (29,5 %). — Sokealla valikoivalla regressioanalyysillä ei löytynyt selitysasteeltaan parempia malleja.

Kun tukin pituus mitattiin desimetreinä ja latvaläpimitta senttimetreinä, regressioyhtälöistä saatiin seuraavan jaotelman mukaiset tulokset. — Kuten edellä on todettu, tehtaalla 1 selitysaste oli 27,2 %, tehtaalla 2 taas 38,7 % ja tehtaalla 3 puolestaan 39,0 %.

Tehdas	Vakio-tekijä	Regressio-kerroin	t-arvo	F
1	1,040	0,10977	10,3	105 (1,282)
2	1,008	0,11104	20,3	413 (1,655)
3	1,042	0,10061	21,0	439 (1,686)

Kun edellä olevia yhtälöitä verrataan aiemmin esitettyihin yhtälöihin, joissa selittävänä tekijänä oli vain läpimitta, mutta ei pituus, voidaan todeta pituuden huomattava vaikutus.

Esimerkiksi selitysasteesta saadaan seuraava jaotelmä.

	Regressioyhtälön selitysaste %		
	Tehdas 1	Tehdas 2	Tehdas 3
Ilman pituusmuuttujaa	21,9	18,1	26,7
Pituusmuuttuja mukana	27,2	38,7	39,0

Ilmeistä on, että latvamuotoluku on sellainen tunnus, jota on pyrittävä tarkastelemaan sekä läpimitan että pituuden suhteen muuttuvana suureena. Tässä suhteessa haapa ei poikkea esim. koivusta, jolla pituuden vaikutus on todettu huomattavaksi (esim. Heiskanen ja Salmi 1976, s. 15).

Kun edellä esitetyt regressioyhtälöt ovat kaikki samanmuotoisia, niistä saadaan yksinkertaisesti painottamalla painotettuja

keskiarvoja vastaava regressioyhtälö. Painotetuksi yhtälöksi saatiin (10).

$$(10) y = 1,0365 + 0,10966x, \text{ jossa}$$

y = latvamuotoluku
x = tukin pituuden (dm) ja kuorellisen latvaläpimitan (cm) suhde

Taulukossa 8 on esitetty yhtälöllä (10) saatavat arvot. — Jo mallin rakenteesta johtuu, että latvaläpimitan ollessa vakio tukin pituuden kasvaessa latvamuotoluku suurenee. Pituuden vaikutus latvamuotolukuun on suhteellisesti suurin pienissä tukeissa ja pienin suurissa.

Erityisesti pieniläpimittaisissa tukeissa voidaan pituuden vaikutusta pitää huomattavana. Esimerkiksi jos tukin pituus on 3,1 m ja latvaläpimita 19 cm, sen latvamuotoluku on likimain sama kuin 5,5 m pitkässä tukissa, jonka läpimita on peräti 33 cm. Toisin sanoen pituuden vaihtelusta voi aiheutua niin huomattavaa latvamuotolukujen vaihtelua, että se syrjäyttää olennaisesti latvaläpimitan vaikutuksen. Käytännössä tämä merkitsee mm. sitä, että keskipituusvaatimusten muuttuessa muotolukuja joudutaan tarkistamaan.

Puutavaran mittauksen kannalta on vertailu koivuun tärkeä. — Aiemmin on jo todettu, että tukkien erilaista pituutta huomioiden ottamatta haavan latvamuotoluvut ovat suuremmat kuin koivun. Sama johtopäätös on yleisesti ottaen tehtävissä myös samanpituisten tukkien tarkastelussa. H e i s k a s e n ja S a l m e n (1976, s. 36) esittämien tulosten mukaan koivun latvamuotoluvut ovat suuremmat kuin haavan vain hyvin lyhyissä tukeissa, jotka ovat läpimitaltaan erityisen pieniä tai erityisen suuria. Aina muulloin eli käytännöllisesti katsoen aina haavan latvamuotoluvut ovat suuremmat. — Tämä on johdonmukainen seuraus siitä, että haavan kapeneminen on suurempi kuin koivun, kuten aiemmin on jo esitetty (luku 4).

Taulukko 8. Eripituisten tukkien latvamuotoluvut kuorellisen latvaläpimitan mukaan. Yhtälöllä (10) tasoitettut arvot.

Table 8. Top form factors of logs of varying length and top diameter over bark. Levelled values.

Latvaläpimita Top diameter cm	Pituus, dm — Length, dm			
	31	34	37	40
13	1,299	1,323	1,349	1,374
15	1,263	1,285	1,307	1,329
17	1,236	1,256	1,275	1,295
19	1,215	1,233	1,250	1,267
21	1,198	1,214	1,230	1,245
23	1,184	1,199	1,213	1,227
25	1,172	1,186	1,199	1,212
27	1,162	1,175	1,187	1,199
29	1,154	1,165	1,176	1,188
31	1,146	1,157	1,167	1,178
33	1,140	1,149	1,159	1,163
35	1,134	1,143	1,152	1,162
37	1,128	1,137	1,146	1,155
	43	46	49	52
13	1,399	1,425	1,450	1,475
15	1,351	1,373	1,395	1,417
17	1,314	1,333	1,353	1,372
19	1,285	1,302	1,319	1,337
21	1,261	1,277	1,292	1,308
23	1,242	1,256	1,270	1,284
25	1,225	1,238	1,251	1,265
27	1,211	1,223	1,236	1,248
29	1,199	1,210	1,222	1,233
31	1,189	1,199	1,210	1,220
33	1,179	1,189	1,199	1,209
35	1,171	1,181	1,190	1,199
37	1,164	1,173	1,182	1,191
		55	58	61
13		1,500	1,526	1,551
15		1,439	1,461	1,482
17		1,391	1,411	1,430
19		1,354	1,371	1,389
21		1,324	1,339	1,355
23		1,299	1,313	1,327
25		1,278	1,291	1,304
27		1,260	1,272	1,284
29		1,244	1,256	1,267
31		1,231	1,242	1,252
33		1,219	1,229	1,239
35		1,209	1,218	1,228
37		1,200	1,208	1,217

8. TYVIPAISUMA JA MITTAUKSEN TARKKUUS

Kuten aiemmin on mainittu, kaikista tukeista mitattiin kuorellinen tyviläpimita sekä läpimitat 25, 75, 150, 250 jne. cm päässä tyvestä. Näin ollen on mahdollista esittää tuloksia siitä, kuinka haapatukkien tyvipaisu-

ma vaikuttaa mittaukseen. On huomattava, että käsillä olevan tutkimuksen aineistossa vaikuttavina tekijöinä ovat sekä tyvipaisu- sinänsä että se, kuinka työntekijä on reagoi- nut siihen ja valinnut kaatoleikkauksen.

Monissa metsänarvioimistieteellisissä tutkimuksissa tyvipaisumaa on tarkasteltu ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan suhteen (ks. esim. Laasasenaho ja Sevola 1971, Laasasenaho 1975), eikä ole varmaa, että kaatoleikkauskohta edes keskimäärin asettuisi tälle kohdalle.

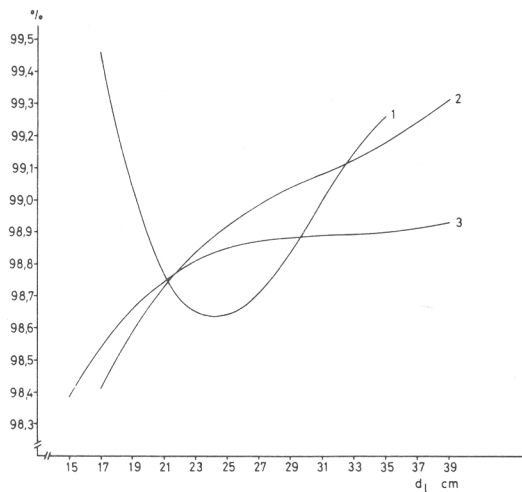
Tyvipaisuma vaikuttaa huomattavasti mm. erilaisten tilavuuden määrittämenetelmien tarkkuuteen. Mittaustutkimuksissa on yleisimmin käytetty Huberin kaavaa, jolloin tilavuutena on pidetty pätjän keskeltä mitatun poikkipinta-alan ja pituuden tuloa. Mm. tunnettuja Ilvessalon taulukkoja laadittaessa tyvipätkä on kuutioitu 0,5 m päässä tyvestä mitatun läpimitan perusteella (Ilvessalo 1947, s. 8), ts. 1 metrin pätjänä. Myöhemmin on tyvipaisuman vuoksi käytetty 0,5 m pätkeä tarkkuuden parantamiseksi (esim. Rikonen 1974). Tällöin läpimitta on mitattu 25 cm päässä tyvestä.

Haapatukeista tehtyjen mittausten mukaan Huberin kaava sovellettuna 0,5 m tyvipätkään aiheuttaa vielä tilavuuden aliarviointia. Jos tyvipätkän oikeana tilavuutena pidetään runkokäyrän integrointiin perustuvan menetelmän tulosta, aliarviointi oli koko aineistossa (tyvi- ja latvatukkeja erottelematta) 0,71 % tehtaalla 1, tehtaalla 2 taas 0,71 % ja tehtaalla 3 vastaavasti 0,64 % todellisesta 0,5 m tyvipätkän tilavuudesta. Koko tukin kuutiomäärästä ilmaisten virheet olivat näin ollen käytännöllisesti merkityksettömät ja suuruusluokaltaan alle 0,1 %.

Em. aliarvioinnin suuruus riippui tukin koosta. Kuvassa 15 esitettyjen tulosten mukaan aliarviointi oli aineiston osasta riippuen suurimmillaan latvaläpimitaltaan 27–35 cm olevissa tukeissa. Aliarviointi oli vähäisin pienissä tukeissa, koska suurin osa niistä oli muita kuin tyvitukkeja.

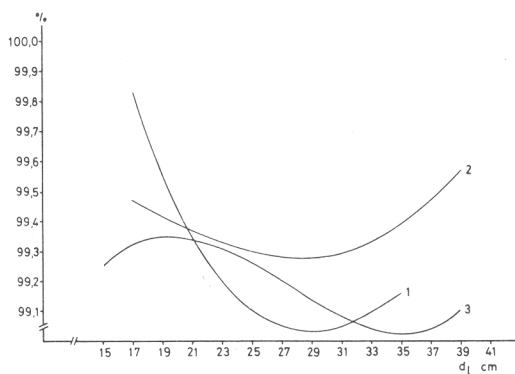
Tyvitukeissa aliarvioinnilla saattaa olla myös käytännöllistä merkitystä. Keskimääräinen aliarviointi oli yli 1 % 0,5 m pituisen tyvikappaleen tilavuudesta. Tehtaan 1 tyvitukeissa virhe oli suurimmillaan latvaläpimitaltaan 25 cm tukeissa. Muiden tehtaiden aineistossa virhe suureni jatkuvasti tukin pienetessä (kuva 16).

Taulukossa 9 on esitetty latvaläpimittaluokittain keskimääräiset läpimitat tyvestä sekä 25, 75, 150 ja 250 cm päässä siitä tyviläpimitan suhteen relatiivisina arvoina. — Pienissä tyvitukeissa kapeneminen 25, 75, 150 ja 250 cm päähän tyvestä on suhteelli-



Kuva 15. Huberin kaavalla lasketun 0,5 m pitkän tyvikappaleen tilavuus % tarkasta tilavuudesta ja sen riippuvuus tukin latvaläpimitasta tehtaittain. Tyvitukkeja ja muita tukkeja tarkastellaan yhdessä.

Fig. 15. Volume of butt piece (length 0,5 m) calculated by Huber's formula in per cent of the exact volume according to the top diameter of logs at various match factors. Butt and other logs are combined.



Kuva 16. Huberin kaavalla lasketun 0,5 m pitkän tyvikappaleen tilavuus % tarkasta tilavuudesta ja sen riippuvuus tukin latvaläpimitasta tehtaittain. Tyvitukit.

Fig. 16. Volume of butt piece (length 0,5 m) calculated by Huber's formula in per cent of the exact volume according to the top diameter of logs at various match factors. Butt logs only.

sesti voimakkaampaa kuin suurissa tyvitukeissa. Mahdollisesti tämä johtuu siitä, että kaatoleikkaus tehdään pieniin puihin alemmaksi kuin suuriin puihin. Joka tapauksessa juuri tästä voimakkaasta kapenemisesta johtuu, että edellä tarkasteltu tilavuuden arviointi on suurimmillaan pienissä tyvitukeissa.

Taulukko 9. Tyypillinen tyvitukkien tyven muoto eri latväläpimittaluokan tukeissa. Tehtaat 1, 2 ja 3.
 Table 9. Characteristic form of the butt of butt logs in various top diameter classes. Match factories 1, 2 and 3.

Muuttuja — Variable	Latväläpimittaluokka, cm — Top diameter class, cm									
	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
Havainnot — Number of observations	26	60	111	118	139	139	95	60	44	25
Tarkka latväläpimita, mm — Exact top diameter, mm	149	174	190	210	231	250	270	290	309	331
Tarkka tyviläpimita, mm Exact butt diameter, mm	235	256	273	290	316	337	366	387	418	439
Suhteelliset arvot Relative values										
Tyvi — Butt	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
25 cm tyvestä — from the butt	925	922	919	927	925	935	930	930	931	938
75 cm " "	868	865	871	879	873	885	878	883	875	890
150 cm " "	818	821	836	840	836	848	843	851	841	856
250 cm " "	779	780	795	802	789	806	805	811	800	820

9. OKSAISUUS JA PUUAINEEN TIHEYS

91. Tukkien oksaisuusluokat

Kuten aineiston selostamisen yhteydessä on mainittu, jokaisen tukin 1,5 m pitkstä tyvi-
 osasta arvioitiin silmävaraisesti yleinen oksaisuus. Jäljempänä tarkastellaan aineiston jakau-
 tumista neljään oksaisuusluokkaan, joiden määritelmät olivat seuraavat.

Oksaisuusluokka	Oksien ja kyhmy- jen sallittu kokonaismäärä, kpl		Oksien sallittu paksuus, mm	
	Terveet	Lahot	Terveet	Lahot
1	—	—	—	—
2	4	4	25	15
3	Ei rajoitusta	—	65	25
4	Ei rajoitusta	—	Ei rajoitusta	—

Haapatukkien oksaisuutta voidaan ennus-
 taa eräiden helposti todettavien tekijöiden
 perusteella. Tärkein laatuero oli ero tyvituk-
 kien ja muiden tukkien välillä. Parhaaseen
 oksaisuusluokkaan kuului tyvitukeista 79 %,
 mutta muista tukeista vain 5 %. Vastaavasti
 tyvitukeista kuului luokkiin 3 ja 4 vain 2 %,
 mutta muista tukeista 66 %.

Myös tehtaiden välillä oli eroja. Hyvälaa-
 tuisimmat tukit olivat tehtaalla 2 ja heikko-
 laatusimmat tehtaalla 1. Kaikkien tehtait-

ten väliset erot olivat tilastollisesti merkitse-
 viä. Kun tyvitukkeja ei eroteta muista tu-
 keista, saadaan seuraava jaotelmä. — Mitä
 pienempi oksaisuutta osoittava luku on, sitä
 parempi on laatu.

Tehdas	Tukkien keskim. oksaisuusluokka		Tukkeja
	\bar{x}	s	
1	2,03	0,94	284
2	1,82	0,92	657
3	1,94	0,93	688
Yhteensä	1,91	0,93	1 629

Tehtaiden väliset erot eivät selity tyvituk-
 kien osuuden erilaisuudesta, koska sama ok-
 saisuutta koskeva väittämä sopii myös erik-
 seen tyvitukeille ja muille tukeille. Erityisen
 vähän parhaaseen luokkaan kuuluvia tyvi-
 tukkeja oli tehtaalla 1 (taulukko 10).

Taulukko 10. Tukkien oksaisuusluokkajakauma.
Table 10. Knottiness classes of logs.

Tukkilaji Log type	Tehdas Match factory	Oksaisuus — Knottiness								Yhteensä Total	
		1		2		3		4		kpl	%
		kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%		
Tyvitukit Butt logs	1	100	67	43	29	4	3	2	1	149	100
	2	297	83	58	16	2	1	1	0	358	100
	3	293	80	64	18	5	1	2	1	364	100
	Kaikki—All	690	79	165	19	11	1	5	1	871	100
Muut tukit Other logs	1	3	2	37	28	84	62	11	8	135	100
	2	27	9	94	31	155	52	23	8	299	100
	3	4	1	91	28	210	65	19	6	324	100
	Kaikki—All	34	5	222	29	449	59	53	7	758	100
Yhteensä Total	1	103	36	80	28	88	31	13	5	284	100
	2	324	49	152	23	157	24	24	4	657	100
	3	297	43	155	23	215	31	21	3	688	100
	Kaikki—All	724	44	387	24	460	28	58	4	1 629	100

Oksaisuutta voidaan ennustaa myös latvaläpimitan avulla. Mitä järeämpi tukki on, sitä todennäköisemmin se on hyvälaatuinen ulkoisten laatutunnusten perusteella arvoitellen. Väittäjä pitää paikkansa myös silloin, kun tarkastellaan erikseen tyvitukkeja ja muita tukkeja.

Taulukosta 11 voidaan havaita, että tukit ovat lähinnä vain luokassa 1 järeämpiä kuin muissa laatuluokissa. Latvaläpimittojen ero laatuluokkien 1 ja 2 välillä oli tehtaalla 1 tyvitukeissa keskimäärin 21 mm, tehtaalla 2 vastaavasti 33 mm ja tehtaalla 3 taas 17 mm. Muiden kuin tyvitukkien erot olivat samaa suuruusluokkaa. Sen sijaan erot laatuluokkien 2, 3 ja 4 välillä olivat merkityksettömiä.

Taulukossa 11 esitetyt hajontaluvut eri luokissa viittaavat siihen, että hyvälaatuisia tukkeja löytyy sekä pienistä että suurista tukeista, mutta huonolaatuiset keskittyvät enemmän pieniin tukkeihin. Tätä ilmiötä kuvastaa hyvälaatuisten tukkien latvaläpimitan suurempi standardipoikkeama. Ero ei ole kuitenkaan käytännössä merkityksellinen siinä mielessä, että se eliminoisi mahdollisuuden käyttää latvaläpimittaa jakopuusteena eroteltaessa tukkeja eri oksaisuusluokkiin.

Itse asiassa tulokset viittaavat siihen, että raaka-aineen keskimääräistä laatua voidaan kohottaa huomattavasti suurentamalla haapatukkien minimiläpimittaa. Jos rajaksi otetaan 20 cm jaoteltaessa raaka-aine latvaläpi-

Taulukko 11. Eri oksaisuusluokkaa olevien tukkien keskimääräiset latvaläpimitat.
Table 11. Top diameters of logs of various knottiness classes.

Tukkilaji Log type	Tehdas Match factory	Oksaisuusluokka — Knottiness class					
		1		2		3 + 4	
		Tukkien läpimita, mm — Diameter of logs, mm					
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Tyvitukit Butt logs	1	244	49	223	46	227	42
	2	236	48	203	36	203	62
	3	211	55	194	52	196	36
Muut tukit Other logs	1	(190) ¹⁾	(57)	193	38	192	40
	2	226	59	196	46	197	46
	3	215	31	184	42	186	42
Yhteensä Total	1	242	49	209	45	194	39
	2	235	54	199	43	197	46
	3	211	55	188	46	186	41

1) Havaintoja vain 3 — Only 3 observations

mitan perusteella ”pikkutukkeihin” ja ”suuriin tukkeihin”, oksaisuuden perusteella arvostellen parhaista tukeista joutuu suurin osa suurien tukkien luokkaan ja heikomista tukeista taas yleensä pienempi osa. Eri tehtaiden aineistoista saadaan seuraavan jaotelman mukaiset tulokset (P = pikkutukki = latvaläpimitta alle 20 cm, L = suuri tukki = latvaläpimitta yli 20 cm).

Oksaisuus- luokka	Tehtas 1		Tehtas 2		Tehtas 3	
	Tukeista % pikkutukkeja ja suuria tukkeja					
	P	L	P	L	P	L
1	16	84	28	72	46	54
2	46	54	60	40	68	32
3+4	63	37	62	38	72	28

Jos jaottelu olisi tehty em. 20 cm latvaläpimitan mukaan, suurien tukkien keskimääräinen oksaisuus olisi ollut selvästi alhaisempi kuin pikkutukkien. Tätä ja vertailun aineiston keskimääräiseen oksaisuuteen esittää seuraava jaotelma.

	Tehtas 1	Tehtas 2	Tehtas 3
Pikkutukkien keskim. oksaisuus	2,68	2,26	2,29
Suurien tukkien keskim. oksaisuus	1,81	1,64	1,78
Nykyinen keskim. oksaisuus	2,03	1,82	1,94

Vastaavanlaisia tuloksia voidaan saada myös keskusläpimitan mukaan. Seuraavasta jaotelmasta voidaan laskea, millainen laadun paraneminen on saatavissa aikaan lisäämällä hyväksytyt tukin kokoa, kun koon tunnuksena käytetään keskusläpimittaa. — Itse asiassa keskusläpimitan käyttäminen minimikoon ilmaisemisessa on perustellumpaa kuin latvaläpimitan käyttäminen, koska tukin pituus vaikuttaa tunnukseen vähemmän. Edellytyksenä kuitenkin on, että luovutusmittaus tehdään käytännössäkin nykyisen mittaussäännön mukaisesti tukin keskeltä.

Keskus- läpimitta cm	Oksaisuusluokan osuus, % tukkien lukumäärästä				
	1	2	3	4	Yht.
17	45,4	36,4	18,2	0,0	100,0
19	26,0	32,0	39,3	2,7	100,0
21	28,5	26,7	42,9	1,9	100,0
23	30,8	32,0	33,0	4,2	100,0
25	48,4	20,3	26,8	4,5	100,0
27	52,7	22,4	19,9	5,0	100,0
29	62,4	15,0	18,1	4,5	100,0
31	61,3	15,0	18,3	5,4	100,0
33	63,0	17,8	16,5	2,7	100,0
35	74,3	11,4	11,4	2,9	100,0
37	71,4	14,3	8,6	5,7	100,0
39	87,5	0,0	12,5	0,0	100,0
Yht.	44,3	23,8	28,3	3,6	100,0

Edellä olevan perusteella on ilmeistä, että haapatukkien minimilatvaläpimittaa suurentamalla saadaan tukkien keskimääräinen oksaisuus alenemaan. Tämän toimen merkitystä ei kuitenkaan voida arvioida käsillä olevan tutkimuksen perusteella. Tiedossa ei nimittäin ole, missä suhteessa tukkien silmävaraisesti arvioitu oksaisuus on tuotteen tehdassaantoon ja valmistuskustannuksiin. Samoin ei ole voitu selvittää, missä määrin haapatukkien saatavuus kärsisi minimilatvaläpimitan kohottamisesta. Vaikutukset haapatukkien kokonaistilavuuteen lienevät kuitenkin pienet, kuten seuraava jaotelma osoittaa. — Tehtaita ei ole eritelty.

Sovellettu minimi- latvaläpi- mitta, cm	Haapatukkien kokonaistilavuuden aleneminen, %		
	Tyvitukit	Muut tukit	Kaikki
14	0,1	0,3	0,2
16	1,3	1,2	1,3
18	4,3	9,1	6,2
20	13,2	29,2	19,3

Jos siis minimilatvaläpimitta olisi ollut 20 cm, ts. 2 cm luokitusta käytettäessä pienimätkin tukit olisivat tulleet 21 cm luokkaan, käsillä olevan tutkimuksen aineistona oleva tukkien yhteinen tilavuus olisi pienentynyt 19,3 %. — On vaikea sanoa, millaiseksi tilanne muodostuisi käytännössä, koska minimilatvaläpimittaa kohotettaessa rajalla olevat tapaukset voidaan saada hyväksytyiksi tukeiksi niitä lyhentämällä. Jaotelman lukuja on näin ollen pidettävä lähinnä arvioina maksimaalisesta kokonaistilavuuden alenemisestä, kun mahdollista puunmyyntikäytännön muutosta ei ole otettu huomioon.

92. Oksaisuusluokituksen antama informaatio

Edellä analysoitu oksaisuusluokitus perustui siihen, että jokaisesta tukista todettiin tyvipäästä lukien 1,5 m matkalta oksaisuus. Tunnettua kuitenkin on, ettei oksaisuus yleensä pysy vakiona. Kun runkoa tarkastellaan tyvestä latvaan päin, alimpana on oksaton osa, joka muuttuu vähitellen yhä oksaisemmaksi. Tämän vuoksi myös yksittäisissä tukeissa oksaisuus lisääntyy latvaan päin.

Suurella osalla aiemmin kuvattua aineistoa mitattiin kuhunkin oksaisuusluokkaan kuuluvan tukin osan pituus. Tältä osin ai-

neiston määrä on seuraavan jaotelman mukainen.

	Tehdas			Yhteensä
	1	2	3	
Tyvitukkeja	112	270	364	746
Muita tukkeja	113	227	323	663
Yhteensä	225	497	687	1409

Taulukon 12 yläosassa on esitetty, millaista oksaisuutta on tyviosan perusteella neljään luokkaan ryhmiteltyissä tukeissa. Selkeyden vuoksi on kaikki alle 10 havaintoon perustuvat keskiarvot jätetty pois. Tyvitukkeja ja muita tukkeja tarkastellaan erikseen, koska mm. niiden pituus on yleensä erilainen. Lähes kaikki tyvitukit kuuluivat tyviosan perusteella arvostellen oksaisuusluok-

kiin 1 ja 2 sekä latvatukit tehdasta 2 luokunottamatta luokkiin 2, 3 ja 4. Taulukosta 9 voidaan havaita, että tyviosan perusteella ensimmäiseen oksaisuusluokkaan kuuluvilla tukeilla suurin osa tukin pituudesta on ensimmäistä oksaisuusluokkaa (54—68 %) tehtaasta riippuen. Toista oksaisuusluokkaa on 20—30 % tukin pituudesta ja kolmatta oksaisuusluokkaa vastaavasti 7—16 %. Varsinaista raakkiosaa (4. oksaisuusluokka) on hyvin vähän.

Vastaavasti voidaan todeta, että tyviosan perusteella oksaisuusluokkaan 2 kuuluvilla tukeilla valtaosa pituudesta kuuluu juuri toiseen oksaisuusluokkaan. Seuraavaksi eniten on kolmatta oksaisuusluokkaa, mutta myös ensimmäistä oksaisuusluokkaa on kes-

Taulukko 12. Tukkien keskipituus (cm) ja eri oksaisuus- ja laatuluokkaa olevien tukin osien pituus (% tukin pituudesta) eri oksaisuusluokkaa olevilla tukeilla. Tukin oksaisuusluokka on määritetty 1,5 m pituisesta pätkästä tukin tyvipäästä lukien.

Table 12. Average length of the logs (cm) and the length of the log parts (per cent of the total length) belonging to the various knottiness and quality classes. Knottiness class of each log is determined from the 1,5 m long butt part of the log.

Muuttuja — Variable	Tehdas Match factory	Tukin oksaisuusluokka — Knottiness class of the log							
		1		2		3		4	
		Tyvet Butts	Muut Others	Tyvet Butts	Muut Others	Tyvet Butts	Muut Others	Tyvet Butts	Muut Others
Tukkien pituus, cm	1	440	..	450	447	..	423	..	445
Length of logs, cm	2	545	469	526	512	..	492	..	528
	3	514	..	511	453	..	452	..	439
1. oksaisuusluokan pituus, %	1	68,1	..	17,2	1,4	..	0,7	..	0,0
Length of the 1st knottiness class, per cent	2	66,4	68,8	20,4	4,0	..	0,4	..	0,0
	3	53,7	..	20,5	1,0	..	0,1	..	0,0
2. oksaisuusluokan pituus, %	1	23,4	..	61,6	55,7	..	6,8	..	0,0
Length of the 2nd knottiness class, per cent	2	19,8	22,4	49,7	53,9	..	5,4	..	0,0
	3	30,0	..	57,0	55,0	..	4,5	..	0,0
3. oksaisuusluokan pituus, %	1	7,1	..	18,5	40,1	..	87,3	..	91,2
Length of the 3rd knottiness class, per cent	2	13,2	8,0	28,1	41,0	..	92,4	..	62,3
	3	15,8	..	21,6	38,2	..	85,2	..	61,4
4. oksaisuusluokan pituus, %	1	1,4	..	2,7	2,8	..	5,2	..	8,8
Length of the 4th knottiness class, per cent	2	0,6	0,8	1,8	1,1	..	1,8	..	37,7
	3	0,5	..	0,9	5,8	..	10,2	..	38,6
1. laatuluokan pituus, %	1	34,0	..	8,5	0,5	..	0,5	..	0,0
Length of the 1st quality class, per cent	2	28,0	37,8	10,5	3,8	..	0,2	..	0,0
	3	19,8	..	12,6	1,0	..	0,1	..	0,0
2. laatuluokan pituus, %	1	46,1	..	46,1	54,5	..	7,1	..	0,0
Length of the 2nd quality class, per cent	2	46,5	42,6	52,9	48,9	..	5,4	..	0,0
	3	52,5	..	53,9	55,0	..	4,5	..	0,0
3. laatuluokan pituus, %	1	6,9	..	15,6	36,2	..	80,1	..	51,3
Length of the 3rd quality class, per cent	2	9,3	7,0	20,2	36,2	..	79,6	..	42,7
	3	11,8	..	18,2	38,2	..	85,2	..	61,4
4. laatuluokan pituus, %	1	13,0	..	29,4	8,8	..	12,3	..	48,7
Length of the 4th quality class, per cent	2	16,2	12,6	16,4	11,1	..	14,8	..	57,3
	3	15,9	..	15,3	5,8	..	10,2	..	38,6

kimäärin lähes viidesosa tukin pituudesta. Neljättä oksaisuusluokkaa on vähemmän, mutta kuitenkin selvästi enemmän kuin ensimmäisen oksaisuusluokan tukeissa.

Kolmannen oksaisuusluokan tukeilla valtaosa tukin pituudesta kuuluu juuri tähän oksaisuusluokkaan, tehtaasta riippuen 85—92 %. Myös neljännen oksaisuusluokan tukeilla valtaosa pituudesta on kolmatta oksaisuusluokkaa, 61—91 %.

Edellä esitetyn perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että tukin tyviosasta todettu oksaisuusluokka antaa varsin johdonmukaisen kuvan yleisestä tukin oksaisuudesta. Raakitukkeja lukuunottamatta valtaosa tukin pituudesta kuuluu juuri tyviosan mukaiseen oksaisuusluokkaan.

Kuten aineiston kuvaamisen yhteydessä on mainittu, jokaisesta tukista todettiin oksaisuuden lisäksi myös muut laatuun vaikuttavat tekijät. Kaikkien tekijöiden perusteella tukit luokiteltiin neljään laatuluokkaan. Taulukon 12 alaosassa on esitetty, millaisia laatuluokkien osuuksia tukin pituudesta oli eri oksaisuusluokkaa edustavissa tukeissa, kun tämä oksaisuusluokitus perustui 1,5 metrin tyviosan tarkasteluun.

Taulukosta 12 voidaan todeta, että kaikissa oksaisuusluokissa on ollut sellaisia vikoja, jotka ovat alentaneet laatua oksaisuuden määrittelemästä laatuluokasta. Niinpä esimerkiksi ensimmäisen oksaisuusluokan tukeilla valtaosa tukin pituudesta on toista laatuluokkaa. Vastaavasti on oksaisuusluokissa 2, 3 ja 4 heikompien laatuluokkien osuus lisääntynyt.

Millaisia sitten ovat eri oksaisuusluokkien tukit?

Aiemmin on jo esitetty lukuja, joiden mukaan oksaiset tukit ovat usein pieniä, olivatpa tukit sitten tyvitukkeja tai muita tukkeja. Pituuserot ovat kuitenkin vähäiset tarkasteltaessa mainittuja tukkilajeja erikseen (taulukko 12).

On mielenkiintoista todeta, että tukin tyviosan perusteella määräytyvä oksaisuusluokka indikoi myös muita ominaisuuksia. Taulukossa 13 on esitetty eräitä keskiarvotuloksia. Alle 10 havaintoon perustuvat keskiarvot on jätetty pois havainnollisuuden vuoksi.

Taulukon 13 mukaan sekä tyvitukkien että muiden tukkien paksuimman oksan läpimitta suurenee yleisen oksaisuusluokan hei-

Taulukko 13. Eräiden muuttujien keskiarvot ja standardipoikkeamat eri oksaisuusluokkien tukeissa. Oksaisuusluokka on määritetty 1,5 m pituisesta pätkästä tukin tyvipäästä lukien.

Table 13. Means and standard deviations of some variables of the logs in various knottiness classes. Knottiness class of the log is determined from the 1,5 m long butt part of each log.

Muuttuja — Variable	Tehdas Match factory	Oksaisuusluokka — Knottiness class							
		1		2		3		4	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Tyvitukkien paksuin oksa, mm — <i>Thickest knot in butt logs, mm</i>	1	18	15	24	13	..	..	..	..
	2	24	16	32	13	..	..	..	..
	3	23	13	25	16	..	..	..	..
Muiden tukkien paksuin oksa mm — <i>Thickest knot in other logs, mm</i>	1	..	..	32	14	44	17	70	11
	2	27	25	35	12	46	13	68	9
	3	..	..	30	9	44	14	76	23
Tyvitukkien tyvikapeneminen, mm/m — <i>Taper from butt to mid-point in butt logs, mm/m</i>	1	32,8	11,9	26,5	11,8	..	..	..	..
	2	25,2	10,3	21,8	10,4	..	..	..	..
	3	25,8	10,7	24,2	9,1	..	..	..	..
Muiden tukkien tyvikapeneminen, mm/m — <i>Taper from butt to mid-point in other logs, mm/m</i>	1	..	..	8,4	2,8	11,6	6,2	14,5	8,1
	2	7,6	4,5	9,8	4,1	9,9	3,9	13,5	11,6
	3	..	..	8,5	2,9	11,1	4,6	22,6	11,6
Tyvitukkien latvakapeneminen, mm/m — <i>Taper from mid-point to top in butt logs, mm/m</i>	1	9,8	3,9	11,0	5,3	..	..	..	..
	2	9,2	3,5	9,5	4,4	..	..	..	..
	3	9,6	3,3	9,5	3,7	..	..	..	..
Muiden tukkien latvakapeneminen, mm/m — <i>Taper from mid-point to top in other logs, mm/m</i>	1	..	..	10,0	3,0	12,5	5,0	18,6	5,6
	2	8,2	4,2	9,0	3,5	10,6	4,3	14,0	5,8
	3	..	..	9,2	3,2	11,5	4,3	15,0	7,8

kentyessä.

Tämä on sängen ymmärrettävää. Johdonmukainen on myös se havainto, että tyvitukeissa paksuin oksa on pienempi kuin vastaava oksaisuusluokkaa olevissa muissa tukeissa.

Automaattisen lajittelun kannalta on mielenkiintoista todeta, että tukin latvakapenemisella (tukin keskusläpimitan ja latvaläpimitan ero) ja oksaisuudella on kohtalaisen selvä yhteys. Erot oksaisuusluokkien 1 ja 2 välillä ovat kuitenkin vähäiset. Selvästi muita kapenevampia ovat oksaisuusluokan 4 tukit. — Samat näkökohdat sopivat myös muiden kuin tyvitukkien tyvikapenemiseen (tukin tyviläpimitan ja keskusläpimitan ero).

Havainto kapenemisen ja oksaisuuden positiivisesta korrelaatiosta ei ole yllätys, onhan lukuisissa havupuu-tukkeja koskevissa tutkimuksissa havaittu sama ilmiö (esim. B o n s d o r f 1933, A l m q v i s t ja H a l l m a n s 1947, H e i s k a n e n 1954, G i s l e r u d 1974). Käytännöllinen merkitys automaattisen lajittelun kannalta saattaa kuitenkin olla vähäinen. Tähän viittaavat korkeat standardipoikkeaman arvot. Myös T i k a n (1955, s. 30) pienehköön aineistoon (219 runkoa) perustuvat, haapaa koskevat havainnot viittaavat siihen, että kapenemisen ja oksaisuuden korrelaatio on käytännössä heikko ja vaikeasti hyödynnettävissä.

93. Puuaineen kuiva-tuoretiheys

Keskimääräinen kairanlastuista määritetty tyvitukkien kuiva-tuoretiheys oli 391 kg/m³, kun tukin keskimääräisenä arvona pi-

dettiin rinnantasalta, tukin keskeltä ja 60 cm latvasta mitattujen arvojen keskiarvoa. Latvatukkien keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli 384 kg/m³, kun keskiarvona pidettiin tukin keskeltä mitattua arvoa. Tyvi- ja latvatukkien ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä (p = 0,001). — Tiheyden standardipoikkeama oli sama sekä tyvi- että latvatukeissa, 32 kg/m³. Näytteittäiset keskiarvotulokset on esitetty taulukossa 14.

Kun ikä, kasvupaikka ym. tekijät ovat vakioimattomia, on uskaliaista tehdä päätelmiä haavan tiheyden vaihtelumallista pelkästään taulukon 14 perusteella. Näyttää kuitenkin mahdolliselta, että järeissä haapapuissa tiheys aluksi laskee tyvestä latvaan päin, mutta alkaa uudelleen kohota latvatukin alueella. Tätä käsitystä tukevat alustavat havainnot pienemmistä haaparungoista (K ä r k k ä i n e n 1977, s. 199). Tässä suhteessa haapa poikkeaa mm. koivusta, jolla tiheys laskee tyvestä latvaan päin (J a l a v a 1945, K u j a l a 1946, H a k k i l a 1966). — Vertailuna mainittakoon, että haavan sukulaisista, poppeleista, ainakin eräillä lajeilla tiheys jatkuvasti lisääntyy tyvestä latvaan päin (O k k o n e n ym. 1972).

Ytimeistä pintaan päin tiheys näyttää haavalla yleensä lisääntyvän useimpien muiden puulajien tavoin. Poikkeuksena olivat kuitenkin rungon yläosasta otetut näytteet, joissa tiheys aluksi laskee ja sitten taas kohosi. Tiheyden kasvu ei kuitenkaan ole niin suuri kuin esim. koivulla. H a k k i l a n (1966, s. 40) esittämästä taulukosta voidaan laskea, että järeissä koivuissa tiheys kasvaa sisäosasta (10 % poikkipinta-alasta) pintaosaan

Taulukko 14. Kuiva-tuoretiheys eri etäisyyksillä ytimeistä ja kannosta. Kairanlastuaineisto.

Table 14. Basic density of wood of various distances from the pith and stump. Increment core material.

Etäisyys kantoleikkauksesta <i>Distance from the stump level</i>	Sisäosa <i>Inner part</i>	Keskiosa <i>Middle part</i>	Ulko-osa <i>Outer part</i>	Yhteensä <i>Total</i>
	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³ — Basic density, kg/m ³			
Rinnantasalla — <i>At breast height</i>	382	396	406	400
Tyvitukin keskellä — <i>At the mid-point of butt log</i>	371	383	402	391
60 cm tyvitukin latvasta — <i>60 cm from the top of butt log</i>	371	376	390	382
Latvatukin keskellä — <i>At the mid-point of top log</i>	382	376	388	382
60 cm latvatukin latvasta — <i>60 cm from the top of top log</i>	383	380	392	386

(50 % poikkipinta-alasta) noin 10 % niillä korkeuksilla, jotka vastaavat taulukossa 14 esitettyjä mittauskohtia. Sen sijaan haavalla tiheyden kasvu on rinnantasalla suuruusluokaltaan 6 %, tyvitukin keskellä 8 %, tyvitukin latvassa 5 % ja latvatukissa vain 2 %. Kun kummastakin puulajista tarkastellaan tukkipuun mitat täyttäviä osia, absoluuttinen ero on vielä suurempi, koska koivun tiheys on tällöin n. 110 kg/m³ suurempi kuin haavan tiheys.

Edellä esitetyt tulokset perustuvat kairanlastuista tehtyihin mittauksiin. Tunnettua kuitenkin on, että kairanlastuista saatavat tiheysarvot ovat vastaavista suuremmista runkokiekoista todettavia alhaisempia. Esim. H a k k i l a (1966, s. 26) luettelee joitakin tutkimuksia, joissa on saatu tällainen tulos. Hänen omassa tutkimuksessaan kiekkoista mitattu kuiva-tuoretiheys oli puulajista riippuen 14—18 kg/m³ suurempi kuin kairanlastuista mitattu tiheys.

Taulukossa 15 on esitetty, millaisia kuiva-tuoretiheyksiä saatiin tukeista leikatuista kiekkoista. Vertaamalla tiheysarvoja taulukon 14 vastaaviin arvoihin voidaan todeta, että kiekkoista mitattu tiheys on tarkastelukohtasta riippuen 7—18 kg/m³ suurempi kuin kairanlastuista todettu tiheys. Ero oli suurimmillaan tyvitukeissa.

Käytännössä on kiekkoista mitattuja tuloksia pidettävä luotettavampana kuin pienistä kairanlastuista saatuja. Osittain tämä johtuu siitä, että kairanlastujen mittaamisessa

on ilmeisesti systemaattisia virhelähteitä (ks. H a k k i l a 1966, s. 26). Toisaalta kiekko edustaa myös suurempaa puumäärää kuin kairanlastu.

Taulukkojen 14 ja 15 perusteella on mahdollista arvioida, että käytännössä voidaan tyvitukkien kuiva-tuoretiheytenä pitää arvoa 410 kg/m³ ja muiden kuin tyvitukkien arvona 390 kg/m³. — Mainittakoon, että J a l a v a n (1945) pienehkössä aineistossa haavan kuivatiheys oli 451 kg/m³, joka vastaa kuiva-tuoretiheyden arvoa 397 kg/m³, jos kutistuminen on 12 %. Samoin T h u n e l l i ja P e r e m (1952) ilmoittavat haavan kuivatiheydeksi 450 kg/m³. Yhteensopivuus em. tiedoilla on siis hyvä. — Kuivatiheyden muuntamismenetelystä on selostanut K ä r k k ä i n e n (1977, s. 150).

94. Puuaineen tuoretiheys sekä puuaineen ja kuoren kosteussuhde

Tehtailta kerätyn kiekkoaineiston perusteella oli mahdollista laskea puuaineen tuoretiheys sekä puuaineen ja kuoren kosteussuhde. Nämä arvot ovat ilmeisesti jonkin verran alempia kuin tuoreessa puutavarassa, koska kuivumista on voinut tapahtua puutavaran varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Lisäksi on huomattava, kuten aiemmin on jo mainittu, että tehtaiden väliset erot saattavat aiheutua vuodenaikojen välisestä kosteuden vaihtelusta. Tunnettua nimittäin on, että haavalla muiden lehtipuiden tavoin kos-

Taulukko 15. Kuiva-tuoretiheys haapatukeista leikatuissa kiekkoissa.
Table 15. Basic density of the disks taken from the aspen logs.

Etäisyys kantoleikkauksesta <i>Distance from the stump level</i>	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³ <i>Basic density, kg/m³</i>			
	Tehtas — <i>Match factory</i>			Yhteensä <i>Total</i>
	1	2	3	
Rinnantasalla <i>At breast height</i>	\bar{x} 406	404	416	409
	s 32	66	32	48
	n 69	94	90	253
60 cm tyvitukin latvasta <i>60 cm from the top of butt log</i>	\bar{x} 390	385	400	392
	s 35	33	30	33
	n 68	96	91	255
60 cm latvatukin latvasta <i>60 cm from the top of top log</i>	\bar{x} 398	384	398	393
	s 32	35	33	34
	n 45	76	101	222

Taulukko 16. Tuoretiheys eri etäisyyksillä kannosta olevissa kiekkoissa.
Table 16. Green density of disks at various distances from the stump level.

Etäisyys kantoleikkauksesta Distance from the stump level		Tuoretiheys, kg/m ³ — Green density, kg/m ³ Tehdas — Match factory			Yhteensä Total
		1	2	3	
Rinnantasolla At breast height	\bar{x}	846	780	847	828
	s	71	65	54	69
	n	65	59	86	210
60 cm tyvitukin latvasta 60 cm from the top of butt log	\bar{x}	829	765	826	815
	s	61	47	53	60
	n	63	36	82	181
60 cm latvatukin latvasta 60 cm from the top of top log	\bar{x}	840	754	808	810
	s	56	54	62	65
	n	38	18	68	124

Taulukko 17. Puuaineen kosteussuhde eri etäisyyksillä kannosta olevissa kiekkoissa.
Table 17. Moisture content of wood of disks at various distances from the stump level.

Etäisyys kantoleikkauksesta Distance from the stump level		Puuainekosteussuhde, % Moisture content of wood, % Tehdas — Match factory			Yhteensä Total
		1	2	3	
Rinnantasalla At breast height	\bar{x}	110	93	104	103
	s	16	13	11	15
	n	65	59	86	210
60 cm tyvitukin latvasta 60 cm from the top of butt log	\bar{x}	112	95	107	106
	s	15	15	14	16
	n	63	36	82	181
60 cm latvatukin latvasta 60 cm from the top of top log	\bar{x}	110	88	99	101
	s	13	11	15	16
	n	38	18	68	124

teus on puuaineessa suurimmillaan myöhään syksyllä ja talvella (esim. H a k k i l a 1962, s. 12). Näin ollen tehtaiden 1 ja 3 aineisto edustaa ilmeisesti kosteampaa puutarvan tilaa kuin tehtaan 2 aineisto, joka osittain saattaa olla peräisin lämpimältä vuodenajalta.

Edelleen on huomattava, että aineiston laboratorioskäsitelyn aikana kosteutta on edelleen voinut haihtua suoritetuista varotoimista huolimatta. Osa selvästi kuivaneesta materiaalista on jäljempänä esitetyistä taulukoista poistettu, mutta on mahdollista, että luvut ovat aineiston karsimisenkin jälkeen liian alhaisia. Tuoretiheyden ja kosteussuhteen tasosta taulukot antavat kuitenkin ainakin suuruusluokan.

Taulukossa 16 on esitetty tuloksia puuaineen tuoretiheydestä pienehkön aineiston perusteella. Odotusten mukaisesti tehtaalla 2 tuoretiheys on ollut alhaisin. — Kuten

aiemmin on mainittu, tämän tehtaan aineisto edustanee muita enemmän kasvukauden aikaisia oloja.

Taulukon mukaan tuoretiheys alenee hiukan tyvestä latvaan päin. Erot eivät kuitenkaan ole suuret. Käytännössä voidaan kaikille haapatukeille käyttää samaa tuoretiheyden arvoa. Keskimääräisenä lukuna voidaan pitää 815 kg/m³. Haavan tuoretiheys on siis hieman alhaisempi kuin kuusen tuoretiheys, joka on noin 830—890 kg/m³ (H a k k i l a ja R i k k o n e n 1970, L e i n o n e n 1972a, b, 1974).

Taulukossa 17 on esitetty puuaineen kosteussuhde eri etäisyyksillä kannosta olevissa kiekkoissa. Tehtaiden erot ovat samansuuntaiset kuin taulukossa 16. Rungon pituuden suuntainen vaihtelu on vähäinen, eikä mitään selviä eroja kosteussuhteessa näytä haavan tukkiosalla olevan. — Pienemmissä haaparungoissa on havaittu kosteuden ko-

hoavan tyvestä latvaan päin (H a k k i l a 1962), kuten yleensä lehtipuilla. Kosteussuhteen suuruusluokka, noin 100 %, vastaa kuitenkin H a k k i l a n esittämää.

Taulukossa 18 esitetty kuoren kosteussuhde oli suurin tehtaan 2 aineistossa. Tämä johtunee aiemmin todetun mukaisesti siitä, että tehtaan 2 aineisto edustaa muita enemmän kasvukauden aikaisia tuloksia. Tunnettua nimittäin on, että kasvukauden aikana kuoren kosteus on suurempi kuin muuna vuodenaikana. Puuaineen kosteussuhde käyttäytyy taas päinvastaisesti: kasvukauden aikana kosteussuhde on yleensä alhaisempi

kuin talvella. Tällaisia havaintoja on myös aiemmin tehty haavasta (H a k k i l a 1962), ja nyt saadut tulokset tukevat käsitystä.

Kuoren kosteuden vaihtelu rungon pituuden suunnassa on tyypillinen: kosteus kohosi kaikissa tapauksissa tyvestä latvaan päin. Erityisesti rinnantasalta mitatuissa arvoissa heijastunee kaarnan muodostuksen vaikutus. Kun sisäkuori on ulkokuorta kosteampaa ja kun sisäkuoren osuus kasvaa tyvestä latvaan päin, myös keskimääräinen kosteus lisääntyy samassa suunnassa.

Taulukko 18. Kuoren kosteussuhde eri etäisyyksillä kannosta olevissa kiekkoissa.
Table 18. Moisture content of bark of disks at various distances from the stump level.

Etäisyys kantoleikkauksesta <i>Distance from the stump level</i>	Kuoren kosteussuhde, % <i>Moisture content of bark, %</i>				
	Tehtas — <i>Match factory</i>			Yhteensä <i>Total</i>	
	1	2	3		
Rinnantasalla <i>At breast height</i>	\bar{x} s n	88 11 65	89 13 59	88 11 86	88 12 210
60 cm tyvitukin latvasta <i>60 cm from the top of butt log</i>	\bar{x} s n	105 13 63	114 18 36	111 16 82	110 16 181
60 cm latvatukin latvasta <i>60 cm from the top of top log</i>	\bar{x} s n	113 15 38	122 20 18	119 11 68	118 14 124

10. KÄYTÄNNÖLLINEN SOVELLUTUS PUUTAVARAN MITTAUKSEEN

Käsillä olevan tutkimuksen tärkein käytännöllinen tavoite oli saada aikaan haapatukkien mittausten menetelmä, joka perustuu tukin pituuden ja kuorellisen latvaläpimitan määrittämiseen. Taulukossa 8 on esitetty pääasialliset perusteet tilavuuslukujen laatimiseksi.

Taulukossa 8 esitettyjen tietojen lisäksi on erikseen otettava huomioon satunnaisen mittaussuunnan vaikutus läpimitan mitattaessa. Teoreettisin perustein on jo kauan tiedetty, että satunnaisessa suunnassa mitattu läpimita antaa liian suuren pölkyn tilavuuden, kun tukin poikkileikkaus on epäpyöreä ja täyttää tietyt ehdot (T i r é n

1929, M a t é r n 1956). Tämä on voitu todeta myös empiirisissä mittauksissa (K ä r k k ä i n e n 1976b). Viimeksi mainitun tutkimuksen mukaan voidaan arvioida, että satunnaisen mittaussuunnan aiheuttama yliarviointi on haapatukeissa noin 1,8 %. Näin ollen pienekö korjaus on tarpeen taulukon 8 pohjalta laadittaviin tilavuuslukuihin. — Kun tiedossa ei ole mm. läpimitan vaikutusta epäpyöreyyteen, vähennys joudutaan tekemään samansuuruisena kaikissa latvaläpimitaluokissa.

Erikseen on otettava huomioon myös läpimittojen luokittelusta aiheutuva virhe, jonka suuruus riippuu luokkavälistä ja läpimitto-

jen jakaumasta. — Pertovaara (1964) on ehdottanut, että tämän virheen suuruutta voitaisiin kuvata tarkastelemalla ympyrären- gasta, jonka leveys olisi luokkavälin suurui- nen. Esim. kahden senttimetrin läpimitta- luokitusta käytettäessä luokan 17 cm alaraja olisi 16 cm ja yläraja 18 cm kohdalla. Hel- posti voidaan todeta, ettei sisemmän ympy- rärenkaan pinta-ala ole yhä suuri kuin ulomman renkaan. Pertovaara (1964) on tämän havainnon perusteella johtanut kaavan, joka osoittaa, millä kohdalla ren- kaiden yhteisestä keskipisteestä lukien ympy- rärenkaiden pinta-alat ovat yhtä suuret. — Tulos on esitetty kaavana (11).

$$(11) \quad kk = \frac{2(r^2 + R^2)}{(r + R)^2}$$

jossa:

- kk = korjauskerroin, joka osoittaa oikean ja luokan keskipistettä vastaavan ympyröi- den pinta-alojen suhteen
 - r = pienempi säde (keskipisteestä piene- män ympyrärenkaan sisäreunaan)
 - R = suurempi säde (keskipisteestä suurem- man ympyrärenkaan ulkoreunaan)
- (Pertovaara 1964, s. 18).

Pertovaaran korjauskerroin kuvaa suuruusluokaltaan ja suunnaltaan syntyvän virheen suuruutta, mutta ei anna oikeaa tu- losta tilastotieteellisessä mielessä. — Jos ole- tetaan, että jokaisessa läpimittaluokassa ha- vainnot tukkien läpimitoista jakautuvat ta- saisesti, voidaan käyttää tasajakaumaa joh- dettaessa läpimittojen neliöiden (tai pinta- alojen) jakaumaa. Helposti voidaan osoittaa, että kun luokan alaraja on a ja yläraja b, läpimittojen neliöiden odotusarvo on kaavan (12) mukainen (Vasama ja Vartia 1971, s. 249).

$$(12) \quad \text{Odotusarvo} = \frac{a^2 + ab + b^2}{3}$$

Kaavan (12) osoittama arvo jaettuna luo- kan keskipistettä vastaavan läpimitan neliöl- lä on korjauskerroin, joka vastaa luonteel- taan kaavassa (11) esitettyä.

Kaava (12) voidaan kirjoittaa myös muo- toon (13), kun otetaan huomioon tasajakau- man varianssin kaava. Tätä voidaan käyttää hyväksi myös arvioitaessa virheen suuruutta muissa kuin tasajakaumissa (esim. Loetsch ym. 1973, s. 87).

$$(13) \quad \text{Odotusarvo} = \left(\frac{a+b}{2}\right)^2 + \frac{(b-a)^2}{12}$$

Käsillä olevaan tutkimukseen on vaikea soveltaa mitään korjauskerrointa, koska ai- neistona olevat haapatukit on tehty keskeltä mittausta varten. Näin ollen latvaläpimitto- jen jakauma ei vastaa sitä tilannetta, joka syntyisi tehtäessä tukkeja latvasta mittausta varten. Voi ainakin olettaa, että läpimitta- luokan alarajalla tukkien osuus lisääntyisi ja ylärajalla vähenisi. Korjauskerrointa ei voi- da laskea nykyisin käytettävissä olevan em- piirisen materiaalin pohjalta, koska se ilmei- sesti johtaisi virheelliseen tulokseen.

Itse asiassa läpimittaluokituksesta aiheu- tuvat korjauskertoimet voidaan laskea tar- kasti vasta sitten, kun latvaläpimitaan pe- rustuvaa mittaumenetelmää on jo sovellettu jonkin aikaa käytännön toiminnassa. — Tässä vaiheessa alustavat kertoimet perustu- vat kaavaan (11). Korjauksella on merkitystä vain pienissä tukeissa — esim. 15 cm läpi- mittaluokassa korjauksen suuruus (tilavuu- den kasvaminen luokan keskipisteeseen ver- rattuna) on 0,44 %.

Väärinkäsityksien välttämiseksi on vielä huomautettava, että läpimittaluokituksesta aiheutuva virhe on otettava erikseen huomi- oon juuri taulukossa 8, koska se perustuu regressioyhtälön käyttöön. Sellaiset taulu- kot, joissa on laskettu tuloksia alkuperäisistä havainnoista jotakin läpimittaluokitusta käyttäen, ovat soveliaita sellaisenaan ilman vastaavia läpimittaluokituksesta aiheutuvia korjauksia.

Taulukossa 19 on esitetty haapatukkien tilavuusluvut kuorellisen latvaläpimitan ja pituuden funktiona. Luvut perustuvat tau- lukkoon 8 ja edellä kuvattuihin poikkileik- kauksen epäpyöreystä ja käytetystä luok- kavälistä johtuviin korjaustermeihin.

Taulukossa 20 on esitetty vastaavasti tila- vuus pituusyksikköä kohti eli yksikkökuu- tioluvut. Näitä lukuja on helppo verrata koi- vun vastaaviin tuloksiin (Heiskanen ja Salmi 1976, s. 37). Mikäli tukit ovat ly- hyitä ja samalla pieni- tai suuriläpimittaisia, koivutukkien yksikkökuutioluvut ovat suu- remmat kuin haapatukkien vastaavat arvot. Muissa tapauksissa haapatukkien yksikkö- kuutioluvut ovat suuremmat. Erot eivät kui- tenkaan ole missään läpimitta- tai pituus- luokassa suuret.

Taulukko 19. Eripituisten tukkien tilavuus m³ kuorellisen latvaläpimitan mukaan.

Table 19. Volumes of logs of varying length and top diameter over bark, solid cubic meters.

Latvaläpimita Top diameter cm	Pituus, dm — Length, dm			
	31	34	37	40
13	0,0528	0,0590	0,0654	0,0721
15	0,0683	0,0762	0,0843	0,0927
17	0,0857	0,0955	0,1055	0,1158
19	0,1052	0,1170	0,1291	0,1415
21	0,1266	0,1407	0,1551	0,1698
23	0,1501	0,1666	0,1834	0,2007
25	0,1755	0,1946	0,2142	0,2341
27	0,2029	0,2248	0,2472	0,2700
29	0,2323	0,2572	0,2827	0,3085
31	0,2636	0,2918	0,3205	0,3496
33	0,2970	0,3286	0,3606	0,3932
35	0,3323	0,3675	0,4032	0,4394
37	0,3696	0,4086	0,4481	0,4882
	43	46	49	52
13	0,0789	0,0859	0,0931	0,1006
15	0,1012	0,1101	0,1191	0,1284
17	0,1264	0,1372	0,1482	0,1596
19	0,1542	0,1672	0,1805	0,1941
21	0,1849	0,2002	0,2159	0,2319
23	0,2182	0,2361	0,2544	0,2730
25	0,2543	0,2750	0,2961	0,3175
27	0,2932	0,3168	0,3409	0,3653
29	0,3348	0,3616	0,3888	0,4164
31	0,3792	0,4093	0,4398	0,4709
33	0,4263	0,4599	0,4940	0,5286
35	0,4762	0,5135	0,5514	0,5897
37	0,5288	0,5701	0,6118	0,6542
		55	58	61
13		0,1082	0,1160	0,1241
15		0,1379	0,1477	0,1576
17		0,1712	0,1830	0,1951
19		0,2079	0,2221	0,2365
21		0,2482	0,2648	0,2818
23		0,2920	0,3113	0,3310
25		0,3393	0,3615	0,3841
27		0,3901	0,4154	0,4411
29		0,4445	0,4730	0,5020
31		0,5024	0,5343	0,5668
33		0,5638	0,5994	0,6355
35		0,6287	0,6681	0,7081
37		0,6971	0,7406	0,7846

Taulukko 20. Eripituisten tukkien yksikkökuutioluvut m³/m kuorellisen latvaläpimitan mukaan.

Table 20. Unit volume values, m³/m, of logs of varying length and top diameter over bark.

Latvaläpimita Top diameter cm	Pituus, dm — Length, dm			
	31	34	37	40
13	0,0170	0,0174	0,0177	0,0180
15	0,0220	0,0224	0,0228	0,0232
17	0,0277	0,0281	0,0285	0,0290
19	0,0339	0,0344	0,0349	0,0354
21	0,0409	0,0414	0,0419	0,0425
23	0,0484	0,0490	0,0496	0,0502
25	0,0566	0,0572	0,0579	0,0585
27	0,0654	0,0661	0,0668	0,0675
29	0,0749	0,0757	0,0764	0,0771
31	0,0850	0,0858	0,0866	0,0874
33	0,0958	0,0966	0,0975	0,0983
35	0,1072	0,1081	0,1090	0,1099
37	0,1192	0,1202	0,1211	0,1220
	43	46	49	52
13	0,0183	0,0187	0,0190	0,0193
15	0,0235	0,0239	0,0243	0,0247
17	0,0294	0,0298	0,0303	0,0307
19	0,0359	0,0364	0,0368	0,0373
21	0,0451	0,0457	0,0461	0,0462
23	0,0531	0,0537	0,0539	0,0543
25	0,0591	0,0598	0,0604	0,0611
27	0,0682	0,0689	0,0696	0,0702
29	0,0779	0,0786	0,0793	0,0801
31	0,0882	0,0890	0,0898	0,0906
33	0,0991	0,1000	0,1008	0,1017
35	0,1107	0,1116	0,1125	0,1134
37	0,1230	0,1239	0,1249	0,1258
		55	58	61
13		0,0197	0,0200	0,0203
15		0,0251	0,0255	0,0258
17		0,0311	0,0316	0,0320
19		0,0378	0,0383	0,0388
21		0,0451	0,0457	0,0462
23		0,0531	0,0537	0,0543
25		0,0617	0,0623	0,0630
27		0,0709	0,0716	0,0723
29		0,0808	0,0816	0,0823
31		0,0913	0,0921	0,0929
33		0,1025	0,1033	0,1042
35		0,1143	0,1152	0,1161
37		0,1267	0,1277	0,1286

11. TULOSTEN TARKASTELUA

Haapatukkiaineiston heikkoutena on epäilemättä sen pienuus (1629 tukkia) esim. vanerikoivua koskeviin aineistoihin verrattuna. Haapatukki on kuitenkin suomalaisessa metsätaloudessa sivupuutavaralaji, jonka merkitys on valtakunnallisesti pieni. Tästä syystä ja korkeiden tutkimuskustannusten takia rajoittuminen pienehköön aineistoon voi olla paikallaan.

Myös aineiston edustavuudessa on puutteita. Kustannusten säästämiseksi aineisto on kerätty eri aikaan eri tehtailta. Vaikka aineisto pyrittiinkin saamaan edustavana näytteenä tehtaan raaka-ainevirrasta, tutkimusaineistoa ei voitu kerätä monen kuukauden aikana. Satunnaiset tekijät ovat voineet näin ollen vaikuttaa aineiston ominaisuuksiin, ja aineistoa on pidettävä pikemminkin poikkileikkauksena kuin pitkittäisleikkauksena raaka-ainevirrasta.

Aineiston pahin epäkohta on kuitenkin se, että pienen aineiston osa on kerätty eniten raaka-ainetta käyttävältä tehtaalta. Lisäksi eräs tehdas on jo lopettanut toimintansa aineiston keruun jälkeen. Aineiston epätydyttävästä jakautumisesta tehtaiden kesken on aiheutunut hankalan painotusmenettelyn käyttö.

Aineisto on kuitenkin niin mittava, että tutkimuksessa on voitu osoittaa lukuisia eroja koivutukkeihin nähden. Nämä erot ovat sellaisia, että mm. mittauksessa on haapatukkeihin aiheellista soveltaa omaa mittauskäytäntöä. Tulosten mukaan haapatukkien kapeneminen on suurempi kuin koivutukkien, järeys on korkeampi ja tukkien pituus alhaisempi.

Tutkimuksessa ehdotettu haapatukkien mittaamenetelmä perustuu kuorellisen latvaläpimitan ja pituuden määrittämiseen jokaisesta mitattavasta tukista. Kun pituuden vaikutus latvamuotolukuun on merkittävä,

tutkimuksessa on ehdotettu pituuden ja latvaläpimitan mukaan määräytyvien muuntolukujen käyttöä. Menetelmä on siis hankalampi kuin havutukeissa, joissa mittaustulosta tarvittaessa korjataan keskipituuskorjauksen avulla, mutta yhdenmukainen koivutukeille ehdotetun menetelmän kanssa. — Kun haapatukkerät ovat yleensä pieniä ja ilmeisesti epähomogeenisia, mittauseräkohtaisesti määräytyvän pituuskorjauksertoimen käyttö ei vaikuta onnistuneelta ratkaisulta.

Haapatukkien teknisistä ominaisuuksista saadut tulokset viittaavat siihen, että tukkien järeyttä voidaan käyttää indikoimaan oksaisuutta ja eräitä muita laatutunnuksia. Haapa on ilmeisesti sellainen puulaji, joka pystyy puhdistumaan oksistaan tyydyttävästi ja näin ollen tuottamaan nimenomaan järeäksi kasvaessaan korkealuokkaista raaka-ainetta. Tutkimuksessa ei ilmennyt mm. sellaista lahovikaisuutta, joka olisi viitannut puuaineen rappeutumiseen järeiksi kasvateissa haavoissa. — Toisaalta on otettava huomioon, että tukit ovat jo valikoitunutta haapa-aineistoa.

Käytännöllisten tulosten lisäksi tutkimuksessa voitiin tehdä mielenkiintoisia havaintoja mm. teoreettisten mallien käyttökelpoisuudesta mittaustutkimuksissa. Sekä keskusmuotolukua että latvamuotolukua tarkasteltiin teoreettiselta pohjalta pitämällä haapatukkia katkaistuna ympyräkartiona. Johdetut keskusmuotoluvun ja latvamuotoluvun kaavat osoittautuivat hedelmällisiksi regressioanalyysissä käytettyjen muuttujamuunnosten valinnassa. Ilmeistä on, ettei esim. valikoivan regressioanalyysin tekniikalla olisi päästy yhtä selkeisiin malleihin ja regressioyhtälöihin kuin teoreettiselta pohjalta lähtien päästiin.

12. TIIVISTELMÄ

Kolmen tulitikkutehtaan puuvarastolta kerättiin 1 629 haapatukkaa käsittävä aineisto. Tärkeimmät tulokset olivat seuraavat:

1. Tehtaiden välillä on eroja mm. tukkien keskipituudessa ja järeydessä, kapenemisessa ja hieman myös kuoripitoisuudessa.

2. Haapatukit ovat keskimäärin järeämpiä kuin koivutukit, mutta lyhyempiä. Tyvitukit ovat pidempiä kuin muut tukit. Haapatukkien kapeneminen on suurempi kuin koivutukkien. Tyvitukkien osuus on koivulla suurempi kuin haavalla.

3. Kuoren paksuus riippuu suoraviivaisesti läpimitasta. Keskimääräinen tyvitukkien kuoren osuus on 12 %, muiden tukkien 11 % ja keskimäärin 11,5 %.
4. Tyvitukkien keskusmuotoluku on 1,04, muiden tukkien 1,00 ja keskimäärin 1,02. Keskusmuotoluku on alhaisempi kuin koivulla. Riippuvuus läpimitasta on vähäinen.
5. Kuorettomien tukkien keskusmuotoluku on tyvitukeilla 1,03, muilla tukeilla 1,00 ja keskimäärin 1,01.
6. Tyvitukkien keskimääräinen latvamuotoluku on 1,24, muiden tukkien 1,27 ja keskimäärin 1,25. Ero koivuun on vähäinen keskimäärin. Latvaläpimittaluokittain tarkastellen haavan latvamuotoluvut ovat suuremmat kuin koivun. Latvamuotoluku riippuu selvästi läpimitasta ja pituudesta.
7. Kuorettomien tukkien keskimääräinen latvamuotoluku on tyvitukeilla 1,22, muilla tukeilla 1,27 ja keskimäärin 1,24.
8. Tyvitukkien tyviosan tilavuuden laskeamisessa Huberin kaavan käyttö aiheuttaa yli 1 % aliarvioinnin tilavuudessa, kun mitattavan pätjän pituus on 0,5 m.
9. Oksaisuus alenee tukkien järeyden kasvaessa sekä tyvitukeissa että muissa tukeissa.
10. Tyvitukkien puuaineen kuiva-tuoretiheys on noin 410 kg/m^3 ja muiden tukkien noin 390 kg/m^3 . Tehtaalla olevien haapatukkien tuoretiheys on noin 815 kg/m^3 .

KIRJALLISUUTTA

- ALATALO, K. 1977. Kuorimittarin tarkkuudesta kuoren mittauksessa. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 16:1—5.
- ALMQVIST, G. & HALLMANS, G. 1947. Redogörelse för undersökning av volymviktens och kvistförekomstens samband med avsmalning för massaved. Skogsstyrelsens expertkommitté för virkesmätning. S.D.A. Litt. Xu 16:1—56.
- BERGESTAD, L. 1929. Om tømmerets form i Lågen og Farris vassdrag. Summary: On the form of timber from the Laagen and Farris districts. Medd. Norske Skogforsøksv. 12:243—269.
- BLUMENTHAL, B.-E. 1942. Studier angående aspens förekomst och egenskaper i Finland. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen und die Eigenschaften der Espe in Finnland. Silva Fenn. 56:1—63.
- BONSDORF, A. J. 1933. Tukkipuiden laatuluokituksesta ja hinnoittelusta erinäisillä valtion asutustiloilla Kainuussa. Suomen Paperi- ja Puutavara-lehti 15(9):370—378, (10):412—418.
- BØRSET, O. 1952. Undersøkelser over ospetømmer. Summary: Investigations on aspen logs. Medd. Norske Skogforsøksv. 39:355—423.
- 1954. Kubering av osp på rot. Summary: Volume computation of standing aspen. Medd. Norske Skogforsøksv. 43:391—447.
- EKLUND, S. & WENMARK, G. 1925. Några undersökningar av aspskog. SkogsvFören. Tidskr. 23:80—104, 125—142.
- FINNE, B. 1973. Vanerikoivun tilavuussuhdemittauksia. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tutkimusselostus 116:1—16.
- GISLERUD, O. 1973. Diameterendringer hos ubarket gran- og furutømmer ved lagring. Summary: Diameter changes during storing of unbarked logs of Norway spruce and Scots pine. Tidskr. Skogbr. 81(4):447—459.
- 1974. En orienterende undersøkelse over sammenheng mellom skurlastkvalitet og avsmalning hos skurtømmer. Summary: A preliminary investigation on relation between lumber quality and taper of saw timber. Medd. Norsk Inst. Skogforsk. 31(6):241—270.
- HAKKILA, P. 1962. Kesäaikana valmistetun haapaperipuu kuivumisesta ja lahoamisesta. Summary: On the seasoning and decay of aspen pulpwood prepared in summertime. Commun. Inst. For. Fenn. 54(6):1—34.
- 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61(5):1—98.
- & RIKKONEN, P. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Summary: Spruce saw logs as raw material of pulp. Folia For. 92:1—16.
- HEISKANEN, V. 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Summary: Investigations into pine tree grading methods and their accuracy. Commun. Inst. For. Fenn. 44(1):1—132.
- & SALMI, J. 1976. Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot. Summary: Top form factors and unit volumes of birch logs. Folia For. 287:1—46.
- HOLMSGÅRD, E. & JAKOBSEN, B. 1970. Barktykkelser og barkprocenter for løv- og nåletraer. Summary: Bark thickness and bark percentage for hardwoods and conifers. Forstl. Forsøgsv. Danm. 32(3):265—294.
- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. Commun. Inst. For. Fenn. 34(4):1—149.
- JALAVA, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. Commun. Inst. For. Fenn. 33(3):1—66.
- KUJALA, V. 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. Commun. Inst. For. Fenn. 34(1):1—36.
- KÄRKKÄINEN, M. 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.
- 1976a. Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia. Summary: Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland. Folia For. 286:1—24.
- 1976b. Lisähavaintoja haapatukkien poikkipinta-alan mittaamisesta. Summary: Auxiliary observations on the measurement of the cross-sectional area of aspen logs. Silva Fenn. 10(4):257—265.
- 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. 442 s. Helsinki.
- LAASASENAHO, J. 1975. Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitästä. Summary: Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. Folia For. 233:1—20.
- & 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):1—87.
- LEINONEN, E. 1972a. Puutavaran mittausta kuorma- ja otantamenetelmillä. Summary: Measurement of timber by the load and sampling methods. Folia For. 144:1—38.
- 1972b. Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa. Summary: Green density sampling in sawlog scaling. Folia For. 145:1—15.
- 1974. Puunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta. Summary: Dry weight scaling based on chip samples. Folia For. 199:1—29.
- LOETSCH, F., ZÖHRER, F. & HALLER, K.E. 1973. Forest inventory. Volume II. 469 s. München — Bern — Wien. BLV Verlagsgesellschaft.

- MATERN, B. 1956. On the geometry of the cross-section of a stem. Sammanfattning: Om stamtvärnsnittets geometri. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 46(11):1—28.
- MESAVAGE, C. 1969. Measuring bark thickness. J. For. 67(10):753—754.
- MILNE, W.E. 1949. Numerical calculus. 393 s. Princeton. Princeton University Press.
- NISULA, P. 1967. Tutkimuksia vaneritukkien ja sorvipölkkyjen kuutio- ja painosuhteista. Summary: Studies on the relationships between the volume and weight in veneer logs and bolts for rotary cutting. Commun. Inst. For. Fenn. 63(1):1—87.
- NYLINDER, P. 1959. Om noggrannheten vid mätning med Ava mätställ. Summary: Investigation relating to the accuracy of measurement with an Ava measuring instrument. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 26:1—34.
- OKKONEN, A.E., WAHLGREN, H.E. & MAEGLIN, R.R. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. For. Prod. J. 22(7):37—42.
- OLESEN, P.O. 1971. The water displacement method. Arboretet Hørsholm For. Tree Improvement 3:3—23.
- PERTOVAARA, H. 1964. Tasapituisen paperipuun pinoitheids- ja kuutiointimittauksia Pohjois-Suomessa. Uittoteho Tied. 209:1—67.
- RIIKONEN, J. 1973. Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa. Summary: The volumetric shrinkage of pulpwood bark. Folia For. 174:1—13.
- RIKKONEN, P. 1974. Koivuvaneritukkien kuutiointi. Summary: Calculation of the volume of birch veneer logs. Folia For. 217:1—12.
- SALMINEN, T.J. 1968. Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella. Summary: On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on bark. Folia For. 51:1—30.
- SIMONOV, M.N. 1962. Nekotorye fizičeskie i mehaničeskie svojstva kory osnovnyh drevesnyh porod. Lesnoj Žurnal (5):133—139.
- THUNELL, B. & PEREM, E. 1952. Svenskt trä. 326 s. Stockolm. Strömbergs.
- TIKKA, P.S. 1954. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. I Rakenne. Summary: Structure and quality of aspen stands. I Structure. Commun. Inst. For. Fenn. 44(4):1—33.
- 1955. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. II Laatu. Summary: Structure and quality of aspen stands. II Quality. Commun. Inst. For. Fenn. 45(3):1—54.
- TIREN, L. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Resumé: Om grundyteberäkning och dess noggrannhet. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 25:229—304.
- VASAMA, P.-M. & VARTIA, Y. 1971. Johdatus tilastotieteeseen. Osa 1. 338 s. Ylioppilastuki ry.
- ÖSTLIN, E. 1963. Barkuppgifter för tall, gran, björk, m.fl. Del. I. Barkuppgifter för län, regioner. Summary: Bark data for pine, spruce, birch, etc. Part I. Bark data for provinces and regions. Rapp. Uppsats. Inst. Skogstaxering Skogshögsk. 5.

SUMMARY

Material consisting of 1 629 aspen (*Populus tremula*) logs was measured at three match factories in southern Finland. The most important results were as follows:

1. There were differences between factories as regards the average length, diameter, taper, and bark percentage of logs.
2. Aspen logs were shorter than birch logs at veneer mills, but their diameter was greater. Taper of aspen was also greater than that of birch. The proportion of butt logs was greater in birch than in aspen. — Butt logs were longer than other logs.
3. The effect of diameter on the thickness of the bark was linear. The average bark percentage was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and 11,5 on average.
4. The middle form factor of butt logs was 1,04, that of other logs 1,00 the average being 1,02. The middle form factors of birch are greater especially in butt logs. The effect of diameter was minor.
5. The corresponding middle form factors without bark were 1,03, 1,00, and the average 1,01.
6. The top form factor of butt logs was 1,24, that of other logs 1,27, and the average 1,25. The corresponding values for birch were of the same magnitude. However, in each diameter class the top form factors of aspen were greater than those of birch. — The effect of diameter and length of logs was great.
7. The corresponding top form factors without bark were 1,22, 1,27, and the average 1,24.
8. The underestimation arising through the use of Huber's formula was over 1 per cent in 0,5 m long butt section of butt logs.
9. Knotlines decreased as the diameter increased both in butt logs and other logs.
10. The basic density of the butt logs was about 410 kg/m³ and that of other logs about 390 kg/m³. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the mills.

ODC 523+526+812.31:176.1 *Populus tremula*
ISBN 951-40-0343-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.

A total of 1629 aspen logs were measured at three match factories in order to develop measurement methods and analyze technical properties. The results were compared with those of birch. — The diameter of the aspen logs was greater than that of birch, but the length was shorter. The taper was greater, and the proportion of butt logs smaller. The thickness of the bark was a linear function of diameter. The volume per cent of bark was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and the average 11.5. The middle form factor 1.02 was smaller than that of birch. The top form factor was on the average 1.25 which is greater than in birch. The effect of diameter and length on top form factor was great. The basic density was 410 kg/m³ in butt logs and 390 kg/m³ in the other. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the match factories.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 523+526+812.31:176.1 *Populus tremula*
ISBN 951-40-0343-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.

A total of 1629 aspen logs were measured at three match factories in order to develop measurement methods and analyze technical properties. The results were compared with those of birch. — The diameter of the aspen logs was greater than that of birch, but the length was shorter. The taper was greater, and the proportion of butt logs smaller. The thickness of the bark was a linear function of diameter. The volume per cent of bark was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and the average 11.5. The middle form factor 1.02 was smaller than that of birch. The top form factor was on the average 1.25 which is greater than in birch. The effect of diameter and length on top form factor was great. The basic density was 410 kg/m³ in butt logs and 390 kg/m³ in the other. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the match factories.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 523+526+812.31:176.1 *Populus tremula*
ISBN 951-40-0343-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.

A total of 1629 aspen logs were measured at three match factories in order to develop measurement methods and analyze technical properties. The results were compared with those of birch. — The diameter of the aspen logs was greater than that of birch, but the length was shorter. The taper was greater, and the proportion of butt logs smaller. The thickness of the bark was a linear function of diameter. The volume per cent of bark was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and the average 11.5. The middle form factor 1.02 was smaller than that of birch. The top form factor was on the average 1.25 which is greater than in birch. The effect of diameter and length on top form factor was great. The basic density was 410 kg/m³ in butt logs and 390 kg/m³ in the other. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the match factories.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 523+526+812.31:176.1 *Populus tremula*
ISBN 951-40-0343-8
ISSN 0015-5543

KÄRKKÄINEN, M. & SALMI, J. 1978. Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista. Summary: Studies on the measurement and technical properties of aspen logs. *Folia For.* 355:1—45.

A total of 1629 aspen logs were measured at three match factories in order to develop measurement methods and analyze technical properties. The results were compared with those of birch. — The diameter of the aspen logs was greater than that of birch, but the length was shorter. The taper was greater, and the proportion of butt logs smaller. The thickness of the bark was a linear function of diameter. The volume per cent of bark was 12 in the butt logs, 11 in the other logs, and the average 11.5. The middle form factor 1.02 was smaller than that of birch. The top form factor was on the average 1.25 which is greater than in birch. The effect of diameter and length on top form factor was great. The basic density was 410 kg/m³ in butt logs and 390 kg/m³ in the other. The green density of aspen logs was 815 kg/m³ at the match factories.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävydestä ja sen mittaamisesta.
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki: Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975.
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella.
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 315 Kanninen, Kaija: Palkkausmuodot ja niiden vaikutus metsätoissa.
Forms of remuneration and their influence on forest work.
- No 316 Mäkelä, Markku: Leimikoittainen metsätähdemäärä.
The amounts of logging residues and stump and root wood at certain work sites.
- No 317 Kaunisto, Seppo: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla.
Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs.
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.
- No 319 Ferm, Ari & Pohtila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa.
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiihonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla.
Massenermittlung am stehenden Holz und Stamzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavintturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonnossa.
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtiöt.
Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjontavuoteen 1985.
Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.
Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mieliopiteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä.
Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.

- 1978 No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great willow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittausmahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.