

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA  
FORESTALIA FENNICA

80

ARBEITEN DER  
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN  
GESELLSCHAFT  
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE  
SOCIETY OF FORESTRY  
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA  
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE  
DE FINLANDE

HELSINKI 1966

**Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin yleensä käsittää useampia tutkimuksia.

SILVA FENNICA. Sisältää etupäässä Suomen metsätaloutta käsitteleviä kirjoitelmia ja pienehköjä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin.

**Finska Forstsamfundets publikationsserier:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Innehåller vetenskapliga undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland och dess grunder. Banden, vilka icke utkomma periodiskt, omfatta i allmänhet flere avhandlingar.

SILVA FENNICA. Omfattar uppsatser och mindre undersökningar rörande huvudsakligen skogshushållningen i Finland. Utkommer icke periodiskt.

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA  
FORESTALIA FENNICA

80

ARBEITEN DER  
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN  
GESELLSCHAFT  
IN FINNLAND

PUBLICATIONS OF THE  
SOCIETY OF FORESTRY  
IN FINLAND

PUBLICATIONS DE LA  
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE  
DE FINLANDE

HELSINKI 1966



**Acta Forestalia Fennica 80.**

1. **Jaakko Meriluoto:** Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään ja laatuun ..... 1—105  
Summary: The influence of raw material factors on the quantity and quality of rotary cut birch veneer ..... 106—131  
Taulukot — Tables ..... 133—155
2. **Veijo Heiskanen:** Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä ..... 1— 58  
Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands ..... 59— 62
3. **Veijo Heiskanen:** Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa ..... 1—119  
Summary: Studies on the defects of birch, their influence on the quality and quantity of rotary cut veneer, and their consideration in veneer birch grading ..... 120—128

RAAKA-AINETEKIJÖIDEN VAIKUTUS SORVATUN  
KOIVUVIILUN MÄÄRÄÄN JA LAATUUN

JAAKKO MERILUOTO

*SUMMARY:*

*THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL FACTORS ON THE QUANTITY AND  
QUALITY OF ROTARY CUT BIRCH VENEER*

HELSINKI 1965



OIKAISUJA — ERRATA

Sivu Page	Rivi Lane	On In place of	Pitää olla Read
22	26	läpimitta $d_4$ noin	läpimitta ( $d_4$ ) noin
38	21	Kuva esittää	Kuva 12 esittää
76	kuva 45	taul. 21 4. koko	taul. 20 4. koko
87	16	sattuu 96 %	sattuu yli 95 %
98	5	80—120 °F	80—160 °F
100	31	A-B S-BB-WG	A-B-S-BB-WG
105	33	Oberflächengestalt	Oberflächengestalt
119	2	40 to 120°percent	40 to 120 per cent
126	38	80 to 120 °F	80 to 160 °F

Alkusanat

Vanerin valmistuksella on vankka asema maamme metsäteollisuuden piirissä. Suomalainen koivuvaneri tunnetaan kaikkialla. Tämän aseman säilyttäminen kovassa kilpailussa vaatii jatkuvia ponnistuksia. Tuotannon kaikkien tekijöiden tunteminen on onnistumisen edellytyksenä. Eräänä tärkeänä tekijäryhmänä vanerin peruselementin viulun valmistuksessa ovat raaka-aineen erilaiset ominaisuudet. Niiden vaikutusta koivuviulun määrään ja varsinkin laatuun on verrattain vähän tutkittu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on osaltaan auttaa kyseessä olevan alueen peruskartoitusta ja tuoda välitöntä hyötyä vaneriteollisuudellemme. Haluan kiittää prof. EERO KIVIMAATA, joka erikoisesti tutkimukseni kirjoitus- ja viimeistelyvaiheessa on antanut minulle paljon arvokkaita ohjeita. Samoin kiitän prof. ERKKI NISKASTA saamistani neuvoista. Edelleen kiitän Fennia Faneri Oy:tä ja yli-insinööri ARNE R. LINDROOSIA. Hänen osuutensa tutkimusmahdollisuuksien luomisessa mainitun yhtiön tehtaalla Lahdessa on ollut ratkaiseva ja merkinnyt työlleni myös huomattavaa taloudellista tukea.

Suomen Metsätieteellisen Seuran sekä valtion teknillistieteellisen toimikunnan tutkimustani varten myöntämät apurahat ovat tehneet mahdolliseksi tarpeellisten välineiden hankinnan ja työn eri vaiheissa tarvittavan aputyövoiman käytön. Kiitän Seuraa ja varsinkin apul. prof. VEIJO HEISKASTA myös painatus-työn arvokkaasta tukemisesta. — Mainitun toimikunnan avustamana olen myös voinut tutustua alan tutkimuksiin Tukholmassa, Reinbek'issa ja Münchenissä, josta haluan toimikuntaa kiittää.

Tutkimustyössä on ollut mukana lukuisa joukko apulaisia, joille kaikille esitän parhaat kiitokseni. Heidän joukostaan haluan erikoisesti mainita insinööri KEIJO TOLVASEN ja teknikko REINO HIETASEN, jotka ovat kiitettävällä tavalla työskennelleet koesuoritusten suunnittelussa ja toteuttamisessa sekä tehtaalla että laboratoriossa samoin kuin koetuloksia esittävien piirroksien laatimisessa.

Ansiokkaan valokuvaustyön ovat suorittaneet dipl.ins. PEKKA PAAVOLA ja maisteri TIMO SETÄLÄ.

Englanninkielisen tiivistelmän sekä kuva- ja taulukkotekstien käännoistyön on tehnyt dipl.ins. BEN LINDÉN, jolle myös osoitan parhaat kiitokseni.

Lahti, tammikuussa 1965

Jaakko Meriluoto

## Sisällysluettelo

	Sivu
Luettelo käytetyistä merkinnöistä .....	6
1 Johdanto .....	9
2 Tutkimuksen tarkoitus, raaka-ainetekijöiden määrittely sekä viilun määrään ja laatuun liittyvät kriteerit .....	13
21 Tutkimuksen tarkoitus .....	13
22 Raaka-ainetekijät .....	13
23 Määrällinen tulos ja häviöt .....	15
24 Viilun laadun kriteerit .....	15
3 Tutkimuksen suoritus .....	17
31 Koeaineiston määrä ja valinta .....	17
32 Ympäristö-olosuhteet tutkimuksen kenttätöön aikana .....	19
33 Sorvit ja käytetty asete .....	19
34 Sorvausvaiheen mittaukset .....	21
35 Viilun mittaukset tehtaalla .....	23
36 Viilun mittaukset laboratoriossa .....	24
37 Tutkimuksen erikoisosa .....	31
4 Tulosten laskenta ja esitys .....	34
41 Saanto ja häviöt .....	34
42 Laadullinen tulos .....	34
43 Tulosten esitystapa .....	35
44 Tulosten luotettavuus .....	36
5 Tutkimustulokset .....	38
51 Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään .....	38
511 Sorvipöllin koko .....	38
5111 Hyvälaatuiset pöllit .....	38
5112 Lajittelemattomat pöllit .....	40
5113 Oksaiset pöllit .....	40
5114 Havainnot .....	42
512 Sorvipöllin muoto .....	45
5121 Lengot pöllit .....	46
5122 Kartiokkaat pöllit .....	46
5123 Soikeat pöllit .....	47
5124 Muotovirheiden yhteisvaikutus .....	49
5125 Havainnot .....	51
513 Muut raaka-ainetekijät .....	55
5131 Oksien lukumäärä ja koko .....	55
5132 Pöllin lämpötila ja kosteus .....	57
5133 Hankinta-, kuljetus- ja varastointitekijät .....	58
5134 Havainnot .....	58
52 Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun laatuun .....	59
521 Sorvipöllin koko .....	59
5211 Hyvälaatuiset pöllit .....	60
5212 Lajittelemattomat ja oksaiset pöllit .....	60
5213 Havainnot .....	60
522 Sorvipöllin muoto .....	63
5221 Lengot pöllit .....	63
5222 Kartiokkaat pöllit .....	64
5223 Soikeat pöllit .....	64
5224 Muotovirheiden yhteisvaikutus .....	66
5225 Havainnot .....	66
523 Muut raaka-ainetekijät .....	68
5231 Oksien lukumäärä ja koko .....	68
5232 Pöllin lämpötila .....	68
5233 Pöllin kosteus .....	71
5234 Hankinta-, kuljetus- ja varastointitekijät .....	72
5235 Havainnot .....	72
524 Muita havaintoja viilun laadusta .....	75
5241 Viilun paksuusvaihtelu .....	75
5242 Viilun karkeuslaajuus .....	76
5243 Viiluarkin eri osien karkeus .....	77
5244 Viiluarkin reunahalkeamat .....	78
5245 Viilun kireys .....	78
5246 Laatukriteerien keskinäiset riippuvuussuhteet .....	79
525 Tutkimuksen erikoisosa .....	80
5251 Vuosirengaslevyden ja kesäpuusadanneksen vaikutus viilun laatuun ..	81
5252 Laatu viilumaton eri osissa .....	83
5253 Laatukriteerien riippuvuussuhteet, tulosten jakautumat ja hajonta sekä tutkimusaineiston jakautumia .....	83
5254 Havainnot .....	86
526 Erikoishavaintoja viilun karkeudesta, sorvaushalkeamista ja paksuudesta ..	88
5261 Viilun karkeus .....	88
5262 Sorvaushalkeamat .....	89
5263 Viilun paksuus .....	94
6 Vertailuja aikaisempiin tutkimustuloksiin .....	95
61 Määrällinen tulos .....	95
62 Laadullinen tulos .....	97
7 Tiivistelmä .....	100
Kirjallisuusluettelo .....	105
English Summary .....	106
Taulukot .....	133



**Luettelo käytetyistä merkinnöistä**

Ta	Talvella kaadettu raaka-aine; kuljetettu maitse
Ra	Rasiin kaadettu raaka-aine; kuljetettu maitse
U <sub>1</sub>	Uitettu raaka-aine; alle 2 kk vedessä
U <sub>2</sub>	» » ; 2—12 kk »
U <sub>3</sub>	» » ; yli 5 v » ; pohjapuu
Hy	Hyvälaatuiset pöllit
Ju	Lajittelemattomat pöllit
Ok	Oksaiset »
E	Erikoissarjat; 5 × 5 pöllää
l	Pöllin pituus (myös viiluarkin pituus)
d	» halkaisija (kuoren päältä)
d <sub>s</sub>	» suurempi halkaisija keskellä
d <sub>p</sub>	» pienempi » »
d <sub>1</sub>	» tyvipään »
d <sub>2</sub>	» latvapään »
d <sub>3</sub>	» halkaisija kuorinnan ja pyörityksen jälkeen
d <sub>4</sub>	Purilaan halkaisija
s <sub>p</sub>	Pöllin lenkous; sivuviivapoikkeama
Le 1...	» lenkousluokat
Ka 1...	» kartiokkuusluokat
So 1...	» soikeusluokat
La III...	» yleislaatuluokat
OK 1...	» oksaisuusluokat
t	» lämpötila
u	» kosteus
ρ	» tilavuuspaino
vr	Puun vuosirengasleveys
kp	» kesäpuusadannes
kp > 15	» » ; yli 15 % (osuus)
kp < 15	» » ; alle 15 % (osuus)
S <sub>1</sub>	Saanto; ehjät arkit
S <sub>2</sub>	» ; saumauskappaleet
S <sub>3</sub>	» ; pääleikattavat kappaleet
S	Kokonaissaanto
H <sub>1</sub>	Häviö; kuorinta ja pyöritys
H <sub>2</sub>	Häviö; purilas
H <sub>3</sub>	» ; leikkausjäte
H	Kokonaishäviö
b	Viiluarkin leveys
a	Viilun paksuus märkänä
a <sub>c</sub>	» » arkin keskellä
a <sub>x</sub>	» » » reunassa
a <sub>k</sub>	» » kuivana

**List of Symbols Used in the Text**

	<i>Timber felled in winter; transported by land.</i>
	<i>Timber felled in summer and left to dry with leaves on; transported by land.</i>
	<i>Floated timber; under 2 months in water.</i>
	<i>Floated timber; 2 to 12 months in water.</i>
	<i>Floated timber; over 5 years in water; waterlogged trunks.</i>
	<i>Bolts of good quality</i>
	<i>Unsorted bolts</i>
	<i>Knotty bolts</i>
	<i>Special series; 5 × 5 bolts</i>
	<i>Bolt length (also length of veneer sheet)</i>
	<i>Bolt diameter (over bark)</i>
	<i>Larger diameter of bolt at the middle point.</i>
	<i>smaller diameter of bolt at the middle point.</i>
	<i>Butt-end diameter of bolt.</i>
	<i>Top-end diameter of bolt.</i>
	<i>Bolt diameter after bark stripping and rounding.</i>
	<i>Core diameter.</i>
	<i>Bolt crookedness; straight line deviation.</i>
	<i>Class of bolt crookedness.</i>
	<i>Class of bolt taper.</i>
	<i>Class of bolt ovalness.</i>
	<i>Class of over-all bolt quality.</i>
	<i>Class of bolt knottiness.</i>
	<i>Bolt temperature.</i>
	<i>Bolt moisture content.</i>
	<i>Specific gravity of wood.</i>
	<i>Width of annual growth rings in the wood</i>
	<i>Percentage of summerwood in the wood.</i>
	<i>Per cent of wood material with more than 15 per cent summerwood.</i>
	<i>Per cent of wood material with less than 15 per cent summerwood.</i>
	<i>Yield; full size sheets.</i>
	<i>Yield; jointing sheets.</i>
	<i>Yield; sheets to be end clipped (short sheets)</i>
	<i>Total yield.</i>
	<i>Loss; bark stripping and rounding.</i>
	<i>Loss; core.</i>
	<i>Loss; lathe cutting loss.</i>
	<i>Total losses.</i>
	<i>Width of veneer sheet.</i>
	<i>Thickness of undried veneer</i>
	<i>Thickness at centre of veneer sheet.</i>
	<i>Thickness at edge of veneer sheet.</i>
	<i>Thickness of dried veneer.</i>

n	Viilumaton ehjien arkkien lukumäärä	<i>Number of full size sheets of the veneer mat.</i>
n <sub>i</sub>	» arkkijärjestys	<i>Chronological order of sheets of the veneer mat.</i>
a <sub>MD</sub>	Viilun paksuusvaihtelu	<i>Thickness variation of veneer.</i>
ks	» karkeussyvyys	<i>Roughness depth of veneer.</i>
ks <sub>k</sub>	» » ; koekappaleen karkein kohta	<i>Roughness depth of veneer at the point of maximum roughness of the test specimen.</i>
A	» karkeuden aaltoväli	<i>Ridge distance of roughness waves.</i>
ka	» » karkeusaste	<i>Degree of roughness.</i>
kt	» » täyttöaste	<i>Profile fill of roughness.</i>
$\bar{ks}$	» keskimääräinen karkeussyvyys	<i>Mean roughness depth of the veneer.</i>
kl	» karkeuslaajuus	<i>Area extent of roughness of the veneer.</i>
kl <sub>c</sub>	» » arkin keskellä	<i>Area extent of roughness of the veneer; at centre of sheet.</i>
kl <sub>v</sub>	» » » vasemmassa reunassa	<i>Area extent of roughness of the veneer; at left edge of sheet.</i>
kl <sub>o</sub>	» karkeuslaajuus arkin oikeassa reunassa	<i>Area extent of roughness of the veneer at right edge of sheet.</i>
hs	» sorvaushalkeamien syvyys	<i>Depth of lathe cutting checks of the veneer.</i>
hn	» » esiintymistiheys	<i>Frequency of occurrence of lathe cutting checks in the veneer.</i>
hr <sub>i</sub>	Viiluarkin reunahalkeamaindeksi	<i>Index of edge split in veneer sheet.</i>
hr < 10	» reunahalkeamien lukumäärä; pituus alle 10 cm.	<i>Number of splits in the veneer sheet; less than 10 cm deep.</i>
hr <sub>10—20</sub>	» reunahalkeamien lukumäärä; pituus 10—20 cm	<i>Number of splits in the veneer sheet; 10 to 20 cm deep.</i>
hr > 20	» reunahalkeamien lukumäärä; pituus yli 20 cm	<i>Number of splits in the veneer sheet; more than 20 cm deep.</i>
ki	Viiluarkin kireys	<i>Stretchiness of veneer sheet.</i>
ki <sub>c</sub>	» » keskellä	<i>Stretchiness of veneer along centre line of sheet.</i>
ki <sub>v</sub>	» » vasemmassa reunassa	<i>Stretchiness of veneer along left edge of sheet.</i>
ki <sub>o</sub>	» » oikeassa »	<i>Stretchiness of veneer along right edge of sheet.</i>
R	Tulosten vaihteluväli	<i>Range of variations of observed data.</i>
s	» keskihajonta (standardipoikkeama)	<i>Mean value of dispersion (standard deviation).</i>
v	Hajonnan variaatiokerroin	<i>Variability coefficient, measure of relative dispersion (s/̄x).</i>

## 1 Johdanto

Puuviilun valmistus ja käyttö ovat olleet tunnettuja jo vuosituhansien ajan. Käsityön aikakautena viilu valmistettiin sahaamalla. 1800-luvun alkupuolella siirryttiin tälläkin alalla käyttämään koneita. Ne toimivat suurimmaksi osaksi periaatteenaan viilun leikkaus. Valtamenetelmäksi vakiintui pian leikkaus lähes ympyrän muotoista rataa myöten: viilun sorvaus. Ensimmäisen patentin viilurville on saanut GARAND vuonna 1844. [10]

Kun viilut liimataan ristikkäin levyksi, syntyy vaneri. Sen tehdasmainen tuotanto on aloitettu 1880-luvulla samanaikaisesti useilla eri tahoilla, mm. Virossa [22]. Suomessa on vaneriteollisuutta harjoitettu jo yli puolen vuosisadan ajan (vuodesta 1912 alkaen). Puulevyjen joukossa on vanerilla aina ollut »vanhimman veljen» asema. Tosin ennustelut ja tulevaisuuden arviot ovat tämän teollisuudenalan kohdalla olleet jo pitkän ajan sävyltään melko pessimistisiä. Tällöin on viitattu mm. vanerin korkeahkoon hintaan ja suppeaan käyttöalueeseen. Arviot ovat kuitenkin osoittautuneet virheellisiksi. Vanerin valmistus on saavuttanut sekä meidän maassamme että muualla yhä vakiintuneemman aseman ja korkeammat tuotantoluvut. Viime vuosien tuotannon määrä vaneriteollisuudessamme on ollut noin 450.000 m<sup>3</sup> suuruusluokkaa (v. 1963 465.000 m<sup>3</sup> ja v. 1962 438.000 m<sup>3</sup>) [29]. Koko maailman tuotannosta (v. 1959 14,7 milj. m<sup>3</sup>) [10] Suomen osuus on n. 3 %. Maamme asema on erikoisesti vanerin kansainvälisessä kaupassa varsin merkittävä. Vaneriteollisuudellamme on siinä aikaisemmin ollut ensimmäinen sija ja se kilpailee tästä sijasta edelleenkin hyvin voimakkaasti. Tämän on tehnyt mahdolliseksi toisaalta tehtaittemme korkea teknillinen taso ja toisaalta runsaat koivuvaramme, jotka soveltuvat hyvin vanerin raaka-aineeksi. Suomalainen koivuvaneri on maailmanmarkkinoilla tunnettu ja tunnustettu tuote.

Vaneri on kyllä ennustelujen mukaan menettänyt aikaisempia käyttöalueitaan (mm. pakkaustavara ja eräät huonekalujen osat) myöhemmin syntyneille, halvemmille puulevyille ja muillekin materiaaleille. Menetyksien vastapainoksi se on toisaalla vallannut uutta jalansijaa. Erikoisesti on tällöin mainittava vanerin yhä laajentuva käyttö ulko-olosuhteissa ja kantavina rakenteina. Liimaustekniikan viimeaikaiset suuret edistysaskeleet ovat tehneet tämän kehityksen mahdolliseksi. Vaneriteollisuus on luopumassa perinteellisistä luonnonliimoista ja siirtymässä yksinomaan muoviliimojen käyttöön. Jo ennestään ovat vanerin



ristikerroksellisesta rakenteesta johtuvat hyvät lujuusominaisuudet olleet tunnetut. Vaneria voidaankin nykyisin käyttää rasituksenalaisena vaikeissakin olosuhteissa. Erilaiset pinnoitusmenetelmät ovat myös osaltaan huomattavasti laajentaneet vanerin käyttömahdollisuuksia.

Toisena merkittävänä tekijänä on tämän alan tuotannon nousussa ollut rimaja sälelevyjen valmistus, joka on lähes yksinomaan lähtenyt käyntiin vanerin valmistuksen rinnalla ja jonka työprosessi eroaa siitä verrattain vähän.

Vanerin perusosana on puuviilu, jonka paksuus vaihtelee 0,1—6,4 mm rajoissa. Suomalaisen sorvatus koivuviulun paksuus on kuitenkin vakiintunut huomattavasti suppeammalle 0,1—3,0 mm alueelle ja valtapaksuutena on 1,5 mm nimellismitta. Viilu esiintyy markkinoilla myös itsenäisenä tuotteena, jota käytetään enimmäkseen puusepänteollisuuden puolivalmisteena erilaisiin päällystystarkoituksiin. — Viilun valmistus tapahtuu määräpituuteen katkaistusta pölistä sorvaamalla, leikkaamalla tai sahaamalla. Näiden menetelmien lisäksi on olemassa muutamia erikoismenetelmiä, kuten esimerkiksi ns. puoliympyräsorvaus, jota voidaan pitää sorvauksen ja leikkauksen välimuotona (epäkeskeinen sorvaus tai kaarevaratainen leikkaus). Suomalaisen koivun verrattain pieni koko (läpimitta keskimäärin 9 in kuoren päältä mitattuna) aiheuttaa sen, että meillä sorvaus on lähes yksinomainen viilun valmistustapa. Sitä onkin pidettävä nopeana, tehokkaana ja valmistuskustannuksiltaan halpana menetelmänä. Sorvauksen varjopuolena ovat kuitenkin viilun laadulliset vaikeudet. Niistä pahimmat ovat viilumaton alapuolelle helposti syntyvät halkeamat, viilun karheus ja sen paksuuden vaihtelu. Halkeamien syynä on viilumaton taipuminen pölistä ulospäin terän suun jälkeen. Muiden mainittujen virheiden syynä on mm. sorvattavan pölin pienuus, josta aiheutuu tärinää, varsinkin kun raaka-aineen säästämiseksi jäljelle jäävä sydänkappale (purilas) on saatava mahdollisimman pieneksi.

Hyvä viilu on vanerin ja sen rinnakkaistuotteiden onnistuneen valmistuksen perusedellytys. Sen sekä määrällä että laadulla on siinä tärkeä merkitys. Kelvollisen viilun määrä ratkaisee raaka-aineen käyttösuhteen, jonka edullisuudesta suuresti riippuu vanerin valmistuksen taloudellinen tulos. Viilun laatu puolestaan vaikuttaa hyvinkin ratkaisevasti useimpien myöhempien valmistusvaiheiden onnistumiseen ja näin koko lopputulokseen. Kuivaus, saumaus, jatkaminen, liimaus, hionta ja viimeistely ovat mm. näitä vaiheita. Ei myöskään ole unohdettava hyvän laadun merkitystä käytettäessä viilua puolivalmisteena.

Puuviilun sorvauksessa riippuvat sekä määrällinen että laadullinen tulos monista tekijöistä.

*Määrälliseen tulokseen* (raaka-aineen käytön hyötysuhde) vaikuttavat pääasiassa raaka-ainetekijät. Asian tarkastelussa on mahdollista tyytyä teoreettiseen, geometriseen laskentaan ottamalla lähtökohdaksi sorvipölin koko ja sen muodon erilaiset poikkeamat ihannetapauksesta, joka on suora ympyräsyylinteri. Näin päästään melko lähelle todellisia käytännön tuloksia. Kuitenkin ovat näin

saadut arvot liian edullisia. Lisäksi virhe ei ole suuruudeltaan vakio, vaan se suurenee pölin laadun huonontuessa. Edelleen on huomattava, että raaka-aineen muutkin kuin pelkästään pölin muotoon liittyvät virheet vaikuttavat sorvauksen määrälliseen tulokseen. Sen osoittaa selvästi Puutekniikan Tutkimuksen Kannatusyhdistyksen aikaisemmin asiasta suorittama tutkimus [20]. Sen mukaan hyötysuhteen kasvu ei ole lineaarinen pölin koon kasvaessa, vaan hidastuva (I ja II laatuluokan pölit) ja jopa alenevaan suuntaan kääntyvä (III laatuluokan pölit). Koivun vanhetessa kasvaa asiaan vaikuttavien virheiden määrä, mikä seikka on raaka-ainetta ja viilua pintapuolisestikin tarkasteltaessa selvästi havaittavissa. Mainittu tutkimus kohdistui koivupöliihin, jotka oli yleisen tavan mukaan jaettu kolmeen laatuluokkaan. Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa on pölien laadullisessa jaottelussa menty huomattavasti pitemmälle. Koon lisäksi ovat luokittelun perusteina olleet koivupölien erilaiset muotovirheet, joita on jokaista käsitelty erillisenä. Havaintoja on myös tehty mm. oksaisuuden ja sorvauslämpötilan vaikutuksesta viulun määrään. Saanto on jaettu kolmeen osaan: täysikokoiset arkit, saumauskappaleet ja pääleikkattavat (lyhyet) kappaleet. Samoin on häviö myös jaettu kolmeen osaan: kuorinta- ja pyörityshäviö, purilas ja leikkaushäviö.

*Viilun laatuun* vaikuttaa raaka-ainetekijöiden lisäksi joukko muitakin tekijöitä, joiden vaikutusta on melko laajasti tutkittu. Sensijaan raaka-ainetekijät ovat saaneet hyvin vähän huomiota osakseen viilun laatuksymyksiä selvitetäessä. Se on ilmeisesti johtunut tutkimuksen suorittamiseen liittyvistä hankaluuksista [12].

Viilun laatua voidaan tarkastella kahdelta eri kannalta. *Kauppalaadun* määrävät pääasiassa ne seikat, jotka ovat ulkonäkövirheitä. Sellaisia ovat oksaisuus, värivirheet, syyrakenteen epätasaisuus, saumat ja jatkokset, paikat jne. Näinollen sorvauksen saannon eri osat vaikuttavat huomattavasti vanerin kauppalaatuun. Nyt esillä olevassa tutkimuksessa ei kuitenkaan käsitellä viilun kauppalaatua (A-B-S-BB-WG), vaan sen *teknillistä laatua*. Sen ratkaisevat seikat, jotka liittyvät viilun lujuusominaisuuksiin, tasamittaisuuteen, eheyteen ja sileyteen. Aikaisemmin on tutkimuksen kohteena ollut viilun teknillisen laadun riippuvuus mm. sorvausasetteesta, leikkuunopeudesta ja sorvauslämpötilasta [8] [12]. Laadun kriteerinä on menestyksellisesti käytetty viilun poikittaista vetolujuutta. Suurin osa raaka-ainetekijöistä on kuitenkin jäänyt näiden tutkimusten ulkopuolelle. Kun ne kuitenkin yleisen käsityksen mukaan ovat merkittävä tekijä viilun valmistuksessa, ja niiden vaikutuksen tunteminen on tärkeätä alan teollisuudelle, lienee perusteltua tunkeutua tälle vähän tunnetulle alueelle ja yrittää saada se tärkeimmiltä osiltaan kartoitetuksi.

Viilun sorvauksen raaka-aineella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa määräpituuteen (60 in, 50 in ja 40 in nimellismittoina) katkaistuja, kuorellisia koivupöllejä. Muita puulajeja ei ole otettu mukaan, koska koivulla on tällä alalla täysin hallitseva asema. Aikaisemmin mainittujen pölin *koon ja muototekijöiden*

lisäksi on tutkimuksen kohteeksi otettu eräitä *olosuhdetekijöitä*, kuten pöllin lämpötila ja kosteus, *rakennetekijöitä*, kuten oksaisuus, vuosirengasleveys ja kesäpuusadannes sekä *hankintatekijöitä*, kuten kaatoaika ja kuljetus- ja varastointitapa.

Mainitunlaisten raaka-ainetekijöiden vaikutuksen selvittämistä on vaikea suorittaa *laboratoriossa*, koska tutkimusmateriaalin saanti ja käsittely tuottaisivat tällöin lähes ylivoimaisia vaikeuksia. Myöskään ei voida ajatella, että tyydyttäisiin koekiekkoihin tai muuhun pienoismateriaaliin ainakaan kaikissa suhteissa. Näinollen on katsottu välttämättömäksi suorittaa tutkimukseen liittyvä sorvaustyö ja myös osa mittauksista *tehdasolosuhteissa* siitäkkin huolimatta, että erilaisten virhetekijöiden sivuvaikutusvaara on tällöin suuri. Jos kuitenkin koeara-aineiston määrä on riittävän suuri ja samalla huolehditaan mahdollisimman tarkasti virhelähteiden valvonnasta sekä suoritetaan erillisiä tarkistus- ja täydennystutkimuksia, voidaan tehdasolosuhteissakin normaalikokoisia pöllejä sorvaamalla saada luotettavia tuloksia. Näin on myös mahdollista saada tulokset sellaisenaan palvelemaan välittömästi käytäntöä.

Tehtaalla sorvatusta viilusta on otettu koekappaleet, jotka muutamien laatuun liittyvien mittausten osalta on tutkittu *laboratoriossa*.

## 2 Tutkimuksen tarkoitus, raaka-ainetekijöiden määrittely sekä viilun määrään ja laatuun liittyvät kriteerit

### 21 Tutkimuksen tarkoitus

Edellä on jo kosketeltu yleisesti tutkimuksen päämääriä. Sen kaksi päätavoitetta voidaan määritellä seuraavasti:

Selvittää tehdasolosuhteissa, miten erilaiset raaka-ainetekijät vaikuttavat sorvatun koivuviilun määrään.

Selvittää samojen tekijöiden vaikutus viilun teknilliseen laatuun tutkimalla tehtaassa sorvattu viilu pääasiallisesti *laboratoriossa*.

Näiden päätavoitteiden ohessa tutkimuksen sekundäärisenä tarkoituksena oli määrittää yksinkertaiset, käytännön tarpeita palvelevat viilun laadun kriteerit ja valita laadun mittaamiseen soveliaat mittausten menetelmät ja -välineet.

### 22 Raaka-ainetekijät

Koivuraaka-aine oli peräisin Itä-Hämeen metsänhoitolautakunnan alueelta, etelä- ja keski-Päijänteen pitäjistä, jotka ovat tunnettuja koivuseutuja. Koivulajeja ei eroteltu toisistaan. Tiedot raaka-aine-eristä saatiin tehtaan metsäosastolta.

Tutkimuksen raaka-ainetekijät voidaan jakaa neljään ryhmään.

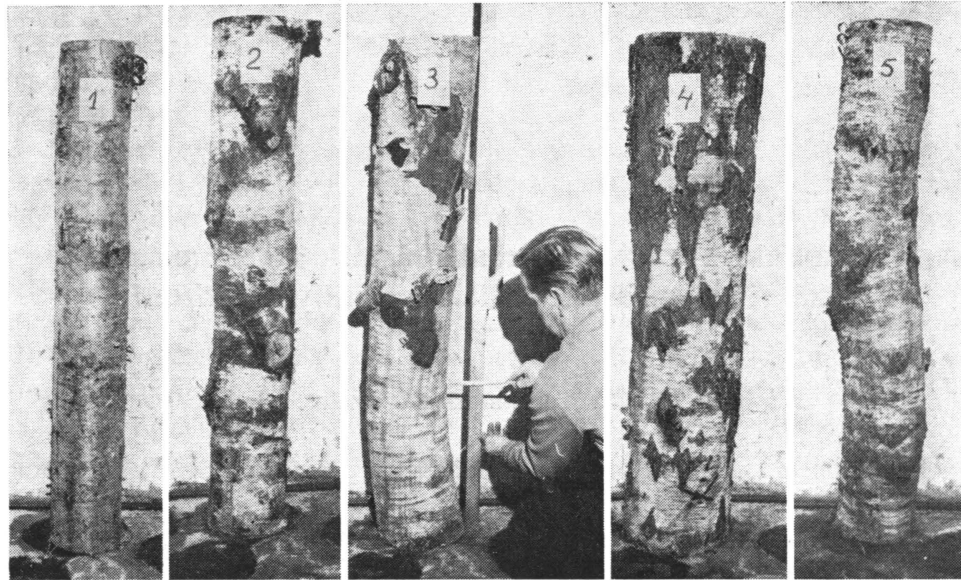
*Sorvipöllin koko ja muoto.*

Pöllin pituuksia oli kolme. Tällä perusteella muodostui tutkimuksen kolme osaa: 60 in nimellismittaiset pöllit muodostivat varsinaisen *perusosan*, 50 in pöllit *vertailuosan* ja 40 in pöllit *erikoisosan*. Samalla oli mahdollista selvittää, tosin rajoitetusti, pöllin pituuden vaikutusta viilun määrään ja laatuun.

Pöllin läpimitat vaihtelivat 163—350 mm (mittaus kuoren päältä). Tämä alue jaettiin 8 suuruusluokkaan á 25 mm (poikkeuksena pienin luokka: 12 mm).

Pöllin muodon suhteen olivat perusryhmänä ulkonäöltään mahdollisimman hyvälaatuiset, suoraa sylinteriä lähenevät pöllit. Muotovirheitä sisältävät pöllit valittiin siten, että niissä mikäli mahdollista esiintyi vain yksi virhe selvänä.





Kuva 1. Erilaisia pöllejä.

Fig. 1. Various bolts.

Muotovirheet olivat pöllin *lenkous* (6 luokkaa), *kartiokkuus* (7 luokkaa) ja *soikeus* (6 luokkaa).

Kuvassa 1 on esimerkkejä erikokoisista ja -muotoisista pölleistä. Niiden mitat ovat seuraavat:

N:o	<i>d</i>	<i>s<sub>p</sub></i>	<i>d<sub>1</sub>-d<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>s</sub>/d<sub>p</sub></i>	Laatu	
1	192	14	7	1,03	Hyvä	2. suuruusluokka
2	219	18	15	1,05	Oksainen	
3	227	64	1	1,08	Lenko	5. lenkousluokka
4	304	20	77	1,03	Kartiokas	6. kartiokkuusluokka
5	222	37/33	1	1,00	Kaksoislenko, S-muoto ( <i>Le</i> 3).	

Jäljempänä kohdassa 34 selostetaan pöllin mittausten suoritus. Sulkeissa oleva merkintä tarkoittaa pöllin virheluokkaa (selostus kohdissa 5121 ja 5122).

Pöllin n:o 3 kuvassa esitetään myös lengon pöllin sivuviivapoikkeaman (*s<sub>p</sub>*) mittaustapa. Pöllin n:o 5 *s<sub>p</sub>*-arvoista edellinen tarkoittaa yläosan ja jälkimmäisen alaosan lenkoutta.

*Sorvipöllin tila sorvauksen aikana.* Tutkimuksen kohteena oli kaksi tilatekijää: pöllin lämpötila ja kosteus.

Lämpötila pöllin sisällä vaihteli alueella  $-5^{\circ}\text{C}$ — $+44^{\circ}\text{C}$ . Pöllien lämmityksessä oli pyrkimysnä  $5^{\circ}\text{C}$  porrastus.

Pöllin kosteus, joka mitattiin pääasiassa avoterällä sorvatusta pyöritysjätteestä, vaihteli alueella 40—120 %.

#### *Puun rakenne.*

Ulkonaisessa tarkastelussa hyvälaatuisiltakin vaikuttavissa pölleissä vaihtelee puun struktuuri sangen paljon.

*Oksaisuus* määriteltiin ottamalla huomioon sekä oksien koko että niiden lukumäärä. Luokittelu esitetään jäljempänä.

*Vuosirengasleveyden* vaikutusta viulun laatuun tutkittiin aikaisemmin mainitussa erikoisosassa. Tämän rakennetekijän vaihtelurajat olivat 0,5—4,5 mm.

*Kesäpuusadanneksen* määrittäminen koivulla on varsin hankalaa. Tämän vuoksi tyydyttiin jakamaan koemateriaali vain kahteen luokkaan, jolloin luokkarajana oli 15 %. Kesäpuun määrän laadullinen vaikutus selvitettiin myös tutkimuksen erikoisosassa.

#### *Sorvipöllin hankinta-, kuljetus- ja varastointitekijät.*

*Kaatoaikaan* nähden tutkittiin tavanmukaiset kaksi ryhmää: talvella kaadettu puu ja rasiin kaadettu puu.

*Kuljetustapaan* nähden muodostui myös kaksi ryhmää: maakuljetus (autolla) ja uitto.

*Varastoinnin* kannalta oli päänäkökohtana raaka-aineen vedessäoloaika: alle 2 kk, 2—12 kk ja yli 5 vuotta (pohjapuut). Näistä raaka-ainetekijöistä valittiin osittain jo esikokeiden aikana ja sitten myöhemmin tutkimuksen edistyessä tarkempaa selvittelyä varten ne, jotka selvimminkin vaikuttivat saatuihin tuloksiin.

### 23 Määrällinen tulos ja häviöt

*Jaettava yksikkö* (100 %) oli kuorellinen määräpituuteen katkaistu koivupölli sorvausta aloitettaessa.

*Saanto* jaettiin kolmeen osaan: täysikokoiset (nimelliskoko neliö) arkit, saumaskappaleet (kapeat arkit) ja pääleikattavat kappaleet (lyhyet arkit).

*Häviöt* jakautuivat seuraavasti: pyörityshäviö (kuorinta ja pyöritys avoterällä), purilas- eli sydänhäviö ja viilumaton leikkaushäviö.

Kaikki tulokset mitattiin märestä viilusta.

### 24 Viilun laadun kriteerit

Viilun teknillisen laadun arvostelua varten mitattiin useita eri virheitä.

*Paksuusvaihtelua* seurattiin keskiarvopoikkeaman avulla. Osittain kiinnitettiin huomiota myös huomattavasti tavoitepaksuudesta poikkeavien mittaustulosten esiintymistiheyteen.

Viilun *karkeuteen* nähden mitattiin sekä karkeussyvyys (karkeusharjanteiden korkeus) että karkeuslaajuus täysikokoisilla arkeilla.

*Sorvaushalkeamista* mitattiin niiden syvyys (sadannesosuus viilun paksuudesta) sekä esiintymistiheys.

*Reunahalkeamat* merkittiin muistiin ryhmiteltynä kolmeen halkeamapituusluokkaan.

Viilun *kireyttä* tarkasteltiin vertaamalla arkin mittaa reunoilla sen mittaan keskellä kohtisuoraan puunsyitä vastaan (tätä kriteeriä käytettiin lopullisesti vain sorvausolosuhteiden pisyvyyden kontrollitekijänä).

Tutkimuksen kuluessa ja sen laskentavaiheessa tapahtui viilun laatutekijöihin nähden saatujen tulosten perusteella keskittymistä määrättyihin laadun kriteereihin.

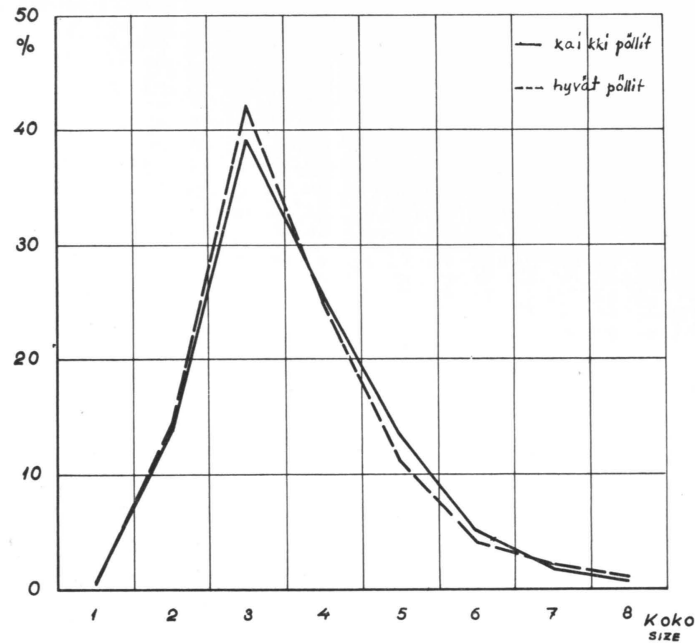
### 3 Tutkimuksen suoritus

#### 31 Koeaineiston määrä ja valinta

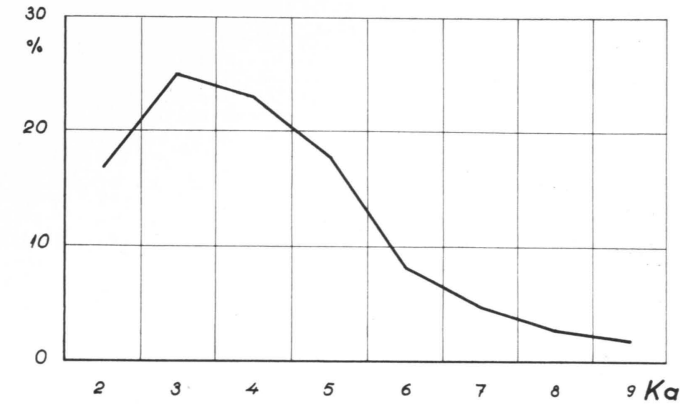
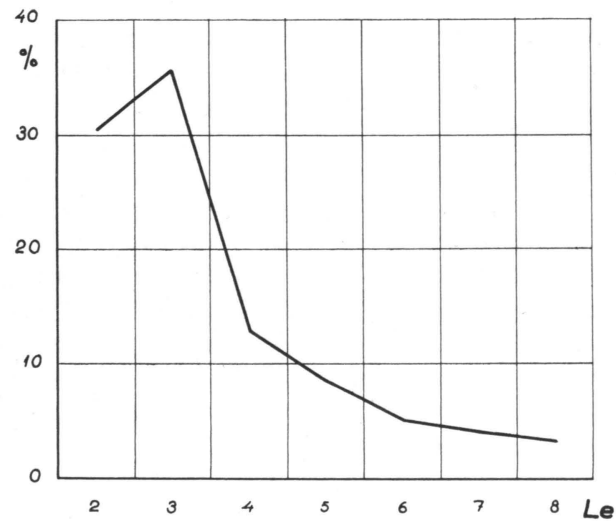
Varsinainen päätutkimus suoritettiin perusosan ja vertailuosan kenttätöön osalta 1/2 1961 — 27/10 1961 välisenä aikana. Tällöin sorvattiin yli 2 500 koivupölliä. Tästä määrästä 1.740 pölliä muodosti varsinaisen koeaineiston. Se jakautui 103 koesarjaan, joten keskimääräinen yhden koesarjan pölliluku oli siis lähes 17 kpl. Koesarjan perussuuruus oli 25 pölliä, mutta erikoistapauksissa sarjaan kuului vähemmän pöllejä (mm. lämmitysaltaaseen sopi kerrallaan vain 7 pölliä).

Tutkimuksen perusosan (60 in) varsinaisen koeaineiston määrä oli 1.145 pölliä. Pöllit valittiin tehtaan katkaisuosastolla ennen jokaista koetta ja ne varastoitettiin sorveille (odotusaika ei yleensä ylittänyt 24 tuntia). Poikkeuksena olivat normaalista poikkeaviin lämpötiloihin saatetut pöllit, jotka sorvattiin välittömästi lämmityksen tai jäädytyksen jälkeen. Koemateriaalin valinnan perusteena olivat edelläselostetut hankintatekijät sekä silmämääräisen tarkastelun perusteella pöllin koko, muoto ja oksaisuus. Vertailua varten muodostettiin myös 25:n peräkkäin katkaisusta tulevan samanpituisen pöllin sarjoja laatuun katsomatta sekä samaan sarjaan 5 × 5 pölliä, jolloin hyvälaatuisien pöllien rinnalla esiintyivät eri muotovirheitä sisältävät ryhmät. Hyvälaatuisista ja mahdollisimman samankokoisista pölleistä muodostettiin lämpösarjat. Lämmitys tapahtui erikoisessa koealtaassa ja jäädyttäminen ulkoilmassa talvi- ja kevätkautena. Kosteuden vaikutuksen selvittämiseksi poimittiin tuloslaskennan yhteydessä kaikista hyvälaatuisista sarjoista eri kosteusryhmät. Koeaineiston jakautumat on esitetty kuvassa 2 pöllin koon, lenkouden ja kartiokkuuden osalta.

Tutkimuksen erikoisosa (40 in) suoritettiin kesällä 1963. Sen muodosti yksi ainoa koesarja, johon kuului 26 pölliä. Ne kuorittiin ja pyöristettiin samankokoiseksi ennen varsinaista koesorvausta. Tämän sarjan avulla tutkittiin vuosirengasleveyden ja kesäpuusadanneksen vaikutusta viilun laatuun. Samalla selvitettiin myös laadun muutoksia viilumaton eri osissa.



Kuva 2. Tutkimusaineiston jakautumia.  
Le = lenkousluokat; Ka = kartiokkuusluokat.  
Fig. 2. Distributions of investigated material.



### 32 Ympäristö-olosuhteet tutkimuksen kenttätöön aikana

Sorvaukset suoritettiin tavanomaisessa tehdasympäristössä. Päivittäin seurattiin sekä sorvisalin lämpötilaa että sen suhteellista kosteutta. Lämpötila vaihteli 17–26° C pysytellen kuitenkin yleensä +22° C:ssa. Ilman suhteellinen kosteus laski helmikuusta (50 %) kesäkuuhun (32 %) saakka ja nousi sitten jälleen lokakuuhun mennessä 63 %:iin. Luvut ovat mainittujen kuukausien keskiarvoja. Ympäristö-olosuhteiden vaihtelulla ei voitu havaita olevan vaikutusta tutkimustuloksiin.

### 33 Sorvit ja käytetty asete

Tutkimuksessa käytettiin kolmea sorvia. Niiden asetteen tekivät ja sorvauksen suorittivat aina samat miehet. Asete pidettiin vakiona ja se tarkistettiin tiheästi toistuvien tarkistusmittauksin.

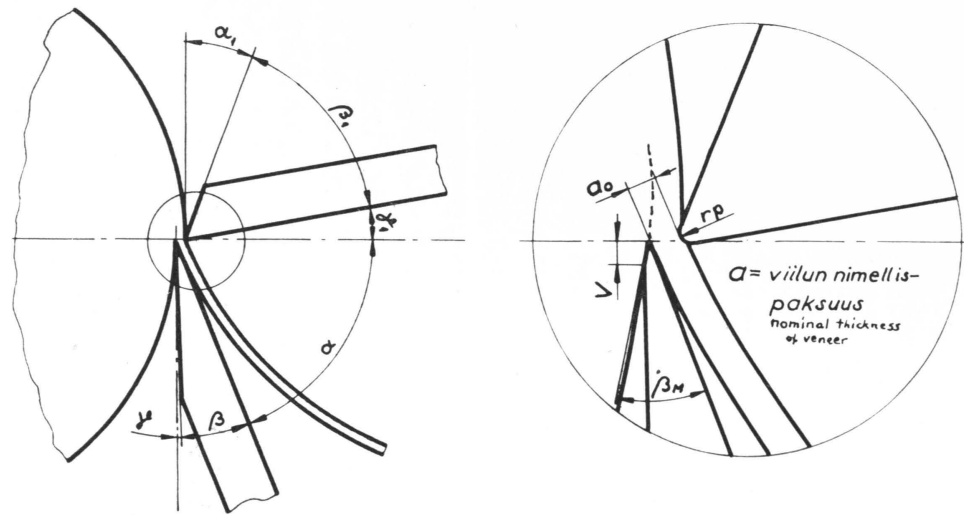
Sorvit olivat seuraavat:

*Perusosa:* 'RAUTE' FN-66, terän pituus 1.680 mm, nimellismitta 60 in, muuttuva kierrosluku 134/195 kierrosta minuutissa. Sorvaaja Lehtonen.

*Vertailuosa:* 'COE' MFG co, terän pituus 1.370 mm, nimellismitta 50 in, vakiokierrosluku 156 kierrosta minuutissa. Sorvaaja Peräkylä.

*Erikoisosa:* 'RAUTE' FN-45, terän pituus 1.150 mm, nimellismitta 40 in, vakiokierrosluku 144 kierrosta minuutissa. Sorvaaja Lehtonen.

Kaikki sorvit oli varustettu viiden pisteen keskittäjillä (malli Liljeqvist) sekä vastapuristusrullilla (terätäytettä ei käytetty). Sorveista oli FN-66 melko uusi. Muut sorvit olivat vanhempia, mutta vast'ikään peruskorjattuja. Kaikkien kuntoa tarkkailtiin esikokeiden aikana. Se todettiin hyväksi ja koesorvauksia varten sopivaksi. Kaikissa sorvauksissa käytettiin samaa asetetta koko tutki-

**Terä**

$\alpha$ rintakulma	69 °
$\beta$ teroitus "	20,5 °
$\gamma$ päästö "	0,5 °
$\beta_M$ mikroter "	25 °
V viisteen pituus	0,2 mm

**Vastaterä**

$\alpha_1$ puristus kulma	21 °
$\beta_1$ teroitus "	58 °
$\gamma_1$ päästö "	11 °
$r_p$ pyöristyssäde	~0,5 mm
$\frac{Q-Q_0}{Q} \cdot 100\%$ puristusaste	18 %

Kuva 3. Teräasete.

Fig. 3. Setting of cutting knife.

muksen ajan. Arvot valittiin KIVIMAAN [9] ja KOVASEN [12] tutkimuksien perusteella ja ottamalla huomioon myös tehtaan omia kokemuksia. Arvot on merkitty kuvaan 3.

Terät olivat merkkiä »Klingelnberg». Ne tuotiin sorveille valmiiksi kunnostettuina. Asetteen teki sorvaaja. Muut asetearvot saatiin helposti tarkistetuksi, paitsi vastaterän kärjen pyöristyssäde ja puristusasteen pysyvyys sorvauksen aikana.<sup>1</sup> Pyöristys tehtiin käsin ilman apulaitteita, ja tulos oli näinollen epätarkka. Pistokokein tarkastettaessa todettiin vaihtelua 0,3—0,8 mm alueella. Tämän epätarkkuuden aiheuttama haitta ei ole merkityksellinen, koska käytettäessä 18 % puristusastetta voi vastaterän kärjen pyöristyssäde vaihdella melko laajoissa rajoissa viilun laadun siitä sanottavastikaan kärsimättä [12].

Asete tarkistettiin ennen koesorvauksen alkua käyttämällä vesivaa'oin varustettua teräkulmamittaria, rakotulkkeja ja mittakelloja. Samoin tarkistettiin ennen koetta puristusrullajärjestelmän painemittarin osoitus. Kaikki asetteen

<sup>1</sup> Puristusasteen pysyvyyttä käsitellään jäljempänä kohdassa 44.

tarkistukset suoritti tutkija sorvausosaston työnjohtajan (Lindfors) avustamana. Tarkistuksen tarpeelliseksi osoittamat korjaukset pantiin toimeen.

Sorvauksen kuluessa suoritettiin asetteen välitarkistus, mikäli viilun laadun huomattava poikkeuksellisuus antoi siihen aiheita. Näin jouduttiin jossain määrin hylkäämään välitarkistuksen edellä sorvattua viilua.

Jo esikokeitten aikana havaittiin, että asetteen vakiona pysymisen mittaapuuna voidaan käyttää viilun keskustan ja reunan kireyseroa. Mikäli kireyseron suuruus ja suunta pysyvät samoina, osoittaa se asetteen muuttumattomuuden. Myöhemmin tutkimuksen aikana suoritetuissa mittauksissa saatiin vahvistus tälle havainnolle.

Samojen henkilöiden suorittamana ja erilaisin mittausvälinein tarkistamana sekä kireyserotarkkailun avulla varmistettuna voitiin asete pitää kohtuullisella varmuudella vakiona ja sen aiheuttamat virhemahdollisuudet tyydyttävästi hallita, vaikka asetteen pysyvyyttä sorvauksen aikana ei voitukaan seurata. — Keskityksen tarkkuutta valvottiin suorittamalla aika ajoin peräkkäisiä keskityksiä samalle pöllille. Tällöin voitiin havaita sorvin karalinjan ja pöllin asennon välillä vaihtelua, jonka max. suuruus mitattiin  $\pm 2$  mm keskipistesiertymänä pöllissä. Virheen todettiin kasvavan pöllin muotovirheiden lisääntyessä. Varsinkin pöllin soikeus ja oksaisuus huonontavat keskitystarkkuutta.

Tutkimuksen erikoisosassa (sorvi RAUTE FN-45) ei asete-arvojen mahdollisella vaihtelulla ollut merkitystä, koska koko erikoisosan muodosti vakioasetteella yhtämittaisesti sorvattu pöllisarja. Samaa voidaan sanoa aikaisemmin mainituista sarjoista  $5 \times 5$  pöllillä, jolloin kunkin sarjan erilaatuiset pöllit otettiin sorvaukseen satunnaisessa järjestyksessä.

Viilumatto leikattiin joko valokennon ohjaamana (täydet arkit) tai käsin ohjattuna (muut arkit). Leikkurit olivat tyyppiä 'RAUTE' APL.

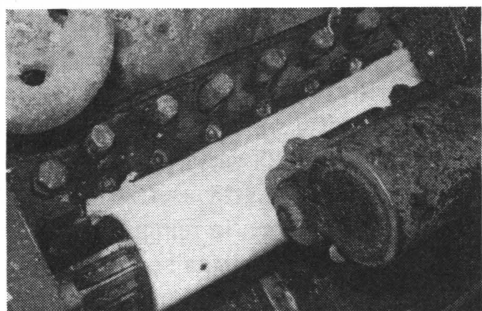
### 34 Sorvausvaiheen mittaukset

Sorvausvaiheessa käytettiin apuna »sarjakorttia», johon merkittiin sarjan yleistiedot ja tämän vaiheen mittaustulokset saman sarjan jokaisesta pöllistä.

Sarjan viiteen pölliin (lämpösarjoissa kaikkiin pölleihin) oli etukäteen porattu n. 35—40 cm syvyinen reikä lämpömittaria varten.

Ne sijoitettiin paikoilleen pöllin purilasosaan ennen sorvauksen alkua ja aukko suljettiin korkilla juuri ennen sorvausta tapahtuvaan lämpötilan mittaukseen saakka. Esikokeissa havaittiin pöllien lämpötilan olevan pitkähkön tasaantumisaajan johdosta erittäin tasainen (vaihtelu yleensä vain  $\pm 1/2^\circ \text{C}$ ). Lämpötilalukemat (mittaustarkkuus  $1/2^\circ \text{C}$ ) merkittiin sarjakorttiin ennen sorvausta. Tarkistusmenetelmänä käytettiin varsinkin tutkimuksen loppuosassa pöllistä sorvauksen aikana ulospuristuvan veden lämpötilan mittausta. Pöllit numeroitiin sorvausjärjestyksessä sarjakorttiin. Kun keskittäjä oli nostanut pöllin karojen





Kuva 4. Sorvauksen vesivana.  
Fig. 4. Water wake of rotary cutting.

väliin, mitattiin pöllin pituus ( $l$ ), keskiläpimitat kuoren päältä (kaksi kohtisuoraa mittaa  $d_s$  ja  $d_p$ ), tyvi- ja latvaläpimitta 5 cm etäisyydeltä pöllin katkaisukohdista ( $d_1$  ja  $d_2$ ) sekä pöllä pyörittämällä haettu max. lenkous suurimpana sivuviivapoikkeamana ( $s_p$ , kuva 1, pölli n:o 3). Mittatarkkuus oli yksi millimetri. Mitat merkittiin sarjakorttiin.

Mittausvälineinä olivat teräsmittanauha, millimetriasteikolla varustettu mitataharukka (mittasakset) ja suora puuviivain. Oksankyhmyjen kohdalta ei mittausta suoritettu.

Tämän jälkeen sorvaaja kuori ja pyöristi pöllin avoterällä. Pyöristysvaiheen päättymisen ratkaisi sorvaaja noudattaen tässä tehtaan yleisohjetta. Pyöristetyn pöllin läpimitta ( $d_3$ ) merkittiin sarjakorttiin.

Syntyneestä jätteestä otettiin kuoretonta viilua kosteuden mittaamista varten (3—5 pöllistä sarjaa kohden). Vastaavat koekappaleet otettiin myöhemmin samojen pöllien leikkausjätteestä, jolloin saatiin selville sorvauspuristuksen aiheuttama vesipitoisuuden vähenemisen määrä viilussa. Pistokokein tarkistettiin myös purilaan kosteus pöllin pinta- ja sydänosan välisen kosteuseron selvittämiseksi.

Tutkimuksen aikana kokeiltiin myös mahdollisuutta mitata sorvauksen aikana terälinjalta ulospuristuneen vesivanan leveyttä (kuva 4) pöllin vesipitoisuuden mittana. Myönteisistä tuloksista huolimatta vaatii tämä menetelmä vielä jatkotutkimuksia.

Kosteuskappaleet vietiin muovipusseissa tehtaan laboratorioon, missä suoritettiin kosteuden mittaukset.

Varsinaisen sorvauksen aikana tarkkailtiin pöllä ja havainnot merkittiin korttiin (esim. sydänlahon, piilevän oksaisuuden yms. esiintyminen).

Sorvauksen päätyttyä mitattiin purilaan läpimitta ( $d_4$ ) noin  $1/3$  kohdalta päästä lukien. Varsinkin lämpösarjoissa, kun sorvauslämpötila oli yli  $+35^\circ\text{C}$ , esiintyi purilaan »pullomaisuutta». Tällöin mitattiin paksuus myös purilaan keskeltä. Laboratoriossa mitattiin koekappaleista myös puun tilavuuspaino. Tut-

kimuksen aikana havaittiin kuitenkin, että tämän työn yhteydessä käytetyt menetelmät eivät sovellu tilavuuspainon vaikutuksen selvittämiseen. Näin se jäikin pois raaka-ainetekijöiden joukosta tutkimuksen perus- ja vertailuosan kohdalla. Kun tilavuuspaino on läheisesti yhteydessä kesäpuusadanneksen kanssa ja kun tutkimuksen erikoisosan segmenttimenetelmä (selostetaan myöhemmin) tarjosi hyvät mahdollisuudet tilavuuspainon mittaukseen, otettiin siinä yhteydessä esille myös eräitä puun tilavuuspainoon liittyviä asioita.

Vastaanottolavalle (leikkurin jälkeen) otettiin samaan pinkkaan täysikokoisten viiluarkkien lisäksi myös saumauskappaleet ja pääleikattavat kappaleet. Kuormassa merkittiin pitkällä viululiuskalla pöllien rajakohta. Sarjan sorvauksen jälkeen siirrettiin viilukuorma tarkoitusta varten varattuun kohtaan sorvisalissa viulun mittauksia varten. Jos niitä ei suoritettu välittömästi, peitettiin kuorma odotusajaksi huolellisesti muovikalvolla kosteuden haihtumisen estämiseksi.

### 35 Viulun mittaukset tehtaalla

Märästä viilukuormasta mitattiin pölleittäin saannon eri osat sekä viulun paksuus, arkkien kireysmitat, viulun karkeuslaajuus, oksat ja reunahalkeamat. Tulokset merkittiin »pöllikortille», johon myös siirrettiin laskentaa varten myöhemmin tarvittavat tiedot sarjakortilta.

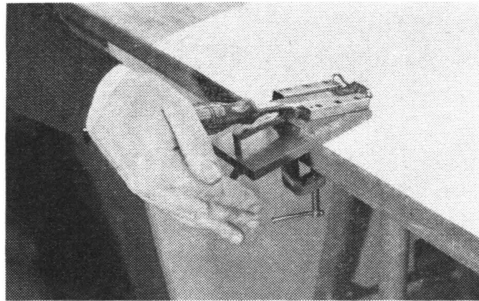
Aluksi laskettiin jokaisesta pöllistä syntyneiden täysikokoisten viiluarkkien lukumäärä ( $n$ ). Varsinaisen mittauksen kohteiksi otettiin jokaisen viilumaton (pöllin) viimeinen, keskimmäinen ja ensimmäinen (pintaa lähinnä oleva) viiluarkki. Lisäksi mitattiin jokaista koesarjaa kohden 3—5 pöllistä kaikki täysikokoiset arkit.

Viulun paksuus mitattiin jokaisen arkin neljästä pisteestä 0,01 mm tarkkuudella (kaksi pöllin keskikohdalta ja kaksi molempien päiden kohdalta). Näin tuli jokaisen viilumaton paksuusmittausten vähimmäismääräksi 12 mittausta. Näiden mitausten keskiarvoa käytettiin pöllikohtaisessa saannon laskennassa ( $a$ ).

Viulun kireys mitattiin kangasmittanauhalla (1 mm tarkkuus) arkin keskeltä ( $ki_c$ ) ja 5 cm etäisyydeltä arkin molemmista reunoista ( $ki_v$  ja  $ki_o$ ) terän leikkusuuntaan. Mittanauha asetettiin viulun mahdollisia aaltoja myötäileväksi. Koko sarjan  $ki_c$ -mittojen keskiarvoa käytettiin saannon laskennassa ( $b$ ). — Samassa yhteydessä mitattiin mittalinjoille sattuvien karkeiden kohtien pituusosuus ( $kl$ ) koko mittalinjasta 5 mm tarkkuudella. Tehtävä osoittautui yllättävän helpoksi suorittaa karkeusalueen silmämääräisen arvionkin perusteella, sillä karkea kohta muodostaa enimmäkseen selvärajaisen alueen viilussa.

Oksaisista sarjoista laskettiin pöllin oksien lukumäärä jokaisesta mitatusta viiluarkista ryhmiteltynä kolmeen eri oksankokoluokkaan: oksan suurin läpimitta alle 25 mm, 25—50 mm ja yli 50 mm.

Täysikokoisten arkkien reunahalkeamien lukumäärä merkittiin pöllikorttiin



Kuva 5. Koekappaleen viistouslaite.  
Fig. 5. Bevelling device for test specimen.

myös kolmena ryhmänä: halkeaman pituus alle 10 cm, 10—20 cm ja yli 20 cm. Mitatuista täysikokoisista arkeista otettiin aina samalta kohdalta, keskeltä n.  $15 \times 40$  cm suuruinen koekappale viilun myöhempiä laboratoriotutkimuksia varten. Se merkittiin sarjan, pöllin ja arkin sijaintia viilumatossa osoittavin merkinnöin. Koekappaleet niputettiin ao. järjestyksessä. Jokaisen kustakin pöllistä saadun *saumaskappaleen* keskileveys mitattiin ja merkittiin pöllikorttiin. *Pääleikattavista* (lyhennettävistä) viilukappaleista mitattiin keskileveys ja kappaleen pituudeksi merkittiin lähin siitä saatava standardipituus.

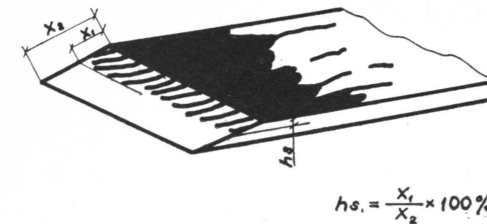
Edellämainitut mittaukset suoritettiin 1 mm tarkkuudella. Samassa yhteydessä merkittiin lisäksi muistiin yleisiä viilun laatua koskevia huomautuksia.

### 36 Viilun mittaukset laboratoriossa

Tehtaalla suoritettujen mittausten yhteydessä otetut numeroidut koekappaleet tutkittiin edelleen Lahden Teknillisen Oppilaitoksen laboratoriossa. Kohteenä olivat viilun sorvaushalkeamat ja karkeussyvyys. Näillä virheillä on viilun käytössä tärkeä merkitys mm. liiman läpilyönnin ja hionnan suhteen.

*Sorvaushalkeamien syvyyden ja esiintymistiheyden* mittaamisessa käytettiin menetelmää, jonka ovat esittäneet mm. BATEY [1], STRÜBING [26] sekä WANGAARD ja SARAOS [30]. Viilusta mahdollisimman virheettömältä kohdalta otetun koekappaleen kosteus saatettiin n. 25—30 %:ksi. Sen jälkeen siveltiin sen alapuolelle (halkeamien puolelle) runsaasti tushia, joka melko nopeasti imeytyi halkeamiin. Koekappaleiden annettiin kuivua, jonka jälkeen ne viistettiin kuvan 5 osoittamalla laitteella  $15^\circ$  kulmassa värjäyksen puolelta. Tällöin tulivat väriä imeneet halkeamat koekappaleen viistopinnalla erittäin selvästi näkyviin. Niiden lukumäärä ja syvyys voitiin nyt helposti laskea ja mitata (kuva 6).

Lisäksi oli mahdollista tehdä muitakin havaintoja sorvaushalkeamista. Tutkimuksen aikana todettiin, että koekappaleen viiste voidaan melko helposti



Kuva 6. Sorvaushalkeamien mittaaminen.  
Fig. 6. Measurement of checks produced in rotary cutting.

tehdä myös hiomalla ohjainta käyttäen. Hionta on tällöin suoritettava »vastakarvaan» syrakenteen suhteen. — Kuvattu menetelmä on varsin yksinkertainen suoritustavaltaan. Se antaa tarkat ja luotettavat tulokset, jos halkeamat ovat tasasyvyisiä koko viistetyllä alueella. Niiden syvyys saattaa kuitenkin joskus vaihdella eri syistä johtuen (vrt. tutkimuksen erikoisosa). Tällaisessa tapauksessa meneteltiin siten, että yksinäiset halkeamahuiput jätettiin huomioonottamatta ja halkeamasyvyys mitattiin kolmen seuraavaksi syvimmän halkeaman keskiarvona. — Kuvassa 7 esitetään tutkimusaineistosta poimittu sarja koekappaleita, joissa halkeamasyvyys huomattavasti vaihtelee. Niiden *hs*-arvot ovat seuraavat:

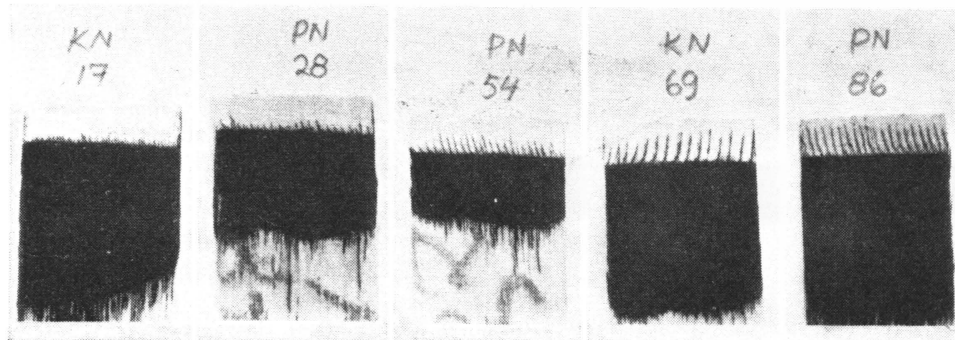
Koekappale	<i>hs</i>
381 KN	17 %
1278 PN	28 »
1002 PN	54 »
466 KN	69 »
829 PN	86 »

Kolmesta koekappaleesta on kuvassa 10 mm:n osuudelta suurennus (koekappaleiden koko leveys on 21,5 mm) halkeamien luonteen tarkemmaksi selvittämiseksi.

Halkeamien syvyys (*hs*) laskettiin sadanneksena viilun todellisesta paksuudesta ja niiden esiintymistiheys (*hn*) lukumääränä yhtä senttimetriä kohden.

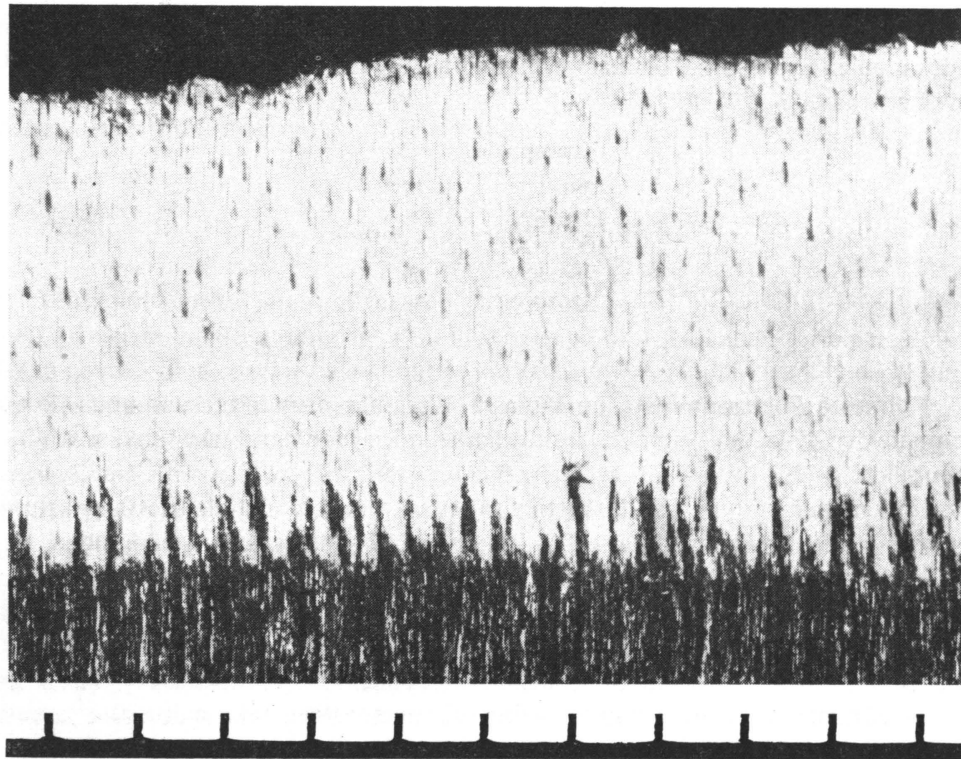
*Viilun karkeuden* mittaamenetelmää oli vaikeampi ratkaista. Tarjolla oli useitakin mahdollisuuksia.

Pinnan karkeuden mittaushetkinä voivat olla useat eri tekijät. SCHMALTZ [23] ja PERTHEN [19] esittävät sellaisina mm. suurimman karkeussyvyyden, ns. keskimääräisen syvyyden, muototekijän eli täyttöasteen sekä aaltovälin ja syvyyden suhteen käänteisarvon. Lisäksi käytetään erilaisia graafisia ja laskennallisia menetelmiä karkeuden luonteen ilmaisemiseen. — Kun tutkimuksen koh-



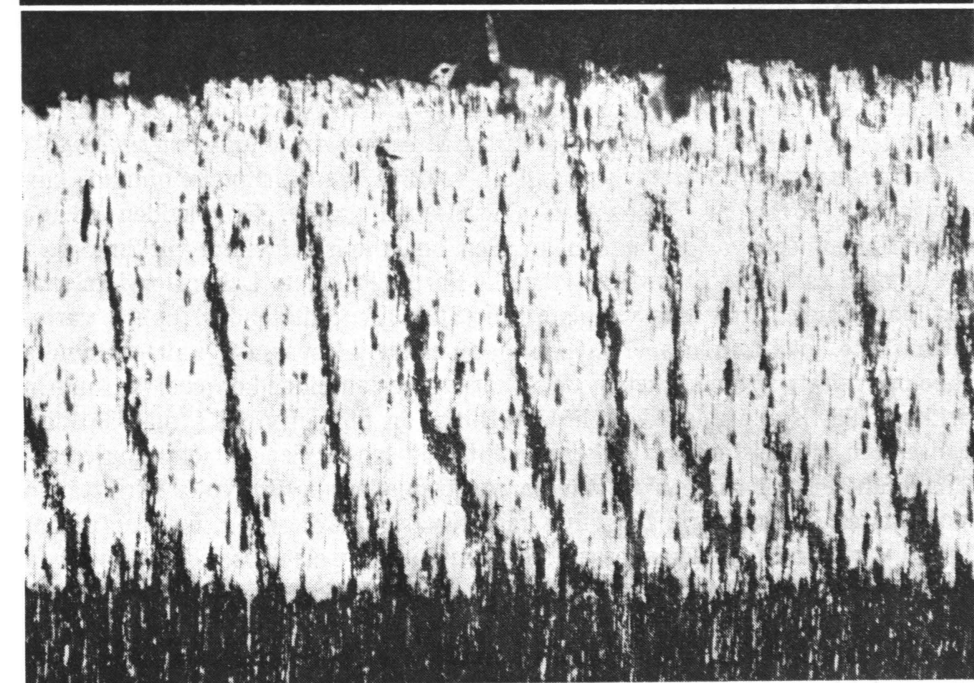
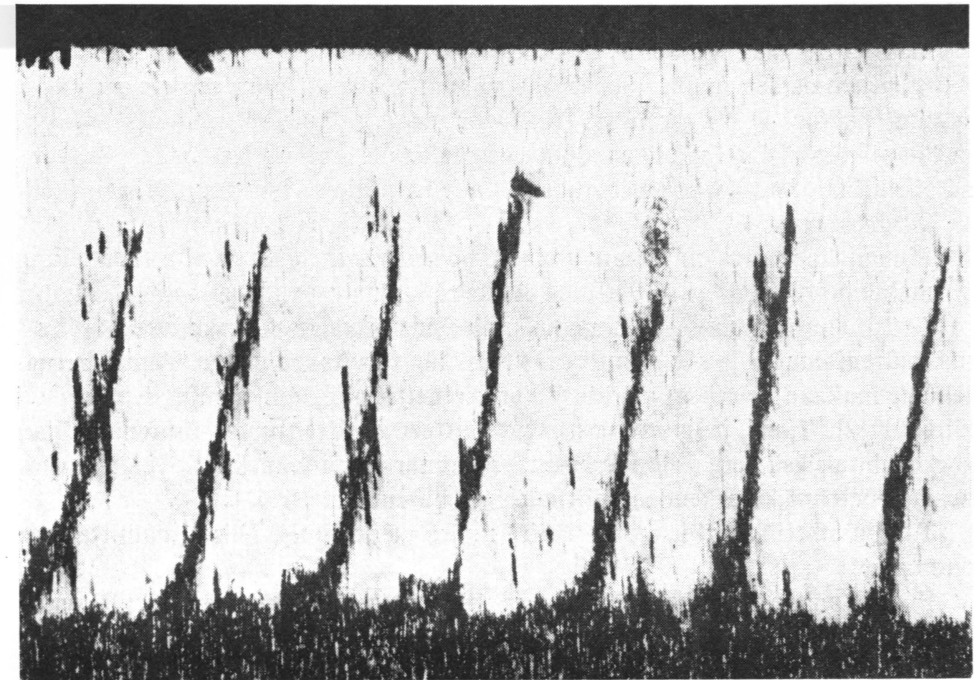
Kuva 7. Viilun sorvaushalkeamia; koekappaleiden leveys 21,5 mm. Halkeamasyvyudet 17, 28, 54, 69 ja 86 %. (Suurenukset: mittakaavan jakoväli = 1 mm).

Fig. 7. Lathe cutting checks in the veneer; width of test specimen 21.5 mm. Depth of checks 17, 28, 54, 69 and 86 per cent (enlargements: scale line = 1 mm).



KN 17

KN 69



PN 86



teena koko ajan oli sorvattu koivuviilu, valittiin karkeuden kriteeriksi suurin karkeussyvyys (*ks*). Tulosten yhteydessä on lisäksi esitetty karkeuden luonne mm. karkeusasteen avulla. Sorvatulle viilunpinnalle on luonteenomaista myös se, että karkeus ei ole tasaisesti jakaantunut koko pinnalle, vaan sitä esiintyy melko selvärajisina, hajallaan sijaitsevinä alueina. Toisena karkeuden kriteerinä oli tutkimuksessa karkeuslaajuus (*kl*) aikaisemmin selostettuun tapaan (koh- ta 35) mitattuna.

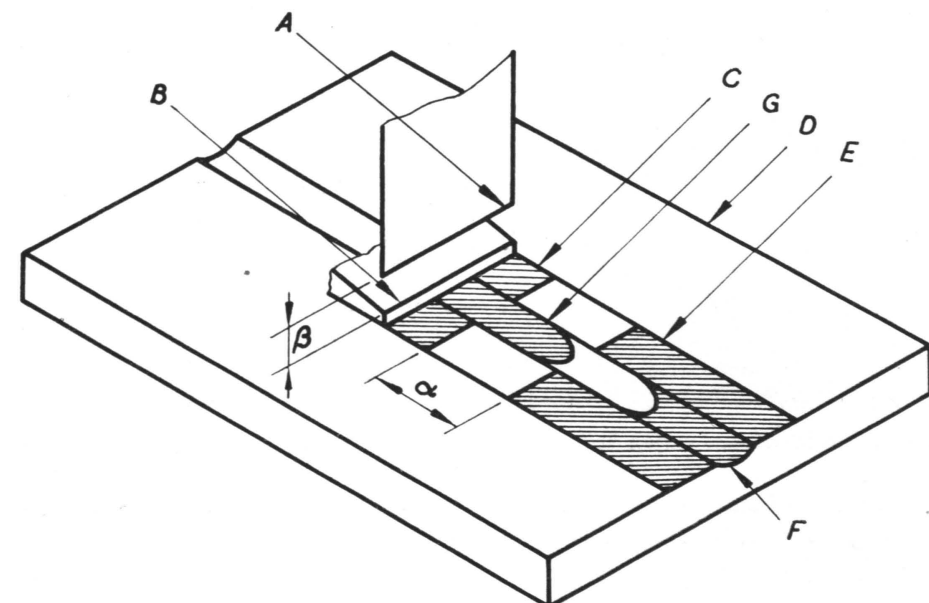
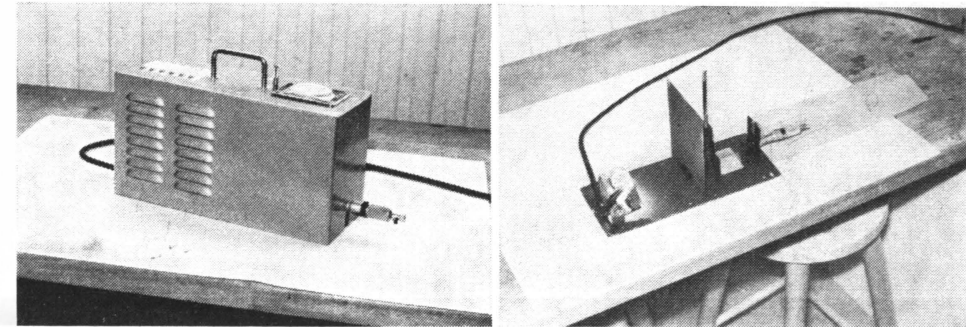
Pinnan karkeutta mitataan usein *tuntoneulamenetelmän* avulla. Sen etuna on mahdollisuus saada tuntoneulan liikkeen kuvaaja pystysuorassa suunnassa riittävästi suurennetuksi. Samanaikaisesti voidaan vaakasuora mitta-alue jät- tää suurentamatta ja sen pituutta ei myöskään tarvitse rajoittaa. Tämän mene- telmän mukaan toimii esimerkiksi Forster/Leitz-laite, jonka mm. EHLERS on esitellyt [2]. Tämä ja muut vastaavat laitteet osoittautuivat kuitenkin liian korkeahintaisiksi, joten alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta käyttää tunte- neulamenetelmää karkeuden mittauksessa luovuttiin.

Tällöin otettiin harkittavaksi eräitä muita menetelmiä. Niistä mainittakoon seuraavat:

FLEMMING'in *tahnamenetelmä*, jossa levitetään erikoistahnaa tutkittavalle pinnalle tunnettu määrä. Peittyneen pinnan ala on karkeuden mittana [21].

*Pneumaattisissa menetelmissä* puhalletaan vakiopaineista ilmaa tutkittavan pinnan ja sille asetetun hiotun metallipinnan välistä. Määrätyssä ajassa pintojen väliin jäävistä aukoista läpi pääsevän ilman määrä tai sen nopeuden (paineen) aleneminen ilmaisevat pinnan karkeuden. Menetelmää on koneistettujen puu- pintojen tutkimisessa käyttänyt KRATZ [19]. Bendtsen-laite toimii kuvatulla tavalla ja sen on esittänyt LUNDGREN [14] — SUZUKI'n mukaan [27] ilmaisee karkeuden se kulma, johon pintaa kallistettaessa *vesipisara lähtee vierimään.*

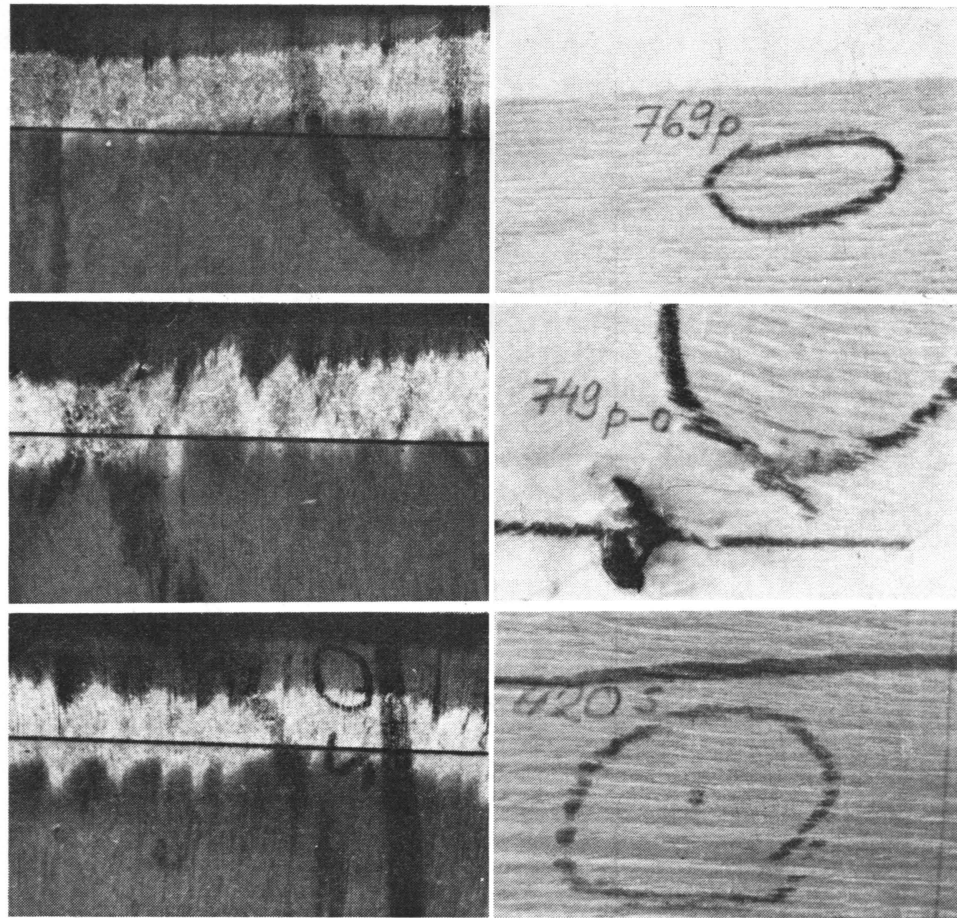
*Optiset menetelmät* käyttävät kyseiseen tehtävään tutkittavalle pinnalle lan- keavaa valokuovaa tai valonsäteen aiheuttamaa varjoa. Esikokeiden aikana päädyttiin lopuksi varjomenetelmään. Sen on erikoisesti viilun tutkimukseen soveltuvana esittänyt LUTZ [15]. Häneltä Forest Products Laboratory'sta saa- dun luonnoksen perusteella valmistettiin (Stanley'n kellotehdas, Lahti) varjo- mittauslaite, joka toimintaperiaatteineen on esitetty kuvassa 8. Laitteen avulla oli helppo mitata viilun karkeussyvyys (karkeusharjanteiden korkeus) 0,01 mm:n tarkkuudella. Kun valonsäde kohtaa tutkittavan pinnan vinosti, määrää kiin- teän esteen muodostamien, karkeussyvänteisiin lankeavien varjohuippujen pi- dennyssuhteen valonsäteen tulokulma. Asettamalla ruuvin avulla siirrettävän vaakasuoran indikaattorin hiusviiva karkeusvarjon äärikohtiin, voidaan piden- tyneen varjon mitta saada suoraan siirtoruuvin mitta-asteikosta. Tästä mitasta päästään yksinkertaisen laskutoimituksen avulla karkeussyvyyden todelliseen mittaan. — Kuvassa 9 on esimerkkejä varjolankeamista, jotka edustavat kar- keudeltaan erilaista viilua. Samasta koekappaleesta on otettu kaksi valokuvaa: toinen yleiskuva pinnasta ja toinen varjolaitteen tähytysaukon läpi.



- |   |   |          |  |
|---|---|----------|--|
| A | siirrettävä viivain<br>movable straightedge | F        | viilun karkeus<br>roughness of veneer                      |
| B | kiinteä viivain<br>fixed straightedge       | G        | varjon kärki urassa<br>shadow peak in roughness depression |
| C | B:n varjo<br>shadow of B                    | $\alpha$ | G:n mitta<br>measure of G                                  |
| D | viilu<br>veneer                             | $\beta$  | A:n korkeus<br>height of A                                 |
| E | A:n varjo<br>shadow of A                    |          |  |

Kuva 8. Viilun karkeuden mittauslaite ja mittauksen periaate.

Fig. 8. Veneer roughness measuring instrument and principle of measurement.



Kuva 9. Viilun karkeuden varjoja mittausslaitteen läpi kuvattuna; oikealla samojen kappaleiden pintakuvat.

Fig. 9. Roughness of shadows of the veneer photographed through the instrument; to the right photographs of the surface of the same specimens.

Kuvan 9 koekappaleet edustavat seuraavia ks-arvoja:

Koekappale	ks
769 p	0,088 mm
749 p—o	0,181 »
420 s	0,240 »

Koekappale 749 p-o on otettu oksan läheisyydestä. Kuva osoittaa, miten pienikin oksa aiheuttaa viiluun karkeutta ja vaikuttaa karkeusharjanteiden suuntaan (syysuunnan häiriytyminen).

Mittaukset suoritettiin koekappaleen (15 × 40 cm) kahdesta eri kohdasta: perusmittaus mahdollisimman sileästä viilusta (paikka merkittiin ja siitä otettiin myöhemmin pieni koekappale sorvaushalkeamien tutkimista varten) ja toinen mittaus koekappaleen karkeimmalta kohdalta, joka oli varjomittauslaitteen avulla helposti etsittävässä.

Laboratoriossa saadut mittaustulokset merkittiin *pääkorttiin* sarjoittain. Siihen siirrettiin aikaisemmin mainituista korteista sarjaa koskevat yleistiedot sekä jo suoritettujen mittausten ja laskutoimitusten tulokset. Jokaisen sarjan lopulliset yhteenvetotulokset merkittiin lopuksi erilliselle pääkortille.

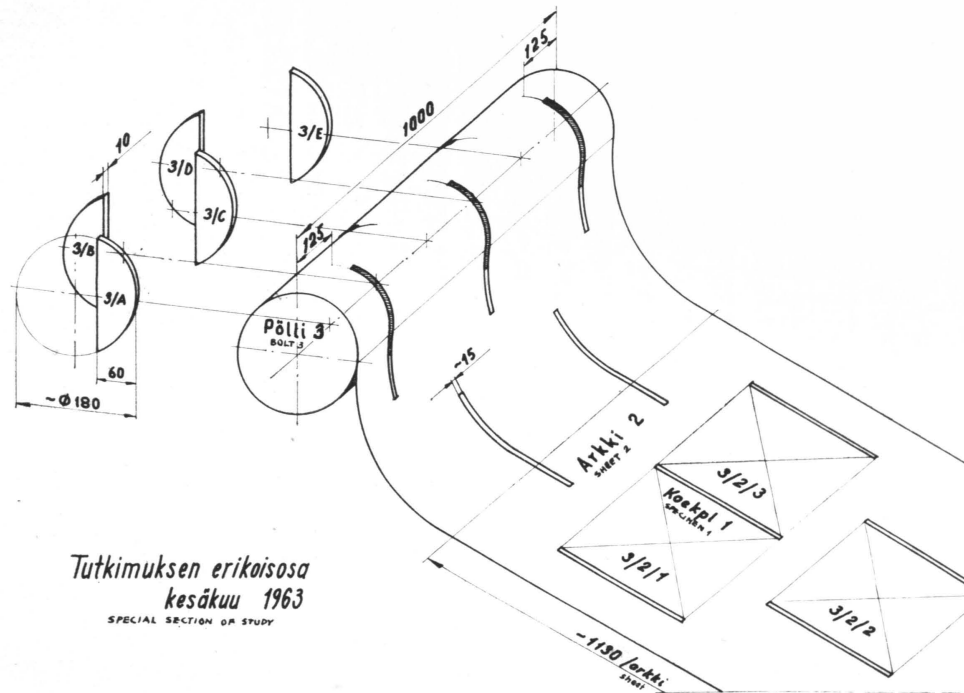
Pääkorteista muodostettiin edelleen yhdistelmäsarjoja liittämällä yhteen sekä toisiaan vastaavien sarjojen mittaustuloksia että poimimalla vastaavasti yksityisten pölliä tuloksia kokonaan uusiksi sarjoiksi. Koko tutkimusaineisto oli työn päättyessä 372 pääkortilla.

### 37 Tutkimuksen erikoisosa

Tässä osassa selvitettiin (sorvi 'RAUTE' FN-45) puun vuosirengasleveyden ja kesäpuusadanneksen vaikutusta viilun laatuun. Lisäksi tutkittiin, miten laatu muuttuu viilumaton eri osissa pölliä pinnasta purilaaseen päin sekä viilun eri virheiden keskinäisiä suhteita ja tulosten hajontaa. Erikoisosa käsitti vain yhden pöllisarjan, johon sisältyi 26 pölliä, joiden annettiin seistä sorvisalissa 9 vrk. lämpötilan ja osaksi myös kosteuden tasaantumista varten. Sarjan kaikki pöllit sorvattiin välittömästi peräkkäin aikaisemmin mainitulla asetteella. Sarjaan valittiin ulkonäöltään mahdollisimman hyvälaatuiset ja samankokoiset pöllit, joiden halkaisija (kuoren päältä) oli  $8 \frac{1}{2}$  tuumaa. Ne kuorittiin ja pyörästettiin ennen varsinaista koetta samaan läpimittaan ( $180 \pm 3$  mm). Pyöristykseen jälkeen jokaisesta pölistä leikattiin viisi n. 10 mm paksuista kiekkoa leikkaussyvyyden ulottuessa purilasmittaan. Kiekkosegmentit merkittiin tunnusnumeroin ja reiällinen viilumatto leikattiin neliöarkeiksi, joiden lukumääräksi tuli 12 kpl pölliä kohden. Viilun nimellispaksuus oli edelleen 1,5 mm. Mainituista arkeista otettiin tutkimuksen kohteeksi 10 ensimmäistä kappaletta pölliä kohden. Selostettu koejärjestely on esitetty kuvassa 10. Jokaisesta arkista irroitettiin kuvan mukaisesti kolme viilun koekappaletta (segmenttiaukkojen välikappaleet). Ne numeroitiin tunnuksin, joiden avulla oli myöhemmin määriteltävissä koekappaleen sijainti sekä viilumatossa että kiekkosegmentteihin nähden.

Varsinaiset viilun laadun mittaukset suoritettiin laboratoriossa. Laadun kriteereinä olivat edelleen karkeussyvyys, sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys sekä aikaisemmista tutkimusosista poiketen viilun kuivapaksuus ( $a_k$ ). — Kiekkosegmentit säilytettiin märkinä mittauksiin saakka. Ennen niitä segmentit sahattiin kahteen yhtäsuureen osaan. Sahauskohta hiottiin viistoksi, jonka jälkeen kuvan 11 mukaisen järjestelyn avulla saatiin yhteys kiekkosegmentin ja viilumaton arkkijaon välille.





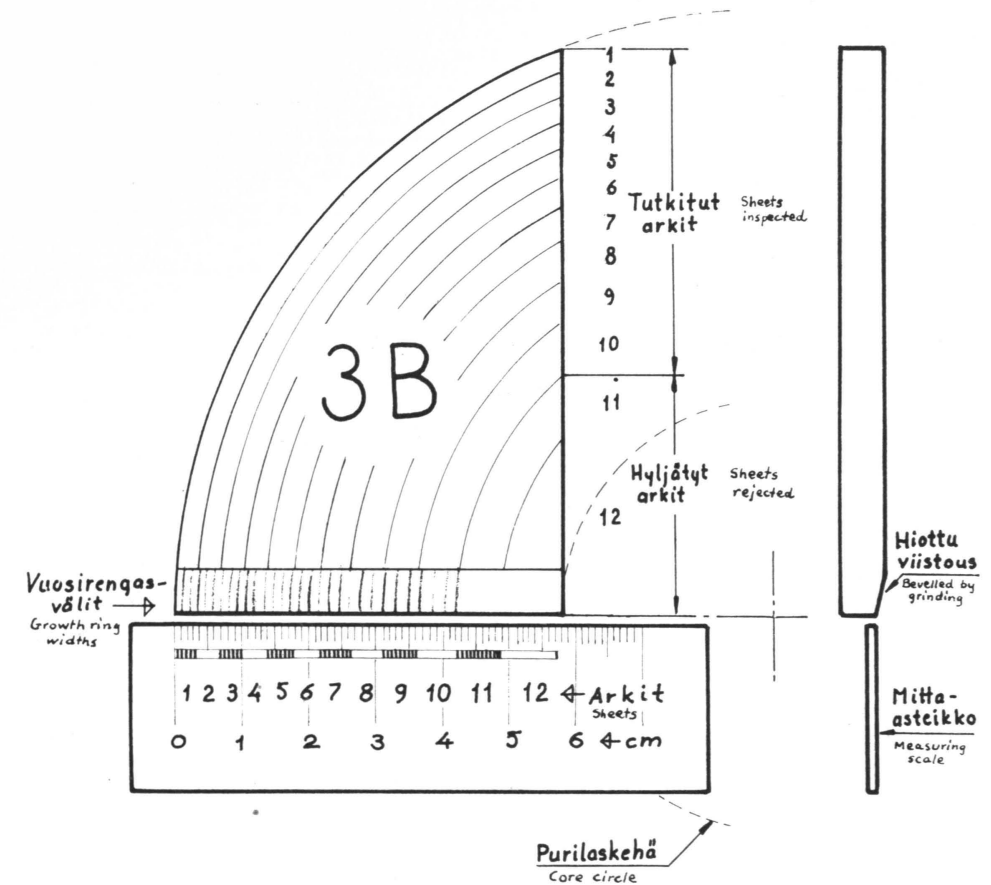
Kuva 10. Tutkimuksen erikoisosan koejärjestely.

Fig. 10. Test arrangement for the special section of the investigation.

Kiekkosegmenteistä mitattiin asianomaisen kohdan vuosirengasleveys ja kesäpuusadannes arkkien 1—10 kohdalla ( $n_i$ ).

Vuosirengasleveydeksi ( $vr$ ) otettiin jokaisen mittausvälin keskiarvo. Mukaan tulivat alueen täydet vuosirenkaat. Tarvittaessa käytettiin apuna tarkastelu-kohteen suurentamista erilaisin välinein. Mittaustarkkuus oli 0,5 mm.

Kesäpuusadannoksen ( $kp$ ) määrittäminen on yleensä verraten hankala tehtävä. Koivu on tässä suhteessa varsin vaikea tutkimuskohde. Eräät tutkijat ovat esittäneet mielenkiintoisia ratkaisuja asian selvittämiseksi. Sellainen on esimerkiksi elektroninen tuntoneulalaite, jonka ovat esittäneet MARIAN ja STUMBO [17]. Sen avulla voi suorittaa mm. vuosirengasanalyysin. — Tämän tutkimuksen yleisen luonteen huomioonottaen valittiin kuitenkin tavanomaisista mittaustavoista poikkeava menetelmä kesäpuun määrän laadullisen vaikutuksen selvittämiseen. Kiekkosegmenttien hiottuilla viistopinnoilla pyrittiin määrittelemään, onko kesäpuusadannoksen arvo yli tai alle 15 %. Tässä ei otettu mukaan vain yhtä ainoaa vuosirengasta, vaan ratkaisun perustana oli 2—3 vuosirenkaan kesäpuusadannoksen keskiarvo. Jos vuosirengasleveys on yli 1,0 mm:n suuruusluokkaa, voidaan selostettu ratkaisu tehdä luotettavasti. Kapeammilla vuosirengasleveyksillä sen sijaan mittaustarkkuus on huomattavasti heikompi. Edelliseen perustuen käytettiin kesäpuusadannoksen asemesta mittana lukua, joka osoittaa, kuinka suuri osa havainnoista on yli mainitun 15 % rajan ( $kp > 15$ ).



Kuva 11. Kiekkosegmentti ja viilumaton arkkijaon asteikko.

Fig. 11. Disc segment and sheet division scale for the veneer mat.

tettiin kesäpuusadannoksen asemesta mittana lukua, joka osoittaa, kuinka suuri osa havainnoista on yli mainitun 15 % rajan ( $kp > 15$ ).

Kiekkosegmenttien eri kohtia vastaavista segmenttiaukkojen välikappaleista mitattiin viilun sorvaushalkeamien syvyys ja lukumäärä, karkeussyvyys sekä paksuus samaan tapaan kuin edellä on esitetty.

Tutkimuksen erikoisosan tuloksia voidaan monessa suhteessa pitää varsin merkittävänä, sillä satunnaisten sivutekijöiden häiritsevää vaikutusta saatiin selostetun koejärjestelyn avulla ilmeisesti hyvin vähäiseksi.

Tutkimuksen aikana suoritettiin muutamia erillisiä kokeita, jotka koskivat mm. pölliin lämpenemis- ja jäähtymisnopeutta sekä erilaisten viilun laadun tutkimusmenetelmien vertailua. Kun niiden kuitenkin on katsottava olevan melko kaukana tämän tutkimuksen aiheesta, julkaistaan saadut tulokset muussa yhteydessä.

## 4 Tulosten laskenta ja esitys

### 41 Saanto ja häviöt

Määrällinen tulos laskettiin pöllikorttiin merkittyjen arvojen perusteella  $1 \text{ cm}^3$  tarkkuudella, minkä jälkeen saannot ja häviöt merkittiin sadanneksina käyttäen perusarvona kuorellista pöllä. Mikäli joku erikoinen syy, kuten esimerkiksi pehmeä sydänlaho tai voimakkaan vinosyisyyden aiheuttama lohkeama vaikutti tulokseen (merkintä tästä oli sarjakortilla) suurentaen purilashäviötä, jätettiin tulos tältä osin yhteenvetolaskelmasta pois. Pääkorteille kerättyjen pöllikohtaisten tulosten keskiarvot laskettiin edelleen sarjoittain ja eri sarjoista poimituin yhdistelmin. Pääkorttiin merkittiin myös varsinaisten tulosarakkeiden ulkopuolelle jokaisen pöllin suuruusluokkaa osoittava merkintä (1—8). Näiden merkintöjen avulla voitiin laskea koko sarjan tai yhdistelmän keskimääräistä suuruutta osoittava tunnusluku. Samoin meneteltiin eri sarjoissa lenkouden, kartiokkuuden ja soikeuden arvojen suhteen. Mainittujen kolmen virheen luokkaa osoittavien lukujen avulla (laskemalla ne yhteen) merkittiin korttiin myös jokaisen pöllin yleislaadua (*La*) osoittava tunnusluku, joka siis parhaan luokan pölliellä oli 3. Yleislaadun huonontuessa tuli tämä tunnusluku kokonaisuksi yksiköin suuremmaksi. Näiden pöllien yleislaadua koskevien tunnuslukujen avulla voitiin seurata tulosten vertauskelpoisuutta ja suorittaa tarvittaessa niiden redusointia. Edellä selostetun perusteella laadittiin jäljempänä esitetty sorvauksen saantoa ja häviöitä koskevat tulostaulukot ja käyrästä.

### 42 Laadullinen tulos

Viulun paksuusvaihtelun osalta tulos laskettiin pöllikortin paksuusarvojen keskiarvopoikkeamien keskiarvona ( $a_{MD}$ )  $0,01 \text{ mm}$  tarkkuudella, mikä merkittiin pääkorttiin. Mukaan otettiin vaihtelualueelle  $\pm 0,15 \text{ mm}$  sattuvat arvot, joiden lukuisuus oli lähes 87 % koko tutkimusmateriaalista. Suuremmat poikkeamat (vaihteluhuiput) eivät kuitenkaan jääneet tutkimuksen ulkopuolelle, vaan niiden lukumäärä jokaista yhteenvettoa kohden merkittiin muistiin.

Viiluarkin kireyseroa käytettiin ainoastaan tulosten vertailukelpoisuuden

tarkistamisessa. Sen mahdollista riippuvuutta raaka-ainetekijöistä ei saatu luotettavasti selvitettyksi, vaan vaatii se jatkotutkimuksia toisessa yhteydessä. — Viiluarkin reunahalkeamien suhteen laskettiin ja merkittiin pääkorttiin halkeamien yhteinen tunnusluku. Se saatiin laskemalla yhteen lyhyiden ( $< 10 \text{ cm}$ ), keskipitkien ( $10\text{—}20 \text{ cm}$ ) ja pitkien ( $> 20 \text{ cm}$ ) halkeamien lukumäärät käyttämällä vastaavassa järjestyksessä ryhmäkertoimia 1, 2 ja 3. Näin saatiin pöllikohtaiset reunahalkeamaindeksit (*hri*). — Samalla tavoin laskettiin oksaisten pöllien oksaisuusindeksit (vrt. kohta 35).

Edellä mainittujen sekä myös sorvaushalkeamia ja karkeutta koskevien viulun laatukriteerien keskiarvojen perusteella laadittiin yhteenvetotaulukot ja käyrästä eri sarjoista ja poimintayhdistelmistä.

Kun laadulliseen tulokseen vaikuttivat varsinkin pöllin sorvauslämpötila ja kosteus, liitettiin nämä arvot jatkuvasti mukaan. Mikäli tässä suhteessa havaittiin selviä poikkeamia tutkimusmateriaalin yleisistä valta-arvoista, suoritettiin tällöin redusointi tulosten vertauskelpoisuuden saavuttamiseksi. Menetelmänä oli sekä laadullisten että myös määrällisten tulosten mahdollisessa redusoinnissa lineaarinen interpolatio.

### 43 Tulosten esitystapa

Tutkimuksen tulokset on esitetty taulukoihin kerättynä. Niihin on otettu mukaan myös vertauskelpoisuutta osoittavia raaka-ainetekijöiden arvoja sekä ao. pöllien lukumäärät.

*Taulukot* ovat luonteeltaan kahdenlaisia. Tutkimuksen perusosan (60 in) taulukoihin liittyy tulosten hajontaa osoittava piirros. Toisen ryhmän muodostavat vertailuosan (50 in) ja erikoisosan taulukot, joiden yhteydessä ei ole katsottu tarkoituksenmukaiseksi esittää piirroksia. Taulukot on numeroitu juoksevin numeroin ja ne on sijoitettu tekstin jälkeen.

*Piirroksissa* on merkitty näkyviin keskiarvopisteet. Määrällisen tuloksen funktiot on esitetty jatkuvan käyrän avulla, kun havaintojen lukumäärä on yleensä ollut verrattain suuri. Piirtäminen on suoritettu pääasiassa silmämääräisesti, mutta lisäksi on suoritettu joukko tarkistuksia ja täsmennyksiä pienimmän neliösumman menettelyn avulla. Regressioyhtälöiden muodostamista ei ole katsottu tarpeelliseksi. — Laadullisen tuloksen kuvaajat on piirretty murtoviivaesityksenä. Perusteena on ollut havaintojen osittain pienemmät lukumäärät.

Asteikot ovat piirroksissa kauttaaltaan tasaväliset. Mittasuhteet on pyritty pitämään samoina ainakin silloin, kun piirroksiset ovat koskeneet toisiinsa verrattavia tapauksia.

Tutkimuksen aikana tehtyjä erikoishavaintoja on lisäksi esitetty muutamien valokuvien, jotka enimmäkseen on sijoitettu varsinaisten tutkimustulosten jälkeen.

#### 44 Tulosten luotettavuus

Koetulosten luotettavuus riippuu yleisesti siitä, miten koesuorituksiin vaikuttavat erilaiset häiriötekijät pystytään hallitsemaan ja ottamaan huomioon. Jos satunnaisten häiriötekijöiden joukko on suuri, tarvitaan laajoja koeaineistoja lukuisine havaintoineen. Asiaan vaikuttaa huomattavasti häiriötekijöiden suunta. Kun siihen nähden esiintyy  $\pm$  hajontaa, kumoavat virheet ainakin osittain toisensa. Näin tapahtuu virheiden ollessa satunnaisia, jolloin myös tulosjoukko on normaalisesti jakautunut (todennäköisyyslaskennan keskeinen raja-arvolause). Normaalijakautumassa käytetään koko tapahtuman tunnuslukuuna tulosjoukon aritmeettista keskiarvoa. — Havaintoarvojen hajonta-alue (vaihteluväli =  $R$ ) ja jakautumakuvion muoto antavat hyvän kuvan tulosten luotettavuudesta, kun tunnetaan yksityisten havaintojen lukumäärä ja niiden aritmeettinen keskiarvo. — Edelleen usein lasketaan eräitä hajonnan tunnuslukuja, joista tunnetuin on keskihajonta (standardipoikkeama =  $s$ ).

Jos alkuperäinen satunnaissuure ei ole normaalisesti jakautunut, on mahdollista normalisoida satunnaissuuretta ottamalla tarkastelun kohteeksi riittävän suurten yksityishavaintojoukkojen aritmeettiset keskiarvot.

Havaintojen lukumäärän kasvaessa paranee lasketun keskiarvon luotettavuus, ja tilastollisen testauksen tarve vähenee. Sitä vastoin suppeissa koesarjoissa se on katsottava välttämättömäksi, jotta saataisiin riittävä varmuus tulosten luotettavuudesta.

Kun tapahtumaan samanaikaisesti vaikuttavia tekijöitä on kaksi tai useampia, joudutaan turvautumaan varianssianalyysiin. Jos kuitenkin havaintojen lukumäärä on riittävän suuri, ja yhden vaikuttavan tekijän asema toisiin tekijöihin nähden on mahdollista saada selvästi hallitsevaksi, voidaan ainakin eri keskiarvojen keskinäinen suuruusjärjestys saada oikeaksi ja näin saadaan näkyviin kuvaajien tendenssi *ao.* hallitsevan tekijän ollessa muuttujana.

Viilun laatua koskevissa tutkimustuloksissa on ollut vaikuttamassa asetteen teosta johtuva ennalta huomioonottamatta jäänyt häiriötekijä. Kuten edellä on selostettu, tehtiin asete siten, että terän ja vastaterän välinen rako tarkistettiin lepotilassa ennen sorvauksen alkamista. Sorvauksen aikana rako kuitenkin muuttuu. Tätä eräessä tutkimuksessaan tekemäänsä havaintoa selostaa KIVIMAA [8] seuraavasti:

»Jotta olisi voitu määrätä, säilyykö vaakasuora rako leikkuun aikana vakiona, asetettiin mittakellot teräkelkan molempiin päihin mittaamaan teräpalkin ja vastateräpalkin välisiä mahdollisia siirtymiä. Kun asete oli valmis, mittakellot asetettiin nolla-asentoon. Kun viilun leikkuu oli alkanut ja vastateräpalkkiin vaikuttavat voimat olivat pakoittaneet sitä hieman taaksepäin, tehtiin lisäsäätö, niin että mittakellot jälleen osoittivat nolaa. Tämä säätö oli tarkoissa kokeissa välttämätön, koska pientä siirtymää saattaa esiintyä parhaissakin sorveissa.»

Tutkimuksen jälkeen suoritettiin vastaavanlaisia tarkistuksia kokeissa käytetyillä tehdassorveilla. Näissä todettiin vastateräpalkin siirtymiä, jotka vaihtelivat välillä 0,05—0,20 mm. Käytetyllä 1,5 mm:n viilunpaksuudella merkitsevät mainitut siirtymät sitä, että puristusaste on nimellisen 18 % asemesta vaihdellut 15—5 %.

Samantapaista vastateräpalkin siirtymistä on täytynyt esiintyä myös tutkimuksen aikana. Todellista puristusasteen arvoa ei näinollen ollut sorvauksen aikana tiedossa. Sensijaan on selvää, että se aina on ollut nimellistä 18 % arvoa pienempi. Tästä johtuu, että viilun laatu esiintyy tuloksissa huonompana ja laadunvaihtelut suurempina kuin mainittu nimellinen puristusaste olisi edellyttänyt. Toisaalta taas eri tutkimusosien ja rinnakkaisten koesarjojen toisiaan vastaavat tulokset oikeuttavat päättelemään, että viilun laatua koskevat tulokset osoittavat sekä tutkittujen raaka-ainetekijöiden vaikutuksen suunnan että kriteerien keskinäisen järjestyksen.

Merkillepantavaa viilun laatua koskevan tutkimusosan kannalta on edelleen, että saadut tulokset hyvin kuvaavat tavallisen tehdasviilun laatua, koska asete tehtiin yleisesti käytössä olevan tavan mukaan.

Edellä esitetyn perusteella ja ottaen huomioon sen, että tässä tutkimuksessa kuvaajan tendenssi on asetettava tärkeydeltään havaintoarvojen absoluuttisen täsmällisyyden edelle, on lähtökohdaksi otettu yksityisten koesuoritusten riittävä lukumäärä. Näin on menetelty siitäkin huolimatta, että työ on sentakia muodostunut erittäin laajaksi. Ilmeistä myös on, että tulosjoukkoja voidaan pääosiltaan pitää normaalisesti jakautuneina.

Tulosten luotettavuudesta on koetettu antaa havainnollinen kuva havaintojen lukumäärän, vaihteluvälin ja jakautumakuvion avulla, jotka on tärkeimmillä kohdilla liitetty joko tulosten yhteyteen tai esitetty erillisinä. — Useissa kohdissa on lisäksi laskettu eräitä tilastollisia tunnuslukuja. Erikoisesti ovat etualalla tällöin olleet tutkimuksen perus- ja erikoisosa. [6] [25] [28]

Edellä (kohta 31) on mainittu varsinaiseksi koeaineiston määräksi 1.740 pölliä. Havaintojen määrää voitaneen pitää riittävänä aikaisemmin selostettujen, yhtä pölliä koskevien mittaustulosten perusteella (esimerkiksi perus- ja vertailuosan viilun paksuuden mittauksia oli yli 20.000). — Tutkimustulosten yhteydessä on mainittu koepölliä tai yksityisten havaintojen lukumäärä.

## 5 Tutkimustulokset

### 51 Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään

#### 511 Sorvipöllin koko

Koon mukaan jaettiin pöllit 8 luokkaan, joista kuitenkin pienimpään (163—175 mm) kertyi niin vähän pöllejä, että se on suureksi osaksi jätetty tutkimustuloksista pois. Luokkajako 1—8 oli seuraava:

luokka	$d = \frac{d_s + d_p}{2}$	luokka	$d = \frac{d_s + d_p}{2}$
1	163—175 mm	5	251—275 mm
2	176—200 mm	6	276—300 mm
3	201—225 mm	7	301—325 mm
4	226—250 mm	8	326—350 mm

Pöllin koon vaikutus määrälliseen tulokseen selvitettiin erikseen 60 in ja 50 in (nimellismitta) pituisille pölleille.

#### 5111 Hyvälaatuiset pöllit

Taulukot 1 ja 2<sup>1</sup> esittävät 60 in ja 50 in pöllien koon vaikutuksen määrälliseen tulokseen. Taulukkoon 1 on liitetty suuruusluokkien 3—5 osalta täysien arkkien ( $S_1$ ), saumauskappaleiden ( $S_2$ ), kuorinta- ja pyörityshäviön ( $H_1$ ) ja purilashäviön ( $H_2$ ) jakautumakuviot, keskihajonta ( $s$ ) ja vaihteluväli ( $R$ ).

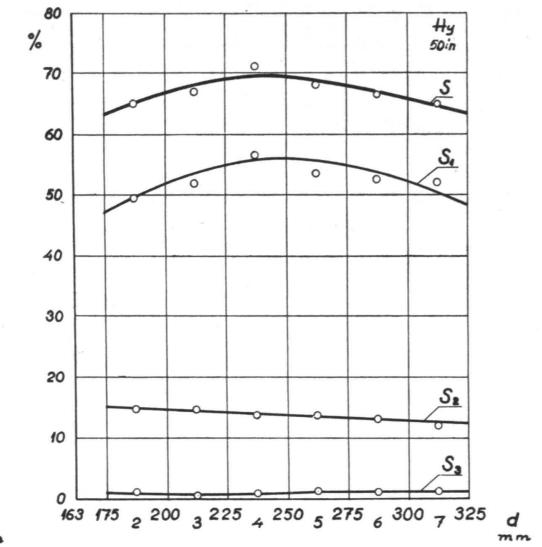
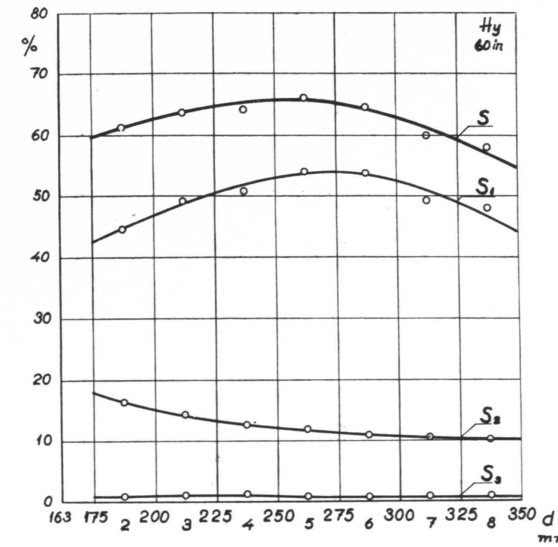
Taulukkoihin on myös merkitty pöllien muotoa, lämpötilaa ja kosteutta koskevat vertailuluvut.

Kuva esittää taulukkojen 1 ja 2 mukaan saannon ja sen eri osat pöllin koon funktiona.

Kuvassa 13 on vastaavasti kokonaishäviö ja sen eri osat.

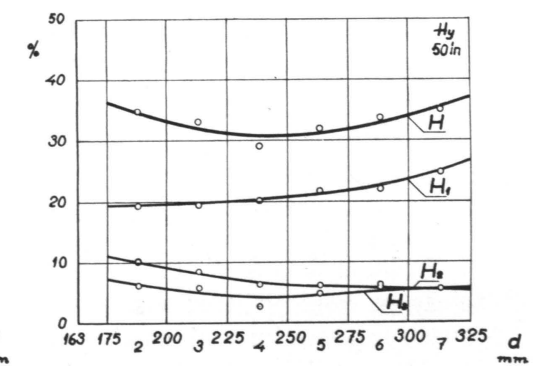
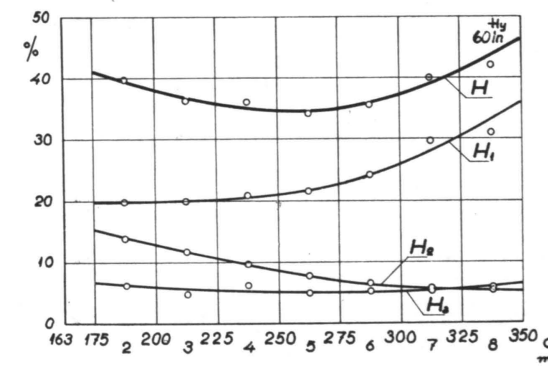
Kuvassa 14 on saanto ja häviöt yhdistetty siten, että pystysuorien suorakaiden pinta-alat edustavat aina määätettyä pöllin suuruusluokkaa (bruttotilavuus).

<sup>1</sup> Kaikki taulukot liitteenä.



Kuva 12. Sorvauksen saanto pöllin koon funktiona; suuruusluokat 2—8 ja  $d = 175—350$  mm; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in,  $S$  = kokonaissaanto,  $S_1$  = ehjät arkit,  $S_2$  = saumauskappaleet,  $S_3$  = pääleikkattavat kappaleet.

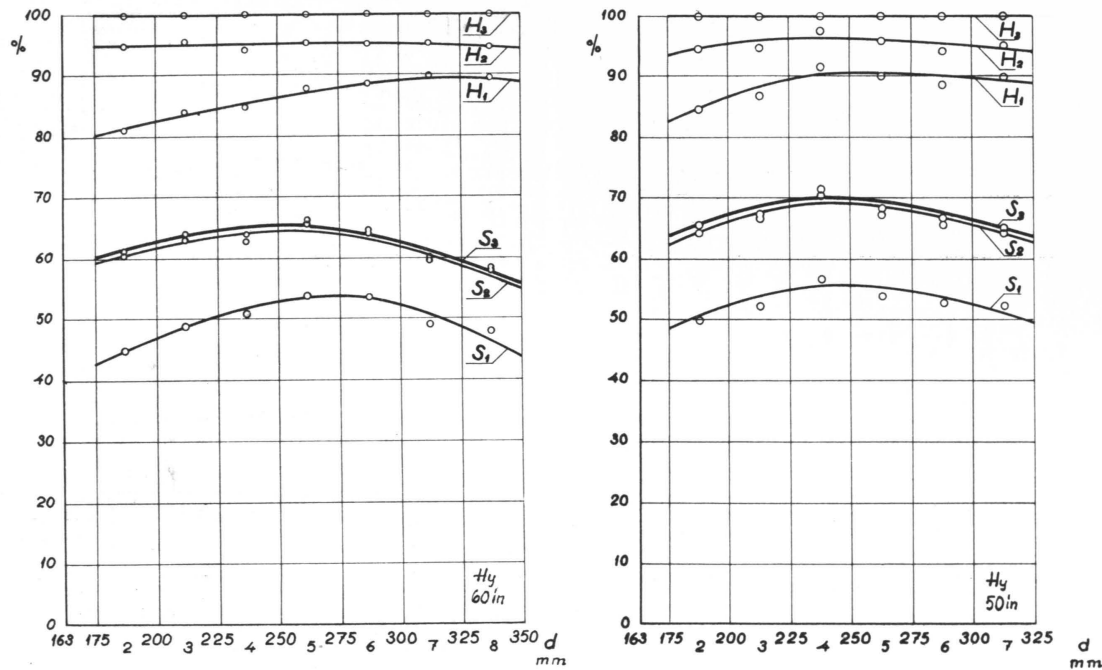
Fig. 12. Veneer cutting yield as a function of bolt size; size classes 2—8 and  $d = 175$  to 350 mm; good bolts, 60 and 50 inches;  $S$  = total veneer yield;  $S_1$  = full size sheets;  $S_2$  = jointing sheets;  $S_3$  = sheets to be end-clipped (short sheets).



Kuva 13. Sorvauksen häviöt pöllin koon funktiona; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in.  $H$  = kokonaishäviö,  $H_1$  = kuorinta- ja pyörityshäviö,  $H_2$  = purilashäviö,  $H_3$  = leikkaushäviö.

Fig. 13. Cutting loss as a function of bolt size; good bolts, 60 and 50 inches.  $H$  = total losses;  $H_1$  = bark stripping and rounding loss;  $H_2$  = core loss;  $H_3$  = lathe cutting loss.





Kuva 14. Sorvauksen saannon ja häviöiden yhdistelmä; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in.  
Fig. 14. Veneer yield and loss combined; good bolts, 60 and 50 inches.

### 5112 Lajittelemattomat pöllit

Taulukot 3 ja 4 on laadittu samaan tapaan kuin edellä. Pöllit on otettu koe-sarjoihin peräkkäin siinä järjestyksessä kuin ne ovat katkaisusta tulleet, joten minkäänlaista lajittelua ei ole suoritettu.

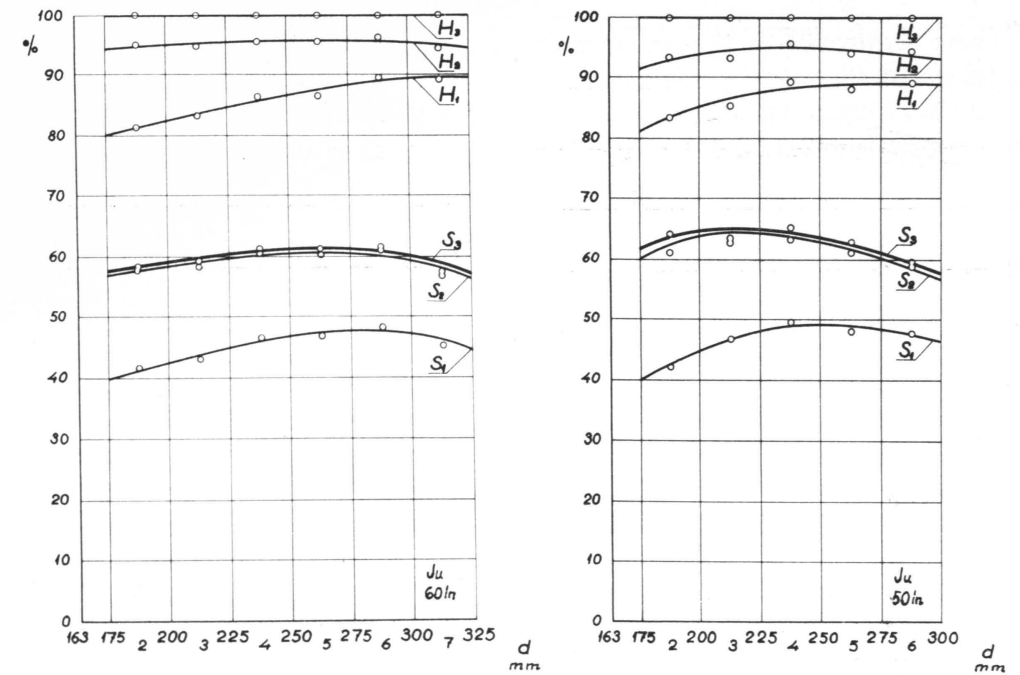
Kuva 15 on piirretty taulukkojen 3 ja 4 mukaan. Ne esittävät lajittelemattomien pöllien saannon ja häviöiden yhdistelmää, kuten edellä kuva 14.

### 5113 Oksaiset pöllit

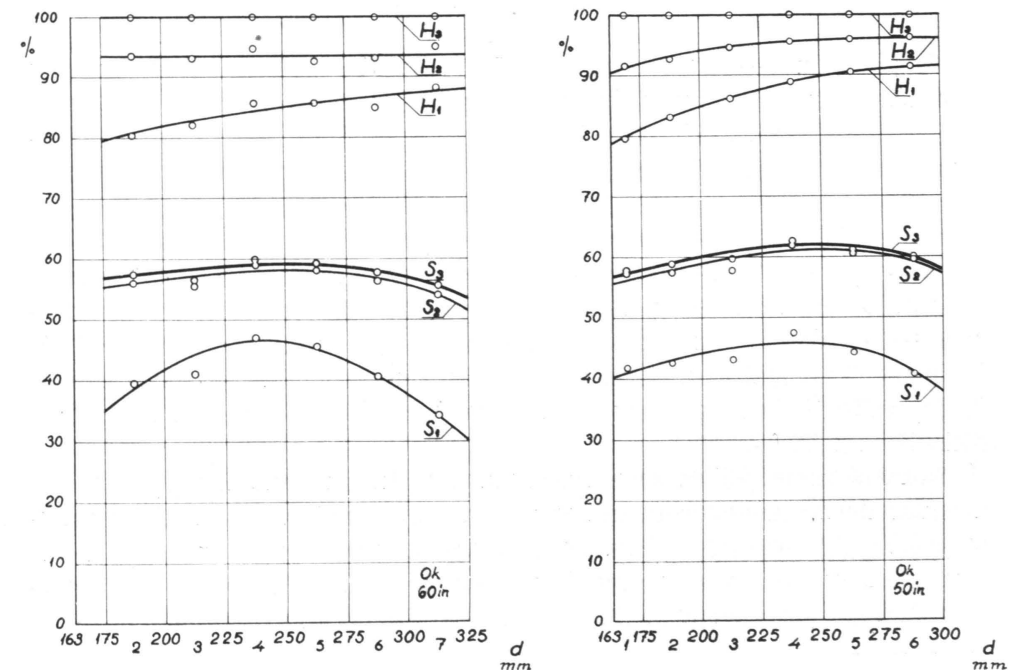
Taulukot 5 ja 6 esittävät oksaisten pöllien koon vaikutuksen määrälliseen tulokseen. Pöllit valittiin oksaisiin sarjoihin siten, että niiden muoto silmämääräisesti tarkastettuna oli mahdollisimman hyvä. Oksien määrän tuli olla runsas ja niiden tuli jakaantua koko pöllin pituudelle. Pyrkimyksenä oli saada pöllin ainoaksi virheeksi oksaisuus.

Kuva 16 on piirretty taulukkojen 5 ja 6 perusteella.

Kuvassa 17 on yhteisiin akselistoihin piirretty kuvien 14—16 erikokoisten hyvälaatuisien (Hy), lajittelemattomien (Ju) ja oksaisten (Ok) pöllien kokonaisuutta (S) esittävät kuvaajat.

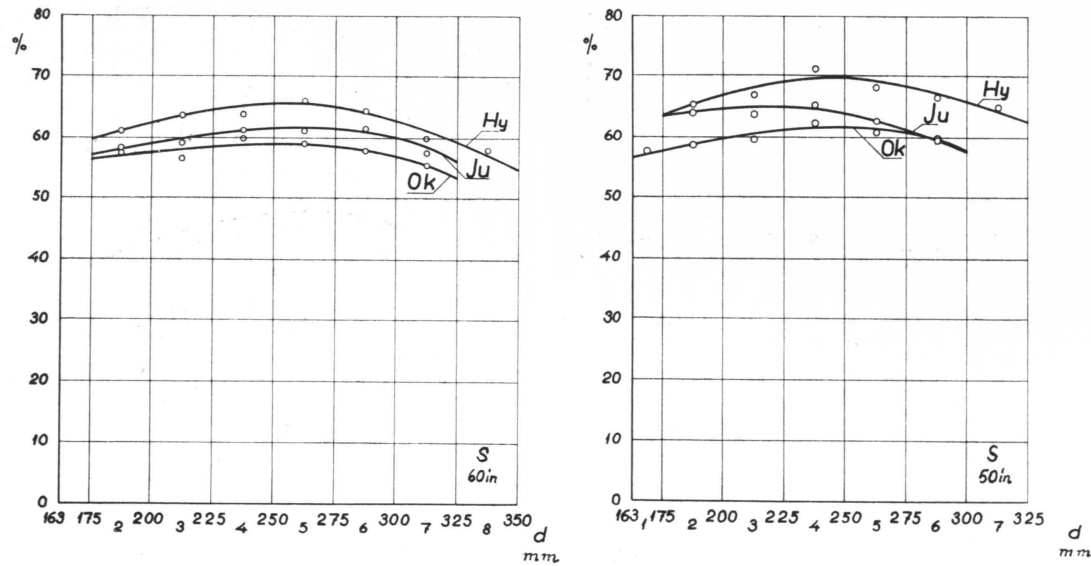


Kuva 15. Saannon ja häviöiden yhdistelmä; lajittelemattomat pöllit, 60 in ja 50 in.  
Fig. 15. Yield and loss combined; unsorted bolts, 60 and 50 inches.



Kuva 16. Saannon ja häviöiden yhdistelmä; oksaiset pöllit, 60 in ja 50 in.  
Fig. 16. Yield and loss combined; knotty bolts, 60 and 50 inches.





Kuva 17. Kokonaissaanto kuvista 14—16 koon funktiona, 60 in ja 50 in pöllit. Hy = hyvälaatuiset pöllit; Ju = lajittelemattomat pöllit; Ok = oksaiset pöllit.  
Fig. 17. Total yield from figures 14 to 16 as a function of size, 60- and 50-inch bolts.

#### 5114 Havainnot

Taulukkojen 1—6 ja kuvien 12—17 perusteella voidaan sorvipöllin koon vaikutuksesta määrälliseen tulokseen tehdä seuraavat havainnot.

Suuruusluokkien 2—5 ( $d = 176—275$  mm) osuus tutkimuksen koemateriaalissa on ollut täysin ratkaiseva (n. 92 %).

Pöllin koon kasvaessa kasvaa kokonaissaanto (S) saavuttaen optimiarvonsa 60 in pölleillä välillä  $d = 251—275$  mm (suuruusluokka 5) ja 50 in pölleillä välillä  $d = 226—250$  mm (suuruusluokka 4). Senjälkeen kokonaissaanto pienenee ja on määrällinen tulos 8. suuruusluokassa yleensä vähäisempi kuin 2. suuruusluokassa. — 50 in pöllien kokonaissaanto on n. 4 % suurempi kuin 60 in pölleillä 250 mm halkaisijamittaan saakka ja siitä ylöspäin n. 2—3 %. — Hyvälaatuisien 60 in pöllien kokonaissaannon optimiarvo on n. 66 %. Vastaava arvo 50 in pölleillä on n. 70 %.

Suurikokoisten pöllien alenevan saannon syynä on taulukkojen vertailulukujen osoittama muotovirheiden kasvu, joka suurentaa huomattavasti kuorinta- ja pyörityshäviötä ( $H_1$ ) pöllin koon kasvaessa määrätyn rajan yli.<sup>1</sup> Tilanne tässä suhteessa saattaa tulevaisuudessa muuttua, kun myös järeätä koivua saadaan aikaisempaa enemmän järjestelmällisesti hoidetuista metsiköistä.

<sup>1</sup> Myös kuoren paksuus vaikuttaa asiaan.

Pöllin virheet vähentävät sorvauksen saantoa. Samoin ne vähentävät eroa 60 in ja 50 in pöllien kokonaissaannon välillä. Lajittelemattomien 60 in pöllien kokonaissaannon arvot ovat n. 3—4 % alhaisempia kuin hyvälaatuisien pöllien vastaavat arvot. 50 in pölleillä tämä erotus on suurempi (n. 5 %). — Oksaisten pöllien saanto jää huonoimmaksi.

Ehjen arkkien määrä ( $S_1$ ) on luonnollisesti kokonaissaannon määräävin osa. Pöllin koon kasvaessa se myöskin kasvaa saavuttaen kuitenkin optimiarvonsa yhtä suuruusluokkaa kookkaampien pöllien kohdalla kuin kokonaissaanto (60 in — luokka 6 ja 50 in — luokka 5). Tämä voidaan selvästi havaita varsinkin hyvien ja lajittelemattomien pöllien tuloksista.

Ero 60 in ja 50 in pöllien välillä vastaa edellä kokonaissaannon kohdalla mainittua eroa.

Pöllien virheet lisäävät kokonaissaannon ja ehjen arkkien määrän erotusta. Se on keskimäärin 13,0 % hyvillä, 14,6 % lajittelemattomilla ja 16,4 % oksaisilla pölleillä (60 in).

Pöllin koon kasvaessa mainittu erotus pienenee, kuten seuraava 60 in hyvälaatuisien pöllien suuruusluokkia 2—8 koskeva lukusarja osoittaa: 16,8 — 15,9 — 13,3 — 12,4 — 11,1 — 10,8 — 10,3.

Oksaisten pöllien ehjen arkkien suhteellinen osuus saavuttaa parempilaatuisista pölleistä poiketen optimiarvonsa jo 4. suuruusluokan kohdalla, minkä jälkeen erotus kokonaissaantoon nähden kääntyy kasvuun.

Saumauskappaleiden määrä ( $S_2$ ) vähenee pöllin koon kasvaessa hyvälaatuisilla ja lajittelemattomilla pölleillä. Oksaisilla pölleillä tapahtuu myös aluksi vähenemistä, mutta alin arvo saavutetaan 4. suuruusluokan kohdalla, minkä jälkeen  $S_2$  alkaa jälleen nousta. Nousun voidaan havaita olevan jyrkempi kuin laskun suuruusluokissa 2—4.

Ero saumauskappaleiden määrässä 60 in ja 50 in pöllien välillä on verrattain vähäinen. Se on 50 in pöllien hyväksi ja suuruudeltaan n. 1—2 %.

Pöllin virheet lisäävät saumauskappaleiden osuutta: 60 in hyvälaatuisilla pölleillä on  $S_2$ -sadannes keskimäärin 12,1 %, lajittelemattomilla vastaavasti 13,8 % ja oksaisilla 15,2 %. 50 in pöllien vastaavat arvot ovat 13,6 % — 14,5 % — 15,8 %.

Pääleikattavat (lyhennettävät) kappaleet ( $S_3$ ) muodostavat saannon pienimmän osan. Niitä syntyy sitä epäsäännöllisemmin mitä parempia pöllit laadultaan ovat. Asiaan vaikuttaa tällöin ratkaisevasti pyörityksen ja varsinaisen sorvauksen vaihtumakohta (sillä on myös vaikutusta saumauskappaleiden määrään, mutta huomattavasti vähemmän). Tästä epäsäännöllisyydestä johtuu, että pääleikattavien kappaleiden määrällisen tuloksen selvittämisessä on turvaututtava verrattain laajoihin koesarjoihin. Kun otetaan huomioon edellä

esitettyistä taulukoista vain ne suuruusluokat, joihin kuhunkin kuuluu yli 20 pölliä, voidaan huomata, että 60 in pölliin päälleikattavien kappaleiden määrä on 0,8—1,0 % ja 50 in pölliin vastaava arvo 1,0—2,0 %. Näiden lukualueiden alarajat edustavat hyvälaatuisia pöllejä ja ylärajat lajittelemattomia ja oksaisia pöllejä.

*Kokonaishäviön (H)* määrä on vastaavasti pienimmillään 5. ja 4. suuruusluokissa: 60 in pöllit 34 % ja 50 in pöllit 30 % (hyvä laatu). — Pöllin virheet tietenkin lisäävät häviötä. Muissa suhteissa viitattakoon kokonaissaantoa koskeviin tuloksiin.

*Kuorinta- ja pyörityshäviö (H<sub>1</sub>)* edustaa suurinta hukka-erää. Pöllin koon kasvaessa se pysyy aluksi sekä 60 in että 50 in hyvillä pölleillä lähes samansuuruisena (20—21 %) 5. suuruusluokkaan saakka. Senjälkeen H<sub>1</sub> kasvaa ja on kasvu 60 in pölleillä jyrkempi (32 % 8. suuruusluokassa) kuin 50 in pölleillä (25 % 7. suuruusluokassa).

Pöllin virheet suurentavat kuorinta- ja pyörityshäviötä. Sitä ei kuitenkaan vielä havaita lajittelemattomien pölliin kohdalla. Eroa hyviin pölleihin nähden on kuitenkin siinä, että H<sub>1</sub>:n suureneminen alkaa heti 2. suuruusluokasta lähtien (samoin on asia oksaisilla pölleillä). — Oksaisten pölliin H<sub>1</sub>-häviöt ovat selvästi hyvien pölliin vastaavia arvoja suuremmat: 60 in pölleillä 3—4 % ja 50 in pölleillä 4—8 %. Erikoisesti on huomattava, että virheiden vaikutus kuorinta- ja pyörityshäviöön on 50 in pölleillä voimakkaampi kuin 60 in pölleillä. (Tässä yhteydessä lienee syytä mainita, että oksaisten ja samoin jossain määrin myös muodoltaan virheellisten pölliin koon mittauksessa saadaan helposti liian suuria arvoja: esimerkiksi mittaus oksakyhmyin kohdalta. Tämä virhe on pyritty eliminoimaan erittäin huolellisella mittauskohdan valinnalla).

*Purilashäviö (H<sub>2</sub>)* on sorvauksen määrällisen tuloksen säännöllisin osa. Se ei suurestikaan riipu pölliin muotovirheistä tai oksaisuudesta. Purilashäviön suuruuteen eniten vaikuttavat laadulliset tekijät ovat pöllin sydänlaho ja vinosyisyys. Viimeksimainittuja virheitä esiintyy sitä enemmän mitä kookkaampi (vanhempi) pölli on. Siitä johtuu tuloksista selvästi havaittava purilashäviön hidastuva väheneminen pöllin koon kasvaessa.

Pöllin pituus vaikuttaa purilashäviöön huomattavasti. 2. suuruusluokassa 60 in pölliin H<sub>2</sub>-arvo on 3—4 % suurempi kuin 50 in pölliin vastaava häviö. Merkillepantavaa kuitenkin on, että ero tässä suhteessa supistuu pöllin koon kasvaessa ollen esimerkiksi 6. suuruusluokassa enää 1—3 % ja kookkaammilla pölleillä vielä vähemmän. Eron tasoittajana ovat edellä mainitut järeiden pölliin luonteenomaiset laadulliset virheet.

Purilashäviön suuruus on 60 in pölleillä 2—7. suuruusluokissa 14—6 % ja 50 in pölleillä vastaavasti 10—5 %.

*Leikkaushäviötä (H<sub>3</sub>)* ei mitattu, vaan se jätettiin laskettavaksi vaikeimmin mitattavana osatekijänä. Saadut tulokset osoittavat, että sen vaihtelu pöllin koon kasvaessa on vähäistä. Selvää eroa ei myöskään ole havaittavissa 60 in ja 50 in pölliin välillä.

Hyvälaatuisilla ja lajittelemattomilla pölleillä leikkaushäviö saa minimiarvon suuruusluokkien 4—6 välillä. Sensijaan oksaisten pölliin H<sub>3</sub>-arvo laskee melko hitaasti pöllin koon kasvaessa. Lisäksi se on n. 1—2 % korkeampi kuin laadultaan parempien pölliin vastaavat arvot.

Leikkaushäviön vaihtelualue on 4—7 %.

Edellä on jo viitattu taulukoissa 1—6 esitettyihin pölliin eri suuruusluokkien *vertailulukuihin* muotovirheiden osalta. Tarkasteltaessa pölliin sorvauslämpötilaa havaitaan, että se on vaihdellut 17—21° C valtaosan ollessa 17—19° C. Vastaavasti on puun kosteuden vaihtelua esiintynyt vähäisiä poikkeuksia lukuunottamatta 65—85 % alueella. Suuren osan kosteus on ollut 70—80 %. Näitä arvoja (17—19° C ja 70—80 %) voitaneenkin pitää tämän tutkimuksen koemateriaalin normaaliarvoina. Mitään oleellista vaikutusta ei puun lämpötilalla ja kosteudella ole ollut havaittavissa kyseisillä vaihtelualueilla sorvauksen määrälliseen tulokseen.

Taulukkoon 1, joka koskee 60 in hyvälaatuisia pöllejä, on liitetty suuruusluokkien 3—5 osalta saantojen S<sub>1</sub> ja S<sub>2</sub> ja häviöiden H<sub>1</sub> ja H<sub>2</sub> arvojen jakautumaviot sekä keskihajontaa ja vaihteluväliä osoittavat luvut.

Samoin on menetelty taulukkojen 3 (60 in lajittelemattomat pöllit) ja 5 (60 in oksaiset pöllit) suhteen.

Kyseisiä liitteitä tarkasteltaessa voidaan havaita, että purilashäviötä (H<sub>2</sub>) lukuunottamatta tuloksien hajonta on ollut melko huomattava. Suurin se on ollut saumauskappaleiden (S<sub>2</sub>) tuloksissa, jotka ovat myös eniten poikenneet normaalijakautumasta.

Pöllin koon kasvaessa suurenee myös tuloksien hajonta. Se huomataan erikoisesti, jos lasketaan variaatiokertoimet (= keskihajonnan ja vastaavan keskiarvon osamäärä). Poikkeuksena tästä on ehjien arkkien määrä (S<sub>1</sub>), jonka tuloksien hajontaan pöllin koolla ei näytä olleen sanottavaa vaikutusta.

Pöllin laadun huononemisella taas on hajontaa suurentava vaikutus tullut selvästi näkyviin vain ehjien arkkien kohdalla (variaatiokertoimet lajittelemattomilla ja oksaisilla pölleillä noin 30—50 % suuremmat kuin hyvälaatuisilla pölleillä). Purilashäviön osalta on vaikutus ollut jopa hajontaa pienentävä (!).

#### 512 Sorvipöllin muoto

Sorvipöllin ihannemuoto on suora ympyräsilinteri. Sorvauksen määrällinen tulos huononee, kun poikkeamat ihannemuodosta suurenevät. Tällaisia poikkeaa-

mia ovat mm. pöllin lenkous, kartiokkuus ja soikeus. Näiden muotovirheiden vaikutusta määrälliseen tulokseen tutkittiin siten, että koeaineisto valittiin mahdollisuuksien mukaan vain yhden kerrallaan esiintyvän virheen perusteella. Koon vaikutus tuloksiin pyrittiin myös eliminoimaan kohdistamalla valinta samankokoisiin pöilleihin. Enimmäkseen kuuluivat tämän tutkimusosan pöllit 4. suuruusluokkaan (226—250 mm). Mikäli tähän ei päästy, suoritettiin tulosten redusointi edellä kohdassa 5111 esitettyjen tulosten perusteella. Muotovirheiden yhteisvaikutuksen selvittämiseksi määriteltiin pöllien yleiset laatuluokat jäljempänä esitettävällä tavalla.

Taulukot ja piirroset on laadittu samoin kuin kohdassa 511. Ne sisältävät myös samat saannon ja häviöiden osat.

### 5121 Lengot pöllit

Pöllin lenkouden kriteerinä oli suurin sivuviivapoikkeama ( $s_p$ ). Lenkousluokat 1—6 olivat seuraavat:

Lenkousluokka	$s_p$	Lenkousluokka	$s_p$
Le 1	0—15 mm	Le 4	46—60 mm
Le 2	16—30 »	Le 5	61—75 »
Le 3	31—45 »	Le 6	76— »

Taulukot 7 ja 8 esittävät 60 in ja 50 in pöllien lenkouden vaikutuksen sorvauksen määrälliseen tulokseen. 60 in 4. suuruusluokan pöllien taulukko sisältää kaikki kuusi lenkousluokkaa. 50 in pöillejä on vain neljää lenkousluokkaa ja ne vastaavat kooltaan 3. suuruusluokkaa.

Taulukon 7 yhteydessä on 2—4. lenkousluokkien  $S_1$ - $S_2$ - $H_1$ - $H_2$  arvoja koskevat jakautumakuviot, keskihajonnat ja vaihteluvälit.

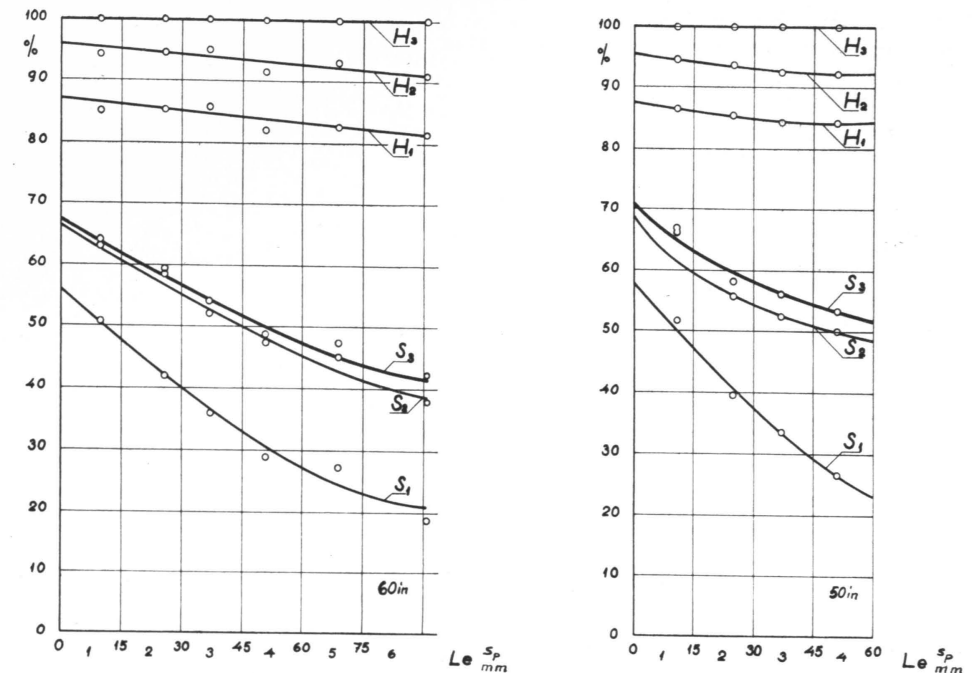
Taulukoissa on myös aikaisempaan tapaan vertailuluvut.

Kuva 18 esittää taulukkojen 7 ja 8 mukaan saannon ja häviöiden yhdistelmän pöllien lenkouden funktiona.

### 5122 Kartiokkaat pöllit

Pöllin kartiokkuus määrättiin sen samasta suunnasta mitattujen tyvi- ja latvaläpimittojen erotuksena. Kartiokkuusluokat 1—7 olivat seuraavat:

Kartiokkuusluokka	$d_1-d_2$	Kartiokkuusluokka	$d_1-d_2$
Ka 1	0—15 mm	Ka 5	61—75 mm
Ka 2	16—30 »	Ka 6	76—90 »
Ka 3	31—45 »	Ka 7	91— »
Ka 4	46—60 »		



Kuva 18. Saanto ja häviöt (yhdistelmä) pöllin lenkouden funktiona, 60 in ja 50 in; lenkousluokat 1—6.

$s_p$  = sivuviivapoikkeama (mm).

Fig. 18. Yield and loss, (combined) as a function of bolt crookedness, 60 and 50 inches; class of crookedness 1 to 6.

$s_p$  = straight line deviation (mm).

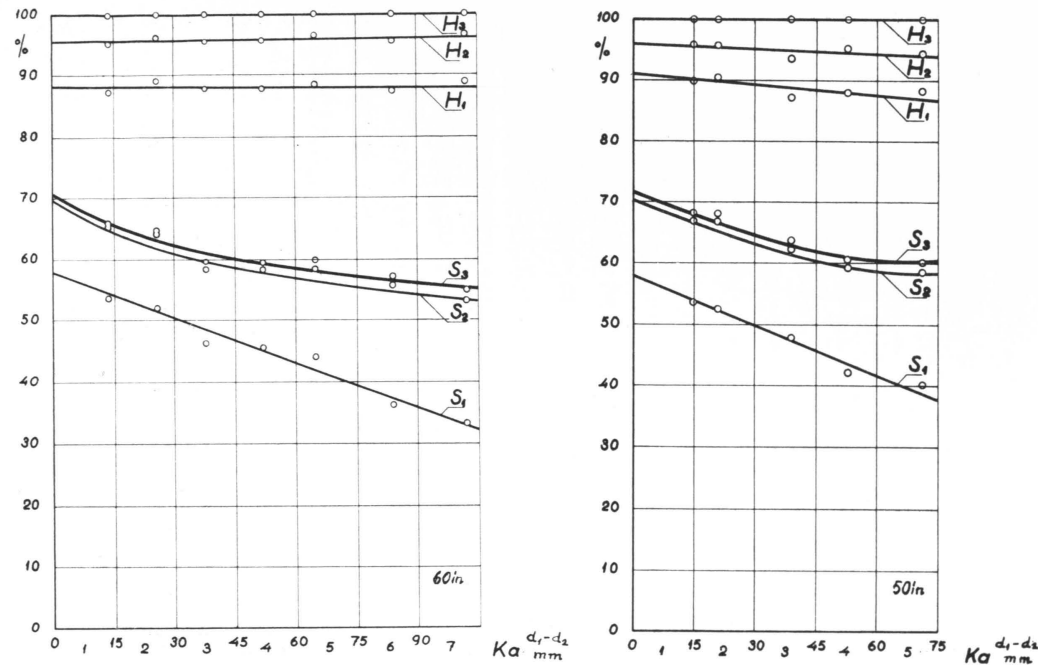
Taulukot 9 ja 10 esittävät 60 in ja 50 in pöllien kartiokkuuden vaikutuksen sorvauksen määrälliseen tulokseen. Taulukko 9 sisältää kaikki mainitut seitsemän kartiokkuusluokkaa ja taulukko 10 vain viisi luokkaa. Tämä johtuu siitä, että pöllin lyhentyessä kartiokkuus (samoin myös lenkous) esiintyy lievempänä. 60 in pöllien taulukko sisältää 3—5. kartiokkuusluokkia koskevan tilastollisen liitteen.

Taulukoiden 9 ja 10 tulokset vastaavat pöllien 5. suuruusluokkaa (251—275 mm).

Kuvassa 19 on saannon ja häviöiden yhdistelmä kartiokkuuden funktiona.

### 5123 Soikeat pöllit

Pöllin poikkileikkauksen muoto on harvoin keskipisteen suhteen symmetriinen. Tämän muotovirheen kriteeriksi otettiin pöllin »soikeus». Se mitattiin kahden toisiaan vastaan kohtisuoran halkaisijan suhteen. Esikokeiden aikana



Kuva 19. Saanto ja häviöt (yhdistelmä) pöllin kartiokkuuden funktiona, 60 in ja 50 in; kartiokkuusluokat 1—7,  $d_1$  = tyvihalkaisija ja  $d_2$  = latvahalkaisija (mm).

Fig. 19. Yield and loss (combined) as a function of taper; 60 and 50 inches; taper classes 1 to 7,  $d_1$  = butt-end diameter;  $d_2$  = top-end diameter (mm).

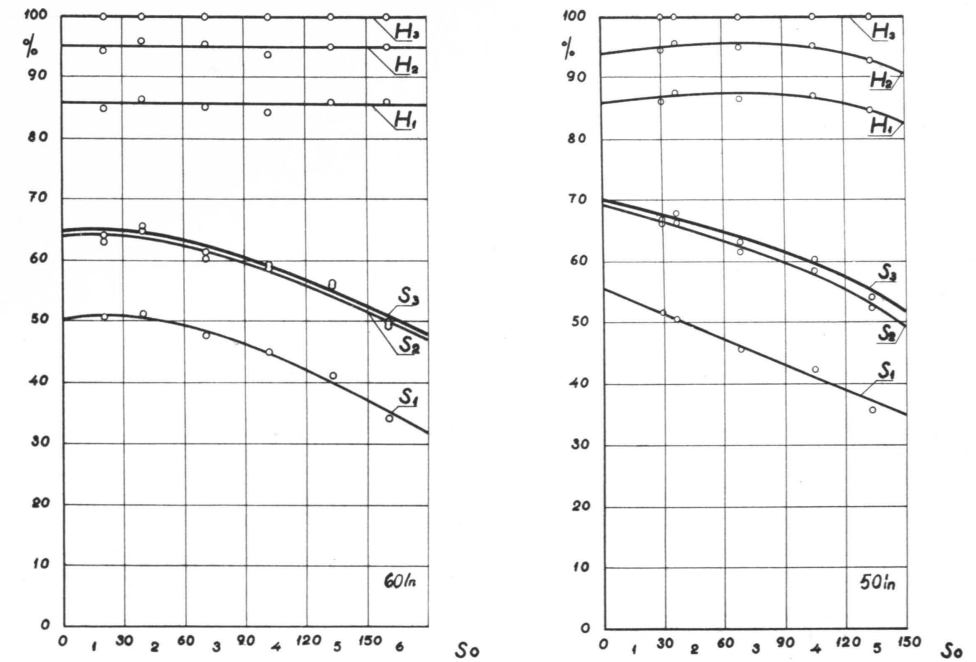
haettiin pöllä pyörittämällä sen keskikohdan suurin ja pienin läpimitta. Varsinaisessa tutkimuksessa mainitut halkaisijat mitattiin esiinsattuvalla kohdalla, sillä ääriarvojen löytäminen tuotti melkoisia hankaluuksia. Näinollen ovat taulukkojen soikeusmitat ( $d_s/d_p$ ) yleensä jonkun verran pienempiä kuin todelliset arvot. Se on tuloksia arvosteltaessa otettava huomioon eri virheiden vaikutusten keskinäisessä vertailussa.

Soikeusluokat 1—6 olivat seuraavat:

Soikeusluokka	$d_s/d_p$	Soikeusluokka	$d_s/d_p$
So 1	1,000—1,030	So 4	1,091—1,120
So 2	1,031—1,060	So 5	1,121—1,150
So 3	1,061—1,090	So 6	1,151—

Taulukot 11 ja 12 esittävät 60 in ja 50 in pöllien soikeuden vaikutuksen sorvauksen määrälliseen tulokseen. 60 in pöllien taulukkoon liittyy 2—4. soikeusluokkia koskeva tilastollinen osa.

60 in pöllien tulokset vastaavat 4. suuruusluokan ja 50 in pöllien tulokset 3. suuruusluokan pöllikokoa.



Kuva 20. Saanto ja häviöt (yhdistelmä) pöllin soikeuden funktiona, 60 in ja 50 in; soikeusluokat 1—6, X-akselilla pöllin kohtisuorien halkaisijoiden suhteen luvun yksi ylittävät tuhannesosat.

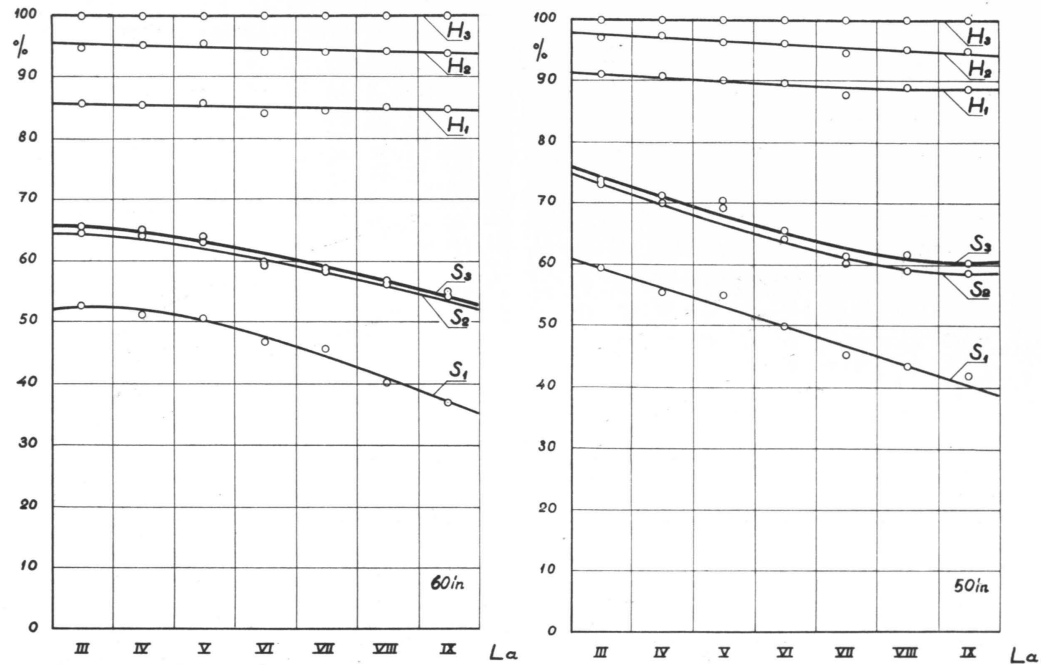
Fig. 20. Yield and loss (combined) as a function of bolt ovalness; 60 and 50 inches; ovalness classes 1 to 6; on the X-axis excess of ratio of the perpendicular diameters over unity expressed as thousandths parts.

Kuvassa 20 esitetään soikeiden pöllien saannon ja häviöiden yhdistelmä. Siinä on soikeusluokkien rajat merkitty poikkeuksellisesti siten, että  $d_s/d_p$ -arvoista on näkyvissä vain luvun yksi ylittävät tuhannesosat.

#### 5124 Muotovirheiden yhteisvaikutus

Useimmissa pölleissä on samanaikaisesti kaksi tai kolmekin muotovirhettä. Niiden yhteisvaikutuksen selvittämiseksi kerättiin tällaisten yleislaadultaan toisista poikkeavien pöllien tuloksia omaksi erikoisryhmäksi. Yleislaatu ( $La$ ) määrättiin laskemalla yhteen lenkouden, kartiokkuuden ja soikeuden kohdissa 5121—5123 mainitut luokan järjestysnumerot. Näin nämä kolme muotovirhettä osallistuivat samalla painolla laadun määräämiseen. Pöllin ollessa jokaisen muotovirheen suhteen parasta luokkaa tuli sen yleislaadun pisteluvuksi 3. Luokan muuttuessa jonkun muotovirheen kohdalla kasvaa pisteluku vastaavasti.





Kuva 21. Saanto ja häviöt (yhdistelmä) pöllin yleislaadun funktiona, 60 in ja 50 in; yleislaatu-luokat (III—IX) määräytyneet muotovirheiden yhteisvaikutuksen mukaan.

Fig. 21. Yield and loss (combined) as a function of over-all quality of bolt; 60 and 50 inches; over-all quality class (III to IX) determined from the combined shape defects.

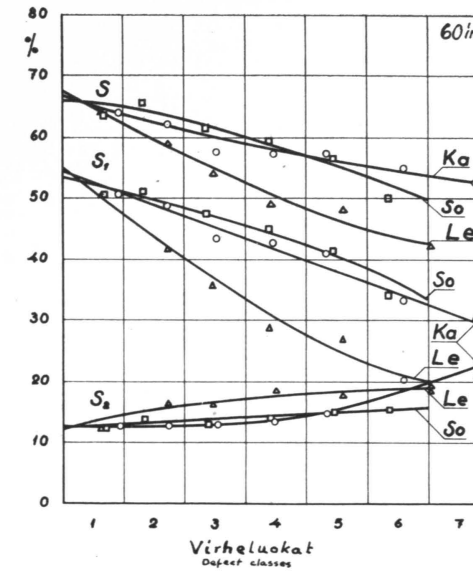
Vaikka yleislaadun määrittäminen kuvatulla tavalla on mielivaltaista, voidaan näin selvittää muotovirheiden toistensa »peittävyyttä». Yleislaadun pistelukujen 3—9 mukaan on jäljempänä käytetty merkintöjä LaIII — LaIX.

Taulukot 13 ja 14 esittävät 60 in ja 50 in pöllien yleislaadun vaikutuksen sorvauksen määrälliseen tulokseen. 60 in pöllien tilastollinen osa koskee yleislaadun luokkia IV—VI. Molempien taulukkojen pöllit ovat 4. suuruusluokkaa.

Kuvassa 21 on aikaisempaan tapaan sorvauksen saannon ja häviöiden yhdistelmä pöllin yleislaadun funktiona.

Vertailun helpottamiseksi on kuvassa 22 esitetty 60 in pöllien lenkouden, kartiokkuuden ja soikeuden vaikutukset sorvauksen määrälliseen tulokseen samassa akselistossa. Kuvaajat vastaavat edellä olevia piirrosten 18—20 esittämiä tuloksia. Poikkeuksena kuitenkin ovat kartiokkaat (Ka) pöllit, joiden kuvaajat on piirretty vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi 4. suuruusluokkaa edustavien, redusoitujen arvojen perusteella. — Mukaan on otettu kokonaissaanto (S), ehjät arkit (S<sub>1</sub>) ja saumuskappaleet (S<sub>2</sub>).

Määrällinen tulos kuvassa 22 on esitetty virheluokkien (1—7) funktiona.



Kuva 22. Pöllin erilaisten muotovirheiden vaikutuksen vertailu; kokonaissaanto, ehjät arkit ja saumuskappaleet pöllin virheluokkien (1—7) funktiona, 60 in.

Fig. 22. Comparison of the effect of the different shape defects; total yield, full size sheets and jointing sheets as a function of the defect class of bolt (1 to 7), 60 inches.

#### 5125 Havainnot

Taulukkojen 7—14 ja kuvien 18—22 perusteella voidaan sorvipöllin muodon vaikutuksesta määrälliseen tulokseen tehdä seuraavia havaintoja.

Koepöllien lämpötila 17—20° C ja kosteus 66—87 % ovat olleet tutkimuksen normaalialueella.

Muotovirheet kytkeytyvät toisiinsa siten, että määrätyn virheen suurentuessa saman pöllin toisetkin virheet kasvavat (vrt. muotovirheiden suurentumiseen pöllin koon kasvaessa). Taulukkojen vertailuluvut osoittavat, että määrätyn muotovirheen perusteella valittujen pöllien toisten muotovirheiden kasvu on vaihdellut 25—50 % alueella. 60 in pöllien taulukoista (n:ot 7, 9 ja 11) on laskettu seuraava vertailu:

Lenkouden kasvu	Kartiokkuuden kasvu	Soikeuden kasvu
100 %	49 %	45 %
46 »	100 »	36 »
41 »	29 »	100 »

Pahimmaksi muotovirheeksi osoittautuu edellisen mukaan lenkous, jonka täyttä vaihtelu-alueetta (100 %) vastaavat toisten muotovirheiden samanaikaiset 49 % ja 45 % suuruiset kasvut.

50 in pölleillä muotovirheiden yhteen kytkeytyminen on ollut lievempää, jonka osoittavat seuraavat keskeisarvot: 60 in 43 % — 50 in 30 %. Myöskään ei ole havaittavissa eroa eri muotovirheiden kesken 60 in pöllien tapaan.

Pöllien valinnassa ei ole siis päästy tutkimuksen kannalta täysin virheettö-  
mään aineistoon. Kun kysymyksessä ovat tavalliset tehdaspöllit, lienee varsin vaikeata saada kokoon ainakaan riittävää määrää sellaisia koepöllejä, joissa esiintyy »puhtaana» vain yksi muotovirhe kerrallaan.

Kun »sivullisten» muotovirheiden kasvu kuitenkin on saatu rajoitetuksi korkeintaan 30—40 % suuruiseksi, on tutkimustulosten perusteella voitu selvittää eri muotovirheiden keskinäinen järjestys sorvauksen määrällisen tuloksen suhteen todellisissa käytännön olosuhteissa.

Muotovirheen kasvaessa vähenee sorvauksen kokonaissaanto ( $S$ ). Lengoilla ja kartiokkailla pölleillä muutos alkaa välittömästi, soikeilla pölleillä sensijaan 3. virheluokasta ( $d_s/d_p = 1,061—1,090$ ) alkaen.

Lengoilla pölleillä kokonaissaanto vähenee jyrkimmin (ero kartiokkaisiin pölleihin verrattuna kasvaa virheiden suurentuessa n. 10 %:iin saakka), aluksi lineaarisesti ja 4. virheluokasta ( $s_p = 46—60$  mm) lähtien hidastuen. Kartiokkailla pölleillä saannon väheneminen on kauttaaltaan hidastuvaa. Soikeuden vaikutus on samaa suuruusluokkaa kuin kartiokkuuden. Eroa on kuitenkin siinä, että soikeuden kasvaessa saannon väheneminen on nopeutuvaa. 5. virheluokasta ( $d_s/d_p = 1,121—1,150$  ja  $d_1—d_2 = 61—75$  mm) alkaen soikeiden pöllien kokonaissaanto on pienempi kuin kartiokkaiden pöllien oltuaan paremmilla pölleillä suurempi.

Virheet tasaavat toisiaan, minkä osoittavat yleislaadun vaikutusta esittävät taulukot 13 ja 14. Yleislaadun huonontuessa vähenee kokonaissaanto lineaarisesti (poikkeuksena on 50 in pöllien laadut VIII—IX; syynä lienee koeaineiston suppeus). Näin myös varmistuu edellä esitetty kuvaajien tendenssin erilaisuus. 50 in pöllien kokonaissaanto on muodoltaan virheellisten pöllien sorvauksessa n. 1—3 % suurempi kuin 60 in pöllien vastaava saanto.

Saatu tulos vastaa edellä kohdassa 511 todettua eroa. Yleislaadun osalta vertailu osoittaa vielä suurempaa (3—8 %) eroa 50 in pöllien hyväksi.

Ehjien arkkien määrä ( $S_1$ ) vähenee virheiden suurentuessa lengoilla ja kartiokkailla pölleillä jyrkemmin kuin kokonaissaanto. Soikeilla pölleillä sensijaan  $S$ - ja  $S_1$ -arvojen muutokset vastaavat toisiaan. Lenkous osoittautuu pahimmaksi muotovirheeksi: ehjien arkkien määrä vähenee 60 in pölleillä 6. lenkousluokassa ( $s_p \geq 76$  mm) alle 20 %:n siitä huolimatta, että muutos on hidastuva.

Kartiokkailla pölleillä on  $S_1$ -arvo 7. kartiokkuusluokassa ( $d_1—d_2 \geq 91$  mm) 33 %. Muutos on lineaarinen.

Soikeuden vaikutus ehjien arkkien määrään on samaa suuruusluokkaa kuin kartiokkuuden vaikutus.

Kaikkien kolmen edellämainitun muotovirheen osalta on 60 in pöllien  $S_1$ -saanto 1—2 % suurempi kuin 50 in pöllien vastaavat arvot. Eripituisten pöllien järjestys kokonaissaantoon verrattuna on siis vaihtunut.

Saumauskappaleiden määrä ( $S_2$ ) kasvaa pöllin muotovirheiden suurentuessa. Muutos on yleensä joko lineaarinen tai lievästi nopeutuva (poikkeuksena ovat 60 in lengot ja 50 in soikeat pöllit, joilla muutos on ollut hidastuva).

Lengoilla pölleillä  $S_2$ -kappaleiden määrä kaksinkertaistuu lenkouden kasvaessa 6. luokkaan saakka.

Kartiokkailla pölleillä vastaava muutos on n. 1,80-kertainen.

Soikeuden aiheuttama muutos jää huomattavasti vähäisemmäksi eli n. 1,35-kertaiseksi.

Yleislaadun huonontumisen aiheuttama saumauskappaleiden määrän kasvu (muutos III—IX luokkaan) on n. 1,70-kertainen.

Edellä olevat  $S_2$ -kappaleiden lisääntymistä osoittavat luvut koskevat 60 in pöllejä. 50 in pölleillä saumauskappaleiden määrä on noin 1—3 % suurempi (lengoilla pölleillä 1—5 %) kuin 60 in pölleillä. Tämä ero 50 in pöllien hyväksi on hiukan suurempi kuin ehjien arkkien kohdalla todettu päinvastainen ero.

Pääleikattavien kappaleiden ( $S_3$ ) esiintyminen tulee sitä säännöllisemmäksi, mitä virheellisempi pölli muodoltaan on (vrt. vastaavaa kohtaa 5114). Niiden määrä kasvaa virheiden suurentuessa yleensä lineaarisesti. Muutos on jyrkin lengoilla pölleillä. — Kartiokkuuden vaikutus on myös selvä, joskin se on jäänyt melko vähäiseksi. Tähän yllättävään tulokseen on voinut olla syynä pyörästys-sorvauksen jatkaminen liian pitkälle. Soikeuden pääleikattavien kappaleiden määrää lisäävä vaikutus on havaittavissa vain 50 in pölleillä. Sama on todettavissa yleislaadun vaikutuksesta.

Pääleikattavien kappaleiden määrä on kauttaaltaan 50 in pölleillä suurempi kuin 60 in pölleillä. Ero kasvaa muotovirheiden suurentuessa ja on se suuruudeltaan  $\frac{1}{2}$ —1 %. Näin saavutetaan aikaisemmin mainittu kokonaissaannon suuremmuus 50 in pölleillä.

Kokonaishäviö ( $H$ ) kasvaa pöllin muotovirheiden suurentuessa. Muutoksen luonne vastaa kokonaissaannon vähenemisen luonnetta.

Kuorinta- ja pyörästyshäviö ( $H_1$ ) riippuu oleellisesti pöllin muotovirheiden suuruudesta.  $H_1$ -häviön kasvu on alimmissa virheluokissa kauttaaltaan lineaar-

rinen. Virheiden suurentuessa se muuttuu kuitenkin lengoilla pölleillä hidastuvaksi ja soikeilla pölleillä nopeutuvaksi.<sup>1</sup>

Lenkojen 60 in pölliin kuorinta- ja pyörityshäviö nousee 6. lenkousluokassa lähes 40 %:iin.

Kartiokkuuden, soikeuden ja yleislaadun vaikutus  $H_7$ -häviöön jää selvästi vähäisemmäksi.

60 in pölleillä on kuorinta- ja pyörityshäviö n. 1—5 % suurempi kuin 50 in pölleillä. Ero on suurin lenkojen pölliin  $H_7$ -häviöissä. — Poikkeuksena ovat soikeat pöllit, joilla eripituisten pölliin tulokset tältä osin vastaavat toisiaan.

*Purilashäviöön* ( $H_2$ ) ei muotovirheiden suuruudella ole vaikutusta. Tulokset ovat samat kuin vastaavan kokoisten hyvien pölliin purilashäviöt.

*Leikkaushäviö* ( $H_3$ ) kasvaa lineaarisesti muotovirheiden suurentuessa. 60 in pölliin 6. lenkousluokassa se on n. 9 % ja siis lähes kaksinkertainen hyviin pölleihin verrattuna.

Muitten muotovirheiden vaikutus leikkaushäviöön on edellistä jonkun verran vähäisempi.

60 ja 50 in muodoltaan virheellisten pölliin  $H_3$ -häviöiden välillä ei voida havaita sanottavaa eroa.

Eri muotovirheiden vaikutuksesta sorvauksen määrälliseen tulokseen voidaan yhteenvetona todeta lenkouden olevan pahimman virheen. Se näkyy erikoisesti ehjien arkkien ( $S_7$ ) vähäisyydestä sekä kuorinta- ja pyörityshäviön ( $H_7$ ) ja osittain myös leikkaushäviön ( $H_3$ ) suuruudesta, joilla on ratkaiseva vaikutus toisaalta kokonaissaantoon ( $S$ ) ja toisaalta kokonaishäviöön ( $H$ ).

Tarkasteltaessa 60 in pölliin tuloksien hajontaa voidaan todeta seuraavaa:

Keskihajonta vastaa aikaisemmin (kohta 5114 hyvälaatuiset, lajittelemattomat ja oksaiset pöllit) esitettyjä arvoja. Jos lasketaan variaatiokertoimet, on tosin todettavissa joitakin poikkeuksia: lenkojen pölliin ehjien arkkien hajonta on suurempi kuin muita muotovirheitä sisältävien pölliin vastaava hajonta; kuorinta- ja pyörityshäviön kohdalla tilanne on päinvastainen; kartiokkaiden pölliin purilashäviön hajonta on suurempi kuin lenkojen ja soikeiden pölliin vastaavat hajonnat (kokeiden aikana voitiin havaita, että voimakas vinosyisyys

<sup>1</sup> Tämän tuloksen syynä saattaa olla aikaisemmin selostettu soikeuden mittaustapa, jonka mukaan soikeusarvot ovat yleisesti jääneet todellisia arvoja pienemmiksi. Eron suuruus riippuu soikeuden asteesta. Helposti on todettavissa, että mitä pyöreämpi (parempi) pölli on, sitä pienempi on mittaustavan aiheuttama virhe (poikkileikkaukseltaan ympyränmuotoisella pölliillä ero = 0). Todelliset soikeuden arvot muuttaisivat tämän mukaan  $H_7$ -käyrän loivemmin nousevaksi ja vähentäisivät sen progressiivisuutta. — Vastaava tarkastelu voitaisiin suorittaa myös muiden soikeita pöllejä koskevien tulosten kohdalla.

aiheuttaa helposti pölliin lohkeamista sorvauksen lähestyessä purilasvaihetta, jolloin purilas saattaa jäädä huomattavastikin tavallista suuremmaksi).

Variaatiokertoimien avulla on myös mahdollista todeta, että muotovirheen kasvaessa tulosten hajonta useissa tapauksissa pienenee, aluksi ehkä jonkun verran suurennuttuaan. Tämä tulee hyvin näkyviin esim. kuorinta- ja pyörityshäviön ( $H_7$ ) tuloshajonnasta eri muotovirheiden kohdalla:

Taulukko 7	$H_7$ -tulosten variaatiokertoimet
Le 2	23,9
Le 3	21,6
Le 4	14,4
Taulukko 9	
Ka 3	23,1
Ka 4	25,4
Ka 5	22,0
Taulukko 11	
So 2	31,2
So 3	30,2
So 4	22,0
Taulukko 13	
La IV	29,4
La V	30,9
La VI	26,1

Syynä on ilmeisesti se, että määrätyn muotovirheen saavuttaessa riittävän suuruuden, se muodostuu tuloksen suhteen hallitsevaksi ja jopa tuloshajontaa pienentäväksi.

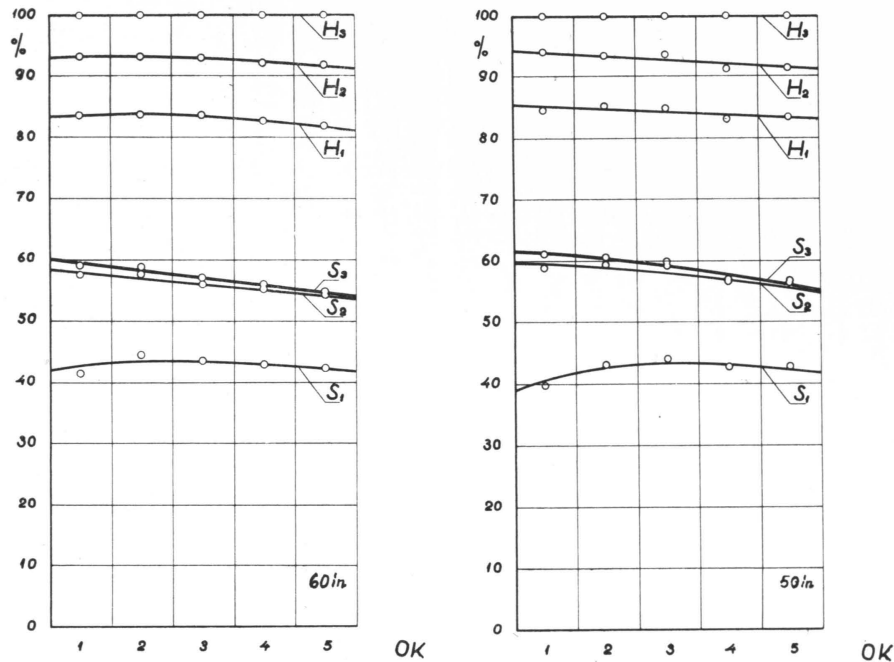
### 513 Muut raaka-ainetekijät

Edellä kohdassa 511 on jo kosketeltu yleisesti hyvälaatuisen, lajittelemattomien ja oksaisten pölliin määrällisiä sorvaustuloksia pölliin koon vaihdellessa. Puun laatuun ratkaisevimmin vaikuttava rakennetekijä on sen *oksaisuus*.

Pölliin lämpötila ja kosteus raaka-aineen tilatekijöistä ja eräät hankinta- ja kuljetustekijät on oksaisuuden lisäksi otettu seuraavassa tarkastelun kohteeksi selvitettäessä raaka-ainetekijöiden vaikutusta sorvauksen määrälliseen tulokseen.

### 5131 Oksien lukumäärä ja koko

Edellä on yleisesti todettu, että oksaisten pölliin sorvauksen kokonaissaanto on n. 6—8 % pienempi kuin vastaavankokoisten hyvälaatuisen pölliin kokonaissaanto (kuva 16).



Kuva 23. Saanto ja häviöt pöllin oksaisuuden funktiona, 60 in ja 50 in.  
OK = oksaisuusluokat 1—5 oksien koon ja lukumäärän mukaan.

Fig. 23. Yield and loss as a function of knottness of bolt, 60 and 50 inches.  
OK = class of knottness (1 to 5) depending on size and number of knots.

Oksaisuuden vaikutuksen yksityiskohtaisemmaksi selvittämiseksi jaettiin pöllit oksaisuusluokkiin oksa-indeksien<sup>1</sup> perusteella (vrt. edellä kohtia 35 ja 42) seuraavasti:

Oksaisuusluokat	Oksa-indeksi
OK 1	—20
OK 2	21—40
OK 3	41—60
OK 4	61—80
OK 5	81—

Tällöin on oksaisuusluokka määräytynyt sekä oksien lukumäärän että koon mukaan.

Taulukot 15 ja 16 esittävät 60 in ja 50 in pöllien oksaisuuden vaikutuksen sorvauksen määrälliseen tulokseen. Taulukon 15 tulokset vastaavat 4. suuruus-

<sup>1</sup> Esimerkki oksa-indeksin laskemisesta: pöllin n:o 581, 13 kpl alle 25 mm:n oksia, 9 kpl 25—50 mm:n oksia ja 9 kpl yli 50 mm:n oksia; oksa-indeksi =  $1 \times 13 + 2 \times 9 + 3 \times 9 = 58$ , mikä vastaa 3. oksaisuusluokkaa (OK 3).

luokan ja taulukon 16 tulokset 3. suuruusluokan pöllejä. 60 in pöllien taulukko 15 sisältää 2—4. oksaisuusluokkia koskevan tilastollisen liitteen.

Kuvassa 23 on saannon ja häviöiden yhdistelmä oksaisuuden funktiona aikaisempaan tapaan.

### 5132 Pöllin lämpötila ja kosteus

Suoritetut kokeet osoittivat pöllin lämpötilan vaikuttavan, vaikkakin verrattain rajoitetusti, sorvauksen määrälliseen tulokseen.

Puun lämpötilan alittaessa 0° C (koealue ulottui —5° C lämpötilaan saakka) vähenee sorvauksen saanto jyrkästi. Toisaalta lämpötilan noustessa yli +30° C purilashäviö alkaa lievästi kasvaa.

3. suuruusluokkaa ( $d = 201—225$  mm) vastaavien 60 in pöllien tuloksien perusteella voidaan todeta seuraavaa:

Ehjätkarkit ( $S_1$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	määrä vähenee	50—25 %
Saumauskappaleet ( $S_2$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	» kasvaa	14—18 %
Pääleikattavat ( $S_3$ )	lämpötilalla ei vaikutusta		
Kokonaissaanto ( $S$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	määrä vähenee	65—40 %
Kuorinta- ja pyörityshäviö ( $H_1$ )	lämpötilalla ei vaikutusta		
Purilashäviö ( $H_2$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	useita purilaslohkeamia	
»	$t > +30^\circ \text{C}$ ,	häviö kasvaa	10—12 %
Leikkaushäviö ( $H_3$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	» »	5—30 %
Kokonaishäviö ( $H$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ ,	» »	35—60 %

50 in pöllien tulokset ovat samat kuin 60 in pöllien muissa suhteissa, paitsi että purilashäviön ( $H_2$ ) kasvu lämpötilan noustessa yli +30° C on jyrkempi. Purilaan koon kasvaminen lämpimillä pölleillä (rajakatkaisijasta huolimatta) ilmeni erkoisesti siten, että purilaan molempien päiden halkaisija oli suuruudeltaan normaali (60 in pöllit 70—72 mm), mutta keskikohdan halkaisija oli sensijaan normaalia suurempi. Purilaasta siis tuli »pullomainen». Vastaavasti poikkesi samojen pöllien viulun kireysero normaalilämpöisistä pölleistä siten, että viulu tuli keskeltä sitä pitemmäksi, mitä korkeampi oli sorvauslämpötila. Tämä johtui siitä, että painorullien puristus oli koko tutkimuksen ajan sama ja siis liian pieni lämpimillä pölleillä. Puristusta säätämällä on epäkohta poistettavissa.

Pöllin kosteudella ei ole selvästi havaittavaa vaikutusta sorvauksen määrälliseen tulokseen ainakaan tehdaspöllien tavanomaisella kosteusalueella 40—120 %. Pohjapuiden korkea vesipitoisuus ( $u = 90—120$  %) näyttää jonkun verran lisäävän saumauskappaleiden ( $S_2$ ) määrää ehjien arkkien ( $S_1$ ) kustannuksella. Toisaalta taas vähäinen puun kosteus (alle 45 %) vähentää hiukan saantoa (osallisenä ehjätkarkit ja purilashäviö). Kosteuden vaikutuksen selvittämiseksi olisi kuitenkin suoritettava lisätutkimuksia, ennenkuin varmoja johtopäätöksiä asiasta voidaan tehdä.



### 5133 Hankinta-, kuljetus- ja varastointitekijät

Kaatoajalla ja kuljetus- ja varastointitavalla ei myöskään ole selvästi havaittavaa vaikutusta saantoon ja häviöihin. Nämä tekijät vaikuttavat ensi sijassa puun kosteuteen, joten mahdollisesti syntyvien erojen tulisi vastata edellä mainittuja kosteuden vaikutusta koskevia havaintoja.

Talvella kaadettujen ja autolla tehtaalle kuljetettujen ( $T_a$ ) ja kaikkien uitettujen ( $U_1 - U_3$ ) puiden kokonaissaannot vastaavat toisiaan (60 in, 4. suuruusluokka,  $S = 65,0-65,5$  %). Useita vuosia vedessä olleilla puilla ( $U_3$ ) on kuitenkin havaittavissa, että saumauskappaleiden määrä on n. 1 % suurempi kuin toisilla tässä yhteydessä mainituilla raaka-aineryhmillä.

Yhtä suurien rasiin kaadettujen autokuljetuspuiden ( $R_a$ ) kokonaissaanto jää yli 2 % pienemmäksi. Eron syntymiseen osallistuvat tässäkin tapauksessa sekä ehjien arkkien että purilashäviön määrät. Tulokset vastaavat siis edellisen kohdan (5132, jälkiosa) tuloksia. Tästä huolimatta on uudelleen viitattava mainitun kohdan toteamukseen lisätutkimuksien tarpeellisuudesta myös hankinta- ja kuljetustekijöiden suhteen.

### 5134 Havainnot

Taulukkojen 15 ja 16 sekä kuvan 23 perusteella on todettavissa, että pöllin oksaisuus vaikuttaa selvästi sorvauksen määrälliseen tulokseen.

*Kokonaissaanto* ( $S$ ) vähenee oksaisuuden kasvaessa lähes lineaarisesti ja on vähenemisen määrä 1—5. oksaisuusluokkaan n. 4,5 %. 60 in ja 50 in pöllien tulokset ovat tendenssiltään samanlaiset. 50 in pöllien saanto on n. 2 % korkeampi (eron vähäisyyden syynä on eripituisten pöllien poikkeavat koot: 60 in 4. ja 50 in 3. suuruusluokka).

*Ehjien arkkien määrässä* ( $S_1$ ) ei sanottavasti tapahdu muutoksia oksaisuuden kasvaessa. Lisäksi ovat sekä 60 in että 50 in pöllien  $S_1$ -arvot yhtä suuret.

*Saumauskappaleiden määrä* ( $S_2$ ) alenee oksaisuuden kasvaessa. Aleneminen on melko jyrkkä 3. oksaisuusluokkaan saakka ja hidastuu sen jälkeen huomattavasti. Aikaisemmin mainittu kokonaissaannon ero 50 in pöllien hyväksi johtuu lähes kokonaan saumauskappaleista.

*Pääleikattavien kappaleiden määrä* ( $S_3$ ) vähenee myös oksaisuuden kasvaessa. Väheneminen on lineaarinen.  $S_3$ -arvot ovat molemmilla pöllipituuksilla samaa suuruusluokkaa, mutta väheneminen on 50 in pölleillä jyrkempi.

*Kokonaishäviö* ( $H$ ) kasvaa oksaisuuden kasvaessa. Samoin kasvavat *kuorinta- ja pyörityshäviö* ( $H_1$ ) sekä *leikkaushäviö* ( $H_3$ ) ja on kasvu luonteeltaan molempien näiden häviöiden osalta lineaarinen.

*Purilashäviön* ( $H_2$ ) suuruuteen oksaisuuden muutokset eivät vaikuta.

Taulukkojen *vertailuluvut* osoittavat pöllien lämpötilan ja kosteuden olleen tutkimuksen normaalialueella. Muotovirheiden suhteen pöllit ovat kuuluneet 2. lenkous-, 1—2. kartiokkuus- ja 2. soikeusluokkaan. Kun lisäksi voidaan havaita, että oksaisuuden kasvaessa muotovirheet eivät ole kasvaneet, on koeaineistoa pidettävä tarkoituksenmukaisena. Oksaisuus on siis ollut hallitsevana muuttujana.

Taulukon 15 liiteosan mukaan tulosten keskihajonnat vastaavat suurelta osalta aikaisempien tulosten (taulukot 1, 3 ja 5) arvoja. Variaatiokertoimet osoittavat hajonnan kasvavan oksaisuuden lisääntyessä. Poikkeuksena tästä on kuitenkin purilashäviö. Ehjien arkkien ja pyörityshäviön osalta arvot ovat seuraavat:

Oksaisuusluokka	Variaatiokertoimet	
	$S_1$	$H_1$
OK 2	16,5	24,4
OK 3	16,9	23,2
OK 4	17,1	27,3

Muitten raaka-ainetekijöiden joukosta on koetulosten mukaan vain pöllin *lämpötilalla* vaikutusta sorvauksen määrälliseen tulokseen. Tämä vaikutus on voimakkaana havaittavissa vain alle 0° C lämpötiloissa sekä lievänä, purilashäviötä koskevana yli +30° C lämpötiloissa.

Muilla raaka-ainetekijöillä ei ole oleellista vaikutusta saantoon ja häviöihin. Joitakin viitteitä tutkimus on tosin antanut, mutta johtopäätösten teko vaatii yksityiskohtaisia lisätutkimuksia.

### 52 Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvattun koivuviilun laatuun

Seuraavassa esitetään tutkimustulokset viilun teknillisen laadun osalta noudattaen pääasiassa samanlaista jaottelua kuin edellä kohdassa 51. Varsinaisena tutkimuskohteena oli 60 in pölleistä sorvattu viilu 50 in pölleistä saadun viilun tulosten muodostaessa vertailuaineistoa.

#### 521 Sorvipöllin koko

Koon mukainen luokittelu seuraavassa vastaa edellä kohdassa 511 esitettyä luokittelua.

## 5211 Hyvälaatuiset pöllit

Taulukot 17 ja 18 esittävät suuruusluokkiin 2—8 ja 2—7 kuuluvista 60 in ja 50 in pölleistä sorvatun viilun teknillisen laadun viiden eri kriteerin avulla pöllin koon funktiona. Laadun kriteerit ovat viilun paksuusvaihtelu ( $a_{MD}$ ), karkeussyvyys ( $ks$ ), karkeuslaajuus ( $kl$ ), sorvaushalkeamien syvyys ( $hs$ ) ja sorvaushalkeamien esiintymistiheys ( $hn$ ). Luvut on taulukkoihin merkitty seuraavasti:  $a_{MD} - 1 \times 10^{-2}$  mm,  $ks - 1 \times 10^{-3}$  mm,  $kl$  ja  $hs$ -sadanneksina ja  $hn$ -kpl/cm.

Taulukoissa on aikaisempaan tapaan pölliryhmien keskimääräistä lenkoutta, kartiokkuutta, soikeutta, lämpötilaa ja kosteutta osoittavat vertailuluvut. Taulukkoon 17 (60 in) liittyy 3—5. suuruusluokkien osalta jakautumapiirroksot sekä tulosten keskihajontaa ja vaihteluväliä osoittavat luvut muiden kriteerien paitsi paksuusvaihtelun osalta (vastaava kuva esitetään myöhemmin kohdassa 524). Keskihajonnan arvoa ei ole myöskään merkitty karkeuslaajuuden kohdalle, koska sen jakautuma ei ole normaalin.

Taulukkojen 17 ja 18 mukaan on piirretty kuva 24, joka esittää viilun paksuusvaihtelun pöllin koon funktiona. Kuvassa 25 ovat vastaavasti viilun karkeussyvyys ja karkeuslaajuus. Taulukoista poiketen on karkeussyvyyden ( $ks$ ) mittayksikkönä piirroksessa millimetri. Kuvassa 26 esitetään taulukoiden  $hs$ - ja  $hn$ -arvot pöllin koon funktiona. — Kuvissa 24—26 vastaa täysi viiva 60 in ja katkoviiva 50 in pöllien viilua.

## 5212 Lajittelemattomat ja oksaiset pöllit

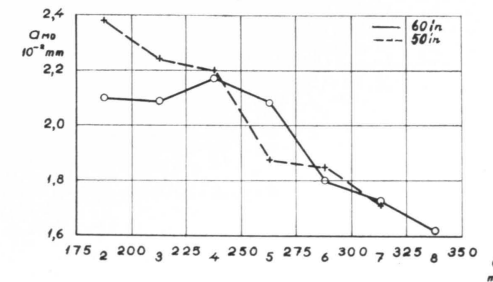
Taulukot 19 ja 20 esittävät 60 in lajittelemattomista ( $Ju$ ) ja oksaisista ( $Ok$ ) pölleistä sorvatun viilun laadullisen tuloksen pöllin koon funktiona. Koeaineistoa koskeva selvitys on esitetty edellä kohdissa 5112 ja 5113. Vertailulukujen ja tilastollisen liitteen osalta taulukot on laadittu taulukon 17 tapaan.

Kuvat 27—29 on piirretty samoin kuin edellä kuvat 24—26. Täysi viiva edustaa lajittelemattomien ja katkoviiva oksaisten pöllien viilua.

## 5213 Havainnot

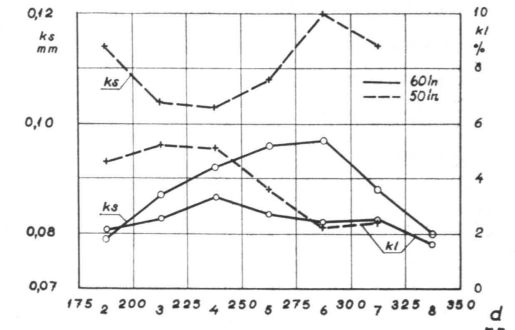
Taulukkojen 17—20 ja kuvien 24—29 perusteella voidaan sorvipöllin koon vaikutuksesta viilun teknilliseen laatuun tehdä seuraavat havainnot:

Pöllin koon kasvaessa viilun laatu yleensä paranee. Selvimmin tämä on todettavissa viilun paksuusvaihtelun ( $a_{MD}$ ) ja sorvaushalkeamien syvyyden ( $hs$ ) suhteen. Sensijaan karkeuslaajuuteen ( $kl$ ) pöllin koolla ei ole sanottavaa vaikutusta.



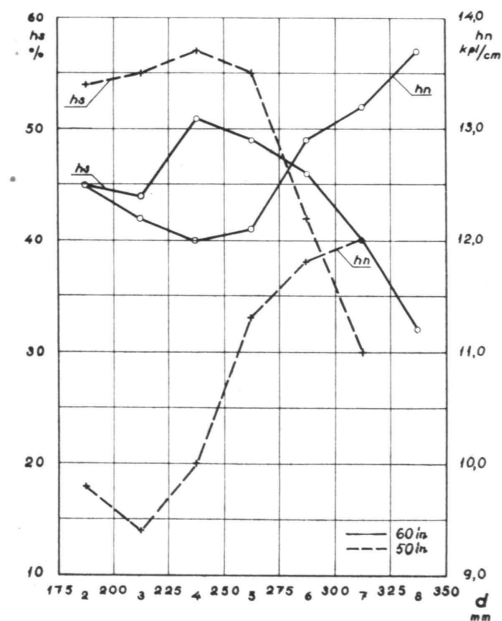
Kuva 24. Viilun paksuusvaihtelu ( $a_{MD}$ ) pöllin koon (suuruusluokat ja halkaisija) funktiona; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in.

Fig. 24. Variation of veneer thickness ( $a_{MD}$ ) as a function of bolt size (size class and diameter); good bolts, 60 and 50 inches.



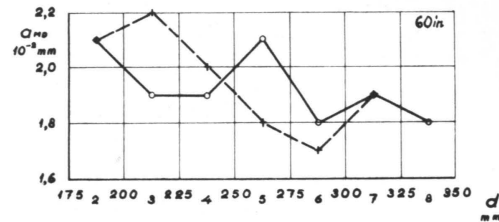
Kuva 25. Viilun karkeussyvyys ( $ks$ ) ja karkeuslaajuus ( $kl$ ) pöllin koon funktiona; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in.

Fig. 25. Veneer roughness ( $ks$ ) and roughness area extent ( $kl$ ) as a function of bolt size: good bolts, 60 and 50 inches.



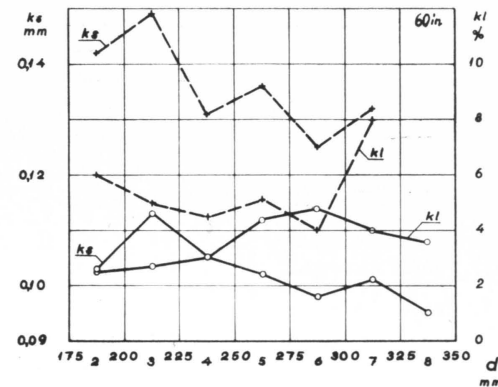
Kuva 26. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ( $hs$ ) ja esiintymistiheys ( $hn$ ) pöllin koon funktiona; hyvälaatuiset pöllit, 60 in ja 50 in.

Fig. 26. Depth of lathe cutting checks ( $hs$ ) and their frequency of occurrence ( $hn$ ) in the veneer as a function of bolt size; good bolts, 60 and 50 inches.



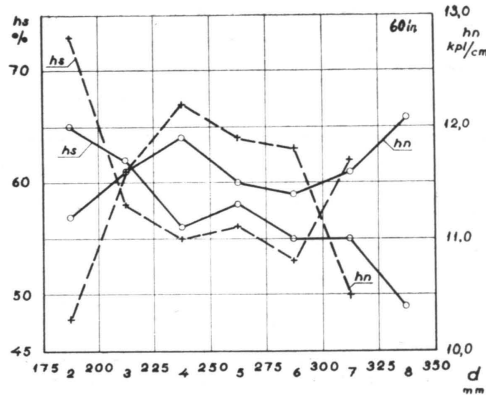
Kuva 27. Viilun paksuusvaihtelu pöllin koon funktiona; lajittelemattomat (—) ja oksaiset (---) pöllit, 60 in.

Fig. 27. Variation of veneer thickness as a function of bolt size; unsorted (—) and knotty (---) bolts, 60 inches.



Kuva 28. Viilun karkeussyvyys ja karkeuslaajuus pöllin koon funktiona; lajittelemattomat ja oksaiset pöllit, 60 in.

Fig. 28. Veneer roughness depth and roughness area extent as a function of bolt size; unsorted and knotty bolts, 60 inches.



Kuva 29. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin koon funktiona; lajittelemattomat ja oksaiset pöllit, 60 in.

Fig. 29. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence in the veneer as a function of bolt size; unsorted and knotty bolts, 60 inches.

60 in pöllien tulokset karkeussyvyyden (*ks*) ja karkeuslaajuuden osalta ovat paremmat kuin 50 in pöllien. Eroa on 0,05—0,10 mm (*ks*) ja 0—2 % (*kl*).

Pöllin laatu on vaikuttanut tuloksiin paksuusvaihtelua lukuunottamatta. Hyvälaatuisten ja lajittelemattomien pöllien välillä on karkeussyvyudessa eroa edellisten hyväksi 0,05—0,11 mm, karkeuslaajuudessa 0—2 % ja halkeamasyvyudessa 5—20 %. — Vastaavasti on eroa lajittelemattomien ja oksaisten pöllien välillä karkeussyvyudessa 0,05—0,15 mm, karkeuslaajuudessa 0—4 % ja halkeamasyvyudessa 0—5 %.

Tässä yhteydessä on jo havaittavissa selvä yhteys sorvaushalkeamien syvyyden ja niiden esiintymistiheyden välillä: *hs*-arvon kasvaessa *hn*-arvo pienenee. — Oksaisten ja lajittelemattomien pöllien *hn*-arvo on 0—1,5 kpl/cm pienempi kuin hyvälaatuisten pöllien (60 in) vastaava arvo.

Tulosten jakautuminen on hyvälaatuksilla pöille ollut säännöllisin. Pöllin koolla ei ole ollut vaikutusta hajontaan. Sensijaan pöllin laadun huononeminen on suurentanut hajontaa, mikä on todettavissa varsinkin *kl*- ja *hn*-arvojen kohdalla. Jakautumakuvioiden muoto viittaa myös edellä mainittuun *hs*- ja *hn*-arvojen keskinäiseen riippuvuuteen. Jäljempänä esitetään keskihajontaa ja variaatiokertoimia koskeva yhteenvetotaulukko.

Pöllin koon vaikutus viilun laatuun on saatu tyydyttävästi selvitetyksi. Tulokset viittaavat kuitenkin osittain (esim. hyvälaatuisten pöllien karkeussyvyyden kohdalla) siihen, että tekijät, joita ei voi havaita pöllin pinnallisessa tarkastelussa, ovat olleet lisäämässä virhemahdollisuuksia ja suurentamassa hajontaa niiltä osin, joissa koeaineistoa on ollut lukumääräisesti vähän. Nämä tekijät liittyvät puun struktuuriin, kuten myöhemmin osoitetaan.

#### 522 Sorvipöllin muoto

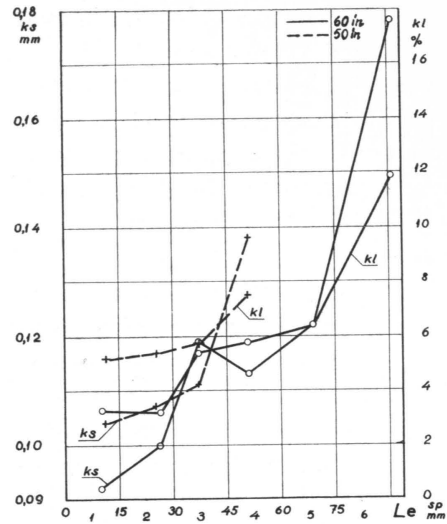
Pöllin muotovirheistä ovat aikaisemmin esitettyyn tapaan olleet tutkimuksen kohteena lenkous, kartiokkuus ja soikeus. Niitä koskeva luokittelu on edellä esitetty kohdassa 512. Samoin on myös selvitetty pöllin yleisen laadun vaikutusta viilun teknilliseen laatuun.

#### 5221 Lengt pöllit

Taulukot 21 ja 22 esittävät 60 in (6 lenkousluokkaa) ja 50 in (4 lenkousluokkaa) pöilleistä sorvatun viilun laadullisen tuloksen. Edellisen taulukon tulokset vastaavat pöllin 4. suuruusluokkaa ja jälkimmäisen 3. suuruusluokkaa.

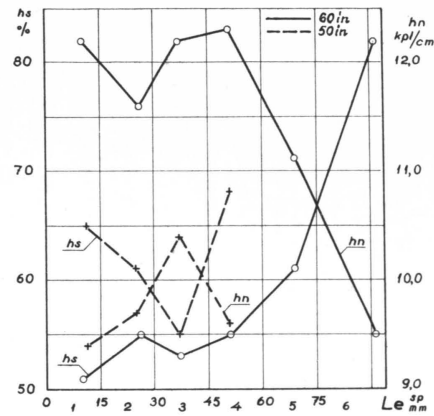
Taulukoiden perusteella on piirretty kuvat 30 ja 31. Edellinen esittää 60 in (täysi viiva) ja 50 in (katkoviiva) pöllien viilun karkeussyvyyden ja karkeuslaajuuden pöllin lenkouden funktiona.

Kuvassa 31 on vastaavasti sorvaushalkeamien syvyys ja niiden esiintymistiheys.



Kuva 30. Viilun karkeusvyvyys ja karkeuslaajuus pöllin lenkouden funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 30. Veneer roughness depth and area extent as a function of bolt crookedness, 60 and 50 inches.



Kuva 31. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin lenkouden funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 31. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence in the veneer as a function of bolt crookedness, 60 and 50 inches.

Viilun paksuusvaihtelun kuvaaja on jätetty pois, koska sitä koskevat tulokset eivät anna aihetta varmojen johtopäätösten tekoon (tulos on yhdenmukainen edellä kohdassa 5213 esitetyn toteamuksen kanssa).

#### 5222 Kartiokkaat pöllit

Taulukot 23 ja 24 esittävät pöllin kartiokkuuden vaikutuksen viilun laatuun. Sekä 60 in että 50 in pöllien tulokset vastaavat 5. suuruusluokkaa.

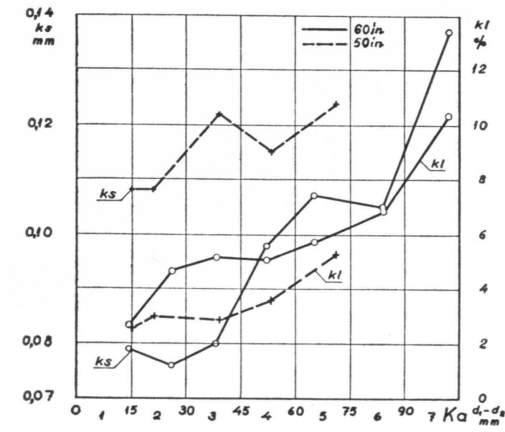
Näihin taulukoihin liittyvät kuvat 32 ja 33, jotka ovat sisällöltään verrattavissa edellisiin kuviin (30 ja 31).

Taulukot osoittavat aikaisempaa selvemmin paksuusvaihtelun riippumattomuuden pöllin muotovirheistä.

#### 5223 Soikeat pöllit

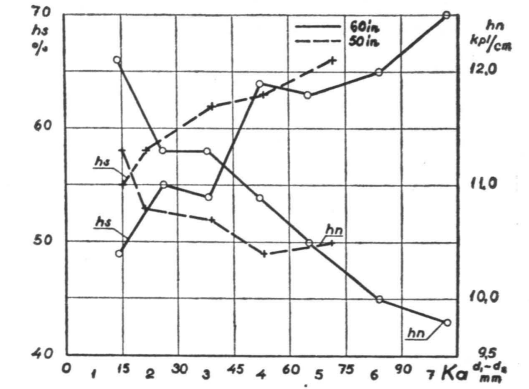
Taulukoissa 25 ja 26 esitetään pöllin soikeuden vaikutus viilun laatuun. Sekä 60 in että 50 in pöllien tulokset vastaavat 4. suuruusluokkaa. Taulukoiden rakenne on edelleen sama kuin aikaisemmin taulukoissa 17—24.

Kuvat 34 ja 35 esittävät viilun karkeutta ja sorvaushalkeamia koskevat tulokset pöllin soikeuden funktiona.



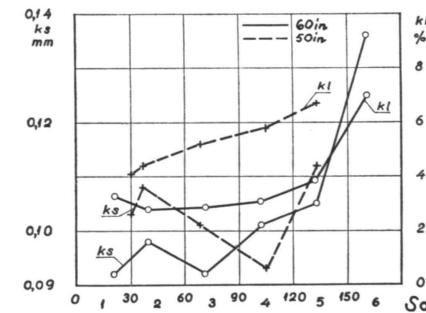
Kuva 32. Viilun karkeusvyvyys ja karkeuslaajuus pöllin kartiokkuuden funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 32. Veneer roughness depth and area extent as a function of bolt taper, 60 and 50 inches.



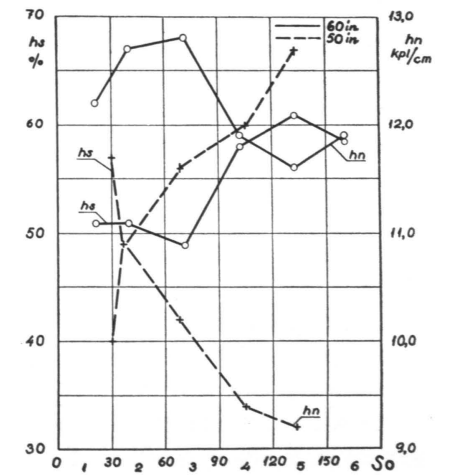
Kuva 33. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin kartiokkuuden funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 33. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence in the veneer as a function of bolt taper, 60 and 50 inches.



Kuva 34. Viilun karkeusvyvyys ja karkeuslaajuus pöllin soikeuden funktiona, 60 in ja 50 in.

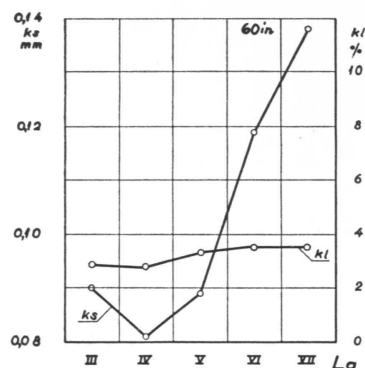
Fig. 34. Veneer roughness depth and area extent as a function of bolt ovalness, 60 and 50 inches.



Kuva 35. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin soikeuden funktiona, 60 in ja 50 in.

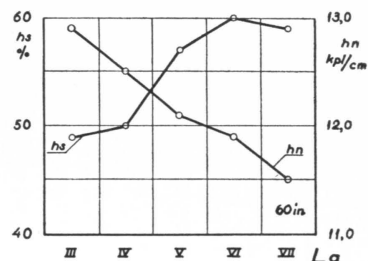
Fig. 35. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence in the veneer as a function of bolt ovalness, 60 and 50 inches.





Kuva 36. Viilun karkeusvyvyys ja karkeuslaajuus pöllin yleislaadun funktiona, 60 in.

Fig. 36. Veneer roughness depth and area extent as a function of over-all quality of bolt, 60 inches.



Kuva 37. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin yleislaadun funktiona, 60 in.

Fig. 37. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence as a function of over-all quality of bolt, 60 inches.

#### 5224 Muotovirheiden yhteisvaikutus

Taulukossa 27 on 60 in pöllien muotovirheiden yhteisvaikutusta viilun laatuun koskevat tulokset. Taulukon vertailuluvut osoittavat missä määrin eri muotovirheet ovat vaikuttaneet laatuluokan määräytymiseen. Tällöin voidaan erikoisesti havaita pöllin soikeuden olevan merkitsevänä muotovirheenä.

Taulukon perusteella on piirretty kuvat 36 ja 37. Ne vastaavat viilun laadun kriteerien suhteen edellä eri muotovirheiden kohdalla esitettyjä kuvia.

#### 5225 Havainnot

Taulukkojen 21—27 ja kuvien 30—37 perusteella voidaan todeta sorvipöllin muodon vaikuttavan viilun laatuun varsin merkittäväällä tavalla. Saavutetut tulokset osoittavat tämän erittäin selvästi ja eri muotovirheiden kohdalla yhdenmukaisesti.

Poikkeuksena on viilun paksuusvaihtelu, jonka suuruuteen pöllin lenkous ja kartiokkuus eivät vaikuta. Soikeudella sensijaan näyttää olevan viilun  $a_{MD}$ -arvoihin lievä vaikutus (taulukko 26). Edellä (kohta 5224) on mainittu yleislaadun taulukossa 27 määräytyneen voimakkaasti pöllin soikeuden mukaan. Pöllin yleislaadun huonontuessa IV → VII luokkaan kasvaa paksuusvaihtelu vastaavasti 2.1 → 2,3 sadasosamillimetriin. Soikeuden kasvaessa näyttää siis viilun paksuusvaihtelu myös lievästi lisääntyvän. Tämän toteamuksen kanssa ristiriidassa ovat taulukon 25  $a_{MD}$ -arvot, joten toteamus vaatii tuekseen yksityiskohtaisia lisätutkimuksia.

Karkeusvyvyys kasvaa muotovirheiden suurentuessa. Voimakkaimmin asiaan vaikuttaa pöllin lenkous, joka aiheuttaa ks-arvojen nousun kaksinkertaiseksi (kuva 30 60 in pöllit). Kartiokkaiden pöllien ks-arvot ovat n. 0,01—0,04 mm pienemmät kuin lenkojen pöllien vastaavat arvot. — Kartiokkaiden ja soikeiden pöllien ks-arvot ovat kuvaajien loppupäässä keskenään samaa suuruusluokkaa. Kuvaajien muodot eroavat kuitenkin hiukan toisistaan: soikeiden pöllien karkeusvyvyys alkaa huonontua vasta 5. soikeusluokan kohdalla, kun se kartiokkaiden pöilleillä tapahtuu jo aikaisemmin (kuvat 32 ja 34).

Karkeuslaajuus kasvaa myös muotovirheiden suurentuessa. Lenkous ja kartiokkuus ovat tässä suhteessa lähes samanarvoiset muotovirheet. Kuvista 30 ja 32 voidaan havaita, että 3. virheluokasta alkaen lenkojen pöllien kl-arvot nousevat jyrkemmin ja ovat n. 1/2—3 % suuremmat kuin kartiokkaiden pöllien vastaavat arvot. — Soikeiden pöllien karkeuslaajuus taas on 5. soikeusluokkaan saakka n. 2 % pienempi kuin lenkojen ja kartiokkaiden pöllien vastaavat arvot. Karkeuslaajuus alkaa varsinaisesti kasvaa vasta mainitusta soikeusluokasta lähtien (kuva 34). — Soikeusluokkien 1—5 ja pöllin yleislaadun osoittavien luokkien III—VII kl-kuvaajat vastaavat läheisesti toisiaan.

Sorvaushalkeamien syvyys on kuvien 31 ja 33 mukaan lengoilla ja kartiokkaiden pöilleillä 5. virheluokkaan saakka samaa suuruusluokkaa. Mainittujen muotovirheiden kasvaessa edelleen kääntyy lenkojen pöllien hs-kuvaaja jyrkkään nousuun saavuttaen lengoimpien pöllien viilulla yli 80 % arvon. — Soikeiden pöllien hs-kuvaajan nousu on kartiokkaiden pöllien hs-kuvaajan nousua vastaava, mutta ensiksi mainitut arvot ovat n. 2—3 % pienempiä. — Tässäkin tapauksessa ovat soikeuden vaikutus ja muotovirheiden yhteisvaikutus sorvaushalkeamien syvyyteen läheisesti toisiaan vastaavat.

Sorvaushalkeamien esiintymistiheys alenee pöllin muotovirheiden kasvaessa tutkitulla vaihtelualueella keskimäärin n. 2 kpl/cm. Aleneminen on mainittua arvoa vähän suurempi lengoilla pöilleillä ja pienempi soikeilla pöilleillä. Lenkojen pöllien viilun hn-arvo alkaa laskea vasta 4. lenkousluokasta alkaen, kun taas vastaava kartiokkaiden pöllien halkeamistiheyden pieneneminen jatkuu tasaisesti kartiokkuuden kasvaessa. Läheinen yhteys hn- ja hs-arvojen välillä tulee tässä selvästi esille, kun verrataan hn-kuvaajien laskua samojen pölliryhmien hs-kuvaajien nousuun (kuvat 31 ja 33).

Kaikki edellä selostetut havainnot koskevat 60 in pöilleistä sorvatun viilun tuloksia. 50 in pöllien vastaavat tulokset (kuvissa katkoviiva) tukevat varsin hyvin näitä havaintoja. Lenkojen 50 in pöllien hs- ja hn-arvotkaan (kuva 31) eivät muodosta poikkeusta, sillä on otettava huomioon, että 50 in pöilleillä koekaineistoon on kuulunut vain 4 lenkousluokkaa (taulukko 22). — Yleensä ovat 50 in pöllien viilun laatu-arvot jonkun verran heikompia kuin 60 in pöllien vas-

taavat arvot. Eron syynä ei liene pöllien erilainen pituus, vaan sorvauksen suoritus eri sorveilla.

Tarkasteltaessa *tulosten hajontaa* taulukkojen liitteiden avulla, on todettavissa, että jakautumakuviot ovat luonteeltaan samanlaiset kuin edellä kohdan 521 vastaavat kuviot. — Lengoilla pölleillä (taulukko 21) ja kartiokkailla pölleillä (taulukko 23) jakautumat ovat epäsäännöllisemmät kuin soikeilla pölleillä ja yleislaatua koskevassa ryhmässä (taulukot 25 ja 27). Lisäksi lenkous ja kartiokkuus kasvaessaan näyttävät suurentavan hajontaa, jonka osoittavat näiden ryhmien  $s$ - ja  $v$ -arvot.

Tutkimus on osoittanut, että *sorvipöllin muodon huonontuessa viilun teknillinen laatu myös huononee*. Pahin muotovirhe on pöllin lenkous, jonka kasvaessa viilun laatu osittain melko jyrkästikin heikkenee. Pöllin soikeuden aiheuttamat viilun laadun muutokset taas ovat lievimmät.

### 523 Muut raaka-ainetekijät

#### 5231 Oksien lukumäärä ja koko

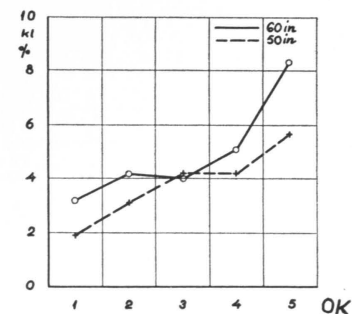
Edellä on kohdassa 5212 yleisesti kosketeltu pöllin oksaisuuden vaikutusta viilun laatuun ja todettu sen negatiiviseksi raaka-ainetekijäksi. Sorvauksen määrällistä tulosta tutkittaessa selvitettiin oksaisuuden vaikutus asiaan myös yksityiskohtaisemmin. Samoin on menetelty viilun laatua tutkittaessa. Käytetty oksaisuusluokittelu on edellä esitetty kohdassa 5131.

Aikaisempaan tapaan laaditut taulukot 28 ja 29 esittävät oksaisuuden vaikutuksen viilun teknilliseen laatuun (5 oksaisuusluokkaa). Taulukon 28 liiteosassa ei kuitenkaan ole  $hn$ -arvojen jakautumakuviota, johon on syynä varsin *ks*-tulosten vaatima huomattavan suuri tilan tarve. Sorvaushalkeamien esiintymistiheyden jakautuma olisi myös muodostunut varsin epäsäännölliseksi. — Molempien taulukoiden tulokset vastaavat pöllien 4. suuruusluokkaa.

Taulukoiden perusteella on piirretty ainoastaan kuva 38, joka esittää viilun karkeuslaajuuden pöllin oksaisuuden funktiona. Muihin kriteereihin ei oksaisuuden kasvulla voida havaita olevan säännönmukaista vaikutusta.

#### 5232 Pöllin lämpötila

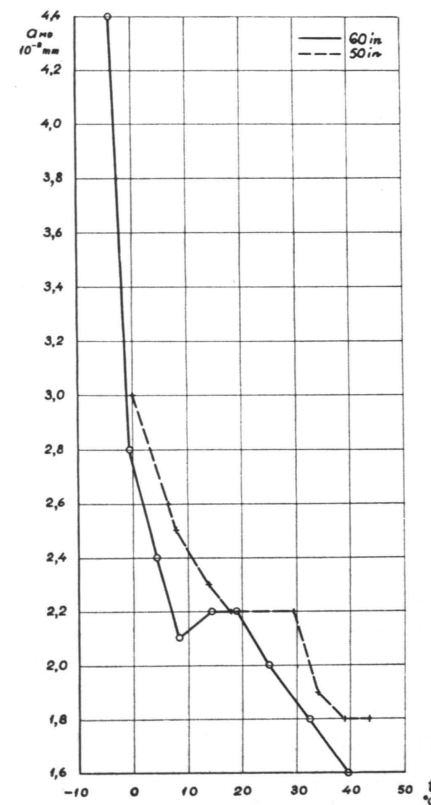
Odotusten mukaisesti osoittautui pöllin lämpötila merkittävimmäksi viilun teknilliseen laatuun vaikuttavaksi raaka-ainetekijäksi. Tutkittuna pöllin lämpötilan vaihtelualueena oli  $-5^{\circ}\text{C}$  ja  $+43,5^{\circ}\text{C}$  välinen alue, joten poikkeamat tutkimuksen normaalilämpötilasta ( $17-20^{\circ}\text{C}$ ) molempiin suuntiin olivat lähes saman suuruiset.



Kuva 38. Viilun karkeuslaajuus pöllin oksaisuuden funktiona, 60 in ja 50 in.

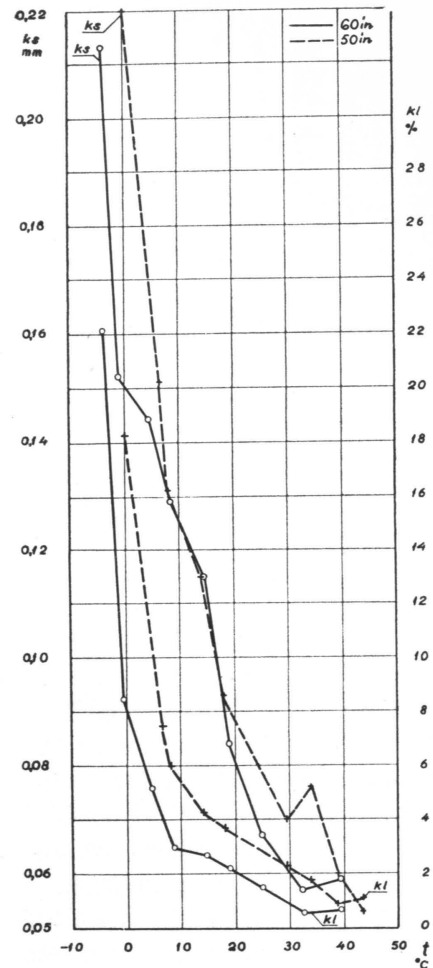
OK = oksaisuusluokat

Fig. 38. Veneer roughness area extent as a function of bolt knottiness, 60 and 50 inches.



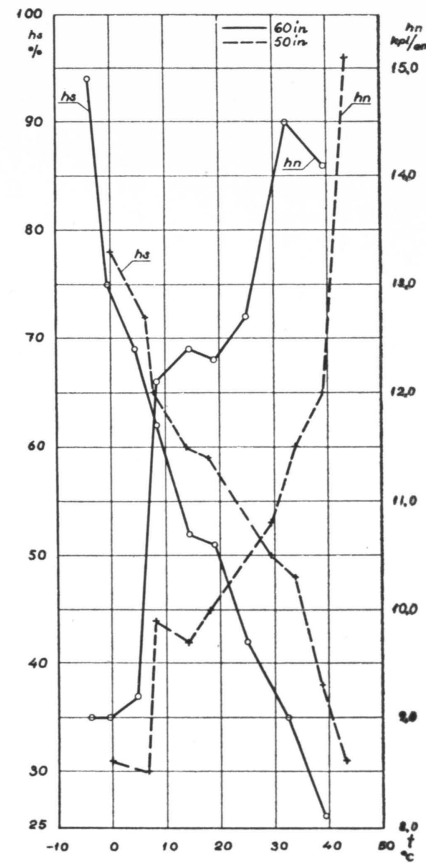
Kva 39. Viilun paksuusvaihtelu ( $a_{MD}$ ) pöllin lämpötilan ( $t$ ) funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 39. Variation of veneer thickness ( $a_{MD}$ ) as a function of bolt temperature ( $t$ ), 60 and 50 inches.



Kuva 40. Viilun karkeussyvyys (ks) ja karkeuslaajuus (kl) pöllin lämpötilan funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 40. Veneer roughness depth (ks) and roughness area extent (kl) as a function of bolt temperature, 60 and 50 inches.

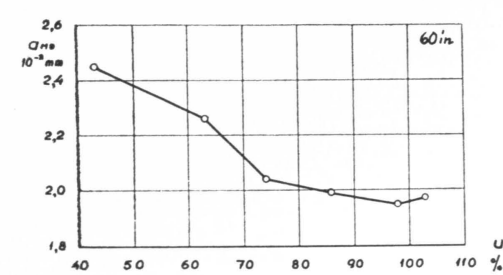


Kuva 41. Viilun sorvaushalkeamien syvyys (hs) ja esiintymistiheys (hn) pöllin lämpötilan funktiona, 60 in ja 50 in.

Fig. 41. Depth of lathe cutting checks (hs) and their frequency of occurrence (hn) as a function of bolt temperature, 60 and 50 inches.

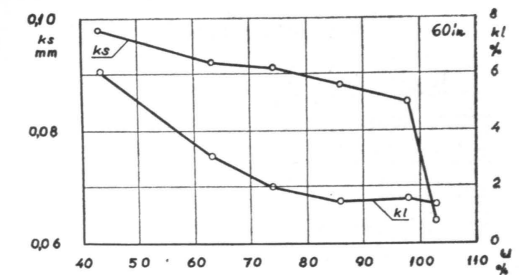
Taulukot 30 ja 31 esittävät 60 in ja 50 in pöleistä sorvatun viilun laadun muutokset pöllin lämpötilan vaihdella. Tulokset vastaavat molemmissa taulukoissa pöllin 3. suuruusluokkaa. Redusointia ei ole suoritettu, vaan pöllit valittiin alunpitäen määräkokoisiksi.

Taulukoiden perusteella on piirretty kuvat 39—41, jotka esittävät viilun paksuusvaihtelun, karkeuden ja sorvaushalkeamien muutokset pöllin lämpötilan funktiona (täysi viiva 60 in pöllit ja katkoviiva 50 in pöllit).



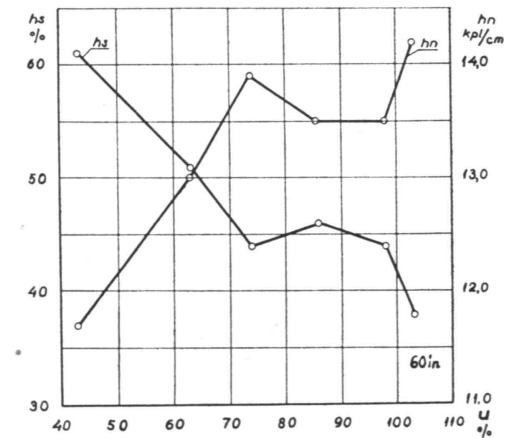
Kuva 42. Viilun paksuusvaihtelu pöllin kosteuden (u) funktiona, 60 in.

Fig. 42. Variation of veneer thickness as a function of moisture content of bolt (u), 60 inches.



Kuva 43. Viilun karkeussyvyys ja karkeuslaajuus pöllin kosteuden funktiona, 60 in.

Fig. 43. Veneer roughness depth and area extent as a function of moisture content of bolt, 60 inches.



Kuva 44. Viilun sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys pöllin kosteuden funktiona, 60 in.

Fig. 44. Depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence in the veneer as a function of moisture content of bolt, 60 inches.

### 5233 Pöllin kosteus

Taulukko 32 esittää 60 in pöllien viilun laadun pöllin kosteudesta riippuen. Kosteuden vaihtelualue on 43—103 % jaettuna 6 portaaseen. Tulokset vastaavat pöllin 4. suuruusluokkaa.

Taulukon mukaan on piirretty kuvat 42—44, jotka aikaisempaan tapaan esittävät kaikki tutkimuksen kohteena olleet viisi viilun laadun kriteeriä pöllin kosteuden funktiona.

### 5234 Hankinta-, kuljetus- ja varastointitekijät

Kaatoaika, kuljetustapa ja varastointi tehtaalla vaikuttavat ensi sijassa puun kosteuteen. Lisäksi pitkäaikainen vedessä säilytys (pohjapuut) muuttaa koivun kemiallista kokoomusta. Tässä yhteydessä on nyt esillä olevia raaka-ainetekijöitä tarkasteltu vain puun kosteuden kannalta ja muut näistä tekijöistä riippuvat muutokset puussa on jätetty käsittelemättä.

Taulukko 33 esittää 60 in ja 50 in pölliin koeaineiston jaettuna viiteen eri ryhmään, jotka edustavat maakuljetuspuiden osalta poikkeavia kaatoaikoja ( $T_a$  ja  $R_a$ ) ja uitettujen puiden osalta eri pituisia vedessä oloaikoja ( $U_1$  —  $U_3$ ). Taulukon vertailulukuina ovat vain pölliin lämpötilojen ja kosteuksien keskiarvot eri ryhmissä. Pölliin kokoon nähden tulokset vastaavat 4. suuruusluokkaa.

Lämpötilan vertailuluvut osoittavat, että pohjapuiden ( $U_3$ ) lämpötila on ollut 60 in pölleillä  $5^\circ\text{C}$  ja 50 in pölleillä  $3^\circ\text{C}$  muun koeaineiston vastaavia arvoja alhaisempi. Tämä ero on tuloksissa kuitenkin jätetty huomioonottamatta.

### 5235 Havainnot

Taulukkojen 28—33 ja kuvien 38—44 perusteella voidaan tehdä seuraavat havainnot:

Pölliin oksaisuus sinänsä huonontaa viilun laatua. Sensijaan oksien lukumäärän ja niiden koon kasvulla ei ole vaikutusta muihin laadun kriteereihin kuin karkeuslaajuuteen. Viilun laatua osoittavat arvot (esim.  $a_{MD}$  ja  $ks$  taulukoissa 28 ja 29) ovat selvästi huonommat kuin hyvälaatuisten ja jopa eri muotovirheitä sisältävien pölliin vastaavat viilun arvot.

Jos tarkastellaan esimerkiksi viilun karkeutta, niin sitä esiintyy huomattavasti oksien ympäristössä, jossa syynsuunta poikkeaa viiluarkin yleisestä syynsuunnasta (kuva 9). Karkeussyvyys on kuitenkin tällöin samaa suuruusluokkaa, vaikka oksien koko tai niiden lukumäärä vaihtelee. Oksien määrä vaikuttaa näinollen vain karkeuslaajuuteen, minkä kuva 38 varsin selvästi osoittaa.

Tutkimuksen kohdistuessa yleensä vain viilun virheiden asteeseen (esim.  $hs$ ), jolla viilun käytön kannalta on ratkaiseva merkitys, ei esiintymislaajuutta jokaisen virheen kohdalla ole katsottu tarpeelliseksi selvittää. Siihenhän oksaisuuden kasvulla edellä olevan perusteella olisi luonnollisesti ollut vaikutuksensa.

Tulosten hajontaan oksaisuus on vaikuttanut, mikä käy esiin varsinkin taulukon 28 liiteosan  $ks$ - ja  $kl$ -tulosten jakautumisesta.

Pölliin lämpötilalla on ollut huomattava vaikutus viilun laatuun, kuten aikaisemmatkin tutkimukset ovat osoittaneet. 60 in ja 50 in pölliin tulokset (kuvat 39—41) ovat tässä suhteessa varsin yhdenmukaiset. Aikaisemmin mainittu 60 in pölliin viilun laadullinen paremmuus on nytkin todettavissa, joskin verrattain lievänä.

Pölliin lämpötilojen tutkimusalue on ulottunut vain n.  $+40^\circ\text{C}$  saakka. Tulokset osoittavat, että viilun laadun paraneminen jatkuu edelleen mainittua rajaa korkeammassa lämpötiloissa. Tehdasolosuhteissa muodostaa kuitenkin nyt tutkittu lämpötilan vaihtelualue sen käytännöllisen alueen, jonka piirissä tehtaiden lämpötalous yleisesti voinee toimia. Lisäksi näyttää osittain siltä, että kun pölli on saavuttanut noin  $+30^\circ\text{C}$  lämpötilan, niin viilun laadun paraneminen alkaa hidastua.

*Kaikkien viiden viilun laatukriteerin kohdalla näkyy selvästi, että pölliin lämpötilan noustessa viilun laatu voimakkaasti paranee.*

Viilun paksuusvaihtelu ( $a_{MD}$ ) vähenee jyrkästi pölliin lämpötilan kohotessa ja se saavuttaa tutkimuksen normaaliarvon n.  $0,021\text{ mm} +10^\circ\text{C}$  vaiheilla. Tämän jälkeen tapahtuu  $a_{MD}$ -arvon vähenemisessä jonkun verran hidastumista.

Viilun karkeussyvyys ( $ks$ ) pienenee myös voimakkaasti pölliin lämpötilan kohotessa. Kuvaaja laskee suoraviivaisesti n.  $30^\circ\text{C}$  lämpötilaan saakka, jonka jälkeen viilun karkeussyvyys vähenemisessä tapahtuu pysähdys tai ainakin hyvin huomattava hidastuminen. Tutkitulla lämpötila-alueella pienenevät  $ks$ -arvot lähes neljäsosaan kylmimpien pölliin korkeimmista arvoista ja n.  $30\%$  lämpötilan noustessa välin  $18$ — $30^\circ\text{C}$ .

Viilun karkeuslaajuuden ( $kl$ ) kuvaaja muistuttaa muodoltaan läheisesti  $a_{MD}$ -kuvaajaa. Noin  $+10^\circ\text{C}$  lämpötilan kohdalla on nytkin kuvaajan käännepiste, jonka jälkeen karkeuslaajuuden väheneminen pölliin lämpötilan edelleen noustessa huomattavasti hidastuu. Lisäksi se näyttää pysähtyvän  $+30^\circ\text{C}$  lämpötilan saavuttamisen jälkeen. — Kylmimpien pölliin  $kl$ -arvot ovat erittäin korkeat osoittaen, että noin  $20\%$  viiluarkin pinnasta on huomattavan karkeata.

Sorvaushalkeamien syvyys ( $hs$ ) pienenee pölliin lämpötilan noustessa lähes lineaarisesti. Kuva 41 ei osoita tutkitulla lämpötila-alueella varsinaisen käännepisteen olemassaoloa. Vain varsin lievä  $hs$ -kuvaajan kaareutuminen 60 in pölliin osalta halkeamasyvyys vähenemisen hidastuvaan suuntaan on havaittavissa.

Sorvauslämpötilan laskiessa 0-asteen alapuolelle syvenevät halkeamat  $80$ — $90\%$ :iin viilun paksuudesta. Normaaliarvon ollessa n.  $50\%$  saavutetaan alle  $30\%$  halkeamasyvyys  $+40^\circ\text{C}$  lämpötilan vaiheilla, mikä seikka on erittäin merkittävänä todettava.

Sorvaushalkeamien esiintymistiheyden ( $hn$ ) kuvaaja kuvassa 41 on lämpötilasarjan epäsäännöllisin (60 in pölliin). Kuitenkin se, samoin kuin 50 in pölliin vastaava kuvaaja, osoittaa  $hn$ -arvojen kasvavan pölliin lämpötilan noustessa noin  $5\text{ kpl/cm}$  määrällä. Käänteinen suhde vastaaviin  $hs$ -arvoihin on tässäkin tapauksessa osoitettu.

Taulukon 30 liiteosan mukaan korkea sorvauslämpötila tuo mukanaan myös sen edun, että tulosten hajonta pienenee. Sen osoittavat erikoisesti  $kl$ -arvojen



jakautumakuviot ja pienet vaihteluvälit sekä *ks*- ja *hs*-arvojen jakautumat ja keskihajonnan arvot  $+39,5^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa.

Edellä selostettujen tutkimustuloksien perusteella voidaan tehdä se johtopäätös, että *sorvauslämpötilan kohottaminen noin  $+35^{\circ}\text{C}$  vaiheille, mikä ei liene käytännössä vaikea tehtävä, saa jo aikaan viilun laadun kaikkien tutkittujen ominaisuuksien huomattavan paranemisen.*

Pöllin kosteuden vaikutus viilun laatuun on myös selvä, mutta huomattavasti lievempi kuin lämpötilan vaikutus. Tulokset osoittavat (taulukko 32 ja kuvat 42—44), että pöllin kosteuden kasvaessa viilun ominaisuudet paranevat. Viilun laadun suhteen on sorvipöllin vähimmäiskosteutena pidettävä n. 75 %, jolla kohdalla kuvaajilla on käännepisteensä. Kosteuden nousun vaikutus tästä ylöspäin on verrattain vähäinen aina lähelle 100 % kosteutta, missä on havaittavissa kuvaajien toinen käännepiste. Viimeksimainitun rajan yläpuolella eräät viilun ominaisuudet jälleen jyrkästi paranevat.

Viilun *paksuusvaihtelu* vähenee pöllin kosteuden noustessa n. 75—80 % saakka lähes lineaarisesti, mutta kosteuden edelleen kasvaessa  $a_{MD}$ -arvojen pieneeminen huomattavasti hidastuu. Mainitun rajan kohdalla viilun paksuusvaihtelulla on normaaliarvonsa.

*Karkeussyvyys* vähenee verrattain lievästi pöllin kosteuden kasvaessa aina 95—100 % arvoon saakka. Senjälkeen *ks*-kuvaaja kääntyy voimakkaaseen laskuun.

*Karkeuslaajuuden* muutos pöllin kosteuden kasvaessa on luonteeltaan samanlainen kuin edellä selostettu paksuusvaihtelun muutos. Normaali *kl*-arvo saavutetaan nytkin n. 75 % kosteudessa, minkä rajan jälkeen karkeuslaajuuden väheneminen on enää melko vähäistä näyttäen pysähtyvän jo ennen 90 % kosteutta.

*Sorvaushalkeamien syvyyden* kuvaajalla kuvassa 44 on kaksi käännepistettä: *hs*-arvot pysyvät näiden pisteiden (75 % ja 98 %) välillä samassa suuruusluokassa. Tämän välin ulkopuolella molempiin suuntiin halkeamien syvyys voimakkaasti vähenee pöllin kosteuden kasvaessa. Väheneminen näyttää olevan jyrkintä 100 % kosteutta ylitettäessä.

*Sorvaushalkeamien esiintymistiheyden* kuvaaja on vastaavaan *hs*-kuvaajaan verrattuna erittäin tarkasti käänteinen. Kuva 44 on tästä selvänä osoituksena.

Taulukon 32 liiteosa osoittaa, että pöllin kuivuus (43 %) on vaikuttanut *tuloksien hajontaa* suurentavasti. Muissa suhteissa jakautumat ja keskihajonnat ovat aikaisemmin esitettyjen tulosten kaltaisia.

Taulukossa 33 esitettyjen tuloksien ( $Ta-Ra-U_1-U_2-U_3$ ) voidaan katsoa tulevan edellä olevia kosteussarjan tuloksia. Erikoisesti tämä huomataan viilun  $a_{MD}$  - ja *ks*-arvoista.

Vertailuluvut osoittavat, että pöllien kosteusvaihtelu on rajoittunut suuremmalle alueelle kuin taulukossa 32. Lisäksi jo mainittu  $U_3$ -pöllien alhainen lämpötila on huonontanut tuloksia tältä osin.

Eri ryhmien kosteusarvot ( $u$ ) osoittavat, että talvella kaadettujen, autolla tehtaalle kuljetettujen ja vain haudonta-ajan vedessä olleiden pöllien ( $Ta$ ) kosteus sorvattaessa on ollut 70—72 %. Rasiin kaadettujen, mutta muuten edellisiin verrattavien pöllien ( $Ra$ ) kosteus on vastaavasti ollut 54—56 %, joten näiden ryhmien ero on ollut n. 15 %.

Lyhytaikainen uitto (alle 6 kk) ei ole kovinkaan paljon nostanut pöllien ( $U_1$  ja  $U_2$ ) kosteusarvoja talvikaatopuiden yläpuolelle, sillä tulokseksi on tullut vain n. 10 % kosteusero. Lisäksi voidaan havaita, että 50 in pöllien kosteusarvot ovat näissä ryhmissä korkeammat kuin 60 in pöllien vastaavat kosteudet. Tuloksia arvosteltaessa on näinollen otettava huomioon, että  $Ta-U_1-U_2$ -pöllien kosteudet ovat edellä kosteussarjassa esitettyjen kuvaajien käännepisteiden välialueella ( $u = 75-100\%$ ).<sup>1</sup>

Vasta pitkäaikainen vedessäolo on nostanut pöllien ( $U_3$ ) kosteuden yli 100 %, jolloin viilun ominaisuudet ovatkin lähes kauttaaltaan saaneet parhaat arvonsa. Näin huolimatta jo mainitusta  $U_3$ -pöllien muita ryhmiä alhaisemmasta sorvauslämpötilasta.

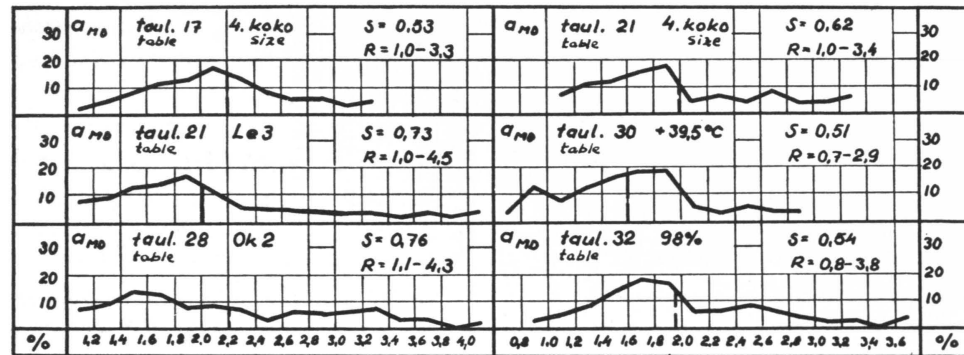
#### 524 Muita havaintoja viilun laadusta

#### 5241 Viilun paksuusvaihtelu

Edellä kohdassa 5211 on kosketeltu taulukkojen liiteosista käytännöllisistä syistä poisjätettyjä viilun paksuusvaihtelun ( $a_{MD}$ ) jakautumapiirroksia *s*- ja *R*-arvoineen. Kuvaan 45 on otettu eri taulukoista esimerkkejä näistä  $a_{MD}$ -tuloksien hajontaa koskevista seikoista. Sen perusteella voidaan havaita, että kuviot edustavat normaalijakautumaa (esim. taulukot 17 ja 30), mutta tulokset ovat parhaimmillaankin hajonneet laajalle alueelle. Minkään kuvion huippufrekvenssi ei saavuta 20 % arvoa. Myös tässä tapauksessa on todettavissa, että pöllin virheet suurentavat hajontaa (esim. taulukot 21 ja 28) ja tekevät sen epäsuunnollisemmaksi.

*Paksuusvaihtelu on viilumaton keskellä suurempi kuin sen reunoilla.* Vertailtaessa 4.146 keskustan ja reunan  $a_{MD}$ -arvoa toisiinsa saatiin keskimääräiseksi eroksi 0,0121 mm. Aineiston muodosti 7 satunnaisesti valittua, samansuuruisia pölliryhmää, joissa kyseinen paksuusvaihtelun ero oli kaikissa samansuuntainen ja suuruudeltaan 0,007—0,016 mm.

<sup>1</sup> Uitettujen puiden kaatoaikaa ei voitu riittävällä varmuudella määrittellä, joten niiden joukossa on sekä *Ra*- että *Ta*-puuta, edellisiä kuitenkin huomattava enemmistö. Tämä seikka on luonnollisesti vaikuttanut mainittuun 10 % eroon ( $U_1-U_2/Ta$ ).



Kuva 45. Viilun paksuusvaihtelun hajonta.  
s = keskihajonta, R = vaihteluväli.

Fig 45. Distribution of veneer thickness.  
s = standard deviation; R = range of variation.

Paksuusvaihtelun pienetessä viilun laadun paraneminen kohdistuu ensi sijassa viilumaton keskusta. Jos edellämainittu aineisto jaetaan kahteen ryhmään siten, että toisen ryhmän muodostavat alle 0,02 mm:n  $a_{MD}$ -arvot ja toisen 0,02 mm ja suuremmat paksuusvaihtelut, saadaan seuraava asetelma:

	$a_{MD} < 0,02$ mm	$a_{MD} \geq 0,02$ mm
Ryhmän $a_{MD}$ — keskiarvo	0,0145 mm	0,0297 mm
$a_{MD}$ viilumaton keskellä suurempi kuin reunoilla	0,0064 mm	0,0154 mm

Paksuusvaihtelun suhteen huonommassa viiluryhmässä on eron suuruus siis n. 2,4-kertainen verrattuna parempaan (vähäisemmän paksuusvaihtelun) viiluryhmään. Mainituissa 7 alaryhmässä tämä suhd. vaihteli 1,9—3,1.

#### 5242 Viilun karkeuslaajuus

Kuten aikaisemmin on selostettu, mitattiin karkeuslaajuus (kl) viiluarkin kolmesta kohdasta: keskeltä ja molemmilta reunoilta. Edellä on viilun kl-arvona käytetty näiden kolmen mittauksen keskiarvoa.

Tutkimustulokset osoittavat, että kl-arvot viiluarkin keskellä ovat suuremmat kuin sen reunoilla.

Taulukossa 34 esitetään melko suuresta koeaineistosta nämä eri karkeuslaajuuden arvot. Aineistoon sisältyy hyvälaatuisten pöllien lisäksi lajittelemattomia, oksaisia ja eri tavoin muodoltaan virheellisiä pöllejä (sekä 60 in että 50 in). Taulukko osoittaa lähes täydellisesti  $kl_c$ -arvot suurimmiksi. Jos mukaan otetaan kaikki taulukon pöllit ja jokaisen ryhmän kappaleluvut, saadaan seuraava punnittujen keskiarvojen asetelma:

$kl_v$	$kl_c$	$kl_o$
4,00 %	4,84 %	3,25 %

Keskimääräiseksi tulokseksi saadaan näistä kl-arvoista se, että viiluarkin karkeuslaajuus reunoilla on 25 % vähäisempi kuin keskilinjalla.

Tämä ero on 60 in pölleillä 20,5 % ja 50 in pölleillä 31,0 %. Tulos on odotusten vastainen, koska on oletettavissa, että pöllin pituuden kasvaessa kyseinen kl-arvojen ero myös kasvaa. Syynä saatuun tulokseen on ilmeisesti se, että sorvaukset suoritettiin kahdella eri sorvilla, jolloin konekohtaiset tekijät (esim. laakeriväljyys) ovat päässeet vaikuttamaan asiaan. — Tulos on kuitenkin yhdenmukainen tutkimuksessa yleisesti esiintyvän 50 in pölleistä sorvatus viilun laadullisen huonommuuden kanssa. Pöllin oksaisuus ja muotovirheet näyttävät vähentävän kyseistä viiluarkin keskustan ja reunojen karkeuslaajuuksien eroa. Taulukon 34 hyvälaatuisilla ja soikeilla (soikeus on edellä todettu pöllin lievimmäksi muotovirheeksi) pölleillä ero on 30 % luokkaa ja vastaavasti oksaisilla, lengoilla ja kartiokkailla pölleillä n. 20 %. Tässä suhteessa sekä 60 in että 50 in pöllien tulokset erikseen ovat yhdenmukaiset kokonaistuloksen kanssa.

Taulukon 34 viilun karkeuslaajuutta koskevasta osasta nähdään myös, että karkeuslaajuuden  $kl_v$ -arvo on yleisesti suurempi  $kl_o$ -arvoa. Vain kahdessa ryhmässä (60 in lengot ja kartiokkaat pöllit) tilanne on päinvastainen. Tämä vahvistaa edellä esitettyjä yleisiä johtopäätöksiä.

#### 5243 Viiluarkin eri osien karkeus

Kun viiluarkin karkeuslaajuus keskellä ( $kl_c$ ) on suurempi kuin reunoilla, ja kun karkeuslaajuus on verrannollinen karkeussyvyyteen, on ilmeistä, että karkeussyvydetkin arkin keskellä ovat suuremmat kuin sen reunoilla. Tätä eroa ei kuitenkaan ole tutkimuksen aikana erikseen mitattu.

Karkeussyvyyden mittauksen yhteydessä etsittiin kuitenkin aina normaali- sen karkeuden ohella viilun koepalan karkein kohta varjolaitteen avulla (vrt. kohta 36).

Verrattaessa suurinta ja normaalista karkeussyvyttä ( $ks_k$  ja  $ks$ ) toisiinsa voidaan havaita, että niiden ero on suuruudeltaan kutakuinkin vakio. Kun otetaan mukaan kaikki suoritettut karkeuden mittaukset, saadaan 60 in pöllien viilulla punnituksi eroksi 31,8 % ( $ks_k > ks$ ). Vastaava 50 in pöllien keskiarvo on 33,2 % sekä koko aineiston punnittu keskiarvo 32,3 %.

Yksityiskohtaisessa tarkastelussa näyttää joillakin kohdin siltä, että pöllin laadun huononeminen supistaisi kyseistä eroa. Toisaalta pienilukumääräisissä sarjoissa esiintyy päinvastaistakin tendenssiä.

Osoituksena tulosten tasaisuudesta (vaihtelu-alue 19—53 %) ovat seuraavat molempia pöllipituuksia koskevat keskiarvot:

	$ks_k > ks$
lämpösarjat	33,5 %
kosteus »	34,6 %
oksaiset pöllit	32,7 %
lengot »	33,5 %
kartiokkaat »	30,5 %
soikeat »	31,3 %

Edellä olevan perusteella on aihetta todeta, että viilun suurinta karkeus-syvyyttä ( $ks_k$ ) voitaisiin myös käyttää laadun kriteerinä. Näin olisi mahdollista suorittaa karkeuden mittaukset suuremmalla tarkkuudella.

#### 5244 Viiluarkin reunahalkeamat

Edellä käsiteltyjen viilun viiden laatukriteerin lisäksi esitetään jo mainitussa taulukossa 34 myös viiluarkkien reunahalkeamia ( $hr$ -arvot) koskevat tulokset.

Kohdassa 35 on selostettu *reunahalkeama-indeksin* ( $hri$ ) määrittämistä.

Usealla eri tavalla koeaineistoa ryhmiteltäessä havaittiin, että vain pöllin pahimmilla muotovirheillä on selvä vaikutus viilun reunahalkeamien määrään. Taulukosta 34 nähdään, että  $hri$ -arvot muissa ryhmissä, paitsi lengoilla ja kartiokkailla pölleillä, ovat samaa suuruusluokkaa (esim. 60 in pöllien  $hri \leq 17,0$ ). Vastaava indeksi muodoltaan virheellisillä pölleillä on pienempi (60 in:  $hri \leq 13,0$ ). Tämän eron muodostumiseen ovat osallistuneet kaikki eripituiset reunahalkeamat.

*Pöllin muotovirheet siis vähentävät viiluarkin reunahalkeamia.* Varsinaisena syynä tähän on pidettävä puun vinosyisyyttä.

Edellä sanottuun viittaa myös seuraava tutkimuksen erikoissarjoista (kts. kohta 31; sarjat  $5 \times 5$  kpl, merkintä E) kerätty yhdistelmä:

	$hr < 10$	$hr_{10-20}$	$hr > 20$	$hri$
Hy	10,4	2,7	1,1	19,1
Ok	10,4	2,1	0,9	17,3
Le	8,5	2,1	1,3	16,6
Ka	7,3	2,3	0,7	14,0

Muista raaka-ainetekijöistä on tässä yhteydessä mainittava ainoastaan pöllin kosteus. Ryhmässä  $u = 43$  % on  $hri$ -arvo muita kosteusryhmiä pienempi eron ollessa n. 25 %.

#### 5245 Viilun kireys

Aikaisemmin on mainittu, että viilun keskustan ja reunojen kireysero ( $ki_c$  ja  $ki_v/ki_o$ ) käytettiin vain sorvausolosuhteiden pysyvyyden tarkistamisessa.

Tutkimuksessa käytetyt sorvin asetearvot johtivat  $ki$ -arvojen suhteen määrätynlaiseen tulokseen, josta seuraavassa on tyypillinen, keskiarvoinen esimerkki:

viiluarkki	ero	$ki_v$	$ki_c$	$ki_o$	ero
$n_1$	+ 3	1.789	1.786	1.789	+ 3
$n_2$	+ 3	1.790	1.787	1.788	+ 1
$n_3$	— 1	1.789	1.790	1.787	— 3
$n_4$	— 6	1.790	1.796	1.791	— 5
$n_5$	— 14	1.785	1.799	1.788	— 11
$n_6$	— 20	1.783	1.803	1.791	— 12
$n_7$	— 23	1.786	1.809	1.788	— 21

Vaihtelua esiintyi luonnollisesti viilun kireydenkin suhteen, mutta se oli verrattain vähäistä. Riippuvuutta raaka-aineen laadusta ei tutkimuksessa voitu todeta.

#### 5246 Laatukriteerien keskinäiset riippuvuussuhteet

Edellä on useasti (esim. kuvan 44 kohdalla) todettu viilun sorvaushalkeamien syvyyden ( $hs$ ) ja niiden esiintymistiheyden ( $hn$ ) läheinen yhteys. Myös muiden viilun laadun kriteerien kesken osoittavat tulokset olevan keskinäistä riippuvuutta.

Näiden riippuvuussuhteiden lähempi tarkastelu on suoritettavissa kuvan 46 avulla. Siinä esitetään 60 in pöllien tuloksista kerätyn 21 koe-erän (yhteensä 988 pöllä) neljä tutkimuksessa käsiteltyjen laatukriteerien riippuvuussuhdetta. Koe-erät edustavat suurimmaksi osaksi hyvälaatuisia pöllejä. Parhaat ja huonoimmat tulokset on mukaan otettu pääasiassa lämpö- ja kosteusarjoista.

Kuvan 46 neljä funktiota ovat seuraavat:  $a_{MD} = f(ks)$ ,  $a_{MD} = f(hs)$ ,  $kl = f(ks)$  ja  $hs = f(ks)$ .

Jokainen näistä funktioista on esitetty mainittujen 21 pöllierän ao. keskiarvopisteiden avulla.

Korrelaatioita ei ole laskettu, mutta se on piirrosten avulla helposti tehtävissä.

Kuva 46 osoittaa seuraavaa:

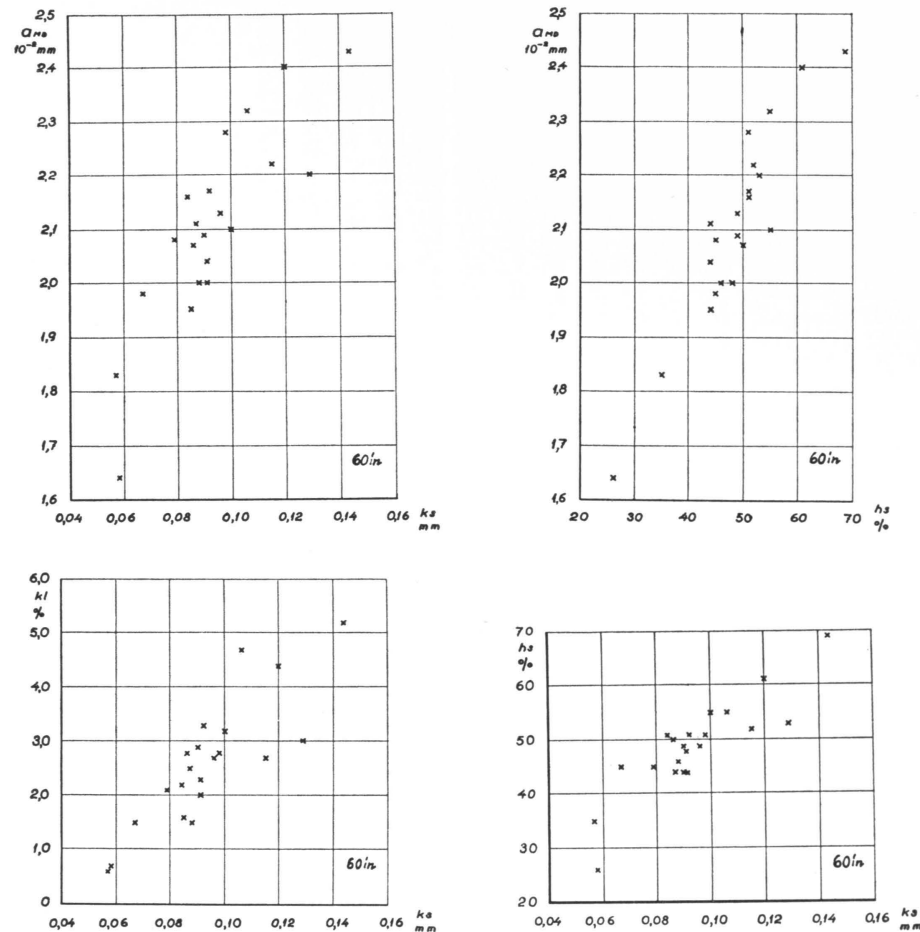
$a_{MD} = f(ks)$ : riippuvuus lievästi degressiivinen; hajonta verrattain suppea ja viilun laadun huonontuussakin tasainen.

$a_{MD} = f(hs)$ : suhde lineaarinen, hajonta kasvaa viilun laadun huonontuessa.

$kl = f(ks)$ : riippuvuus lineaarinen, hajonta kasvaa viilun laadun huonontuessa; hajonta suurempi kuin muilla funktioilla.

$hs = f(ks)$ : riippuvuus lievästi degressiivinen; hajonta tasainen, mutta suurempi kuin samantyyppisissä  $a_{MD}$ -funktioissa.

Kuva 46 osoittaa laatukriteerien keskinäisten riippuvuussuhteiden olemassaolon.



Kuva 46. Viilun ominaisuuksien riippuvuussuhteita, 60 in.

Fig. 46. Interdependence of the different quality characteristics of the veneer, 60 inches.

#### 525 Tutkimuksen erikoisosa

Tutkimuksen perusosassa ja vertailuosassa käytetyllä yleisellä menetelmällä ei ollut mahdollisuuksia selvittää puun vuosirengasleveyden ja kesäpuusadanneksen vaikutusta viilun laatuun, koska tämä selvitys vaatii menetelmältä huomattavasti suurempaa tarkkuutta. Senvuoksi keskityttiin näiden raaka-ainetekijöiden kohdalla huolellisesti valittuun yhteen pöllisarjaan, joka sorvattiin yhtämittaisesti samalla asetteella. Vaikka sarjaan kuului vain runsaat kaksikymmentä pöllä, suoritettiin kuitenkin varsin lukuisa joukko havaintoja viilun laadusta. Tämä sarja muodosti tutkimuksen erikoisosan. Siinä käytetty menetelmä on selostettu edellä kohdassa 37.

Puun vuosirengasleveyttä ja kesäpuusadannesta on tässä yhteydessä käsitelty yhdessä niiden melko läheisen yhteenkuuluvuuden vuoksi. — Edellä on jo kosketeltu kesäpuusadanneksen määräämisen vaikeutta, kun kysymyksessä on koivu.

Saadut tulokset osoittavat, että kesäpuun määrällä on merkittävä vaikutus viilun laatuun. Näinollen olisikin syytä suorittaa lisätutkimuksia tästä aiheesta ja määrätä niiden yhteydessä kesäpuusadannes tarkemmin. Nykyisin on olemassa menetelmiä, joiden avulla se on koivunkin suhteen mahdollista, kuten edellä on mainittu. Kolmantena kohteena tutkimuksen erikoisosassa oli viilun laatu viilumaton eri arkeissa.

Tutkimuksen erikoisosassa olivat viilun laadun kriteereinä aikaisempaan tapaan karkeusvyvyys ( $ks$ ), sorvaushalkeamien syvyys ( $hs$ ) ja niiden esiintymistiheys ( $hn$ ). Paksuusvaihtelun asemesta selvitettiin kyseisten raaka-ainetekijöiden vaikutus viilun kuivapaksuuteen ( $a_k$ ). Karkeuslaajuutta ei mitattu lainkaan.

Jo suoritettujen (selostus kohdassa 5244) laatukriteerien keskinäisten riippuvuussuhteiden tarkistamiseksi (koska olosuhteet edellyttivät täsmällisempiä tuloksia) selvitettiin niitä osittain uudelleen.

Lisäksi tutkittiin eräitä jakautumia, että voitaisiin myös näin saada vertailuaineistoa aikaisemmille tuloksille (taulukkojen liiteosat).

Tutkimuksen erikoisosan raaka-aine oli mahdollisimman hyvälaatuista ja tasakokoista. Sorvauslämpötila oli  $+21^{\circ}\text{C}$ , pöllien kosteuskeskiarvo 69 % ja tilavuuspaino  $0,59\text{ g/cm}^3$ .

Puun vuosirengasleveyden keskiarvo oli 1,45 mm ja kesäpuun yli 15 % rajan olevien havaintojen osuus 21,7 %.

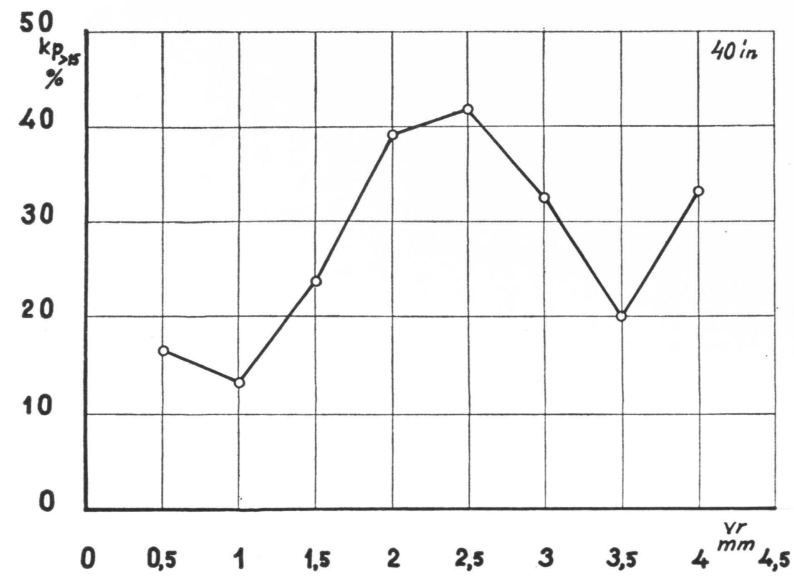
Viilun märkäpaksuus oli keskimäärin 1,62 mm ja kuivapaksuus 1,49 mm. Karkeusvyvyys oli 0,110 mm, halkeamien syvyys 51,05 % ja halkeamien esiintymistiheys 10,98 kpl/cm.

#### 5251 Vuosirengasleveyden ja kesäpuusadanneksen vaikutus viilun laatuun

Taulukossa 35 esitetään 0,5—4,0 mm alueella vaihtelevan puun vuosirengasleveyden ( $vr$ ) vaikutus viilun laatuun. Kun kesäpuusadannes ( $kp$ ) liittyy läheisesti vuosirengasleveyteen, on tähän taulukkoon liitetty sarake, jossa olevat luvut osoittavat, kuinka suuressa osassa havainnoista kesäpuun määrä on ylittänyt tutkimuksessa käytetyn 15 % rajan ( $kp > 15$ ). Taulukon  $a_k$ -arvo on merkitty mm:nä ja muut laadun kriteerit aikaisempien taulukkojen mukaisesti.

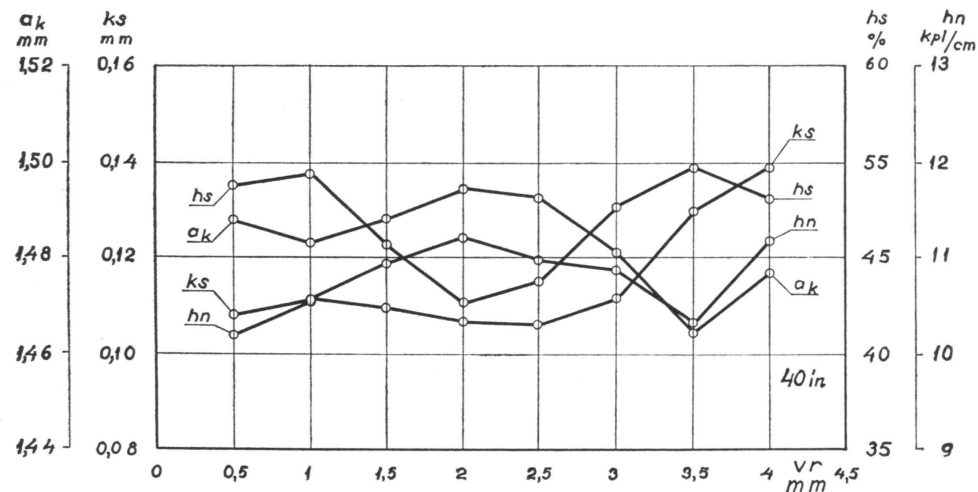
Taulukkoon 36 on laskettu molempien kesäpuuryhmien ( $kp < 15$  ja  $kp > 15$ ) osalta edellisen taulukon mukaisten viilun laatua osoittavien arvojen keskiarvot.





Kuva 47. Puun kesäpuusadannes vuosirengasleveyden ( $vr$ ) funktiona;  $kp_{>15}$  = kesäpuusadannoksen 15 ylittävien havaintojen %-osuus.

Fig. 47. Frequency of summerwood percentage of the wood in excess of 15 per cent ( $kp_{>15}$ ) as a function of annual growth ring width ( $vr$ ), expressed as per cent of the total number of observations.



Kuva 48. Viilun paksuus, karkeussyvyys, sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys vuosirengasleveyden funktiona.

$a_k$  = viilun kuivapaksuus.

Fig. 48. Thickness, roughness depth, depth of lathe cutting checks and their frequency in the veneer as a function of annual growth ring width.

$a_k$  = dry thickness of veneer.

Taulukon 35 perusteella on piirretty kuvat 47 ja 48. Edellisessä kuvassa on 15 % rajan ylittävien kesäpuuhavaintojen %-osuus vuosirengasleveyden funktiona. Kuvassa 48 esitetään  $a_k$ -,  $ks$ -,  $hs$ - ja  $hn$ -arvot vuosirengasleveyden funktiona.

#### 5252 Laatu viilumatton eri osissa

Taulukkoon 37 on merkitty viilumattojen arkkijärjestys ( $n_1 - n_{10}$ ) alkaen pöllin pinnasta. Neljän varsinaisen laatuksiteerin lisäksi taulukossa esitetään vuosirengasleveyden keskiarvot sekä edellä mainittu  $kp_{>15}$ :n %-osuus. Näin voidaan seurata puun struktuurin muutoksia viilumatossa edellä mainitulla arkkivälillä.

Taulukkoa 37 vastaavat kuvat 49 ja 50. Kuvassa 49 esitetään vuosirengasleveyden ja kesäpuun määrän muutokset viilumatossa pinnasta purilaaseen. Kuva 50 vastaa kuvaa 48 viilumatton arkkieihin jaetun pituuden ollessa argumenttina ( $ks$ -kuvaaja on jätetty pois).

#### 5253 Laatuksiteerien riippuvuussuhteet, tulosten jakautuma ja hajonta sekä tutkimusaineiston jakautumia

Kun tutkimuksen erikoisosassa olosuhteet vähäisempien virhemahdollisuuksien takia olivat suotuisimmat kuin aikaisemmin selostetuissa tutkimuksen osissa, suoritettiin niissä saatujen tulosten varmentamiseksi eräitä laatuksiteerien keskinäisten riippuvuuksien ja tulosten hajonnan tarkastuksia tämän tutkimusosan antaman aineiston avulla.

Jakautumat vastasivat tällöin edellä esitettyjä tutkimuksen perusosan (60 in pöllit) taulukoiden liiteosien jakautumia verrattain tarkasti.

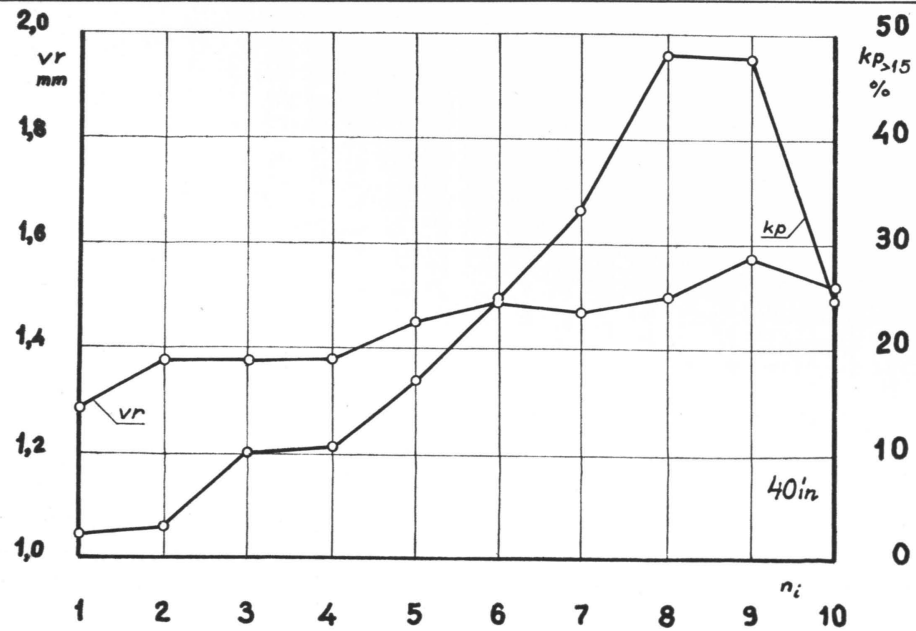
Laatuksiteerien keskihajonnat ja variaatiokertoimet olivat seuraavat:

	$a$	$a_k$	$ks$	$hs$	$hn$
$s$	0,0335	0,0354	19,6	15,0	1,65
$v$	2,07	2,38	17,8	29,4	15,0

Hajonnan tunnuslukuja on vertailua varten kerätty myös jäljempänä olevaan taulukkoon 38.

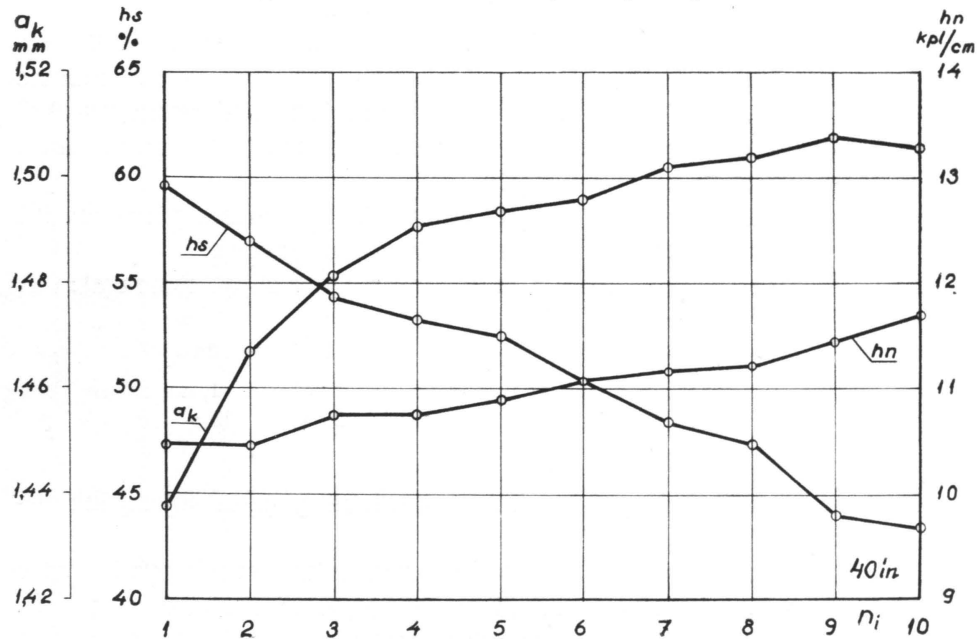
Kuva 51 esittää tutkimuksen erikoisosan koearineistosta vuosirengasleveyden ( $vr$ ) ja tilavuuspainon ( $\rho$ ) jakautumat. Mittaukset on suoritettu koesegmenteistä.

Tulosten luotettavuuden tarkistamiseksi on taulukkoon 38 koottu joukko tutkimuksen perusosan ja erikoisosan hajonnan tunnuslukuja  $a_{MD}$ -,  $ks$ -,  $hs$ - ja  $hn$ -arvojen osalta.



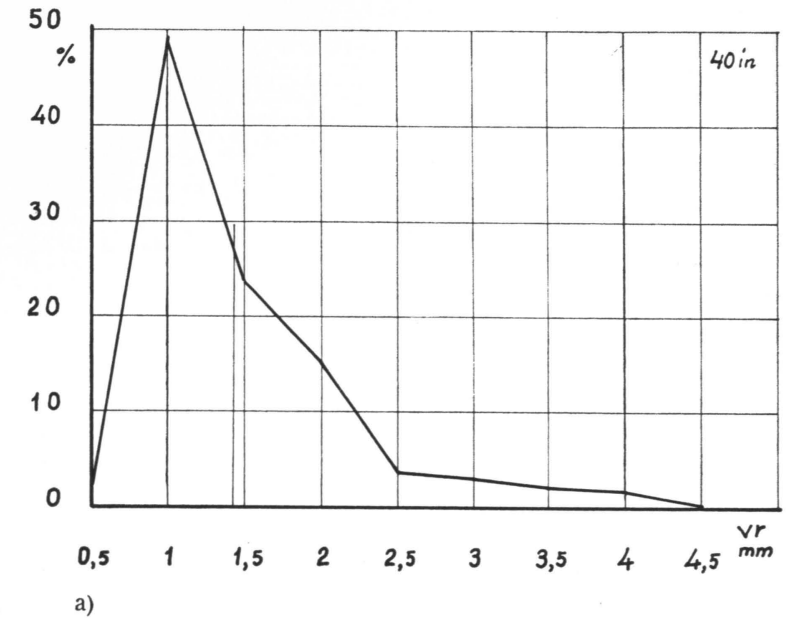
Kuva 49. Kesäpuusadanneksen ja vuosirengasleveyden muutokset viilumatossa,  $n_{1-10}$  = viilumaton arkit pinnasta purilaaseen.

Fig. 49. Variation of summerwood percentage and annual growth ring width along the veneer mat;  $n_{1-10}$  = sheets of the veneer mat from beginning to core.

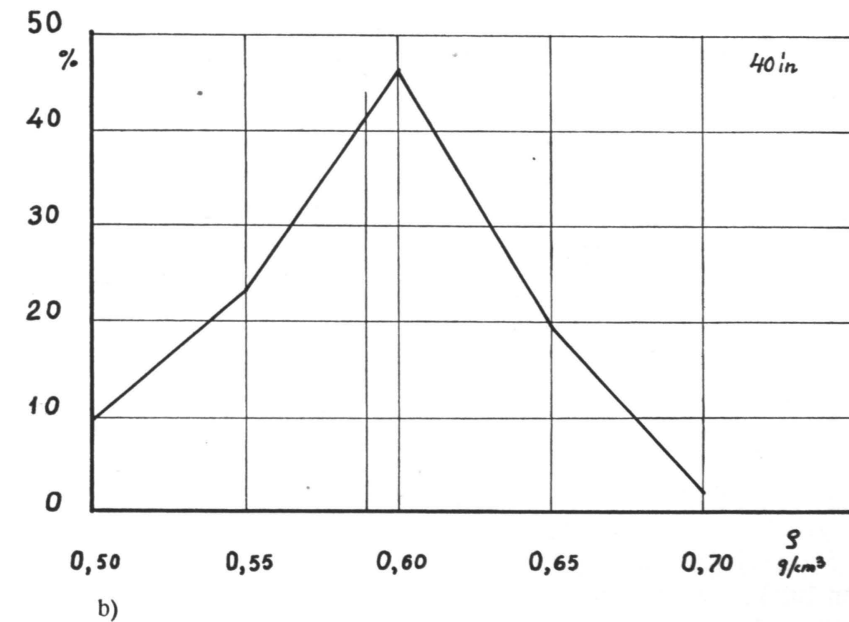


Kuva 50. Viilun paksuus ( $a_k$ ), sorvaushalkeamien syvyys ja esiintymistiheys viilumaton eri osissa.

Fig. 50. Veneer thickness ( $a_k$ ), lathe cutting check depth and frequency of occurrence at different stations of the veneer mat.



a)



b)

Kuva 51. Koeaineiston jakautumia.  
 $\rho$  = puun tilavuuspaino (g/cm<sup>3</sup>) kuivana.

Fig. 51. Distributions of the test material.  
 $\rho$  = specific gravity of the dry wood (g/cm<sup>3</sup>).

## 5254 Havainnot

Taulukkojen 35—38 ja kuvien 47—51 perusteella on mahdollista tehdä useita merkittäviä havaintoja.

Kuvan 47 mukaan vuosirengasleveyden kasvaessa kesäpuun määrä myös kasvaa saavuttaen suurimman arvonsa  $vr$ -arvojen 2—3 mm välillä. Senjälkeen tapahtuu kesäpuun määrässä jälleen laskua. Tämän kuvaajan luotettavuus on ilmeisesti suurien vuosirengasleveyksien kohdalla suurempi kuin  $vr$ -arvojen ollessa 0,5—1,0 mm luokkaa. Viimemainitussa tapauksessa alkaa kesäpuusadanneksen mittauksessa ilmetä tarkkuutta häiritseviä vaikeuksia.

Mainitulla 2—3 mm vuosirengasleveydellä on huomattava vaikutus viilun laatuun. Jos tarkastellaan kuvaa 48, voidaan havaita, että

- 2,0—2,5 mm  $vr$ -arvolla viilun paksuus ( $a_k$ ) saavuttaa max. arvonsa; kuvaajan  $a_k = f(vr)$  luonne vastaa kuvan 47 kuvaajaa;
- 2,5 mm  $vr$ -arvon kohdalla alkaa funktion  $ks = f(vr)$  arvo kasvaa pysyttyään sitä ennen melko tasaisena;
- 2,0—2,5 mm  $vr$ -arvojen kohdalla saavuttaa sorvaushalkeamien syvyys ( $hs$ ) miniminsä; kuvaaja on käännteinen verrattuna kuvan 47 kuvaajaan.

Edellä olevasta voidaan tehdä se johtopäätös, että kesäpuun määrän kasvu parantaa viilun laatua. Myös taulukon 36 keskimääräiset arvot ovat tästä selvänä osoituksena. *Erikoisesti kp-arvojen kasvu pienentää sorvaushalkeamien syvyyttä.* Myöskin se vaimentaa viilun karkeuden syntymistä. Kun kuvaajan  $ks = f(vr)$  alkupää ( $vr = 0,5—2,5$  mm) kuitenkin laskee vain erittäin lievästi, on ilmeistä, että puun tiheällä lamellisuudella (kevät- ja kesäpuun tiheä vuorottelu pienissä vuosirenkaissa) on myös karkeutta vähentävä vaikutus. Tätä toteamusta tukee myös funktion  $a_k = f(vr)$  kuvaaja. *Kesäpuun määrä on varsin merkittävä viilun laatuun vaikuttava raaka-ainetekijä. Sen rinnalle astuu osittain myös vuosirengasleveys (pienet vr-arvot).*

Tehtyjä johtopäätöksiä tukevat myös kuvat 49 ja 50, joiden mukaan kesäpuun määrällä on selvä vaikutus viilun laatuun. Toteamukset ovat seuraavat siirryttäessä viilumatossa pinnasta purilaaseen päin (jokaisessa matossa oli alunperin 12 arkkia, joista 2 viimeistä jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle).

- Vuosirengasleveys ja kesäpuun määrä kasvavat (poikkeuksena viimeinen arkki).
- Viilun paksuus kasvaa; kasvu on neljän ensimmäisen arkin kohdalla jyrkkä.
- Sorvaushalkeamien syvyys pienenee lineaarisesti 60—43 %:iin.

Kun tulokset ovat näin merkittävät, olisi syytä tutkia lähemmin kesäpuusadanneksen ja vuosirengasleveyden keskinäistä osuutta viilun laadun suhteen. Tällöin voisi menetellä esimerkiksi siten, että tutkimusmateriaaliksi valitaan samaa vuosirengasleveyttä sisältävää raaka-ainetta, josta jaotellaan erilaiset kesäpuun määrät koeryhmiksi.

Tämänkin tutkimusosan perusteella voidaan jälleen todeta, että sorvaushalkeamien syvyyden kasvaessa niiden lukumäärä vähenee. Suhde on lineaarinen alkaen 25 % halkeamista. Matalammilla halkeamilla  $hn$ -arvot ovat suhteellisesti korkeammat.

Tulosten jakautumien tarkastelu osoitti, että karkeussyvyyden suhteen esiintyi lievää epäkeskeisyyttä, jonka aiheuttivat 0,16—0,20 mm välillä olevat, lukumäärältään kuitenkin vähäiset  $ks$ -arvot. Syynä tähän on mm. ollut koekappaleiden mittauskohdan läheisyydessä (usein myös sen ulkopuolella) olleiden oksien karkeutta lisäävä vaikutus.

Sorvaushalkeamien syvyyden jakautuma oli verrattain säännöllinen. — Sitä muistutti  $hn$ -jakautuma, jossa kuitenkin oli suurten  $hn$ -arvojen puolelle jonkun verran epäkeskeisyyttä.<sup>1</sup>

Viilun paksuuden jakautumat olivat myös normaaleja. Hajonta on verrattain suppea, kuten tunnusluvut kohdassa 5253 osoittavat. Kuivapaksuuden ( $a_k$ ) hajonta on hiukan suurempi kuin märkäpaksuuden ( $a$ ) hajonta. — Alueelle keskiarvo  $\pm 2s$  sattuu 96 % tuloksista normaalijakautumassa. Tämä alue viilun paksuudessa on n.  $4 \times 0,034$  mm  $\leq$  0,14 mm (esim. märkä viilu: 1,55—1,69 mm).

Kuvan 51 kuviot edustavat myös normaalijakautumaa. Vuosirengasleveyden jakautumakuviot oikealle pistävine ulokkeineen lienee todellisuutta vastaava (havaintoja yli 1.200).

Keskihajontaa ja variaatiokertoimia esittävä yhdistelmätaulukko (n:o 38) osoittaa tuloksiin nähden huomattavaa yhtenäisyyttä. Raaka-aineen laadun huononeminen on suurentanut hajontaa varsinkin  $a_{MD}$  - ja  $ks$ -arvojen kohdalla. Poikkeuksena ovat lämpösarjat, joiden variaatiokertoimet ovat korkeat (pienien keskiarvojen takia). Tämä johtuu osaltaan näiden sarjojen pienuudesta, joka on suurentanut hajontaa.

Verrattaessa tutkimuksen erikoisosan  $s$ - ja  $v$ -arvoja taulukon muihin vastaviin lukuihin voidaan todeta, että karkeussyvyyttä lukuunottamatta ne ovat samaa suuruusluokkaa. Muita vähäisempi  $ks$ -arvojen hajonta erikoisosassa johtuu pöllien huolellisen, tasalaatuisuuteen pyrkivän valinnan aiheuttamasta karkeuden pienestä vaihtelusta, mikä seikka on myös edellä kuvissa 48 ja 50 selvästi käynyt esille.

Tutkimuksen erikoisosa on tuonut esiin merkittäviä tuloksia, jotka voidaan lyhyesti kiteyttää seuraavaan:

*Kesäpuun määrän kasvu parantaa viilun laatua.  
Kesäpuun määrästä riippumatta pieni vuosirengasleveys (< 1,5 mm)  
on eduksi viilun laadulle.*

<sup>1</sup> Viilun viistoamistapa vaikuttaa halkeamien lukumäärän laskemiseen: leikkaus antaa tarkemmat tulokset kuin hionta.

*Pöllistä syntyvän viilumaton teknillinen laatu paranee em. seikoista johtuen pinnasta purilaaseen päin.*

*Tulokset ovat yhdenmukaisia aikaisemmin selostettujen tulosten kanssa (laatukriteerien arvot, riippuvuussuhteet, jakautumat, hajonta) ja vahvistavat niitä.*

#### 526 Erikoishavainnot viilun karkeudesta, sorvaushalkeamista ja paksuudesta

Kuten edellä on osoitettu, ovat pinnan karkeus ja alapuolen sorvaushalkeamat viilun luonteenomaisia teknillisiä virheitä. Näiden virheiden luonnetta lievenee aihetta tarkastella lähemmin, vaikka onkin kysymys käsiteltävän aiheen peruskartoituksesta. Lisäksi tutkimuksen aikana on ilmennyt eräitä muita seikkoja, jotka myös on syytä tuoda esiin.

#### 5261 Viilun karkeus

Kiinteän kappaleen pinnan karkeus on yleensä sangen vaihtelevaa. Myös puupinnoissa esiintyy vaihtelua työstötavasta riippuen (sahaus, höyläys, hionta jne.). Viilun sorvauksen jättämällä pinnalla on myös oma luonteensa.

Edellä on viilun karkeutta käsitelty kahden kriteerin avulla: karkeussyvyyden ja karkeuslaajuuden. Viilun teknillistä käyttöä ajatellen ne ovatkin erittäin merkityksellisiä tekijöitä. Karkeuden luonteesta niiden avulla ei kuitenkaan voi saada kuvaa.

Aikaisemmin esitetyissä kuvissa on sorvatun viilun karkeuden luonne tullut esiin: osittain varjolaitteen antamissa kuvissa, jolloin karkeuskuvion ordinaatat ovat kuitenkin virheelliset, ja osittain viistottujen koekappaleiden kuvissa, jolloin myös karkeuskuvio tulee lähes todellisena esille.

Sorvatulle viilun pinnalle on luonteenomaista, että sen karkeus saattaa huomattavastikin vaihdella varsinkin karkeussyvyyden ja karkeusprofiilin suhteen, kuten edellä esitetystä kuvasta 9 voidaan huomata. Syynä tähän on raaka-aineen laadun vaihtelu samassakin pöllissä. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei kuitenkaan ole ollut mahdollista yksityiskohtaisesti selvittää karkeusprofiiliin ja karkeuden aaltoväliin liittyviä seikkoja.

Yleisenä havaintona on kuitenkin mainittava, että karkeussyvyyden pienentyessä näyttää aaltoväli pysyvän lähes vakiona tai lievästi kasvavan ja että karkeussyvyyden kasvaessa karkeusprofiili muuttuu »pyöreämmäksi».

Usein käytetään pinnan karkeudelle tunnuslukua, joka lasketaan seuraavasti:

$$\text{karkeusaste } ka = 1 : \frac{A}{ks}$$

Karkeusaste on siis karkeussyvyyden ja aaltovälin ( $A$ ) suhde.

Kuva 52 esittää kahta halkeamatutkimuksessa viistottua koekappaleita. Ne on otettu erittäin karkeilta kohdilta ja niissä näkyy viilun karkeusprofiili selvästi. Koekappaleen '1502 KK'  $ks$ -arvo on 1,00 mm ja  $A$  keskimäärin 1,96 mm. Vastaavat koekappaleen '1315 SK' arvot ovat 0,84 mm ja 1,73 mm. Karkeusasteiksi tulee siis edelliselle 0,510 ja jälkimmäiselle 0,490. — Kun tämä tunnusluku lasketaan paremmille viiluille, on se luonnollisesti huomattavasti pienempi. Esimerkiksi koekappaleen '761 p,' joka edustaa koko tutkimuksen parhainta viiluluokkaa,  $ks = 0,035$  mm ja  $A = 2,3$  mm. Karkeusaste on siis 0,015.

Tutkimuksessa sorvattujen parhaiten viilujen karkeusaste onkin em. luokkaa: n. 0,010—0,020. Karkeussyvyyden ollessa 0,100—0,150 mm (suuri osa tutkimuksen  $ks$ -arvoista on tällä välillä) on  $ka = 0,045$ —0,070 sekä vastaavasti:  $ks = 0,150$ —0,200 mm ja  $ka = 0,070$ —0,100. Mainitut vaihtelurajat perustuvat pistokokein suoritettuun laskentaan.

Sorvatun viilun karkeusaste on siis yleisesti suuruusluokkaa 0,010—0,100, mutta se saattaa nousta jopa 0,510 saakka, kuten kuvan 52 mukaiset poikkeukselliset tapaukset osoittavat. Koko vaihtelualueeksi tulee siis  $ka \leq 0,010$ —0,510.

Yksityiskohtaisessa tutkimuksessa käytetään karkeuden tunnuksena mm. pinnan täyttöastetta (muototekijä = täyttöaste  $kt = \bar{ks} : ks$ , jossa  $\bar{ks}$  = karkeuden keskimääräinen syvyys). — Esimerkiksi kuvan 52 koekappaleiden 1502 KK ja 1315 SK  $\bar{ks}$ -arvot ovat 0,39 mm ja 0,45 mm, joten täyttöasteiksi saadaan edelliselle 0,39 ja jälkimmäiselle 0,54 ( $ks$ -arvot mainittu edellä).

Kuvasta 52 nähdään myös eräs viilun karkeuden ja sorvaushalkeamien yhteys.

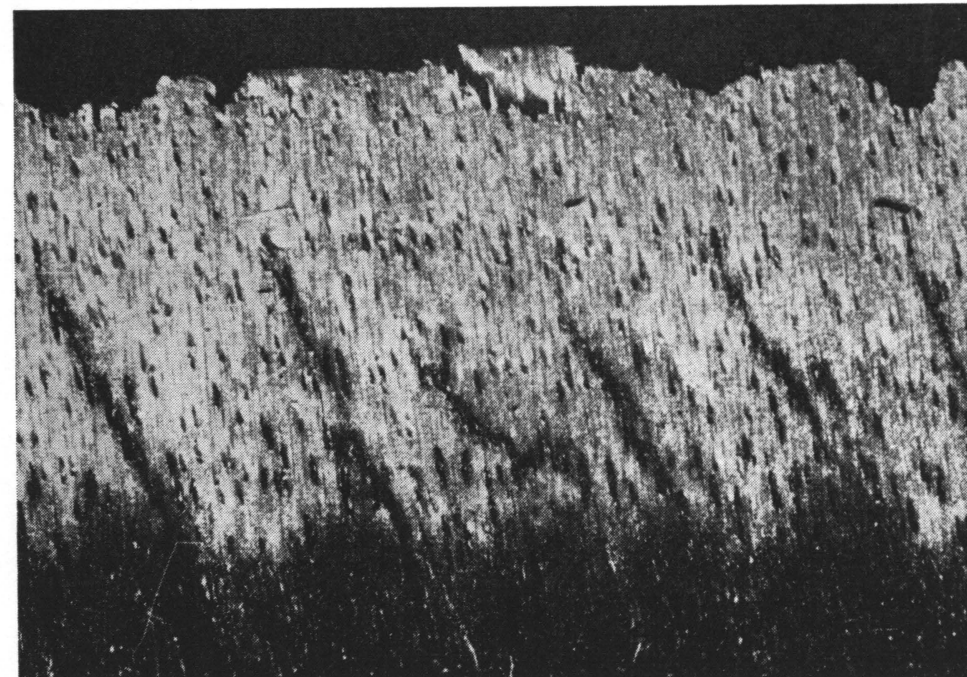
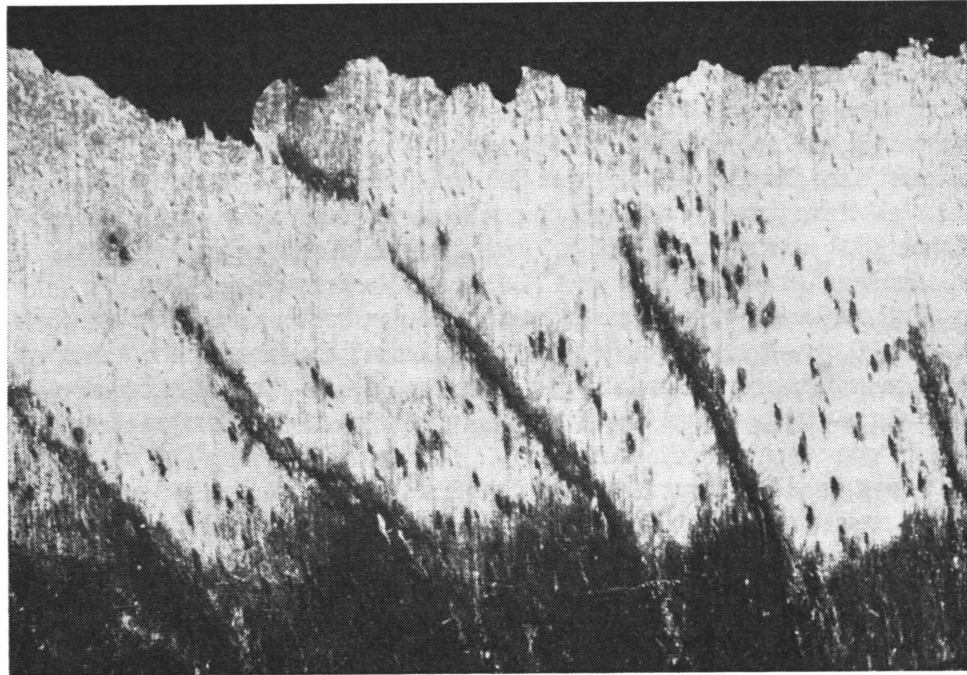
Voimakas karkeus vaikuttaa siten, että sorvaushalkeama alkaa karkeusuran pohjasta tai läheltä sitä ja sen suunta sivuaa karkeusharjanteen kylkeä. Tällöin on kysymys muista tutkimustuloksista poiketen viilun alapuolen karkeudesta. — Lähemmin on jätetty tutkimatta viilun eri puolten karkeuksien suhde. Kuitenkin noin 50 havaintoa käsittävän sarjan avulla on vertailtu karkeussyvyyttä viilun molemmin puolin toisiinsa. Tällöin ei voitu todeta mitään oleellista eroa mitatuissa  $ks$ -arvoissa.<sup>1</sup> Varmojen johtopäätösten teko asiassa vaatii kuitenkin yksityiskohtaisia lisätutkimuksia.

#### 5262 Sorvaushalkeamat

Edellä on jo kosketeltu kesäpuun viilun laatua parantavaa vaikutusta. Tutkimuksen kuluessa tehtiin myös runsaasti havainnot, joiden mukaan kesäpuuvyöhykkeellä on taipumus muodostua sorvaushalkeamien etenemisen esteeksi. Kuva 53 on tästä osoituksena. Valokuvat (dipl.ins. PEKKA PAAVOLA) on otettu siten, että hiotut viistepinnat aluksi värjättiin punaisella vesiväritteellä. Sen kuivuttua

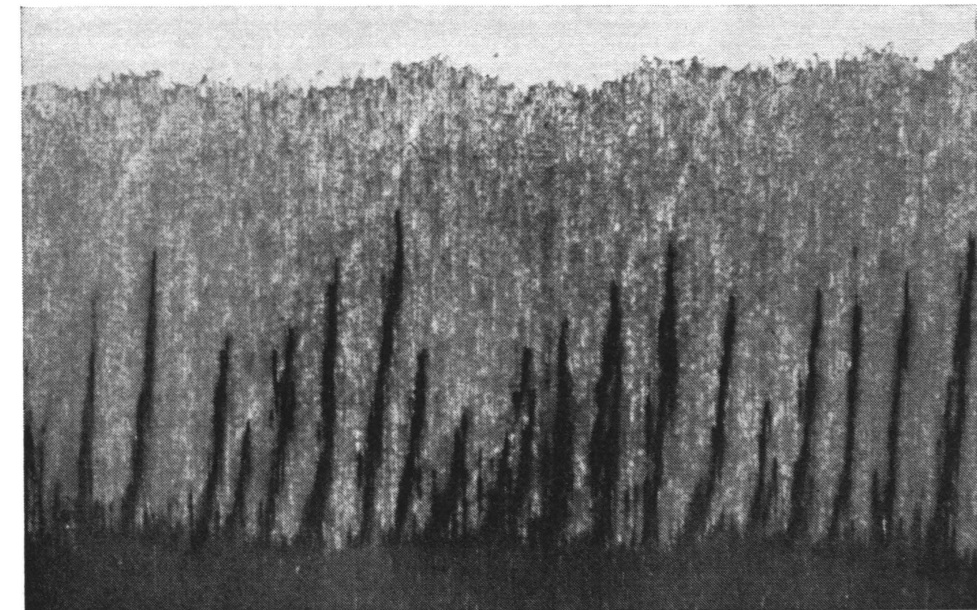
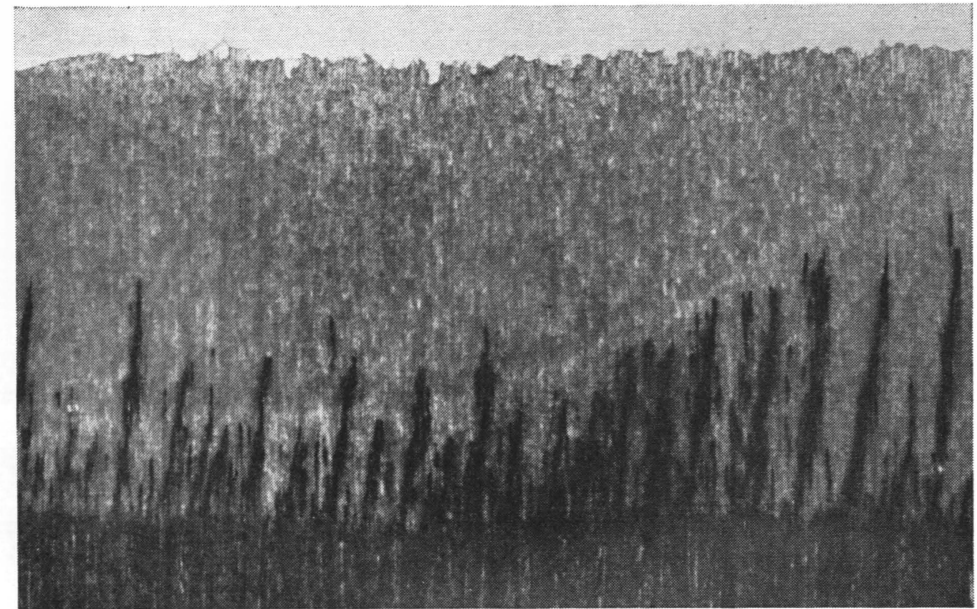
<sup>1</sup> Sama oli tulos, kun mitattiin  $ks$ -arvot samalta kohdalta märkeästä ja kuivasta viilusta: mahdollinen ero peittyi mittaustarkkuuden rajoihin.





Kuva 52. Viilun karkeusprofiili ja sorvaushalkeamien suhde karkeuteen. (Suurennukset: mittakaavan jakoväli = 1 mm).

Fig. 52. Roughness profile of the veneer and the relation of lathe cutting checks to roughness. (Enlargements: scale line = 1 mm).



Kuva 53. Sorvaushalkeamien suhde kesäpuusolukkoon. (Suurennukset: mittakaavan jakoväli = 1 mm).

Fig. 53. Lathe checks in relation to summerwood cell structure. (Enlargements: scale line = 1 mm).

pinnat siveltiin ensin voimakkaasti asetonilla ohennetulla selluloosalakalla ja kuivumisen jälkeen uudelleen runsaalla ohentamattomalla lakalla. Valokuvaus suoritettiin hajavalossa välittömästi lakkasivelyn jälkeen, jolloin heikommin värjäytynyt kesäpuusolukko tuli vaaleina juovina esille.

Kuvassa on viisteepintaan nähden kaksi erityyppistä vuosirengasasentoa: tasaisessa kaarissa oikealle nouseva sekä lähes pystyasentoiset vuosirenkaat. Nämä tapaukset ovat varsin havainnolliset. Halkeamien kärjet seuraavat kesäpuuvyöhykettä, kunnes se lähestyy viilun alapintaa, jolloin suunnilleen joka toinen halkeama on päässyt kesäpuun läpi jääden kuitenkin selvästi matalammaksi kuin saman kappaleen syvemmät halkeamat.

Kuvattu ilmiö on sangen yleinen, ja se vahvistaa voimakkaasti aikaisempia mittaustuloksia.

*Teoreettisesti* siis ihannetapaus olisi se, että sorvin terän leikkuurata kulkisi sellaisen pöllin kesäpuun tuntumassa (kevät- ja kesäpuun välissä), jonka vuosirengasleveys vastaisi sorvattavan viilun paksuutta tai olisi sen tasaosa ja jonka vuosirenkaat olisivat samankeskisiä ympyröitä.

Sorvaushalkeamilla on myös luonteenomainen terään päin kallistunut asento. Kallistuma (poikkeama pystyasennosta) vaihtelee huomattavasti. Kysymystä ei ole tämän työn yhteydessä varsinaisesti tutkittu, mutta seuraavat yleiset havainnot on kuitenkin voitu tehdä:

- Halkeamien kallistuman yleinen vaihtelualue on ollut n. 5—30°.
- Voimakas karkeus lisää kallistumaa (kuva 52).
- Halkeamasyvyyden kasvaessa kallistuma kasvaa.

Varsin todennäköiseltä myös näyttää, että halkeamien kallistumaan vaikuttaa sorvausasetteen puristusaste (havainto on tehty valmistelevien töiden yhteydessä) siten, että puristusasteen kasvaessa kallistumakin kasvaa. Kysymys kokonaisuudessaan vaatii oman erikoistutkimuksensa toisessa yhteydessä.

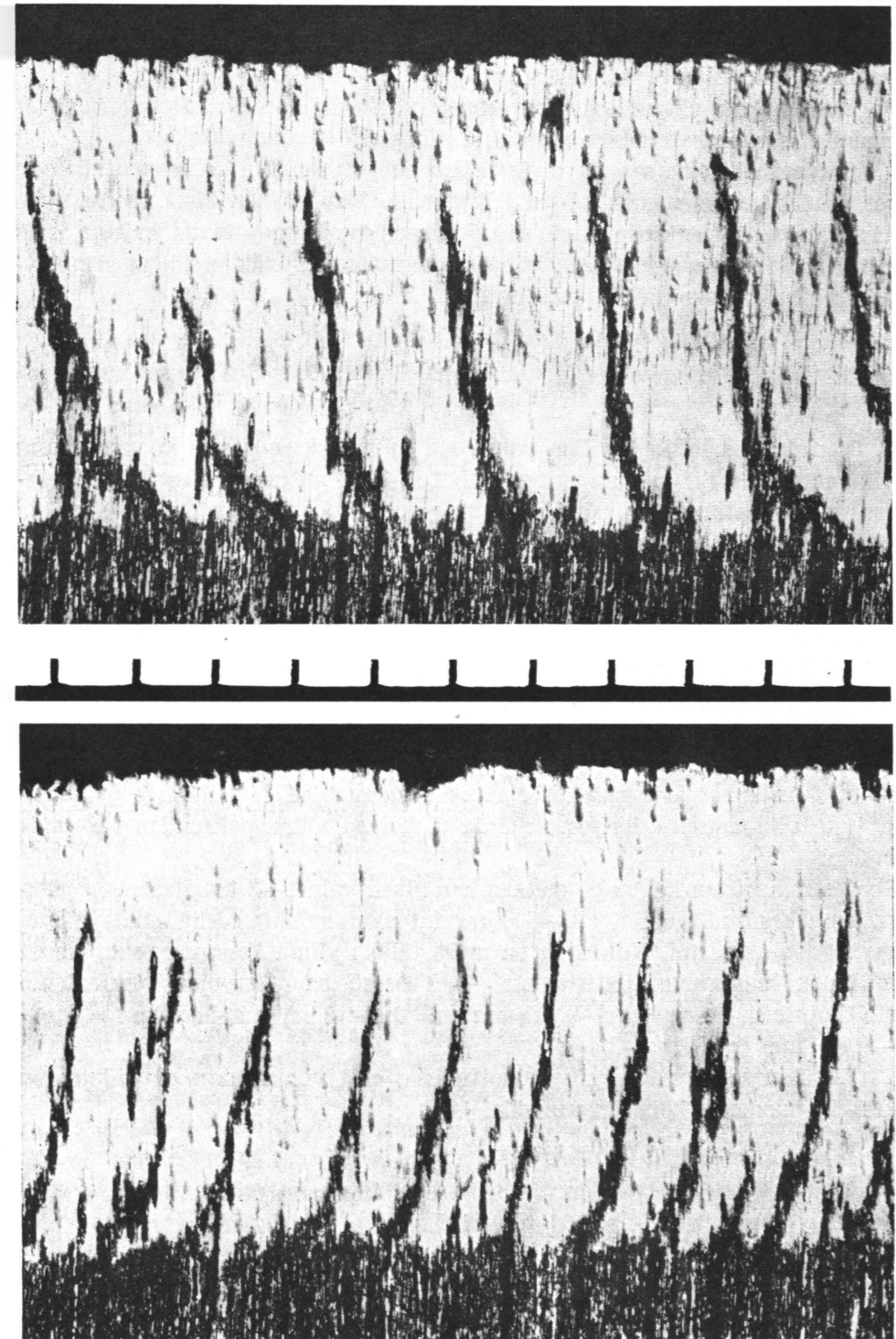
Sorvaushalkeama muodostaa usein pystyyn nousevan kaaren ja siinä saattaa olla jopa kulma (mutka), josta alkaen halkeaman loppuosa nousee huomattavasti alkuosaa pystympään.

Kuvassa 54 on koekappale, jossa halkeaman mutka on näkyvissä.

Kuvan leveys edustaa 10 mm:ä. Sen *hs*-arvo on 78 % ja halkeaman mutka on 35 % kohdalla halkeaman koko syvyydestä. Viilusta normaalikohdalta otetuissa koekappaleissa esiintyy halkeaman mutka selvästi 39 %:ssa ja karkeilta kohdilta otetuissa koekappaleissa 43 %:ssa koko tutkimusaineistosta.

Molemmissa edellämaituissa ryhmissä on mutka keskimäärin n. 34 % kohdalla halkeaman koko syvyydestä. Normaaliviilussa esiintyy mutkan sijaintiluvun suhteen hiukan suurempaa vaihtelua (tulosalue 16—55 %) kuin karkeassa viilussa (tulosalue 19—50 %).

Niiden halkeamien keskimääräinen kokonaissyvyys (*hs*), joissa ko. mutka esiintyy, on molemmissa mainituissa viiluryhmissä myös sama 67 %. Hyvällä



Kuva 54. Sorvaushalkeamien jatkumien putkiloihin ja sorvaushalkeamien kulmat. (Suurenukset:mittakaavan jakoväli = 1 mm).

Fig. 54. Propagation of lathe cutting checks along vessels and angle of the checks. (Enlargements: scale line = 1 mm).



viilulla on näiden  $h_s$ -arvojen vaihtelualue ollut 58—85 %, mutta sensijaan karkealla viilulla hajonta on ollut suurempi eli 40—85 %.

Tutkimuksen yhteydessä ei ole selvitetty lähemmin, mitkä syyt aiheuttavat mainitut sorvaushalkeamien mutkat ja niissä esiintyvät muutokset.

Sorvaushalkeama saattaa myös jatkua jonkun matkaa koivun putkiloihin, jos niitä osuu halkeaman kärjen lähettyville. Kuva 54 on tästä osoituksena. Halkeamien mittaukselle tämä ei kuitenkaan tuota sanottavaa haittaa, sillä riittävästi koekappaleen viistepintaa suurennettaessa voidaan tällainen pystyasentoinen »jatkokohta» helposti havaita.

#### 5263 Viilun paksuus

Verrattaessa toisiinsa viilun paksuutta (tutkimuksen perus- ja vertailuosa) viilumaton keskellä ( $a_c$ ) ja reunassa ( $a_x$ )  $2 \times 4.146$  mittausta käsittävän aineiston avulla saatiin keskimääräiseksi tulokseksi, että edellinen oli 1,542 mm ja jälkimmäinen 1,556 mm. Viilumaton reuna oli siis 0,014 mm paksumpi kuin keskusta. Ryhmiteltäessä aineistoa eri tavoin oli  $a_x$  - ja  $a_c$ -arvojen erotus aina samansuuntainen. Myös mittaustulosten vaihtelu oli melko vähäistä (0,010—0,023 mm).

Edelleen voitiin todeta, että  $a_c$ -arvojen keskihajonta oli 0,0375 mm ja  $a_x$ -tulosten vastaava arvo 0,0320 mm. Variaatiokertoimet olivat vastaavasti 2,42 ja 2,05.

*Tulosten hajonta on siis viilumaton keskustassa suurempi kuin reunoilla.*

Keskihajonnat ja variaatiokertoimet vastaavat edellä kohdassa 5253 esitettyjä tutkimuksen erikoisosan määrän ja kuivan viilun paksuuden vastaavia lukuja.

Jos tarkastelun kohteeksi otetaan kerrallaan vain 1—2 hyvälaatuisen pöllisarjan paksuusmittaukset (150—300 havaintoa) on hajonta edellä esitettyä huomattavasti pienempi. Kuitenkin on myös tällöin viilun keskustan suuremmat hajonnan tunnusluvut todettavissa. — Yleisesti on  $a_x$ -arvojen keskihajonta ollut suuruusluokkaa 0,012—0,020 mm ( $v = 0,80—1,30$ ) ja  $a_c$ -arvojen  $s = 0,018—0,030$  mm ( $v = 1,15—2,00$ ).

Tässäkin suhteessa on siis havaittavissa, että viilun laatu on viilumaton keskellä huonompi kuin sen reunoilla.

## 6 Vertailuja aikaisempiin tutkimustuloksiin

Johdannossa jo mainittiin, että raaka-ainetekijöiden vaikutusta sorvatuun koivuviilun sekä määrään että varsinkin laatuun on aikaisemmin erittäin vähän tutkittu. Senvuoksi myös vertailujen suorittaminen jää suppeahkoksi, ja lisäksi se ulottuu myös muiden puulajien kuin koivun alueelle. Tällöin eivät vertailun perusteet ole täysin täsmälliset, sillä esim. FLEISCHER [4] on osoittanut, että eri puulajien optimiolosuhteet sorvauksessa vaihtelevat.

### 61 Määrällinen tulos

Edellä on jo kosketeltu Puutekniikan Tutkimuksen Kannatusyhdistyksen julkaisemia tuloksia, joissa esitetään sorvauksen määrällinen tulos koivupöllin koon funktiona [20]. I ja II laatuluokan kookkaitten pöllien osalta mainitun tutkimuksen tulokset poikkeavat jossain määrin tämän tutkimuksen tuloksista. Sensijaan III laatuluokan saanto vastaa esimerkiksi taulukon 3 (60 in lajittelemattomat pöllit) tuloksia. Kuvaajan kulku on samanlainen ja optimisaatio on samalla ( $d = 225$  mm) kohdalla. Saannon arvo on kuitenkin vanhemmassa tutkimuksessa yli 10 % huonompi. Tämän seikan syynä on tutkimusten välisenä aikana (24 vuotta) tapahtunut teknillinen kehitys (mm. parempi keskitys ja ohuempaan purilasmittaan sorvaaminen). Lisäksi on vertailtavissa tutkimuksissa ollut erilaiset pöllien luokituksen perusteet.<sup>1</sup>

Määrällistä sorvaustulosta käsittelee myös JALAVA [7]. Koivupöllit on nykyin jaettu kolmeen laatuluokkaan pääasiassa oksaisuuden, mutta myös muiden virheellisyyksien mukaan (III laatuluokka). Kokonaissaannon kuvaajat vastaavat tämän tutkimuksen kuvissa 12—14 esitettyjä hyvälaatuisien, lajittelemattomien ja oksaisten 60 in pöllien vastaavia kuvaajia. Kuitenkin myös tässä tapauksessa S-arvot ovat n. 10 % matalammat. Kaikissa laatuluokissa esiintyy saannon optimiarvo, I ja II laatuluokassa kuitenkin hiukan kookkempien pöllien kohdalla. — Saumauskappaleiden osuus vaihtelee 3—13 % siten, että koon kasvaessa

<sup>1</sup> Saman tutkimuksen piirros n:o 3 esittää pöllien sorvausarvon, jolloin tilavuusyksikön raha-arvo on määrätynyt myös viilun kauppalaadun mukaan. Tulokset osoittavat pöllin sorvausarvolla olleen optimin n. 10 in läpimitan kohdalla.

parhaiten pöllien  $S_2$ -arvo nousee. Pöllin laadun huonontuessa  $S_2$ -arvot pienevät. Saumauskappaleiden osuus tämän tutkimuksen mukaan on suurempi varsinkin laadullisesti heikoissa pölleissä, mikä johtuu ilmeisesti siitä, että kyseisten kappaleiden minimileveys on jatkuvasti pienentynyt. — Pääleikattavissa kappaleissa suhde on päinvastainen: nyt saadut  $S_3$ -arvot ovat n. 1—2 % pienempiä kuin Jalavan mainitsemat arvot. Kummassakaan tapauksessa ei ole voitu todeta pöllin koon vaikutusta  $S_3$ -arvoihin. — Kuoren osuus on merkitty tuloksiin erikseen ja toisaalta leikkausjäte on yhdistetty pyörityshäviöön. Jos  $H_3$ -arvoksi lasketaan 5 %, saadaan  $H_1$ -häviöksi 1—3 % korkeammat arvot kuin tässä tutkimuksessa. Molemmissa tapauksissa on  $H_1$ -häviö kasvanut pöllin suuretessa. — Purilashäviön suhteen ovat erot tutkimusten välillä suurimmat. Tämä koskee varsinkin pieniläpimittaisia pöllejä. Nyt saadut  $H_2$ -arvot ovat n. 13—1 % pienemmät (pöllin suuretessa ero pienee). Tämä on suurin syy edellä mainittuun kokonaisuuntojen eroon. — Yhteenvetona voidaan todeta, että tulokset ovat varsin yhdenmukaisia tarkasteltaessa pöllin koon ja laadun vaikutusta sorvauksen saantoon ja häviöihin. Vain eri osatekijöiden absoluuttisissa arvoissa on eroa, johon pääasiallisina syinä ovat tutkimusten välillä tapahtunut teknillinen kehitys ja viilun tarkentunut talteenotto.

RINTEEN [22] mukaan saanto pienenee koivupöllin pituuden kasvaessa. Sama vaikutus on pöllin laadun huononemisella. Esitetty 15 % ero pöllin I ja III laatuluokan välillä (I—II: 5 % ja II—III: 10 %) vastaa suuruusluokaltaan tämän tutkimuksen tuloksia. Rinne ilmoittaa pöllin lämpötilan  $-6^\circ\text{C}$  viilun vuoleutumisen alarajaksi sekä  $+10^\circ\text{C}$  lämpötilan rajaksi, jonka alapuolella viilu on huomattavan karkeaa. Ensinmainittu raja on hiukan alempana kuin tämän tutkimuksen luvussa 514 (kohta 6) esitetty vastaava raja. Sensijaan  $+10^\circ\text{C}$  raja esiintyy esim. kuvien 39 ja 40 viilun paksuusvaihtelun ja karkeuslaajuuden kuvaajissa.

ENGLESSON'in [3] mukaan männyn sorvauksessa saanto vähenee pöllin pituuden kasvaessa. Vähentäminen tapahtuu ehjien arkkien kohdalla. Saumauskappaleiden osuus pysyy samana. Saannon vähentäminen johtuu pääasiassa pyörityshäviön kasvusta. — Koon kasvaessa välin 8—15 in nousee 60 in pöllien saanto 57—75 %:iin ja 50 in pöllien saanto 60—77 %:iin. — Kaikki mainitut tulokset vastaavat tämän tutkimuksen arvoja. Huomattavimpana erona on se, että mäntyä sorvattaessa ei ainakaan 400 mm:n halkaisijaan saakka esiinny saannon optimiarvoa. Ilmeisesti syynä on mäntypöllien laadullinen paremmuus.

HEIKINHEIMON [5] esittämät amerikkalaiset saannon arvot keltakoivulle (*Betula lutea*) ovat 28—31 % ja siis varsin alhaiset (pöllien keskipaksuus 14 in). Sensijaan lännessä eniten sorvauspuuna käytettävän Douglas-kuusen (*Pseudotsuga taxifolia*)  $S$ -arvot ovat 57—67 %.

Käytettävissä olleiden tehdastutkimusten (julkaisemattomia) mukaan pöllin pituuden kasvaminen huonontaa saantoa, johon on syynä pyörityshäviön kasvu. Sensijaan  $H_1$ -häviön suhteesta pöllin läpimitaan esiintyy keskenään varsin

ristiriitaisia tuloksia. Pöllin laadun vaikutusta saantoon on tehtäillä ilmeisesti melko vähän tutkittu. Mielenkiintoiset luvut esittää kuitenkin eräs tehdas laajasta aineistosta (vuosi 1958): suorien pöllien ( $H_y$ ) pyörityshäviö on 19,2 %, lajittelemattomien ( $J_u$ )  $H_1 = 21,2\%$  ja lenkojen pöllien ( $L_e$ )  $H_1 = 23,4\%$ . Kahden ensinmainitun ryhmän ero ( $\sim 3\%$ ) vastaa jokseenkin tarkoin tämän tutkimuksen kuvissa 13 ja 15 esitettyä eroa. Toinen huomionarvoinen seikka koskee saannon riippuvuutta uiton (raaka-aineen vedessäolon) pituudesta. Jos kyseinen aineisto jaetaan ryhmiin uiva puu/pohjapuuta (tässä tutkimuksessa siis  $U_1 - U_2/U_3$ ), osoittaa tulos jopa 7 % eroa pohjapuuryhmän ( $U_3$ ) tappioksi. Edellä kohdassa 5133 on tosin viitattu tähän suuntaan, mutta ero tuntuu kuitenkin varsin suurelta. — Tulosten hajanaisuudesta huolimatta voidaan todeta, että tehdastutkimuksissa eniten tarkastelun kohteena olleet kokonaisuunto, kuorinta- ja pyörityshäviö sekä purilashäviö ovat suuruusluokaltaan ( $S = 50-75\%$ ,  $H_1 = 15-28\%$  ja  $H_2 = 7-13\%$ ) tämän tutkimuksen arvoja vastaavat.

## 62 Laadullinen tulos

Tarkasteltaessa viilun laadun kriteerien valintaa voidaan aikaisempien tutkimusten piiristä löytää muut nyt käytetyt kriteerit, paitsi karkeuslaajuus ( $kl$ ).

Karkeussyvyyttä ( $ks$ ) ovat pinnan laadun kriteerinä puuviilulle käyttäneet mm. LUTZ [15], WANGAARD ja SARAOS [30] ja SUZUKI [27] sekä hiotuille puupinnoille PAHLITZSCH ja DZIOBEK [18]. Viimemainitun lähteen mukaan se esiintyy myös venäläisissä normeissa (GOST — 7016 — 54).

Sorvaushalkeamien syvyyttä ( $hs$ ) ja niiden esiintymistiheyttä ( $hn$ ) ovat tutkineet esim. MC MILLIN [16], WANGAARD ja SARAOS ja STRÜBING [26].

Viilun paksuuteen liittyviä ominaisuuksia on myös käsitelty useissa tutkimuksissa.

Riittävän suuren koeaineiston tutkimisessa voi myös karkeuslaajuutta käyttää viilun laadun ilmaisijana. Tulokset ovat luotettavia, jos mittaja on etukäteen riittävästi perehtynyt tehtävään.

Viilun ominaisuuksien *tuloshajonta* edustaa KUMAR'in mukaan [13] yleensä normaalijakautumaa. Hän käyttää hajonnan tunnuslukuna keskihajontaa (standardipoikkeama), samoin kuin Wangaard ja Saraos sekä Pahlitzsch ja Dziobek, jotka esittävät tulosten yhteydessä myös variaatiokertoimen ja ABBOTT-kuvaajan.

Suomalaisia koivulajeja koskevaa viilun laadun ja raaka-ainetekijöiden suhteen tutkimusta tuskin lienee muualla suoritettu. — Meillä ovat SIIMES ja LIIRI [24] selvittäneet lämpötilan vaikutusta sorvausvastukseen ja osoittaneet sen pienenevän lineaarisesti  $+80^\circ\text{C}$  lämpötilaan saakka (viiluun on tällöin tullut värinmuutoksia n.  $+50^\circ\text{C}$  vaiheilla). Viilun laatua ei lähemmin ole tutkittu, mutta sorvausvastuksen pienentämisen voi olettaa merkitsevän myös esim. pinnan laadun paranemista.



Mc MILLIN on tutkinut mm. keltakoivusta (*Betula lutea*) sorvattua viilua. Kokeet on suoritettu pienoismateriaalilla ja kohteena on ollut mm. puristusasteen ja puun lämpötilan vaikutus viilun laatuun. Esimerkiksi puristusasteen ollessa 15 % on sorvaushalkeamien syvyys (*hs*) vähentynyt alle puoleen arvoon, kun puun lämpötilaa on nostettu 80—120° F (27—71° C). Halkeamien esiintymistiheys on samanaikaisesti kasvanut, joten suhde *hs/hn* on osoitettu käänteiseksi.<sup>1</sup> — Keltakoivun pinta- ja sydänosan vertailussa ovat viimeainitun osan arvot jonkun verran parempia. Mc Millin'in kokeet on suoritettu 3,16 mm viilulla.

WANGAARD ja SARAOS ovat tutkineet valkoisen ja punaisen lauan'in (*Pentacme contorta* ja *Shorea negrosensis*)  $\frac{1}{8}$  ja  $\frac{1}{16}$  in viilua. Vertailun kohteeksi soveltuu jälkimmäinen puulaji paremmin, koska sen tilavuuspaino 0,52—0,66 g/cm<sup>3</sup> vastaa meidän koivumme tilavuuspainoa. Kyseisissä tutkimuksissa on karkeussyvyys mitattu Lutz'in varjolaitteella. Edelleen on tutkimuskohteena ollut sorvaushalkeamien syvyys, viilun paksuus ja sen poikittainen vetolujuus, joka on mitattu KIVIMAAN mukaan [8]. Koepölyt ovat olleet huomattavan kookkaita: pintavyöhyke 19 in läpimitaan saakka ja sisävyöhyke 19—13 in (viilumaton pituus  $\frac{1}{16}$  in viilulla 220 jalkaa). — Puristusasteen ollessa 18 % ja viilun paksuuden  $\frac{1}{16}$  in (1,6 mm) on viilun paksuus kasvanut pölyn pinnasta purilaaseen päin (vrt. kuva 50 tässä tutkimuksessa). Samalla on *hs*-arvo enimmäkseen pienentynyt (tämä on selvästi havaittavissa varsinkin  $\frac{1}{8}$  in viilulla) ja on *hs*-arvojen vaihtelualue 14—76 %. — Karkeussyvyyden arvoissa sensijaan esiintyy tässä suhteessa huomattavaa ristiriitaisuutta (vrt. kuvan 50 *hs*- ja *ks*-kuvaajia). Karkeussyvyys ja sorvaushalkeamien syvyys ovat suoraan verrannolliset. — Paksuusmittausten keskihajonta on ollut 0,0254 mm, mikä vastaa kohdassa 5263 olevia *s*-arvoja. — Pölyiden lämmittäminen 160° F-lämpötilaan (+71° C) on huomattavasti parantanut *hs*- ja *ks*-arvoja sekä pienentänyt hajontaa. — Lopuksi voidaan vielä mainita, että punaisen lauan'in tulokset olivat kauttaaltaan hiukan parempia kuin tilavuuspainoltaan keveämmän valkoisen lauan'in vastaavat tulokset. Tältä osin tulos vastaa tämän tutkimuksen erikoisosassa saatuja tuloksia. Samaan toteamukseen voi päätyä lähes kauttaaltaan. STRÜBING esittää pyökkiviilun (*Fagus silvatica*) sorvaushalkeamien syvyyden ja esiintymistiheyden käänteisen suhteen samoin kuin karkeussyvyyden ja sorvaushalkeamien syvyyden suoran suhteen. — Mielenkiintoisia ovat toteamukset, että »halkeamat seuraavat usein vuosirenkaita» ja että »poikittain halkeamasuuntaan sijaitseva vuosirengas estää määrättyissä olosuhteissa halkeaman etenemisen». Tämän tutkimuksen kohdassa 5262 (kuva 53) on päädytty koivuvii- lulla aivan samaan tulokseen.

PAHLITZSCH'in ja DZIOBEK'in tutkimus koskee mm. pyökin, poppelin (*Populus nigra*), tammen (*Quercus pedunculata*) ja teakin (*Tectona grandis*) hiot-

<sup>1</sup> Punapuulla (*Sequoia sempervirens*) on saatu vastaavia tuloksia.

tuja pintoja. Näinollen vertailun perusteet oikeastaan puuttuvat. Kuitenkin on tässä yhteydessä ehkä syytä mainita, että *ks*-arvojen ollessa samaa suuruusluokkaa kuin sorvatussa viilunpinnassa kiinnittyy huomio mainittujen tutkijoiden esittämiin keskihajonnan ja variaatiokertoimien arvoihin. Ne ovat  $s = 12,2 - 31,2 \times 10^{-3}$  mm ja  $v = 15,5 - 27,8$  ja vastaavat siis melko hyvin tämän tutkimuksen taulukon 38 *ks*-arvojen hajonnan tunnuslukuja. Sitä vastoin muut karkeuden luonteen ilmaisijat (mm. karkeus- ja täyttöasteet<sup>1</sup>) poikkeavat hyvin huomattavasti sorvauspinnan karkeuden vastaavista ilmaisijoista.

KOVASEN [12] mukaan viilun laatu huononee pölyn pinnasta purilaaseen päin (mittaukset 10, 6 ja 4 in kohdalla ja kriteerinä poikittainen vetomurtolujuus). Ristiriita tämän tutkimuksen kuvaan 50 nähden on huomattava, vaikka otetaan huomioon se seikka, että mainitusta kuvasta on jätetty pois viilumaton kaksi viimeistä arkkia ja että sorvaus on aloitettu n. 7 in läpimitasta. — Muissa kohdin vertailu johtaa verrattain yhdenmukaisiin tuloksiin. Muista laadulliseen tulokseen liittyvistä tutkimuksista mainittakoon KOLLMANN'in [11] esittämä paperikoivun (*Betula papyrifera*) tilavuuspainon ja vuosirengasleveyden suhde:  $\rho_{\max}$  on *vr*-arvon 2,0 — 2,5 mm kohdalla, mikä vastaa kuvan 47 esittämää tulosta. — Tehdastutkimuksissa on käsitelty myös viilumaton keskustan ja reunan paksuuseroa. Tämän tutkimuksen kohdassa 5263 on mainittu reuna keskimäärin 0,014 mm paksummaksi kuin keskusta. Kahdessa tehdastutkimuksessa ero on samansuuntainen, mutta suurempi: 0,02 ja 0,03 mm. Tällöin on sorvauksessa käytetty puristusruullia. Kun niiden asemesta käytettiin terätäytettä, nousi kyseinen paksuusero aina 0,07 mm saakka.

Edellä esitetyt vertailut osoittavat, että joitakin poikkeuksia lukuunottamatta aikaisempien tutkimuksien tulokset vastaavat verrattain yleisesti tämän tutkimuksen tuloksia.

<sup>1</sup> *ka*- ja *kt*-lukuja ei selostus sisällä, mutta ne voidaan päätellä A-kuvaajien avulla ja myös esitetyistä profiileista.

## 7 Tiivistelmä

Puuviilu on mekaanisen puuteollisuuden tärkeä puolivalmiste. Valtaosa siitä tehdään sorvaamalla. Raaka-aineena käytetään monia puulajeja sekä havu- että lehtipuuta. Suomessa viilu sorvataan lähes yksinomaan koivusta, jota onkin pidettävä erinomaisesti tähän tarkoitukseen soveltuvana puulajina.

Koivuviilun eniten käytetty nimellispaksuus on 1,5 mm. Näin ohuen puutuotteen aikaansaaminen asettaa valmistustekniikalle suuret vaatimukset.

Useat tekijät ratkaisevat viilun sorvauksen sekä määrällisen että laadullisen tuloksen. Erään tärkeän ryhmän muodostavat raaka-ainetekijät. Niiden vaikutusta koivuviilun määrään ja varsinkin laatuun on käytännöllisten vaikeuksien takia tähän mennessä verrattain rajoitetusti tutkittu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatus koivuviilun määrään ja laatuun suorittamalla sorvaukset vakioasetteella tehdasolosuhteissa käyttäen normaalikokoisia pöllejä. Viilun laatu on pääasiassa tutkittu laboratoriossa.

Määrällinen tulos on selvitetty sadanneksina kuorellisesta pöllistä. Tulos on jaoteltu seuraavasti:

ehjät arkit + saumuskappaleet (kapeat arkit) + pääleikattavat kappaleet (lyhyet arkit) = kokonaissaanto;

kuorinta- ja pyörityshäviö + purilashäviö + leikkaushäviö = kokonaishäviö;

kokonaissaanto + kokonaishäviö = kuorellinen sorvauspölli.

Laadullisen tuloksen selvittämisessä on käytetty pääasiassa viittä kriteeriä:

viilun paksuusvaihtelu

pinnan karkeussyvyys

» karkeuslaajuus

sorvaushalkeamien syvyys

» esiintymistiheys

Lisäksi on tutkittu viilun laatua viilumaton eri osissa ja tehty joukko erikoishavaintoja viilun ominaisuuksista ja niiden keskinäisistä riippuvuussuhteista. Viilun laadulla tarkoitetaan tässä yhteydessä sen teknillistä laatua eikä sen kauppalaatua (A-B S-BB-WG).

Raaka-ainetekijät ovat olleet koivupöllin koko, muoto, oksaisuus, lämpötila ja kosteus, tukkien kaatoaika, kuljetus- ja varastointitapa sekä puun vuosi-rengasleveys ja kesäpuusadannes.

Tulokset on esitetty taulukoin ja piirroksin. Luotettavuutta on tarkasteltu jakautumakuvioiden, vaihteluvälin, keskihajonnan ja variaatiokertoimen avulla. Lisäksi on tehty vertailuja kolmen eri tutkimusosan kesken, joissa on käytetty 60, 50 ja 40 in nimellismittaisia sorveja.

Rajoitetuista mahdollisuuksista huolimatta on pyritty suorittamaan vertailuja myös sellaisiin aikaisemmin saatuihin tutkimustuloksiin, joiden voi katsoa liittyvän tämän tutkimuksen aihepiiriin.

Tutkimuksen antamat tulokset voidaan tiivistää seuraavaan:

1. Riittävän suuren havaintojen lukumäärän avulla on voitu tehdasolosuhteiden aiheuttamista hankaluuksista huolimatta selvittää raaka-ainetekijöiden vaikutuksen suunta, tulosten suuruusluokka sekä eri tekijöiden ja tulososien keskinäiset suhteet.
2. Tutkimuksen suorittamisessa käytetyt koemenetelmät ja -laitteet soveltuvat tehdaskäyttöön.
3. On osoitettu ne kohdat, joissa tulos on jäänyt epävarmaksi ja jotka näin ollen vaativat lisätutkimuksia.

### Määrällinen tulos (kohdat 4—13):

4. Pöllin *koon* kasvaessa sorvauksen saanto kasvaa saavuttaen korkeimman arvonsa 251—275 mm (60 in) ja 226—250 mm (50 in) läpimittaisilla pölleillä. Tämän jälkeen saanto jälleen alenee. Aleneminen tapahtuu jyrkemmin kuin aikaisempi saannon kasvu. Syynä tähän on pöllin virheiden lisääntyminen iän mukana.
5. Pöllin *pitouden* vähentyessä saanto kasvaa. Ero 60 ja 50 in hyvälaatuisien pöllien välillä on 4 %. Pöllin virheet pienentävät tätä eroa. Syynä lyhyitten pöllien parempaan saantoon on sekä ohuempi purilas että pöllin parempi muoto.
6. Pöllin *muodon* huonontuessa saanto vähenee. Pahin muotovirhe on *lenkous*, jonka kasvaessa saanto laskee jyrkimmin: ehjien arkkien määrä jopa alle 20 %:n. *Kartiokkuus* ja *soikeus* ovat lievempiä muotovirheitä kuin lenkous ja saantoon nähden keskenään samanarvoiset (ehjien arkkien määrä jää yli 30 %:n). Suurin ero hyvälaatuisiin pölleihin verrattuna on ehjien arkkien määrässä. Tätä eroa tasoittavat jonkun verran saumuskappaleiden ja pääleikattavien kappaleiden määrät, joiden suhteellinen osuus kasvaa muotovirheiden kasvaessa. Muotovirheet kytkeytyvät toisiinsa. Tässäkin suhteessa lenkous on pahin virhe. Sen suurentuessa myös pöllin kartiokkuus ja soikeus kasvavat noin »puolella vauhdilla». Pöllin keskityksen tarkkuus huononee muotovirheiden kasvaessa. Tämä huonontaa saantoa (pyörityshäviö kasvaa) ja suurentaa tulosten ha-

- jontaa. Keskityksen tarkkuuden väheneminen ei kuitenkaan oleellisesti vaikuta asiaan (esim. muotovirheiden keskinäiseen järjestykseen).
7. Pöllin *oksaisuuden* lisääntyminen vähentää saantoa n. 4—5 %:lla. Syynä tähän on saumauskappaleiden ja pääleikattavien kappaleiden määrän lievä väheneminen ja vastaava leikkaushäviön kasvu.
  8. Pöllin *lämpötilan* laskiessa 0° C alapuolelle vähenee saanto jyrkästi (varsinkin ehjien arkkien määrä). Vastaavasti kasvaa erikoisesti leikkaushäviö. Alin lämpötila, jossa viilua saatiin vuoleutumaan täysimittaisiksi arkeiksi, oli —5° C. Tämän rajan alapuolella viilu murtuu lähes kauttaaltaan (todellista lämpötilaa viilun kokoonpuristuneessa kohdassa terän ja vastaterän välissä olisi syytä erikseen lähemmin tutkia). Lämpötilan noustessa yli +30° C kasvaa purilashäviö lievästi. Se on estettävissä painorullien puristuksen säädöllä.
  9. Pöllin *kosteudella* ja siihen läheisesti vaikuttavilla raaka-ainetekijöillä (kaatoaika, kuljetus- ja varastointitapa ym.) ei ole merkittävää vaikutusta sorvauksen määrälliseen tulokseen.
  10. Täysimittaiset ehjät arkit ovat saannon tärkein osa. Saumaus- ja pääleikattavien kappaleiden osuus kasvaa raaka-aineen laadun huonontuessa. Häviöistä on kuorinta- ja pyörityshäviö suurin. Siihen vaikuttavaa kuoren paksuuden erilaisuutta ei tutkimuksessa ole otettu huomioon.
  11. Tulosten *hajonta* on purilashäviötä lukuunottamatta melko suuri, sillä pöllien huolellisesta valinnasta huolimatta koeaineisto jää laadullisesti verrattain vaihtelevaksi. Pöllin laadun huonontuessa hajonta kasvaa. Muotovirheiden saavuttaessa määrätyn asteen hajonta kuitenkin jälleen pienenee. Ehjien arkkien saannon, kuorinta- ja pyörityshäviön sekä purilashäviön tulokset ovat normaalisti jakautuneet. Saumauskappaleiden osalta tätä havaintoa ei voi tehdä.
  12. Tutkimustulosten tarkkuutta vähentävät hajonnan lisäksi seuraavat seikat:  
Pöllin muotovirheet kytkeytyvät osittain toisiinsa. Pöllin muodon huonontuessa keskityksen tarkkuus vähenee. Avoteräsorvauksen (kuorinta- ja pyöritys) ja varsinaisen sorvauksen rajan määrääminen oli sorvaajan harkinnassa.
  13. Saavutetut tulokset antavat mahdollisuuden vaneriteollisuuden koivu-raaka-aineen aikaisempaa täsmällisempään laatuluokitukseen.

#### Laadullinen tulos (kohdat 14—24):

14. Pöllin *koon* vaikutus viilun laatuun on verrattain vähäinen. Koon kasvaessa viilun laatu paranee lievästi.

- Paksuusvaihtelu erikoisesti viilumaton keskustassa vähenee, sorvaushalkeamat tulevat matalammiksi ja karkeussyvyys pienenee. Pöllin virheet eliminoivat tämän laadun paranemisen. Pöllin *pituudella* ryhmien eron ollessa vain 10 in ei ole ollut havaittavaa vaikutusta viilun laatuun.
15. Pöllin *muodon* suhteen on *lenkous* pahin virhe myös viilun laadun kannalta. Se vaikuttaa varsinkin viilun karkeussyvyyteen ja sorvaushalkeamien syvyyteen, mutta ei sensijaan paksuusvaihteluun. Pöllin muotovirheet vähentävät viiluarkin reunahalkeamien lukumäärää ja pituutta.
  16. Pöllin *oksaisuus* huonontaa yleisesti viilun laatua. Oksien koon ja lukumäärän kasvaminen vaikuttaa epäedullisesti vain viilun virheiden esiintymislaajuuteen.
  17. Pöllin *lämpötila on tärkein viilun laatuun vaikuttava raaka-ainetekijä*. Kaikki viilun ominaisuudet paranevat lämpötilan noustessa. Suositeltava arvo on +35° C, jonka yläpuolella viilun laadun paraneminen eräiden ominaisuuksien osalta alkaa hidastua. Sorvauslämpötilan huomattavasta vaikutuksesta viilun teknilliseen laatuun on yksityiskohtainen selvitys edellä kohdassa 5235.
  18. Pöllin *kosteuden* kasvaessa viilun laatu myös paranee. Vähimmäiskosteutena on 75 %, jonka rajan yläpuolella viilun ominaisuuksien arvot ovat lähes muuttumattomat noin 100 % kosteuteen saakka. Viimeksimainittun kosteusrajan jälkeen eräät viilun tärkeät ominaisuudet jälleen huomattavasti paranevat.
  19. *Kesäpuun* määrän kasvaessa viilun laatu paranee. Kesäpuusolukko estää määrättyissä olosuhteissa sorvaushalkeamien etenemistä.
  20. Puun *vuosirengasleveyden* vaikutus viilun laatuun liittyy kesäpuun määrään. Kesäpuusadanneksen optimiarvo on 2,0—2,5 mm vuosirengasalueella, jolloin myös saavutetaan viilun laadun optimiarvot. Pieni vuosirengasleveys ( $\leq 1,0$  mm) parantaa myös viilun laatua kesäpuun määrästä riippumatta.
  21. Kesäpuun määrä kasvaa siirryttäessä pöllin pinnasta sydämeen päin. Vastaavasti viilun laatu paranee viilumatossa pinnasta purilaaseen päin. Tämä ei koske viilumaton kolmea viimeistä arkkia.
  22. Useat viilun laadun ominaisuudet ovat keskenään joko suorassa tai käänteisessä riippuvuussuhteessa. Sorvaushalkeamien syvyyden kasvaessa niiden esiintymistiheys vähenee. Viilun karkeussyvyyden kasvaessa myös sorvaushalkeamien syvyys kasvaa. Samoin kasvaa viilun paksuusvaihtelu. Viilun karkeus vaikuttaa sorvaushalkeamien sijaintiin ja asentoon.
  23. Raaka-aineen laadun huononeminen suurentaa mittaustulosten *hajontaa*.



Viilun paksuuden, paksuusvaihtelun, karkeussyvyyden, sorvaushalkeamien syvyyden ja niiden esiintymistiheyden tulokset ovat normaalisti jakautuneet.

Yhdistelmä tulosten hajonnasta on taulukossa 38.

24. Tutkimustulosten tarkkuutta ovat mm. seuraavat virhemahdollisuudet vähentäneet:

Asetteen puristusaste pienenee sorvauksen aikana nimellisestä vakioarvosta vastateräpalkin siirtymän takia.

Vuosirengasleveyden ollessa pieni on kesäpuusadanneksen ryhmän määrääminen ollut epävarmaa varsinkin, jos *kp*-arvo on ollut lähellä ryhmien rajaa (15 %).

Karkeussyvyyden mittaustulos riippuu siitä, miten laajasti varjolaiteen avulla etsitään sellainen viilun kohta, johon ei mikään sivullinen tekijä (esim. koekappaleen ulkopuolinen oksa) pääse vaikuttamaan. Sorvaushalkeamien syvyyden mittausta on suoritettavissa n. 5 % tarkkuudella, jos halkeamat koekappaleessa ovat tasasyvyisiä. Virhe suurenee halkeamasyvyyden vaihdellessa.

Halkeamien esiintymistiheyden noustessa yli 15 kpl/cm, jolloin halkeamat ovat verrattain matalia, saattaa laskentaan syntyä virheitä. Erilaisten raaka-ainetekijöiden samanaikainen vaikutus suurentaa hajontaa.

25. Tutkimustulosten tarkkuutta vähentäneet virhemahdollisuudet ovat valtaosalta kumonneet toisensa, minkä osoittaa tulosjakautumien normaalisuus. Ne on voitu tyydyttävästi hallita lukumäärältään suurien havaintosarjojen ja eri tutkimusosien tulosvertailun avulla.
26. Niiltä osin kuin vertailuaineistoa on ollut käytettävissä on aikaisemmissa sorvauksen *saantoa ja häviöitä* koskevissa tutkimuksissa voitu todeta saadun tämän tutkimuksen kanssa yhdenmukaisia tuloksia. Eroa on aiheutunut vain siitä, että tutkimusten välisen ajan teknillinen kehitys on nostanut yleisesti raaka-aineen käytön hyötysuhdetta. Lähes vastaavaa yhdenmukaisuutta esiintyy myös sorvauksen *laadulliseen* tulokseen nähden, mutta vertailun perusteet ovat olleet heikommat (mm. eri puulajit tutkimuksen kohteena).
27. Raaka-aineen vaikutus koivuviilun valmistuksen lopputulokseen on erittäin suuri. Virheettömän koivupöllin saamiseksi sorvin karojen väliin tarvitaan jatkuvia ponnistuksia, jotka alkavat kasvavasta metsästä ja ulottuvat teko-, kuljetus-, varastointi- ja tehtaan esityövaiheiden kautta pöllin keskittäjään saakka.
28. Asetettu tehtävä — raaka-ainetekijöiden vaikutukset koivuviilun sorvauksessa — on saatu tärkeimmiltä osiltaan peruskartoitetuksi.

#### Kirjallisuutta — Literature

1. BATEY T. E. Jr. 'Minimizing face checking of plywood' Forest Prod. Journal Vol. V, No. 5 1955 ss. 277—285.
2. EHLERS W. 'Über die Bestimmung der Güte von Holzoberflächen' Holz als Roh- und Werkstoff 2/1958 ss. 49—60.
3. ENGLESSON T. 'Virkesutnyttjningen vid plywoodproduktion' Svenska Träforskningsinstitutet Meddelande 77 B 1955.
4. FLEISCHER H. O. 'Experiments in Rotary Veneer Cutting. Forest Prod. Research Society, National Annual Meeting Vol. III 1949 ss. 137—155.
5. HEIKINHEIMO O. 'USA:n mekaaninen puuteollisuus' Helsinki 1953.
6. HENRYSSON T. 'Elementär statistik' Stockholm 1959.
7. JALAVA M. 'Puun rakenne ja ominaisuudet' Helsinki 1952 ss. 74—76.
8. KIVIMAA E. 'Investigating Rotary Veneer Cutting with the Aid of a Tension Test' Forest Prod. Journal Vol. VI, No. 7 1956 ss. 251—255.
9. KIVIMAA E. & KOVANEN M. 'Vanerisorvin terien mikroeroituksesta' VTT Tiedotus n:o 126 1953.
10. KOLLMANN F. 'Furniere, Lagenhölzer und Tischlerplatten' Springer-Verlag 1962.
11. KOLLMANN F. 'Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe I' Springer-Verlag 1951 s. 350.
12. KOVANEN M. 'Vaneriviilun sorvauksesta' Paperi ja Puu 9/1962 ss. 439—457.
13. KUMAR V. B. 'Die Anwendung der statistischen Gütekontrolle an Furnierschälmaschinen' Holz als Roh- und Werkstoff 2/1959 ss. 64—71.
14. LUNDGREN S. Å. 'Das Bendtsen Prüfgerät für Holzfaser-Hartplatten' Holz als Roh- und Werkstoff 3/1959 ss. 98—102.
15. LUTZ J. F. 'Measuring Roughness of Rotary-Cut Veneer' The Timberman, March 1952 s. 97—.
16. MC MILLIN C. 'The Relation of Mechanical Properties of Wood and Nosebar Pressure in the Production of Veneer' Forest Prod. Journal Vol. VIII, No. 1 1958 ss. 23—32.
17. MARIAN J. & STUMBO D. 'Ein neues Verfahren der Jahrringanalyse und der Rohdichtebestimmung durch Messung des Oberflächengefüges'. Holz als Roh- und Werkstoff 8/1960 ss. 287—296.
18. PAHLITZSCH G. & DZIOBEK K. 'Messverfahren und Beurteilungsmethoden für bandgeschliffene Hölzer I' Holz als Roh- und Werkstoff 10/1961 ss. 403—417.
19. PERTHEN J. 'Prüfen und Messen der Oberflächengestalt' München 1949.
20. Puutekniikan Tutkimuksen Kannatusyhdistys: Vaneritutkimuksia I n:o 25 1937.
21. RINKEFEIL R. 'Oberflächenprüfung in der Holzindustrie' Die Holzindustrie 3/1956 ss. 62—67.
22. RINNE V. J. 'Puuviilun ja vanerin valmistus' 1944.
23. SCHMALTZ G. 'Technische Oberflächenkunde' Berlin 1936.
24. SIMES F. & LIIRI O. 'Vaneritekniillisiä tutkimuksia I' VTT Tiedotus n:o 95 1951.
25. SPIEGEL M. R. 'Theory and Problems of Statistics' New York 1961.
26. STRÜBING J. 'Über Möglichkeiten und Entwicklungsversuche zur Prüfung von Furnieroberflächen' Holz als Roh- und Werkstoff 5/1960 ss. 181—185.
27. SUZUKI R. 'The Measurement of Roughness of Cut Surface by Drop of Water' Japan Wood Research Society, Vol. IV, No. 4 1953 ss. 156—160.
28. Tilastomatematiikan perusteita ja sovellutuksia. Moniste. Oy Kaukas.
29. UNITAS PYP Helsinki 2/1964 s. 127.
30. WANGAARD F. & SARAOS P. 'Effect of Several Variables on Quality of Rotary-Cut Veneer' Forest Prod. Journal, Vol. IX, No. 6 1958 ss. 179—187.



## SUMMARY:

THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL FACTORS ON THE QUANTITY  
AND QUALITY OF ROTARY CUT BIRCH VENEER

## 1. Introduction

The principal element of plywood is veneer of a thickness varying from 0.1 to 6.4 mm. For Finnish rotary birch veneer a much narrower thickness range, from 0.1 to 3.0 mm, has become standard and the major thickness is 1.5 mm nominal. Fabricated veneer is also found on the market as a product in its own right and is mainly used in the furniture industry as a semifinished material for various purposes. — Veneer is manufactured either by rotary lathe cutting, slicing or sawing from logs cut to size.

The comparatively small size of the Finnish birch (*Betula verrucosa* and *Betula odorata*), with an average diameter of 9 inches over the bark, has led to the adoption of rotary cutting as almost the sole method for veneer production in this country. This method is in fact speedy and efficient, and offers the advantage of low manufacturing costs. The problem of veneer quality is, however, a drawback in rotary lathe cutting. The most serious handicaps are a strong tendency of the veneer to develop checks and splits on its under side, surface roughness and thickness variation.

The availability of veneer of a sound quality is a primary condition for the successful manufacture of plywood and allied products. Both quantity and quality are of prime importance. The quantity of good veneer is highly dependent on the bolt yield, which in turn is a decisive factor affecting manufacturing economy. Veneer quality, on the other hand, is crucial to a favourable result at the various later stages of manufacture and thus decides the total end result. Drying, jointing, scarfing, glueing, sanding and finishing constitute some of the stages. The importance of sound quality should naturally not be underestimated even when veneer is used as a semifinished product.

In rotary cutting of veneer, both quantity and quality depend on numerous factors.

The *quantitative result* (yield factor in raw material utilization) is mainly influenced by the characteristics of the raw material.

In the present investigation the effect of bolt size was examined and the effects of various classified shape defects of the birch bolts were studied individually. The effect on quantity of, e.g., knottiness and bolt temperature during lathe cutting has also been observed.

Yield was separated into three sub-yields: full size sheets, jointing sheets (narrow sheets), sheets to be end-clipped (short sheets). Loss was also divided into three parts: bark stripping and rounding loss, core loss, and lathe cutting loss.

The *quality of the veneer* is not only influenced by the raw material characteristics but also by a host of other factors whose effect has been fairly extensively studied. In attempts to clarify the problem of veneer quality the effect of raw material factors has so far received very little attention.

The question of veneer quality can be approached from two distinct angles. *Commercial quality* is primarily determined by factors which influence appearance, such as knottiness, discolouration, unevenness of grain structure, joints and scarfs, patches, and so on. Commercial quality is thus highly dependent on the contributions of the different sub-yields in rotary cutting. The present study was not, however, concerned with the commercial quality of veneer (A-B-S-BB-WG) but was focused on *technical quality*. The latter is dependent on such characteristics of the veneer as strength, equality of size, non-defectiveness, and surface smoothness.

The raw material used for rotary cutting in the present investigation comprised bolts of unbarked birch logs cut to size (60, 50 and 40 inches nominal length). Other species were not included, since birch completely dominates the field in this country. Besides focusing on the *shape characteristics* of the bolt, as mentioned above, the study was concerned with some of the *condition factors*, e.g., bolt temperature and moisture content; *structural factors*, e.g., knottiness, annual growth ring width, and summerwood percentage; and *procurement factors*, e.g., season of felling, and methods of transport and storage.

Clarification of the effect of these raw material characteristics would be most difficult in a *laboratory*. The task of procuring and handling the test material would be almost unsurmountable. The use of test discs or other subscale test specimens can not be regarded as a fully adequate method, at least not in all respects. In view of this it was considered indispensable to perform the necessary rotary lathe cutting and a part of the measurement under *factory conditions* despite an increased risk of distortion of the results because of various side effects. If, however, the test series are sufficiently large and the sources of error are kept under the strictest control possible, and this all is supplemented with separate checks and studies, it is believed that rotary cutting of full scale bolts will produce reliable results, even under factory conditions.

## 2. Purpose of the Study, Definition of Raw Material Factors, and Criteria of Veneer Quantity and Quality

### 21. Object of Investigation

The general purpose of the study was outlined above. Its two main objectives can be defined as follows:

To determine under factory conditions how the different raw material factors influence the quantity of rotary veneer obtained;

To determine mainly by laboratory methods the effect of these factors on the technical quality of rotary veneer cut in the factory.

In addition to the primary objectives, the study had the secondary purposes of bringing out certain useful and simple criteria of veneer quality with a practical application, and of selecting adequate methods and tools for quality measurement.

### 22. Raw Material Factors

The raw material factors were classed into four groups.

#### *Size and Shape of Bolt for Rotary Cutting.*

Three sizes of bolts were used. In this way the investigation naturally fell into three sections: The *main section* covered bolts of 60 inches nominal length, the *comparative section* 50-inch bolts and the special section 40-inch bolts.

With regard to shape, the main group consisted of bolts with an external appearance of as good a quality as possible and approximating straight cylinders. The bolts with shape defects were selected with a view to obtaining bolts exhibiting, if possible, only one salient defect. The shape defects were: bolt *crookedness* (six classes), *bolt taper* (seven classes) and *bolt ovalness* (six classes).

#### *Condition of Bolt during Rotary Cutting*

Two condition factors were investigated: bolt *temperature* and *moisture content*.

#### *Wood Structure*

In determining the degree of *knottiness*, both the size and the number of knots were taken into account.

The effect of *annual growth ring width* was studied in the special section of the present investigation.

The determination of the *summerwood percentage* of birch is especially difficult. The test material was therefore divided into two classes only and a dividing line of 15 per cent was selected. The effect of quantity of summerwood on quality was also studied in the special section mentioned above.

#### *Factors of Procurement, Transport and Storage of Logs for Rotary Cutting*

As for *time of felling*, the two traditional groups were studied: trees felled in winter, and trees felled during summer and left to dry out without removal of branches and leaves.

The *method of transport* gave rise to two groups, i.e., transport by land (truck) and by floating.

In *storage*, the length of time the log had been in water was the main factor taken into account: under 2 months, 2 to 12 months, and over 5 years (water-logged trunks).

### 23. Quantitative Results and Losses

The input to be distributed (100 per cent) was defined as the quantity of unarked birch bolts cut to size entering the process of rotary lathe cutting.

*Yield* was divided into three sub-yields: full size (nominal square measure) sheets, jointing sheets (narrow sheets) and sheets to be end-clipped (short sheets).

The *losses* were distributed as follows: rounding losses (bark stripping and rounding using a knife without nosebar), core losses, and lathe cutting losses of the veneer mat.

All output results were expressed in terms of undried veneer.

### 24. Quality Criteria for the Veneer

*Variations in the veneer thickness* were followed in terms of deviation from the mean.

Veneer *roughness* was measured as depth of roughness (height of roughness ridges) and as area extent of roughness of full size sheets.

*Lathe cutting checks* were measured both with respect to depth of checks (per cent of veneer thickness) and frequency of occurrence.

*Edge splits* were recorded into three classes of split length.

*Stretchiness* of veneer was observed by comparing the measure of the sheet along the edges with the measure taken along the centre line of the sheet perpendicular to the grain. (This criterion was finally used only as a control of the operational stability of cutting conditions.)

### 3. Investigational Methods

The series investigated comprised 103 test runs, and each run thus averaged nearly 17 bolts. The standard size of the runs was 25 bolts, but in special cases it contained a smaller number of bolts (the heating vat, for instance, accommodated only 7 bolts at a time). In the main section of the investigation (60-inch bolts) 1145 bolts were used as test material proper. For the comparative section (50-inch bolts) 595 bolts were used. The bolts were selected from the length cutting department of the factory before each test run and stored near the rotary lathes (waiting time generally did not exceed 24 hours). An exception was made when the bolts were brought to a temperature differing from the normal. These bolts were cut on the lathe immediately after the heating or cooling process.

The special section of the investigation consisted only of one test run of 26 bolts. The bolts were barked and rounded off to an equal diameter before the regular lathe cutting tests. These tests were run with a view to studying the effect of growth ring width and summerwood percentage on the quality of the veneer. At the same time the changes in quality along the veneer mat were studied.

Three types of rotary cutting lathes were used throughout the investigation. The lathes were adjusted and operated by a permanent crew. The adjusted setting was maintained constant and checked by frequent control measurements.

The following rotary lathes were used:

For the *main section*: 'RAUTE' FN-66, knife length 1.680 mm, nominal bolt size 60-in., variable speed from 134 to 195 r.p.m.

For the *comparative section*: 'COE' MFG. Co., knife length 1.370 mm, nominal bolt size 50 in., constant speed 156 r.p.m.

For the *special section*: 'RAUTE' FN-45, knife length 1.150 mm, nominal bolt size 40 in., constant speed 144 r.p.m.

All the lathes were provided with five-lug centering dogs (model Liljeqvist) and counterpressure rolls (knife backing was not used).

Before the beginning of the lathe cutting tests the knife setting (fig. 3) was controlled, using a cutting angle measurement tool with levels, clearance gauges and dial indicators. The pressure indicated by the meters of the counter roll system was also checked before the test.

The rest of the setting values were easy to check, with the exception of the rounding radius of the nosebar edge and the stability of degree of compression during cutting.<sup>1</sup> Inaccuracy in the nosebar edge roundness is not critical; when a degree of compression of 18 per cent is used, the radius of the edge rounding

<sup>1</sup> The stability of the degree of compression will be dealt with under point 4.

may be given values over a considerable range without any noteworthy harm to veneer quality [12].

Clipping of the veneer was controlled either photoelectrically (full size sheets) or manually (other sheets). The clippers were of type 'RAUTE' APL.

For the recording of data during the stage of rotary cutting a test series control chart was used. In the chart were entered general information pertaining to the series and measurement data obtained at this stage for each bolt in the particular run in question.

At the receiving table (after the clipper) all the veneer sheets, i.e., full, narrow and short sheets, were stacked in a single pile.

#### Veneer Measurement in the Factory

From the individual piles of undried veneer sheets, each representing the output from one bolt, the different sub-yields, veneer thickness, stretchiness of the sheets, area extent of roughness, and number and size of knots and edge splits were determined. The results were recorded on a »bolt chart«, to which also were transferred from the series control chart the data needed for later calculations.

*Thickness of veneer* was measured at four points of each sheet with an accuracy of 0.01 mm.

*Stretchiness of veneer* was determined with an accuracy of 1 mm using a measuring tape of cloth. The measurement was made in the direction of cut along the centre line of the sheet ( $k_{ic}$ ) and along two lines 5 cm from the edges ( $k_{iv}$  and  $k_{io}$ ). The measuring tape followed closely the possible waviness of the veneer.

In the sub-series of *knotty bolts* the knots in each of the sheets measured were counted and grouped according to size into three classes: maximum diameter of knot less than 25 mm, from 25 to 50 mm, and over 50 mm.

The number of *edge splits* in full size sheets was also recorded on the bolt chart and grouped under three headings: depth (i.e., length) of split less than 10 cm, from 10 to 20 cm, and over 20 cm. From an identically situated spot at the centre of the measured full size sheets a test sample of about 15 cm by 40 cm was taken for later examination in the laboratory. For identification each test sample was marked to show which series, bolt and sheet in the veneer mat it came from.

#### Laboratory Measurement of the Veneer

For the measurement of the *depth and frequency of rotary lathe cutting checks in the veneer* the method proposed by, among others, STRÜBING [26] and WANGAARD & SARAOS [30] was used.

Fig. 7 shows a number of test samples from the series studied, with marked variations in the depth of checks.

The depth of the checks (hs) was expressed as a percentage of the true thickness of the veneer, and the frequency of occurrence as the number of checks per centimetre.

The *optical methods* for roughness measurement utilize the shadow produced by a ribbon or beam of light falling on the surface to be inspected. The decision to employ the shadow method was reached during preliminary experiments. The suitability of the method for the inspection of veneer in particular has been suggested by LUTZ [15]. A shadow measuring instrument was made (by the Stanley Watch Factory in Lahti) according to a sketch received from Mr. Lutz at the Forest Products Laboratory. The instrument and its functional principle are depicted in fig. 8.

Examples of shadow patterns produced by veneers of different degrees of roughness are seen in fig. 9.

The data obtained in the laboratory measurements were recorded on a *master chart* by series. To this chart were transferred from the previously mentioned charts the general information pertaining to the series as well as the measurement data and the calculated results. A summary of the final test results for each of the series was ultimately entered on a separate master chart.

#### Special Section of the Investigation

In this part of the study (rotary lathe 'RAUTE' FN-45) the effect of the annual growth ring width on the veneer quality was examined. The change in quality along the veneer mat from the starting point to the core was observed, and the interrelationships between the different defects as well as the dispersion of the results were also investigated. The special section comprised only one series of 26 bolts, which were kept in the rotary cutting hall for 9 days to attain a uniform temperature and partly in order to equalize the moisture content.

The bolts were stripped of bark and rounded off to an equal diameter of  $180 \pm 3$  mm. Cuts extending to core depth were made in the bolts, resulting in a bolt segmented into five connected discs, each 10 mm in thickness.

The test arrangement is illustrated in figs. 10 and 11.

The *annual growth ring width* (vr) was determined as an average of all distances measured on each disc. Only complete rings in the discs were considered. Instead of expressing the summerwood content as a percentage, the relative frequency of observations exceeding the aforementioned 15 per cent content of summerwood ( $kp > 15$ ) was used.

Rotary lathe cutting of the segmented bolt produced a veneer mat consisting of separate strips. In each strip the depth of checks and their number as well as the roughness depth and veneer thickness were determined in the manner described above.

## 4. Calculation and Presentation of Results

### Yields and Losses

The quantitative results were computed accurately within 1 cm<sup>3</sup> from the data recorded on the bolt chart. Yields and losses were expressed in per cent of input of unbarked bolts.

### Qualitative Results

The variation in veneer thickness was computed from the thickness values in the bolt chart and expresses in terms of mean deviation ( $a_{MD}$ ) from the mean thickness with an accuracy of 0.01 mm. This was entered in the master chart.

Stretchiness difference in the veneer sheet was only used as a control of the comparability of the results.

Using the above mentioned mean values as well as the mean values of the lathe cutting checks and roughness, serving as criteria of veneer quality, summarizing tables and graphs of the different series and of selected combinations were constructed.

### Method of Presentation of the Results

The results of this investigation are presented in tabular form in the Appendix. To demonstrate comparability of the results, data of the raw material factors and the number of bolts involved are included in the tables.

The mean values are marked on the graphs. Functions representing the quantitative results are depicted as continuous curves, justified by the generally large number of observations. Broken lines (dashes) are used in the graphs illustrating qualitative results since the observations were in part less numerous. Special observations are further illustrated by a few photographs, most of which are placed after reported results.

### Reliability of Results

The reliability of test results is generally dependent on the ability to keep various disturbing influences under control and to make allowances for them.



If the total of random disturbances is very large, test series involving a great number of observations are required.

The test results concerning veneer quality were influenced by a factor of disturbance not accounted for in advance, i.e., the setting of the cutting tool. As explained above, the setting was checked at standstill before starting the cutting operations by measuring the gap between the knife and the nosebar. During cutting, however, the gap does not remain constant. KIVIMAA [8] makes the following statement concerning a similar observation in one of his studies:

»To determine whether the horizontal opening remained constant during cutting, dial gage indicators were installed at both ends of the knife carriage to measure any movement between the knife beam and the nosebar beam. When the setup was ready, these indicators were set at zero. After the veneer cutting had begun and the nosebar beam had been forced slightly backward due to the forces acting upon it, an additional adjustment was made so that the indicators again measured zero. This adjustment was necessary for accurate tests, because some play may occur even in the best lathes».

Subsequent to the present study, similar control tests were carried out with the factory lathes originally employed. A displacement of the nosebar support ranging from 0.05 to 0.20 mm was observed. In cutting veneer of 1.5 mm thickness the degree of compression was reduced by 15 to 5 per cent as a result of the displacement. The same phenomenon must have occurred during the original tests. The true degree of compression during the cutting process was therefore not known, but certainly it was always below the nominal of 18 per cent. The quality level of the veneer was lower and the quality variation greater than would have been expected if the true degree of compression had been equivalent to the nominal value. The results, which corroborate each other in the various sections of the investigation and in the parallel series, seem to offer sufficient ground for judging the trend of the influence exerted by the observed raw-material factors on veneer quality and for ranking the raw material criteria.

Concerning the section devoted to the study of veneer quality it should further be noted that the qualitative results obtained reflect fairly well the quality of ordinary factory produced veneer since the tool setting was made in accordance with the common practice.

Bearing in mind that the trends of the functions and not the accuracy of the absolute values observed were of prime importance, the investigation is based on the reliability ensured by a sufficient number of individual tests.

To make it possible to assess the reliability of the results, the number of observations made, the range of data variation, and diagrams of data distribution are presented in connection with the test results when considered of importance. — In addition, certain statistical criteria have been computed in many instances. The main and special sections of the investigation have been given particular attention in this respect.

## 5. Results

### 51. Effect of Raw Material Factors on Quantity of Birch Veneer in Rotary Lathe Cutting

The bolts were divided into 8 classes according to size. Very few bolts fell into class 1, assigned for bolts of the smallest size (163 to 175 mm), and consequently this class was excluded from a part of the results. The following size classes from 1 to 8 were used:

Class	$d = \frac{d_s + d_p}{2}$	Class	$d = \frac{d_s + d_p}{2}$
1	163—175 mm	5	251—275 mm
2	176—200 mm	6	276—300 mm
3	201—255 mm	7	301—325 mm
4	226—250 mm	8	326—350 mm

Inspection of tables 1 to 6 and figs. 12 to 17 allows the following observations concerning *the influence of bolt size on the quantitative results*.

With an increase in bolt size the total yield (S) rises, reaching the optimal value when  $d = 251—275$  mm (size class 5) for 60-inch bolts and when  $d = 226—250$  mm (size class 4) for 50-inch bolts. The total yield decreases thereafter, and the quantitative output in size class 8 is generally smaller than in size class 2. — The total yield from 50-inch bolts is about 4 per cent larger than for 60-inch bolts up to a diameter of 250 mm; with further increase of diameter the difference drops to 2—3 per cent. The optimal value of the total yield from 60-inch bolts of good quality is about 66 per cent, and from 50-inch bolts about 70 per cent.

The decreased yield from large bolts can be explained by the increase in shape defects, as is indicated by the comparative data in the tables, resulting in a substantial rise in bark stripping and rounding losses ( $H_1$ ) when the bolt size exceeds a certain limit.

*The yield of full size sheets* ( $S_1$ ) naturally constitutes the most important contribution to the total yield.

*The yield of jointing sheets* ( $S_2$ ) decreases with an increase in bolt size in the case of good quality and unsorted bolts.

*Sheets to be end-clipped* ( $S_3$ ) represent the smallest fraction of the yield. Their occurrence becomes increasingly irregular as the quality of the bolts improves.

*Bark stripping and rounding losses* ( $H_1$ ) constitute the major part of the total loss. With an increase in bolt size these losses remain nearly constant and about equal (20—21 per cent) for 60- and 50-inch bolts of good quality up to size class 5. From there on  $H_1$  increases, the increase being steeper for 60-inch bolts (32 per cent in size class 8) than for 50-inch bolts (25 per cent in size class 7).

Shape defects of the bolts tend to increase stripping and rounding losses. This is not, however, observed in the case of unsorted bolts.

*Core loss* ( $H_2$ ) in rotary cutting is the most stable loss in terms of absolute quantity, being nearly unaffected by shape defects or knottiness of the bolt.

*Lathe cutting losses* ( $H_3$ ), being the most difficult ones to be measured, were calculated indirectly. The results indicated that losses of this kind do not markedly vary with an increase in bolt size.

In table 1, referring to 60-inch bolts of good quality, are included charts showing the distribution of the yield values  $S_1$  and  $S_2$  and of the loss values  $H_1$  and  $H_2$ . The numerical values of the mean dispersion and of the range are stated.

With the exception of the core losses ( $H_2$ ), the results exhibit a rather marked dispersion.

With an increasing bolt size the dispersion of the results becomes larger.

An increase in dispersion due to decrease in bolt quality was clearly observable only in the case of full size sheets.

The ideal bolt for rotary lathe cutting has the shape of a right and circular cylinder. The quantitative results of rotary cutting diminish in proportion to the increase in deviation of the bolt shape from the ideal. Such deviations are, among others, *bolt crookedness, taper and ovalness*.

The criterion of crookedness of the bolt was stated in terms of the maximum deviation from the straight line ( $s_p$ ). The following classes of crookedness were used:

Class of Crookedness	$s_p$	Class of Crookedness	$s_p$
Le 1	0—15 mm	Le 4	46—60 mm
Le 2	16—30 mm	Le 5	61—75 mm
Le 3	31—45 mm	Le 6	76— mm

Bolt taper was expressed as the difference between the diameters of the butt-end and top-end measured in the same direction. The following classes 1 to 7 of taper were used:

Class of Taper	$d_1-d_2$	Class of Taper	$d_1-d_2$
Ka 1	0—15 mm	Ka 5	61—75 mm
Ka 2	16—30 mm	Ka 6	76—90 mm
Ka 3	31—45 mm	Ka 7	91— mm
Ka 4	46—60 mm		

The cross-section of a bolt is seldom symmetrical with reference to its centre point. The concept «ovalness» was adopted as the criterion of this shape defect, and it was determined as the ratio of two diameters measured at right angles to each other.

The following classes 1 to 6 of ovalness were used:

Class of Ovalness	$d_s/d_p$	Class of Ovalness	$d_s/d_p$
So 1	1.000—1.030	So 4	1.091—1.120
So 2	1.031—1.060	So 5	1.121—1.150
So 3	1.061—1.090	So 6	1.151—

Most of the bolts exhibit two or even three simultaneous shape defects. To study the combined effect of these defects the results obtained from bolts differing from the rest in their over-all quality were separated into a special group. The over-all quality rating of a bolt ( $La$ ) was the sum of its defect class numbers for crookedness, taper and ovalness.

Conceded that this definition of over-all quality is an arbitrary one it gives, however, a means to clarify the overlapping effects of these defects.

The over-all quality ratings from 3 to 9 are henceforth given the designations  $La$  III to  $La$  IX.

*The effect of the shape of the bolt on the quantitative result* can be interpreted from tables 7 to 14 and figs. 18 to 22 as follows.

With an increase in the degree of a particular shape defect the *total yield* ( $S$ ) decreases. In crooked and tapered bolts the decrease is immediate; in oval bolts, on the other hand, the effect is only observable from defect class 3 upwards ( $d_s/d_p = 1.061-1.090$ ).

The sharpest decline in the total yield is observable in crooked bolts, being linear from the beginning up to class 4 ( $s_p = 46-60$  mm) but flattening out from then on. In tapered bolts there is a steady decrease in the rate of decline over the whole range. The decline in yield for crooked bolts ends up about 10 per cent larger than for tapered bolts as the severity of these defects increases. The effect of ovalness is of the same magnitude as that of taper.

For crooked and tapered bolts the decrease in the *quantity of full size sheets* ( $S_1$ ) as defects become increasingly severe is steeper than the decrease in total yield. For oval bolts, on the other hand, the rates of decline for  $S$  and  $S_1$  are about equal.

The *quantity of jointing sheets* ( $S_2$ ) increases with the severity of shape defects.

In the case of *sheets to be end-clipped* ( $S_3$ ), the more defective the shape of the bolt the more regular become their occurrence. The rise in the quantity of sheets with an increase in the severity of defect is generally linear. The steepest rise is observed for crooked bolts.

*Bark stripping and rounding losses* ( $H_1$ ) are essentially dependent on the magnitude of the shape defects of the bolt. The increase in  $H_1$  losses is linear for all defects of lower class. However, as the defects become more severe the rate of increase diminishes for crooked bolts, on the one hand, but rises for oval bolts, on the other hand.

*Core losses* ( $H_2$ ) are not affected by the severity of shape defects.

*Lathe cutting losses* ( $H_3$ ) rise linearly as the severity of shape defects increases.

In summing up it can be stated that of all the shape defects influencing the qualitative results in lathe cutting (fig. 22), crookedness constitutes the most detrimental defect.

As generally observed above, the total yield from the rotary cutting of knotty bolts was about 6 to 8 per cent lower than that from bolts of corresponding size but of good quality (fig. 17).

For a more detailed analysis of the effect of bolt knottiness the bolts were divided into the following classes of knottiness according to the index of knottiness<sup>1</sup>.

Class of knottiness	Index of knottiness
OK 1	—20
OK 2	21—40
OK 3	41—60
OK 4	61—80
OK 5	81—

Class of knottiness is thus a function of both the number and the size of the knots.

The tests indicate that the *temperature* of the bolt has an effect, though a relatively limited one, on the quantitative result in rotary cutting.

When the temperature of the bolt fell below 0° C (the temperature range in the test extended to —5° C) there was a sharp drop in the yield. On the other hand, when the temperature rose above +30° C the core losses began to show a slight increase.

Full size sheets ( $S_1$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ quantity decreased by 50—25 per cent
Jointing sheets ( $S_2$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ quantity increased by 14—18 per cent
Sheet to be end-clipped ( $S_3$ )	no temperature effect
Total yield (S)	$t < 0^\circ \text{C}$ quantity decreased by 65—40 per cent
Bark stripping and rounding losses ( $H_1$ )	no temperature effect
Core losses ( $H_2$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ numerous cases of core splitting
Core losses ( $H_2$ )	$t > +30^\circ \text{C}$ loss increased by 10—12 per cent
Lathe cutting losses ( $H_3$ )	$t < 0^\circ \text{C}$ loss increased by 5—30 per cent
Total losses (H)	$t < 0^\circ \text{C}$ loss increased by 35—60 per cent

<sup>1</sup> Example of calculation of the index: Bolt No. 581, 13 knots under 25 mm, 9 knots 25—30 mm, and 9 knots over 50 mm; index =  $1 \times 13 + 2 \times 2 + 3 \times 9 = 58$ , i.e., class of knottiness 3 (OK 3).

No definite effect of the *moisture content* of the bolt on the quantitative results in cutting is observed within, at least, the range of 40 to 120° per cent moisture content of ordinary factory bolts.

Nor have the season of felling or the method of transportation and storage any clearly observable effect on the yields or losses.

From tables 15 and 16 and fig. 23 it is observed that the *knottiness of the bolt* has a definite effect on the quantitative outcome in rotary cutting.

*Total yield* (S) shows an almost linear decrease as knottiness increases, the decrease being about 4.5 per cent from class 1 to 5.

In the *quantity of full size sheets* ( $S_1$ ), no notable changes are observed as knottiness increased.

The relative number of *sheets to be end-clipped* ( $S_3$ ) also decreases with increasing knottiness.

Of all the other raw material factors only *temperature* of the bolt influences the quantitative results according to the present test data. The effect was strong only in the temperature range below 0° C, and observable at above +30° C as slightly affecting the core losses.

The other raw material factors have no appreciable effect on the yields and losses.

## 52. Effect of Raw Material Factors on Quality of Rotary Cut Birch Veneer

In tables 17 and 18 is shown the technical quality of the veneer in terms of the five quality criteria as function of bolt size when cutting 60- and 50-inch bolts in size classes 2—8 and 2—7, respectively. The quality criteria are the thickness variation of the veneer ( $a_{MD}$ ), depth of roughness (ks), area extent of roughness (kl), depth of lathe cutting checks (hs) and their frequency of occurrence (hn).

The quantities in the tables have the following dimensions:  $a_{MD}$ ,  $1 \times 10^{-2}$  mm; ks,  $1 \times 10^{-3}$  mm; kl and hs, per cent; and hn, number per cm.

As in previous tables, the comparative values indicating the mean crookedness, taper, ovalness, temperature and moisture content of the bolt groups are stated. In table 17 (60-inch) are included charts showing the distribution of results in size classes 3 to 5 and the numerical values of the mean dispersion and range of variation for all the criteria with the exception of thickness variation.

The following observations concerning the *effect of bolt size on the technical quality* of the veneer can be made from tables 17 to 20 and figs. 24 to 29.

The quality of the veneer generally improves with an increase in bolt size. This is most clearly evidenced by the variation of veneer thickness ( $a_{MD}$ ) and the depth of lathe cutting checks (hs). Bolt size does not, however, have any significant effect on the area extent of roughness (kl).

The quality of the bolt influences the results with the exception of the thickness variation.

The results obtained from bolts of good quality show the most regular distribution pattern. Bolt size has no effect on the dispersion of results. A decline in the quality of the bolt, on the other hand, has a widening effect on the dispersion, which is especially observable in the  $kl$  and  $hn$  values.

Tables 21 to 27 and figs. 30 to 37 show that the *shape characteristics of the bolt have a considerable effect on the quality of the veneer.*

The *variation of veneer thickness* is an exception, since it is unaffected by changes in bolt crookedness or taper.

The *depth of roughness* ( $ks$ ) increases when shape defects become more severe. Bolt crookedness has the strongest influence, doubling the  $ks$  values.

*Area extent of roughness* also increases with shape defectiveness. Bolt crookedness and taper are in this respect factors of nearly equal importance.

According to figs. 31 and 33 the *depth of lathe cutting checks* ( $hs$ ) is of the same magnitude for crooked and tapered bolts up to defect classes 5. With a further increase in these defects the  $hs$  curve for crooked bolts turns to a steep ascent, reaching values in excess of 80 per cent in the case of veneer from the most crooked bolts.

The *frequency of occurrence of lathe cutting checks* decreases with a decrease in bolt defectiveness by, on the average, 2 checks per cm in the range investigated.

The present investigation indicates that the *technical quality of the veneer declines with increasing severity of the shape defects of the bolt.* Crookedness constitutes the most serious shape defect and its increase leads in part to even a quite steep deterioration of the veneer quality. The changes in the quality of the veneer brought about by bolt ovalness seem to be the smallest.

From tables 28 to 33 and figs. 38 to 44 the following can be observed:

*Knottiness of the bolt* is a defect that is transferred to the veneer. On the other hand, an increase in the number and size of knots does not affect the criteria of quality other than the area extent of roughness.

The *temperature* of the bolt has a marked effect on the veneer quality, as has also been observed in previous investigations.

*As clearly evidenced by all the five criteria of veneer quality, an increase in bolt temperature leads to a marked improvement in the over-all quality of the veneer.*

The *variation in thickness* of the veneer ( $a_{MD}$ ) decreases sharply as the bolt temperature rises and at approximately  $+10^{\circ}\text{C}$  reaches the normal value of about 0.021 mm attained in the present study. From then on the decrease of  $a_{MD}$  becomes somewhat less marked.

The *depth of roughness* ( $ks$ ) also undergoes a strong decline as the bolt temperature rises. The curve shows a linear descent until a temperature of about  $+30^{\circ}\text{C}$  has been reached; above it the decline in depth of roughness ceases or becomes at least much less marked.

The curve relating the *area extent of roughness* ( $kl$ ) to temperature shows a close resemblance in shape to the  $a_{MD}$  curve.

The decrease in the *depth of lathe cutting checks* ( $hs$ ) with rising temperature of the bolt is almost linear.

A lowering of the bolt temperature to below  $0^{\circ}\text{C}$  causes a deepening of the checks to about 80 to 90 per cent of veneer thickness. The normal value being about 50 per cent, check depths of about 30 per cent are attained in the region of  $+40^{\circ}\text{C}$ , a fact that is of considerable importance.

The curve in fig. 41 depicting the *frequency of lathe cutting checks* ( $hn$ ) is the most irregular one of all in the temperature series (60-inch bolts). It indicates, however, as does the corresponding curve for 50-inch bolts, that  $hn$  values become larger by about 5 checks per cm as bolt temperature rises to the upper limit of the temperature range. An inverse relation to the corresponding  $hs$  values is observed also in this case.

The conclusion can be drawn from the results obtained in the above tests that *already an increase of bolt temperature in rotary cutting to the level of about  $+35^{\circ}\text{C}$ , which should not prove too difficult to attain under factory conditions, produces a substantial improvement in all the studied quality characteristics of veneer.*

The effect of the *moisture content* of the bolt is also clearly evident, but to a much less marked degree than the temperature effect. The results indicate (table 32 and figs. 42—44) an improvement in the veneer characteristics when the moisture content of the bolt increases. With a view to veneer quality a moisture content of about 75 per cent is to be considered the minimum, this being a turning point of the curve. An increase in moisture content above this value has very little effect up to a moisture content of nearly 100 per cent, where a second turning point of the curve is observed. Above this point there is again a steep improvement in certain quality characteristics of the veneer.

The results presented in table 33 ( $T_a-R_a-U_1-U_2-U_3$ ) can be considered to support the findings in the above test series concerning moisture effect. This is especially to be seen in the  $a_{MD}$  and  $ks$  values of the veneer.

#### Further Observations on Veneer Quality

The *thickness variation in the veneer mat is greater in the middle than at the edges of the mat.*

Comparison of 4146  $a_{MD}$  values measured at the middle with the values at the edge produced a mean difference of 0.0121 mm. The data were drawn from 7 bolt groups chosen at random and containing an equal number of bolts. The difference between the thickness variations in all the groups was in the same direction and ranged in magnitude from 0.007 to 0.016 mm.



With a decrease in the thickness variation the improvement in quality occurs primarily in the middle of the sheet. When the above series is divided into two groups, the first group comprising bolts rendering a veneer having  $a_{MD}$  values under 0.02 mm and the second those having 0.02 mm and larger variations, the following data are obtained:

	$a_{MD} < 0.02$ mm	$a_{MD} \geq 0.02$ mm
Group mean of $a_{MD}$ at the middle of the veneer mat	0.0145 mm	0.0297 mm
Mean excess of $a_{MD}$ at the middle over $a_{MD}$ at the edges	0.0064 mm	0.0154 mm

In the poorer veneer group (greater thickness variation) the difference was about 2.4-fold compared with the difference in the better group (smaller thickness variation). In the seven subgroups the above factor ranged from 1.9 to 3.1.

The test results indicate that the  $kl$  values (are extent of roughness) are higher in the middle of the veneer sheet than at the edges.

In table 34 are presented the values of area extent of roughness drawn from a fairly large series.

Taking into account all the bolts appearing in the table and their number in each group, the following weighted averages result:

$kl_v$	$kl_c$	$kl_o$
4,00	4,84	3,25

The resultant averages of these  $kl$  values indicate that the area extent of roughness is 25 per cent smaller at the edges than at the centre line of the veneer sheet.

Comparison of the maximum depth of roughness with the normal one ( $ks_k$  and  $ks$ ) reveals a difference that is almost constant in magnitude. When all the measurements of roughness are taken into account, the weighted mean difference is 31.8 per cent ( $ks_k > ks$ ) for veneer from 60-inch bolts. For 50-inch bolts it is 33.2 per cent and for the total series 32.3 per cent.

Shape defects in the bolt (table 34) bring about a reduction in the edge splits in the veneer sheet.

#### Interdependence of the Various Quality Criteria

Fig. 46 shows the following:

$a_{MD} = f(ks)$ : dependence is slightly degressive; dispersion is relatively limited and remains unchanged even with decreasing quality of the veneer.

$a_{MD} = f(hs)$ : linear relationship; dispersion increases with decreasing quality of the veneer.

$kl = f(ks)$ : linear dependence; dispersion increases with decreasing quality of the veneer; dispersion larger than for the other functions.

$hs = f(ks)$ : dependence slightly degressive; dispersion does not vary but is larger than for  $a_{MD}$  functions of the same type.

#### Special Section of the Investigation

A number of significant observations can be made from tables 35 to 38 and figs. 47 to 51.

According to fig. 47, with an increase in the width of the annual growth rings the amount of summerwood ( $kp$ ) increases and reaches its maximum for  $vr$  values between 2.0 and 2.5 mm. Above these values the amount of summerwood begins to decrease. This range of ring values has a marked bearing on veneer quality. Inspection of fig. 48 shows that

- for values of  $vr$  between 2.0 and 2.5 mm the veneer thickness ( $a_k$ ) reaches a maximum; the curve for  $a_k = f(vr)$  shows the same characteristics as the curve in fig. 47;
- after remaining fairly constant up to a value of  $vr = 2.5$  mm, the function  $ks = f(vr)$  begins to increase;
- for values of  $vr$  between 2.0 and 2.5 mm the depth of lathe cutting checks ( $hs$ ) reaches a minimum; the curve is the inverse of the curve in fig. 47.

From the above the conclusions can be drawn that the quality of veneer improves as the amount of summerwood increases. The mean values in table 36 also corroborate this observation. Especially an increase in the value of  $kp$  reduces the depth of lathe cutting checks. It also moderates the development of roughness in the veneer. As the drop in the first part ( $vr = 0.5$  to 2.5 mm) of the curve  $ks = f(vr)$  is very slight, it is apparent that the density of the lamellar structure of the wood (the close alternation of springwood and summerwood in the smaller rings of annual growth) also has a diminishing effect on veneer roughness. The finding is also supported by the curve of the function  $a_k = f(vr)$ . Summerwood content is a very important raw material factor influencing the veneer quality. Almost of equal importance is the growth ring width (small  $vr$  values). These inferences are corroborated in figs. 49 and 50 which clearly demonstrate the effect of the summerwood content on veneer quality. The following observations were made on proceeding from the beginning of the veneer mat towards the core end (each mat comprised originally 12 sheets, the last two of which were not observed in the study):

- Width of growth ring and summerwood content increase except in the last sheet;
- Thickness of veneer increases; the increase for the four first sheets is the largest;
- Depth of lathe cutting checks decreases linearly from 60 to 43 per cent.

The special section of the investigation resulted in certain noteworthy findings which were condensed as follows:

*An increase in summerwood content improves the quality of the veneer. Irrespective of summerwood content, a small growth ring width (1.5 mm) is favourable to veneer quality.*

*For the above reasons the technical quality of the veneer obtained from the bolt improves from the beginning of the mat towards its core end.*

*The findings conform to the results presented above (quality criteria values dependence relations, distributions, dispersion) and confirm these results.*

#### Special Observations on Veneer Roughness and Lathe Cutting Checks

Up to this point veneer roughness has been judged in terms of two criteria: depth and area extent of roughness. From the standpoint of technical usefulness these are factors of great importance. They do not, however, reveal the nature of the roughness.

A criterion of surface roughness often used is expressed as follows:

$$\text{degree of roughness } ka = 1 : \frac{A}{ks}$$

The degree of roughness thus is the ratio of the roughness depth (ks) to the ridge distance (A) of a roughness wave.

The best sheets of veneer obtained in the cutting tests showed a roughness degree of 0.10 to 0.20. For roughness depth values of 0.100 to 0.150 mm (a large part of the ks values in this study fell within this range) the ka values were 0.045 to 0.070, and for values of 0.150 to 0.200 mm the ka values were 0.070 to 0.100. The ranges of variation were calculated from random samples.

The roughness degree of rotary cut veneer is generally of the magnitude of 0.010 to 0.100 but may even rise up to 0.510 as seen in the exceptional cases presented in fig. 52. The whole range of variation is thus  $ka \leq 0.010$  to 0.510.

Severe roughness has the effect of *initiating a lathe cutting check at the bottom of or close to a roughness valley, which then proceeds beside the roughness ridge.*

The beneficial effect of summerwood on veneer quality was dealt with above. During the tests numerous observations were made indicating that *the zone of summerwood tends to form a barrier against the further advance of lathe cutting checks.* Fig. 53 confirms the point.

*Theoretically* the ideal would be for the knife to cut between the zones of springwood and summerwood around a bolt whose growth ring width or its multiple would be equal to the thickness of the veneer to be produced and whose growth rings would be concentric.

## 6. Comparison with Previous Investigations

It was stated in the introduction that but few studies have been published of the effect of raw material factors on the quantity and especially the quality of rotary cut veneer. Comparisons will therefore be somewhat limited in scope and in addition will refer also to other species of wood besides birch. The premises for comparison are therefore not quite compatible; FLEISCHER [4], for instance, has demonstrated that for different species of wood the optimal conditions in veneer cutting are dissimilar.

JALAVA, [7], among others, dealt with the quantitative aspect of rotary cutting. The birch bolts were divided into three quality classes mainly according to knottiness but also to other defects (quality class III). The curves for total yield correspond to the curves in figs. 12 to 15 for good quality, unsorted and knotty bolts of 60-inch size. The S values, however, were 10 per cent lower. An optimal value of the yield appeared in all the quality classes. In classes I and II, however, the optimal was attained with bolts of a slightly larger size. — The share of jointing sheets (S<sub>2</sub>) varied from 3 to 13 per cent so that with increasing vize the S<sub>2</sub> yield of the best bolts increased. As bolt quality declined, the S<sub>2</sub> values decreased.

In the case of the sheets to be end-clipped the S<sub>3</sub> values in the present investigation are 1 to 2 per cent lower than those stated by Jalava. In both studies no effect of bolt size on the S<sub>3</sub> values was observed.

The largest difference in the results of the investigations are found for the core losses and applies especially to bolts of a small diameter.

To summarize, the agreement between the results is very good in the case of the effect of bolt size and quality on the yields and losses in rotary cutting. The only difference are in the absolute values of the separate contributing factors and are mainly explained by the technological progress in the intervening period between the investigations and an improvement in the effectiveness of veneer recovery.

According to RINNE [22] the yield decreases with an increase in the length of the birch bolt. A decline in bolt quality has the same effect. The stated difference of 15 per cent between the yields from bolts in quality classes I and III (I—II: 5 per cent, II—III: 10 per cent) agrees in magnitude with the results of the present investigation.

According to ENGLESON [3] the yield decreases in rotary cutting of *pine*

(*Pinus silvestris*) as the bolt length increases. The decrease is in the amount of full size sheets. The share of jointing sheets does not vary. The decrease in the yield is mainly a result of an increase in the rounding losses. — With an increase in bolt size from 8 to 15 inches the yield from 60-inch bolts rises from 57 to 75 per cent, and that from 50-inch bolts rises from 60 to 77 per cent. — The above results are in accord with the values of the present investigation.

The yield values in the United States for yellow birch (*Betula lutea*) reported by HEIKINHEIMO [5] amount to 28—31 per cent, which is a low value (average diameter of bolts 14 inches). For the Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia*), which in the western states dominates in rotary cutting, the S values are 57—67 per cent.

An examination of the criteria selected to specify veneer quality reveals that all the criteria used in the present investigation, with the exception of the area extent of roughness (kl), occur in previous investigations.

The depth of roughness (ks) as a criterion of the quality of wood veneer has been used by LUTZ [15], WANGAARD and SARAOS [30], and SUZUKI [27], among others, and of sanded wood surfaces by PAHLITZSCH and DZIOBEK [18]. According to the last mentioned source it also appears in the Russian norms (GOST—7016—54).

The depth of lathe cutting check (hs) and their frequency of occurrence have been studied by, for instance, McMILLIN [16], WANGAARD and SARAOS, and STRÜBING [26].

According to KUMAR [13] the *distribution of the data* of veneer characteristics generally follows the pattern of the normal distribution. As a measure of dispersion he uses the mean dispersion (standard deviation) also used by Wangaard and Saraos and by Pahlitzsch and Dziobek who further employ the coefficient of variability in presenting results.

For Finnish birch species the relations between veneer quality and raw material factors have probably not been studied elsewhere. — In Finland, SIIMES and LIIRI [24] investigated the influence of temperature on cutting resistance and found it to decrease linearly up to a temperature of +80° C (alterations in veneer colour occurred at about +50° C).

McMILLIN studied rotary veneer cut from yellow birch (*Betula lutea*), among other species. Subscale specimens were used in the tests which were conducted with a view to studying the influence of the degree of compression and the bolt temperature, among other factors, on the veneer quality. For instance, when the degree of compression was 15 per cent, an increase in the temperature from 80° to 120° F (27—71° C) reduced the depth of lathe cutting checks to less than a half. At the same time the frequency of their occurrence increased, showing that the ratio of hs to hn is an inverse one.<sup>1</sup> — Comparison of the outer and core

<sup>1</sup> Similar results have been obtained for redwood (*Sequoia sempervirens*).

portions of yellow birch has given somewhat better values for the core. In McMILLIN's tests the veneer thickness was 3.16 mm.

WANGAARD and SARAOS studied veneer of 1/8 and 1/16 inch thickness from red and white lauan (*Shorea negrosensis* and *Pentacme contorta*). The former is more suitable for comparison, as its specific gravity of 0.52 to 0.66 grams per cm<sup>3</sup> corresponds to that of the Finnish birch.

With a compression degree of 18 per cent and a veneer thickness of 1/16 inch (1.6 mm) the thickness of the veneer increased from the beginning of the bolt to the core (cf. fig. 50 in the present investigation). At the same time the hs value diminished in most cases (clearly observable in 1/8 inch veneer in particular), the hs values varying in the range of 14 to 76 per cent. On the other hand, comparison of the depth of roughness presents highly conflicting values (cf. hs and ks curves in fig. 50). The values for roughness depth and depth of lathe cutting checks are directly comparable. — The mean dispersion of thickness measures was 0.0254 mm which corresponds to the s values in paragraph 5253. — Heating of the bolts to a temperature of 160° F (71° C) greatly improved the hs and ks values and decreased the dispersion.

It may further be mentioned that the results obtained for red lauan were consistently slightly better than those for white lauan, which has a lower specific weight. In this respect there is agreement with results in the special section of the present investigation. The same conclusion can be reached almost throughout.

For beech (*Fagus silvatica*) veneer STRÜBING presented the inverse relation between the depth of lathe cutting checks and their frequency of occurrence and the direct proportionality of roughness depth to cutting check depth. Of interest is the observation that «checks often follow the growth ring structure» and that «a growth ring transverse to a check will under certain conditions prevent its advance». The same conclusion was reached in the present study (fig. 53).

The investigation by PAHLITZSCH and DZIOBEK dealt with sanded surfaces of, among others, beech, poplar (*Populus nigra*), oak (*Quercus pedunculata*) and teak (*Tectona grandis*). Since the ks values are equal in magnitude to those for rotary cut veneer, attention is drawn to the values of mean dispersion and coefficient of variability given by the investigators. These were  $s = 12.2 \times 10^{-3}$  to  $31.2 \times 10^{-3}$  mm and  $v = 15.5$  to  $27.8$ , and thus correspond quite well to the measures of dispersion for the ks values in table 38 of the present investigation. The other indicators of the nature of roughness (degree of roughness, degree of profile fill, etc.) differ to a very marked extent from those of roughness of a rotary cut surface.

The comparisons made above indicate, with a few exceptions, a fairly general correspondence between the results of the earlier and the present studies.

## 7. Summary

A number of factors determine the quantitative and qualitative outcome in rotary cutting of veneer. The raw material factors constitute one group of importance. The influence of these factors on the quantity and especially on the quality of birch veneer has so far not been widely studied.

The object of the present investigation was to clarify the influence of raw material factors on the quantity and quality of rotary cut birch veneer by running cutting tests with a constant tool setting under factory conditions and with bolts of normal size. The quality of the veneer was mainly examined in the laboratory.

The results obtained are summarized as follows.

### Quantitative Results

1. With an increase in *bolt size* the yield increases and reaches the maximal value in the diameter range of 251 to 275 mm and 226 to 250 mm for 60-inch and 50-inch bolts, respectively. Above these ranges the yield decreases. The rate of decrease is larger than that of the preceding increase. The decrease is caused by the mounting defectiveness of bolts with age.
2. With a decrease in *bolt length* the yield becomes higher. The difference in the yield between 60- and 50-inch bolts of good quality amounts to 4 per cent. Defects in the bolt reduce the difference.  
A reason for the higher yield in the case of short bolts is the smaller core diameter and the better shape of the bolt.
3. Of the *lathe cutting losses* those of bark stripping and rounding are decisive.
4. As the *shape* of the bolt becomes more defective the yield decreases. *Crookedness* is the most serious shape defect and its increase causes the sharpest decline in the yield; the share of full size sheets may even shrink to less than 20 per cent.  
*Taper and ovalness* are less serious defects than crookedness and have about an equal effect on the yield (share of full size sheets is over 30 per cent). The greatest difference in comparison with bolts of good quality is manifested in the amount of full size sheets. The difference is to some extent balanced by the jointing sheets and sheets to be end-clipped, the relative amount of which rises as shape defects increase.

The shape defects are interconnected. Crookedness is also in this respect the most influential factor. As it increases it brings with it an increase in taper and ovalness of the bolt at about »half the rate».

The centering of the bolt becomes less exact as shape defects increase, leading to a lowering of the yield (rounding losses increase) and to a greater dispersion of the results. The increased deviation from perfect centering is not in itself, however, an essential factor and does not influence, for instance, the ranking order of the various shape defects.

5. The effect of bolt *knottiness*, as it increases, is to decrease the yield by about 4 to 5 per cent owing to a slight decrease in the amount of jointing sheets and sheets to be end-clipped and a corresponding rise in cutting losses.
6. A lowering of bolt *temperature* below 0° C causes a sharp decline in the yield (especially in full size sheets). A corresponding rise in cutting losses occurs. The lowest temperature at which cutting still was at least in part successful was -5° C. Below this temperature the veneer almost completely broke up. The actual temperature of the veneer at the point of compression between the knife and the nosebar would warrant further investigation.  
When the temperature is raised above +30° C, core losses show an increase, though a fairly moderate one. It can be counteracted by adjusting the counter-roll pressure.
7. The *moisture content* of the bolt and the raw material factors closely influencing it (season at felling, methods of transport and storage, etc.) do not markedly affect the quantitative results.
8. The *dispersion* of the results is fairly large, except in the case of core losses, and is explained by the relative unevenness in the quality of the test series despite careful selection of the bolts.  
As wood quality declines the dispersion increases. An increase in shape defectiveness causes the dispersion at first to increase and then to decrease as defectiveness increases further.  
The yields of full size sheets and the losses in bark stripping and rounding and in core waste show a normal distribution of values. For jointing sheets this could not be observed.
9. In addition to the dispersion, the following factors have a negative influence on the accuracy of the test results:  
The different shape defects of the bolt are partly interconnected;  
As the shape of the bolt gets worse, centering becomes less exact;  
The choice of the dividing line between the phases of cutting without nosebar (stripping) and veneer cutting proper was left to the operator's judgment.



## Qualitative Results

10. With an increase in *bolt size* the quality of the veneer improves. The variation in veneer thickness, especially along the middle of the mat, decreases, the depth of lathe cutting checks is reduced and the depth of roughness decreases. The improvement of the veneer quality with bolt size is retarded by defects in the bolt.
11. Bolt *length* had no noteworthy effect on veneer quality since the difference between the bolt groups was only 10 inches.
12. As the *shape* of the bolt becomes more defective the technical quality of the veneer declines. *Crookedness* of the bolt constitutes the most serious defect, affecting especially the depth of roughness and of lathe cutting checks.  
Bolt ovalness is the least critical shape defect.  
Shape defects of the bolt tend to reduce the number of edge splits in the sheet.  
*Variation in veneer thickness* constitutes an exception from the other criteria of quality examined, in the respect that shape defects of the bolt have no apparent effect on it.
13. Bolt *knottiness* in itself directly lowers the quality of the veneer. An increase in the size and number of knots has a detrimental effect on *area extent of roughness* only (as well as on the area extent of other defects, which was not studied in the present investigation).
14. With a view to the *technical quality of the veneer*, *bolt temperature* is the most decisive raw material factor. With an increase in bolt temperature an improvement was observed in all the criteria values used for quality assessment. A cutting temperature of +35° C can be considered the optimal, this being the point at which a decrease begins in the rate of improvement of certain quality characteristics of the veneer.
15. An increase in the *moisture content* of the bolt also improves the veneer quality. The minimum lies at 75 per cent; an increase in moisture above this value up to about 100 per cent does not greatly alter the values of the quality characteristics of the veneer. Above the last mentioned point there is a further and sharp improvement in certain important quality characteristics of the veneer.
16. Veneer quality along the middle of the mat is inferior to the quality along the edges.
17. With an increase in *summerwood percentage* the veneer quality improves. The layer of summerwood cells in particular constitutes a barrier against the advance of lathe cutting checks.
18. The influence of the *width of annual growth rings* bears a relation to the amount of summerwood. This amount reaches its maximal value at 2.0 to

2.5 mm growth ring width, where also the optimal quality values for the veneer are attained.

Annual growth rings of slight width ( $\leq 1.0$  mm) also improve the quality of the veneer regardless of their summerwood content.

19. The amount of summerwood increases along the mat, from the beginning of the bolt towards the core. The technical quality of the veneer improves along the mat in the same direction. This does not apply to the last three sheets of the mat.
20. As the depth of lathe cutting checks increases their frequency of occurrence diminishes.  
With an increase in the depth of roughness there is an increase in the depth of lathe cutting checks and in the variability of the veneer thickness. The location of a lathe cutting check and its orientation are influenced by the roughness of the veneer.
21. A decline in the raw material quality (shape defects, knottiness, dryness) increases the *dispersion* of the measured values.  
The values for veneer thickness, thickness variation, roughness depth, depth of cutting checks and their frequency exhibit a normal distribution.
22. Among others, the following sources of error influence the accuracy of the test results negatively.  
During the cutting operation the degree of compression obtained with the tool setting used was reduced below the nominal value owing to displacement of the nosebar support.  
When the width of the growth ring was small the selection of bolts for the two groups according to the dividing line of 15 per cent summerwood content involved some uncertainty especially when the kp values were near the line.  
The accuracy of the roughness depth measurement is dependent on the extent to which the veneer is scanned with the shadow instrument to locate a spot free from the effects of irrelevant factors (e.g., an outside knot in the test sample).  
The depth of lathe cutting checks can be measured accurately within about 5 per cent when the checks in the sample are uniform in depth. The margin of error is larger when check depths vary.  
The frequency of lathe cutting checks can be accurately determined when there are less than 15 checks per cm. A greater density of checks (at the same time less deep) may lead to counting errors.  
The combined effect of the different raw material factors is to increase the dispersion of test results.

The problem set forth — the influence of raw material factors in the rotary cutting of birch veneer — has been given a basic survey in its principal areas.

**Taulukot — Tables**

Taulukko 1. Pöllin koon vaikutus sorvauksen saantoon ja häviöihin (%); 60 in hyvälaatuiset pöllit.

$S_1$  = ehjät arkit,  $S_2$  = saumauskappaleet,  $S_3$  = päälleikattavat kappaleet,  $S$  = kokonaisu-saanto,  $H_1$  = kuorinta- ja pyörityshäviö,  $H_2$  = purilashäviö,  $H_3$  = leikkaushäviö,  $H$  = kokonai-häviö,  $s_p$  = sivuviivapoikkeama (mm),  $d_1$  = tyvihalkaisija (mm),  $d_2$  = latvahalkai-(mm),  $d_s$  = suurempi halkaisija keskellä (mm),  $d_p$  = pienempi halkaisija keskellä (mm),  $t$  = pöllin lämpötila ( $^{\circ}$ C),  $u$  = pöllin kosteus (%),  $s$  = keskihajonta,  $R$  = vaihteluväli.

Table 1. Effect of bolt size on yield and loss (per cent); 60-inch bolts of good quality.

$S_1$  = full size sheets;  $S_2$  = jointing sheets;  $S_3$  = sheets to be end-clipped (short sheets);  $S$  = total yield;  $H_1$  = bark stripping and rounding loss;  $H_2$  = core loss;  $H_3$  = lathe cutting loss;  $H$  = total losses;  $s_p$  = straight line deviation (mm);  $d_1$  = butt-end diameter (mm);  $d_2$  = top-end diameter (mm);  $d_s$  = larger diameter at middle point (mm);  $d_p$  = smaller diameter at middle point (mm);  $t$  = bolt temperature ( $^{\circ}$ C);  $u$  = moisture content of bolt (per cent);  $s$  = standard deviation;  $R$  = range of variation.

Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Koko Size	
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H$	$s_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	$t$	$u$		
2	28	44,4	16,1	0,7	61,2	19,9	13,7	5,2	39,8	15	9	1,033	24	84	2	
3	161	48,8	14,0	0,9	63,7	20,1	11,5	4,7	36,3	16	9	1,025	21	73	3	
4	120	50,6	12,3	1,0	63,9	20,9	9,4	5,8	36,1	16	11	1,031	17	70	4	
5	56	53,7	11,7	0,7	66,1	21,5	7,7	4,7	33,9	15	14	1,031	19	66	5	
6	25	53,4	10,6	0,5	64,5	23,9	6,6	5,0	35,5	18	24	1,048	18	65	6	
7	19	49,1	10,2	0,6	59,9	29,6	5,6	4,9	40,1	20	27	1,032	19	82	7	
8	14	47,8	9,8	0,5	58,1	31,2	5,1	5,6	41,9	23	32	1,028	19	70	8	
Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli Distributions Standard deviation Range of variations																
		Suuruusluokka 3 Size class														
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H$							
		$s = 7,0$ $R = 29,6-64,9$	$s = 3,5$ $R = 0-24,6$			$s = 5,3$ $R = 11,5-39,7$			$s = 1,4$ $R = 8,0-17,7$							
		Suuruusluokka 4 Size class														
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H$							
		$s = 7,3$ $R = 32,9-69,1$	$s = 3,4$ $R = 4,2-23,8$			$s = 6,5$ $R = 5,7-38,1$			$s = 1,7$ $R = 6,1-15,8$							
		Suuruusluokka 5 Size class														
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H$							
		$s = 7,0$ $R = 34,1-70,2$	$s = 3,5$ $R = 1,4-20,0$			$s = 6,9$ $R = 9,6-38,9$			$s = 1,4$ $R = 5,0-13,8$							
		%														
		35 40 45 50 55 60 65	8 10 12 14 16 18 20			15 20 25 30 35 40			6 8 10 12 14 16							

Taulukko 2. Koon vaikutus sorvauksen saantoon ja häviöihin; 50 in hyvälaatuiset pöllit.

Table 2. Effect of size on yield and loss in rotary cutting; 50-inch bolts of goos quality.

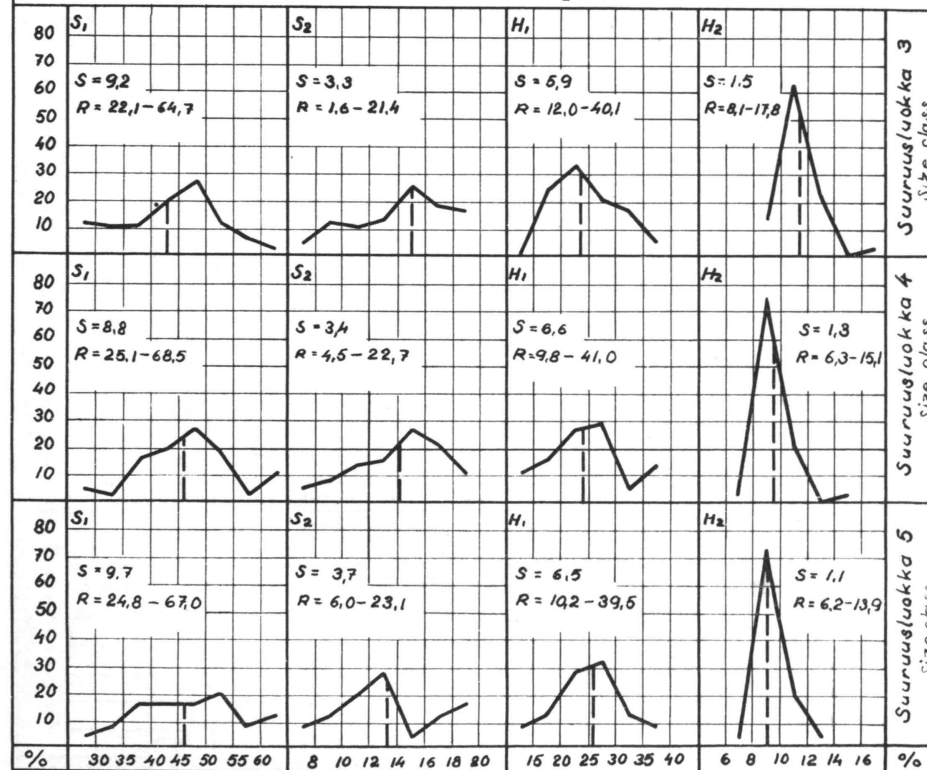
Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Koko Size
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
2	55	49,5	14,7	1,1	65,3	19,0	9,9	5,8	34,7	12	8	1,022	19	81	2	
3	78	51,8	14,6	0,6	67,0	19,4	8,1	5,5	33,0	14	9	1,030	19	71	3	
4	44	56,5	13,7	1,0	71,2	20,0	6,3	2,5	28,8	16	12	1,033	20	74	4	
5	27	53,5	13,5	1,2	68,2	21,6	5,9	4,3	31,8	19	19	1,025	17	74	5	
6	19	52,5	13,0	1,1	66,6	21,8	5,6	6,0	33,4	18	20	1,031	19	69	6	
7	10	52,0	11,9	1,2	65,1	24,4	5,3	5,2	34,9	22	29	1,029	17	70	7	

Taulukko 3. Koon vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in lajittelemattomat pöllit.

Table 3. Effect of size on yield and loss; 60-inch unsorted bolts.

Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Koko Size
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
2	20	41,6	16,1	0,6	58,3	22,9	13,8	5,0	41,7	20	15	1,034	19	80	2	
3	69	43,0	15,2	0,9	59,1	24,2	11,5	5,2	40,9	22	11	1,041	19	80	3	
4	38	46,5	14,1	0,7	61,3	24,6	9,5	4,6	38,7	25	20	1,043	18	78	4	
5	25	46,7	13,3	0,9	61,1	25,7	8,8	4,4	38,9	30	22	1,043	19	78	5	
6	12	48,2	12,8	0,5	61,5	28,1	6,7	3,7	38,5	29	27	1,040	20	76	6	
7	8	45,2	11,5	0,7	57,4	31,8	5,3	5,5	42,6	38	47	1,038	21	71	7	

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 4. Koon vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in lajittelemattomat pöllit.

Table 4. Effect of size on yield and loss; 50-inch unsorted bolts.

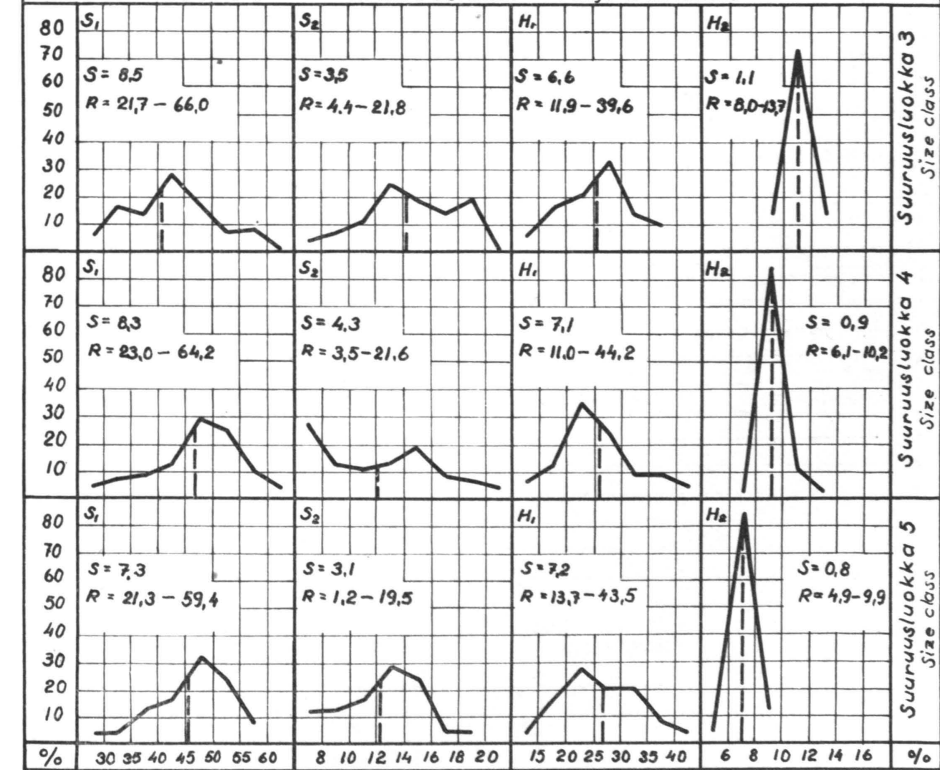
Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Koko Size
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
2	17	42,0	18,9	3,2	64,1	19,2	9,9	6,8	35,9	22	12	1,031	18	78	2	
3	19	46,7	15,9	1,2	63,8	21,8	7,8	6,6	36,2	20	11	1,027	17	74	3	
4	12	49,6	13,7	2,0	65,3	23,9	6,5	4,3	34,7	25	14	1,034	19	75	4	
5	10	48,0	12,9	1,9	62,8	25,1	6,0	6,1	37,2	33	27	1,037	18	71	5	
6	7	47,7	11,1	0,7	59,5	29,5	5,4	5,6	40,5	40	33	1,035	18	69	6	

Taulukko 5. Koon vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in oksaiset pöllit.

Table 5. Effect of size on yield and loss; 60-inch knotty bolts.

Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Koko Size
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
2	18	39,5	16,6	1,4	57,5	22,9	13,2	6,4	42,5	18	11	1,042	17	71	2	
3	86	41,0	14,5	1,0	56,5	25,6	11,2	6,7	43,5	21	11	1,044	18	73	3	
4	40	47,0	12,1	0,8	59,9	25,9	9,1	5,1	40,1	23	12	1,053	19	70	4	
5	25	45,4	12,4	1,2	59,0	26,5	7,1	7,4	41,0	22	17	1,038	17	78	5	
6	15	40,6	15,7	1,6	57,9	27,2	8,3	6,6	42,1	28	17	1,038	17	84	6	
7	10	34,0	20,0	1,5	55,5	32,7	6,8	5,0	44,5	27	28	1,041	18	75	7	

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations





Taulukko 6. Koon vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in oksaiset pöllit.

Table 6. Effect of size on yield and loss; 50-inch knotty bolts.

Koko Size	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Koko Size
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
1	6	41,8	15,6	0,2	57,6	21,8	12,1	8,5	42,4	16	15	1,013	18	92	1
2	30	42,5	14,9	1,3	58,7	24,3	9,6	7,4	41,3	18	10	1,040	19	78	2
3	40	43,0	14,7	1,9	59,6	26,4	8,6	5,4	40,4	21	13	1,043	19	77	3
4	15	47,4	14,4	0,6	62,4	26,3	6,7	4,6	37,6	21	13	1,029	18	76	4
5	8	44,1	16,3	0,4	60,8	29,5	5,6	4,1	39,2	31	19	1,068	18	69	5
6	6	40,5	19,0	0,5	60,0	31,4	4,8	3,8	40,0	28	21	1,072	18	63	6

Taulukko 7. Lenkouden vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in pöllit.

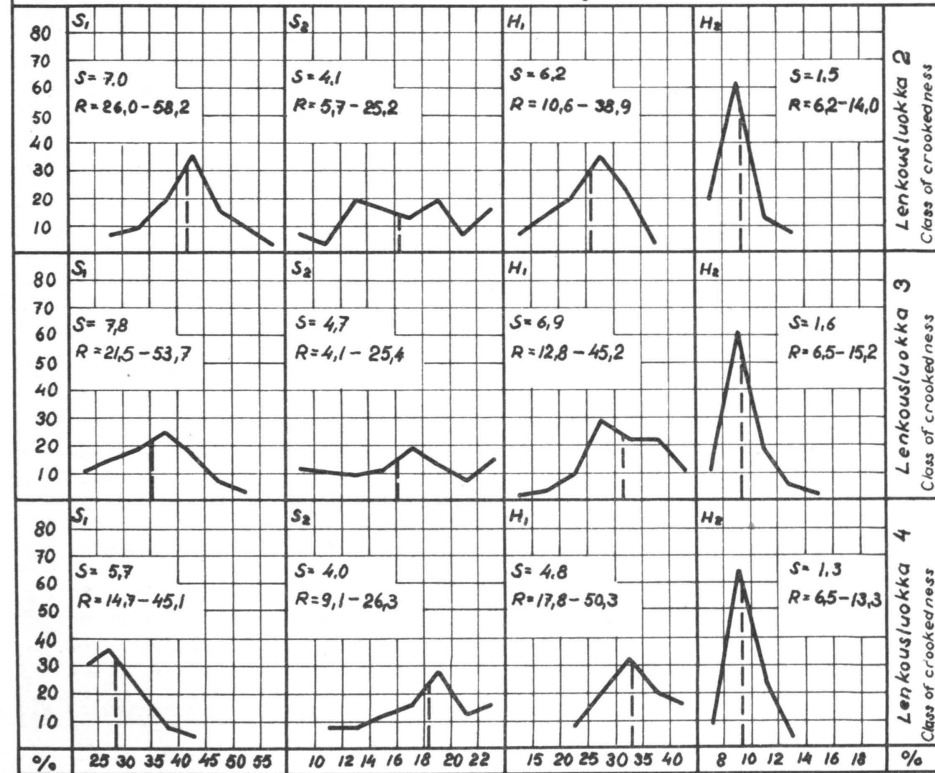
Le 1... = lenkousluokka.

Table 7. Effect of crookedness on yield and loss; 60-inch bolts.

Le 1... = Class of crookedness.

Len- kous Crooked- ness	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Len- kous Crooked- ness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
Le 1	120	50,6	12,3	1,0	63,9	20,9	9,4	5,8	36,1	10	11	1,021	17	70	Le 1
Le 2	31	41,8	16,4	0,9	59,1	26,0	9,3	5,6	40,9	26	8	1,030	18	86	Le 2
Le 3	53	35,7	16,2	2,0	53,9	31,7	9,4	5,0	46,1	37	15	1,038	19	86	Le 3
Le 4	25	28,7	18,6	1,6	48,9	33,3	9,4	8,4	51,1	51	25	1,041	19	87	Le 4
Le 5	13	26,9	17,9	2,3	48,1	35,3	9,6	7,0	51,9	69	46	1,058	20	87	Le 5
Le 6	9	18,5	19,3	4,5	42,3	39,2	9,6	8,9	57,7	91	50	1,072	17	70	Le 6

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions — Standard deviation — Range of variations



Taulukko 8. Lenkouden vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in pöllit.

Table 8. Effect of crookedness on yield and loss; 50-inch bolts.

Len- kous Crooked- ness	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Len- kous Crooked- ness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
Le 1	78	51,8	14,6	0,6	67,0	19,4	8,1	5,5	33,0	11	9	1,030	19	71	Le 1
Le 2	47	39,4	16,4	2,3	58,1	27,2	8,3	6,4	41,9	25	8	1,022	19	74	Le 2
Le 3	54	33,4	19,0	3,6	56,0	28,3	8,2	7,5	44,0	37	16	1,031	18	77	Le 3
Le 4	13	26,6	23,8	3,2	53,6	31,0	7,5	7,9	46,4	51	22	1,034	18	80	Le 4

Taulukko 9. Kartiokkuuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in pöllit.

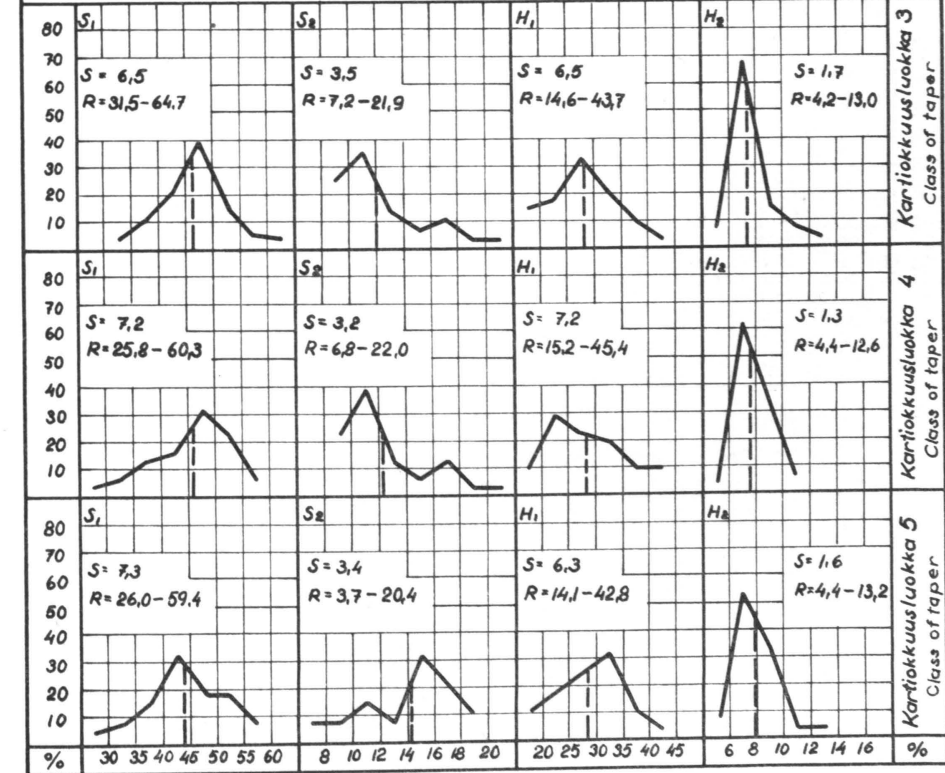
Ka 1... = kartiokkuusluokka.

Table 9. Effect of taper on yield and loss; 60-inch bolts.

Ka 1... = Class of taper.

Karti- okkuus Taper	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Karti- okkuus Taper
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
Ka 1	56	53,7	11,7	0,7	66,1	21,5	7,7	4,7	33,9	15	14	1,031	19	66	Ka 1
Ka 2	18	52,0	12,1	0,5	64,6	24,4	7,1	3,9	35,4	17	26	1,040	18	71	Ka 2
Ka 3	28	46,4	12,1	1,3	59,8	28,2	7,7	4,3	40,2	22	38	1,048	18	71	Ka 3
Ka 4	31	45,6	12,6	1,3	59,5	28,4	7,8	4,3	40,5	29	52	1,042	19	67	Ka 4
Ka 5	28	44,0	14,3	1,6	59,9	28,7	7,9	3,5	40,1	30	65	1,033	20	72	Ka 5
Ka 6	11	36,1	19,6	1,6	57,3	30,3	7,9	4,5	42,7	38	84	1,058	19	67	Ka 6
Ka 7	13	33,2	19,9	1,8	54,9	34,1	7,6	3,4	45,1	42	102	1,034	20	66	Ka 7

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions — Standard deviation — Range of variations



Taulukko 10. Kartiokkuuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in pöllit.

Table 10. Effect of taper on yield and loss; 50-inch bolts.

Kartiokkuus Taper	Lukumäärä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Kartiokkuus Taper
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>2</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
Ka1	27	53,5	13,5	1,2	68,2	21,6	5,9	4,3	31,8	14	15	1,025	17	74	Ka1	
Ka2	17	52,5	14,4	1,2	68,1	22,1	5,2	4,6	31,9	12	21	1,023	18	74	Ka2	
Ka3	32	47,8	14,7	1,4	63,9	23,4	6,3	6,4	36,1	22	39	1,029	17	78	Ka3	
Ka4	23	42,3	17,2	1,3	60,8	27,2	7,2	4,8	39,2	26	53	1,030	18	75	Ka4	
Ka5	15	40,2	18,5	1,6	60,3	28,1	5,9	5,7	39,7	32	71	1,039	20	66	Ka5	

Taulukko 11. Soikeuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in pöllit.

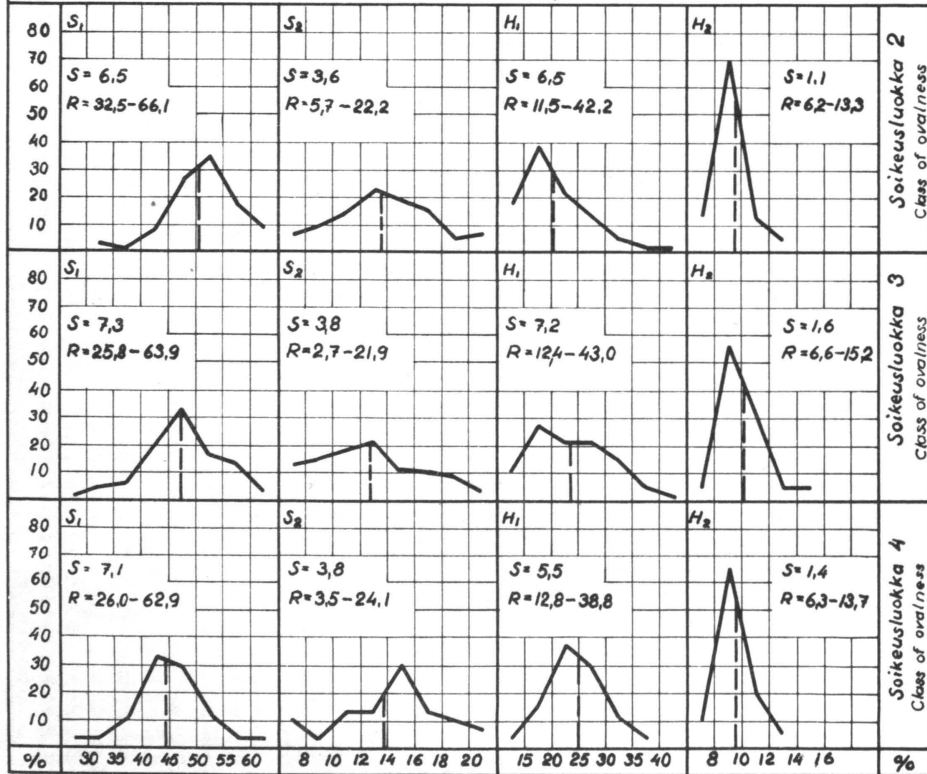
So 1... = soikeusluokka.

Table 11. Effect of ovalness on yield and loss; 60-inch bolts.

So 1... = Class of ovalness.

Soikeus Ovalness	Lukumäärä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Soikeus Ovalness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>2</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
So 1	120	50,6	12,3	1,0	63,9	20,9	9,4	5,8	36,1	10	11	1,021	17	70	So 1	
So 2	60	51,1	13,6	0,8	65,5	20,8	9,6	4,1	34,5	12	8	1,040	20	70	So 2	
So 3	61	47,5	12,8	1,0	61,3	23,8	10,2	4,7	38,7	16	12	1,071	20	72	So 3	
So 4	27	44,9	13,8	0,6	59,3	25,0	9,5	6,2	40,7	23	16	1,102	18	82	So 4	
So 5	14	41,3	14,7	0,5	56,5	29,6	9,1	4,8	43,5	24	32	1,133	20	75	So 5	
So 6	9	34,0	15,2	0,6	49,8	36,1	9,0	5,1	50,2	37	20	1,161	17	87	So 6	

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 12. Soikeuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in pöllit.

Table 12. Effect of ovalness on yield and loss; 50-inch bolts.

Soikeus Ovalness	Lukumäärä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Soikeus Ovalness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>2</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
So 1	78	51,8	14,6	0,6	67,0	19,4	8,1	5,5	33,0	14	9	1,030	19	71	So 1	
So 2	55	50,6	15,9	1,5	68,0	19,7	7,8	4,5	32,0	14	12	1,037	19	77	So 2	
So 3	48	45,7	15,9	1,5	63,1	23,2	8,5	5,2	36,9	20	11	1,068	18	75	So 3	
So 4	22	42,2	16,1	1,7	60,0	26,7	8,4	4,9	40,0	25	15	1,105	18	83	So 4	
So 5	15	35,6	16,8	1,6	54,0	30,6	8,0	7,4	46,0	21	20	1,133	19	74	So 5	

Taulukko 13. Yleislaadun vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in pöllit.

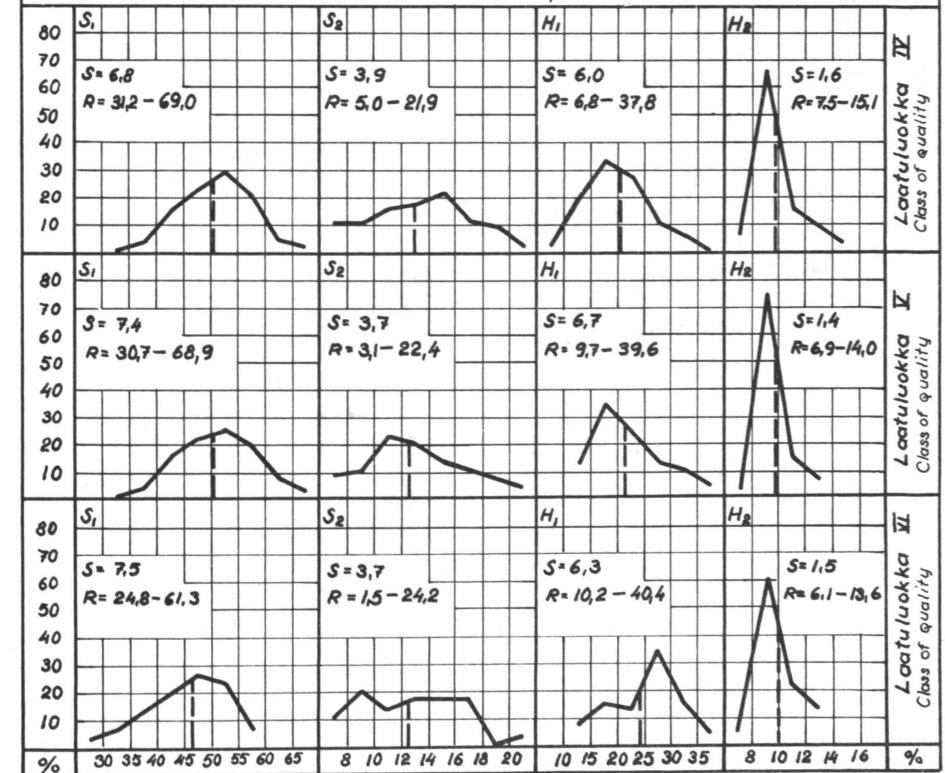
La III... = pöllin yleislaatuoluokka.

Table 13. Effect of over-all quality on yield and loss; 60-inch bolts.

La III... = over-all quality class of bolt.

Laatu Quality	Lukumäärä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values						Laatu Quality
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>2</sub> /d <sub>p</sub>	t	u		
La III	64	52,6	11,9	1,1	65,6	20,1	9,2	5,1	34,4	11	8	1,012	18	76	La III	
La IV	117	50,6	13,0	0,9	64,8	20,4	9,9	4,9	35,2	15	9	1,020	19	72	La IV	
La V	85	50,5	12,5	0,9	63,9	21,7	9,9	4,5	36,1	18	11	1,042	19	75	La V	
La VI	32	46,8	12,6	0,5	59,9	24,2	10,0	5,9	40,1	18	15	1,051	17	72	La VI	
La VII	25	45,5	12,8	0,5	58,8	25,7	9,6	5,9	41,2	24	22	1,074	19	67	La VII	
La VIII	26	40,1	16,0	0,7	56,8	28,4	9,0	5,8	43,2	22	50	1,055	20	71	La VIII	
La IX	15	36,9	17,4	0,8	55,1	29,8	9,1	6,0	44,9	29	69	1,082	19	72	La IX	

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 14. Yleislaadun vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in pöllit.

Table 14. Effect of over-all quality on yield and loss; 50-inch bolts.

Laatu- luokka Class of quality	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Laatu- luokka Class of quality
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
L III	46	59,3	13,7	0,7	73,7	17,2	6,3	2,8	26,3	11	5	1,010	17	69	L III
L IV	65	55,4	14,6	1,1	71,1	19,5	6,9	2,5	28,9	14	9	1,026	16	66	L IV
L V	32	54,8	14,4	1,2	70,4	19,9	6,3	3,4	29,6	16	12	1,042	16	71	L V
L VI	22	49,7	14,4	1,4	65,5	24,2	6,6	3,7	34,5	19	26	1,037	17	74	L VI
L VII	19	45,2	15,1	1,0	61,3	26,3	6,9	5,5	38,7	23	32	1,051	17	73	L VII
L VIII	10	43,2	15,7	2,7	61,6	27,4	6,2	4,8	38,4	26	45	1,052	18	79	L VIII
L IX	10	41,7	17,0	1,7	60,4	28,4	6,2	5,0	39,6	35	60	1,046	16	73	L IX

Taulukko 15. Oksaisuuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 60 in pöllit.

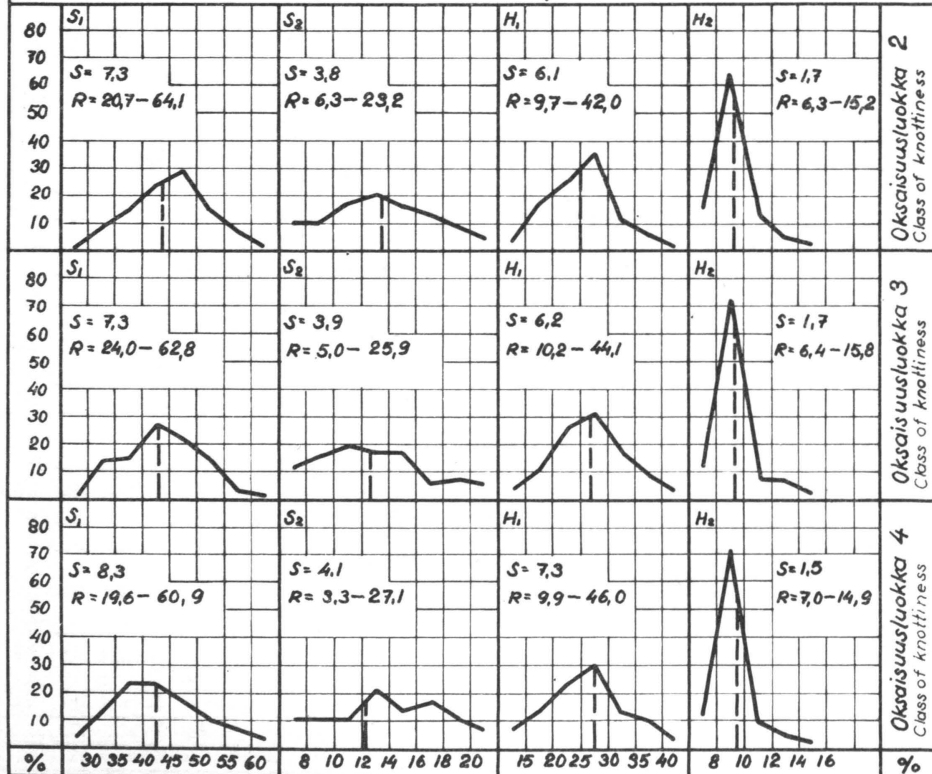
OK 1.. = oksaisuusluokka.

Table 15. Effect of knottiness on yield and loss; 60-inch bolts.

OK 1.. = class of knottiness.

Oksai- suus Knotti- ness	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Oksai- suus Knotti- ness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
OK 1	40	41,3	16,2	1,4	58,9	24,6	9,6	6,9	41,1	20	11	1,035	19	64	OK 1
OK 2	64	44,3	13,4	1,1	58,8	25,0	9,4	6,8	41,2	21	11	1,034	18	71	OK 2
OK 3	67	43,4	12,6	0,9	56,9	26,7	9,3	7,1	43,1	23	12	1,043	17	79	OK 3
OK 4	32	42,7	12,3	0,8	55,8	26,8	9,4	8,0	44,2	21	11	1,053	17	70	OK 4
OK 5	11	42,3	11,9	0,5	54,7	27,5	9,6	8,2	45,3	25	14	1,040	19	70	OK 5

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 16. Oksaisuuden vaikutus saantoon ja häviöihin; 50 in pöllit.

Table 16. Effect of knottiness on yield and loss; 50-inch bolts.

Oksai- suus Knotti- ness	Luku- määrä Number	Saannot Yield				Häviöt Loss				Vertailuluvut Comparative values					Oksai- suus Knotti- ness
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
OK 1	11	39,8	19,1	2,4	61,3	23,4	9,3	6,0	38,7	23	14	1,035	18	74	OK 1
OK 2	65	43,0	16,4	1,1	60,5	24,7	8,2	6,6	39,5	22	13	1,034	19	82	OK 2
OK 3	32	44,2	15,3	0,7	60,2	24,9	8,7	6,2	39,8	20	11	1,043	19	79	OK 3
OK 4	17	42,8	13,8	0,3	56,9	26,3	8,0	8,8	43,1	18	7	1,053	19	81	OK 4
OK 5	19	42,8	13,6	0,3	56,7	26,8	8,0	8,5	43,3	18	23	1,030	20	80	OK 5

Taulukko 17. Pöllin koon vaikutus viilun laatuun; 60 in hyvälaatuiset pöllit.

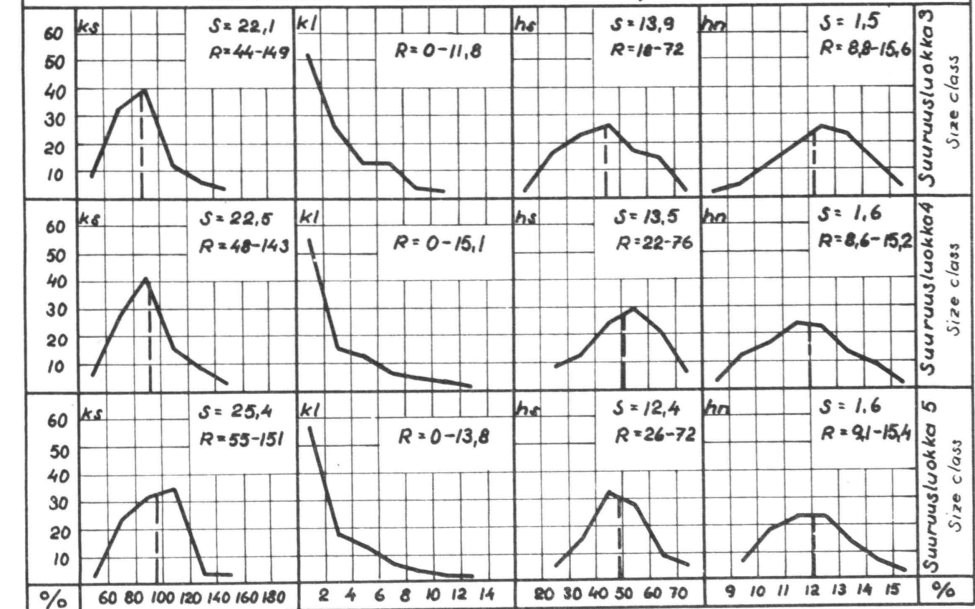
a<sub>MD</sub> = viilun paksuusvaihtelu (1 × 10<sup>-2</sup> mm), ks = viilun karkuusvyvyys (1 × 10<sup>-3</sup> mm), kl = viilun karkeuslaajuus (%), hs = viilun sorvaushalkeamien syvyys (%), hn = sorvaushalkeamien esiintymistiheys (kpl/cm).

Table 17. Effect of bolt size on veneer quality; 60-inch bolts of good quality.

a<sub>MD</sub> = thickness variation of veneer (1 × 10<sup>-2</sup> mm); ks = roughness depth of veneer (1 × 10<sup>-3</sup> mm); kl = roughness area extent of veneer (per cent); hs = depth of lathe cutting checks (per cent); hn = frequency of occurrence of checks (number per cm).

Koko Size	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Koko Size
		a <sub>MD</sub>	ks	kl	hs	hn	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	d <sub>s</sub> /d <sub>p</sub>	t	u	
2	28	2,10	79	2,1	45	12,5	15	9	1,033	24	84	2
3	161	2,09	87	2,5	44	12,2	16	9	1,025	21	73	3
4	120	2,17	92	3,3	51	12,0	16	11	1,031	17	70	4
5	56	2,08	96	2,7	49	12,1	15	14	1,031	19	66	5
6	25	1,80	97	2,4	46	12,9	18	24	1,048	18	65	6
7	19	1,73	88	2,5	40	13,2	20	27	1,032	19	82	7
8	14	1,62	80	1,6	32	13,7	23	34	1,028	19	70	8

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations





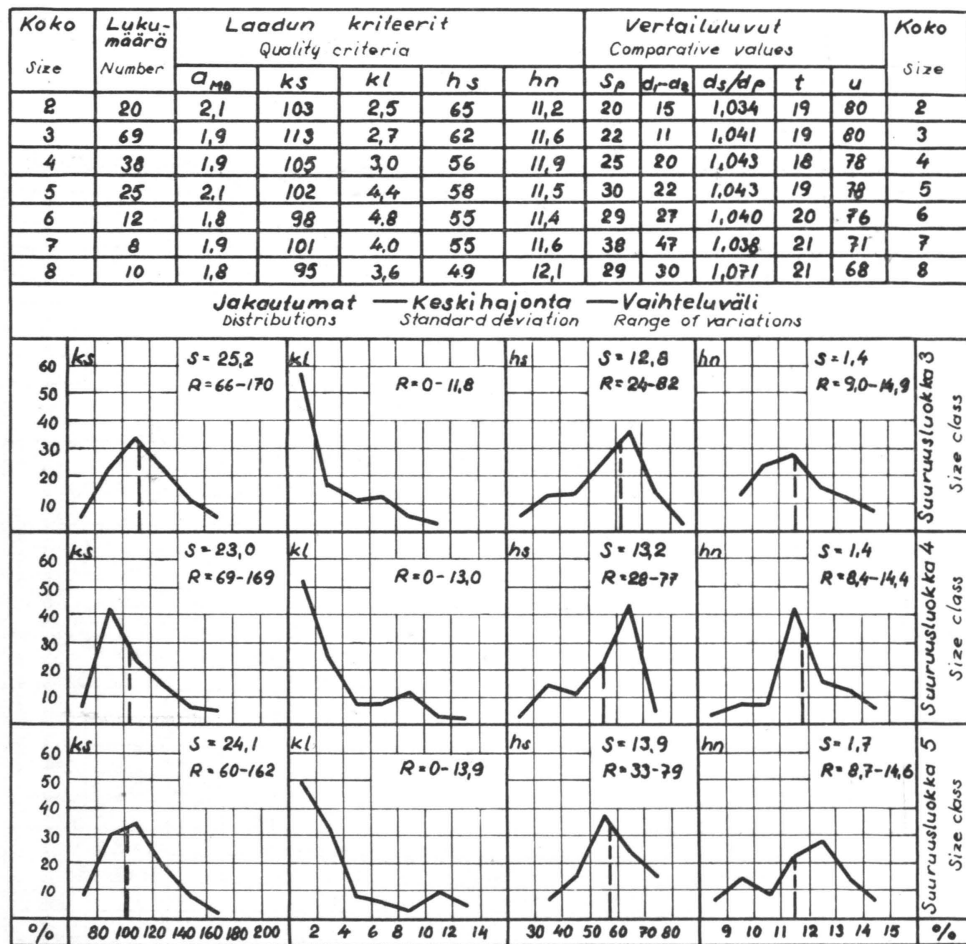
Taulukko 18. Koon vaikutus viulun laatuun; 50 in hyvälaatuiset pöllit.

Table 18. Effect of size on veneer quality; 50-inch bolts of good quality.

Koko Size	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Koko Size
		$a_{MD}$	$k_s$	$kl$	$h_s$	$h_n$	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	$t$	$u$	
2	55	2,4	114	4,6	54	9,8	12	8	1,022	19	81	2
3	78	2,2	104	5,2	55	9,4	14	9	1,030	19	71	3
4	44	2,2	103	5,1	57	10,0	16	12	1,033	20	74	4
5	27	1,9	108	3,6	55	11,3	19	19	1,025	17	74	5
6	19	1,9	120	2,2	42	11,8	18	20	1,031	19	69	6
7	10	1,7	114	2,4	30	12,0	22	29	1,029	17	70	7

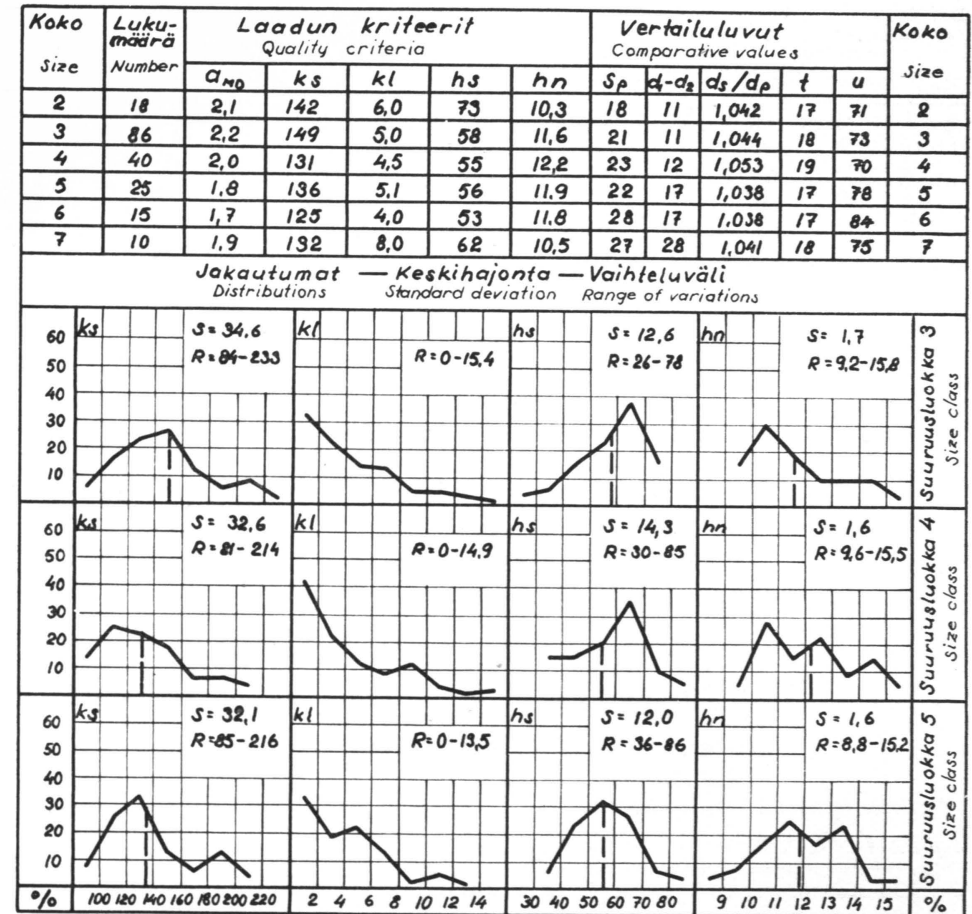
Taulukko 19. Koon vaikutus viulun laatuun; 60 in lajittelemattomat pöllit.

Table 19. Effect of size on veneer quality; 60-inch unsorted bolts.



Taulukko 20. Koon vaikutus viulun laatuun; 60 in oksaiset pöllit.

Table 20. Effect of size on veneer quality; 60-inch knotty bolts.





Taulukko 21. Lenkouden vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.  
Table 21. Effect of crookedness on veneer quality; 60-inch bolts.

Lenkous Crookedness	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Lenkous Crookedness
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
Le1	120	2,2	92	3,3	51	12,2	10	11	1,021	17	70	Le1
Le2	31	1,9	100	3,2	55	11,6	26	8	1,030	18	86	Le2
Le3	53	2,0	119	5,4	53	12,2	37	15	1,038	19	86	Le3
Le4	25	1,6	113	5,8	55	12,3	51	25	1,041	19	87	Le4
Le5	13	1,7	122	6,4	61	11,1	69	46	1,058	20	87	Le5
Le6	9	1,8	178	11,9	82	9,5	91	50	1,072	17	70	Le6

Jakautumat — Keskiahajonta — Vaihteluväli Distributions — Standard deviation — Range of variations	

Taulukko 22. Lenkouden vaikutus viulun laatuun; 50 in pöllit.  
Table 22. Effect of crookedness on veneer quality; 50-inch bolts.

Lenkous Crookedness	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Lenkous Crookedness
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
Le1	78	2,2	104	5,2	65	9,4	11	9	1,030	19	71	Le1
Le2	47	2,6	107	5,4	61	9,7	25	8	1,022	19	74	Le2
Le3	54	2,2	111	5,8	55	10,4	37	16	1,031	18	77	Le3
Le4	13	1,8	138	7,5	68	9,6	51	22	1,034	18	80	Le4

Taulukko 23. Kartiokkuuden vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.  
Table 23. Effect of taper on veneer quality; 60-inch bolts.

Kartiok- kuus Taper	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Kartiok- kuus Taper
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
Ka1	56	2,1	79	2,7	49	12,1	15	14	1,031	19	66	Ka1
Ka2	18	2,3	76	4,7	55	11,3	17	26	1,040	18	71	Ka2
Ka3	28	2,0	80	5,2	54	11,3	22	38	1,048	18	71	Ka3
Ka4	31	2,2	98	5,1	64	10,9	29	52	1,042	19	67	Ka4
Ka5	28	2,3	107	5,8	63	10,5	30	65	1,033	20	72	Ka5
Ka6	11	2,2	105	6,9	65	10,0	38	84	1,058	19	67	Ka6
Ka7	13	3,1	137	10,4	70	9,8	42	102	1,034	20	66	Ka7

Jakautumat — Keskiahajonta — Vaihteluväli Distributions — Standard deviation — Range of variations	

Taulukko 24. Kartiokkuuden vaikutus viulun laatuun; 50 in pöllit.

Table 24. Effect of taper on veneer quality; 50-inch bolts.

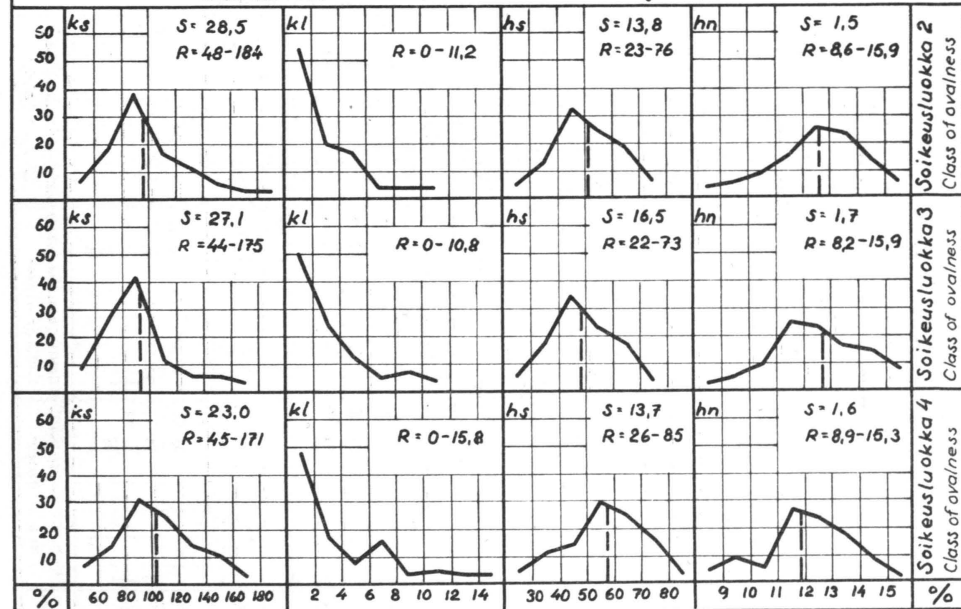
Kartiokkuus Taper	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Kartiokkuus Taper
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
Ka1	27	1,6	108	2,6	55	11,3	14	15	1,025	17	74	Ka1
Ka2	17	2,2	108	3,0	58	10,8	12	21	1,023	18	74	Ka2
Ka3	32	2,2	122	2,9	62	10,7	22	39	1,029	17	78	Ka3
Ka4	23	1,8	115	3,6	63	10,4	26	53	1,030	18	75	Ka4
Ka5	15	2,4	124	5,3	66	10,5	32	71	1,039	20	66	Ka5

Taulukko 25. Soikeuden vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.

Table 25. Effect of ovalness on veneer quality; 60-inch bolts.

Soikeus Ovalness	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Soikeus Ovalness
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
So1	120	2,2	92	3,3	51	12,2	10	11	1,021	17	70	So1
So2	60	2,3	98	2,8	51	12,7	12	8	1,040	20	70	So2
So3	61	2,2	92	2,9	49	12,8	16	12	1,071	20	72	So3
So4	27	2,0	101	3,1	58	11,9	23	16	1,102	18	82	So4
So5	14	2,0	105	3,9	61	11,6	24	32	1,133	20	75	So5
So6	9	1,9	136	7,0	58	11,9	37	20	1,161	17	87	So6

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 26. Soikeuden vaikutus viulun laatuun; 50 in pöllit.

Table 26. Effect of ovalness on veneer quality; 50-inch bolts.

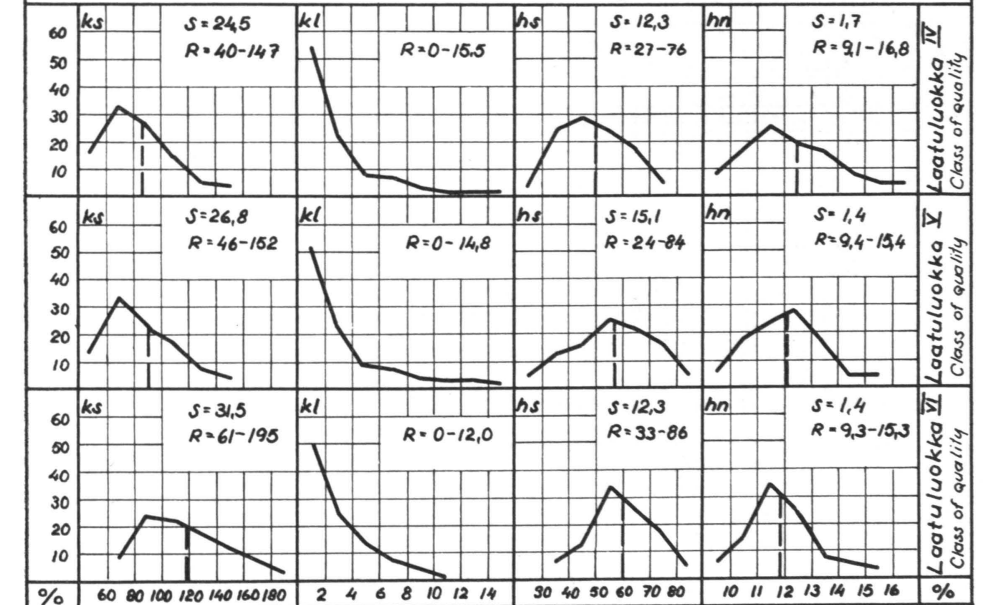
Soikeus Ovalness	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Soikeus Ovalness
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
So1	78	1,8	103	4,1	57	10,0	14	9	1,030	19	71	So1
So2	55	2,3	108	4,4	49	10,9	14	12	1,037	19	77	So2
So3	48	2,4	101	5,2	56	10,2	20	11	1,068	18	75	So3
So4	22	2,6	93	5,8	60	9,4	25	15	1,105	18	83	So4
So5	15	2,5	112	6,7	67	9,2	21	20	1,133	19	74	So5

Taulukko 27. Pöllin yleislaadun vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.

Table 27. Effect of over-all bolt quality on veneer quality; 60-inch bolts.

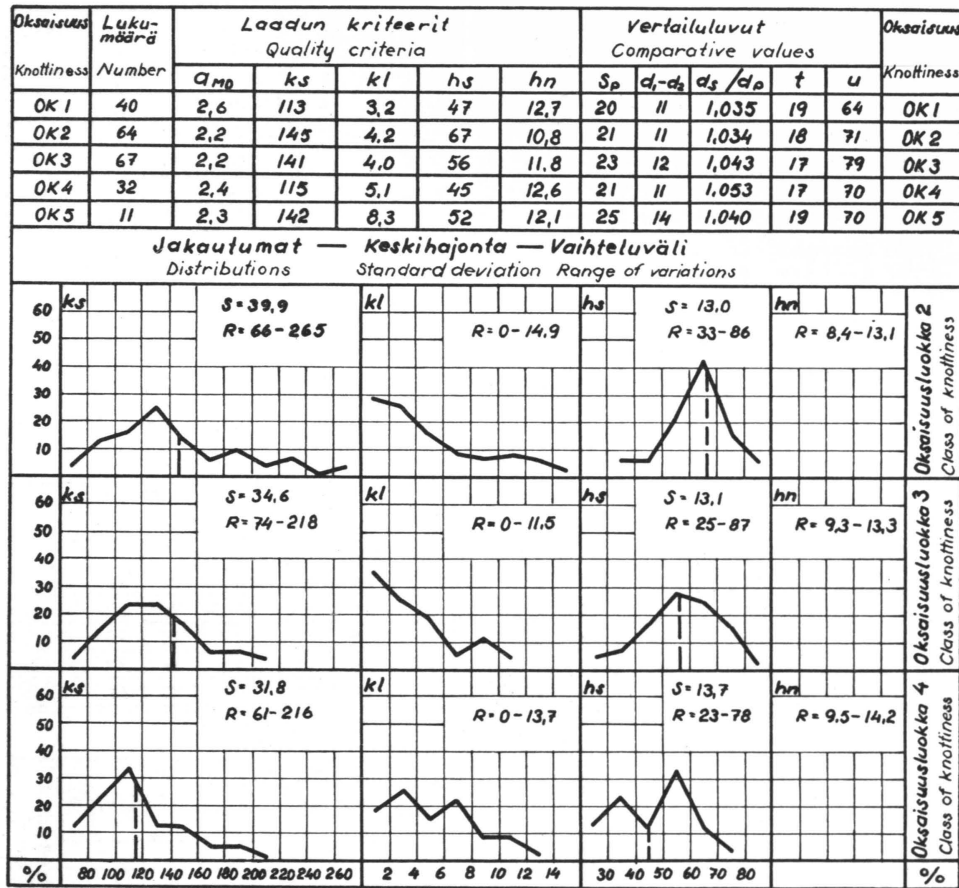
Laatu Quality	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Laatu Quality
		$a_{M0}$	ks	kl	hs	hn	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	t	u	
La III	64	2,1	90	2,9	49	12,9	11	8	1,012	18	76	La III
La IV	117	2,1	86	2,8	50	12,5	15	9	1,020	19	72	La IV
La V	85	2,2	89	3,3	57	12,1	18	11	1,042	19	75	La V
La VI	32	2,3	119	3,5	60	11,9	18	15	1,051	17	72	La VI
La VII	25	2,4	138	3,5	59	11,5	24	22	1,074	19	67	La VII

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions Standard deviation Range of variations



Taulukko 28. Oksaisuuden vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.

Table 28. Effect of knottiness on veneer quality; 60-inch bolts.



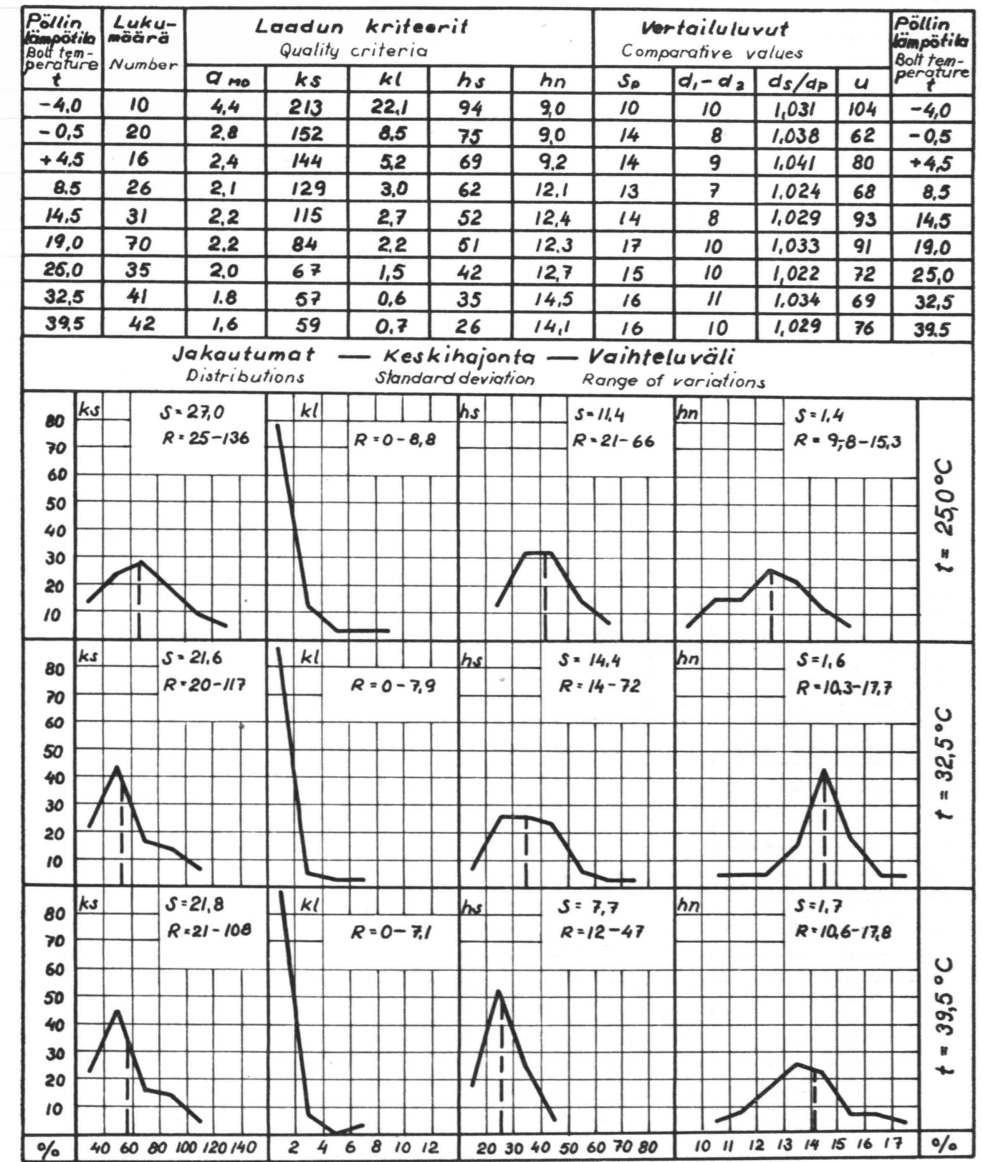
Taulukko 29. Oksaisuuden vaikutus viulun laatuun; 50 in pöllit.

Table 29. Effect of knottiness on veneer quality; 50-inch bolts.

Oksaisuus Knottiness	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Oksaisuus Knottiness
		$Q_{M0}$	$k_s$	$k_l$	$h_s$	$h_n$	$S_p$	$d_1-d_2$	$d_s/d_p$	$t$	$u$	
OK1	11	2,7	141	1,9	65	9,5	23	14	1,035	18	74	OK1
OK2	65	2,4	110	3,1	59	10,3	22	13	1,034	19	82	OK2
OK3	32	2,3	122	4,2	63	10,1	20	11	1,043	19	79	OK3
OK4	17	2,4	119	4,2	64	10,6	18	7	1,053	19	81	OK4
OK5	19	3,2	130	5,7	68	9,7	18	23	1,030	20	80	OK5

Taulukko 30. Lämpötilan vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.

Table 30. Effect of temperature on veneer quality; 60-inch bolts.





Taulukko 31. Lämpötilan vaikutus viulun laatuun; 50 in pöllit.

Table 31. Effect of temperature on veneer quality; 50-inch bolts.

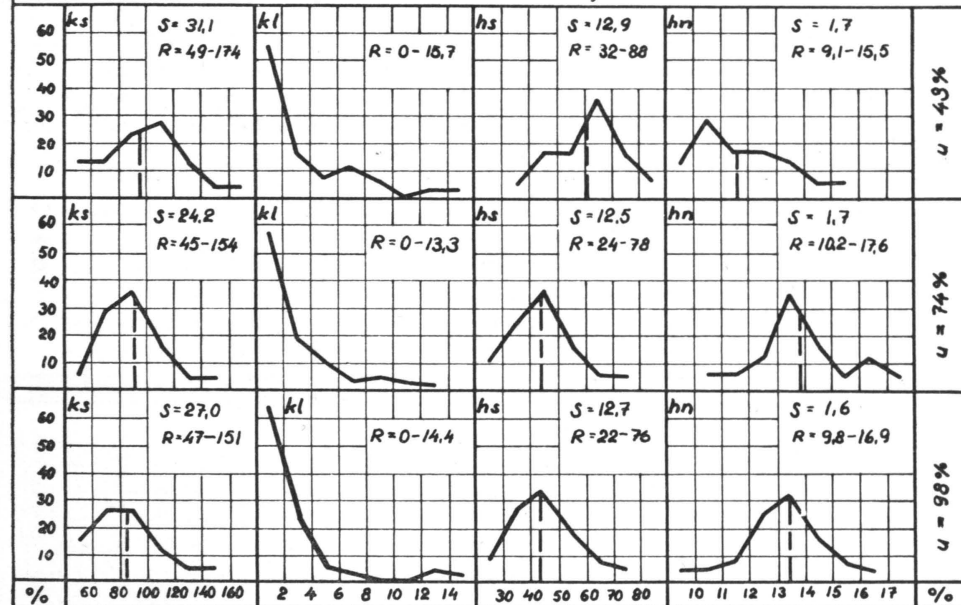
Pöllin lämpötila Bolt temperature t	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Pöllin lämpötila Bolt temperature t
		q <sub>mp</sub>	ks	kl	hs	hn	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	ds/d <sub>p</sub>	u		
0	10	3,0	220	18,2	78	8,6	13	10	1,038	77	0	
6,5	36	2,6	151	7,5	72	8,5	13	8	1,032	69	6,5	
8,0	16	2,5	131	6,0	65	9,9	15	9	1,030	75	8,0	
14,0	25	2,3	115	4,3	60	9,7	16	10	1,028	61	14,0	
18,0	60	2,2	93	3,7	59	10,0	14	9	1,034	75	18,0	
29,5	14	2,2	70	2,3	50	10,8	14	10	1,041	90	29,5	
34,0	14	1,9	76	1,8	48	11,5	14	8	1,033	94	34,0	
39,0	14	1,8	60	0,9	38	12,0	12	9	1,024	92	39,0	
43,5	7	1,8	53	1,1	31	15,1	12	7	1,022	70	43,5	

Taulukko 32. Kosteuden vaikutus viulun laatuun; 60 in pöllit.

Table 32. Effect of moisture content on veneer quality; 60-inch bolts.

Pöllin kosteus Bolt moisture content u	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values					Pöllin kosteus Bolt moisture content u
		q <sub>mp</sub>	ks	kl	hs	hn	S <sub>p</sub>	d <sub>1</sub> -d <sub>2</sub>	ds/d <sub>p</sub>	t		
43	60	2,6	98	6,1	61	11,7	16	5	1,033	19	43	
63	35	2,3	92	3,1	51	13,0	16	10	1,024	20	63	
74	47	2,0	91	2,0	44	13,9	15	9	1,022	19	74	
86	25	2,0	88	1,5	46	13,5	15	10	1,025	18	86	
98	54	1,9	85	1,6	44	13,5	14	8	1,031	17	98	
103	22	2,0	64	1,4	38	14,2	16	8	1,020	18	103	

Jakautumat — Keskihajonta — Vaihteluväli  
Distributions — Standard deviation — Range of variations



Taulukko 33. Hankintatekijöiden vaikutus viulun laatuun; 60 ja 50 in pöllit.

Ta = talvikaato, autokuljetus, Ra = rasiin kaato, autokuljetus, U<sub>1</sub> = uitto, alle 2 kk vedessä, U<sub>2</sub> = uitto, 2—12 kk vedessä, U<sub>3</sub> = uitto, yli 5 v. vedessä (pohjapuu).

Table 33. Effect of procurement factors on veneer quality; 60- and 50-inch bolts.

Ta = felled in winter, transported by truck; Ra = felled in summer and left to dry, transported by truck; U<sub>1</sub> = floated, under 2 months in water; U<sub>2</sub> = floated, from 2 to 12 months in water; U<sub>3</sub> = floated, over 5 years in water (waterlogged trunks).

Tukkien hankinta ja varastointi Procurement and storage of logs	Luku- määrä Number	Laadun kriteerit Quality criteria					Vertailuluvut Comparative values		
		q <sub>mp</sub>	ks	kl	hs	hn	t	u	
60 in	Ta	99	2,11	99	4,3	49	11,9	20	70
	Ra	79	2,47	106	4,6	53	11,5	18	56
	U <sub>1</sub>	67	2,02	86	2,0	45	13,0	19	79
	U <sub>2</sub>	48	1,99	73	1,0	48	13,3	20	75
	U <sub>3</sub>	35	1,94	52	1,8	46	12,4	14	103
50 in	Ta	20	1,92	141	5,9	69	10,5	17	72
	Ra	37	2,43	165	5,6	73	9,1	19	54
	U <sub>1</sub>	56	1,83	130	2,0	68	10,4	19	83
	U <sub>2</sub>	55	1,88	128	3,0	66	10,5	18	84
	U <sub>3</sub>	18	1,86	88	0,5	53	11,6	16	105

Taulukko 34. Viulun karkeuslaajuus ja reunahalkeamat; 60 ja 50 in erilaatuiset pöllit.

Hy = hyvälaatuiset pöllit, Ju = lajittelemattomat pöllit, Ok = oksaiset pöllit, Le = lengot pöllit, Ka = kartiokkaat pöllit, So = soikeat pöllit, kl<sub>v</sub> = karkeuslaajuus arkin vasemmalla reunassa (%), kl<sub>c</sub> = karkeuslaajuus arkin keskellä (%), kl<sub>o</sub> = karkeuslaajuus arkin oikealla reunassa (%), hr<sub><10</sub> = alle 10 cm reunahalkeamat (kpl), hr<sub>10-20</sub> = 10—20 cm pituiset reunahalkeamat (kpl), hr<sub>>20</sub> = yli 20 cm reunahalkeamat (kpl), hr<sub>i</sub> = reunahalkeamaindeksi.

Table 34. Area extent of roughness and edge splits; 60- and 50-inch bolts of varying quality. Hy = good bolts; Ju = unsorted bolts; Ok = knotty bolts; Le = crooked bolts; Ka = bolts with marked taper; So = oval bolts; kl<sub>v</sub> = area extent of roughness (per cent), left edge of sheet; kl<sub>c</sub> = area extent of roughness (per cent), centre of sheet; kl<sub>o</sub> = area extent of roughness (per cent), right edge of sheet; hr<sub><10</sub> = number of edge splits less than 10 cm deep; hr<sub>10-20</sub> = number of edge splits from 10 to 20 cm deep; hr<sub>>20</sub> = number of edge splits more than 20 cm deep; hr<sub>i</sub> = index of edge split.

Pöllin laatu Bolt quality	Luku- määrä Number	Karkeuslaajuus Area extent of roughness			Reunahalkeamat Edge splits				
		kl <sub>v</sub>	kl <sub>c</sub>	kl <sub>o</sub>	hr <sub>&lt;10</sub>	hr <sub>10-20</sub>	hr <sub>&gt;20</sub>	hr <sub>i</sub>	
60 in	Hy	423	2,7	3,1	2,3	7,3	3,0	1,2	17,0
	Ju	168	4,0	4,3	1,5	7,9	3,1	0,9	17,0
	Ok	194	6,2	6,4	5,3	7,6	3,3	1,1	17,4
	Le	116	4,3	6,3	4,6	6,7	2,1	0,6	12,6
	Ka	100	5,5	6,2	6,0	6,8	2,8	0,5	13,9
	So	162	3,1	3,8	2,3	8,0	3,0	1,2	17,5
50 in	Hy	211	2,5	3,9	2,0	9,7	3,4	0,8	18,8
	Ju	50	3,2	2,2	2,6	10,3	2,1	0,5	16,0
	Ok	102	6,4	8,4	4,4	10,9	1,9	0,5	16,2
	Le	114	4,9	5,8	4,0	9,3	1,8	0,4	14,1
	Ka	87	5,3	6,8	5,3	8,1	2,2	0,6	14,3
	So	130	3,9	5,3	2,8	9,9	3,2	1,0	19,3



Taulukko 35. Vuosirengasleveyden ja kesäpuusadanneksen vaikutus viulun laatuun; 40 in pöllit.

$vr$  = vuosirengasleveys (mm),  $kp_{>15}$  = kesäpuusadannes, 15 %:a ylittävien havaintojen osuus,  $a_k$  = viulun kuivapaksuus (mm).

Table 35. Effect of annual growth ring width and summerwood percentage on veneer quality; 40-inch bolts.

$vr$  = annual ring width (mm);  $kp_{>15}$  per cent of wood material with more than 15 per cent summerwood;  $a_k$  = dry thickness of veneer (mm).

Vuosirengasleveys Annual growth ring width $vr$	Havaintojen lukumäärä Number of observations	$kp_{>15}$ %-osuus per cent	Viulun laatu Veneer quality			
			$a_k$	$ks$	$hs$	$hn$
0,5	30	16,7	1,488	108	53,7	10,2
1,0	634	13,4	1,483	111	54,4	10,6
1,5	298	23,9	1,489	110	50,8	10,9
2,0	189	39,2	1,496	107	47,7	11,2
2,5	43	41,9	1,493	106	48,8	11,0
3,0	39	32,5	1,481	112	52,6	10,9
3,5	15	20,0	1,465	130	54,7	10,3
4,0	15	33,3	1,477	139	53,0	11,2

Taulukko 36. Kesäpuusadanneksen vaikutus viulun laatuun; 40 in pöllit.

$kp_{<15}$  = kesäpuusadannes, 15 %:n alle jäävien havaintojen osuus.

Table 36. Effect of summerwood percentage on veneer quality; 40-inch bolts;  $kp_{<15}$  = per cent of wood material with less than 15 per cent summerwood.

Kesäpuun määrä Amount of summer-wood	Havaintojen lukumäärä Number of observations	Viulun laatu Veneer quality			
		$a_k$	$ks$	$hs$	$hn$
$kp_{<15}$	1179	1,485	111	51,16	10,84
$kp_{>15}$	327	1,499	108	47,95	11,30

Taulukko 37. Vuosirengasleveys, kesäpuusadannes ja viulun laatu viilumaton eri osissa.

$n_{1-10}$  = viilumaton arkkijärjestys pinnasta purilaaseen.

Table 37. Annual growth ring width, summerwood percentage and veneer quality at different stations of the veneer mat.

$n_{1-10}$  = order of sheets from beginning to core.

Viilumaton arkit Sheets of the veneer mat	Havaintojen lukumäärä Number of observations	Vuosirengasleveys Annual growth ring width	$kp_{>15}$ %-osuus per cent	Viulun laatu Veneer quality			
				$a_k$	$ks$	$hs$	$hn$
$n_1$	130	1,29	2,3	1,438	115	59,7	10,4
$n_2$	130	1,38	3,1	1,467	112	57,0	10,4
$n_3$	130	1,38	10,0	1,481	111	54,4	10,8
$n_4$	130	1,38	10,7	1,491	109	53,3	10,8
$n_5$	130	1,45	16,9	1,493	111	52,5	10,9
$n_6$	129	1,49	24,6	1,495	110	50,4	11,1
$n_7$	130	1,47	33,1	1,502	108	48,4	11,2
$n_8$	129	1,50	47,8	1,504	109	47,3	11,2
$n_9$	120	1,57	47,5	1,508	109	44,1	11,5
$n_{10}$	95	1,52	24,2	1,506	109	43,4	11,7

Taulukko 38. Tulosten keskihajonnan ja variaatiokertoimien yhdistelmä.

$v$  = variaatiokerroin.

Table 38. Standard deviation and variability coefficient of observed data combined.  
 $v$  = variability coefficient.

Sarja Series		$a$		$ks$		$hs$		$hn$	
		$s$	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$
Hy	3	0,54	25,7	22,1	25,2	13,9	31,6	1,5	12,5
	4	0,53	24,1	27,8	30,2	15,0	29,4	1,8	15,1
	5	0,55	26,2	28,5	29,7	12,4	25,3	1,8	14,8
Ju	3	0,54	28,4	25,2	22,3	12,8	20,6	1,4	11,7
	4	0,55	29,0	23,0	21,9	13,2	23,6	1,4	11,8
	5	0,63	30,0	24,1	23,6	13,9	23,9	1,7	14,5
Ok	3			34,6	23,2	12,6	21,7	1,7	14,6
	4	0,62	31,0	32,6	24,8	14,3	25,6	1,6	13,1
	5			32,1	23,6	12,0	21,4	1,6	13,4
Lo	2			36,0	34,0	14,7	26,7	1,7	14,4
	3	0,73	34,6	35,3	29,7	14,1	26,6	1,8	14,7
Ka	4			37,2	32,9	14,0	25,5	1,8	15,0
	3			28,4	35,6	14,0	25,9	1,3	11,5
	4			34,8	35,6	11,8	18,5	1,6	14,9
So	5			27,6	25,8	13,0	20,6	1,7	15,7
	2			24,5	29,1	13,8	27,1	1,5	12,4
	3			27,1	29,4	16,5	33,6	1,7	12,9
La	4			23,0	22,0	13,7	23,6	1,6	13,3
	$\bar{IV}$	0,61	30,0	24,5	28,5	12,3	24,6	1,7	13,3
	$\bar{V}$			26,8	30,1	15,1	26,5	1,4	11,8
OK	$\bar{VI}$			31,5	26,5	12,3	20,5	1,4	11,8
	2	0,76	34,6	39,9	27,7	13,0	19,4		
	3			34,6	24,5	13,1	23,4		
t	4			31,8	27,6	13,7	30,4		
	39,5°	0,51	31,8	21,8	37,0	7,7	29,4	1,7	12,1
	32,5°			21,6	37,9	14,4	41,2	1,6	11,0
u	25,0°	0,61	30,5	27,0	40,4	11,4	27,2	1,4	10,8
	98%	0,54	27,7	27,0	31,8	12,7	28,9	1,6	12,0
	74%			24,2	26,6	12,5	28,5	1,7	12,3
Edellisten keskiarvot Mean values of the former	43%	0,78	32,0	31,1	31,6	12,9	21,1	1,7	14,3
		0,61	29,8	29,0	29,1	13,2	25,8	1,61	13,2
	Erikoisosa Special section			19,6	17,8	15,0	29,4	1,65	15,0