

KUUSIPAPERIPUUN KUTISTUMISESTA
JA KUTISTUMISEN OSUUDESTA
PINON PAINUMISEEN

EINARI WUOTI

*ÜBER DAS SCHWINDMASS DES FICHTENPAPIERHOLZES UND
DEN ANTEIL DES SCHWINDENS AN DER VERRINGERUNG
DER STOSSHÖHE*

REFERAT

HELSINKI 1933

Alkulause.

Esillä oleva julkaisu, joka on saanut alkunsa »erimielisyyksistä» keskusteltaessa virkatoverien kanssa ylimitoista yleensä ja pyöreän puun kutistumisesta erikseen, on vaatimattomalta osaltaan tarkoitettu täydentämään sitä puutetta, mikä kirjallisuudessa on ollut pinotavaran kuivumista ja pyöreän puun tilavuuden kutistumista käsittelevissä kysymyksissä. Että tutkielma lopulta saavutti tulokset, riippui suureksi osaksi professori Ilmo Lassilan ystävällisestä ja arvokkaasta opastuksesta ja auliisti annetuista hyvistä neuvoista. Tutkielman saattamiseen julkaistavaan asuun vaikutti suuresti professori Eino Saaren ystävällisesti kannustava suhtautuminen suoritettuun työhön ja sen tuloksiin. Samalla kun lausun prof. Lassilalle ja prof. Saarelle parhaimmat kiitokseni, kiitän myös toht. Erkki Laitakaria monista arvokkaista neuvoista ja avusta, jota hän minulle on runsaasti suonut. — G. A. Serlachius A. B:lle sekä yhtiön ylimetsänhoitaja Eetu Anttilaiselle, metsänhoitaja Bjarne Bützowille ja insinööri Gunnar Tallgrenille sekä monille muille, jotka työtäni ovat edistäneet, lausun vilpittömät kiitokseni.

Helsingissä, lokakuulla 1933.

Einari Wuoti.

Sisällysluettelo.

	Sivu.
Johdanto	5
Puun kuivuminen ja kuivumisvaiheet	7
Tutkimuspaikan valinta	9
Kesäpuupitoisuuden määrääminen	11
Tutkimustapa	15
Kuivumisesta aiheutuva kutistuminen	19
Halkaisijan lyheneminen	19
Säteen lyheneminen	23
Tilavuuden pieneneminen	28
Kuivumisen jälkeinen kosteusmäärä	28
Eräitä vertailuja aikaisempiin kuusen kutistumistutkimuksiin	29
Pölkkyjen kutistumisen osuus koepinon painumisessa	33
Koepino	33
Kutistumisen osuus painumiseen	34
Oksien estävä vaikutus painumiseen	34
Loppusanat	36
Kirjallisuusluettelo	37
<i>Deutsches Referat</i>	39

Johdanto.

Tuoretta puuta käsittävissä pinotavarakaupoissa on yleistä määritellä varastoitavalle tai jo varastoidulle pinolle sovitun prosenttien suuruisen ylimitta joko niin, että pinon korkeus määrätään ja tämän lisäksi rakennetaan pino vaadittua ylimittaa vastaavasti korkeammaksi, tai niin, että pinon korkeutta ei määritellä, vaan luovutuksessa myönnetään mittaus-tuloksesta sovitun prosenttien suuruisen hyvitys. Ylimitta-vaatimus perustuu siihen tosiasiaan, että metsästä tuoreena ajettu ja varastoitu pinotavara kesäkauden kuivuttuaan painuu alkuperäistä korkeuttaan matalammaksi. Kauppakirjoissa esitetään ylimitta-vaatimuksen perusteluna puun »kutistuminen», toisinaan »kuivuminen ja kutistuminen», joskus, vaikka harvoin, »pinon painuminen».

Ylimittan suuruus vaihtelee eri ostajien tai myyjien erilaisten vaatimusten mukaan, mutta melkoisella varmuudella voidaan väittää, että yleisin määrä on 5 %. Tämä ylittasuhde lienee aikojen kuluessa syntynyt yksinomaan käytännöllisen kokemuksen puitteissa, sillä mihinkään tieteelliseen tutkimukseen se ei pohjaudu, koska pinotavaran kuivumisesta aiheutuva painuminen on yhä edelleen perusteellista selvitystä vailla. Varsin huomattava seikka pinotavaran ylittavaatimuksissa on se, että halaistuissa, kuorellisissa polttopuissa määritellään sama ylimitta kuin puolipuhaksi kuorituissa, vieläpä täysipuhtaisakin paperipuissa, joissa kuoren kuivumis- ja painumisosuutta ei voi olla samassa määrässä kuin halkotavarassa. Lisäksi kuulee väitettävän luovutustilaisuuksissa, että 5 %:n ylimitta puolipuhteisissa paperipuissa olisi liian vähäinen sen vuoksi, että puun kutistuminen kuivuuksaan on huomattavan suuri. Toisaalta tietää jokainen puutavaramies, että tiiviisti ja hyvin varastoon rakennettu, puolipuhkaita paperipuita sisältävä pino ei yhden kesän kuluessa painu kuin sen verran, että se uudistetulla mittauksella on todettavissa. Vasta uudelleen pinottaessa kuivunutta tavaraa voi kutistuminen olla huomioonotettava, ellei alkuperäinen pino ole ollut kyllin tiivis. Se tosiasia, että kaikessa pinotavarassa kuitenkin on havaittavissa pinon korkeuden alenemista yhdenkin kesäkauden varastoinnin jälkeen, synnyttää ilman muuta

kysymyksen alenemiseen vaikuttavista tekijöistä ja näiden tekijöiden osuudesta pinojen korkeuden alenemiseen.

Jotta pinon painumiseen vaikuttavista eri tekijöistä voitaisiin antaa edes osapuulle hyväksyttäviä keskiarvolukuja, tarvitaan erittäin laaja aineisto ja aikaa vaativia yksityiskohtaisen tarkkoja tutkimuksia, sillä näiden tekijöiden yhteisvaikutus ei matemaattisesti yhteenlaskettuna summana ole suinkaan sama kuin pinon alenemisen mittaussellinen tulos. Toiset tekijät, kuten kuoren ja puuaineen kuivumisesta aiheutunut tilavuuden pieneneminen, kutistuminen, ovat luvuilla ja suhteilla määrättävissä, jotavastoin toiset tekijät, kuten ylempänä olevien puiden painon vaikutus alempana oleviin, ulkoapäin tulevat pinon töytäisyt, pinojen päällä käveleminen ja pinoajan »taito» rakentaa pino, ovat hyvin vaikeasti selvitettävissä.

Koska puolipuhutuksi kuorituissa kuusipaperipuissa ei kuoren kuivumisesta aiheutuvaa tilavuuden vähenemistä ole olemassa sen enempää kuin mitä kuorittaessa jällelle jääneen nilakerroksen kuivuminen vaikuttaa, ovat nämät täten jo tutkimukselle vähempitöisiä ja tuloksiltaan varmempia kuin esim. polttopuut. Jos lisäksi pölkkyt sijoitetaan pinoon mahdollisimman tiiviisti niin, että mekaaninen painuminen saatetaan niin vähäiseksi kuin varastopinossa on mahdollista, jää jällelle lopullisesti vain itse puuaineen kutistuminen painumisen merkittävämmäksi aiheuttajaksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää puolipuhutuksi kuoritujen kuusipaperipuiden kutistumismäärää sekä kutistumisen osuutta pinon painumiseen. Samalla on tutkimuksen tarkoituksena saada paperiteollisuutta varten määritellyksi, kuinka paljon puolipuhutetut kuusipölkkyt kutistumisen kautta vähentävät laskelmallista tuoreen tavaran kiintomittamäärää kuivuttuaan vuoden päivät ja saavutettuaan sellaisen ilmakuvan tilan, missä paperitehtaat tavallisesti raaka-aineensa käyttävät.

Puun kuivuminen ja kuivumisvaiheet.

Kasvavassa kuusessa on 50—55 % sen kokonaispainosta vettä, joka on puuhun imeytynyt juuriston avulla ja joka haihtuu puusta ilmaan pääasiassa neulasissa löytyvien huokosten kautta. Jos puu katkaistaan tyvestä, ei siihen enää pääse juuriston kautta uutta vettä, mutta haihtumista jatkuu edelleen niinkauvan kuin neulasissa on elinvoimaa jatkuvaan toimintaan. Katkaisun jälkeen alkaa vesi myös poistua puusta leikkauspinnan kautta. Jos kaadettu runko katkaistaan, pölkkytetään pienempiin osiin, joissa oksat ovat karsitut eikä neulasia löydy lainkaan, haihtuu vesi pölkkyistä yksinomaan katkaisupintojen kautta, ellei oteta lukuun sitä pientä määrää, mikä kuoren kuivumisen yhteydessä puusta poistuu. Tätä haihtumista voidaan kiihdyttää sillä, että pölkky kuoritaan ainakin vapaaksi päällimmäisestä kaarnakerroksesta, jolloin paljastuneen pinnan kautta haihtuminen käy mahdolliseksi. Kuten kauvemmin pölkky saa olla ympäröivän ilman vaikutuksen alaisena, sitä enemmän siitä vähenee vesi, kunnes ilman ja puussa olevan veden kosteusasteet ovat likimain tasapainossa. Keinotekoisesti saadaan lämmön avulla puusta poistetuksi viimeinenkin kosteus. Vesipitoisuutta puussa määritellen jaetaan eri kuivumisvaiheet seuraavasti:

Metsä- eli ulkokuiva puu sisältää vettä 50—55 %:sta 30—35 %:iin kokonaispainostaan. Puusta on tällöin haihtumisen kautta poistunut soluonteloissa löytyvä n.s. irtonainen vesi sitä vähemmäksi, kuin pitemmälle kuivuminen on edistynyt.

Ilmakuiva puu sisältää loppuvaiheessaan vettä ainoastaan 10—15 % eli sen verran, joka vaaditaan ympäröivän ilman ja puun kosteuspitoisuuden pysyttämiseksi tasapainotilassa. Tällöin on puusta poistunut paitsi irtonainen vesi, myös soluseiniin hygroskooppisesti sidottua vettä.

Täysin (absoluuttisesti) kuiva puu on vapaa kaikesta vedestä, jolloin siis soluseinämässä jällelle ollut sidottu vesi on keinotekoisesti lämmittämällä puuta 100—105 C-asteen lämmössä poistettu.

Niinkauvan kuin puusta poistuu vain soluonteloissa löytyvää irtonaista

vettä, ei mitään muutosta puun rakenteessa tapahdu, koska soluseinämissä löytyy siksi riittävästi kosteutta ja vettä, että seinämät kykenevät säilyttämään saman koon kuin kasvuvoimassaan. Mutta heti kun soluseinät alkavat menettää vettä, tapahtuu soluseinissä kutistumista, joka solu solulta vaikuttaa lopulta koko puun kokoon ja tilavuuteen pienentäen sitä. Lämmittämällä poistettaessa puusta kaikki vesi kutistuvat soluseinät lopullisesti pienimpään tilaansa, jolloin puun kutistuminen siis vastaavasti saavuttaa rajansa.

Milloin soluseinistä poistuva vesi alkaa vaikuttaa koko puun kuutio-tilavuuden vähenemiseen, ei voida varmuudella sanoa, mutta pitämällä selviönä, että koko puun kutistuminen on hitaampaa kuin yksityisen soluseinän vetäytyminen kokoon, saattanee pitää mahdollisena, että kutistumisen vaikutus puussa on mittauksilla todettavissa puun kosteusmäärän ollessa 25—30 %:n paikkeilla. Koska ilmakehän puun kosteuspitoisuus on vielä 10—15 % eikä siis soluseinät tällöin ole vedestä vapaat, ei myöskään kutistuminen ole lopullinen, mutta huomioonottamalla toisaalta ilman ja puun kosteussuhteiden tasapainotilan, ei ilmakehän puu voi kutistua sen enempää kuin mitä tämä tasapainotila sallii.

Tutkimuspaikan valinta.

Yleispätevänä tosiasiana on pidettävä, että kuta enemmän puussa on kesäpuuta, sitä raskaampaa se yleensä on eräitä poikkeuksia lukuunottamatta. Kuusessa sääntö pitää paikkansa. Tämä on helposti käsitettävissä, sillä kevätpuussa ovat soluontelot laajat ja soluseinämiä tilavuuteen nähden vähän, jotavastoin kesäpuussa soluontelot ovat pienet ja soluseinät vahvat. Jos puu saatetaan täysin kuivaan tilaan, jolloin siis solut seinämineen ovat kokonaan vapaat kaikesta vedestä, on selvää, että määrätty tilavuus vahvasolukkoista kesäpuuta painaa tuntuvasti enemmän kuin vastaavan suuruinen määrä ohutsolukkoista kevätpuuta. Tätä todistaa parhaiten se, että täysin kuivan kuusen kesäpuun ominaispaino on noin 0.9, jotavastoin kevätpuun ominaispaino on vain noin 0.4.

Selviönä on niinkään pidettävä, että kuta enemmän puun poikkileikkauksista ja siis myös sen tilavuudesta on tiivissolukkoista kesäpuuta, sitä enemmän löytyy puussa kutistuvaa ainetta ja sitä enemmän puu kokonaisuudessaan kykenee kutistumaan.

Näitä seikkoja silmälläpitäen oli tutkimusainehisto, kuusipölkkyt, valittava sellaisesta metsiköstä, missä löytyi mahdollisimman raskasta, runsaasti kesäpuuta sisältävää puuta, jotta tutkimuksella samalla olisi käytännöllistä merkitystä sikäli, että se antaisi tuloksen, joka olisi lähellä kaupassa esiintyvien kuusipaperipuiden kutistumisen keskiarvoista ylärajaa.

Useitten tutkijoiden kokemukset osoittavat, ettei puulajille edullisimmalta metsätyypiltä ja kasvupaikalta aina löydy raskainta puuta, vaan että päinvastoin saattaa esim. kuivalta puolukkatyypiltä löytää varsin tiivissyistä, runsaasti kesäpuuta sisältävää kuusta. Koska toisaalta kuitenkin suurin osa kaupan pidettävästä kuusipaperipuusta epäilemättä saadaan tälle puulajille luonnollisilta metsätyypeiltä, oli tutkimusmetsikön valinnassa kiinnitettävä huomiota näihin seikkoihin. Tällöin syrjäytettiin kaikki muut tyypit jättämällä mustikkatyypin etsiskelyn kohteeksi.

Koska useat tutkijat ja kokemus edelleen ovat todenneet, että syrjäytetyssä asemassa, hitaasti kasvaneet puut ovat kesäpuupitoisuuteensa

nähdän huomattavasti runsaammat kuin sellaiset puut, jotka ovat kasvaneet aukeilla aloilla, vapaassa valossa, oli tutkimusainehisto tämän vuoksi valittava sellaisesta metsiköstä, missä tiheysaste ja metsikön luonne täyttivät tässä suhteessa asetetut vaatimukset.

Vaikka edellämainitut seikat jo sellaisinaan olisivat olleet suuntaa antavia, katsottiin tutkimuksen käytännöllisen tuloksen varmentamiseksi tärkeäksi ottaa huomioon vielä metsänhoidolliset hakkaustavat. Tunnettuahan on, että kuusipaperipuut yleisimmin on otettu ja otetaan edelleen kasvatushakkausten avulla harvennettavista ja väljennettävistä metsistä, mikä onkin luonnollista, koska päätehakkauksilla hoidettavissa metsissä ehkä suurin osa puuvarastoa käytetään sahapuiksi. Jos tarkastellaan varastoissa löytyviä kuusipaperipuita, huomataan helposti, että pölkkyjen latvaläpimitta vaihtelee (8—) 10—20 (—25) sm. Keskiläpimitta vaihtelee 12—16 sm, ollen poikkeustapauksissa alle, joskus ylikin. Valtion metsistä hankituissa varastoissa on keskiläpimitta yleensä vankempi kuin yksityisten metsistä hakatuissa pölkkyissä. Keskiläpimittaluvut osottavat jo sellaisinaan, että puuyksilöt kokonsa puolesta ovat olleet vielä korkeintaan kiertoajan keskivaiheille päässeitä, kasvukelpoisia puita, joitten kaatamisen ovat aiheuttaneet ainakin teoreettisesti metsänhoidolliset syyt. Näin ollen asetettiin edelleen vaatimukseksi, että tutkimusainehiston käsittävät kuusipaperipuut tuli olla sellaisista puuyksilöistä otettuja, joiden poistaminen metsiköstä harventamalla oli katsottava metsänhoidolliseksi välttämättömyydeksi.

Koska Korkeakosken hoitoalueessa, missä useitten vuosien aikana paperiteollisuuden tarpeiksi oli vuosittain hankittu useita tuhansia pino-kuutiometrejä paperipuita, hankintakautena 1930—31 toimeenpantiin edelleen laajoja harvennus- ja väljennyshakkauksia, joitten tuloksena oli 4000 pm³ paperipuita, näytti löytyvän riittävästi alaa etsiä sellainen metsikkö, joka täyttäisi kaikki edellämainitut vaatimukset. Niin varmalta kuin suunnitelma näyttikin, oli sittenkin sen toteuttaminen vaikeampaa. Metsikköä, joka olisi joka suhteessa ollut asetettujen vaatimusten mukainen, ei ollutkaan ensi hakemalta löydettävissä. Vasta pitkien etsiskelyjen, arvelujen ja koekairausten jälkeen tuli hyväksyttävä metsikkö valituksi Korkeakosken hoitoalueesta Suinulan länt. valtionpuistosta Kuorevedeltä, Lylystä Jokelan metsänvartijatilalle johtavan tien vierestä läheltä n.s. Liesinkorpea, missä hoitoalueen toimesta suoritettiin par'aikaa hankintahakkuita.

Kesäpuupitoisuuden määrittäminen.

Ennen varsinaisen tutkimustyön alkamista otettiin Presslerin kairalla paristakymmenestä ennakoita leimatusta puusta koelastut, joista mitattiin kesäpuun suhde säteen pituuteen. Paitsi sitä, että kairaukset osottivat metsikön iän vaihtelevan 60—70 vuoteen, osottivat lastut puiden rakenteen hyväksyttäväksi tutkimustarkoituksiin. Kairalastuista laskettiin kesäpuuprosentti siten, että mitattiin 1 sm:n päästä pinnasta ytimeen päin 1, toisissa 2 sm:n pituudelta kustakin vuosilustosta kesäpuun määrä, joka vaihteli 26—36 %, keskiarvon sijoittuessa noin 30 %:iin. Sitten tutkimuksen aikana otettiin kolmesta numeroidusta pölkystä mittaukset koko säteen pituudelta laskemalla transversaaliasteikolla pituudet ytimeä pintaan päin jokaisen vuosiluston kesäpuun sisärenkaaseen ja ulkorenkaaseen. Jokainen mittaus merkittiin muistiin, jolloin laskemalla saatiin myös tietää kevätpuun määrä säteen pituudesta. Mittaus toimitettiin 1/10 mm:n tarkkuudella, mutta varsin vakavaa hankaluutta ja kärsivällisyyden koettelemusta tuotti kevät- ja kesäpuun rajan määrittäminen tuoreessa puussa talvipakkasessa, missä kylmän tuntu hypisteli peittämättömiä sormia. Milloin vuosilustot näyttivät paljaalle silmälle liian vaikeiksi nähdä, oli apuna käytettävä suurennuslasia. Jotta kesäpuun määrä ei kuitenkaan tulisi todellista suuremmaksi, noudatettiin yleensä sääntöä: kernaammin kesäpuuta vähän kuin liian paljon.

Tulokset olivat seuraavat:

Pölkyn n:o <i>Nummer des Blockes</i>	Säteenpituus mm <i>Länge des Radius in mm</i>	Vuosilustoja <i>Jahresringe</i>	Kesäpuuta yht. mm <i>Sommerholz in % in mm</i>	Kesäpuu % säteestä <i>Sommerholz in % des Radius</i>	Kesäpuu % leikkauspinnasta ja kuutiosta <i>Sommerholz in % der Schnittfläche und des Volumens</i>
7 tyvipää <i>Basal</i>	55.5	63	19.9	35.8	37.32
14 latvapää <i>Zopf</i>	44.5	46	12.5	29.0	32.33
62 tyvipää <i>Basal</i>	61.0	52	17.6	28.8	31.90
	161.0		50.0	31.05	33.65

Sittemmin keväällä suoritettu tarkistusmittaus antoi siksi läheisesti samat tulokset, että talvella toimitettu mittaus voitiin katsoa tyydyttävästi suoritetuksi, joskin varovaisuus oli ollut ilmeinen kesäpuun sisärajan määriteltäessä.

Kesäpuumäärä poikkileikkauspinta-alasta laskettiin siten, että jokainen vuosilusto käsiteltiin erillisenä ympyränä, jolloin vuosiluston ulkoreunaan mitatun säteen avulla laskettiin sen ympyrän pinta-ala. Säteen pituudesta vähennettiin kesäpuun määrä, t.s. käytettiin kesäpuun sisärenkaaseen mitatun säteen pituutta, jonka avulla laskettiin tämän ympyrän pinta-ala. Erotus antoi kesäpuun pinta-alan, ollen laskutoimitus seuraava:

Jos jokaisen vuosiluston ulkoreunaan mitatun säteen pituus merkitään jatkuvasti pinnasta ytimeen päin $r_1, r_2, r_3 \dots r_n$ ja vastaavien vuosilustojen kesäpuun leveys merkitään $z_1, z_2, z_3 \dots z_n$, saadaan kesäpuun pinta-ala Z kussakin vuosilustossa seuraavan kaavan mukaan:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \pi r_1^2 - \pi (r_1 - z_1)^2 \\ Z_2 &= \pi r_2^2 - \pi (r_2 - z_2)^2 \\ Z_3 &= \pi r_3^2 - \pi (r_3 - z_3)^2 \\ &\dots \\ Z_n &= \pi r_n^2 - \pi (r_n - z_n)^2 \end{aligned}$$

jolloin $Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$ antavat tulokseksi kesäpuun pinta-alojen summan, jonka suhde koko pinta-alasta sitten lasketaan.

Kaavan sovittamisesta pölkyn n:o 14 latvaleikkaukseen otettakoon tähän ote laskutoimituksesta:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 3.14 \times 44.5^2 - 3.14 \times (44.5 - 0.3)^2 = 83.56 \\ Z_2 &= 3.14 \times 43.6^2 - 3.14 \times (43.6 - 0.4)^2 = 109.02 \\ Z_3 &= 3.14 \times 42.7^2 - 3.14 \times (42.7 - 0.3)^2 = 80.16 \\ &\dots \\ Z_{46} &= 3.14 \times 1.0^2 - 3.14 \times (1.0 - 0.3)^2 = 1.13 \\ Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_{46} &= 2010.61 \end{aligned}$$

Kun koko poikkileikkauspinta-ala $\pi r^2 = 3.14 \times 44.5^2 = 6217.98$, on tästä kesäpuun pinta-alaa 32.33 %.

Samalla tapaa laskettiin pölkkyjen n:ot 7 ja 26 tyvileikkaukset. Laskelmien tarkistelu tapahtui seuraavan LASSILAN käyttämän kaavan mukaan, jolloin eri vuosilustojen kesäpuulle pinnasta ytimeen päin annettiin merkit $z_1, z_2 \dots z_n$ ja kevätpuulle vastaavasti $f_1, f_2 \dots f_n$:

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{2 \pi r + 2 \pi (r - z_1)}{2} \times z_1 \\ z_2 &= \frac{2 \pi (r - z_1 - f_1) + 2 \pi (r - z_1 - z_2 - f_1)}{2} \times z_2 \\ z_3 &= \frac{2 \pi (r - z_1 - z_2 - f_1 - f_2) + 2 \pi (r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2)}{2} \times z_3 \end{aligned}$$

j.n.e.

Laskelman tulos on aivan sama kuin ensin käytetty, mutta on tarkistuksessa varmempi siinä suhteessa, että se ottamalla mukaan kevätpuun määrän varmentaa kunkin vuosiluston ulkoreunaan otetun säteen pituuden. Kaavan sovituksessa edellämäinitun pölkyn n:o 14 latvaleikkauksen laskelmien tarkistukseen otettakoon tähän ote laskutoimituksesta:

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{6.28 \times 44.5 + 6.28 \times (44.5 - 0.3)}{2} \times 0.3 = 83.56 \\ z_2 &= \frac{6.28 \times (44.5 - 0.3 - 0.6) + 6.28 \times (44.5 - 0.3 - 0.4 - 0.6)}{2} \times 0.4 = 109.02 \\ z_3 &= \frac{6.28 \times (44.5 - 0.3 - 0.4 - 0.6 - 0.5) + 6.28 \times (44.5 - 0.3 - 0.4 - 0.3 - 0.6 - 0.5)}{2} \times 0.3 = 80.16 \end{aligned}$$

j.n.e.

Mitä tulee laskettujen kesäpuuprosenttilukujen luotettavuuteen, voidaan niistä sanoa, että ne ovat siksi varovaisesti otettujen mittausten tuloksiin perustuvia, että saatujen suhdelukujen pitäisi varmasti olla riittävät. Jos puun poikkileikkauspinnasta mitataan säteen pituus ytimeestä kesäpuurenkään sisäreunaan, otetaan mittaus yleensä siihen kohtaan, missä kesäpuu alkaa aivan selvästi erottautua kevätpuusta. Raja määritellään silloin selvän kesäpuun tummemman värin perusteella. Kesäpuu ei kuitenkaan erottaudu saman vuosirenkaan kevätpuusta läheskään yhtä jyrkästi kuin eri vuosilustot toisistaan, vaan kevätpuun »ylimeno» kesäpuuksi tapahtuu asteettain. Tätä »ylimenoa» ei paljas silmä erota, eikä sitä vielä herkästi erota muutaman kertainen suurennuskaan, vaan mitataan se kuuluvaksi kevätpuuhun, ja kesäpuuvyöhyke jää vastaavasti pienemmäksi, vaikka ehkä puolet »ylimeno»-vyöhykkeestä pitäisi tulla luetuksi kesäpuuhun.

Parhaiten selvinnee kevätpuun muuttuminen kesäpuuksi ja näiden rajan mittaus kirjoitukseen liitetyistä kuvista, jotka ovat yliopiston metsäteknologisen laitoksen assistentin, metsänhoitaja PAUL WALLDÉNIN ottamat.

Kuvassa 1 on suurennettu kuusipuusta otettu leikkele 5-kertaiseksi. Alkuperäisessä leikkeleessä on kuvassa merkitty kesäpuuvyöhyke mitattu 0.2 mm:n pituiseksi. Ilmeisesti voisi silmiä oikein rasittamalla ajatella vyö-

hykettä hivenen verran leveämmäksi, mutta 0.3 mm tuntui jo olevan liian runsas. Tässä viisikertaa suurennetussa kuvassa tulisi siis kesäpuun leveyden olla 1.0 mm, mutta kuten kuvassa huomataan, näyttää kesäpuun väriero voimakkaammin vaihtuvan vasta 1.2—1.3 mm:n seudulla. Tämän mukaan olisi alkuperäisessä leikkeleessä kesäpuuvyöhykkeen leveys ollut vähintään 0.24 mm.

Kuva 2 esittää saman kohdan 20 kertaa suurennettuna. Jos 0.2 mm kerrotaan 20:llä, pitäisi kuvassa kesäpuuvyöhykkeen olla 4.0 mm, mutta kuten, huomataan tapahtuu jyrkempi värinmuutos vasta 6.0 mm:n kohdalla, missä soluseinät jo ovat huomattavan vahvat. Tämän suurennuksen mukaan olisi kesäpuun todellinen leveys ollut 0.3 mm.

Kuvassa 3 on leikkeleen merkitty kohta suurennettu 50 kertaa alkuperäisestä. Jos vyöhykkeen leveys olisi ollut 0.2 mm, olisi viisikymmentä kertaa suurennetussa kuvassa vastaava luku 10.0 mm. Kuvassa nähdään kuitenkin ilmeisesti, että kesäpuuvyöhyke on alkamassa jo siinä, missä vyöhykkeen leveys on 16.0 mm. Tämän mukaan olisi alkuperäisen kesäpuurenkaan leveys ollut 0.32 mm, kuten jo kuvasta 2 saattoi päätää.

Nämä esimerkit osottanevat, että paljaalla silmällä ja heikolla suurennuksella mitattaessa sädepituutta ytimeistä kesäpuun sisäreunaan ja täten kesäpuuvyöhykkeen leveyttä, tulos yleensä on todellista kesäpuun leveyttä pienempi, varsinkin, kuten nyt kysymyksessä olevassa tutkimuksessa, missä tarkoitus oli saada määritellyksi varma minimimäärä kesäpuuta.

Näin ollen voidaan pitää varmana, että mitatuissa koepölkyissä kesäpuumäärä on ollut vähintään 33.65 % pölkkyjen kuutiomäärästä. Todennäköisyyslaskelmilla voitaisiin mahdollinen virhelukema oikaista, jolloin kesäpuumäärä siis kasvaisi, mutta lienee parempi pysyä saadussa varmassa luvussa tutkimuksessa, joka tähtää käytännöllisten kysymysten ratkaisuun.

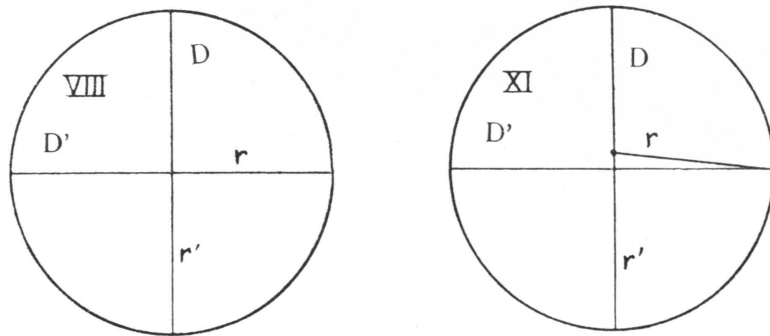
Tutkimustapa.

Varsinainen tutkimus aloitettiin maaliskuun 10 päivänä 1931.

Koska tutkimuksella oli etupäässä tarkoituksena käytäntöön kohdistuvien kysymysten selvittäminen, suoritettiin n.s. raaka työ, puiden kaataminen edelläkävyneen, metsänhoidon vaatimuksia siinä metsikössä vastaan neen leimauksen jälkeen, puiden karsiminen, kuoriminen ja pölkkytys samoja tapoja noudattaen kuin missä hiomopuiden hakkuussa hyvänsä. Työntekijän ei tosin päiväpalkkalaisena tarvinnut pitää kiirettä, vaan suoritti hän työnsä tutkimusten edistymisen mukaan. Ainoastaan poikkileikkauspinnan kohtisuoraan sahaukseen ja pölkkyjen täsmälliseen 100 sm:n pituuteen kiinnitettiin tarkkaa huomiota. Oksien karsimista seurattiin huolella, ettei ulkonevia oksan tynkiä jäisi, mutta tässä suhteessa ei ollut huomauttamisen syytä, sillä karsija teki työnsä jo ennen tunnistetulla ammattitaidolla.

Kun puu oli kaadettu, karsittu ja kuorittu, pölkkytti tekemies sen tapansa mukaan tyvestä lähtien, jonka jälkeen joku tarkemmin ennakoita määrittelemätön pölkky otettiin heti mittauksen alaiseksi. Kun rungot metsikössä olivat pituudeltaan ja rinnankorkeuslähpimitaltaan varsin erisuuruisia ja pölkkyt otettiin milloin mistäkin osasta runkoa, tulivat pölkkyt tällä tapaa otetuiksi myös erilaisilta korkeuksilta maasta lukien. Poikkileikkauspintaan vedettiin puukon lapeterällä viilto pystysuoraan ytimen kautta mahdollisimman mukaan niin, että viilto kulki sekä poikkileikkauspinnan keskipisteen että ytimen kautta. Tämän jälkeen vedettiin toinen viilto kohtisuoraan näin syntyneitä halkaisijaa vastaan sen keskipisteen kautta. Niissä poikkileikkauspintoissa, missä keskipiste ja ydin eivät olleet samat, vedettiin viilto ytimeä vaakasuoran halkaisijan oikeanpuoleiseen päähän säteen merkitsemistä varten. Jottei erehdyistä myöhemmissä mittauksissa voisi syntyä, merkittiin pölkyn numero poikkileikkauspintoihin tehtyjen piirrosten vasemmassa yläkulmassa olevaan sektoriin. Mittauskirjaan merkittiin piirretyt viillot seuraavasti: D = pystysuora halkaisija, D' = vaakasuora halkaisija, r = oikealle suuntautuva säde ja r' = alaspäin suuntautuva säde. Mittausjärjestys oli kaikissa

mittauksissa edellälueteltu. Kuva esittää leikkauspintoihin piirretyt viilot, niiden merkitsemisen ja asennon pölkkyjä käsitellessä.



Piirroksiset esittävät pölkkyjen päihin tehtyjä viiltoja.

Mittaukset suoritettiin teräväkärkisillä piikeillä varustetulla millimetritangolla, joka ennen jokaista mittaustoimitusta verrattiin toiseen metalliseen mittatankoon. Siirrettävien piikkien avulla sai lähilukeman, mutta käyttämällä tangon päässä olevaa transversaaliasteikon ruuvia, saattoi saada millimetrin kymmenesosan lukematarkkuuden.

Kun pölkkyjä kaikkiaan oli leimatuista puista valmistettu vähäsen yli 4 pm³, mitattiin pölkkyt keskeltä poistamalla mittauskohdasta kuorimisen jälkeen jäänyt nilakerros. Läpimitta otettiin puolen sentin tarkkuudella, tasottamalla lukemat ylös- ja alaspäin, rakennettavien koepinojen kiintokuution määräämiseksi. Mitatuista pölkkyistä, joihin sisältyivät myös erikoismittauksiin valitut puut, tehtiin sitten neljä tavantomaista metsäpinoa, »mottia», 15 %:n ylimitalla eli 115 sm:n tasakorkeudella.

Huhtikuun keskipaikkeilla 1931 vedätettiin palstalta paperipuut Lylyn asemalla olevalle varastoalueelle. Koepinojen vedätys tapahtui tarkan valvonnan alaisena, ettei mikään pölkky päässyt putoamaan tai muuten hukkaantumaan ja ettei vahingossakaan vieraita pölkkyjä olisi tullut koepinojen tavaraan sekoitetuiksi. Lylyssä pinottiin pölkkyt joka kohdallaan tasan 2 metrin levyiseen pinoon, jonka pääpuut tuettiin ulkopuolelta käyttämättä minkäänlaisia pinon sisään sovitettuja siteitä. Pino sijoitettiin varastoalueen keskikohdalle samalta hankintatyömaalta vedätettyjen pinojen reunaan siten, että pinon pohjoinen sivu oli varastoalueen »sivukatua» vastassa ja eteläpuoleinen sivu noin 80 sm:n päässä lähimmästä pinosta. Koska sijoituksella oli oleva tärkeä merkityksensä seurattaessa

pinon kuivumisvaiheita, tahdottiin tällä tapaa sovittaa pino niin, että se vain osittain oli aukeaa vastassa, osittain suljetussa asennossa siten vastaten jonkinlaista keskiarvoa varastoiduista paperipuista.

Seuranneen toukokuun 26 päivänä suoritettiin ensimmäinen mittaus varastoalueella eli siis järjestyksessä toinen. Mittauksesta ei kuitenkaan ollut muuta tulosta kuin toteaminen, että mitään yleistä muutosta ei pölkkyjen kutistumiseen nähden ollut havaittavissa. Tosin saattoi huomata pinon yläosassa olleiden pölkkyjen etelään päin sijainneissa poikkileikkauspintojen halkaisijoissa aivan vähäisiä mittavähennyksiä talvisista luvuista, mutta samojen pölkkyjen pohjoiseen olevat päät olivat muuttumattomina. Kevätauringon aikaansaamaa pintakovettuneisuutta saattoi jo havaita pinon päällimmäisissä pölkkyissä. Niinkään saatettiin pitää todennäköisenä, että puista oli tuntuvasti poistunut irtonaista vettä, mutta ei vielä niin runsaasti, että kutistuminen olisi alkanut. — Tällöin suoritettun mittauksen yhteydessä todettiin lisäksi, että pölkkyissä n:ot 11 ja 14 oli talvella toimitetussa ensimmäisessä mittauksessa joko mittaus ollut virheellinen tai lukema merkitty virheellisesti muistiin, jonka havainnon jälkeen kysymyksessä olevat pölkkyt jäivät jatkuvista tutkimuksista pois virheellisiin kohtiin nähden.

Syksyllä lokakuun 12—13 päivinä suoritettiin järjestyksessä kolmas mittaus. Tulokset olivat tällöin jo toiset kuin aikaisemmissa. Jokaisessa pölkkyssä, pinossa olevasta sijoituksestaan huolimatta, oli tapahtunut kutistumista. Mittaukset merkittiin muistiin, mutta laskelmia kutistumisen suuruudesta ei vielä tehty. Mainittakoon tässä yhteydessä, että lokakuun 10 päivänä suoritettiin pinon korkeusmittaus ja että pölkkyjen mittauksen yhteydessä pino rakennettiin uudelleen senvuoksi, että osa pölkkyistä punnittiin erästä toista tämän tutkimuksen ulkopuolella olevaa tarkoitusta varten.

Kun sitten helmikuussa 1932 tutkimuksen alainen tavara yhdessä samalta hankinnalta toimitettujen paperipuiden kanssa joutui sen ostajan G. A. Serlachius Aktiebolag'in haltuun ja siirretyksi yhtiön metsänhoitajien toimesta ystävällisesti järjestetyn valvonnan alaisena M ä n t t ä n, missä tutkimusainehisto heti erotettiin muista paperipuista erilleen jatkuvaa tutkimusta varten, suoritettiin neljäs ja viimeinen mittaus maaliskuun 16 päivänä 1932 Mäntän paperitehtaalla. Tämä mitaustulos osoitti, pieniä poikkeuksia lukuunottamatta, että pääasiallinen kutistuminen oli jo tapahtunut kesän kuluessa, koska vähenevään suuntaan tapahtunut muutos oli vain joissakin pölkkyissä sen jälkeen havaittavissa ja sekin varsin pieni. Useimmat mittaukset antoivat kymmenes-

millin tarkkuudella samat tulokset kuin lokakuussa. Eräissä pölkyissä todettiin halkaisijan suuntaan tapahtunut lisäys, joskin mitättömän pieni.

— Mittauksen jälkeen joutuivat puut heti kuorimakoneeseen.

Pölkkyjen akselin suuntaan tapahtuvaa pituuden lyhenemistä ei tämän tutkimuksen yhteydessä ole otettu mittauksien kohteeksi, koska useiden tutkijoiden niin luonnossa kuin laboratorioissa suorittamien mittausten perusteella tämä lyheneminen on siksi pieni, 0.08—0.10 %, ettei sitä paperipuupölkyn kutistumista käytännöllisenä kysymyksenä ratkaistaessa tarvitse ottaa huomioon.

Kuivumisesta aiheutuva kutistuminen.

Halkaisijan lyheneminen.

Jos puun poikkileikkauspinnassa jokainen vuosilusto olisi säännöllinen ympyrä ja vuosirenkaiden leveydet tasaisesti yhtäsuuret ja jos lisäksi kesäpuun leveys jokaisessa vuosilustossa olisi sama, kutistuisivat epäilemättä eri kohdista mitatut säteet samassa suhteessa. Kun kuitenkin ei näin ole todellisuudessa laita, vaikka useasti näkeekin verrattain säännöllisiä sisäkkäisiä vuosirengasympyröitä, vaan vuosilustot vaihtelevat varsin huomattavasti ja eroavat toisistaan niin leveytensä kuin kesäpuumääränsäkin suhteen sekä koko vuosirenkaan pituudelta että erittäinkin paikallisilta kohdilta, on selviö, että eri kohdilta mitatut säteet kutistuvat eri tavalla noudattaen yksinomaan omia kutistumismahdollisuuksiaan. Koska halkaisijat noudattavat samaa lakia, seuraa siitä, että tutkimuksessa saman poikkileikkauspinnan kaksi toisiaan vastaan kohtisuoraan mitattua halkaisijaa voidaan pitää irrallisina tekijöinä ja osina kokonaisuudesta. Sitä suuremmalla syyllä ovat saman pölkyn eri poikkileikkauspintojen halkaisijat toisistaan riippumattomia tekijöitä tutkimuksessa. Näin on jokaisesta pölkystä saatu neljä erillistä mittausta ja 29 pölkystä (n:o 11 jäänyt pois) on saatu kaikkiaan 116 halkaisijaa, joiden suhteen suoritettut mittaukset 10/3—1931 ja 16/3—1932 antoivat seuraavat tulokset:

Latvaleikkaus. — Zopfschnitt.

Pölkyn n:o No. des Blockes	10/3—1931			16/3—1932			Kutistuminen Schwindmass	
	D mm	D' mm	$\frac{D+D'}{2}$	D mm	D' mm	$\frac{D+D'}{2}$	mm	%
1	97.6	100.6	99.10	95.1	99.2	97.15	1.95	1.96
2	103.2	103.8	103.50	101.3	101.5	101.40	2.10	2.02
3	98.5	104.0	101.25	96.8	102.0	99.40	1.85	1.82
4	110.5	108.5	109.50	109.5	106.3	107.90	1.60	1.46
5	105.5	108.0	106.75	103.6	107.5	105.55	1.25	1.17
6	170.5	179.5	175.00	168.5	177.8	173.15	1.85	1.05
7	102.5	100.3	101.40	99.9	98.5	99.20	2.20	2.16
8	109.0	102.0	105.50	106.9	100.1	103.50	2.00	1.89
9	101.3	100.0	100.65	99.3	98.9	99.10	1.55	1.50
10	99.7	102.0	100.85	97.2	101.0	99.10	1.75	1.73
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	101.0	99.0	100.00	98.5	97.8	98.15	1.85	1.85
13	139.0	140.3	139.65	138.2	138.1	138.15	1.50	1.07
14	103.0	101.3	102.15	100.7	99.3	100.00	2.15	2.10
15	102.0	105.0	103.50	100.8	103.4	102.10	1.40	1.35
16	105.0	105.0	105.00	102.3	102.5	102.40	2.60	2.47
17	105.5	111.5	108.50	103.9	109.5	106.70	1.80	1.65
18	103.7	104.5	104.10	102.2	103.0	102.60	1.50	1.44
19	122.0	115.5	118.75	120.3	114.0	117.15	1.60	1.34
20	100.7	100.0	100.35	100.0	99.5	99.75	0.60	0.59
21	106.0	102.3	104.15	104.9	100.6	102.75	1.40	1.33
22	106.5	101.0	103.75	106.0	100.6	103.30	0.43	0.24
23	107.3	105.5	106.40	106.9	104.0	105.45	0.95	0.89
24	126.5	128.5	127.50	125.9	127.6	126.30	1.30	0.94
25	92.5	101.5	97.00	90.7	100.8	95.75	1.25	1.28
26	105.5	107.5	106.50	105.0	107.1	106.15	0.35	0.32
27	152.5	151.5	152.00	150.9	149.6	150.25	1.75	1.15
28	96.0	101.7	98.85	93.5	99.1	96.30	2.55	2.57
29	97.0	99.0	98.00	94.8	97.3	96.05	1.95	1.99
30	174.0	161.0	167.50	171.0	159.1	165.10	2.40	1.43
	3244.0	3250.3	3247.15	3193.7	3205.8	3199.85		

39.6 Kuusipaperipuun kutistumisesta ja kutistumisen osuudesta pinon painumiseen. 21

Tyvileikkaus. — Basalschnitt.

Pölkyn n:o No. des Blockes	10/3—1931			16/3—1932			Kutistuminen Schwindmass	
	D mm	D' mm	$\frac{D+D'}{2}$	D mm	D' mm	$\frac{D+D'}{2}$	mm	%
1	108.1	111.1	109.60	106.3	109.0	107.65	1.95	1.77
2	111.3	112.3	111.80	109.6	110.0	109.80	2.00	1.78
3	108.5	113.5	111.00	107.0	113.0	110.00	1.00	0.90
4	121.5	121.5	121.50	120.5	120.5	120.50	1.00	0.82
5	120.0	113.5	116.75	120.0	112.5	116.25	0.50	0.42
6	189.0	179.5	184.25	186.3	178.6	182.45	1.80	0.97
7	109.2	105.3	107.25	106.4	104.1	105.25	2.00	1.86
8	114.5	113.8	114.15	112.8	110.6	111.70	2.45	2.14
9	111.6	111.5	111.55	109.1	109.1	109.10	2.45	1.79
10	119.0	112.0	115.50	118.0	111.0	114.50	1.00	0.86
11	—	—	—	—	—	—	—	—
12	108.5	111.5	110.00	108.6	108.1	108.35	1.65	1.50
13	141.0	142.0	141.50	139.7	140.9	140.30	1.20	0.84
14	110.5	108.0	109.25	105.5	109.0	107.25	2.00	1.83
15	112.5	115.0	113.75	110.0	113.3	111.65	2.10	1.84
16	109.1	109.0	109.05	108.5	108.0	108.25	0.80	0.73
17	119.0	113.5	116.25	116.5	112.8	114.65	1.60	1.37
18	109.0	114.3	111.65	107.2	112.2	109.50	2.15	1.92
19	130.0	122.5	126.25	128.3	121.9	125.10	1.15	0.91
20	104.7	104.0	104.35	102.8	102.6	102.70	1.65	1.58
21	107.5	111.5	109.50	106.0	110.0	108.00	1.50	1.36
22	116.0	117.5	116.75	115.0	116.3	115.65	1.10	0.94
23	118.0	115.7	116.85	116.1	114.3	115.20	1.65	1.41
24	137.3	131.0	134.15	135.2	128.2	131.70	2.45	1.80
25	106.0	115.5	110.75	104.8	113.5	109.15	1.60	1.44
26	119.3	114.0	116.65	118.0	112.6	115.30	1.35	1.15
27	154.5	154.3	154.40	150.9	149.6	150.25	4.15	1.68
28	110.0	110.0	110.00	107.6	108.0	107.80	2.20	2.00
29	107.0	115.5	109.25	105.4	111.0	108.20	1.05	0.96
30	179.5	172.5	176.00	178.3	171.5	174.90	1.10	0.62
	3512.1	3487.3	3499.70	3460.4	3442.2	3451.10		

Näin suoritettujen mittausten perusteella voidaan paperipuupölkkyjen halkaisijoiden kutistuminen pölkkyjen kuivuttua tuoreesta ilmakuivaan tilaan laskea seuraavasti:

Tuore tavara: 10/3—31, latvaleikkaus	<i>D</i>	3244.0	
<i>Frisch</i>	<i>Zopfschnitt</i>		
	»	<i>D'</i>	3250.3
	tyvileikkaus	<i>D</i>	3512.1
	<i>Basalschnitt</i>		
	»	<i>D'</i>	3487.3
			13493.7 mm.
Ilmakuiva: 16/3—32, latvaleikkaus	<i>D</i>	3193.7	
<i>Luftrocken</i>	<i>Zopfschnitt</i>		
	»	<i>D'</i>	3205.8
	tyvileikkaus	<i>D</i>	3460.4
	<i>Basalschnitt</i>		
	»	<i>D'</i>	3442.2
			13302.1 »
Erotus, kutistuminen	<i>Differenz, Schwindmass</i>		191.6 mm.

Tuoreesta tavarasta mitattujen halkaisijoiden yhteenlaskettu pituus oli siis 13493.7 mm ja näiden kutistumismäärä oli 191.6 mm, mikä prosentteissa lausuttuna tekee 1.42 %.

Pysty- ja vaakasuorien halkaisijoiden sekä näiden keskiarvojen kutistumisprosentit olivat seuraavat:

Latvaleikkauksen kutistumisprosentti	<i>D</i>	1.550 %
<i>Schwindmassprozent des Zopfschnittes</i>	<i>D'</i>	1.369 »
	$\frac{D+D'}{2}$	1.459 »
Tyvileikkauksen kutistumisprosentti	<i>D</i>	1.472 %
<i>Schwindmassprozent des Basalschnittes</i>	<i>D'</i>	1.293 »
	$\frac{D+D'}{2}$	1.382 »

joiden keskiarvo, *Mittelwert* $\frac{1.459 + 1.382}{2} = 1.42$ %.

Pienin on halkaisijoiden kutistuminen ollut pölkyn n:o 22 latvaleikkauksessa: 0.24 %, ja suurin n:o 27 tyvessä: 2.68 %.

Säteen lyheneminen.

Pyöreän puun poikkileikkauspinnan kutistumisesta johtuvan pinta-alan vähenemisen laskemisessa antaa säteen mittausta varmaan lähinnä oikeamman tuloksen kuin halkaisijan lukuarvoja käytettäessä. Tämä siitä syystä, ettei säteeseen vaikuta tangentin suuntaan tapahtuvasta kutistumisesta aiheutuva pintahalkeileminen eikä tästä syystä mahdollisesti esiintyvä halkaisijan suoraviivaisuudesta poikkeaminen. Tosin tämä poikkeaminen on mitättömän pieni, mutta saattaa se jossain tapauksessa aiheuttaa kuitenkin virhelukeman. Tutkimuksen alaisissa pölkkyissä ei onnellisen sattuman johdosta merkittäviä poikkeamia sattunut.

Ajatella voidaan, että koska mitattu säde on puolet siitä mitatusta halkaisijasta, jonka toisena puolikkaana on sama säde, säteen ja halkaisijan kutistumissuhteet kävisivät täysin yksiin. Näin ei kuitenkaan ole asian laita, sillä halkaisijan toisen puolikkaan vaikutus voi olla joko positiivinen tai negatiivinen riippuen puun rakenteesta. Näin ollen ei suinkaan halkaisijoiden avulla suoritettuja kutistumismittauksia välttämättä anna samaa tulosta kuin säteiden avulla suoritettuja mittauksia. Huomatavan suurta eroavaisuutta ei näissä kuitenkaan voi olla, koska tässäkin »virheet tasoittavat toisensa».

Sädemittausten varmuuteen nähden havaittiin jo toukokuussa ja vielä paremmin lokakuussa, etteivät tulokset tulisi olemaan yhtä varmat kuin halkaisija-mittauksissa. Ensimmäisessä talvella suoritettussa mittauksessa oli helppoa sovittaa mittatangon kärki ytimen keskelle, mutta sittemmin puiden kuivuttua oli useissa tapauksissa ytimen kohdalla vain kuivunut reikä. Säteiden mittaukset muodostuivatkin tämän vuoksi varsin vaivalloisiksi ja aikaa vieviksi, sillä mittatangon kärjen sovittaminen ydin-aukon keskipisteeseen ja sitten sen kiinnittäminen lukemaa varten ydin-aukon reunaan vaati herkkää kättä. Joka leikkauksessa ei luonnollisesti tarvinnut näin tehdä, sillä eräissä pölkkyissä näkyi vielä ydinaineesta edellisestä mittauksesta mittakärjen jälki. Jo uudistettuja mittauksia suoritettaessa heräsi epäily, että lyhenemistulokset tulisivat osottamaan säteissä liian suuria lukuja. Tämän epäilyksen selvittämiseksi on paikallaan tarkemmin selostaa mittaustapaa.

Kun mittatangon päässä oleva O:aan asetettu piikki oli sovitettu ytimen kohdalle ja tangon liukuva piikki kiinnitetty säteen pituutta vastaavaan kohtaan yhden millin tarkkuudella, oli tämä jälkimäinen piikki kiinnitettävä puun ulkoreunan kohdalle siksi aikaa kuin ytimen keskipistettä etsittiin. Piikin kiinnitys puuhun ei mitenkään voinut tapahtua niin ke-

vyesti, ettei pientä painumaa olisi syntynyt. Kun sitten lukema näytti varmalta ja piikit oli ruuveilla kiinnitetty sekä suoritettiin kevyesti tarkistus, ei silmä voinut erottaa kymmenes millin eroa, joka mahdollisesti oli olemassa mittauksessa. Uudistamalla »nonius»-ruuvin käyttöä olisi mittaus-tulos käynyt ehkä vielä epävarmemmaksi, jonka vuoksi aina ensimmäinen lukema merkittiin muistiin antamatta epäilyksille tilaa. Itse tuloksiin nähden täytyy joka tapauksessa katsoa sädemittausten kutistumista edelläselostettua taustaa vastaan.

Talvella suoritettussa ensimmäisessä mittauksessa tapahtuneen virhemittauksen tai -lukeman vuoksi on pölkky n:o 14 jätetty huomioonotta-matta laskuissa, joten mitattuja pölkkyjä on ollut 29 ja säteiden yhteinen luku siis 116.

Mittaustulokset olivat 10/3—1931 ja 16/3—1932 seuraavat:

Latvaleikkaus. — *Zopfschnitt*.

Pölkyn n:o No. des Blockes	10/3—1931			16/3—1932			Kutistuminen <i>Schwindmass</i>	
	<i>r</i> mm	<i>r'</i> mm	$\frac{r+r'}{2}$	<i>r</i> mm	<i>r'</i> mm	$\frac{r+r'}{2}$	mm	%
1	48.2	51.4	49.80	47.2	50.3	48.75	1.05	2.19
2	49.9	51.7	50.80	49.1	51.5	50.30	0.50	0.98
3	50.0	49.0	49.50	49.6	48.5	49.05	0.45	0.91
4	56.5	52.0	54.25	56.2	51.1	53.65	0.60	0.10
5	56.0	52.5	54.25	54.9	52.0	53.45	0.80	1.47
6	89.0	93.3	91.15	87.9	92.0	89.95	1.20	1.32
7	54.0	49.5	51.75	53.4	48.4	50.90	0.85	1.64
8	55.0	51.0	53.00	54.0	50.1	52.05	0.95	1.79
9	48.3	52.6	50.45	47.1	52.1	49.60	0.85	1.68
10	47.0	48.7	47.85	45.1	48.2	46.65	1.20	2.51
11	65.0	74.0	69.50	63.2	73.1	68.15	1.35	1.94
12	50.0	50.3	50.15	49.2	49.7	49.45	0.70	1.39
13	67.5	69.5	68.50	66.4	68.4	67.40	1.10	1.61
14	—	—	—	—	—	—	—	—
15	48.5	54.0	51.25	47.5	53.2	50.35	0.90	1.76
16	49.0	57.0	53.00	48.0	55.5	51.75	1.25	2.36
17	51.0	56.0	53.50	49.9	54.5	52.20	1.30	2.43
18	52.0	82.0	57.00	50.8	60.9	55.85	1.15	2.02
19	57.5	57.5	57.50	57.0	57.0	57.00	0.50	0.87
20	51.0	51.3	51.15	49.8	50.9	50.35	0.80	1.56
21	53.3	50.0	51.65	52.9	49.2	51.05	0.60	1.16
22	55.0	51.5	53.25	55.0	51.0	53.00	0.25	0.47
23	52.5	53.0	52.75	52.0	51.3	51.65	1.10	2.09
24	64.0	62.0	63.00	63.2	61.0	62.10	0.90	1.43
25	45.3	47.0	46.15	45.0	46.1	45.55	0.60	1.30
26	54.5	54.3	54.40	53.5	53.5	53.50	0.90	1.65
27	71.5	80.0	75.75	71.0	79.0	75.09	0.75	0.99
28	48.0	55.3	51.65	47.1	54.2	50.65	1.00	1.85
29	45.5	50.0	47.75	45.1	48.0	46.55	1.20	2.53
30	90.5	87.3	88.90	88.8	86.1	87.45	1.45	1.63
	1625.5	1673.7	1649.60	1599.9	1646.8	1623.85		

Tyvileikkaus. — Basalschnitt.

Pölkyn n:o No. des Blockes	10/3—1931			16/3—1932			Kutistuminen Schwindmass	
	r mm	r' mm	$\frac{r+r'}{2}$	r mm	r' mm	$\frac{r+r'}{2}$	mm	%
1	53.3	57.5	55.40	52.3	56.0	54.15	1.25	2.26
2	59.0	54.0	56.50	56.8	53.7	55.25	1.25	2.21
3	60.0	56.1	58.05	59.0	55.8	57.40	0.65	1.12
4	60.2	62.0	61.10	59.5	61.0	60.25	0.85	1.39
5	55.5	59.0	57.25	54.5	58.3	56.40	0.85	1.49
6	94.0	95.7	94.95	92.3	94.8	93.55	1.30	1.37
7	55.5	56.2	55.85	54.4	54.8	54.60	1.25	2.24
8	57.0	54.0	55.50	55.7	52.8	54.25	1.25	2.25
9	55.5	59.5	57.50	54.0	59.0	56.50	1.00	1.74
10	59.5	55.5	57.50	59.0	54.2	56.60	0.90	1.57
11	73.5	79.5	76.50	72.3	79.0	75.65	0.85	1.11
12	55.5	58.3	56.90	55.0	57.0	56.00	0.90	1.58
13	70.3	67.0	68.65	69.7	66.0	67.85	0.80	1.17
14	—	—	—	—	—	—	—	—
15	53.0	56.3	54.65	52.0	55.0	53.50	1.15	2.10
16	54.0	59.5	56.75	53.5	59.1	56.30	0.45	0.79
17	59.0	55.5	57.25	57.2	54.6	55.90	1.35	2.36
18	52.7	59.2	55.95	52.1	58.8	55.45	0.50	0.89
19	67.3	64.0	65.65	66.7	63.2	64.95	0.70	1.07
20	51.0	58.1	54.55	49.9	56.5	53.20	1.35	2.47
21	50.5	60.0	55.25	50.3	59.5	54.90	0.35	0.63
22	57.0	59.0	58.00	56.6	58.6	57.60	0.40	0.69
23	57.5	57.5	57.50	56.2	57.2	56.70	0.90	1.57
24	70.0	68.0	69.00	68.8	67.3	68.05	0.95	1.38
25	50.7	53.0	51.85	50.0	52.2	51.10	0.75	1.45
26	61.0	56.5	58.75	60.6	54.8	57.70	1.05	1.79
27	76.5	77.5	77.00	74.5	75.3	74.90	2.10	2.73
28	57.0	58.5	57.75	56.0	56.3	56.15	1.60	2.77
29	54.5	58.3	56.40	54.2	57.0	55.60	0.80	1.42
30	85.5	100.5	93.00	85.0	99.5	92.25	0.75	0.87
	1766.0	1815.7	1790.85	1738.1	1787.3	1762.70		

Säteiden yhteinen kutistuminen voidaan näiden mittaustulosten perusteella laskea seuraavasti:

Tuore tavara: 10/3—31, latvaleikkaus r 1625.5

Frisch

Zopfschnitt

» r' 1673.7

tyvileikkaus r 1766.0

Basalschnitt

» r 1815.7 6880.9 mm

Ilmakuiva: 16/3—32, latvaleikkaus r 1599.9

Luftrocken

Zopfschnitt

» r' 1646.8

tyvileikkaus r 1738.1

Basalschnitt

» r 1787.3 6772.1 »

Erotus, kutistuminen, Differenz, Schwindmass, 108.8 mm.

Tuoreen tavaran säteiden yhteenlaskettu pituus oli siis 6880.9 mm ja niiden yhteinen kutistuminen 108.8 mm, mikä prosentissa lausuttuna tekee 1.58 %.

Eri säteiden kutistumisprosentit olivat seuraavat:

Latvaleikkauksen kutistumisprosentti r 1.575 %

Schwindmass prozent des Zopfschnittes r' 1.607 »

$\frac{r+r'}{2}$ 1.591 »

Tyvileikkauksen kutistumisprosentti r 1.580 %

Schwindmassprozent des Basalschnittes r' 1.564 »

$\frac{r+r'}{2}$ 1.572 »

joista keskiarvo, *Mittelwert*, $\frac{1.591+1.572}{2} = 1.58$ %.

Pienin pinta-alan kutistuminen on ollut pölkyn n:o 22 latvaleikkauksessa 0.47 % ja suurin pölkyn 28 tyvessä 2.77 %.

Kuten huomataan, on sädemittauksen antama kutistumissuhde 1.58 % tuntuvasti suurempi kuin halkaisijoiden kutistuminen 1.42 %. Lukujen eroavaisuus ei tosin ole ihmeellisen suuri, mutta huomioonottaen sen, mitä aikaisemmin on sanottu sädemittauksen vaikeudesta tässä tutkimuksessa,

on tulos varsin ymmärrettävä. Jos uudistetussa sädemittauksessa mittakärjen painaminen pölkyn ulkoreunaan ja ytimen keskipisteen määräämisen epävarmuus olisi aiheuttanut keskimäärin 1/10 mm:n mittavirheen — mikä on hyvin luultavaa — siten, että kutistuminen on tullut liian suureksi ja tämä virhe sovitettaisiin tuloksiin lisäämällä 116 säteen mittaan 0.1 mm, vähenisi mittausten ero vastaavasti luvulla 11.6 ja eroksi jäisi vain 97.2 mm. Kutistumisprosentti olisi tällöin 1.41 %, mikä vastaisi käytännöllisesti katsoen miltei tarkkaan halkaisijoiden kutistumismäärää.

Tilavuuden pieneneminen.

Pölkkyjen tilavuuden vähenemistä laskettaessa näiden kuivuttua tuoreesta ilmakuivaan tilaan käytetään seuraavassa vain halkaisijoiden mittauksista saatuja lukuarvoja. Jakamalla eri mittauksissa saatujen halkaisijoiden yhteenlasketut pituudet halkaisijoiden luvulla, saadaan koepölkkyjen keskiläpimitat, tuoreena ja ilmakuivana, joista saadaan niiden kutistumissuhde.

$$\text{Tuore tavara} = D_1 = 13493.7 : 116 = 116.32 \text{ mm}$$

$$\text{Ilmakuiva} = D_2 = 13302.4 : 116 = 114.67 \text{ »}$$

$$\text{Erotus, kutistuminen} = 1.65 \text{ mm} = 1.42 \% D_1\text{:stä.}$$

Laskemalla näiden keskiläpimittojen mukaan D_1 :n ja D_2 :n pinta-alat saadaan kaavalla $\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi D_2^2}{4}$ pinta-alojen kutistumismäärä selville. Tilavuuden kutistuminen on tällöin sama kuin keskiläpimittojen mukaan laskettujen pinta-alojen kutistuminen.

$$\frac{3.14 \times 116.32^2}{4} - \frac{3.14 \times 114.67^2}{4} = 10621.32 - 10322.13 = 299.19. \text{ Kutistuminen}$$

tuoreesta ilmakuivaan tilaan on ollut 2.81 %.

Kuten huomataan on tilavuuden kutistuminen siis pyöreän luvuin kaksi kertaa niin suuri kuin vastaavien halkaisijoiden kutistuminen.

Pienin yksityisen pölkyn tilavuuden kutistuminen oli n:ossa 22 1.39 % ja suurin n:ossa 28 4.50 %.

Kuivumisen jälkeinen kosteusmäärä.

Käytännöllisistä syistä ei tutkimuksen yhteydessä ollut mahdollista seurata koepölkkyjen paino-vaihteluja eikä määrätä niiden kosteussuhteita eri kuivumisasteissa. Mutta kun oli tärkeätä saada tietää koepölkkyjen kosteussuhteet viimeisen mittauksen aikana, jolloin siis tavara katsottiin käytännöllisesti ilmakuivaksi, suoritti Mäntän paperitehtaan insinööri G. TALLGREN ystävällisesti vesipitoisuuden määrittelyn. Hänen ilmoituksensa mukaan oli kosteusmäärä kokonaispainosta 15.83 %.

Eräitä vertailuja aikaisempiin kuusen kutistumistutkimuksiin.

Täysin verrannollisia tietoja puolipuhaiden, 1-metrinen hiomopuiden kutistumisesta ei metsä- ja puutavarakirjallisuudessa löydy kirjoittajan tietämän mukaan. Puun kutistumista ja erikoisesti tämän tutkielman kannalta kuusipuun kutistumista on tosin tutkittu varsin runsaasti, mutta käsittelevät nämät pääasiassa pieniä laboratorioskappaleita. On varsin huomattava ero tuloksissa, jos kutistumista tutkitaan pyöreässä pölkkyssä tai pölkystä otetun pienen leikkeleen avulla. Pyöreässä puussa, missä ydin on ympyrän keskipisteessä, tapahtuu kutistuminen tasaisesti keskipistettä kohti, mutta esim. leikkeleessä, joka on otettu ytimen ja pinnan väliltä, tapahtuu kutistuminen vapaasti säteen suuntaan leikkeleen poikkileikkauspinnan keskiviivaa kohti. Pienessä laboratorioskappaleessa ei ole niitä vastustavia tekijöitä, jotka vaikuttavat pyöreässä pölkkyssä. Tämän vuoksi pienet leikkeleet kykenevät kutistumaan enemmän kuin pyöreä pölkky vesipitoisuuden ollessa samoissa suhteissa. Näin ollen ei pyöreän pölkyn kutistumista arvosteltaessa voida käyttää pieniä palikoita tutkittaessa saatuja kutistumislukuja, sillä ne ovat tähän tarkoitukseen liian suuret.

Puun kutistumisesta eri kosteusvaiheissa on olemassa tarkkoja lukutietoja, joista kuitenkin puuttuu edelläesitettyjen syiden perusteella vertailupohja tähän tutkimukseen. Käytännössä — puutavarakaupoissa ja luovutusmittauksissa — on varsin usein vedetty esiin näitä lukuja. Onpa lisäksi usein sattunut, että »väittäelyjen» lähtökohdaksi on otettu täysin kuivan puun kutistuminen sen perusteella, mitä tutkijoiden laboratorioskokeet palikoista ovat antaneet, ja oletettu, että koska täysin kuiva puu kutistuu 10—13 % alkuperäisestä tilavuudestaan, täytyy ilmakuivankin puun kutistumisen olla ainakin yli puolen tästä.

JANKA on tutkinut varsin paljon kutistumisilmiöitä ja siihen vaikuttavia tekijöitä eri olosuhteissa. Niinpä hänen tutkimuksensa uittamattoman, suolaisessa vedessä uitetun ja suolattomassa vedessä uitetun kuusipuun kutistumisesta ovat varsin kiintoisat, mutta tutkimus on suoritettu pölkkyistä otettujen kiekkojen perusteella siten, että kiekkoista on leikattu

sektoreita 60 asteen kulmassa ja kutistumista seurattu näistä »kolmikulma-leikkeleistä», jotka eivät suinkaan anna samaa tulosta kuin pyöreitä pölkkyjä käytettäessä mittausten kohteina. JANKAN eri puulajeja käsittelevistä laajoista taulukoista otetaan tähän luvut, jotka koskevat kuusi-puun säteen pituuden kutistumista lausuttuina prosenteissa ilmakui-vasta pituudesta:

	Sydänpuu	Manto	Keskimäärin
Uittamaton	2.28	2.75	2.51
Uitettu suolattomassa vedessä ..	2.31	2.44	2.38
Uitettu suolaisessa vedessä	2.13	1.94	2.03
Keskimäärin	2.24	2.38	2.31

Näitä sydänpuun ja mannon keskimääräisiä lukuja on HELANDER esittänyt kirjassaan, jotka luvut siis tosiasiallisesti ovat pienemmät kuin uittamattoman puun antamat luvut. Jos tilavuuden kutistuminen on noin kaksi kertaa niin suuri kuin säteen pituuden kutistuminen, tulisi kuution kutistumisluvuksi lähes 5 %. Nämät luvut eivät siis sovellu pyöreän puun kutistumista arvosteltaessa.

EKMANIN y.m. tutkimuksista, jotka koskevat tilavuuden vähenemistä kuusessa eri kosteusasteissa verrattuna täysin kuivan puun tilavuuteen on ARO laskenut kutistumisprosentit verrattuna tuoreen puun tilavuuteen ja saanut seuraavat luvut:

Vesipitoisuus %:na kokonaispainosta	0	5	10	15	25	30	35	40
Kutistumis-% volyympainon ollessa	0.487	11.1	8.5	5.1	2.7	0.9	0.0	0.0

Tässä tutkimuksessa on todettu, että kutistuminen alkaa suunnilleen vesipitoisuuden ollessa 25—30 %:n välissä.

Kuten huomataan, näyttää puun kutistuminen antavan suunnilleen saman tuloksen kuin kirjoittajan saamat tulokset. Vesipitoisuuden ollessa 15 % kokonaispainosta on kutistumisprosentti 2.7 %. JANKAN tutkimusten rinnalla on tulos siis pieni. Vertailu näiden kahden tulosten välillä on vaikeata koska EKMANIN y.m. tutkimuksien koekappaleista ei ole tarkempaa selvitystä, kuten kappaleiden luvusta, suuruudesta y.m. EKMANIN graafilliseen käyrään perustuva tieto ei anna myöskään samaa varmuutta kuin JANKAN luvut.

KNUCHEL on tutkinut m.m. kaatoajan vaikutusta puun ominaisuuksiin ottamalla kokeet pienistä sydän- ja mantopuusta otetuista kappaleista,

ei siis pyöreistä puista sellaisenaan. Tällöin on kutistuminen 15 kuukautta kestäneen varastoinnin aikana ollut sydänpuusta sahatuissa pelkoissa 2.67 % ja mantopuusta sahatuissa 3.60 %. Kokeet ovat käsittäneet kaikkiaan 69 pelkkaa, joiden mitat ovat olleet eri suuria ja jotka ovat olleet varastoidut katoksen alla. Jos sydän- ja mantopuusta otetaan keskiarvo, saadaan kutistumismääräksi 3.18 %. Vesipitoisuus on tällöin ollut 19 % kuiva-ainepainosta eli noin 23 % kokonaispainosta.

Jättämällä selostamatta tämän useampia laboratorioskokeita, joilla ei ole lähempää vertauspohjaa kirjoittajan tuloksiin, on kiintoisampaa tarkata sellaisia tutkimuksia, jotka koskevat luonnossa suoritettuja mittauksia pyöreissä puissa.

FLURY julkaisi vuonna 1921 tutkielman kaatoajan merkityksestä m.m. kuusen kutistumiselle. Hänen tutkimuksensa käsittivät varsin järeitä tavaraa, pääasiassa saha- ja rakennuspuuta. Kuusipölkkyjä oli 36:sta pölkystä tosin vain 9, joista 7:llä rinnankorkeusläpimitta vaihteli 26.6—50.4 sm. Kahden pölkyn rinnankorkeusläpimitta oli 16.7 ja 17.7 sm, jotka siis kokonsa puolesta lähinnä sopivat vertailtaviksi tämän tutkimuksen paperipuupölkkyjen kanssa eritoten, kun ikä sopi yhteen. Puiden laatu näyttää kuitenkin olleen toinen kuin kirjoittajan tutkimassa metsikössä, missä vuosilustojen keskileveys oli alle 1 mm, kun FLURYN riukupuissa niiden leveys oli 1.4 ja 1.8 mm. Kesäpuumäärästä ei liioin ole tässä tutkimuksessa selvyttä. Riukujen pituudet olivat 17.7 ja 17.8 metriä. Tutkimus kesti ensi vaiheessaan käsitellessään pyöreitä puuta 2 1/4—2 3/4 vuotta, jonka jälkeen tutkimus jatkui samoista puista otetuilla sahatuilla kappaleilla. Mittaukset toimitettiin joka metrin päästä.

Tutkimuksissaan pääsi FLURY sellaisiin tuloksiin, että talvella kaadetun puun halkaisija kutistui 2 3/4 vuoden kuluttua 1.4 % ja kesällä kaadetun puun halkaisija 2 1/4 vuoden kuluttua 1.6 %, minkä ajan jälkeen ei minkäänlaista kutistumista ollut todettavissa enää, nähtävästi viimeistä edelliseen mittaukseen vedoten. Niin lähellä kuin varsinkin talvella kaadetun puun mittaustulos onkin kirjoittajan saamiin tuloksiin nähden, on olemassa huomattava varastointiajan ero. Toisaalta ei ole myöskään selvitystä vesipitoisuudesta, joka FLURYLLÄ on voinut olla edullisempi kuin kirjoittajalla, mutta olettaa voi, että puut metsässä varastoituina ovat olleet läheisesti verrannolliset kirjoittajan pölkkyihin, jotka olivat jo metsästä vedätetyt varastoon.

Vuonna 1928 julkaisi FABRICIUS tutkimuksensa tulokset, jotka koskivat pyökin ja kuusen kutistumista, joista tässä selostetaan vain kuuseen

kohdistuneet tulokset. Kaadettuja koepuita oli kaikkiaan 24, jotka jakautuivat tasan kahteen tutkimuspaikkaan. Kummassakin paikassa puut jakautuivat kolmeen vahvuusluokkaan: 40, 30 ja 20 sm:iin rinnankorkeudelta, pituuden vaihdellessa 14.1—27.1 m. Ikä oli puilla toisessa paikassa 77, toisessa 115 vuotta. Kunkin vahvuusluokan neljästä puusta kuorittiin kaksi kahden jäädessä kuorimattomiksi. Lopulta sijoitettiin yksi kuorittu ja yksi kuorimaton puu kuivumaan auringon vaikutuksen alaiseksi, ja samoin toiset kaksi varjoon. Ensimmäinen mittaus toimitettiin huhtikuussa muutamia päiviä kaadon jälkeen. Puun pituuden lyhenemistä ei otettu lainkaan tutkimuksen alaiseksi. Puiden laadusta tai kesäpuumäärästä ei mitään tarkempia selvityksiä ole käytettävissä.

Tutkimuksen tuloksista mainittakoon aluksi, että jo syyskuussa, siis kesän kuivumisen jälkeen, osottivat mittaukset kutistumisen saavuttaneen lähes rajansa, sillä kaikkiaan 15 kuukautta kestäneen kuivumisen aikana eivät tulokset muuttuneet paljoakaan auringossa paremmin kuin varjossakaan varastoiduissa puissa. Mittaukset antoivat kuudesta kuoritusta, auringossa kuivuneesta puusta, joiden keskiläpimitta oli 262 mm, huhtikuusta seuraavan vuoden tammikuuhun keskiläpimitan kutistumisluvuksi 0.76 %. Kutistumisvaihtelut olivat kummastakin kokeilupaikasta otettujen mittausten mukaan eri vahvuusluokissa 0.47—1.07 %. Suurin keskimääräinen kutistuminen oli vastaavana aikana 1.34 %. Tulokset jäävät siis alle kirjoittajan saavuttamien lukujen ja huomattavasti alle FLURYN tulosten, jotka kuitenkin ovat pitemmältä ajalta, pitemmältä kuivuneista puista saatuja. Vesipitoisuuden vertailu antaisi tässä tarkemman selvityksen.

Kummankaan — FLURYN ja FABRICIUS'EN — tutkimukset eivät ole tarkkaan verrattavissa kirjoittajan tutkimuksiin siitäkään syystä, että näiden suorittamat mittaukset ovat otetut määrättyjen välimatkojen päästä puiden rungosta, jotavastoin kirjoittajan mittaukset ovat pölkkyjen päistä, missä kutistuminen on voinut olla suurempi kuin pölkyn keskeltä mitattuna. Mutta huolimatta puiden mittojen, laadun, olosuhteiden ja muiden vaikuttavien tekijöiden eroavaisuuksista, ovat nämä kuitenkin tukemassa toisiaan siinä suhteessa, että pyöreän pölkyn kutistuminen on huomattavasti pienempi kuin puusta otetun leikkeleen antamat kutistumismittaukset osoittavat. Tämän lisäksi osoittavat näiden kahden tiedemiehen tutkimukset sen, että tuoreesta ilmakeivään tilaan kuivuesaana kuusipuu kutistuu säteen suuntaan keskimäärin korkeintaan noin 1.5 %, joten tilavuuden pieneneminen on samoin keskimäärin korkeintaan 3.0 %.

Pölkkyjen kutistumisen osuus koepinon painumisessa.

Koepino.

Siirrettäessä talvella 1931 metsässä tehdyt »motit» Lylyn aseman varastoalueelle rakennettiin, kuten jo aikaisemmin on kerrottu, kahden metrin pituinen pino. Jokainen pölkky, joka oli puhdistettu siihen mahdollisesti tarttuneesta lumesta, asetettiin paikoilleen mahdollisimman hyvin ja tiiviisti. Mitään pakkokeinoja ei pölkkyjen sovittelussa käytetty eikä niitä liioin mitenkään valittu paikalleen asetettaessa, vaan pölkkyt otettiin kuormasta samalla tapaa kuin pinoja yleensä tehtäessä. Pinoamisen huolellisuudella oli tarkoituksena se, että pölkkyt olisivat toisissaan tiiviisti kiinni, ettei mekaanista painumista voisi ilman muuta syntyä sen vuoksi, että »jäniksen juostavat reijät» ajan mittaan painuisivat kiinni. Aluspuut samoinkuin tukipuutkin olivat vankat, jotta pino kokeilujen ajan varmasti seisoi tasaisesti pystyssä.

Kun kaikki metsästä vedätettyjen neljän pinon pölkkyt olivat rakennetut varastopinoksi, mitattiin sen korkeus. Mitta otettiin alhaalta aluspuun tasalta, siis alimpien pölkkyjen alireunasta päällimmäisenä kerroksena olevien pölkkyjen ylireunaan laskemalla näin suoritettujen mittausten keskiarvo, joka oli 223.2 sm. Ylimittaa oli siis 11.6 %.

Neljän metsässä tehdyn »motin» irtomitta 15 %:n ylimitalla oli 4.6 pm³. Varastopinon irtomitta sensijaan oli vain 4.46 pm³.

Kuten aikaisemmin mainittiin, mitattiin jokainen pölkky keskeltä puolen sentin tarkkuudella. Tämän mittauksen mukaan oli 233 pölkyn kiintokuutio 3.671 m³.

Lokakuun 10 päivänä mitattiin pino uudelleen aivan samalla tapaa kuin ensimmäisellä kerralla ja samoilta kohdilta. Tällöin merkittiin keskimääräiseksi korkeudeksi 221.4 sm. Painuminen oli siis kaiken kaikkiaan ollut 1.8 sm. Prosentissa lausuttuna oli painuminen alkuperäisestä korkeudesta vain 0.81 %. Irtomitta oli tänä aikana vähentynyt 4.46 pm³:stä 4.42 pm³:iin. Jos tämä painumisprosentti sovitetaan kiintokuutioon, 3.671 m³:iin, saadaan täten kesäkauden kuivuneen pinon kiintokuutioksi 3.642 m³.

Kutistumisen osuus painumiseen.

Mittausten mukaan oli kaikkien pölkkyjen kiintokuution kutistuminen keskimääräisesti 2.81 %. Koepinon kiintokuutio oli näin ollen todellisuudessa vähentynyt 3.671 m³:stä 3.568 m³:iin.

Pinon painuminen ei ollut näin muodoin läheskään tapahtunut samassa suhteessa kuin pölkkyjen tilavuuden pieneneminen olisi edellyttänyt. Ja kuitenkin on pinon painumisessa ollut myös tekijöinä nilakerroksen kuivuminen ja mekaaninen painuminen. Nämät yhdessä pölkkyjen kutistumisen kanssa ovat aikaansaaneet korkeuden alenemisen, joka ei ole oikeassa suhteessa todellisen kutistumisen, tuskin muidenkaan tekijöiden todellisen vaikutuksen kanssa.

Jos nilakerroksen kuivumista ei lainkaan oteta lukuun ja lisäksi oletetaan, että mekaanista painumista ei olisi tapahtunut, koska pino tätä tarkoitusta varten oli erikoisen tarkkaan rakennettu, olisi painumisen aiheuttanut yksinomaan puiden kutistuminen, jolloin siis voidaan sanoa, että pölkkyt, jotka täyttävät alussa mainitut laatuvaatimukset, aikaansaavat kuivuttuaan pinon korkeudessa noin 0.8 %:n alenemisen.

Oksien estävä vaikutus painumiseen.

On aivan luonnollista, että jos pölkkyt olisivat aivan puhtaat oksista, täytyisi jokaisen pölkyn kutistumisen vaikuttaa pinoon alentaen sen korkeutta oikeassa suhteessa kutistumiseen. Tässä on kuitenkin otettava huomioon edellytys, että pölkkyt vapaasti voivat ilman hankausestettä painua. Koska kuitenkin tiedetään, että puu pituussuuntaansa kutistuu mitättömän vähän, on selvää, että oksat eivät myöskään kutistu pituussuuntaansa, vaan säteen suuntaan. Jos puu siis kutistuukin, eivät oksat seuraa mukana, vaan jäävät paikoilleen. Ja mikä on vielä merkittävämpää, on puun kutistuminen varsinkin suurempien oksien kohdalta aivan mitättömän pieni. Ajateltaessa pölkkyssä karsittujen oksien kärkien kautta vedetyksi vaipan ja sovitettaessa pölkyn puuaineen kutistumissuhdetta tähän huomataan helposti, että vaippatilavuus ilmakeivässä pölkkyssä ei ole muuttunut kuin mahdollisesti mitättömän vähän alkuperäisestä tuoreesta tilavuudestaan. Jos erotusta oksaisen, ilmakeivän paperipuupölkyn vaippatilavuudessa on, on se niin pieni, että sitä ei voi ottaa huomioon käytännössä.

Paitsi oksien ehkäisevää vaikutusta, on vielä muuan toinenkin seikka otettava huomioon. Tuore tavara on märkää ja sen vuoksi ovat pölkkyjen pinnat liukkaita. Kun pölkkyt ovat kuivuneet pinnaltaan, käyvät ne

karheiksi eivätkä enää liu'u toistensa rinnalla samalla tapaa kuin tuoreina. Pintakerrokset kuivuvat nopeammin kuin puu kutistuu, jonka vuoksi pölkkyt eivät kutistuttuaankaan helposti painu toistensa ohi, pinnassa kun aina on sen verran epätasaisuuksia puhumattakaan oksista, jotka »pitävät kiinni». Uudelleen pinottaessa voivat nämät »esteet» muuttaa vaikutustaan sikäli, että uusi pino todella voi jäädä alkuperäistä matalammaksi, jos pinoaminen on täysin samanlaista.

Kuta vähemmän itse puuaine kykenee kutistumaan, sitä enemmän ehkäisevästi vaikuttavat luonnollisesti myös edellämainitut tekijät. Kuta oksattomammat pölkkyt toisaalta taas ovat, sitä enemmän kutistumisella on osuutta pinon alenemiseen.

Loppusanat.

Tutkimus on antanut kuusipaperipuiden kutistumisesta seuraavat tulokset:

1. Puolipuhutuksi kuoritut, 1-metriset, keskiläpimitaltaan noin 116 mm:n vahvuiset kuusipölkkyt, joiden laskettu kesäpuuprosentti on vähintään 33.65 % tuoreen pölkyn poikkileikkauspinta-alasta, kutistuvat maaliskuussa kaadettuina yhden vuoden varastoinnin aikana säteen suuntaan 1.42 % säteen tuoreesta pituudesta ja 2.81 % tilavuudesta kuivuttuaan tuoreesta ilmakuivaan tilaan, jolloin vesipitoisuus on 15.83 % kokonaispainosta. Mikäli kesäpuuprosentti on yllämainittua lukua pienempi, on kutistumisprosentti niinkään vähäisempi.

Edelläolevien tulosten perusteella on tutkimus selvittänyt kutistumisen osuudesta pinojen painumiseen seuraavaa:

2. Pinossa, missä huolellisella ja tiiviillä pinoamisella ulkoapäin tai päältäpäin aiheutuva mekaaninen painuminen on tehty mahdollisimman vähäiseksi, on pinon korkeuden aleneminen huhtikuusta lokakuuhun ollut 0.81 % alkuperäisestä korkeudesta, vaikka yksityisten pölkkyjen keskimääräinen kutistuminen ja tilavuuden pieneneminen on ollut 2.81 %. Ellei pinon painumisessa oteta lainkaan lukuun välttämättä tapahtuvaa vaikka kuinkakin pientä mekaanista painumista ja nilajätteiden kuivumisen aiheuttamaa korkeuden vähenemistä, voidaan tällöin väittää, että pölkkyjen kutistumisesta aiheutuva pinon korkeuden aleneminen on 0.81 %. Ettei pinon aleneminen tapahdu samassa suhteessa kuin pölkkyjen kutistuminen edellyttäisi, on selitetty riippuvan pölkkyissä olevien oksien ja pölkkyjen pintakitkan aiheuttamista estävistä vaikutuksista.

Paperiteollisuuden tarpeiksi on tutkimus selvittänyt:

3. että kasvatushakkauksilla, harventamalla otettujen paperipuu-pölkkyjen kiintokuution väheneminen yhden vuoden varastoimisen jälkeen maaliskuusta maaliskuuhun on ollut niillä edellytyksillä, jotka kohdassa 1) luetellaan, 2.81 %.

Kirjallisuusluettelo.

- ARO, PAAVO: Pinopuutavaran kiinteän kuutiomäärän laskeminen. Tapion julkaisuja. 1929. Helsinki.
- »— Tutkimuksia kuusipaperipuiden ja kaivospölkkyjen kuorimäärästä ja kuorimishukasta. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 14. 1929. Helsinki.
- »— Puun kuivumisen aiheuttaman kutistumisen vaikutus tilastoissa esitettyihin puumääriin. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 14. 1932. Helsinki.
- »— Suomalaisen pinopuutavaran pinotiheys ja sen suuruuteen vaikuttavat tekijät. Yksityismetsänhoitajayhd. vuosikirja VI. 1933. Helsinki.
- BAUR, FR.: Über Gewicht, Wolumen und Wassergehalt des Holzes. Forstwiss. Centralbl. S. 129—145. 1892. Berlin.
- BAUSCHINGER, J.: Ueber die Veränderung der Festigkeit des Nadelholzes nach dem Fällen. Mitt. mechan.-techn. Hochsch. 1887. München.
- CAJANDER, A. K.: Über Waldtypen. A. F. F. 1. 1909. Helsinki.
- »— Metsänhoidon perusteet. I ja II. 1916, 1917. Helsinki.
- EKMÄN, WILH. y.m.: Skogsteknisk Handbok. 1908. Stockholm.
- FABRICIUS, L.: Die Durchmesserschwindung von Fichten- und Buchenstammholz nach der Fällung. Forstwiss. Centralbl. 1928. Berlin.
- FLURY, PHILIPP: Untersuchungen über das Schwindmass des Stammholzes bei der Winter- und Sommerfällung. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen. XI Band, 3. Heft. 1914. Zürich.
- HEIKINHEIMO, OLLI: Einige Beobachtungen über die Aufarbeitung und Verwahrung des Brennholzes. Acta forest. fennica 4. 1915. Helsinki.
- »— Selostus metsätieteellisen koelaitoksen toimesta suoritetuista tutkimuksista, jotka koskevat rautateillä kuletettavien puutavaroiden painoa. Metsätaloud. Aikakauskirja. 1925. Helsinki.
- HELÄNDER, A. BENJ.: Metsänkäyttöoppi. 1918. Porvoo.
- HUFNAGL, HANS: Untersuchungen über die Wertsverminderung von Fichtenstammholz durch die Lagerung. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. H. 2. 1933. Berlin.
- JALAVA, MATTI: Puun kosteuspuutavaran koon ja muodon muutokset. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 18. 1932. Helsinki.
- JANKA, GABRIEL: Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer. I. Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge. Mitt. a. d. forstl. Versuchsw. Österreich XXVIII. 1904. Wien.
- »— Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten. I. Untersuchungen und Ergebnisse in mechanisch-technischer Hinsicht. Mitt. a. d. forstl. Versuchsw. Österreichs. XXXIII. 1907. Wien.
- KINNMÄN, GUNNO: Bestämning av vedens volymvikt. Skogsvårdsf. tidskrift. 1923. Stockholm.

KNUCHEL, H.: Untersuchungen über den Einfluss der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. I. Der Einfluss der Fällzeit auf einige physikalische und gewerbliche Eigenschaften des Holzes. 1930. Bern.

LASSILA, I.: Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta, sen tuloksista ja tehtävistä. Acta forest. fennica 31. 1926. Helsinki.

—»— Metsätyypin vaikutuksesta puun painoon. Acta forest. fennica 36. 1929. Helsinki.

—»— Puun teknilliset ominaisuudet. Maa ja metsä IV. 1930. Porvoo.

LEVÓN, MARTTI: Puun keinotekoinen kuivaaminen. Voima- ja polttoainetal. yhd. julk. 17. 1928. Helsinki.

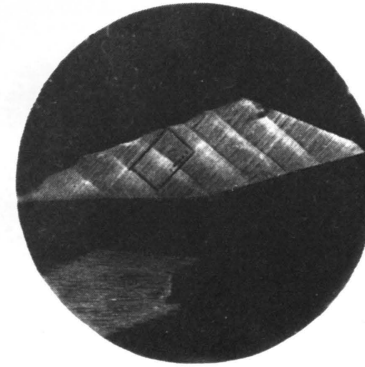
—»— Puun pintakuivuminen ja sen aiheuttamat laatuviat. Tekn. aikakaust. sivut 763—772. 1929. Helsinki.

LUNDBERG, GUSTAF: Torrvolymvikten hos tall- och granved. Skogshögsk. festskr. 1928. Stockholm.

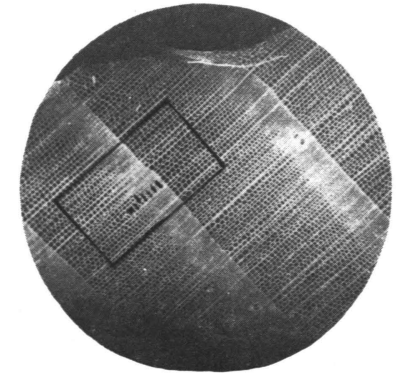
NÖRDLINGER, H.: Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. 1890. Stuttgart.

SAARI, EINO: Suomen paperiteollisuuden puuraaka-aineen käyttö v. 1927—29. Tilastokatsauksia 10.1930. Helsinki.

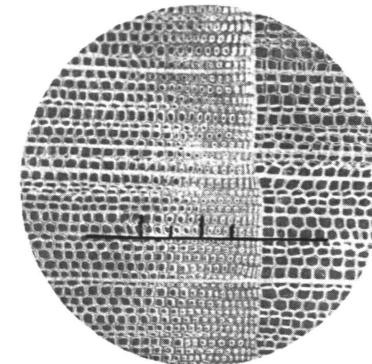
SCHWAPPACH, ADAM: Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. II. Fichte u.a. 1898. Berlin.



Kuva 1.
Abbildung 1.



Kuva 2.
Abbildung 2.



Kuva 3.
Abbildung 3.

Über das Schwindmass des Fichtenpapierholzes und den Anteil des Schwindens an der Verringerung der Stosshöhe.

Referat.

Bei Verkäufen von frischem Holz nach Schichtmass wird gewöhnlich dem zu lagern- den oder schon aufgesetzten Stoss ein Übermass von 5 % gegeben, das darauf beruht, dass das frisch aus dem Walde transportierte und in einem Stoss aufgesetzte Holz, wenn es den Sommer über getrocknet ist, sich setzt und die Höhe des Stosses kleiner wird. Dieser Vorgang hängt von verschiedenen Faktoren ab, die zusammen wirken. Das Eigengewicht des Holzes, die Art des Aufsetzens, mechanische äussere Einwirkungen u.a. Faktoren lassen sich mathematisch schwer bestimmen, während die Verringerung des Volumens der Blöcke, das sogen. Schwinden, das durch Eintrocknung der Rinde und der Holzmasse hervorgerufen wird, sich leichter zahlenmässig bestimmen lässt.

Da bei halbrein geschältem Fichtenpapierholz die von der Eintrocknung der Rinde herrührende Verringerung des Volumens nur der Trocknung der beim Schälens zurückgebliebenen Bastschicht entspricht, eignet sich dieses Holz besser zur Untersuchung als z.B. Brennholz, das grössere Arbeit verursacht und weniger sichere Resultate ergibt. Wenn ausserdem die Blöcke im Stoss mög'ichst dicht aufgesetzt werden, so dass die Verringerung der Stosshöhe infolge mechanischer Einwirkung auf ein solches Minimum reduziert wird, wie es bei einem Lagerstoss überhaupt möglich ist, so spielt schliesslich nur die Eintrocknung der eigentlichen Holzmasse eine wichtigere Rolle bei der Bestimmung des Schwindmasses.

Die vorliegende Untersuchung bezweckt das Schwindmass halbrein geschälten Papierholzes und den Anteil des Eintrocknens an der Verringerung der Stosshöhe festzustellen. Gleichzeitig soll für die Zwecke der Papierindustrie untersucht werden, wie stark bei halbrein geschälten Fichtenblöcken infolge des Eintrocknens das rechnerische Volumen der frischen Ware herabgesetzt wird, wenn diese ungefähr ein Jahr getrocknet und denjenigen lufttrockenen Zustand erreicht hat, in welchem die Papierfabriken gewöhnlich ihr Rohmaterial verwenden.

Die Trocknung des Holzes und die verschiedenen Trocknungsgrade.

Bei einer im Wachstum begriffenen Fichte ist 50—55 % des Gesamtgewichtes Wasser. Wenn der Baum gefällt wird, beginnt das Wasser zu verdunsten, ohne dass anderes an die Stelle tritt. Das Verdunsten lässt sich dadurch beschleunigen, dass von dem Baum oder dem Block wenigstens die Borke entfernt wird. Je länger der Block der umgebenden Luft ausgesetzt ist, um so mehr Wasser verdunstet, bis das Feuchtigkeitsverhältnis der Luft und des Holzes ungefähr im Gleichgewicht ist. Bei der Bestimmung des Wassergehaltes im Holze werden folgende Trocknungsgrade unterschieden:

walddrockenes Holz enthält an Wasser 50—55% — 30—35% des Gesamtgewichtes.

Lufttrockenes Holz enthält im Endstadium an Wasser nur 10—15% des Gesamtgewichtes.

absolut trockenes Holz enthält gar kein Wasser mehr.

Solange nur den Zellulose das Wasser entzogen wird, geht im Bau des Holzes keine Veränderung vor sich. Sobald dagegen die Zellwände ihr Wasser verlieren, ziehen sich diese zusammen und der Vorgang wirkt von Zelle zu Zelle in der Weise, dass die Grösse und das Volumen des Holzes verringert wird. Wahrscheinlich beginnt der Einschrumpfungprozess im Baume bei einem Feuchtigkeitsgehalt von ca. 25—30%. Da der Feuchtigkeitsgehalt lufttrockenen Holzes noch 10—15% beträgt, ist das Einschrumpfen in diesem Stadium noch nicht endgültig, da aber der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Feuchtigkeitsverhältnisse des Baumes einen bestimmten Gleichgewichtszustand verlangen, kann lufttrockenes Holz nicht mehr einschrumpfen als dieser Gleichgewichtszustand gestattet.

Wahl der Untersuchungsstelle.

Da schweres Sommerholz, das reichlich dickwandige Zellen enthält, mehr zusammenschrumpft als leichtes Frühjahrholz, das verhältnismässig mehr dünnwandige Zellen aufweist, wurde das Untersuchungsmaterial, die Papierholzblöcke, aus einem Bestande mit genügend Sommerholz gewählt. — Auch schwere Bäume mit reichlich Sommerholz, die, wie die praktische Erfahrung und mehrere Untersuchungen gezeigt haben, in unterdrückter Stellung wachsen, und auf einem Waldtyp stocken, der schlechter ist als der natürliche Standort der Fichte, wurden berücksichtigt. Das Untersuchungsmaterial wurde einem Bestande entnommen, dessen Dichte und allgemeiner Charakter den Anforderungen entsprachen; als Waldtyp wurde der für die Fichte in Finnland charakteristische *Myrtillus*-Typ gewählt. Schliesslich wurde bei der Wahl des Untersuchungsbestandes auch der Umstand beachtet, dass der weitaus grösste Teil des von der Industrie verwendeten Papierholzes mittels Durchforstungshiebe gewonnen wird.

Ein den obigen Anforderungen entsprechender Bestand wurde in dem zum Revier Korkeakoski gehörenden Staatsforst Suinula an der Landstrasse Lyly—Jokela in der Nähe des Bruchmoores Liesinkorpi im Kirchspiel Kuorevesi gewonnen, wo damals Abtriebe vorgenommen wurden.

Bestimmung des Sommerholzgehaltes.

Vor Beginn der eigentlichen Untersuchung wurden mit dem Presslerschen Zuwachsbohrer den Stämmen Späne entnommen und das mittlere Sommerholzverhältnis derselben festgestellt. Dieses betrug ca. 30% (26—36%). Dann wurden an drei nummerierten Blöcken Messungen betr. die Länge des Radius in der Weise vorgenommen, dass mit dem Transversalmassstab der Abstand in radialer Richtung vom Mark bis zum inneren und äusseren Rande des Sommerholzes in jedem Jahresring mit $\frac{1}{10}$ mm Genauigkeit gemessen wurde. Die Bestimmung der Grenze zwischen Frühlings- und Sommerholz beim frischen Holze wurde durch die Winterkälte erschwert. Bisweilen musste ein Vergrösserungsglas bei der Untersuchung der Jahresringe verwendet werden. Damit der Betrag des Sommerholzes jedoch nicht zu gross ausfiel, wurde die Regel befolgt lieber etwas weniger Sommerholz zu messen als zuviel. Die Ergebnisse sind

aus Tab. auf S. 11 ersichtlich. — Die Kontrollmessung im Frühjahr ergab ein sehr befriedigendes Resultat. — Der Betrag des Sommerholzes auf der Querschnittfläche wurde in der Weise ermittelt, dass jeder Jahresring als besonderer Kreis behandelt wurde, wobei mit Hilfe der bis zum Aussenrand des Jahresringes und dem Innenrand des Sommerholzes gemessenen Radien die entsprechenden Kreisflächen berechnet wurden. Die Differenz derselben ergab dann den Flächeninhalt des Sommerholzes. Bei den Berechnungen wurde folgende Formel verwendet:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \pi r_1^2 - \pi (r_1 - z_1)^2 \\ Z_2 &= \pi r_2^2 - \pi (r_2 - z_2)^2 \\ Z_3 &= \pi r_3^2 - \pi (r_3 - z_3)^2 \\ &= \dots \dots \dots \\ Z_n &= \pi r_n^2 - \pi (r_n - z_n)^2 \end{aligned}$$

wobei r den Radius bis zum äusseren Rand des Jahresringes, z die Breite des Sommerholzes des entsprechenden Jahresringes und Z den Flächeninhalt des Sommerholzes bedeutet. Die Berechnungen wurden mit Hilfe von LASSILAS Formel kontrolliert, wobei z das Sommerholz des Jahresringes, f das entsprechende Frühlingsholz bezeichnet. Die Berechnungsmethoden für den Untersuchungsblock No. 14 sind auf S. 12 angegeben.

Betr. die Zuverlässigkeit der berechneten Sommerholzprozentzahlen ist zu erwähnen, dass sie die Ergebnisse vorsichtiger Messungen sind. Die Grenze zwischen Frühlings- und Sommerholz wurde so erhalten, dass der Punkt, an dem der Farbenunterschied deutlich zu sehen war, bestimmt wurde. Das Sommerholz unterscheidet sich jedoch von dem Frühlingsholz des gleichen Jahresringes nicht so deutlich wie die einzelnen Jahresringe voneinander. Der Übergang zwischen Frühlings- und Sommerholz lässt sich mit dem blossen Auge nicht feststellen, sondern erst bei stärkerer Vergrösserung. Die Übergangszone wird darum gewöhnlich zum Frühlingsholz gerechnet, obgleich etwa die Hälfte derselben Sommerholz ist (vgl. die Abbildungen im Anhang).

Abb. 1 zeigt einen Span von einer Fichte in 5-facher Vergrösserung. Die Sommerholzzone auf dem Span in der ursprünglichen Grösse beträgt 0.2 mm. In der Abbildung wechselt die Farbe des Sommerholzes bei 1.2—1.3 mm, so dass die ursprüngliche Sommerholzzone 0.24 mm betrüge. — Abb. 2 gibt den gleichen Span in 20-facher Vergrösserung, wobei das ursprünglich 0.2 mm breite Sommerholz hier 4.0 mm Breite haben müsste. Wie man sieht, ist die Breite des dickwandigen Sommerholzes ca. 6.0 mm, was einer ursprünglichen Breite von 0.3 mm entsprechen würde. — In Abb. 3 ist die betreffende Stelle des Spans 50-fach vergrössert, wobei die Sommerholzzone 16.0 mm Breite hat, was eine ursprüngliche Breite von 0.32 mm bedeutet. — Die Bilder zeigen, dass die Bestimmung nach dem Augenmass Werte für die Sommerholzzone ergibt, welche kleiner als die wirklichen sind. Als sicher lässt sich daher angeben, dass die Sommerholzmenge bei den Probeblöcken wenigstens 33.65% des Volumens derselben beträgt.

Art der Untersuchung.

Die eigentliche Untersuchung wurde am 10. März 1931 begonnen. Nachdem der betr. Baum gefällt, entästet, entrindet und in genau 100 cm lange Abschnitte zerlegt war, wurden von diesen ohne besondere Auswahl in verschiedenen Stammhöhen insgesamt 30 Blöcke in folgender Weise gemessen (vgl. die Abb. S. 16). Auf der Schnittfläche wurde mit dem Messer durch das Mark eine Linie so geritzt, dass diese nach Mög-

lichkeit auch durch den Mittelpunkt der Schnittfläche verlief. Dann wurde eine zweite Linie senkrecht dazu durch den Mittelpunkt des so entstandenen Durchmessers gezogen. Auf den Schnittflächen, wo der Mittelpunkt und das Mark nicht zusammenfielen, wurde die Linie vom Mark zum rechten Endpunkt des wagerechten Durchmessers gezogen. Die geritzten Linien wurden folgendermassen bezeichnet: D = senkrechter Durchmesser, D' = wagerechter Durchmesser, r = nach rechts verlaufender Radius und r' = nach unten verlaufender Radius. Im dem Sektor oben links wurde die Nummer des betr. Blockes angegeben. Die Messungen wurden mit einer metallenen Millimeterlatte, die an beiden Enden mit senkrechten Spitzen versehen war und die mit Hilfe des Transversalmassstabes eine Ablesungsgenauigkeit von einem Zehntel Millimeter ermöglichte, ausgeführt. — Nachdem insgesamt über 4 Rm Blöcke erhalten waren, wurden alle Blöcke unter der Bastsschicht in der Mitte mit $\frac{1}{2}$ cm Genauigkeit gemessen und die Ablesungen zur Bestimmung des Volumens nach oben und unten abgerundet. Aus den gemessenen Blöcken wurden 4 gewöhnliche Waldstösse mit 15 % Übermass oder 115 cm Mittelhöhe aufgesetzt.

Mitte April 1931 wurde das Papierholz unter genauer Überwachung zum Holzlagerplatz am Bahnhof Lyly transportiert und an jeder Stelle zu genau 2 m langen Stössen aufgesetzt. Am 26. Mai des gleichen Jahres wurden die Durch- und Halbmesser der nummerierten Blöcke gemessen, wobei festgestellt werden konnte, dass von einigen geringen Ausnahmen an den nach S zu gelegenen Enden im oberen Teile des Stosses abgesehen, keine Veränderung gegenüber den im Winter vorgenommenen Messungen festzustellen war. Ausserdem ergab sich, dass bei den Blöcken No. 11 und 14 im Winter eine fehlerhafte Messung oder Buchung vorgenommen war, so dass diese Blöcke in bezug auf die fehlerhaften Messungen bei den fortlaufenden Untersuchungen nicht berücksichtigt wurden.

Am 12.—13. Oktober desselben Jahres wurde die dritte Messung vorgenommen, wobei festgestellt wurde, dass die Durch- und Halbmesser an jeder Stelle zusammengeschrumpft waren.

Nachdem die den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung bildende Ware im Februar 1932 mit der Eisenbahn von dem Käufer derselben, der Firma G.A. Serlachius A.B. unter Aufsicht zur Papierfabrik Mänttä verfrachtet war, wurde die vierte und letzte Messung am 16. März 1932 in der erwähnten Fabrik vorgenommen. Die Ergebnisse der vorhergehenden Messung hatten sich kaum geändert. Nach der letzten Messung kamen die Blöcke gleich in die Schälmaschine.

Die Verringerung in der Achse der Papierholzblöcke wurde in diesem Zusammenhang nicht untersucht, da sie, wie mehrere Untersuchungen gezeigt haben, so gering ist (0.08—0.10 %), dass sie hier nicht beachtet zu werden braucht.

Das Zusammenschrumpfen infolge Trocknen. — Verkürzung des Durchmessers.

Insgesamt wurden Messungen an 29 Blöcken vorgenommen (No. 11 fiel fort); an jedem Blocke wurden an beiden Enden die Durchmesser kreuzweise gemessen, also im ganzen 4 Bestimmungen ausgeführt. Da sich jeder Durchmesser als besonderer, vom zweiten Durchmesser unabhängiger Faktor ansehen lässt, beruhen die in der Tabelle auf S. 20 u. 21 mitgeteilten Zahlen auf Messungen von 116 Durchmessern. Nach den Tabellen betrug die gesamte Länge der Durchmesser 13 493.7 mm und das Schwindmass 191.6 mm, in Prozent ausgedrückt 1.42 %.

Verkürzung des Radius.

Bei der Messung des Radius ergab sich schon beim zweiten Male die Schwierigkeit, dass in dem eingetrockneten Mark die ursprüngliche Messstelle nicht mehr genau bestimmt werden konnte, so dass wahrscheinlich die Messung in bezug auf die Verkürzung des Radius ein etwas zu grosses Resultat ergeben hätte. Da Block No. 14 bei dieser Messung fortgelassen war, wurden insgesamt Ergebnisse von 29 Blöcken oder 116 Radien erzielt, die aus den Tabellen auf S. 25 u. 26 hervorgehen. — Die gesamte Länge der Radien der frischen Ware betrug also 6880.9 mm, ihr Schwindmass 108.8 mm, oder in Prozent ausgedrückt 1.58 %.

Nehmen wir an, bei der Messung des Radius sei im Durchschnitt ein Fehler von $\frac{1}{10}$ mm begangen worden, so betrüge das Schwindmass der 116 Radien nur 97.2 mm, die entsprechende Prozentzahl 1.41 %, was fast genau dem Einschrumpfen der Durchmesser entsprechen würde.

Verringerung des Volumens.

Die Verringerung des Volumens der Blöcke wurde aus den oben erwähnten Gründen nur auf Grund der Durchmesserbestimmungen berechnet. Setzt man die mittleren Werte der frischen und luftgetrockneten Blöcke in die Formel $\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi D_2^2}{4}$ ein, so erhält man als Unterschied zwischen dem Volumen der luftgetrockneten und frischen Blöcke: $10621.32 - 10322.13 = 299.19$. Das Schwindmass beträgt demnach 2.81 %.

Die Feuchtigkeitsmenge nach dem Eintrocknen.

Aus praktischen Gründen war es während der Untersuchung unmöglich, die Feuchtigkeitsverhältnisse bei den verschiedenen Trocknungsgraden zu verfolgen. Da es jedoch wichtig war, den Feuchtigkeitsgrad der Blöcke bei der letzten Untersuchung zu bestimmen, bei welcher die Ware praktisch genommen als lufttrocken angesehen werden konnte, wurde der Wassergehalt durch den Ingenieur der Papierfabrik Mänttä Herrn G. TALLGREN bestimmt und als Resultat 15.83 % des Gesamtgewichtes erhalten.

Einige Vergleiche mit früheren einschlägigen Untersuchungen.

Untersuchungen über das Schwinden halbreiner, 1 m langer Papierholzblöcke, die voll vergleichbar wären, gibt es, soweit Verf. weiss, in der Forst- und Holzwarenliteratur nicht. Das Schwinden der Holzmasse bei kleinen Laboratoriumstücken und Holzspänen ist zwar oft untersucht worden, aber diese Zahlen geben keine richtige Unterlage für die Beurteilung des Schwindmasses bei Rundholz, da bei Laboratoriummaterial die Faktoren, welche bei Rundholz von Einfluss sind, fehlen.

JANKA hat in einer Untersuchung über das Einschrumpfen von ungeflösstem, in Salzwasser und in Süsswasser geflössstem Fichtenholz interessante Zahlen mitgeteilt, da die Untersuchung aber an Scheiben und zwar an Sektoren, die in einem Winkel von 60 % ausgeschnitten waren, ausgeführt wurden, geben die Untersuchungen zu grosse Zahlenwerte. Die Resultate JANKAS deuten auf ein Schwindmass des Volumens von ca. 5 % bei ungeflösstem Holz nach Trocknung von frischem in luftgetrocknen Zustand.

Aus den Untersuchungen von EKMAN u.a. Forschern, welche die Verringerung des Volumens der Fichte in verschiedenen Feuchtigkeitsstadien betreffen, hat ARO das

Schwindmass, verglichen mit dem Volumen des frischen Holzes, berechnet und festgestellt, dass das Einschrumpfen bei einem Wassergehalt von ca. 25—30 % beginnt.

KNUCHEL hat in einer Untersuchung über den Einfluss der Fällzeit auf die Eigenschaften des Holzes Ergebnisse erhalten, welche zeigen, dass das Schwindmass bei Balken, welches 15 Monate gelagert hatte, nach den mittleren Werten für Kern- und Splintholz bei 23 % Wassergehalt 3,18 % betrug. Doch geben KNUCHELS Laboratoriumversuche im Vergleich zu dem Schwindmass bei Rundholz wohl zu grosse Werte.

FLURY hat dagegen bei seinen Untersuchungen vom Jahre 1921 über den Einfluss der Fällzeit u.a. auf das Schwindmass der Fichte seine Messungen an runden Blöcken und zwar an Starkholz, hauptsächlich Säge- und Bauholz vorgenommen. Danach verringerte sich der Durchmesser von im Frühjahr gefälltem Holze nach 2³/₄-jähriger Lagerung um 1,4 %, bei im Sommer gefälltem Holz nach 2¹/₄-jähriger Trocknung um 1,6 %. Obgleich FLURY keine Angaben über den Wassergehalt und das Sommerholzprozent mitgeteilt hat, sind seine Ergebnisse fast die gleichen wie die des Verf. Ein wesentlicher Unterschied besteht nur in der Länge der Lagerungszeit und darin, dass die Bäume bei FLURYS Untersuchungen im Walde, bei den Untersuchungen des Verf. im Lager am Bahnhof trockneten.

FABRICIUS veröffentlichte 1928 die Ergebnisse von Untersuchungen u.a. über die Durchmesserschwindung bei der Fichte. Auch hier war die Dicke und Länge des Holzes verhältnismässig stark und die Feuchtigkeitsverhältnisse und das Sommerholzprozent waren nicht beachtet worden. Die Werte, die FABRICIUS für das Schwindmass erhielt, sind verhältnismässig niedrig; sie schwanken je nach den verschiedenen Untersuchungsstellen und Stärkeklassen zwischen 0,47—1,07 % des Durchmessers bei frischem Holze.

Die Ergebnisse der beiden letzteren Forscher sind übrigens nicht genau mit denjenigen des Verf. vergleichbar, weil jene ihre Messungen in bestimmten Abständen am Stamm entlang vornahmen, während Verf. das Schwindmass an den Enden der Blöcke bestimmte, wo die Durchmesserschwindung grösser gewesen sein kann als in der Mitte des Blockes. Doch stimmen alle Untersuchungen trotz der Verschiedenheiten in den Massen und der Beschaffenheit der Bäume und sonstigen Faktoren, die von Einfluss sind, u.a. darin überein, dass das Schwindmass bei Rundholz bedeutend geringer ist als die Ergebnisse betr. die Schwindung bei Spänen zeigen, und dass die Schwindung des Sommerholzes in radialer Richtung bei Trocknung von frischem in lufttrocknen Zustand höchstens ca. 1,5 % beträgt.

Anteil des Schwindens der Blöcke an der Verringerung der Höhe des Versuchsstosses.

Nach dem Transport des Untersuchungsmateriales zur Lagerungsstelle am Bahnhof Lyly wurde der Stoss möglichst dicht in der Weise aufgesetzt, dass äussere mechanische Einflüsse tunlich ausgeschaltet wurden. Die Höhe des Stosses wurde so bestimmt, dass mehrere Male der Abstand von der ebenen Stossunterlage bis zum oberen Rand der obersten Blöcke gemessen und daraus der Mittelwert genommen wurde, der 223,2 cm betrug. Das Übermass war also 11,6 %. — Das Raummass der vier im Walde aufgesetzten Stösse mit 15 % Übermass betrug 4,6 Rm, dasjenige des Lagerstosses nur 4,46 Rm. Das Festmass der frischen Ware betrug auf Grund von Messungen 3,671 Fm. — Bei der vierten Messung am 10. Oktober 1931 wurde die Höhe des Stosses auf 221,4 cm be-

stimmt, so dass der Stoss also insgesamt im Mittel um 1,8 cm, oder 0,81 % gesunken war und sich das Raummass auf 4,41 Rm verringert hatte.

Der Einfluss des Schwindens. Nach den Messungen betrug das Schwinden des Volumens der Blöcke im Mittel 2,81 %. Die Verringerung der Stosshöhe war also durchaus nicht so gross, wie das Zusammenschrumpfen der Blöcke voraussetzte. Wenn die Eintrocknung der Bastschicht unberücksichtigt bleibt und angenommen wird, dass keine mechanische Einwirkung stattgefunden hat, wäre die Verringerung der Stosshöhe nur durch das Schwinden veranlasst worden, dessen Anteil hierbei nur 0,8 % der ursprünglichen Höhe betragen hätte.

Die hemmende Einwirkung der Zweige. Da das Holz in der Längsrichtung nur ganz wenig schwindet, können auch die Zweige nur in radialer Richtung schrumpfen. Wenn man sich durch die Enden der Astansätze einen Mantel gezogen denkt, stellt man fest, dass das Volumen des Mantels bei einem lufttrocknen Blocke sich kaum verändert hat. Das ausgetrocknete Holz wird auf der Oberfläche rissig und schiebt sich nicht mehr so leicht aneinander vorbei wie trockenes. Dadurch und durch die Astenden, vielleicht auch noch andere Faktoren wird das Sacken des Stosses gehemmt. Wenn der Stoss neu aufgesetzt wird, kann die Stosshöhe allerdings geringer sein, was durch die Einschrumpfung der Blöcke bedingt ist, soweit die Aufsetzung ganz die gleiche ist. Je weniger der eigentliche Holzstoff zu schwinden im Stande ist, um so hemmender wirken natürlich auch die oben genannten Faktoren. Je astreiner andererseits die Blöcke sind, um so grösser ist der Anteil des Schwindens an der Verringerung der Stosshöhe.

Zusammenfassung.

Die Untersuchung ergab betr. das Schwindmass des Papierholzes folgendes:

1) Halbrein geschälte, 1 m lange, im Mitteldurchmesser ca. 116 mm starke Fichtenblöcke, deren Durchschnittfläche in frischem Zustand wenigstens 33,65 % Sommerholz aufweist, schwinden, wenn sie im März gefällt werden, nach einjähriger Lagerung in der Radialrichtung um 1,42 % der ursprünglichen Länge des Radius und 2,81 % des Volumens nach der Trocknung von frischem in lufttrocknen Zustand, wobei der Wassergehalt 15,83 % des Gesamtgewichtes beträgt. Wenn das Sommerholzprozent geringer ist, verringert sich dementsprechend auch das Schwindmass.

Auf Grund der obigen Ergebnisse wurde der Anteil des Schwindens an der Verringerung der Stosshöhe ermittelt und folgende Resultate erhalten:

2) Wenn bei sorgfälliger und dichter Aufsetzung die äussere mechanische Einwirkung möglichst ausgeschaltet wurde, betrug die Verringerung der Stosshöhe vom April bis zum Oktober 0,81 % der ursprünglichen Höhe, während das mittlere Schwindmass der einzelnen Blöcke und die Verringerung des Volumens derselben 2,81 % war. Wenn die geringen, aber nie ganz zu vermeidenden mechanischen Einwirkungen und die Verringerung der Stosshöhe infolge Trocknung der Bastschicht unberücksichtigt bleiben, lässt sich also annehmen, dass die Verringerung der Stosshöhe infolge Einschrumpfens der Blöcke 0,81 % beträgt. Dass sie nicht so stark ist, wie die Durchmesserschwindung der Blöcke eigentlich voraussetzt, beruht darauf, dass die Astreste und die rauhe Oberfläche der Blöcke das Sinken des Stosses erschweren.

Für die Zwecke der Papierindustrie hat die Untersuchung ergeben:

3) dass bei Erziehungshieben die Verringerung des Volumens von Papierholzblöcken, nach einjähriger Lagerung vom März bis zum März des folgenden Jahres unter den in 1) gegebenen Voraussetzungen 2,81 % beträgt.

Publications of the Society of Forestry in Suomi:

- ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contains scientific treatises dealing with forestry in Suomi (Finland) and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.
- SILVA FENNICA.** Contains essays and short investigations in the subject of forestry in Suomi. Published at irregular intervals. Each essay appears as a separate volume.
- COMMENTATIONES FORESTALES.** Contains investigations and other essays regarding forestry and other spheres connected with it in other countries than Suomi. Published at irregular intervals. Each volume generally contains only one treatise.

Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Suomi:

- ACTA FORESTALIA FENNICA.** Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.
- SILVA FENNICA.** Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen zur Waldwirtschaft Suomis (Finnlands). Sie erscheint in unregelmässigen Abständen. Jeder Aufsatz erscheint als besonderer Band.
- COMMENTATIONES FORESTALES.** Enthalten Untersuchungen und Beiträge zur Waldwirtschaft und damit-zusammenhängenden Fragen für andere Länder als Suomi. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen. Jeder Band enthält im allgemeinen nur eine Untersuchung.

Publications de la Société forestière de Suomi:

- ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contient des études scientifiques sur l'économie forestière en Suomi (Finlande) et sur ses bases. Paraît à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.
- SILVA FENNICA.** Contient des articles et de petites études sur l'économie forestière de Suomi. Paraît à intervalles irréguliers. Chaque article constitue habituellement un volume.
- COMMENTATIONES FORESTALES.** Contient des études et des articles sur l'économie forestière et les branches connexes dans les pays autres que Suomi. Paraît à intervalles irréguliers. En général, chaque volume ne contient qu'une étude.