

TERVALEPÄN KUITUJEN PITUUS

RIHKO HAARLAA ja MATTI KÄRKKÄINEN

Summary

FIBRE LENGTH IN BLACK ALDER

Saapunut toimitukselle 1. 9. 1982

Kuitujen pituuden tutkimiseksi kaadettiin 11:stä eteläsuomalaisesta metsiköstä 21 tervaleppärunkoa. Niistä leikattiin kiekkoja 2 m välein. Kiekoista otettiin 376 maserointinäytettä, joiden kuidut erotettiin toisistaan käyttäen vetyperoksidi-etikkahappomenetelmää. Jokaisesta näytteestä mitattiin 50 kuidun pituus.

Kuidun pituuteen vaikutti eniten etäisyys ytimestä: pituus kasvoi ytimestä pintaan päin aluksi voimakkaasti, sitten hidastuen ja lopuksi pysyen vakiona. Pituuden kasvu oli samanlainen puun eri korkeuksilla. Rungon kasvunopeus vaikutti siten, että nopeakasvuissa puissa kuitujen pituus lisääntyi ytimen läheisyydessä nopeammin kuin hidaskasvuissa puissa. Latvussuhteen kasvaessa kuitujen pituus hieman aleni.

Tulosten perusteella laskettiin pölkkykohtaisia keskiarvoja pölkyn vuosilustojen lukumäärän ja vuosiluston leveyden mukaan. Nämä määrittävät myös pölkyn läpimitan. Saadun taulukon mukaan keskinkertaisesti kasvavan tervalepän kuitujen pituus on saavuttanut lähes vakiona pysyvän tason läpimitaltaan 100...120 mm pölkkyissä. Hidaskasvuissa pölkkyissä jo 70...80 mm läpimitta on riittävä.

1. JOHDANTO

Yleisen käsityksen mukaan puun kuitujen pituus vaikuttaa moniin lujuusominaisuuksiin sekä jonkin puulajin sisäisessä vaihtelussa että puulajien välillä. Tällaisia tuloksia on saatu jopa massiivisen puun mekaanisista ominaisuuksista (esim. pyökillä Leclercq 1980), mutta erityisesti sellusta ja mekaanisesta massasta sekä niistä tehdyistä tuotteista. Kuitujen pituus vaikuttaa etenkin sellaisiin lujuusominaisuuksiin, jotka riippuvat kuitujen välisistä sidoksista: mitä pidemmät kuidut ovat, sitä enemmän niiden välillä on paikkoja, joissa jauhatuksen vuoksi kuidun pinnasta syntyneet ulkonemat voivat tarttua toisiinsa. Kuitujen pituuden merkitys on todettu lukuisilla puulajeilla (Page 1969, Huang 1971) sekä erityisesti puulajien välisessä vertailussa (esim. lehtipuiden vertailussa Barker 1974, Horn 1978, Uusvaara ja Pekkala 1979, havupuulajeilla Uusvaara ja Pekkala

1979). Myös pituusjakauma vaikuttaa, kuten poppelihioketta koskevat tulokset osoittavat (Vecchi 1969).

Kuitujen pituus vaikuttaa lujuuden lisäksi myös muihin paperin ominaisuuksiin. Offset-painatuksessa tärkeään paperin pölyämättömyyteen vaikuttaa suuresti alle 1 mm mittaisen aineksen osuus (mm. lyhyet, katkenneet tai mutkalle vääntyneet kuidut) (Karttunen ja Lindqvist 1977, Wood ja Karnis 1977). Täten lyhyiden kuitujen osuus voi vaikuttaa pölyävyyteen.

Paperituotteiden lisäksi kuitujen pituus vaikuttaa myös kuitulevyssä, erityisesti dimensiotabiilisuuteen, mutta jossakin määrin myös lujuusominaisuuksiin (Nelson 1973). Nämä tulokset tosin koskevat puulajien välistä vertailua, joten ei ole varmaa, että ne ehdottomasti koskisivat myös saman puulajin sisäistä vaihtelua mm. rodunjalostusta ajatel-

len. Toisaalta tiedetään, ettei käytännössä edes puulajilla ole ratkaisevaa merkitystä kuitulevyn laadulle (Siimes ja Liiri 1959, s. 11).

Kuidun pituuden merkitystä ei pidä kuitenkaan yliarvioida. Havupuista on tuloksia, joiden mukaan kuidun pituudella ei ole lujuusominaisuuksiin vaikutusta, kunhan kuidut ylittävät jonkin määrän pituuden. Tämä käsitys on sopusuhteissa yleisen teorian kanssa, jonka mukaan kuitujen välisten sidosten ollessa riittäviä rajoittavaksi tekijäksi tulee yksittäisten kuitujen lujuus (Page 1969, d'A Clark 1973). On myös tuloksia, että pituutta tärkeämpiä suureita saattavat olla mm. mikrofibrillien kulma solun pituusakseliin nähden tai pituuden suhde seinämän läpimittaan (esim. Horn 1972, 1974, Bendtsen ym. 1981). Ainakin haavasta on tuloksia, joiden mukaan sellu on heikompaa kuin sen tulisi olla pelkästään kuitujen pituuden ja muidenkin tunnusten perusteella (Chase ym. 1971, s. 40).

Toisaalta kuidun pituuden käyttöä puulajin tunnuksena puoltaa sen yksinkertaisen – joskin työlään – mitattavuuden vuoksi myös se, että pituuden avulla voidaan arvioida muiden vaikuttavien tekijöiden suuruutta. Solujen morfologiset tunnuksukset ovat nimitäin korreloituneet vahvasti keskenään.

Edellä olevan perusteella on ilmeistä, että havupuista lyhytkuituisemmillä lehtipuilla

kuitujen pituus on kiintoisa suure, jolla on huomattava käytännöllinen merkitys.

Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) tähänastinen käyttö ja viljely on Suomessa ollut vähäistä. Kiinnostus siihen on kuitenkin lisääntynyt: se on ilman tyypeä sitova puulaji, jonka arvo saattaa lisäytyä lannoitteiden kallistuessa energian hinnan kohoamisen myötä. Tervalepän geneettinen vaihtelu on huomattava (esim. Kujala 1924) ja tarjoaa hyvän lähtökohdan rodunjalostukselle.

Kun tervalepän kuitujen pituuteen vaikuttavista tekijöistä on niukalti tutkimuksia, käsillä oleva tutkimus päätettiin tehdä. Erityisesti asetettiin tehtäväksi määrittää kuidun pituus tervalepän rungon eri korkeuksilla ja eri-ikäisissä vuosilustoissa. Näin saatavien tulosten perusteella voidaan päätellä kuitujen osalta tervalepän soveltuvuus esim. lyhytkiertoviljelyn puuksi sekä puumassan raaka-aineeksi kelvollisen pölkyn minimiläpimitta. Tulokset tarjoavat perustietoja myös tervalepän rodunjalostukselle.

Tekijöistä Kärkkäinen keräsi aineiston Metsäntutkimuslaitoksen laajempaa tutkimusta varten. Kenttätöistä vastasi Tauno Oittinen työryhmineen ja alustavasta materiaalin laboratorioskäsitteystä Kaarina Klemetti. Haarlaan huolena oli puolestaan maserointi ja kuitujen mittaus, jonka teki Käre Pihlström. Kärkkäinen laski tulokset ja laati alustavan käsikirjoituksen, joka viimeisteltiin yhdessä. Raportin lukivat Jyrki Raulo ja Juhani Salmi. – Kiitämme saamastamme tuesta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineiston riittävän monipuolisuuden turvaamiseksi koepuita otettiin 11:stä metsiköstä, jotka sijaitsivat eteläisimmässä Suomessa Vehkalahden, Lapinjärven, Janakkalan, Nauvon, Kustavin, Tenholan, Paraisten, Askaisten, Yläneen ja Porin kunnissa. Mukana oli metsiköitä meren ja järven rannoilta sekä ravinteisista korvista. Käsillä olevaa tutkimusta varten kustakin metsiköstä otettiin kaksi koepuuta. Kun yksi koepuu menetettiin satunnaisten seikkojen vuoksi, koepuita keriyti kaikkiaan 21. Niiden tärkeimmät tunnuksukset on esitetty taulukossa 1.

Kuten taulukosta ilmenee, mukana oli sekä hidas- että nopeakasvuista puita. Pienin keskimääräinen vuosiluston leveys oli rinnanta-

salla 1,5 mm ja suurin 4,0 mm.

Koepuut kaadettiin ja niistä otettiin näytekiekot tyvestä alkaen 2 m välein. Jokaisesta kiekosta sahattiin n. 20 mm leveä liuska, josta paloiteltiin ytimeistä alkaen näytekappaleita maserointia varten. Palojen sijainti määritettiin kussakin kohdassa vuosilustoina ytimeistä palan ulkoreunaan. Kaikkiaan näytepaloja kertyi 376.

Näytepaloista tehtiin tikkuja, jotka maseroitiin käyttäen jäätikan ja 30-prosenttisen vetyperoksidin seosta suhteessa 1:1. Liuokseen upotettua näytettä pidettiin 3...5 vuorokautta 50 °C:ssa lämpökaapissa. Kuidut pestiin vesijohtovedellä kovahuokospaperia käyttäen. Pestystä kuitumassasta kaadettiin

Taulukko 1. Tutkimusaineisto.

Table 1. Investigation material.

Koepuu	Rinnan- korkeus- läpimitta	Pituus	Elävän latvuksen alaraja	Ikä rinnan- tasalla
Sample tree	Diameter at breast height	Height	Crown limit	Age at breast height
	cm	dm	dm	a
1	8	100	42	18
2	18	137	26	20
3	15	166	95	17
4	19	147	51	27
5	9	132	87	19
6	19	166	107	48
7	13	135	54	23
8	21	166	76	59
9	13	106	41	26
10	18	150	74	51
11	12	100	49	32
12	11	146	84	22
13	17	171	103	37
14	18	148	65	41
15	18	157	69	27
16	9	119	70	19
17	23	176	94	42
18	17	175	91	51
19	11	112	42	13
20	12	119	56	17
21	18	168	76	31

maljassa pohjaan painunutta sakkaa lämpimälle objektilasille, jolle kuitujen annettiin kuivua. Niiden pituus mitattiin viivottimella mikroskooppiin liitetyn projisointilevyn pinnalta. Erilaisia kuitulajeja (libriformsolut, kuitutrakeidit) ei erotettu. Jokaisesta näytepalasta mitattiin 50 kuidun pituus (muutamissa tapauksissa 100), joista laskettiin paloittain keskiarvo, standardipoikkeama ja variaatiokerroin. Näitä muuttujia käytettiin erilaisissa aineiston analyyseissä. Täten määriteltyjä havaintoja kertyi palojen mukaisesti 376, kun taas mitattujen kuitujen kokonaismäärä oli yli 18 800.

Analysoinnissa käytettiin regressioanalyysiä. Koelakohtaisia selittäviä muuttujia ei käytetty. Puukohtaisina selittävinä tekijöinä olivat rinnankorkeusläpimitta, pituus, ikä rinnantasalla, keskimääräinen vuosiluston leveys rinnantasalla sekä latvussuhde. Näytteenottokohdan ominaisuuksia kuvattiin paikkamuuttujilla, joita olivat etäisyys maasta metreinä sekä etäisyys ytimeistä vuosilustoina näytepalan ulkopintaan. Em. aitojen muuttujien muunnoksina käytettiin muuttujien toisia potensseja sekä ristituloja, joista tärkeimmät kuvasivat puukohtaisten muuttujien (esim. rinnankorkeusläpimitta) ja paikkamuuttujien (esim. etäisyys ytimeistä) interaktiota. Tällaisella mallilla pystytään mm. selvittämään, onko kuitujen pituuden muutos ytimeistä pintaan päin erilainen puun ominaisuuksista riippuen.

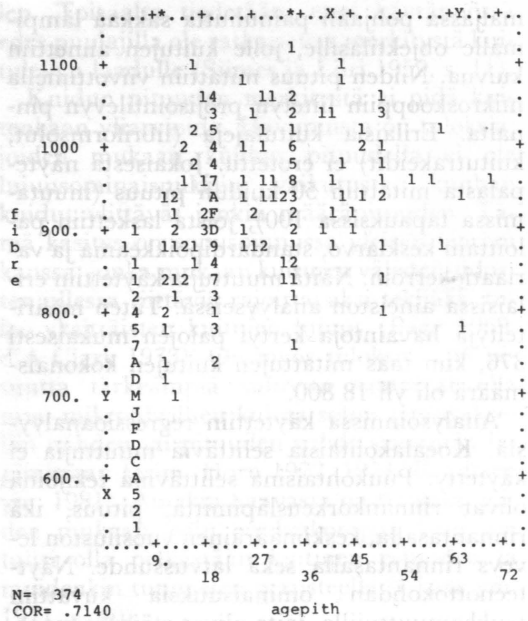
3. TULOKSET

Tärkeimmäksi kuitujen pituuden vaihtelua selittäväksi tekijäksi osoittautui vuosilustoina mitattu etäisyys ytimeistä näytepalan ulkopintaan. Se selitti yksinään yli puolet (51 %) kuitujen pituuden varianssista. Jo tämä osoittaa, mikä merkitys runkojen iällä ja sitä kautta koolla on puusta saatavan massan laatuun.

Ytimeistä mitatun etäisyyden vaikutus oli jyrkkä ytimen läheisyydessä, mutta se heikkeni merkityksettömän pieneksi 15...20 vuoden jälkeen. Tämä ilmenee kuvasta 1, jossa on esitetty kaikkia puita (21 kpl) koskevat havainnot eri näytteenottokorkeudet yhdistäen.

Ytimeistä pintaan päin olevan vaihtelun eli-

minoinnin jälkeen muiden tekijöiden vaikutus jäi vähäiseksi. Kokeiltaessa valikoivalla regressioanalyysillä eri tekijöiden suhteellista merkitystä etusijalle kohosivat kasvunopeuden liittyvät tekijät, mm. rinnankorkeusläpimitan ja iän tulo, läpimitan ja vuosiluston keskileveyden tulo, läpimitan ja latvussuhteen tulo jne. Näiden viitteiden perusteella keskityttiin kasvunopeuden merkityksen analysointiin käyttämällä kasvunopeuden mittarina helposti käsiteltävää vuosiluston keskileveyttä rinnantasalla. Kasvunopeuden vaikutuksen eliminoinnin jälkeen ainoa uusi selitysdimensio löytyi latvussuhteesta, joskin sen



N= 374
COR= .7140
agepith

Kuva 1. Kuidunpituus (fibre, μm) ytimestä mitatun vuosilustojen lukumäärän mukaan (agepith, a). Kaikki puut ja korkeudet. Numerot tarkoittavat havaintoja, A=10, B=11 jne.

Fig. 1. Fibre length (fibre, μm) according to the number of growth rings from the pith (agepith). All trees and sample heights. The numbers refer to the number of observations, A=10, B=11, etc.

itsenäisyys kasvunopeuden nähden on hieman kyseenalainen hyvän kasvunopeuden ja suuren latvussuhteen samanaikaisesta esiintymisestä johtuen. Kaiken kaikkiaan kuitujen pituuden ennusteyhtälö sai seuraavan jaotelman osoittaman muodon.

Selitettävä tekijä: Kuidun pituus, μm	Kerroin	F-arvo
Vakio	596,8	
Ikä ytimestä, a	24,28	238,7
Edellisen neliö	-0,2683	274,3
Vuosiluston leveyden neliö, mm · mm	11,13	35,6
Vuosiluston leveys, mm, kerrottuna iällä ytimestä	-1,573	7,9
Latvussuhde, %, kerrottuna rinnankorkeusläpimitalla, cm	-0,07126	23,1

$R^2 = 74,8 \%$
F(5, 368) = 218
Jäännöshajonta = 70,6 μm

Mikäli usein hankalasti selvitettävä latvussuhtetekijä jätetään pois, saadaan seuraava ennusteyhtälö.

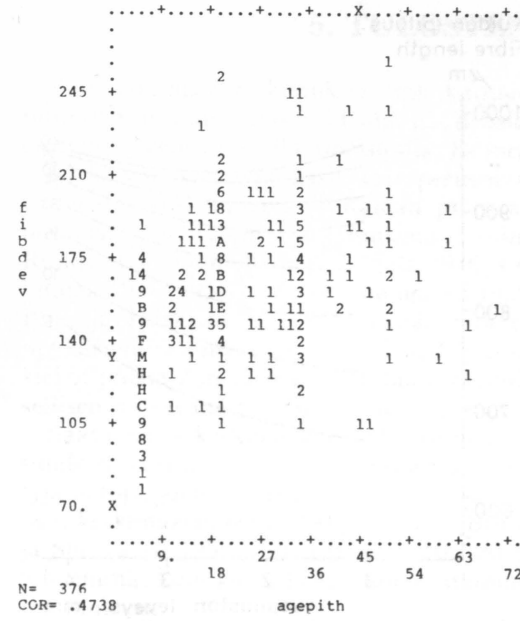
Selitettävä tekijä: Kuidun pituus, μm	Kerroin	F-arvo
Vakio	552,1	
Ikä ytimestä, a	24,35	226,4
Edellisen neliö	-0,2729	268,6
Vuosiluston leveyden neliö, mm · mm	9,286	24,4
Vuosiluston leveys, mm, kerrottuna iällä ytimestä	-1,694	8,7

$R^2 = 73,2 \%$
F(4, 369) = 252
Jäännöshajonta = 72,7 μm

Esitetyn regressioyhtälön tulkinta on selkeä. Kuidun pituus kohoaa huomattavasti ytimestä pintaan päin, aluksi nopeasti, sitten tasaantuen. Hyväkasvuisen puun kuidut ovat määrävuoona ytimestä pidemmät kuin vastaavan hidaskasvuisen puun. – Vuosiluston leveyden vaikutus on mallin mukaan suurin ytimen lähellä, ts. nopean kuitujen pituuden muutoksen alueella. Sen jälkeen kun likimain vakioisuus on saavutettu, kasvunopeudella ei ole enää merkitystä kuitujen pituuden kannalta. Lievästi vaikuttaa myös latvussuhde: sen kohotessa kuidut lyhenevät hieman, erityisesti suurilla puilla.

Mallin mukaan näytteenottokohdan korkeudella ei ole merkitystä kuitujen pituuteen, vaan muutos ytimestä pintaan on likimain samanlainen eri korkeuksilla. Eri asia sitten on, että keskimääräinen kuitujen pituus lyhenee tyvestä latvaan päin, koska alempana otetuissa näytekiekoissa on enemmän vuosilustoja kuin ylempää otetuissa. Pelkkä kuidun pituuden ja näytteenottokorkeuden korrelaatio jäi alhaiseksi (-0,127), koska vaihtelu ytimestä pintaan päin jäi lisäämään varianssia.

Kuitujen pituuden standardipoikkeamaan vaikutti eniten kuitujen keskipituus: se selitti yksinään 44 % standardipoikkeaman suuruuden vaihtelusta. Muut tekijät olivat merkitykseltään vähäisempiä, joskin oli havaittavissa vaihtelun pienenevän rinnankorkeusläpimitan kasvaessa ja suurenevan puun pituuden



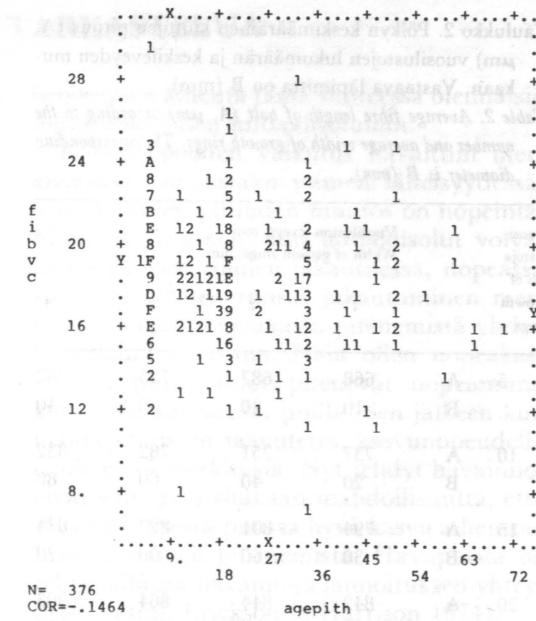
N= 376
COR= .4738
agepith

Kuva 2. 50 kuidun pituuden standardipoikkeama (fibdev, μm) ytimestä mitatun vuosilustojen lukumäärän mukaan (agepith, a). Kaikki puut ja korkeudet. Numerot tarkoittavat havaintoja, A=10, B=11 jne.

Fig. 2. Standard deviation of 50 fibre length measurement (fibdev, μm) according to the number of growth rings measured from the pith (agepith). All trees and sample heights. The numbers refer to the number of observations, A=10, B=11, etc.

kasvaessa. Vaihtoehtoisesti kuitujen pituuden selittävyys kanssa oli havaittavissa, että hajonta lisääntyi hidastuvalla nopeudella ytimestä pintaan päin eli suunnassa, jossa myös kuitujen pituus kasvoi (kuva 2).

Suhteellinen standardipoikkeama eli variaatiokerroin oli miltei vakio kuitujen pituuden kasvaessa kuten myös puun läpimitan suuressa. Lasketun regressioyhtälön mukaan puun pituuden kasvaessa variaatioker-



N= 376
COR= -.1464
agepith

Kuva 3. 50 kuidun pituuden variaatiokerroin (fibvc, %) ytimestä mitatun vuosilustojen lukumäärän mukaan (agepith, a). Kaikki puut ja korkeudet. Numerot tarkoittavat havaintoja, A=10, B=11 jne.

Fig. 3. Variation coefficient of 50 fibre length measurement (fibvc, %) according to the number of growth rings measured from the pith (agepith). All trees and sample heights. The numbers refer to the number of observations, A=10, B=11, etc.

roin hieman suureni, samoin näytteenotto- korkeuden kohotessa. Kaiken kaikkiaan variaatiokerroin kuitenkin vaihteli vain vähän eri tekijöiden mukaan. Heikosti voidaan kuitenkin havaita, että puun suuretessa kuitujen keskipituus voidaan määräsuuruusella näytteellä määrittää tarkemmin kuin pienistä puista. Tämä ilmenee mm. siitä, että variaatiokerroin hieman pieneni ytimestä pintaan päin (kuva 3).

4. KÄYTÄNNÖN SOVELLUS

Kun tulosten mukaan on ilmeistä, että kuitujen pituus kasvaa puun ytimestä pintaan päin likimain samalla tavalla puun eri korkeuksilla, erikokoisten kuitupuupölkkyjen keskimääräinen kuitujen pituus voidaan arvioida pelkästään pölkyn läpimitan avulla. Ha-

luttaessa voidaan arviota tarkentaa keskimääräisen vuosiluston paksuuden avulla, joskin sen merkitys on huomattava vain pieniläpimittaisissa pölkkyissä.

Taulukossa 2 on esitetty erikokoisten kuitupuupölkkyjen keskimääräinen kuitujen pi-

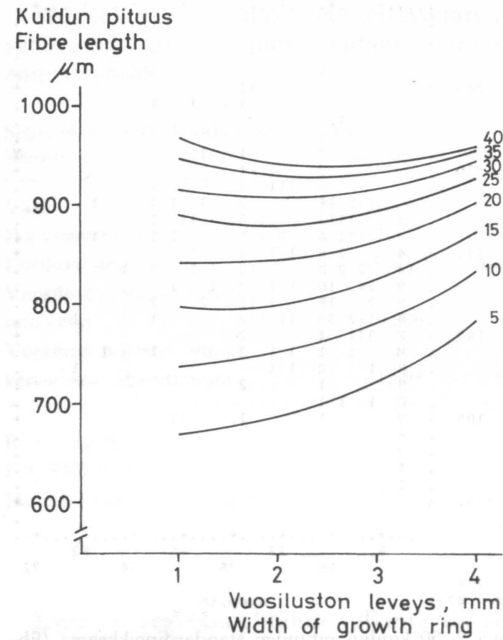
Taulukko 2. Pölkyn keskimääräinen kuitujen pituus (A, μm) vuosilustojen lukumäärän ja keskileveyden mukaan. Vastaava läpimitta on B (mm).

Table 2. Average fibre length of bolt (A, μm) according to the number and average width of growth rings. The corresponding diameter is B (mm).

Vuosi- lustoja No of growth rings	Vuosisiluston leveys, mm Width of growth rings, mm	Vuosisiluston leveys, mm Width of growth ring			
		1	2	3	4
5	A	668	687	725	782
	B	10	20	30	40
10	A	737	751	782	832
	B	20	40	60	80
15	A	794	801	827	874
	B	30	60	90	120
20	A	842	844	864	903
	B	40	80	120	160
25	A	884	880	894	927
	B	50	100	150	200
30	A	918	908	917	944
	B	60	120	180	240
35	A	945	929	932	954
	B	70	140	210	280
40	A	965	944	941	957
	B	80	160	240	320

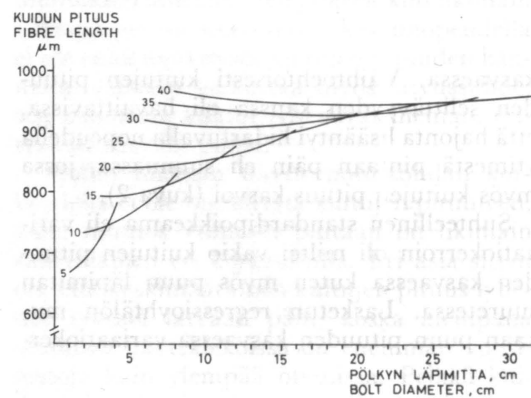
tuus vuosilustojen lukumäärän ja keskileveyden mukaan. Pienen taulukon keskileveys 1 mm oli jo havaintoaineiston ulkopuolelta, joten sen informaatioon on suhtauduttava kuten ekstrapolaatioon. Vuosisilustojen keskileveys ja lukumäärä määrittelevät luonnollisesti kuorettoman läpimitan, joka on myös esitetty taulukossa. Keskimääräinen, nyt tarkasteltua aineistoa vastaava tulos ilmenee 2 mm vuosilustoleveyden sarakkeesta – keskimääräinen leveys oli nimittäin juuri 2 mm.

Taulukosta 2 havaitaan, että keskinkertaisesti kasvavan tervalepän kuitujen pituus on saavuttanut likimain vakiona pysyvän tasonsa 100...120 mm läpimittaisissa pölkkyissä. Hidaskasvuissa pölkkyissä raja on alhaisempi, 70...80 mm. Sitä vastoin nopeakasvuissa puilla vastaava keskimääräinen kuitujen pituus saavutetaan vasta 160 mm pölkkyissä. Kuitujen keskipituus lisääntyy myös em. ra-



Kuva 4. Pölkyn keskimääräinen kuitujen pituus (μm) vuosilustojen lukumäärän ($n = 5...40$) ja keskileveyden mukaan.

Fig. 4. Average length of fibres (μm) in a bolt according to the number of growth rings ($n = 5...40$) and their average width.



Kuva 5. Pölkyn keskimääräinen kuitujen pituus (μm) vuosilustojen lukumäärän ($n = 5...40$) ja pölkyn läpimitan mukaan.

Fig. 5. Average length of fibres (μm) in a bolt according to the number of growth rings ($n = 5...40$) and the bolt diameter.

jojen jälkeen, mutta aiempaan lisääntymiseen verrattuna vain vähän.

Em. riippuvuudet näkyvät myös kuvista 4 ja 5, jotka on piirretty taulukon 2 perusteella.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Puuanatomisia tutkimuksia (ml. kuitujen pituuden mittausta maseroidusta näytteestä) on tehty yleensä pienillä aineistoilla. Esimerkiksi koivua koskevat käsitykset perustuvat yhden tai korkeintaan muutaman puun aineistoista tehtyihin tutkimuksiin (esim. Runqvist ja Thunell 1945, Kujala 1946, Ollinmaa 1955, 1958, Bruun ja Slungaard 1959, Bhat ja Kärkkäinen 1981). Tähän nähden nyt käsiteltävä aineisto (11 koalaa, 21 puuta, kiekot puista 2 m välein) voi pitää poikkeuksellisen mittavana ja edustamiskelpoisena.

Saatu kuva keskimääräisestä kuitujen pituudesta vastaa hyvin kirjallisuudessa esitettyjä tietoja, joiden mukaan tervalepän kuidut ovat keskimäärin 800...900 μm (esim. Bruun ja Slungaard 1959). Siten ne ovat 10...20 % lyhyemmät kuin koivulla em. koivututkimusten mukaan.

Kirjallisuudesta saatavat tiedot tukevat myös sitä nyt saatua käsitystä, että kuitujen pituus kasvaa ytimeä pintaan päin likimain samalla tavalla rungon eri korkeuksilla. Tällainen tulos on saatu aiemmin mm. koivulla (Kujala 1946) ja myös havupuilla (Dinwoodie 1961). Nämä yhdenmukaiset tulokset osoittavat, ettei kasvupistemestimin van-

heneminen aiheuta tässä suhteessa olennaisia muutoksia jällen initiaalisoluihin.

Kasvunopeuden vaikutus havaittiin merkittäväksi ainoastaan ytimen läheisyydessä, jossa kuitujen pituuden muutos on nopeinta. Malli on looginen: kun initiaalisolut voivat pidentyä vain solujen jakautuessa, nopeassa kasvussa solujen runsas jakautuminen merkitsee solujen voimakasta pitenemistä yhden kasvukauden aikana. Näin ollen nopeakasvuissa puilla solut pitenevät nopeammin kuin hidaskasvuissa puilla. Sen jälkeen kun määräpituus on saavutettu, kasvunopeudella ei ole enää merkitystä. Nyt tehdyt havainnot eivät sulje pois sitäkään mahdollisuutta, että täysikasvuissa puissa hyvä kasvu aiheuttaa hiukan solujen lyhenemistä. Havupuista on tehty tällaisia havaintoja lannoituksen yhteydessä (esim. Erickson ja Harrison 1974).

Havaittu lievä latvussuhteen ja kuitujen pituuden negatiivinen korrelaatio on sekin looginen ajatellen kärkikasvupisteiden tuottamien hormonien jakaumaa ja vaikutusta. Yleinen käsitys puutieteessä on, että latvukseen sisällä puuaine on monessa suhteessa heikompa kuin oksattoman rungon alueella.

KIRJALLISUUTTA

- BARKER, R. G. 1974. Papermaking properties of young hardwoods. *Tappi* 57(8): 107-111.
- BENDTSEN, B. A., MAEGLIN, R. R. & DENEKE, F. 1981. Comparison of mechanical and anatomical properties of eastern cottonwood and *Populus* hybrid NE-237. *Wood Sci.* 14(1): 1-14.
- BHAT, K. M. & KÄRKKÄINEN, M. 1981. Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood: IV. Fibre and vessel length in branches, stems, and roots. *Seloste: Suomalaisen koivupuun rakenteen ja eräiden ominaisuuksien vaihtelu IV. Kuitujen ja putkisolujen pituus oksissa, rungossa ja juurissa.* *Silva Fenn.* 15(1): 10-17.
- BRUUN, H. H. & SLUNGAARD, S. 1959. Investigation of porous wood as pulp raw material. 3. Fibre dimensions of several NW European wood species. *Paperi ja Puu* 41(2): 31-34.
- CHASE, A. J., HYLAND, F. & YOUNG, H. E. 1971. Puckerbrush pulping studies. *Tech. Bull. Life Sci. Agric. Exp. Sta. Univ. Maine* 49: 1-64.
- d'A CLARK, J. 1973. Components of the strength qualities of pulps. *Tappi* 56(7): 122-125.
- DINWOODIE, J. M. 1961. Tracheid and fibre length in timber: A review of the literature. *Forestry* 34(2): 125-144.
- ERICKSON, H. D. & HARRISON, A. TH. 1974. Douglas-fir wood quality studies. Part I: Effects of age and stimulated growth on wood density and anatomy. *Wood Sci. Technol.* 8(3): 207-226.
- HORN, R. A. 1972. How fiber morphology affects pulp characteristics and properties of paper. *Chem. 26 Paper Processing* 8(5): 39-42.
- 1974. Morphology of wood pulp fiber from softwoods and influence on paper strength. *U.S. For. Serv. Res. Pap. U.S. For. Prod. Lab.* 242: 1-11.
- 1978. Morphology of pulp fiber from hardwoods and influence on paper strength. *U.S. For. Serv. Res. Pap. U.S. For. Prod. Lab.* 312: 1-8.
- HUANG, M.-C. 1971. I-214, 70 D ve 64 H Melez kavak klonlarında lif morfolojisi yönünden arastirmalar ve odunlarından yari kimyasal metotla selluloz

- elde etme imkanlari. Summary: Fiber morphological investigation and NSSC pulping experiment on *Populus euramericana* I-214, 70 D and 64 H. Istanbul Univ. Orman. Fak. Derg. 21(1): 159-181.
- KARTTUNEN, S. T. P. & LINDQVIST, H. A. 1977. Offset printing properties of TMP and conventional newsprint. Paperi ja Puu 59(10) 622-629.
- KUJALA, V. 1924. Tervaleppä (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Suomessa. Kasvimaantieteellinen tutkimus. Referat: Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in Finnland. Pflanzengeographische Untersuchung. Commun. Inst. For. Fenn. 7: 1-301.
- 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. Commun. Inst. For. Fenn. 34(1): 1-34.
- LECLERCQ, A. 1980. Relationships between beechwood anatomy and its physico-mechanical properties. IAWA Bull. (New Series) 1(1-2): 65-71.
- NELSON, N. D. 1973. Effects of wood and pulp properties on medium-density, dry-formed hardboard. For. Prod. J. 23(9): 72-80.
- OLLINMAA, P. J. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Summary: On the anatomic structure and properties of the tension wood in birch. Acta For. Fenn. 64(3): 1-263.
- 1958. Vertailevia tutkimuksia puusyiden pituudesta hieskoivun kevät- ja kesäpuussa. Summary: Comparative studies on the length of wood fibres in the early and late wood of white birch. Paperi ja Puu 40(11): 599-601.
- PAGE, D. H. 1969. A theory for tensile strength of paper. Tappi 52(4): 674-681.
- RUNQVIST, E. & THUNELL, B. 1945. Undersökningar över några virkesegenskaper hos björk. Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska avdelningen, Medd. 7: 1-11.
- SIIMES, F. E. & LIIRI, O. 1959. Pienpuu kuitulevyn raaka-aineena. Summary: Small-sized timber as a raw material of fibreboard. Pienpuualan Toimik. Julk. 71: 1-61.
- UUSVAARA, O. & PEKKALA, O. 1979. Eräiden ulkomaisten ja kotimaisten sivupuulajien puu- ja massateknisiä ominaisuuksia. Summary: Technical properties of the wood and pulp of certain foreign and uncommon native tree species. Commun. Inst. For. Fenn. 96(2): 1-59.
- VECCHI, E. 1969. Quality control of poplar groundwood: factors related to the structural composition of the pulp. Tappi 52(12): 2390-2399.
- WOOD, J. R. & KARNIS, A. 1977. Towards a lint-free newsprint sheet. Paperi ja Puu 59(10): 660-674.

SUMMARY

FIBRE LENGTH IN BLACK ALDER

A material consisting of 21 trees from 11 stands was collected. From each stem disks were sawn by 2 m interval. From disks samples were taken from various distances from the pith. They were macerated and the average fibre length was based on 50 observations.

The fibre length increased clearly from the pith to the disk surface (Fig. 1). The increase was about similar at various heights of the tree. The tree characteristics had only a minor effect. However, near the pith the increase in fibre length was higher in trees with wide growth rings

than in other trees. Near the disk surface the growth rate had no effect.

The variation in fibre length increased in the same manner (Fig. 2). The corresponding coefficient of variation was about constant (Fig. 3).

Using integral calculus the average fibre length of various bolt sizes was determined (Table 2). In typical pulpwood bolts the average length is 800...950 μm which corresponds well to the data given in the literature.