

# FOLIA FORESTALIA 575

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

---

---

GERARD NEPVEU JA  
PIRKKO VELLING

---

RAUDUSKOIVUN PUUAINEN  
LAADUN GENEETTINEN  
VAIHTELU

---

INDIVIDUAL GENETIC  
VARIABILITY OF WOOD  
QUALITY IN *BETULA*  
*PENDULA*

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

FOLIA FORESTALIA 575

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

---

Gerard Nepveu ja Pirkko Velling

RAUDUSKOIVUN PUUAINEEN LAADUN GENEETTINEN VAIHTELU

Individual genetic variability of wood quality  
in *Betula pendula*

NEPVEU, G. & VELLING, P. 1983. Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. Abstract: Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*. Folia For. 575:1—21.

Tutkimuksessa tarkastellaan puuaineen laatuominaisuuksien vaihtelua eteläsuomalaisessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa, josta mitattiin yhteensä 564 koepuuta 46 täyssisarperheestä ja yhdestä vertailuerästä. Lisäksi tutkittiin jälkeläisten 12 emo- ja isäpuuta. Mittaushetkellä jälkeläiset olivat 12-vuotiaita, emo- ja isäpuut noin 55-vuotiaita.

Näyteyksikköinä käytetyistä kairanlastuista määritettiin puun kutistuminen sen kuivuessa, puuaineen tiheys ja massan saanto. Ominaisuuksien anisotrooppisuutta (erilaisuutta rungon vastakkaisilla puolilla) selviteltiin myös. Lisäksi tutkittiin Pilodyn-laitteen soveltuvuutta puuaineen laadun maastomääritykseen.

Ensin tarkastellaan tuloksia ominaisuuksien vaihtelusta koko aineistossa ja sen jälkeen varsinaisia geneettisiä parametreja siitä erotetussa 20 jälkeläistöä käsittävässä faktorikokeessa.

Puuaineen tiheyden ja puun kutistumisen periytyvyys osoittautui verraten voimakkaaksi. Tilavuuden kasvuun ja massan saantoon liittyvät ominaisuudet sen sijaan todettiin selvästi heikommin periytyviksi. Itsepölytys näytti vaikuttavan haitallisesti, joskin lievästi, kuiva-ainetuotukseen. Maternaaliefektistä (emon vaikutuksesta) saatiin viitteitä puun pituuskasvussa. Ns. erityinen kombinaatiokyky osoittautui tutkituissa laatuominaisuuksissa heikoksi, joten kahden kloonin siemenviljelysten perustaminen laadun vuoksi ei näytä erityisen kannattavalta; kasvussa hyötyä saattaisi kuitenkin tulosten perusteella olla odotettavissa.

Puun tilavuuden kasvun ja kutistumisen välillä ei todettu haitallista riippuvuutta, vaan päinvastoin edullinen (negatiivinen). Kasvu ja puuaineen tiheys puolestaan olivat toisistaan riippumattomia. Tiheyden ja kutistumisen välillä oli kuitenkin haitallinen positiivinen korrelaatio.

Tutkimusmenetelmien kannalta saatiin kaksi erityisen tärkeää tulosta. Ensiksikin puun ikä vaikutti tutkituihin laatuominaisuuksiin hyvin merkittävästi ja toiseksi Pilodyn-laite osoittautui puuaineen tiheyden maastomäärityksessä hyvin käyttökelpoiseksi.

The variation in wood quality characteristics of 46 full-sib families and a standard seed lot were studied in a *Betula pendula* progeny trial in southern Finland. The material consists of total of 564 sample trees as well as their 12 parent trees. The progenies were 12 years old, when measured, the parent trees about 55 years.

The characteristics measured on increment cores were shrinkage, basic density and pulp yield. The anisotropy of properties on the opposite sides of the stem was also studied. The possibility to estimate wood quality in the forest by means of a Pilodyn Wood Tester was evaluated, too.

The variation of the characteristics in the whole of the material was studied first and then the genetic parameters were estimated of a complete factorial design of 20 progenies issued.

The inheritance of wood basic density and shrinkage was fairly strong. Factors affecting to volume growth and pulp yield, on the contrary, had low heritability values. Self-pollination had a slight depressive effect on the dry matter yield. There was some maternal effect on the height growth of the trees. The specific combining ability of wood quality characteristics studied was rather poor; so, it does not seem to be very promising to establish the two clone seed orchards for the sake of quality. In volume growth it could be, nevertheless, useful.

There was no unfavourable relationship between growth rate and volumetric shrinkage; on the contrary it was favourable (negative). The correlation between growth rate and wood density was not significant. However, there was an unfavourable positive correlation between density and shrinkage.

There are two especially important results concerning the measurements of wood quality characteristics. First, the age of the trees had a very significant effect on the properties and secondly, the Pilodyn Wood Tester seemed to be very promising when selecting the young progenies for wood density in the forest.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	5
21. Aineisto .....	5
211. Emo- ja isäpuut .....	5
212. Jälkeläiset .....	5
22. Mitatut tunnuksat ja mittausmenetelmät .....	6
221. Suomessa tehdyt mittaukset .....	6
222. Ranskassa tehdyt mittaukset .....	6
3. TULOKSET .....	7
31. Jälkeläistöjen välinen vaihtelu .....	7
32. Vanhempien ja jälkeläisten puuaineen vertailu .....	9
33. Itsepölytyksestä ja resiprookkisista risteytyksistä syntyneet jälkeläistöt .....	11
34. Ominaisuuksien välinen riippuvuus .....	13
35. Pilodyn-arvojen korrelaatiot .....	14
36. Geneettiset parametrit .....	17
4. PÄÄTELMÄÄ .....	19
5. KIRJALLISUUS .....	20

## ALKUSANAT

Tutkimus toteutettiin Suomen ja Ranskan välillä keväällä 1980 allekirjoitetun metsäalan yhteistyösopimuksen puitteissa metsänjalostuksen tutkimusosaston tutkijan P. Vellingin ollessa opintomatalla Ranskassa 1.10.1981—31.3.1982.

Aineisto kerättiin Suomesta, pääosa mitauksista tehtiin Ranskassa, Nancyn lähellä sijaitsevassa I.N.R.A.:n, Ranskan maatalouden tutkimuslaitoksen alaisessa metsäntutkimuskeskuksessa, puun laadun tutkimusasemalla.

Em. tri H. Polgen johtama asema on hyvin tunnettu tutkimusmenetelmistä, jotka on kehitetty erityisesti pieniä, ei-destruktiivisia näytteitä varten ja jotka siten sopivat hyvin jalostusaineistojen tutkimiseen. Useimmat näistä menetelmistä eivät (vielä) ole käytössä Suomessa.

Tutkimuksen työnjako oli seuraava: Velling laati pääosin käsikirjoituksen aineistoa ja menetelmiä koskevan osan sekä kokosi aiemman kirjallisuuden. Nepveu huolehti tulosten laskennasta ja kirjoitti niitä koskevat luvut. Yhdessä tekijät laativat päätelmiä koskevan osan. Nepveu viimeisteli ranskan-kielisen käsikirjoituksen ja vastasi sen painokuntoon saattamisesta. Tutkimus julkaistiin

Silvae Genetica-sarjan numerossa 32, Heft 1—2 (1983) otsikolla ”Variabilité génétique individuelle de la qualité du bois chez *Betula pendula* Roth”.

Tutkimuksen ranskalaisen osapuolen sekä mainitun julkaisusarjan kustantajan, J.D. Sauerländer’s Verlag, ja julkaisijan ystävällisellä suostumuksella Velling laati artikkelista nyt käsillä olevan suomenkielisen version. Siinä ei ole englanninkielistä selostetta, koska alkuperäisessä artikkelissa on sekä Summary että Zusammenfassung.

Ranskankielisen käsikirjoituksen tarkastivat I.N.R.A.:n metsänjalostustutkimuksen silloinen johtaja, Orleans’n aseman esimies J.F. Lacaze ja saman aseman tutkija Y. Birot. Suomenkielisen version ovat lukeneet V. Koski, M. Kärkkäinen, P.M.A. Tigerstedt ja O. Uusvaara.

J. Mikola tarkasti käännöksessä olevan englanninkielisen tekstin, Kaarina Ridanpää huolehti käännöksen puhtaaksikirjoituksesta sekä kuvien ja taulukoiden muokkaamisesta suomenkielistä painoasua vastaaviksi.

Metsänjalostuksen tutkimusosasto kiittää kaikkia tutkimuksen eri vaiheissa avustaneita, Ranskassa ja Suomessa, ja esittää erityiset kiitoksensa I.N.R.A.:lle hyvästä yhteistyöstä.

Joulukuussa 1983

Max. Hagman

## 1. JOHDANTO

Tämän Ranskan ja Suomen välisen metsäalan yhteistyön puitteissa tehdyn tutkimuksen kohteeksi valittiin rauduskoivu (*Betula pendula* Roth), koska se on Suomessa yleinen ja metsätaloudellisesti merkittävä puulaji. Lisäksi sen jalostuksessa on, sen edullisten kukintaominaisuuksien ansiosta, edetty pitemmälle kuin havupuiden jalostuksessa.

Tärkein järeää koivua raaka-aineena käytävä puunjalostusteollisuuden haara on Suomessa vaneriteollisuus, mutta pienempi-läpimittaisellakin koivulla on merkitystä, lähinnä levy- ja massateollisuudessa. Perinteisesti koivua käyttävät puusepän- ja huonekaluteollisuus.

Koivun rungon ja puuaineen laadun geneettisestä vaihtelusta on tähän mennessä julkaistu vain vähän tutkimustuloksia. Raulo (1979) on tutkinut rungon suoruuden ja oksaisuuden vaihtelua vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöissä, joiden emo- ja isäpuut olivat laajalta alueelta eri osista Suomea. Sekä suoruudessa että oksaisuudessa esiintyi perheiden välillä tilastollisesti merkitseviä eroja.

Sen sijaan kaukoristeytysten tuloksena syntyneet jälkeläistöt eivät eronneet metsikön sisäisistä risteytysjälkeläistöistä. Myöskään jälkeläistösiirroilla ei todettu olevan sen enempää positiivista kuin negatiivistakaan vaikutusta tutkittuihin ominaisuuksiin.

Velling (1979) tutki puuaineen tiheyden vaihtelua kahdessa, 93 ja 110 jälkeläistöä (risteytyksiä ja vapaapölytyksiä) käsittävässä kokeessa, jotka sisältyivät edellä mainittuun Raulon tutkimusaineistoon. Hän totesi huomattavaa vaihtelua jälkeläistöjen välillä: 387...446 kg/m<sup>3</sup> toisessa kokeessa ja 353...450 kg/m<sup>3</sup> toisessa.

Tällä hetkellä tiedetään vielä kovin vähän eri käyttötarkoitusten kannalta tärkeiden koivun puuaineen ominaisuuksien geneettisestä taustasta. Myöskään ei tunneta laatuominaisuuksien ja kasvun välisiä geneettisiä riippuvuuksia. Tässä tutkimuksessa selvitetään puuaineen tiheyden ja kosteuden vähenemisen aiheuttaman puun kutistumisen periytyvyyttä sekä laatu- ja kasvuominaisuuksien välisiä geneettisiä korrelaatioita rauduskoivulla.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Aineisto

#### 211. Emo- ja isäpuut

Tutkimuksen lähtöaineiston muodostavat 12 koe-puuta, jotka on merkitty yhdestä noin 2,5 ha:n laajuisesta Tuusulassa sijaitsevasta metsiköstä. Metsikkö on syntynyt 1920-luvun puolivälissä luonnonsiemennyksestä. Tämä koivikko valittiin vuonna 1969 ns. perusmetsiköksi. *Perusmetsikkö* edustaa niin kasvun kuin laadunkin suhteen paikkakunnan keskimäärää ja sitä käytetään geneettisiin tutkimuksiin.

Edellä mainittujen 12 emo- ja isäpuun välisistä risteytyksistä vuonna 1969 syntyneet 46 täyssisarjälkeläistöä muodostavat käsillä olevan tutkimuksen varsinaisen aineiston (taulukko 1). Tekstissä tullaan jälkeläistöistä

käyttämään taulukossa olevien emo- ja isäpuiden numeroiden mukaista indeksiä, emopuun numero aina ensimmäisenä. Esimerkiksi jälkeläistö 29×3 on syntynyt emopuun numero 29 ja isäpuun numero 3 välisestä risteytyksestä.

#### 212. Jälkeläiset

Jälkeläiskoe numero 387/3, johon 46 risteytysjälkeläistön lisäksi sisältyy vertailukohteena Sulkavalta kotoisin oleva metsikkösiemenenä, perustettiin vuonna 1972 entiselle peltomaalle Längelmäelle. Kokeen omistaa metsähallitus. Taimet istutettiin 1+1-vuotiaina. Istutusvuoden syksyllä niistä oli elossa 93 % ja toistaiseksi viimeisessä inventoinnissa syksyllä 1976 77 %.

Emopuun nro Mother tree No	Isäpuun nro - Father tree No							
	3	26	27	31	33	37	40	47
29	+	+	+	+	+	+	+	+
30	+	-	+	+	-	+	-	-
31	+	+	+	-	+	+	+	+
32	+	+	+	+	+	+	-	-
33	+	+	+	+	-	+	+	+
37	+	+	+	-	+	+	+	-
39	-	-	+	-	-	-	-	-
40	+	+	+	+	+	+	-	+

+ = jälkeläistä mukana kokeessa  
 progeny included in the experiment  
 - = jälkeläistä puuttuu  
 progeny not included in the experiment  
 □ = neljän emopuun ja viiden isäpuun  
 faktorisarjaan kuuluva jälkeläistä  
 progeny belonging to the factorial cross  
 series of four mothers and five fathers  
 ○ = itsepölytyksestä tai resiprookkisesta (vasta-  
 vuoroisesta) risteytyksestä syntynyt jälkeläistä  
 progeny originating from self-pollination or  
 from a reciprocal cross

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olevat kokeen nro 387/3 täyssisarjälkeläistöt.

Table 1. Full-sib progenies studied in experiment no. 387/3.

Koe koostuu kuudesta lohokosta, joissa on 25 taimen ruudut. Istutusväli on kaksi metriä. Koepuita otettiin jokaisesta ruudusta kaksi, systemaattisesti ruutukoordinaattien mukaan, joten kaikkiaan koepuita saatiin 564 (47 erää  $\times$  6 lohkoa  $\times$  2 puuta/ruutu).

Ensin tutkittiin ominaisuuksien vaihtelua koko aineistossa. Vaikka risteytysyhdistelmien epätäydellisyyden vuoksi ei varsinaisia geneettisiä parametrejä, kuten additiivista geneettistä varianssia voitu estimoida, aineiston katsottiin tarjoavan kuitenkin runsaasti jalostuksen kannalta mielenkiintoista tietoa. Kun tässä yhteydessä puhutaan "geneettisestä" vaihtelusta tarkoitetaan jälkeläistojen välistä vaihtelua. Jälkeläistökeskiarvojen avulla lasketuista korrelaatioista käytetään mieluummin nimitystä "jälkeläistojen väliset korrelaatiot", jottei niitä sekoitettaisi varsinaisiin, vain jalostusarvojen avulla estimoitavissa oleviin geneettisiin korrelaatioihin.

Toiseksi aineistosta erotettiin 20 jälkeläistöä, neljästä emopuusta ja viidestä isäpuusta koostuva faktoriokoe, josta estimoitiin varsinaiset geneettiset parametrit.

## 22. Mitatut tunnuksat ja mittausmenetelmät

### 221. Suomessa tehdyt mittaukset

Syys-lokakuussa 1981 mitattiin 12 emo- ja isäpuusta sekä niiden 564 jälkeläisestä seuraavat tunnuksat:

- *rungon rinnankorkeuslähimitta* kuoren päältä
- *puun pituus*
- *Pilodyn-arvo*; Pilodyn-laitteen 2 mm:n läpimittaisen teräspiikin puuhunuppoamisyyvyys, joka käänteisesti ilmaisee puuaineen tiheyden. Tätä alun perin pylväiden lahoasteen määrittämiseen kehitettyä sveitsiläisvalmisteista laitetta on vasta aivan viime vuosina alettu käyttää jalostustutkimuksissa. Laitteen avulla saadaan maastosta arvioitua puuaineen tiheyden lisäksi eräitä siihen liittyviä mekaanisia ominaisuuksia (Hoffmeyer 1978 ja 1979, Cown 1978 a ja b, 1980 a ja b, Cown ja Andrew 1979, Taylor 1981).

Käsillä olevassa tutkimuksessa Pilodyn-arvo mitattiin rinnankorkeudelta kuoren päältä, sekä pohjois- että eteläpuolelta runkoa.

Mittausten lisäksi jälkeläiskoepuut luokiteltiin sen mukaan, olivatko ne haaroituneita vai eivät. Näitä havaintoja ei analysoitu varsinaisten mittaustulosten tapaan, vaan niitä käytettiin lähinnä tutkimusaineiston yleislaadun tarkasteluun.

Mittausten yhteydessä kaikista koepuista otettiin samalla 5 mm:n läpimittaisella kasvukairalla näytelastut rungon rinnankorkeudelta. Jälkeläiskoepuista lastut otettiin pohjois-eteläsuuntaisina läpilastuina. Kookkaisu-emo- ja isäpuista lastut oli otettava erikseen rungon pohjois- ja eteläpuolelta. Viimemainitut eivät kaikissa tapauksissa ylittäneet ytimeen asti, mutta ainakin 40 viimeisen vuoden kasvu pyrittiin saamaan niihin mukaan.

### 222. Ranskassa tehdyt mittaukset

I.N.R.A.:n NANCY:n metsäntutkimuskeskuksen puun laadun tutkimusasemalla aineistosta mitattiin seuraavat tunnuksat:

- jälkeläiskoepuiden läpilastuista *rungon* pohjois- ja eteläpuolen *säde*.
- emo- ja isäpuiden *lastujen pituus* 40 viimeisen vuosiluston alueelta; näin lastut saatiin keskenään vertailukelpoisiksi ja niitä voitiin analysoida myös tarkemmin lusto lustoilta Polgen (1966) kehittämällä mikrodensitometri-menettelmällä. Menetelmää voitiin kuitenkin, sen hitauden ja työtyden vuoksi, soveltaa vain pieneen osaan aineistosta. Näitä tuloksia ei käsitellä tässä yhteydessä.
- *puun pituuden- ja tangentinsuuntainen kutistuminen* vedellä kyllästetystä ilmakeiväksi (10 %:n kosteuteen jälkeläisillä ja 13 %:iin emo- ja isäpuilla). Jälkeläiskoepuiden läpilastuista mitattiin vain eteläpuoleinen osa, emo- ja isäpuiden lastuista molemmat. Jälkeläisten lastuista jätettiin kutistuminen, samoin kuin jäljempänä mainittavat ominaisuudet mittaamatta ytimeä noin 0,5 cm:n etäisyydeltä, koska tällä alueella esiintyi muutamissa koepuissa halkeamia ja erällä myös alkavaa lahoa. Pituuden ja tangentinsuuntainen kutistuminen mitattiin erityisesti kairanlastuja varten kehitetyllä erikoisanurilla (Juono 1977, Ferrand 1981) käyttäen 0,5 mm:n mittauspisteväliä.
- *puun säteensuuntainen kutistuminen* kaikkien koepuiden sekä pohjois- että eteläpuoleisista lastuista ns. mukaelulla Palmerin laitteella. Tässä yhteydessä ilmakeivä mittausta tehtiin ensin ja vasta sen jälkeen lastut kyllästettiin.



- puuaineen tiheys, erikseen pohjoisen- ja eteläpuoleisista lastuista, Keylwerthin (1954) kyllästysmenetelmää käyttäen. Menetelmässä maksimaalinen kyllästymispiste saadaan aikaan pitämällä lastuja vedessä tyhjiössä neljä päivää.
- *kuitusaanto* sulfaattikeitosta yhdistämällä rungon pohjois- ja eteläpuolen lastut riittävän suuren näytteen saamiseksi. Menetelmän on kehittänyt Janin (1972). Siinä saanto lasketaan kuitumassan painon suhteena keitetyn puunäytteen koko painoon, molempien ollessa absoluuttisen kuivia. Menetelmän destruktiivisuuden vuoksi voitiin kuitusaanto tutkia vain puolesta jälkeläiskoepuita eli kunkin koeruudun kahden koepuun lastuista otettiin sattumanvaraisesti vain toisen lastut näytteeseen. Eri keittoerien välillä huolellisesta kontrollista huolimatta mahdollisesti esiintyvät vaihtelu eliminoitiin laskennallisesti.

Edellä mainittujen, mitattujen tunnusten avulla saatiin lisäksi seuraavat *laskennalliset* parametrit.

- puun *tilavuuden kutistuminen* kyllästetystä ilmakuvaksi, pituuden-, tangentin- ja säteensuuntaisen kutistumisen avulla (Juino 1977).
- tangentinsuuntaisen kutistumisen suhde säteensuuntaiseen kutistumiseen (*kutistumisen anisotropisuus*).
- koepuiden ”tilavuus”, puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan neliön tulona. Kysymyksessä on oikeastaan tilavuuteen verrannollinen kerroin, kun klassinen kaava on:  
tilavuus =  $K \times \text{pituus} \times \text{läpimitta}^2$ ,  
jossa K on muotoluku ja oletetaan vakioksi käsillä olevan tutkimuksen aineistossa.
- *puuaineen keskimääräinen tiheys* rungon rinnankorkeudella. Arvo saatiin pohjoisen- ja eteläpuoleisten lastujen tiheyksien keskiarvona painottamalla ne vastaavilla lastunpituuksilla. Jälkeläisillähän jätettiin, kuten edellä mainittiin, ytimen ympäriltä mittaamatta n. 0,5 cm:n alue; emo- ja isäpuilla taas otettiin huomioon vain lastujen viimeiset 40 lüstoa. Saatua tiheysarvoa kutsutaan ”painotetuksi tiheydeksi”.
- koepuiden kuiva massa, joka saatiin kertomalla ”tilavuus” painotetulla tiheydellä. Tässä yhteydessä on syytä korostaa, että näin estimoitua tunnusta on pidettävä vain suuntaa-antavana, koska puiden tilavuutta laskettaessa kerroin K oletettiin vakioksi ja koska rungon rinnankorkeudelta määritettyä tiheyttä

tä käytettiin edustamaan koko rungon keskimääräistä tiheyttä.

- koepuiden *kuitumassa*, joka laskettiin kuivan massan ja kuitusaannon avulla. Tätä tunnusta koskevat samat huomautukset kuin edellistekin.

Edellä mainittujen mitattujen ja laskennallisten tunnusten avulla saadaan tietoa koepuiden kasvusta, tuotoksesta ja ennen kaikkea keskeisistä puuaineen laatuominaisuuksista. Viimemainituista esimerkiksi puun ”eläminen”, kutistuminen ja paisuminen, aiheuttaa ongelmia varsinkin sahatavarassa. Puuaineen tiheyteen taas liittyvät useat mekaaniset ominaisuudet. Lisäksi tiheys vaikuttaa massan saantoon jalostettaessa puuta kemiallisesti. Mahdollisesti sillä on merkitystä myös biomassan tuotannossa energiakäyttöön. Toisaalta kovin korkea puuaineen tiheys voi olla haitaksi puuta sörvattaessa tai viilutettaessa, koska tällainen puu on yleensä hyvin kovaa. Epäedullista on myös tiheyden ja puun ”elämisen” usein voimakas positiivinen korreloituuminen.

Tutkimuksessa on useimpia ominaisuuksia mitattaessa ja laskettaessa käsitelty erikseen rungon pohjois- ja eteläpuolta. Tämä johtuu siitä, että eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa on pohjoismaissa saatu viitteitä männyn ja kuusen puuaineen tiheyden ilmansuunta- vaihtelusta (Nylinder 1953, Olesen 1973, Velling 1976, Kellomäki 1979 a ja b). Siksi haluttiin erityisesti tutkia, onko eri jälkeläistöjen välillä eroja ominaisuuksien mahdollisessa pohjois-etelä-anisotropiassa. Tämän jälken fysiologiaan liittyvän näkökohdan lisäksi pidettiin tärkeänä tutkia rungon sisäistä ominaisuuksien vaihtelua yleensä, koska se on tunnetusti suurta säteen suunnassa, ja koska on hyvin todennäköistä, että tämän vaihtelun vaikutus puuraaka-aineen laatuun on vähintään yhtä suuri kuin puiden välisen vaihtelun.

Ominaisuuksien pohjois-etelä-anisotropia esitetään tuloksissa kahdella tavalla, esimerkiksi:

1.  $BD_p - BD_s = \text{Anisotropia}$
2.  $100 \frac{(BD_p - BD_s)}{1/2 (BD_p + BD_s)} = \text{Anisotropia } \%$

$BD_p$  = puuaineen tiheys, rungon pohjoispuoli

$BD_s$  = puuaineen tiheys, rungon eteläpuoli.

### 3. TULOKSET

#### 31. Jälkeläistöjen välinen vaihtelu

Kaikki 47 koe-erää käsittävästä aineistosta laskettiin kaksisuuntainen varianssianalyysi (taulukko 2). Vaihtelutekijöinä olivat jälkeläistöt ja lohkot sekä muissa ominaisuuksissa kuin kuitusaannossa ja -massassa, myös lohko  $\times$  jälkeläistö-yhdysvaikutus. Näissä kahdessa ominaisuudessa viimeainittu tekijä si-

sältyi virhevaihteluun, sillä niistä oli mittaus-tulos vain yhdestä koepuusta/ruutu.

Jälkeläistön ja lohkon välistä yhdysvaikutusta todettiin etenkin kasvuominaisuuksissa, kun taas pelkän lohkon vaikutus oli merkitsevä puuaineen tiheydessä ja Pilodyn-arvoissa. Jälkeläistöjen välinen, siis luonteeltaan geneettinen vaihtelu oli merkitsevää kaikissa muissa laatuominaisuuksissa paitsi kuitu-

Taulukko 2a. Varianssianalyysin tulokset kokeen nro 387/3, 47 jälkeläistä (46 risteytys-erää ja yksi vertailu-erä) sekä emo- ja isäpuiden keskiarvojen ja jälkeläistokeskiarvojen korrelaatiot.

Table 2a. Analyses of variance of the 47 progenies in experiment no. 387/3 (46 controlled crossings and one standard lot used as a control) and correlations between the means of parent trees and progenies.

O m i n a i s u u s Characteristic	Kokeen keskiarvo Experimental mean	Vertailu-erä Standard Lot	Jäännös-hajonta Error variation	F-arvo - F-value			Vaihtelu-väli Range	Vanhemmat-jälkeläiset-korrelaatio Parent-offspring-correlation
				Yhdys-vaikutus (lohko x jälk.) Interaction (block x prog.)	Lohkot Blocks	Jälkeläistöt Progenies		
D1,3-läpimitta Breast height diameter	75 mm	73 mm	13	1,38 **	0,99 NS	1,48 *	64 mm - 83 mm	-,090 NS
Puun pituus Tree height	83 dm	89 dm	9	1,62 **	9,46 **	2,28 **	74 dm - 89 dm	,016 NS
Rungon haaraisuus Stem forking	1,10	1,1	0,28	1,17 NS	0,93 NS	1,47 *	1,00 - 1,50	-
Pilodyn, N	14,6 mm	15,6 mm	1,6	0,94 NS	7,67 **	2,79 **	12,8 mm - 16,3 mm	-,543 **
Pilodyn, S	14,5 mm	14,5 mm	1,6	1,10 NS	6,17 **	2,45 **	12,9 mm - 16,0 mm	-,552 **
Rungon "tilavuus" Stem "volume"	50 dm <sup>3</sup>	50 dm <sup>3</sup>	22	1,43 **	2,32 *	1,46 *	33 dm <sup>3</sup> - 66 dm <sup>3</sup>	-,063 NS
Lastun pituus, Length of the increment core, - " -	N 33,6 mm S 34,2 mm	33 mm 35 mm	6,3 6,2	1,32 * 1,82 **	0,98 NS 0,99 NS	1,53 * 1,37 *	29,0 mm - 37,8 mm 28,9 mm - 39,4 mm	,263 NS -,118 NS
Pituussuunt. kutistuminen, S - Longitudinal shrinkage, S	0,55 %	0,35 %	0,34	1,02 NS	1,64 NS	1,21 NS	(0,31 % - 0,88 %)	,082 NS
Tangentinsuunt. kutistuminen, S - Tangential shrinkage, S	10,9 %	9,94 %	0,93	1,26 *	1,00 NS	3,48 **	9,11 % - 11,32 %	,414 **
Säteensuunt. kutistuminen, - Radial shrinkage, - " -	N 3,28 % S 3,34 %	3,25 % 3,40 %	0,65 0,78	1,00 NS 1,07 NS	1,39 NS 2,70 *	1,63 ** 1,20 NS	2,77 % - 3,93 % (2,88 % - 3,84 %)	,183 NS -,183 NS
Tangentins. kutist./ säteensuunt. kutist., S Tangential shrinkage/ radial shrinkage, S	3,18	3,02	0,80	1,35 **	1,39 NS	1,57 **	2,71 - 3,92	-,218 NS
Tilavuuden kutistuminen Volumetric shrinkage	14,4 %	14,1 %	1,3	1,01 NS	2,54 *	3,25 **	12,9 % - 16,3 %	,192 NS
Puun tiheys, N Basic density, - " - - " - painotettu weighted	431 kg/m <sup>3</sup> 436 " 433 "	426 kg/m <sup>3</sup> 426 " 426 "	20 28 21	1,34 ** 0,78 NS 1,01 NS	6,04 ** 3,07 ** 5,53 **	6,96 ** 3,86 ** 6,11 **	392 kg/m <sup>3</sup> - 464 kg/m <sup>3</sup> 392 " - 465 " 392 " - 464 "	,309 * ,319 * ,298 *
Kuiva massa Dry mass	21,6 kg	21,1 kg	9,8	1,43 **	2,67 *	1,45 *	14,3 kg - 28,0 kg	,098 NS
Kuitusaanto Fiber yield	49,9 %	49,2 %	0,7	-	0,95 NS	1,40 NS	(49,2 % - 50,7 %)	-
Kuitumassa Fiber mass	10,8 kg	12,4 kg	5,4	-	1,92 NS	0,97 NS	(7,1 kg - 15,9 kg)	-

NS : F-arvo ei tilastollisesti merkitsevä - F value not statistically significant

\* : F-arvo merkitsevä 5 %:n riskillä - F value statistically significant at the 5 % level

\*\* : F-arvo merkitsevä 1 %:n riskillä - F value statistically significant at the 1 % level

saannossa sekä pituuden- ja säteensuuntaisessa kutistumisessa rungon eteläpuolella. Tämä ei koske anisotropiaparametreja, joihin palataan tuonnempana. Erityisen suuri vaihtelu oli jälkeläistöjen välillä puuaineen tiheydessä ja tangentinsuuntaisessa, samoin kuin siihen läheisesti liittyvässä tilavuuden kutistumisessa. Tiheydessä jälkeläistokeskiarvojen vaihteluväli oli yli 70 kg/m<sup>3</sup> ja tilavuuden kutistumisessa 3,4 %. Puun pituudessa

1 %:n riskillä todettu merkitsevä vaihtelu tulee hyvin Raulon ja Kosken (1977) saamia tuloksia. Tilavuuden ja kuivan massan F-arvo sen sijaan oli vain juuri ja juuri 5 %:n riskillä merkitsevä ja kuitumassan arvo vailla merkitsevyyttä.

Mitä tulee ominaisuuksien anisotrooppisuutta kuvaaviin parametreihin, jälkeläistöjen välinen vaihtelu oli merkitsevää vain läpimitan kasvussa ja 5 %:n riskillä myös puu-

Taulukko 2b. Varianssianalyysin tulokset kokeen nro 387/3, 47 jälkeläistöstä (46 risteytysrää ja yksi vertailuerä) sekä emo- ja isäpuiden keskiarvojen ja jälkeläistökeskiarvojen korrelaatiot.

Table 2b. Analyses of variance of the 47 progenies in experiment no. 387/3 (46 controlled crossings and one standard lot used as a control) and correlations between the means of parent trees and progenies.

O minaisuus Characteristic	Kokeen keskiarvo Experimental mean	Vertailuerä Standard lot	Jäännöshajonta Error variation	F-arvo - F-value			Vaihteluväli Range	Vanhemmat-jälkeläiset-korrelaatio Parent-offspring-correlation
				Yhdysvaikutus (lohko + jälk.) Interaction (block × prog.)	Lohkot Blocks	Jälkeläistöt Progenies		
Pilodyn-arvo, N - S Pilodyn value, N - S	1,4 mm	1,1 mm	1,5	1,03 NS	1,59 NS	1,04 NS	(-0,9 mm - +1,1 mm)	-,024 NS
Lastun pituus, N - S Length of the increment core, N - S	-0,6 mm	-1,5 mm	3,7	1,33 *	1,48 NS	1,72 **	(-3,1 mm - +2,1 mm)	,133 NS
Säteensuunt. kutistuminen, N - S - Radial shrinkage, N - S	-0,07 %	-0,15 %	0,93	0,83 NS	0,73 NS	0,72 NS	(-0,53 % - +0,42 %)	,137 NS
Puuaineen tiheys, N - S Basic density, N - S	-5 kg/m <sup>3</sup>	0 kg/m <sup>3</sup>	26	0,83 NS	0,33 NS	1,42 *	-35 kg/m <sup>3</sup> - +19 kg/m <sup>3</sup>	,287 NS
Pilodyn-anisotropia Anisotropy in Pilodyn value	1 %	7 %	11	1,00 NS	1,52 NS	1,03 NS	(-6 % - +7 %)	-,274 NS
Lastun pituuden anisotropia - Anisotropy in the length of the increment core	-2 %	-4 %	11	1,27 *	1,52 NS	1,70 **	-10 % - +7 %	,032 NS
Säteensuunt. kutistumisen anisotropia Anisotropy in the radial shrinkage	-2 %	-5 %	22	0,95 NS	0,53 NS	0,85 NS	(-13 % - +13 %)	,196 NS
Puuaineen tiheyden anisotropia Anisotropy in the basic density	-1 %	0 %	6	0,85 NS	0,27 NS	1,48 *	-8 % - +4 %	,475 **

NS : F-arvo ei tilastollisesti merkitsevä - F value not statistically significant

\* : F-arvo merkitsevä 5 %:n riskillä - F value statistically significant at the 5 % level

\*\* : F-arvo merkitsevä 1 %:n riskillä - F value statistically significant at the 1 % level

aineen tiheydessä.

Kokeen vertailuerä sijoittui verraten lähelle kokeen keskiarvoa muissa ominaisuuksissa paitsi pituudessa, jossa se oli paras.

Taulukon 2 korrelaatiokertoimet emo- ja isäpuiden sekä jälkeläistökeskiarvojen välillä muodostuvat 46 havaintoparista. Niiden perusteella näyttää siltä, että metsässä suoritettu kantapuiden valinta on tutkittujen laatu- ja tuotannon suhteen tehokasta vain mitä tulee puuaineen tiheyteen ja tangentinsuuntaiseen kutistumiseen. Anisotropia-parametrien korrelaatioista vain tiheyden kerroin oli tilastollisesti merkitsevä.

Vaikka Pilodyn-mittausten tuloksia käsitellään tarkemmin luvussa 35., kiinnitetään jo tässä yhteydessä huomiota varsin odottomattomaan, tilastollisesti erittäin merkitsevään negatiiviseen korrelaatioon emo- ja isäpuiden sekä jälkeläisten välillä. On kuitenkin muistettava, että määrittäminen tehtiin kaikilla koe- ja isäpuilla, siis myös paksukuorisilla emo- ja isäpuilla kuoren päältä. Niillä Pilodyn-arvo

siten kuvaakin enemmän tai vähemmän kuoren tuoretiheyttä (ja paksuutta) eikä niinkään puuaineen ominaisuuksia. Tähän kysymykseen palataan tarkemmin luvussa 35.

Muissa tutkituissa ominaisuuksissa, joissa varianssianalyysissä saatiin jälkeläistöjen välillä merkitsevä (joskin heikompi kuin tiheydessä ja tangentinsuuntaisessa kutistumisessa) F-arvo, ei vanhemmat-jälkeläiset regressioon avulla saatu näyttöä geneettisestä kontrollista. Tulos on metsänjalostuksessa melko tavallinen: vaikka varianssianalyysin mukaan tilastollisesti merkitsevää vaihtelua esiintyykin, ei valinta aina ole tehokasta, koska ympäristön vaikutus ominaisuuksiin on suuri.

### 32. Vanhempien ja jälkeläisten puuaineen vertailu

Tutkimuksessa vertailtiin eräitä jälkeläisten puuaineen ominaisuuksia emo- ja isäpu-

den vastaaviin ominaisuuksiin. Kuten jo edellä on mainittu, emo- ja isäpuiden lastut sisälsivät 40 viimeistä vuosilustoa eli noin ikävuosien 15—55 aikana syntyneen puuaineen (koska metsikkö syntyi vuoden 1925 tienoilla ja näytteet otettiin syksyllä 1981). Keskimääräinen luston leveys oli 2,1 mm.

Jälkeläisten tutkittu puuaine oli syntynyt 12 vuoden aikana (risteykset 1969, kylvä 1970, näytteidenotto syksyllä 1981), mutta edellä luvussa 22. mainituista syistä jouduttiin ydintä välittömästi ympäröivä pieni alue jättämään mittauksista pois. Jälkeläiskoepuiden keskimääräinen luston leveys oli 2,8 mm.

Emo- ja isäpuiden sekä jälkeläistöjen keskiarvojen välistä 46 havaintoparia verrattiin pareittaisten tulosten menetelmällä (taulukko 3). Puun iällä näyttää olevan rauduskoi-vun puuaineen ominaisuuksiin erittäin suuri vaikutus. Nuorten puiden puuaine on yleensä laadultaan huonompaa. Niinpä jälkeläiskoepuiden puun kutistuminen kaikissa kolmessa suunnassa ja tilavuudessa oli paljon suurempi kuin emo- ja isäpuiden. Tiheys taas oli paljon alhaisempi, keskimäärin 435 kg/m<sup>3</sup>, kun se emo- ja isäpuilla oli 570 kg/m<sup>3</sup>. Vain

tangentin- ja säteensuuntaisen kutistumisen pieni suhde oli jälkeläistöissä emo- ja isäpuilla edullisempi.

Anisotrooppisuudeltaan ei jälkeläisten puuaine ollut merkittävästi erilaista kuin emo- ja isäpuiden puuaine. Tosin niiden tiheyden anisotropialle, ilmaistuna sivulla 7 esitetyistä tavoista jälkimmäisellä eli prosentteina, saatiin tilastollisesti merkitsevä ero. Se kuvastaa kuitenkin vain suurta tiheyden vaihtelua yleensä, koska rungon pohjois- ja eteläpuolen tiheyksien erotus ei ollut merkitsevä. Tällainen vaihtelu voi johtua kasvu-paikasta tai metsänhoidollisista syistä, olihan jälkeläisten ja vanhempien keskimääräinen lustonleveyskin selvästi erilainen, kuten edellä todettiin.

Nuorten puiden puuaineen, ns. nuorpuun erityispiirteitä verrattuna myöhemmin syntyvään puuaineeseen on melko paljon tutkittu sekä lehti- että havupuilla (mm. Polge 1964). Tässä tutkimuksessa puuaineen tiheydestä saadut tulokset sopivat hyvin yhteen nuorilla koivuilla aikaisemmin saatujen tulosten kanssa (Hakkila 1966 ja 1979, Lönnberg 1975, Velling 1977).

Taulukko 3. Emo- ja isäpuiden sekä jälkeläisten puuaineen vertailu.  
Table 3. Comparison of wood quality properties of parent trees and their progenies.

O m i n a i s u u s Characteristic	Emo- ja isäpuut (40 viimeistä vuosilustoa) Mother and father trees (40 last growth rings)	Jälkeläiset (ikävuosina ~ 3-12 syntyneet lustot) Progeny trees (the growth rings formed at the age of ~ 3-12 years)	Testi-arvo (45 vapausastetta) Test value (45 degrees of freedom)
Pituudensuunt. kutistuminen, S Longitudinal shrinkage, S	0,49 %	0,55 %	2,77 **
Tangentinsuunt. kutistuminen, S Tangential shrinkage, S	8,95 %	10,09 %	12,44 **
Säteensuunt. kutistuminen, N Radial shrinkage, N	1,19 %	3,27 %	35,85 **
- " - S	1,23 %	3,35 %	31,23 **
Tangentinsuunt. kutistuminen/ säteensuunt. kutistuminen, S Tangential shrinkage / Radial shrinkage, S	8,58	3,18	17,45 **
Tilavuuden kutistuminen Volumetric shrinkage	10,7 %	14,4 %	26,19 **
Puuaineen tiheys, N Basic density, N	571 kg/m <sup>3</sup>	431 kg/m <sup>3</sup>	54,15 **
- " - S	570 "	436 "	51,99 **
Säteensuunt. kutistuminen, N-S - Radial shrinkage, N-S	-0,04 %	-0,07 %	0,37 NS
Puuaineen tiheys, N-S Basic density, N-S	1 kg/m <sup>3</sup>	6 kg/m <sup>3</sup>	1,02 NS
Säteensuunt. kutistumisen anisotropia - Anisotropy in the radial shrinkage	- 1 %	- 2 %	0,23 NS
Tiheyden anisotropia Anisotropy in the basic density	- 1 %	0 %	5,59 **

Kaiken kaikkiaan iän vaikutus koivun puuaineen ominaisuuksiin näyttää olevan erittäin merkittävä.

### 33. Itsepölytyksestä ja resiprookkisista risteytyksistä syntyneet jälkeläistöt

Itsepölytyksestä ja resiprookkisista (vastavuoroisista) risteytyksistä, esimerkiksi puu nro 31 emopuuna ja puu nro 33 isäpuuna ja päinvastoin, syntyneitä jälkeläistöjä verrattiin kokeen muihin jälkeläistöihin ja keskiarvoon eräissä ominaisuuksissa, joiden vaihtelu varianssianalyysissä oli ollut 1 %:n riskillä merkitsevää (kuva 1). Nämä ominaisuudet olivat puun pituus, tilavuuden kutistuminen, puuaineen tiheys, kuiva massa sekä pohjoisen- ja eteläpuoleisten lastujen pituussien erotus. Kuvaan 1 piirrettyjen, 5 %:n riskillä merkitseviä eroja esittävien janojen avulla voidaan verrata resiprookkisista pareja. Merkitsevät erot on saatu seuraavasti:

$$ero = t \left( \frac{0,05}{2} \right) \times \sqrt{\frac{2 \times \sigma^2}{12}},$$

jossa  $\sigma^2$  on jäännösvariassi, kun vapausasteita on 282. Neliöjuuren alla oleva jakaja 12 on koepuiden määrä/jälkeläistö. t:n taulukkolikiarvo on 1,95.

Koska kokeessa oli risteytysjärjelmän epätodellisuuden vuoksi mukana vain yksi itsepölytysjälkeläistö, voidaan sen perusteella tehdä korkeintaan suuntaa-antavia päätelmiä. Sisäsiitosdepression (itse- tai sukusiitoksesta joh-

tuvan haitan) laskemiseen tarvittaisiin näet täydellinen dialleelisarja. Kremer (1976) on kuitenkin vastaavassa tapauksessa *Pinus maritima*llä arvioinut puun pituuskasvun suku-siitoshaitan seuraavasti:

Genotyypin  $i$  sisäsiitosdepressio,  $D_i$ , prosentteina

$$D_i = (1-d_i) \times 100, \text{ jossa}$$

$$d_i = \frac{2(n-1)X_{ii}}{\sum_{j \neq i} (X_{ij} + X_{ji})}$$

$n$  = emo- ja isäpuiden lukumäärä

$X_{ii}$  = emopuun  $i$  itsepölytysjälkeläistön keskiarvo

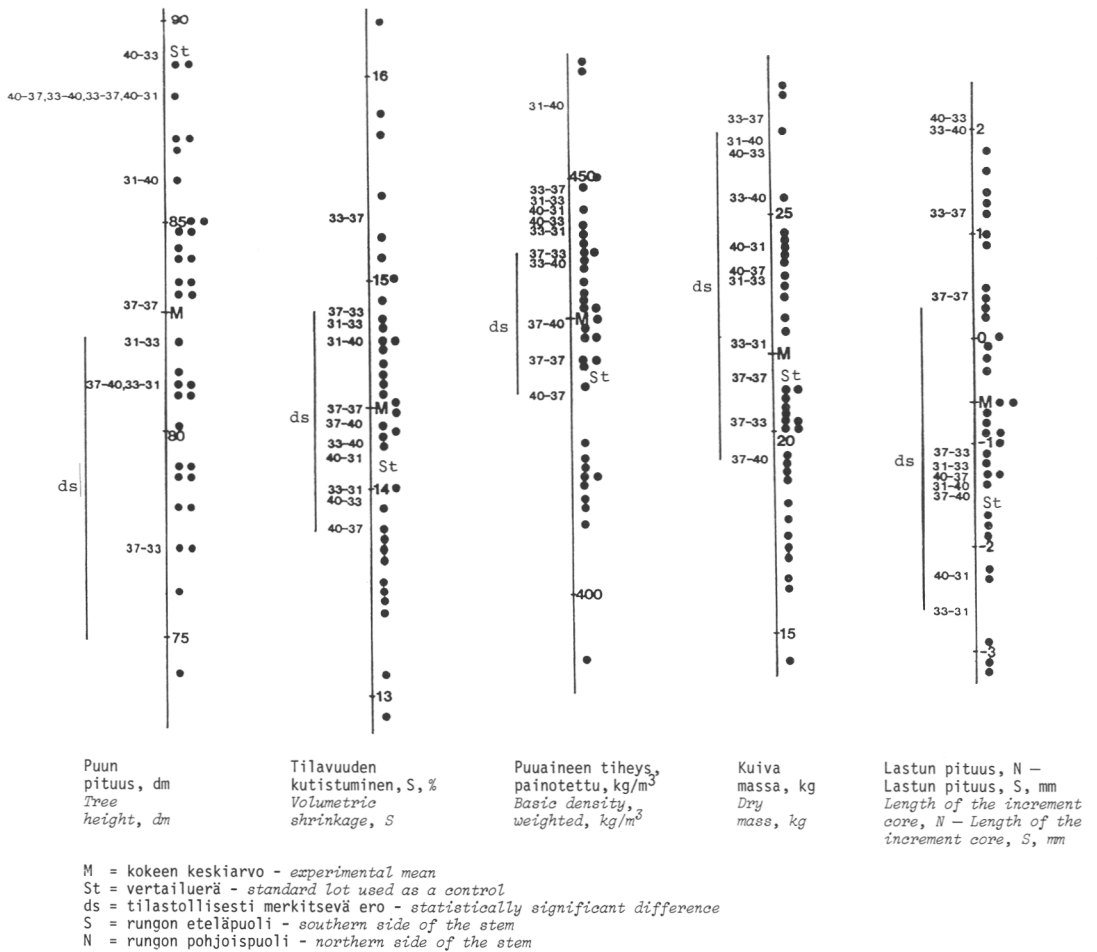
$X_{ij}$  = emopuun  $i$  ja isäpuun  $j$  risteytyksestä syntyneen jälkeläistön keskiarvo

$X_{ji}$  = edelliselle resiprookkiselle jälkeläistön keskiarvo

Tämän Kremerin mallin mukaan, erottamalla osa-aineistoksi ne vanhemmaispuiden nro 33, 37 ja 40 risteytyksistä syntyneet jälkeläistöt, joissa puu nro 37 esiintyi joko emotai isäpuuna (33×37, 37×33, 37×40 ja 40×37), ja vertaamalla niitä itsepölytysjälkeläistöön 37×37, voitiin arvioida tämän genotyypin sisäsiitosdepressio eräissä ominaisuuksissa (taulukko 4). Itsepölytyksen vaikutus osoittautui vähäiseksi puun pituudessa, rungon läpimitassa, puuaineen tiheydessä ja tilavuuden kutistumisessa. Kuivassa massassa se oli jo huomattavasti suurempi. Aineiston pie-

Taulukko 4. Puun nro 37 genotyypin sisäsiitosdepressio.  
Table 4. Inbreeding depression of tree no. 37.

Risteytys Crossing	Ominaisuus - Characteristic				
	D1,3-läpimita Breast height diameter	Puun pituus Tree height	Tilavuuden kutistuminen, S Volumetric shrinkage, S	Puuaineen tiheys, painotettu Basic density, weighted	Kuiva massa Dry mass
	mm	dm	%	kg/m <sup>3</sup>	kg
33 - 37	80	88	15,3	448	27,4
37 - 33	74	77	14,8	441	20,1
40 - 37	77	88	13,8	424	23,5
37 - 40	72	81	14,3	432	19,4
37 - 37	74	83	14,4	428	21,0
Sisäsiitos- depressio, % Inbreeding depression, %	2	1	-1	2	7



Kuva 1. Eräiden keskeisten ominaisuuksien vaihtelu jälkeläistöjen välillä kokeessa nro 387/3. Suorien vasemmalle puolelle on merkitty resiprookkisista risteytyksistä ja itsepölytyksestä syntyneet jälkeläistöt.  
 Fig. 1. Variation of some essential characteristics among progenies in experiment no. 387/3. Progenies originating from reciprocal crosses and from self-pollination are shown on the left side of the lines.

nuus on kuitenkin tätäkin tulosta arvioitaessa otettava huomioon. Tarkastelun kohteena oli vain yhden puun itsepölytysjälkeläistö eikä täysin voida sulkea pois sitä mahdollisuutta, että taimitarhalla olisi tapahtunut ympäristökontaminaatiota, joka selittäisi yllättävän vähäisen sisäsiitosdepression. Tämän virhemahdollisuuden eliminoimiseksi olisi toistettava puun nro 37 itsepölytys ja kasvatettava sen tuloksena syntynyt jälkeläistö tarkoin kontrolliduissa olosuhteissa.

Resiprookkisista risteytyksistä syntyneiden jälkeläistöjen välillä ei ollut merkitseviä eroja puun tilavuuden kutistumisessa, tiheydessä, kuivassa massassa eikä lastunpituuden poh-

jois-etelä-anisotropiassa. Puun pituudessa eräät resiprookkisat parit sen sijaan olivat hyvin erilaisia (kuva 1). Erityisesti erosivat puiden nro 33 ja 37 jälkeläistöt, joiden ero oli keskimäärin 1,1 m, ja vähäisemmässä määrin, puiden nro 37 ja 40 jälkeläistöt, ero 0,7 m. Puulla nro 37 näytti näissä risteytyksissä olevan emopuuna depressiivinen vaikutus. Kaikki muut resiprookkisat jälkeläistöt olivat pituudeltaan hyvin samankaltaisia, erojen ollessa vain 0,1—0,2 m.

Edellä esitetyt tulokset resiprookkisten risteytysparien pituuseroista ilmentänevät ns. maternaaliefektiä, jonka olemassaolosta on aiemminkin eri yhteyksissä saatu viitteitä.

Taulukko 5. Ominaisuuksien jälkeläistöjen väliset (ylempi luku, 46 vapausastetta) ja sisäiset, yksilöiden väliset (alempi luku, 282 vapausastetta; 230 kuitusaannossa) korrelaatiot kokeessa nro 387/3. Kertoimet on kerrottu 1000:lla kuten myös taulukoissa 6 ja 7.

Table 5. Correlations between the characteristics studied in experiment no. 387/3 at the level of progeny means (upper row, 46 degrees of freedom) and at individual level within progenies (lower row, 282 degrees of freedom; 230 in fiber yield). The coefficients are multiplied by 1000, as well as the coefficients in tables 6 and 7.

Ominaisuus Characteristic	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. D1,3-läpimitta Breast height diameter	1000 1000														
2. Puun pituus Tree height	648** 768**	1000 1000													
3. Rungon "tilavuus" Stem "volume"	958** 971**	786** 828**	1000 1000												
4. Pituudensuunt. kutistuminen, S Longitudinal shrinkage, S	ps 239**	ps 189**	ps 249**	1000 1000											
5. Tangentinsuunt. kutistuminen, S Tangential shrinkage, S	-520** NS	-385** NS	-512** NS	ps 151**	1000 1000										
6. Säteensuunt. kutistuminen, Radiaal shrinkage, S	-324* -141*	NS NS	-300* -122*	ps NS	325* NS	1000 1000									
7. " " " "	ps -152**	ps NS	ps -131*	ps NS	ps -145*	ps 176**	1000 1000								
8. Tangentinsuunt. kutistuminen/Säteensuunt. kutistuminen, S Tangential shrinkage/ Radial shrinkage, S	NS NS	-312* NS	NS NS	ps NS	555** 531**	NS -287**	ps -764**	1000 1000							
9. Tilavuuden kutistuminen - Volumetric shrinkage	-493** NS	NS NS	-470** NS	ps 471**	901** 674**	463** NS	ps 577**	NS NS	1000 1000						
10. Puuaineen tiheys, Basic density, N	-286* NS	NS NS	NS NS	ps NS	621** 119*	541** 144*	NS NS	NS NS	650** 1000	1000 1000					
11. " " " "	NS 170**	NS 170**	NS 178**	ps 433**	511** 143*	400** NS	ps 202**	NS -146*	575** 361**	842** 481**	1000 1000				
12. " " " " painotettu weighted	NS NS	NS 128*	NS 125*	ps 350**	587** 153**	488** NS	ps NS	NS NS	635** 277**	957** 800**	961** 910**	1000 1000			
13. Kuiva massa Dry mass	905** 963**	802** 820**	974** 993**	NS 282**	-385** NS	NS NS	NS -118*	NS NS	-325* NS	NS 267**	NS 224**	NS 1000	1000 1000		
14. Kuitusanto Fiber yield	ps 195**	ps 175**	ps 189**	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps 191**	ps 1000	ps 1000
15. Kuitumassa Fiber mass	ps 968**	ps 854**	ps 994	ps 134*	ps NS	ps -197**	ps NS	ps NS	ps NS	ps NS	ps 194**	ps 162**	ps 299**	ps 220**	ps 1000

NS : korrelaatiokerroin ei tilastollisesti merkittävä - correlation coefficient not statistically significant  
 \* : kerroin tilastollisesti merkittävä 5 %:n riskillä - correlation coefficient significant at the 5 % level  
 \*\* : kerroin tilastollisesti merkittävä 1 %:n riskillä - correlation coefficient significant at the 1 % level  
 ps : korrelaatiolla ei merkitystä, koska kummankaan ominaisuuden jälkeläistöjen välinen vaihtelu ei ollut varianssianalysissä tilastollisesti merkittävä - correlation coefficient has not any significance because there was no statistically significant between-progeny variation in either of the two characteristics in the analysis of variance

### 34. Ominaisuuksien välinen riippuvuus

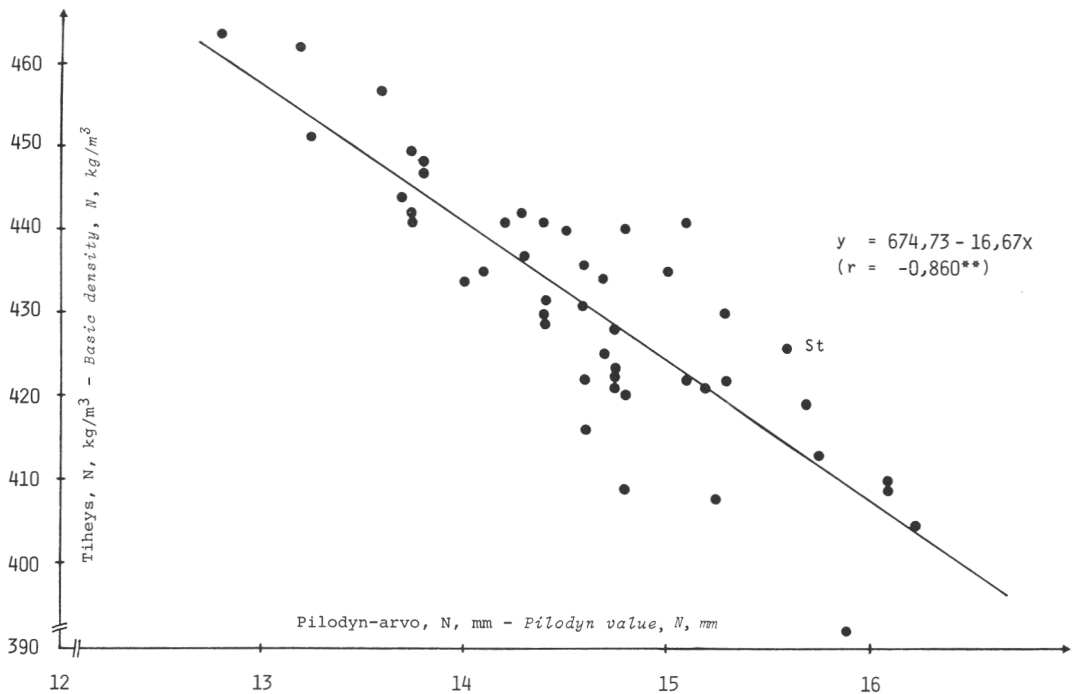
Tässä luvussa käsitellään, Pilodyn-arvoja lukuunottamatta, ominaisuuksien riippuvuutta toisistaan. Tarkastelun kohteena ovat jälkeläistökeskiarvojen korrelaatiot sekä jälkeläistöjen sisällä yksilöiden väliset korrelaatiot (taulukko 5). Tarkastelu rajoitetaan tärkeimpiin ominaisuuksiin ja jälkeläistökeskiarvojen osalta ominaisuuksiin, joiden vaihtelu varianssianalysin mukaan oli tilastollisesti merkittävä.

Jälkeläistökeskiarvojen välinen, luonteeltaan geneettinen, edullinen negatiivinen riippuvuus näyttää vallitsevan kasvunopeuden ja puun kutistumisen välillä. Sen sijaan kasvunopeuden ja puuaineen tiheyden välillä ei näytä olevan "geneettistä" riippuvuutta, mikä osaltaan tukee Vellingin (1979) saamaa tulosta ja on jalostuksen kannalta etu. Useim-

millä puulajeillahan nopeakasuisten puiden tiheys on keskimääräistä alhaisempi.

Huomionarvoinen tulos on myös se, ettei kuiva massa estimointivastastaan huolimatta korreloitunut puuaineen tiheyden kanssa, vaan oli ensisijaisesti riippuvainen kasvunopeudesta. Siten tiheyden vaikutus massan saantoon on tämän tutkimuksen perusteella koivulla verraten vähäinen.

Koepuiden väliset yksilötason korrelaatiot, joihin geneettisten tekijöiden lisäksi suuressa määrin vaikuttaa myös puiden kasvuympäristö, näyttävät melkoisesti eroavan jälkeläistökeskiarvojen korrelaatioista rungon pohjoispuolen säteensuuntaisen kutistumisen ja kasvunopeuden riippuvuutta lukuunottamatta. Esimerkiksi tangentinsuuntaisen (ja tilavuuden) kutistumisen riippuvuus kasvunopeudesta ei yksilötasolla ollut jälkeläistökeskiarvojen korrelaatioita vastaavaa. Myös kasvunopeuden ja



Kuva 2. Puuaineen tiheyden ja Pilodyn-arvon välinen riippuvuus jälkeläistötasolla kokeessa nro 387/3. Rungon pohjoispuoli.

Fig. 2. Relationship between the wood basic density and the Pilodyn value at the progeny level in experiment no. 387/3. Northern side of the stem.

kuivan massan merkittävä positiivinen korreloituminen rungon eteläpuolen puuaineen tiheyden kanssa erosi jälkeläistötason tuloksesta.

Yleisesti voidaan todeta, että puun kutistuminen ja puuaineen tiheys vaihtelivat samaan tapaan sekä jälkeläistöjen välillä että niiden sisällä yksilötasolla. Ilmiö on yleinen myös muilla lehtipuilla. Tässä tutkimuksessa todettu puuaineen tiheyden riippumattomuus kasvunopeudesta tai jopa lievä positiivinen korrelaatio yksilötasolla, puolestaan sopii hyvin yhteen Ericsonin ja Perssonin (1970) sekä Gislerudin (1974) koivuilla saamien tulosten kanssa. Hicks ym. (1974) totesivat *Betula nigralla* selvän positiivisen korrelaation tiheyden ja kasvunopeuden välillä.

Nopeakasvuisten puiden kuitusaanto oli tässä tutkimuksessa hieman keskimääräistä parempi. Laatuominaisuuksiin se ei sen sijaan näyttänyt liittyvän. Myös kuitumassa riippui ennen muuta kasvusta ja vain vähän puuaineen tiheydestä ja prosentuaalisesta kuitusaannosta.

### 35. Pilodyn-arvojen korrelaatiot

Taulukossa 6 on esitetty Pilodyn-arvojen korreloituminen puuaineen tiheyden ja siihen läheisesti liittyvien tangentinsuuntaisen ja tilavuuden kutistumisen kanssa tutkitussa jälkeläiskokeessa. Näiden riippuvuuksien avulla on tarkoitus selvittää, paitsi Pilodyn-laitteen käyttökelpoisuutta puuaineen tiheyden maastomäärityksessä, myös sitä, voidaanko laitteella epäsuorasti arvioida puun kutistuvuutta ja kasvua.

Kuoren päältä mitatun Pilodyn-arvon ja puuaineen tiheyden välillä todettiin varsin selvä negatiivinen riippuvuus, kuten oli odotettavissakin, eli tiheys oli sitä korkeampi mitä vähemmän piikki upposi puuhun. Erityisen korkea korrelaatiokerroin saatiin jälkeläistökeskiarvojen välille (kuva 2). Selvästi pienemmät, vaikkakin vielä tilastollisesti merkittävät kertoimet yksilötasolla yli jälkeläistöjen ja jälkeläistöjen sisällä osoittivat kuitenkin, ettei Pilodyn-laite ole aivan yhtä luotettava yksilöiden kuin jälkeläistöjen luo-



Taulukko 6. Pilodyn-arvojen ja puuaineen tiheyden sekä eräiden muiden ominaisuuksien väliset korrelaatio-  
kertoimet kokeessa nro 387/3.

Table 6. Correlation coefficients between Pilodyn values and wood basic density as well as some other charac-  
teristics in experiment no. 387/3.

Ominaisuudet Characteristic	Kaikkien yksil. väl. (563 vapaus- astetta) - Between the total of sample trees (563 degrees of freedom)	Jälk. sis. yksil. väl. (282 vapaus- astetta) - Between trees within proge- nies (282 degrees of freedom)	Jälk. väl. (46 vapaus- astetta) Between proge- nies (46 degrees of freedom)
Pilodyn-arvo, N - Pilodyn-arvo, S <i>Pilodyn value, N - Pilodyn value, S</i>	614 **	548 **	822 **
(Tiheys, N - Tiheys, S) <i>(Basic density, N - Basic density, S)</i>	(614 **)	(481 **)	(842 **)
Pilodyn-arvo, N - Tiheys, N <i>Pilodyn value, N - Basic density, N</i>	-427 **	-310 **	-860 **
Pilodyn-arvo, S - Tiheys, S <i>Pilodyn value, S - Basic density, S</i>	-366 **	-210 **	-736 **
Pilodyn-arvo, N - Tiheys, painotettu <i>Pilodyn value, N - Basic density, weighted</i>	-395 **	-229 **	-841 **
Pilodyn-arvo, S - Tiheys, painotettu <i>Pilodyn value, S - Basic density, weighted</i>	-416 **	-273 **	-772 **
(Pilodyn-arvo, N - S) - (Tiheys, N - S) <i>(Pilodyn value, N - S) - (Basic density, N - S)</i>	-154 **	-153 **	ps
Pilodyn-arvon anisotropia - Tiheyden anisotropia <i>Anisotropy in the Pilodyn value - Anisotropy in the basic density</i>	-155 **	-145 **	ps
Pilodyn-arvo, S - Tangentinsuunt. kutist., S <i>Pilodyn value, S - Tangential shrinkage, S</i>	-155 **	-022 NS	-610 **
(Tiheys, S - Tangentinsuunt. kutist., S) <i>(Basic density, S - Tangential shrinkage, S)</i>	(185 **)	(143 *)	(511 **)
Pilodyn-arvo, S - Tilavuuden kutist., S <i>Pilodyn value, S - Volumetric shrinkage, S</i>	-200 **	-069 NS	-602 **
(Tiheys, S - Tilavuuden kutist., S) <i>(Basic density, S - Volumetric shrinkage, S)</i>	(365 **)	(361 **)	(575 **)
Pilodyn-arvo, S - Lastun pituus, S <i>Pilodyn value, S - Length of the increment core, S</i>	451 **	526 **	476 **
(Tiheys, S - Lastun pituus, S) <i>(Basic density, S - Length of the increment core, S)</i>	(048 NS)	(156 **)	(-234 NS)
Pilodyn-arvo, N - Lastun pituus, N <i>Pilodyn value, N - Length of the increment core, N</i>	479 **	414 **	394 **
(Tiheys, N - Lastun pituus, N) <i>(Basic density, N - Length of the increment core, N)</i>	(-031 NS)	(-063 NS)	(-346 *)
(Pilodyn-arvo, N - S) - (Lastun pituus, N - S) <i>(Pilodyn value, N - S) - (Length of the increment core, N - S)</i>	006 NS	013 NS	ps
[(Tiheys, N - S) - (Lastun pituus, N - S)] <i>[(Basic density, N - S) - (Length of the increment core, N - S)]</i>	(-166 **)	(-154 **)	(-360 *)
Pilodyn-arvon anisotropia - Lastun pituuden anisotropia <i>Anisotropy in the Pilodyn value - Anisotropy in the length of the increment core</i>	021 NS	031 NS	ps
(Tiheyden anisotropia - Lastun pituuden anisotropia) <i>(Anisotropy in the basic density - Anisotropy in the length of the increment core)</i>	(-175 **)	(-171 **)	(-384 **)

kittelussa. Niinpä esimerkiksi nuoria koivuja tiheyden suhteen valittaessa olisi suositeltavaa menetellä niin, että ensi vaiheen lajittelu suoritettaisiin Pilodynillä maastossa ja sen jälkeen valittujen puiden tiheys määritettäisiin vielä tarkemmin laboratoriossa.

Puuaineen tiheyden ja Pilodyn-arvon heikompaan korrelaatioon yksilötasolla ei näytä olevan syynä viimemainitun mahdollisesti suurempi mittausvirhe, koska rungon pohjois- ja eteläpuolen korrelaatiot olivat molemmissa ominaisuuksissa täysin samat (taulukko 6). Tästä seuraa myös se, että Pilodynin avulla on mahdollisuus epäsuorasti saada

verraten hyvä arvio eräistä sellaisista koivun puuaineen fysikaalisista ja mekaanisista ominaisuuksista, joita aikaisemmin on arvioitu puuaineen tiheyden avulla. Eräs osoitus tästä on Pilodyn-arvon jokseenkin yhtä voimakas korreloituminen puun tangentinsuuntaisen ja tilavuuden kutistumisen sekä tiheyden kanssa jälkeläistötasolla. Myös Pilodyn-arvon ja lastun pituutena mitatun puun läpimitan kasvun selvä korreloituminen, jälkeläistön sisällä yksilötasolla vieläpä voimakkaampi kuin Pilodyn-arvon ja tiheyden riippuvuus, on osoitus Pilodynin monipuolisista käyttömahdollisuuksista.

Taulukko 7. Emo- ja isäpuiden sekä jälkeläisten ominaisuuksien korrelaatioita, joilla on merkitystä käytettäessä Pilodyn-laitetta puuaineen tiheyden fenotyypissä valinnassa.

Table 7. Correlations between the characteristics of importance of parent trees and progenies when Pilodyn Wood Tester is used for phenotypic selection of wood basic density.

Ominaisuudet Characteristics	Korr. kerroin ja sen merkiteyvyys, 1) 45 vapausastetta Correlation coefficient and its significance, 1) 45 degrees of freedom
Emo- ja isäpuiden tiheys, painotettu – Jälkeläisten tiheys, painotettu Basic density of mother and father trees, weighted – Basic density of progenies, weighted	298 *
Emo- ja isäpuiden tiheys, N – Jälkeläisten tiheys, N Basic density of mother and father trees, N – Basic density of progenies, N	309 *
Emo- ja isäpuiden tiheys, S – Jälkeläisten tiheys, S Basic density of mother and father trees, S – Basic density of progenies, S	319 *
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, N – Jälkeläisten Pilodyn-arvo, N Pilodyn value of the mother and father trees, N – Pilodyn value of the progenies, N	-543 **
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, S – Jälkeläisten Pilodyn-arvo, S Pilodyn value of the mother and father trees, S – Pilodyn value of the progenies, S	-552 **
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, N – Emo- ja isäpuiden tiheys, N Pilodyn value of the mother and father trees, N – Basic density of the mother and father trees, N	018 NS
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, S – Emo- ja isäpuiden tiheys, S Pilodyn value of the mother and father trees, S – Basic density of the mother and father trees, S	183 NS
Jälkeläisten Pilodyn-arvo, N – Jälkeläisten tiheys, N Pilodyn value of the progenies, N – Basic density of the progenies, N	-870 **
Jälkeläisten Pilodyn arvo, S – Jälkeläisten tiheys, S Pilodyn value of the progenies, S – Basic density of the progenies, S	-720 **
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, N – Jälkeläisten tiheys, N Pilodyn value of the mother and father trees, N – Basic density of the progenies, N	577 **
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, S – Jälkeläisten tiheys, S Pilodyn value of the mother and father trees, S – Basic density of the progenies, S	411 **
Emo- ja isäpuiden tiheys, N – Jälkeläisten Pilodyn-arvo, N Basic density of the mother and father trees, N – Pilodyn value of the progenies, N	-331 *
Emo- ja isäpuiden tiheys, S – Jälkeläisten Pilodyn-arvo, S Basic density of the mother and father trees, S – Pilodyn value of the progenies, S	-275 NS
Emo- ja isäpuiden tiheys, N – Emo- ja isäpuiden tiheys, S Basic density of the mother and father trees, N – Basic density of the mother and father trees, S	848 **
Jälkeläisten tiheys, N – Jälkeläisten tiheys, S Basic density of the progenies, N – Basic density of the progenies, S	810 **
Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, N – Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvo, S Pilodyn value of the mother and father trees, N – Pilodyn value of the mother and father trees, S	583 **
Jälkeläisten Pilodyn-arvo, N – Jälkeläisten Pilodyn-arvo, S Pilodyn value of the progenies, N – Pilodyn value of the progenies, S	838 **

1) korrelaatiokertoimet on laskettu 46 jälkeläistön sekä niiden emo- ja isäpuiden keskiarvojen välille. Jälkeläiskokeen vertailuerä, joka oli mukana laskettaessa taulukoiden 5 ja 6 kertoimia, luonnollisesti puuttuu tässä yhteydessä, koska se edusti metsikkösiemensekoitusta.

1) Correlation coefficients are calculated between the 46 progeny means and the means of their mother and father trees. The standard lot of the progeny trial, which was included when the coefficients for the tables 5 and 6 were calculated is not included here. It represents a stand seed mixture; so the parent trees can not be identified.

Taulukossa 7 on esitetty lisää Pilodynin käyttöön fenotyypissä valinnassa vaikuttavia korrelaatioita. Huomiota kiinnittää ensiksikin se, ettei Pilodyn-arvon ja puuaineen tiheyden välillä ollut emo- ja isäpuilla, päinvastoin kuin jälkeläisillä, tilastollisesti merkittävää riippuvuutta. Todennäköinen syy tähän on emo- ja isäpuiden paksu kuori, mikä näkyy siinä, että niiden Pilodyn-arvo, siis piikin tunkeutumissyvyys, oli keskimäärin 27

mm, kun se jälkeläisillä oli vain 15 mm. Toisin sanoen, emo- ja isäpuilla piikki tunkeutui etupäässä paksuun kuoriosaan, jälkeläisillä ohuen kuoren ansiosta itse puuaineeseen. Siten se ensin mainituilla estimo i lähinnä kuoren tiheyttä (ja paksuutta), viimemainituilla puuaineen tiheyttä. Kaarnaa sisältävien kuorityyppien tuoretiheys on todettu vastaavaa puuaineen tiheyttä huomattavasti alhaisemmaksi (Kärkkäinen 1977). Koivulla ero on

Tammisen (1970) mukaan kuitenkin pieni.

Kun taulukossa 7 tarkastellaan emo- ja isäpuiden puuaineen tiheyden sekä jälkeläisten Pilodyn-arvojen korrelaatiota, se todetaan negatiiviseksi, joskaan ei kovin voimakkaaksi. Tulos on odotetunlainen, koska jälkeläisillä Pilodyn-arvon ja tiheyden korrelaatio oli merkittävästi negatiivinen ja koska emo- ja isäpuiden sekä jälkeläisten välillä oli tiheydessä merkittävä riippuvuus.

Jos tarkastelu suoritetaan päinvastoin kuin edellä, eli verrataan emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvoa ja jälkeläisten tiheyttä, todetaan myös merkittävä riippuvuus, mutta yllättäen positiivinen. Vanhempien tiheyden ja jälkeläisten tiheyden korrelaatio taas on odotetusti positiivinen, joskin merkittävydestään huolimatta edellisiä heikompi.

Emo- ja isäpuiden Pilodyn-arvon ja jälkeläisten puuaineen tiheyden positiivinen korrelaatio selittyy ja vahvistuu, kun todetaan, että vanhempien ja jälkeläisten Pilodyn-arvot, niin ikään vastoin odotuksia korreloivat voimakkaasti negatiivisesti. Toisin sanoen näyttää siltä, että emo- ja isäpuilla, joiden kuoren tiheys on alhainen (ja/tai paksu kuori) on jälkeläiset, joilla puuaineen tiheys on korkea. Nämä osittain merkilliset korrelaatiot emo- ja isäpuiden ja niiden jälkeläisten välillä liittyvät epäilemättä olennaisiin eroihin kuoren paksuudessa (Pilodyn-määrityshän suoritettiin kuorta poistamatta).

Taulukossa 7 esitetyt korrelaatiokertoimet osoittavat kuitenkin, että Pilodyn-arvon mittaamisella kuoren päältä on vanhemmillakin puilla merkitystä, joskaan ei todennäköisesti puuaineen kannalta. Emo- ja isäpuiden rungon pohjois- ja eteläpuolen Pilodyn-arvojen välillä oli näet voimakas positiivinen korrelaatio.

Yhteenvetona taulukon 7 tuloksista voidaan todeta, että Pilodyn-laite sopii käytettäväksi nuorien, ohutkuoristen koivujen puuaineen laatuominaisuuksien valinnassa, ilman että kuorta tarvitsisi poistaa määrityskohdalta. Sen sijaan iäkkäämpien puiden valinta vaatisi, joko kuoren poistamisen tai ainakin tarkempia analyysejä sen paksuudesta ja ominaisuuksista.

### 36. Geneettiset parametrit

Koko aineistosta erotetun neljän emopuun ja viiden isäpuun faktorikokeen koejäsenet

ilmenevät taulukosta 1. Näiden 20 risteytysyhdistelmän ominaisuudet mitattiin yhteensä 240 koepuusta; kuitusaanto ja -massa kuitenkin vain 120 puusta. Tällaisesta täydellisestä faktorisarjasta voitiin tietyin oletuksin estimoida ns. additiivisten geneettisten vaikutusten varianssi  $V_A$  samoin kuin ei-additiivinen varianssi  $V_D$  ja edelleen niiden avulla ominaisuuksien periytyvyys, heritabiliteetti ( $h^2$ ), sekä suppeassa ("narrow sense") että laajassa ("broad sense") mielessä (Becker 1967, Kremer 1976).

Taulukossa 8 on esitetty tutkittujen ominaisuuksien fenotyyppisen kokonaisvaihtelun jakautuminen osakomponentteihin sekä ominaisuuksien "narrow sense" ja "broad sense" heritabiliteetit. Merkinnät NS, \* ja \*\* viittaavat emopuu-, isäpuu- ja emopuu  $\times$  isäpuu-yhdysvaikutusten tilastolliseen merkittävyyteen varianssianalyyseissä ja edelleen näiden vaikutusten seurauksena geneettisten varianssien ja heritabiliteetti-estimaattien merkittävyyteen. Ennenkuin tuloksia tarkastellaan yksityiskohtaisemmin, on syytä kiinnittää huomiota muutamiin seikkoihin.

Ensiksikin emo- ja isävaikutusten varianssien laskennassa vapausasteita oli hyvin vähän, emo  $\times$  isä-yhdysvaikutusta laskettaessa enemmän. Tämä on otettava huomioon arvioitaessa geneettisten varianssien estimaattien ja niistä johdettujen heritabiliteetti-arvojen luotettavuutta. Saatuja tuloksia onkin tarkasteltava lähinnä suuruusluokaltaan ja merkittävyydeltään suuntaa-antavina. Tästä syystä myös luovuttiin ominaisuuksien välisen geneettisten, genotyyppisten, ympäristön aiheuttamien ja fenotyyppisten korrelaatioiden laskemisesta, koska niiden luotettavuusrajat olisivat muodostuneet kovin väljiksi (Becker 1967).

Toiseksi on huomattava, että emopuiden varianssit voivat antaa laskukaavan edellyttämän  $1/4 V_A:n$  (neljäsosa additiivisesta geneettisestä varianssista) estimaateiksi suuremmat osuudet kuin isäpuiden varianssit. Näin käy mahdollisten maternaaliefektien vuoksi. Niistä saatiin viitteitä resiprookkisista risteytyksistä.

Tästä faktorikokeesta saadut tulokset vahvistavat taulukossa 2 esitettyjä, koko aineistosta saatuja tuloksia, toisin sanoen että puuaineen laadun tunnusominaisuuksien (tiheys, Pilodyn-arvo, tangentinsuuntainen ja tilavuuden kutistuminen) geneettinen vaihtelu näyttää suuremmalta kuin kasvun tunnusten.

Taulukko 8. Ominaisuuksien fenotyypin varianssin komponentit sekä "narrow sense" ja "broad sense" heritabiliteetit kokeessa nro 387/3.

Table 8. Components of variance and "narrow sense" and "broad sense" heritabilities of the characteristics studied in experiment no. 387/3.

Ominaisuus Characteristic	Emopuut Mother trees $\delta^2_M$ (n = 4)	Isäpuut Father trees $\delta^2_F$ (n = 5)	Emo x isä yhdys- vaik. - Mother x father interaction $\delta^2_{MP}$	Jäännös Residual $\delta^2_e$ (220 v.a.)	Fenot. Phenot. $V_P$	Addit. gen. Addit. gen. $V_A$	Ei-addit. gen. - Non- addit. gen. $V_D$	$h^2_{ns}$ $V_A / V_P$	$h^2_{bs}$ $(V_A + V_D) / V_P$
D1,3-läpimitta, mm Breast height diameter, mm	6,00 NS	1,04 NS	13,12 *	175,32	195,48	12,66 NS	52,48 *	0,065 NS	0,333 *
Puun pituus, dm Tree height,	8,00 *	0,00 NS	5,60 NS	102,24	115,84	13,71 *	22,40 NS	0,118 *	0,312 *
Pilodyn-arvo, N, mm Pilodyn value,	0,1506 **	0,2126 **	0,0000 NS	2,7051	3,0683	0,7441 **	0,0000 NS	0,243 **	0,243 **
- " - S, mm	0,1946 **	0,1327 *	0,0000 NS	2,8001	3,1274	0,6369 **	0,0000 NS	0,204 **	0,204 **
Rungon "tilavuus", dm <sup>3</sup> Stem "volume",	18,33 NS	0,00 NS	36,47 *	546,31	601,11	31,42 NS	145,88 *	0,058 NS	0,267 *
Lastun pituus, N, mm Length of the in- crement core,	1,01 NS	1,43 NS	2,18 NS	42,22	46,84	5,00 NS	8,72 NS	0,107 NS	0,293 NS
- " - S, mm	3,77 *	0,00 NS	3,24 *	40,11	47,12	6,46 *	12,96 *	0,137 *	0,412 *
Pituudensuunt. kutist., S, % Longitudinal shrinkage,	0,0039 NS	0,0000 NS	0,0006 NS	0,1340	0,1389	0,0067 NS	0,0024 NS	0,048 NS	0,066 NS
Tangentsuunt. kutist., S, % Tangential shrinkage,	0,1690 **	0,0620 NS	0,0198 NS	1,0932	1,3440	0,4314 **	0,0792 NS	0,321 **	0,380 **
Säteensuunt. kutist., N, % Radial shrinkage,	0,0000 NS	0,0347 NS	0,0205 NS	0,4998	0,550	0,0793 NS	0,0820 NS	0,143 NS	0,291 NS
- " - S, %	0,0000 NS	0,0000 NS	0,0303 NS	0,8132	0,8435	0,0000 NS	0,1212 NS	0,000 NS	0,144 NS
Tangentsuunt. kutist. / Säteensuunt. kutist. Tangential shrinkage / Radial shrinkage	0,0000 NS	0,0000 NS	0,0745 *	0,7952	0,8697	0,0000 NS	0,2980 *	0,000 NS	0,343 *
Tilavuuden kutist., S, % Volumetric shrinkage,	0,2800 **	0,1788 *	0,0300 NS	2,3874	2,8762	0,8887 **	0,1200 NS	0,309 **	0,351 **
Puuaineen tiheys, N, kg/m <sup>3</sup> Basic density,	44,77 *	99,28 **	12,20 NS	534,94	691,19	303,67 **	48,80 NS	0,439 **	0,510 **
- " - S, kg/m <sup>3</sup>	33,48 NS	17,24 NS	39,79 NS	764,51	855,02	96,80 NS	159,16 NS	0,113 NS	0,299 NS
- " - painotettu, kg/m <sup>3</sup> weighted,	35,70 NS	52,05 *	37,43 *	475,48	600,66	180,17 *	149,72 *	0,300 *	0,549 *
Kuiva massa, kg Dry mass,	1,86 NS	0,00 NS	8,06 *	109,05	118,97	3,19 NS	32,24 *	0,027 NS	0,298 *
Kuitusaanto, % Fiber yield,	0,0853 **	0,0000 NS	0,0000 NS	0,7303	0,8156	0,1462 **	0,0000 NS	0,179 **	0,179 **
Kuitumassa, kg Fiber mass,	2,66 *	0,00 NS	0,00 NS	24,47	27,13	4,55 *	0,00 NS	0,168 *	0,168 *
Lastun pituuden anisotropia Anisotropy in the length of the increment core	5,69 *	6,75 *	0,00 NS	119,33	131,77	25,18 *	0,00 NS	0,191 *	0,191 *
Puuaineen tiheyden ani- sotropia - Anisotropy in the basic density,	0,30 NS	1,14 **	0,00 NS	35,02	36,46	3,12 **	0,00 NS	0,086 **	0,086 **

Myös pituuden- ja säteensuuntaisen kutistumisen, joissa ei todettu geneettistä vaihtelua, sekä anisotropia-parametrien, joiden vaihtelu oli tilastollisesti merkitsevää, tulokset ovat samansuuntaisia molemmilla aineistoissa.

Kuitenkin saatiin myös joitakin poikkeavia tuloksia, jotka koskevat kuitusaantoa ja -massaa. Vaikka näiden ominaisuuksien emopuiden varianssi osoittautui tässä faktorikokeessa tilastollisesti merkitseväksi, jäivät "narrow sense" heritabiliteetit verraten alhaisiksi, 0,179 ja 0,168 vastaavasti, eli geneetti-

sen vaihtelun osuus kyseisten ominaisuuksien kokonaisvaihtelusta näyttää olevan alle 20 %. Lisäksi puuaineen tiheyden vaihtelu rungon pohjois- ja eteläpuolella oli erilaista kuin koko aineistossa: pohjoispuolella vaihtelu oli tilastollisesti merkitsevää, mutta ei eteläpuolella. Tähän tulokseen saattaa vaikuttaa faktorikokeen pieni otoskoko. Tosin on huomattava, että myös koko aineistossa rungon eteläpuolen tiheyden vaihtelu oli, vaikkakin tilastollisesti merkitsevää, vähäisempää kuin rungon pohjoispuolella ja jäännösvarienssi vastaavasti suurempi. Molemmat tulokset siis

viittaavat tiheyden anisotrooppisuuteen rungon eri puolilla.

Dominanssivaihtelu  $V_D$  (ei-additiivinen geneettinen vaihtelu) ei näytä olevan missään ominaisuudessa erityisen merkittävä, koska  $emo \times isä$ -yhdysvaikutuksen  $F$ -arvot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä 1 %:n riskitasolla. Siksi ns. erityisen kombinaatiokyvyn hyväksikäyttö, esimerkiksi kahden kloonin siemenviljelyksiä perustamalla, ei näytä erityisen hyödylliseltä, mitä tulee puuaineen

laatuun. Kasvun kannalta hyötyä sen sijaan voisi olla, koska tässä yhteydessä tutkittujen kasvun tunnusten  $emo \times isä$ -yhdysvaikutus oli pituutta lukuunottamatta 5 %:n riskillä merkitsevä.

Emo- ja isävarianssien vertaaminen osoittaa, että ensinmainitut olivat hiukan suurempia, ainakin mitä tulee kasvuominaisuuksiin. Tämä tulos sopii hyvin yhteen luvussa 33. esitettyjen resiprookkisista risteytyksistä saatujen tulosten kanssa.

#### 4. PÄÄTELMIÄ

Käsillä olevassa tutkimuksessa saatiin joukko koivun jalostuksen kannalta tärkeitä tuloksia erityisesti mitä tulee rungon sisäisiin puuaineen ominaisuuksiin valinnan kriteereinä. Jotkut tuloksista ovat ensimmäisiä laatuaan, sillä esimerkiksi puun kutistumiselle ei tiettävästi ole millään puulajilla aiemmin laskettu ominaisuuden periytyvyyttä osoittavia heritabiliteetti-arvoja. Koivun osalta ei myöskään kuitusaannon geneettisestä vaihtelusta ja periytyvyydestä ole esitetty tuloksia.

Koivun puuaineen tiheyden jälkeläistöjen välisestä vaihtelusta aiemmin saatu tulos (Velling 1979) voitiin tässä tutkimuksessa vahvistaa. Tiheys, kuten puun tangenttisuuntainen ja tilavuuden kutistuminenkin, osoitti huomattavaa vaihtelua. Tilavuuden kasvussa ja kuiva-aineen muodostumisessa erot sen sijaan olivat pienempiä, vaikka pituuserot olivat huomattavan suuria. Myös kuitusaannon jalostuksella hyödynnettävissä oleva geneettinen vaihtelu todettiin verraten vähäiseksi. Rungon läpimitan kasvun ja puuaineen tiheyden anisotrooppisuus (erilaisuus rungon pohjois- ja eteläpuolella) oli eri jälkeläistöissä erisuuruista.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella fenotyyppinen valinta näyttää koivulla olevan tehokkainta puuaineen tiheydessä ja etenkin puun tilavuuden kutistumisessa.

Itsepölytyksellä näytti olevan merkittävämpi haitallinen vaikutus vain puun kuiva-aineen tuotokseen. Resiprookkisissa risteytyksissä puolestaan voitiin todeta maternaaliefektia vain puun pituuskasvussa.

Koko aineistosta erotetun, 20 jälkeläistöä käsittäneen faktorikokeen tulokset yleensä vahvistivat kaikista 47 jälkeläistöä saatuja

tuloksia. Muutamat eroavuudet johtuivat todennäköisesti otoskoosta. Erityisesti kasvuominaisuuksissa ilmeni lievää geneettistä yhdysvaikutusta  $emo$ - ja  $isä$ puiden välillä. Sen mahdollisesta hyväksikäytöstä koivun jalostuksessa ei kuitenkaan näiden tulosten perusteella voida tehdä pitemmälle meneviä johtopäätöksiä.

Käsillä olevassa tutkimuksessa ei tärkeimpien ominaisuuksien välillä näyttänyt olevan mainittavia haitallisia riippuvuuksia jälkeläistötasolla. Nopeakasvuisten jälkeläisten puun dimensioiden stabiliteetti oli hyvä eikä niiden puuaineen tiheys poikennut keskimääräisestä. Tästä huolimatta jälkeläistöissä, joiden tiheys oli korkea, puun kutistuminen näytti kuitenkin olevan yleensä suurempaa, mikä tietysti on puun käytön kannalta haitallista.

Edellä mainittujen tulosten lisäksi on syytä korostaa kahta tutkimusmenetelmien kannalta tärkeää seikkaa: ensiksikin iän suurta vaikutusta koivun puuaineen fysikaalisiin ominaisuuksiin ja toiseksi Pilodyn-laitteen käytökelpoisuutta pyrittäessä maastossa valitsemaan jälkeläistöjä puuaineen tiheyden suhteen. Yksilötason valinnassa laite ei osoittautunut aivan yhtä hyväksi. Sitä paitsi tutkimus osoitti selvästi, että vain nuorista, ohutkuorisista puista Pilodyn-määritys voidaan tehdä kuorta poistamatta. Yhteenvetona tässä tutkimuksessa saaduista Pilodynin käyttöön liittyvistä kokemuksista voidaan todeta, että laite näyttää varsin lupaavalta nimenomaan käytännön maastomäärityksiä ajatellen. Tarkemmat analyysit Pilodyn-arvojen sekä puun ja kuoren ominaisuuksien riippuvuudesta ovat kuitenkin tarpeen.

## KIRJALLISUUS

- BECKER, W.A. 1967. Manual of procedures in quantitative genetics. Second edition. Washington — State University.
- COWN, D.J. 1978a. Comparison of the pilodyn and torsionmeter methods for the rapid assessment of wood density in living trees. *N.Z.J. For. Sci.* 8(3), 384—391.
- 1978b. Assessing the Wood Quality of Standing Trees. What's new in Forest Research. Forest Research Institute, Private Bag, Rotorua, New Zealand, n °64, 4 s.
- & ANDREW, I.A. 1979. Comparison of pilodyn, torsionmeter and increment core methods for assessing wood density in progeny trials. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report, n °29, October, 17 s.
- 1980a. Effect of season on the pilodyn/torsionmeter wood density relationships in standing trees. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report n °33, June. 10 s.
- 1980b. Use of the pilodyn wood tester for estimating wood density in standing trees. Influence of site and tree age. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report, n °37, November, 17 s.
- ERICSON, B. & PERSSON, A. 1970. Ved- och massaegenskaper hos björk. En orienterande undersökning. Summary: Wood and pulp properties in birch. A pilot investigation. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 18:1—55.
- FERRAND, J. Ch. 1981. Recherche des solutions pratiques à apporter aux problèmes posés par les contraintes de croissance des arbres forestiers. Thèse de Docteur-Ingénieur, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- GISLERUD, O. 1974. Heltreutnyttelse. II. Biomasse og biomasse-egenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, björk og or. Summary: Whole tree utilisation. II. Biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Rapp. Norsk. Instn. Skogforsk. 6/74:1—59.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61(5):1—98.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch boles in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(3):1—59.
- HICKS, R.R. Jr., JONES, D.W. & WENDLING, R.C. 1974. Specific gravity variation of young river birch trees. *Wood Sci.* 7(2):169—172.
- HOFFMEYER, P. 1978. The pilodyn instrument as a non-destructive tester of the shock resistance of wood. Paper presented at the non-destructive testing meeting in Vancouver, Washington, August, 20 s.
- 1979. Pilodyn used on Eucalyptus spp. Pilot. Tests. International Technical Report 70/79. October, 11 s.
- JANIN, G. 1972. Microcuissons papetières. Méthode adaptée aux recherches forestières portant sur la détermination des caractéristiques papetières individuelles sur arbres vivants à l'aide d'échantillons de bois dont le mode de prélèvement, l'aspect et le poids ne sont pas usuels. *La Papeterie*, n °3, 13 s.
- JUINO, Ph. 1977. Etude des relations entre vigueur et qualité du Frêne et du Merisier dans quelques stations du Nord-Est de la France. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Station de Recherches sur la Qualité du Bois, C.N.R.F.
- KÄRKKÄINEN, M. 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. Helsinki 1977. 442 s.
- KELLOMÄKI, S. 1979a. On geoclimatic variation in basic density of Scots pine wood. *Silva Fennica* 13(1):55—64.
- 1979b. The effect of solar radiation and air temperature on basic density of Scots pine wood. *Silva Fennica* 13(4):304—315.
- KEYLWERTH, R. 1954. Ein Beitrag zur qualitativen Zuwachs-analyse. *Holz als Roh u. Werkstoff*, 12(3):77—83.
- KREMER, A. 1976. Contrôle génétique de la croissance en hauteur chez le Pin maritime: rôles des interactions entre gènes et de l'interaction génotype × environnement. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Laboratoire d'Amélioration des Conifères, I.N.R.A.
- LÖNNBERG, B. 1975. Short-rotation hardwood species as whole-tree raw material for pulp and paper. 2. Wood raw material. Tiivistelmä: Lyhytkiertopuiden käyttömahdollisuudet massa- ja paperiteollisuudessa. 2. Puuraaka-aine. Paperi ja puu 57(8): 507—516.
- NYLINDER, P. 1953. Volymviktsvariationer hos planterad gran. Summary: Variations in density of planted spruce. *Medd. Stat. Skogforsk. Inst.* 43.3.
- OLESEN, P. 1973. The influence of the compass direction on the basic density of Norway Spruce and its importance for the sampling for estimating the genetic value of plus trees. *Arboretet Hørsholm. For. Tree Improvement* 6.
- POLGE, H. 1964. Le bois juvénile des Conifères. *Revue Forestière Française*; n °6:474—505.
- 1966. Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographie d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologique et physiologique. Thèse de Doctorat ès Sciences Appliquées, Université de Nancy I.
- RAULO, J. 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Stem quality of *Betula pendula* Roth progenies in South and Central Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 97(5):1—39.
- & KOSKI, V. 1977. Growth of *Betula pendula* Roth progenies in southern and central Finland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 90(5):1—39.
- TAMMINEN, Z. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. III Björk. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and

- bark. III. Birch. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. n °63:1—100.
- TAYLOR, F.W. 1981. Rapid determination of Southern Pine specific gravity with a pilodyn tester. For. Sci., 27(1):59—61
- VELLING, P. 1976. Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta. Summary: The wood basic density variation of pine and spruce provenances. Folia Forestalia 257.
- 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia Forestalia 416.









ODC 812.21+812.31+861.0+176.1 *Betula pendula* + 165.3  
ISBN 951-40-0643-7  
ISSN 0015-5543

NEPVEU, G. & VELLING, P. 1983. Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. Abstract: Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*. Folia For. 575:1—21.

The variation in wood quality characteristics of 46 full-sib families and a standard seed lot were studied in a silver birch (*Betula pendula* Roth) progeny trial in southern Finland. The genetic parameters were estimated of a complete factorial design of 20 progenies issued.

The inheritance of wood basic density and shrinkage proved to be fairly strong. Factors affecting to volume growth and pulp yield, on the contrary, had low heritability values. There was no unfavourable relationship between growth rate and volumetric shrinkage. The correlation between growth rate and wood density, too, proved to be statistically insignificant. However, there was an unfavourable positive correlation between density and shrinkage.

Authors' addresses: *Nepveu*: I.N.R.A., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, Centre de Recherches Forestières de Nancy, Champenoux, F-54280 SEICHAMPS. *Velling*: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

ODC 812.21+812.31+861.0+176.1 *Betula pendula* + 165.3  
ISBN 951-40-0643-7  
ISSN 0015-5543

NEPVEU, G. & VELLING, P. 1983. Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. Abstract: Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*. Folia For. 575:1—21.

The variation in wood quality characteristics of 46 full-sib families and a standard seed lot were studied in a silver birch (*Betula pendula* Roth) progeny trial in southern Finland. The genetic parameters were estimated of a complete factorial design of 20 progenies issued.

The inheritance of wood basic density and shrinkage proved to be fairly strong. Factors affecting to volume growth and pulp yield, on the contrary, had low heritability values. There was no unfavourable relationship between growth rate and volumetric shrinkage. The correlation between growth rate and wood density, too, proved to be statistically insignificant. However, there was an unfavourable positive correlation between density and shrinkage.

Authors' addresses: *Nepveu*: I.N.R.A., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, Centre de Recherches Forestières de Nancy, Champenoux, F-54280 SEICHAMPS. *Velling*: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

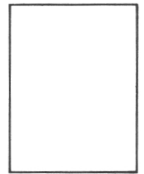
Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsäntutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND



Folia Forestalia \_\_\_\_\_

---

---

---

Communications Instituti Forestalis Fenniae \_\_\_\_\_

---

Huomautuksia

*Remarks* \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema  
*Punkaharju Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* Valtakatu 18  
69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit. Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland. Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koelapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla. The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla. Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhokuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.
- No 560 Löyttyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen. Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia. The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakasmaiden sahatavaraostot 1970-luvulla. Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät. The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä. A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koesahaus. Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82. Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.
- No 568 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979—1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977—1982. Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979—1982, and in the whole of South Finland, 1977—1982.
- No 569 Rousi, Matti: Myyrien aiheuttamat vahingot Pohjois-Suomen puulajikokeissa talvella 1981/82. Vole damage in tree species trials in northern Finland in the winter of 1981/82.
- No 570 Hämäläinen, Jouko & Laakkonen, Olavi: Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus. Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland.
- No 571 Lähde, Erkki & Savonen, Eira-Maija: Kastelun vaikutus männyn paakkutaimien kehitykseen sekä turpeen vesi- ja ilmasuhteisiin paakussa. Effects of watering on the development of containerized Scots pine seedlings and water and air conditions in peat growing mediums.
- No 572 Korhonen, Kirsi-Marja, Teivainen, Terttu, Kaikusalo, Asko, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen. Occurrence of damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) on Scots pine in northern Finland after the peak year 1978.
- No 573 Jokinen, Katriina: Metsänlannoituksen vaikutus juurikäävän esiintymiseen — Kirjallisuuskatsaus. The effect of fertilization on the occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. — A literature review.
- No 574 Sevola, Yrjö: Metsähallinnon Nurmeksen hoitoalueen voimaperäinen puunkasvatus: Seurantajärjestelmä ja tuloksia. Intensive timber growing in a state forest district: Monitoring system and results.
- No 575 Nepveu, Gerard & Velling, Pirkko: Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*.
- No 576 Gustavsen, Hans Gustav & Fagerström, Håkan: Brösthöjdsformtalets variation i tall-, gran- och björkbestånd. The variation of the breast height form factor for pine, spruce and birch stands in Finland. Männyn, kuusen ja koivun muotolukujen vaihtelu.

---

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.  
 Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0643-7  
 ISSN 0015-5543