

Männyn puuaineen laadun ja tuotoksen vaihtelu suomalaisessa proveniensienssikoesarjassa

Pirkko Velling & Gérard Nepveu

SUMMARY: VARIATION OF WOOD QUALITY AND YIELD IN A FINNISH SERIES OF PROVENANCE TRIALS ON SCOTS PINE

RESUME: VARIABILITE DE LA QUALITE DU BOIS ET DU RENDEMENT EN MATIERE SECHE DANS UN TEST MULTISTATIONNEL DE PROVENANCES DE PIN SYLVESTRE D'ORIGINE FINLANDAISE

Velling, P. & Nepveu, G. 1986. Männyn puuaineen laadun ja tuotoksen vaihtelu suomalaisessa proveniensienssikoesarjassa. Summary: Variation of wood quality and yield in a Finnish series of provenance trials on Scots pine. Résumé: Variabilité de la qualité du bois et du rendement en matière sèche dans un test multistationnel de provenances de pin sylvestre d'origine finlandaise. *Silva Fennica* 20 (3): 211–231.

Tutkimuksessa tarkastellaan siemenen alkuperän ja viljelypaikan sijainnin vaikutusta eräisiin, etenkin massateollisuuden kannalta tärkeisiin ominaisuuksiin. Aineisto käsitti kuusi rinnakkaiskoetta, joista tutkittiin samat 12 alkuperää. Koepuita, joista otettiin kairanlastut, oli 1267 ja ne olivat 19-vuotiaita. Koepaikkakunnan sijainti vaikutti ominaisuuksiin yleensä enemmän kuin siemenen alkuperä. Puuaineen tiheyden ja kuitusaannon vaihtelun vaikutus alkuperien metsänviljelyarvoihin oli keskimäärin vain muutama prosentti, suurimmillaan kuitenkin lähes 10 %. Itäsuomalaiset alkuperät menestyivät hyvin Länsi-Suomessa.

The purpose of the study was to determine the effects of the origin of seeds and the location of cultivation of Scots pine on certain properties particularly important to the pulp industry. The research material consisted of six parallel trials of the same 12 provenances. Increment cores were taken of a total of 1267 sample trees, 19 years old. The location of the trial site generally affected the properties to a larger extent than the origin of the seed. The effect of the variation of wood density and fiber yield on the cultivation values of the provenances was only a few percentages on average; however, at most the effect was nearly 10%. Eastern Finnish provenances adapted well to western Finnish conditions.

L'effet de l'origine de la graine et de la localisation de la plantation sur certaines propriétés importantes, en particulier pour l'industrie de la pâte à papier sont examinés dans cette étude. L'échantillonnage provenait de six dispositifs expérimentaux parallèles dans le cadre desquels étaient étudiées les mêmes 12 provenances. L'étude retenait 1267 arbres âgés de 19 ans sur lesquels des carottes de sondage étaient prélevées. La localisation de la plantation influait en général sur les caractéristiques du bois plus que l'origine de la graine. L'effet de la variabilité de la densité du bois et du rendement en fibres sur les valeurs de reboisement des provenances n'était en moyenne que de quelques pour-cents, les plus fortes valeurs approchant néanmoins 10%. Les provenances de Finlande orientale se comportaient bien en Finlande occidentale.

Key words: *Pinus sylvestris*, geographical variation, increment cores
ODC 232.1+810+812+174.7 *Pinus sylvestris* +861.0

Authors' addresses: *Velling*: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, Finland. *Nepveu*: INRA, Station de Recherches sur la Qualité des Bois, Centre de Recherches forestières, Champenoux, 54280 Seichamps, France

Approved on 10. 12. 1986

1. Johdanto

Männyn maantieteellistä vaihtelua on tutkittu jo vuosisatojen ajan. Aluksi tehtiin havaintoja lähinnä ulkoisista muotoeroista ja kasvusta. Sittemmin alettiin kiinnittää huomiota myös rungon sisäisen puuaineen laadun vaihteluun ja siitäkin on kertynyt jo runsaasti tuloksia varsinkin pohjoismaista (mm. Jalava 1933, 1945, Siimes 1938, Sirén 1959, Ericson 1960, 1961, Stockman 1962, Kalla 1966, Nylinder 1967, Hakkila 1968, 1979, Remröd 1976, Velling 1976, 1980, Ståhl 1986, Ståhl ym. 1986). Keski-Euroopasta ovat tuloksia julkaisseet esimerkiksi Göhre (1958), von Pechmann (1969) ja Miler ym. (1979). Neuvostoliitosta lienevät tunnetuimpia Timofejevin (1974) tutkimukset hyvin vanhoista provenienssikokeista. Männyn luontaisen levinneisyysalueen ulkopuolelta on tuloksia ainakin USA:sta (Echolls 1958). Useimmat edellä mainituista tutkimuksista koskevat puuaineen tiheyttä, mutta myös kuidun pituutta (Echolls 1958, Miler ym. 1979, Ståhl 1986, Ståhl ym. 1986), massansaantoa (Kalla 1966) sekä puun fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia (von Pechmann 1969, Timofjev 1974) on selvitetty.

Saadut tulokset ovat olleet vaihtelevia ja osittain ristiriitaisiakin. Jonkinlaisena Suomea koskevana yhteenvedona voidaan esittää, että männyn puuaineen tiheys on Etelä-Suomessa noin 5 % korkeampi kuin Pohjois-Suomessa (Kalla 1966, Hakkila 1968). Korkeimmillaan tiheys näyttää kuitenkin olevan Keski-Suomessa, noin leveysasteiden 64°N–66°N välillä (Jalava 1945, Hakkila 1968).

Elliot (1970) toteaa laajassa katsauksessaan havupuiden puuaineen tiheyteen, että pohjoisella pallonpuoliskolla useimpien puulajien keskimääräinen puuaineen tiheys nousee etelään päin. Sama näyttää Milerin ym. (1979) ja Ståhlin ym. (1986) mukaan pätevän myös männyn kuidun pituuteen.

Metsiköissä puuyksilöiden välillä olevat suuret erot vaikeuttavat provenienssien välisten erojen selville saamista. Zobelin ja Talbertin (1984) mukaan esimerkiksi *Pinus taeda-*

männyn puuaineen tiheyden vaihtelusta peräti 70 % on runkojen välillä metsikössä. Kasvupaikan, metsikön ja rungon sisäisen vaihtelun yhteinen osuus on 15 %. Näin ollen vain 15 % kokonaisvaihtelusta selittyy maantieteellisten erojen perusteella.

Tämän tutkimuksen tekijöistä Velling on aikaisemmin (1976, 1980) selvittänyt puuaineen ominaisuuksia ja niiden suhdetta puun kasvuun Heikinheimon 1920-luvun lopulla perustamissa männyn ja kuusen provenienssikokeissa. Näissä vanhoissa kokeissa ei vielä käytetty kerranteita (toistoja, lohkoja), mikä rajoittaa tulosten tilastollista käsittelyä. Nuoremmissa kenttäkokeissa käytetty koejärjestely on kehittynempi.

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on riukuvaiheessa olevien provenienssikokeiden avulla selvittää alkuperän ja viljelypaikan sijainnin vaikutusta männyn puuaineen laatuun ja tuotokseen. Pääpaino on massatollisuuden kannalta tärkeissä ominaisuuksissa.

Tutkimus tehtiin ranskalais-suomalaisena yhteistyönä, maiden välillä vuonna 1980 allekirjoitetun metsäalan yhteistyösopimuksen perusteella. Suomen metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosasto keräsi aineistona käytetyt kairanlastut ja mittasi koepuut maastossa. Kairanlastut tutkittiin Ranskassa, Nancyn metsäntutkimuskeskuksessa, joka toimii maatalouden tutkimuslaitoksen I.N.R.A.:n (Institut National de la Recherche Agronomique) alaisena. Tutkimuskeskuksen puun laadun tutkimusosastolla on kehitetty useita pienille puunäytteille sopivia menetelmiä, jotka eivät vielä ole käytössä Suomessa.

Tutkimuksen tekijöistä Velling vastasi aineiston keruusta, yhteisesti laaditun tutkimussuunnitelman pohjalta, Nepveu Ranskassa tehdyistä mittauksista ja tulosten laskennasta. Velling laati alustavan käsikirjoituksen ranskaksi, Nepveu tarkasti sen ja Velling muokkasi lopulliseen muotoonsa suomeksi.

Tutkimuksen tekijät kiittävät lämpimästi niitä lukuisia henkilöitä, jotka eri vaiheissa, Ranskassa ja Suomessa, myötävaikuttivat tutkimuksen toteutumiseen.

2. Aineisto ja menetelmät

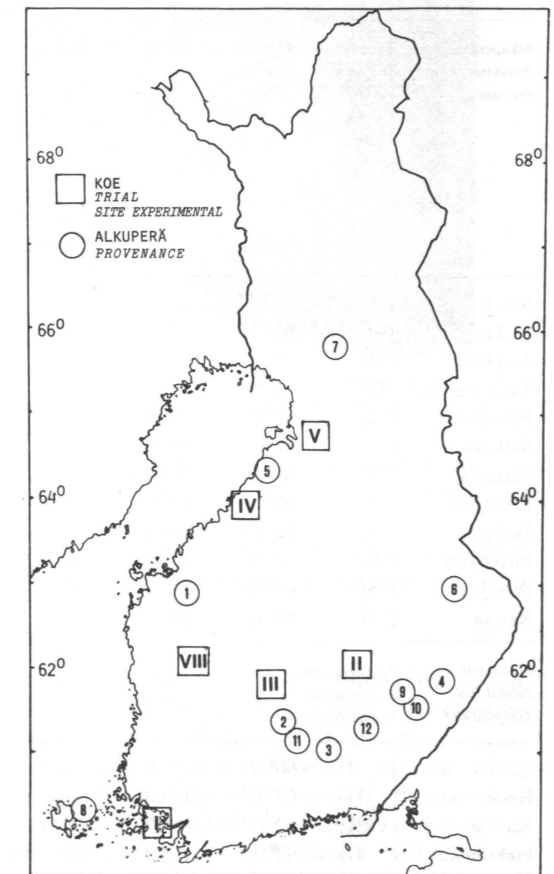
2.1. Aineisto

Tutkimuksen aineiston muodosti männyn provenienssikoesarja, joka on perustettu maastoon keväällä 1966. Koesarja on prof. Max. Hagmanin suunnittelema. Metsägeneettisessä rekisterissä sillä on koenumero 232. Sarjassa on 11 rinnakkaiskoetta ja niissä 17–30:een metsikköalkuperää olevaa koeerää. Osa eristä on ns. standardimetsiköistä (kasvultaan ja laadultaan paikkakunnan keskimäärää edustavia metsiköitä, joiden merkityistä puista kerättyjä siemensekoituksia käytetään vertailuerinä metsänjalostuksen koeviljelyksissä), osa tavallisista talousmetsistä ja muutama erä siemenkeräysmetsiköistä. Kokeet ovat metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen mailla.

Käsillä olevaan tutkimukseen otettiin koesarjasta kuusi rinnakkaiskoetta, joista kaikista saatiin samat 12 alkuperää (kuva 1, taulukko 1). Muissa viidessä kokeessa, jotka sijaitsevat Pohjois-Suomessa, kuolleisuus oli suuri (Numminen 1975) ja jäljellä olevat puut olivat liian pieniä, jotta niistä olisi saatu edustava näyteaineisto. Rinnakkaiskokeista tullaan jatkossa yksinkertaisuuden vuoksi käyttämään nimitystä ”koe” ja niiden numeroina roomalaisia numeroita erotukseksi alkuperien numeroista (esimerkiksi Nauvo (I) = koe, Isokyrö (1) = alkuperä).

Kokeet on perustettu 1A+2A-taimilla. Pieksämäen (II), Kuoreveden (III), Himangan (IV) ja Muhoksen (V) kokeet ovat VT-metsämaalla, Nauvon (I) ja Karvian (VIII) kokeet entisellä pellolla. Maalaji on kaikissa metsämaalle perustetuissa kokeissa moreeni, toisessa peltomaan kokeessa (I) savimulta, toisessa (VIII) turve. Yksi metsämaan koelueista (III) kulotettiin ennen istutusta, kolmessa muussa maanpintaa ei valmistettu. Molemmat pellolla sijaitsevat kokeet muokattiin ennen istutusta. Ojitetulla turvepellolla (VIII) taimet istutettiin auraspalteeseen, kaikissa muissa kokeissa kuopan laitaan.

Koeruuduissa on taimia 5×5=25 kappaletta, istutusväli on 2 m×2 m. Toistoja (lohkoja) on kaikissa kokeissa kuusi. Siten kuhun-



Kuva 1. Aineistona käytettyjen kenttäkokeiden (neliöt) ja alkuperien (ympyrät) likimääräinen sijainti. Tarkat tiedot on esitetty taulukossa 1, johon numerot viittaavat.

Fig. 1. The approximate location of field trials (squares) and provenances (circles). Precise information is found in Table 1, to which numbers refer.

Fig. 1. Localisation approximative des sites expérimentaux (carrés) et des provenances (cercles) étudiées. Les données exactes auxquels renvoient les numéros sont présentées au tableau 1.

kin kokeeseen on istutettu 150 tainta alkuperää kohti.

Koepuita otettiin kustakin koeruudusta kolme, systemaattisesti ruudun taimikoordinaattien avulla kulmasta kulmaan lävistäjäl-

Taulukko 1. Männyn proveniensiikoesarja no. 232. Tutkimuksessa mukana olevat rinnakkaiskokeet ja alkuperät sekä niiden sijaintipaikkakuntien ilmastotietoja Kolkin (1966), Helimäen (1967) ja Solantien (1976) mukaan.

Table 1. Provenance trial series no. 232 on Scots pine. The parallel trials and provenances of the research project, as well as climatic data concerning the locations according to Kolki (1966), Helimäki (1967) and Solantie (1976).

Tableau 1. Dispositif d'expérimentation n° 232 de provenances de pin sylvestre. L'étude inclut les tests parallèles et les provenances ainsi que les données météorologiques concernant les sites expérimentaux, selon Kolki (1966), Helimäki (1967) et Solantie (1976).

Alkuperä Provenance Provenance	Työnumero Seed lot number Numéro d'ordre	Leveys- aste Latitude Latitude N	Pituus- aste Longitude Longitude E	Korkeus merenp., Elevation Altitude m	Keskilämpötila Average temperature Température moyenne C°			Vuot. sadem. Annual precip. Précip. annuelle mm	Kasvuk. pituus, p Growing season, d Période de croissance, j	Lämpö- summa, d.d. Temperature sum Somme des températures >5°
					Koko vuosi Year round Moyenne annuelle	Heinä- kuu July Juillet	Helmi- kuu February Février			
Sund	(8)	60°13'	20°13'	20	5,5	16,4	- 4,2	558	183	1293
Jaala	(3)	61°06'	26°39'	80	4,0	17,1	- 8,2	554	169	1278
Asikkala	(11)	61°10'	25°30'	140	3,3	16,7	- 8,9	611	163	1151
Suomenniemi	(12)	61°20'	27°30'	130	4,0	17,8	- 8,6	542	169	1230
Padasjoki	(2)	61°25'	25°15'	115	3,3	16,7	- 8,9	611	163	1151
Sulkava	(10)	61°40'	28°20'	130	3,2	16,8	- 9,5	547	162	1202
Sulkava	(9)	61°44'	28°26'	130	3,2	16,8	- 9,5	547	162	1202
Kerimäki	(4)	61°50'	29°25'	81	3,2	16,8	- 9,5	547	162	1202
Isokyrö	(1)	62°55'	22°15'	55	3,5	16,6	- 8,0	500	160	1142
Pielisjärvi	(6)	63°04'	29°49'	130	2,0	16,4	-10,9	588	150	1068
Pyhäjoki	(5)	64°25'	24°35'	80	2,3	16,6	- 9,9	514	150	1063
Ranua	(7)	65°52'	26°30'	170	1,4	16,0	-11,4	629	143	970

Rinnakkaiskoe Parallel trial Test parallèle	Rekisterinumero Register number Numéro de registre									
Nauvo	(I)	60°14'	21°58'	5	5,6	17,4	- 5,4	616	188	1385
Kuorevesi	(III)	62°02'	24°49'	100	3,5	16,9	- 8,7	567	164	1212
Karvia	(VIII)	62°11'	22°47'	160	3,0	16,0	- 8,6	571	158	1079
Pieksämäki	(II)	62°16'	27°09'	130	3,4	17,5	- 9,2	610	163	1140
Himanka	(IV)	64°05'	23°32'	10	3,1	14,7	- 7,5	447	150	1063
Muhos	(V)	64°50'	26°25'	100	2,3	16,6	- 9,9	436	151	1074

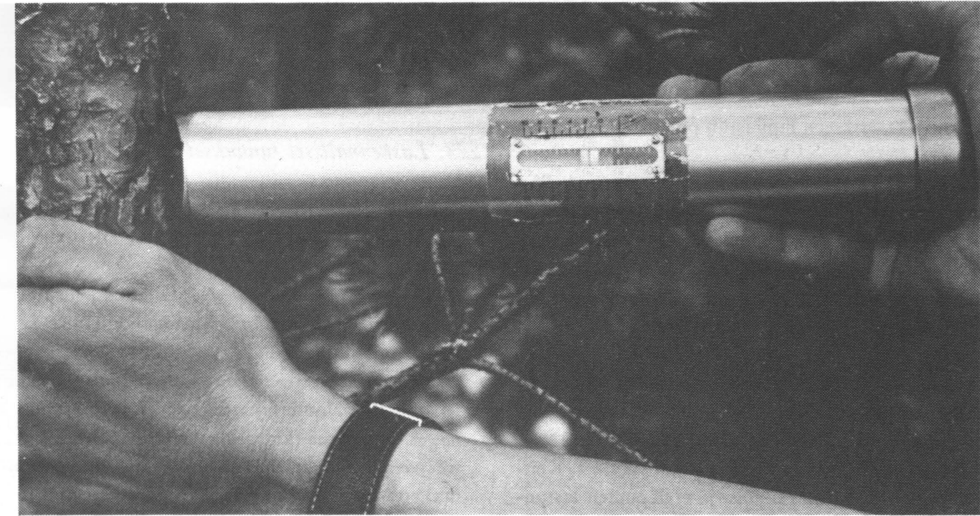
tä. Puut pyrittiin saamaan ruudun keskeltä, mutta joissakin tapauksissa jouduttiin ottamaan myös ruutujen reunoilla kasvavia puuta. Tavoitteena oli saada jokaisesta kokeesta 18 puuta koe-erää kohti (3 puuta/ruutu, 6 toistosta). Kun koe-eriä oli 12, tuli tavoitteenksi koetta kohti 216 puuta ja koko koesarjasta $6 \times 216 = 1296$ koepuuta. Niitä saatiin kuitenkin vain 1267 kappaletta, koska joissakin kokeissa ei korkean kuolleisuuden ja puiden pienen koon vuoksi ($D_{1,3}$ -läpimitta alle 5 cm) saatu kaikista ruuduista kolmea koepuuta.

22. Menetelmät

221. Mittaukset ja havainnot Suomessa

Aineiston keruun yhteydessä syys-loka-kuussa 1981 koepuista mitattiin seuraavat ominaisuudet:

- rungon rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä
- puun pituus
- puuaineen tiheys epäsuorasti Pilodyn-laitteella rinnankorkeudelta, rungon pohjois- ja eteläpuolelta kuoren päältä (kuva 2).



Kuva 2. Puuaineen tiheys arvioitiin koepuista jo metsässä, epäsuorasti Pilodyn-laitteen avulla. Laitteen jousivoimalla kuormitettava teräspiikki "ammutaan" puuhun ja mitta-asteikolta luetaan piikin uppoamissyvyys, joka on kääntäen verrannollinen puuaineen tiheyteen. Kuva J. Lehto.

Fig. 2. Wood density was calculated from the sample trees on site, indirectly by using a Pilodyn-device. The spring-loaded steel striker pin of the device is "shot" into the tree and the penetration depth is read from a measurement scale. The penetration depth is inversely related to the density. Photo J. Lehto.

Fig. 2. La densité du bois était évaluée sur les arbres de l'expérience, en forêt et indirectement à l'aide d'un Pilodyn. L'aiguille d'acier de l'appareil, tendue par un ressort, est "tirée" contre l'arbre; on lit ensuite sur une échelle la profondeur de pénétration, qui est inversement proportionnelle à la densité du bois. Photo J. Lehto.

Koepuista merkittiin muistiin mm. rungon mutkaisuus ja lenkous (erikseen tyvilenkous), ranganvaihdokset, haaroittuminen, silmiinpistävä oksikkuus tai vähäoksaisuus ja oksien huomattava paksuus tai ohuus. Lisäksi tehtiin tuohohavaintoja.

Taimien elävyys oli inventoitu kokeittain jo istutusvuoden 1966 syksyllä ja inventointi toistettu kussakin kokeessa alkuperittäin syksyllä 1979 (taulukko 2). Näiden kahden havaintokerran välillä taimia oli kuollut huomattavan runsaasti kolmessa pohjoisimmassa kokeessa. Niissä oli istutetuista taimista jäljellä enää hiukan yli puolet. Eniten oli kuollut eteläisten alkuperien taimia.

Aineistoa kerättäessä todettiin puissa erilaisten tuhojen aiheuttamia vioituksia. Hirvet olivat syöneet alaoksia ja ruskea mäntypistiäinen (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) neulasia lähes joka kokeessa. Vakavampia olivat kuitenkin männynversoruosteen (*Melampsora pinitortica* (Braun) Rostr.) aiheuttamat ranganvaihdokset ja mutkat rungoissa. Himangan (IV) kokeessa oli runsaasti harmaakaristetta (*Lophodermella sulcigena* (Rostr.) Höhn.), jota aikai-

semmin oli tavattu myös Pieksämäellä (II) ja Karviolla (VIII) (Uotila 1985) sekä Kuorevedellä (III) (Jalkanen 1982). Sen sijaan männynversosyöpä (*Ascolyx abietina* (Lagerb.) Schlaepfer-Bernhard), jonka vaikutuksia Uotila (1985) on tutkinut kolmessa em. kokeessa, ei vielä tämän tutkimuksen aineistoa kerättäessä ollut vahingoittanut puuta.

Myös kokeiden sisäisestä maastovaihtelusta, kuten kivisyydestä ja soistuneisuudesta, tehtiin havaintoja aineiston keruun yhteydessä.

Puuaineen laatuominaisuuksien tutkimiseksi koepuista kairattiin rinnankorkeudelta yksi ytimen kautta läpi rungon ulottunut lastu 5 mm:n kasvukairalla. Lastut pakattiin pahviputkiin ja lähetettiin Ranskaan.

222. Mittaukset Ranskassa

I.N.R.A.:n Nancyn metsäntutkimuskeskuksen puun laadun tutkimusosastolla lastuista määritettiin seuraavat ominaisuudet:

- *runгон säde* rinnankorkeudelta, pohjois- ja eteläpuolelta, vastaavien läpialastun osien pituuksina
- *puun pihkapiitoisuus* Soxhlet-laitteella, alkoholi-bentseeniseoksessa uuttamalla (ranskalainen menetelmänormi B51-014), erikseen läpialastun pohjois- ja eteläpuolen osista
- *puuaineen tiheys* Keylwerthin (1954) kuvaaman kyllästysmenetelmän avulla, erikseen läpialastun pohjois- ja eteläpuolen osista. Menetelmän edellyttämän maksimaalisen kyllästyksen aikaansaamiseksi lastuja pidettiin veden alla tyhjiöpaineessa neljä vuorokautta. Tiheys määritettiin pihkan poiston jälkeen, siis uutetusta puusta
- *kuitusaanto* ns. mikropulping-menetelmällä (kuva 3), jonka on kuvannut Janin (1972, 1983). Keitossa, joka oli tyyppiä Kraft, aktiivinen alkalipitoisuus oli 22 %, sulfidisuus 25 % sekä nesteen ja puun suhde 4. Keittoa varten yhdistettiin pohjois- ja eteläpuolen lastunosat riittävän suuren näytteen saamiseksi. Kuitusaanto laskettiin keitosta saadun kuitumassan prosenttiosuutena käytetyn puunäytteen massasta molempien ollessa absoluuttisen kuivia. Saantoluku ilmoittaa siis kokonaismassasaaliin painoprosenteissa.

Kuitusaannon määrittämisessä jouduttiin ajan puutteen vuoksi tyytymään yhteen puuhun koerutua kohti (koepuu no 2 ja jos se

puuttui, sattumanvaraisesti jompi kumpi puusta no 1 ja 3). Näin koepuiden määräksi koko koesarjasta tuli 432.

223. Laskennalliset tunnuksot

Edellä lueteltujen mitattujen ominaisuuksien avulla laskettiin seuraavat tunnuksot:

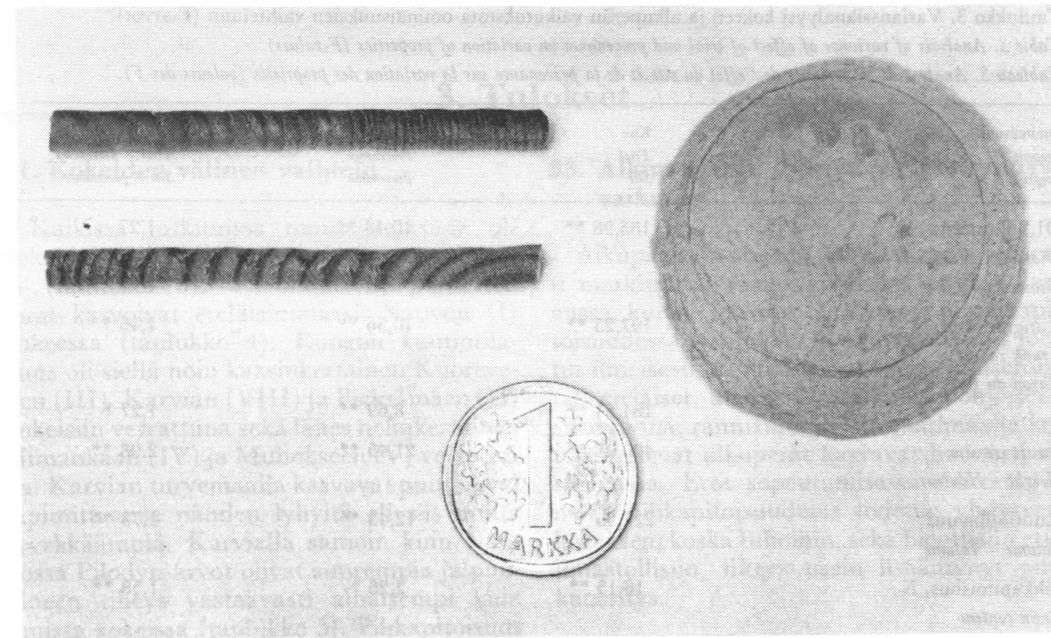
- *runгон kuorellinen kuutiotilavuus* rinnankorkeusläpimitan ja puun pituuden avulla Laasasenahon (1982) kehittämällä mallilla
- *puuaineen rinnankorkeustiheys* rungon pohjois- ja eteläpuolen säteillä painotettujen tiheyksien keskiarvona
- *runгон kuiva massa* (kuiva-aineen paino) rinnankorkeustiheyden ja rungon tilavuuden avulla. On syytä korostaa, että näin saadun estimaatin arvo on hiukan liian suuri, koska sen laskemiseen käytettiin rinnankorkeustiheyttä, joka on korkeampi kuin rungon tiheys keskimäärin (mm. Nylinder 1961, Hakkila 1966, 1979). Estimaatin epätarkkuutta lisää myös se, että rungon tilavuus jouduttiin laskemaan sen pituuden ja läpimitan avulla ottamatta huomioon kapenemista
- *runгон kuitumassa* (kuitujen paino) kuivan massan ja kuitusaannon avulla. Edellä esitetty huomautus estimaatin epätarkkuudesta koskee myös tätä tunnusta.

Taulukko 2. Taimien elävyys (%) kokeittain ja alkuperittäin syksyllä 1979.

Table 2. Survival rate (%) of plants by trial and provenance, autumn 1979.

Tableau 2. Taux de survie (%) des plants selon le site et la provenance à l'automne 1979.

Alkuperä Provenance Provenance		Nauvo (I)	Kuorevesi (III)	Koe - Trial - Site			Muhos (V)	X
				Karvia (VIII)	Pieksämäki (II)	Himanka (IV)		
Sund	(8)	81	81	62	20	43	34	54
Jaala	(3)	87	86	84	30	59	25	62
Asikkala	(11)	81	89	79	59	57	40	68
Suomenniemi	(12)	89	89	84	43	67	35	68
Padasjoki	(2)	87	85	71	43	50	33	62
Sulkava	(10)	86	80	75	55	63	59	70
Sulkava	(9)	88	94	85	88	61	63	80
Kerimäki	(4)	91	74	68	46	69	53	67
Isokyrö	(1)	91	88	85	46	75	62	75
Pielisjärvi	(6)	88	91	85	61	75	81	80
Pyhäjoki	(5)	86	97	93	74	81	80	85
Ranua	(7)	83	85	91	90	86	87	87
Keskiarvo (X̄)	1979	87	87	80	55	66	54	72
Average	(1966)	97	96	91	97	91	97	95
Moyenne								



Kuva 3. Kuitusaannon määrittämiseen käytettiin Janinin (1972) kehittämää mikropulping-laitteistoa, jonka avulla saadaan kairanlastuista selluloosanäytteet. Kuva J. Lehto.

Fig. 3. Fiber yield was determined by using the micro-pulping device developed by Janin (1972). Pulp samples are taken from increment cores. Photo J. Lehto.

Fig. 3. Un appareil de microcuisson mis au point par Janin (1972) était utilisé pour définir le rendement en fibres; il permet d'obtenir des échantillons de fibres à partir de carottes de sondage. Photo J. Lehto.

Ominaisuudet määritettiin, kuitusaantoa ja kuitumassaa lukuunottamatta, erikseen rungon pohjois- ja eteläpuolelle, koska haluttiin tutkia, ilmeneekö niissä ilmiansuunnasta johtuvaa vaihtelua (anisotropiaa) ja jos ilmenee, onko siinä alkuperien välillä eroja. Eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu viitteitä eroista männyn ja kuusen puuaineen tiheydessä rungon eri puolilla (mm. Nylinder 1953, Olesen 1973, Velling 1976). Sekä ilman lämpötilalla että suoranaisella auringon säteilyllä on todettu olevan vaikutusta männyn puuaineen tiheyden muodostumiseen (Kellomäki 1979a, 1979b). Vallitseva tuulensuunta lounaasta koilliseen on Olesenin (1973) mukaan Tanskassa tiheyden anisotrooppisuutta aiheuttava tekijä, mutta Suomessa tuulilla tuskin on samanlaista merkitystä. Tämän tutkimuksen rannikolla sijaitsevista kokeista Nauvon koe (I) on hyvin suojassa mereltä puhaltavilta tuulilta ja Himangallakin (IV) on kokeen ja meren välissä kaistale metsää.

Ominaisuuksien *anisotrooppisuus* esitetään prosentteina seuraavasti, esimerkkinä puuaineen tiheys:

$$A_{N-S} = 100 \frac{(BD_N - BD_S)}{\frac{1}{2}(BD_N + BD_S)} \%$$

A_{N-S} = pohjois-etelä-anisotropia

BD_N = puuaineen tiheys, rungon pohjoispuoli

BD_S = puuaineen tiheys, rungon eteläpuoli.

Tulosten tarkastelua varten laskettiin alkuperille suhteellisia vertailuarvoja, joita kutsutaan *metsänviljelyarvoiksi*. Arvot laskettiin kahdella tavalla: ensin vain *elävyyden* ja *kuutiotilavuuden* avulla ja toiseksi ottamalla huomioon myös *puuaineen tiheys* ja *kuitusaanto*. Näin on mahdollista saada käsitys niistä massan tuotoksen yli- tai aliarvioista, joihin pelkkä elävyyden ja kasvun huomioon ottaminen johtaa. Metsänviljelyarvojen laskennassa ei eri tekijöitä mitenkään painotettu.

Taulukko 3. Varianssianalyysi kokeen ja alkuperän vaikutuksesta ominaisuuksien vaihteluun (F-arvot).

Table 3. Analysis of variance of effect of trial and provenance on variation of properties (F-values).

Tableau 3. Analyse de la variance de l'effet du site et de la provenance sur la variation des propriétés (valeurs des F).

Ominaisuus Property Propriété	Koe Trial Site	Alkuperä Provenance Provenance	Koe × alkuperä Trial × provenance Site × provenance
D1,3 läpimitta Diameter at D1,3 m Diamètre à 1,3 m	185,98 **	10,48 **	1,27 *
Rungon säde, N Trunk radius Rayon du tronc	197,25 **	10,36 **	1,46 *
" " , S	184,54 **	8,69 **	1,27 *
Puun pituus Height - Hauteur	400,01 **	21,45 **	2,08 **
Kuutiotilavuus Volume - Volume	227,55 **	12,43 **	1,73 **
Pihkapitoisuus, N Resin content Teneur en résine	16,15 **	2,26 *	1,58 **
" " , S	9,88 **	1,73	1,50 *
Pilodyn, N	42,67 **	7,58 **	1,18
" " , S	21,42 **	9,17 **	0,89
Puuaineen tiheys, N Basic density Infradensité	27,06 **	5,85 **	1,15
" " , S	14,55 **	10,76 **	0,72
" " , painotettu weighted - pondérée	26,76 **	10,06 **	0,89
Kuiva massa Dry mass - Masse sèche	213,63 **	11,33 **	1,72 **
Kuitusaanto Fiber yield Rendement en fibres	45,06 **	1,43	0,70
Kuitumassa Fiber mass Masse de fibres	77,59 **	3,72 **	1,01
Sädekasvun anisotropia Anisotropy of radius Anisotropie du rayon	8,80 **	1,38	1,49 *
Pilodyn anisotropia Anisotropy of Pilodyn Anisotropie du Pilodyn	7,80 **	0,63	1,25
Puuaineen tiheyden anisotropia Anisotropy of basic density Anisotropie de l'infradensité	4,01 **	1,03	1,02

* : F-arvo tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskillä

* : F-value statistically significant at a risk of 5 %

* : F statistiquement significatif au risque 5 %

** : " " 1 %

3. Tulokset

31. Kokeiden välinen vaihtelu

Kaikissa tutkituissa ominaisuuksissa oli kokeiden välillä tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 3). Ylivoimaisesti parhaiten puut kasvoivat eteläisimmässä Nauvon (I) kokeessa (taulukko 4). Rungon kuutiotilavuus oli siellä noin kaksinkertainen Kuoreveden (III), Karvian (VIII) ja Pieksämäen (II) kokeisiin verrattuna sekä lähes nelinkertainen Himankaan (IV) ja Muhokseen (V) verrattuna. Karvian turvemaalla kasvavat puut olivat läpimittaansa nähden lyhyitä eli siis muita tyvekkäämpiä. Karvialla samoin kuin Nauvossa Pilodyn-arvot olivat suurempia ja puuaineen tiheys vastaavasti alhaisempi kuin muissa kokeissa (taulukko 5). Pihkapitoisuus oli suurin Pieksämäen kokeessa, jossa kuolleisuus oli melko korkea paikan suhteellisen eteläiseen sijaintiin nähden (taulukot 1 ja 2). Kuivan massan ja kuitumassan tuotoksessa Nauvon koe oli yhtä ylivoimainen kuin kuitiokasvussakin (taulukko 6). Kuitusaanto oli niin ikään paras Nauvossa, huonoin Himangalla ja Muhoksella.

32. Alkuperien välinen vaihtelu

Alkuperien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja kuitusaantoa, anisotropiaparametreja ja rungon eteläpuolen pihkapitoisuutta lukuunottamatta (taulukko 3). Erot olivat suurimmat kasvuominaisuuksissa, erityisesti pituudessa, kuten kokeidenkin välillä. Sundin (8), Isokyrön (1) ja Ranuan (7) alkuperät olivat kasvaneet muita selvästi huonommin ja tuottaneet vähemmän puuainetta (taulukot 4 ja 6). Pienimmät Pilodyn-arvot ja korkein puuaineen tiheys oli Ranuan alkupe- rällä (taulukko 5), mutta myös Sund erottui muista tässä suhteessa.

33. Alkuperän ja kokeen välinen yhdysvaikutus

Alkuperän ja kokeen välillä oli tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta puiden kasvussa, kuivan massan tuotoksessa ja pihkapitoisuudessa (taulukko 3). Yhdysvaikutus johtui ilmeisesti eri alkuperien sopeutumiserosta; eteläiset alkuperät kärsivät pohjoiseen siirrettyinä, rannikolta ja Ahvenanmaalta koitoisin olevat alkuperät kasvavat huonosti sisämaassa. Erot sopeutumisessa selittänevät myös pihkapitoisuudessa todetun yhdysvaikutuksen, koska tuhoihin, sekä bioottisiin että ilmastollisiin, liittyy usein lisääntynyt pihkaneritys.

34. Kokeiden sisäinen vaihtelu

Alkuperien välillä oli suuria eroja puiden kasvussa ja kuivan massan tuotoksessa kaikissa kokeissa (taulukot 4 ja 6). Muhoksen (V) koetta lukuunottamatta nämä erot olivat kaikki tilastollisesti merkitseviä (liite 1). Vaikka puuaineen tiheydessäkin oli merkitseviä eroja muualla paitsi Himangalla (IV), erot olivat keskimäärin varsin pieniä (taulukko 5). Pilodyn-arvoiltaan alkuperät erosivat kolmessa eteläisimmässä kokeessa (Nauvo I, Kuorevesi III, Karvia VIII), mutta eivät kolmessa pohjoisimmassa (Pieksämäki II, Himanka, Muhos) (liite 1). Puuaineen tiheyden ja Pilodyn-arvon verraten hyvä korrelointuminen alkuperätasolla kaikissa tutkituissa kokeissa (kuva 4) osoittaa, että Pilodyn-laite sopii metsässä tapahtuvaan karkeaan tiheyden luokitteluun. Pihkapitoisuudessa, kuitumassan tuotoksessa ja ominaisuuksien anisotropiassa alkuperien väliset erot olivat merkitseviä vain muutamassa kokeessa, kuitusaanossa eivät missään kokeessa.

Myös toistojen välinen vaihtelu kokeissa oli suurinta kasvuominaisuuksissa (liite 1). Selvän poikkeuksen muodosti kuitenkin Kuoreveden (III) koe, jossa toistojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä kasvu- ja tuotosero-

Taulukko 4. Kasvuominaisuuksien alkuperäkeskiarvot eri kokeissa ja kokeiden keskiarvot.

Table 4. Averages of provenances of growth properties of various trials and trial averages.

Tableau 4. Moyenne des propriétés de croissance pour les provenances dans les différents sites et moyennes des tests.

Alkuperä Provenance Provenance		Koe - Trial - Site						\bar{X}
		Nauvo	Kuorevesi	Karvia	Pieksämäki	Himanka	Muhos	
		(I)	(III)	(VIII)	(II)	(IV)	(V)	
D1,3 läpimitta, cm - Diameter at D1,3 m, cm - Diamètre à 1,3 m, cm								
Sund	(8)	9,9	7,9	8,4	8,0	6,7	6,1	7,9
Jaala	(3)	12,1	9,8	9,1	8,8	7,5	7,4	9,2
Asikkala	(11)	11,3	8,9	9,9	9,3	6,8	6,4	8,8
Suomenniemi	(12)	12,1	9,7	10,5	8,9	6,8	7,1	9,3
Padasjoki	(2)	11,8	9,1	10,4	9,1	6,7	6,9	9,0
Sulkava	(10)	11,2	9,0	10,1	9,1	7,6	7,3	9,1
Sulkava	(9)	11,1	9,3	10,2	9,3	6,9	7,2	9,1
Kerimäki	(4)	11,4	10,5	10,7	8,5	7,0	7,4	9,2
Isokyrö	(1)	10,4	8,6	8,3	8,1	6,3	7,0	8,1
Pielisjärvi	(6)	11,6	8,2	9,4	8,1	7,0	7,2	8,6
Pyhäjoki	(5)	11,0	9,1	9,8	8,0	6,7	7,9	8,8
Ranua	(7)	9,8	7,4	8,7	7,4	6,1	6,6	7,7
\bar{X}		11,2	9,0	9,6	8,5	6,9	7,0	8,7
Puun pituus, m - Height, m - Hauteur, m								
Sund	(8)	6,2	5,2	4,6	4,7	4,1	3,8	4,8
Jaala	(3)	8,0	6,5	5,4	5,5	4,6	4,6	5,8
Asikkala	(11)	7,0	6,1	5,4	5,6	4,3	4,0	5,4
Suomenniemi	(12)	7,4	6,4	5,6	5,5	4,2	4,3	5,6
Padasjoki	(2)	7,6	6,2	5,4	5,3	4,0	4,4	5,5
Sulkava	(10)	7,4	6,2	5,3	5,6	4,7	4,6	5,6
Sulkava	(9)	7,1	6,3	5,7	5,7	4,3	4,2	5,6
Kerimäki	(4)	7,6	6,8	5,5	5,3	4,4	4,6	5,7
Isokyrö	(1)	6,9	5,8	4,8	5,0	4,0	4,2	5,1
Pielisjärvi	(6)	7,0	5,8	5,3	5,4	4,3	4,3	5,3
Pyhäjoki	(5)	6,6	5,9	5,4	5,1	4,4	4,8	5,4
Ranua	(7)	5,8	5,0	4,5	4,9	3,9	4,2	4,7
\bar{X}		7,0	6,0	5,2	5,3	4,3	4,3	5,4
Kuutiolavuus, dm ³ - Volume, dm ³ - Volume, dm ³								
Sund	(8)	29,6	17,0	18,2	17,3	10,6	8,2	16,8
Jaala	(3)	52,0	28,8	23,4	22,4	14,6	14,0	25,9
Asikkala	(11)	42,1	23,9	26,6	23,9	11,4	9,5	22,9
Suomenniemi	(12)	49,0	30,2	30,3	22,4	10,9	12,4	25,9
Padasjoki	(2)	49,6	24,2	29,9	22,9	11,0	11,0	24,8
Sulkava	(10)	42,4	24,3	28,6	24,0	14,7	13,9	24,7
Sulkava	(9)	42,1	27,2	30,0	23,7	11,2	13,1	24,6
Kerimäki	(4)	45,1	34,9	31,8	20,3	12,2	14,0	26,4
Isokyrö	(1)	35,8	21,2	17,8	17,5	9,2	11,5	18,8
Pielisjärvi	(6)	44,6	19,8	25,2	18,3	11,7	12,0	21,9
Pyhäjoki	(5)	39,2	24,5	26,7	17,0	11,7	15,9	22,5
Ranua	(7)	27,2	14,9	19,5	14,6	8,4	10,4	15,8
\bar{X}		41,6	24,2	25,7	20,4	11,5	12,2	22,6

Taulukko 5. Puuaineen laatuominaisuuksien alkuperäkeskiarvot eri kokeissa ja kokeiden keskiarvot.

Table 5. Averages of provenances of wood quality properties of the various trials and trial averages.

Tableau 5. Moyenne des propriétés de la qualité du bois pour les provenances dans les différents sites et moyennes des tests.

Alkuperä Provenance Provenance		Koe - Trial - Site						\bar{X}
		Nauvo	Kuorevesi	Karvia	Pieksämäki	Himanka	Muhos	
		(I)	(III)	(VIII)	(II)	(IV)	(V)	
Pihkapitoisuus, % - Resin content, % - Teneur en résine, %								
Sund	(8)	3,9	4,3	3,3	4,1	5,2	5,8	4,4
Jaala	(3)	4,0	4,0	3,4	5,1	4,9	5,0	4,4
Asikkala	(11)	4,2	4,0	3,7	5,0	4,0	3,8	4,1
Suomenniemi	(12)	3,8	4,2	3,3	5,0	3,7	3,6	3,9
Padasjoki	(2)	3,8	4,2	3,7	5,3	4,2	3,7	4,1
Sulkava	(10)	3,4	4,1	3,4	4,3	4,2	3,6	3,9
Sulkava	(9)	3,9	4,4	3,8	6,9	3,5	4,0	4,4
Kerimäki	(4)	3,9	4,8	4,1	5,8	4,1	4,3	4,5
Isokyrö	(1)	3,5	4,7	3,5	4,8	4,5	3,1	4,0
Pielisjärvi	(6)	4,2	4,0	3,0	4,0	4,6	3,4	3,9
Pyhäjoki	(5)	3,9	4,4	3,5	4,9	4,0	3,6	4,0
Ranua	(7)	3,8	4,0	3,8	3,8	3,4	3,4	3,7
\bar{X}		3,8	4,3	3,5	4,9	4,2	3,9	4,1
Pilodyn-arvo, mm - Pilodyn value, mm - Valeur Pilodyn, mm								
Sund	(8)	20,3	18,6	19,2	18,5	19,7	18,3	19,1
Jaala	(3)	22,8	20,5	21,4	19,5	20,1	20,1	20,7
Asikkala	(11)	22,1	19,1	21,1	19,4	18,7	19,5	20,0
Suomenniemi	(12)	22,0	21,1	22,1	19,3	19,6	19,4	20,6
Padasjoki	(2)	21,6	20,7	21,0	20,1	19,4	20,4	20,5
Sulkava	(10)	21,8	19,8	21,9	19,3	19,4	20,5	20,5
Sulkava	(9)	21,6	19,8	21,6	19,9	19,3	19,8	20,3
Kerimäki	(4)	21,7	19,7	22,0	20,1	19,3	19,8	20,4
Isokyrö	(1)	21,1	20,1	20,6	19,0	18,0	19,4	19,7
Pielisjärvi	(6)	21,6	19,1	20,0	19,1	19,1	19,0	19,7
Pyhäjoki	(5)	22,6	20,0	20,7	18,9	18,3	19,6	20,0
Ranua	(7)	19,6	16,5	19,7	17,6	17,4	18,2	18,2
\bar{X}		21,5	19,5	20,9	19,2	19,0	19,5	20,0
Puuaineen tiheys, kg/m ³ - Basic density, kg/m ³ - Infradensité, kg/m ³								
Sund	(8)	330	357	339	347	334	351	342
Jaala	(3)	311	333	321	325	341	326	326
Asikkala	(11)	317	337	329	333	339	328	330
Suomenniemi	(12)	317	330	321	334	325	337	327
Padasjoki	(2)	318	339	325	341	335	328	331
Sulkava	(10)	314	333	322	338	333	327	328
Sulkava	(9)	315	333	323	333	334	334	329
Kerimäki	(4)	317	338	316	326	325	339	327
Isokyrö	(1)	319	323	321	331	337	329	327
Pielisjärvi	(6)	318	333	325	335	333	336	330
Pyhäjoki	(5)	311	329	322	337	343	331	329
Ranua	(7)	329	359	338	356	354	350	348
\bar{X}		318	337	325	336	336	335	331

Taulukko 6. Saanto-ominaisuuksien alkuperäkeskiarvot eri kokeissa ja kokeiden keskiarvot.

Table 6. Averages of provenances of yield properties of the various trials and trial averages.

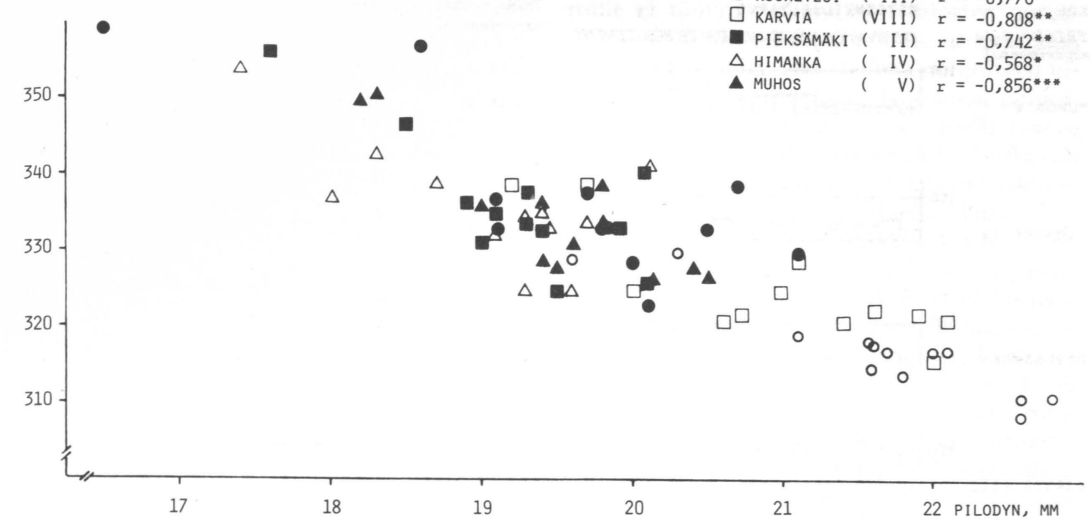
Tableau 6. Moyenne des rendements en matière sèche pour les provenances dans les différents sites et moyennes des tests.

Alkuperä Provenance		Koe - Trial - Site						\bar{X}
		Nauvo (I)	Kuorevesi (III)	Karvia (VIII)	Pieksämäki (II)	Himanka (IV)	Muhos (V)	
Kuivamassa, kg - Dry mass, kg - Masse sèche, kg								
Sund	(8)	9,6	6,0	6,1	5,9	3,5	2,9	5,7
Jaala	(3)	16,2	9,6	7,5	7,2	5,0	4,5	8,3
Asikkala	(11)	13,3	8,0	8,8	7,9	3,8	3,0	7,5
Suomenniemi	(12)	15,5	9,9	9,7	7,4	3,5	4,2	8,4
Padasjoki	(2)	15,6	8,2	9,8	7,8	3,7	3,6	8,1
Sulkava	(10)	13,3	8,0	9,3	7,9	4,9	4,6	8,0
Sulkava	(9)	13,4	9,0	9,7	7,8	3,7	4,4	8,0
Kerimäki	(4)	14,3	11,7	10,1	6,5	4,0	4,7	8,6
Isokyrö	(1)	11,4	6,9	5,6	5,7	3,0	3,8	6,1
Pielisjärvi	(6)	14,0	6,5	8,1	6,0	3,9	4,1	7,1
Pyhäjoki	(5)	12,1	8,0	8,6	5,7	4,0	5,2	7,3
Ranua	(7)	8,9	5,3	6,6	5,1	3,0	3,6	5,4
\bar{X}		13,1	8,1	8,3	6,7	3,8	4,1	7,4

Alkuperä Provenance		Kuitusaanto, % - Fiber yield, % - Rendement en fibres, %						\bar{X}
		Nauvo (I)	Kuorevesi (III)	Karvia (VIII)	Pieksämäki (II)	Himanka (IV)	Muhos (V)	
Sund	(8)	43,6	42,0	42,2	40,9	40,1	41,2	41,7
Jaala	(3)	43,8	41,4	41,0	39,0	39,0	39,2	40,5
Asikkala	(11)	43,0	42,3	42,0	41,1	39,6	39,3	41,2
Suomenniemi	(12)	43,4	42,0	41,2	40,8	40,0	40,0	41,2
Padasjoki	(2)	43,5	43,4	42,6	40,7	39,8	40,2	41,7
Sulkava	(10)	43,7	41,8	42,6	41,4	39,8	39,4	41,3
Sulkava	(9)	43,2	40,3	40,8	40,2	39,1	39,9	40,6
Kerimäki	(4)	43,2	41,6	40,3	40,3	40,4	39,7	40,9
Isokyrö	(1)	43,9	42,9	42,0	40,3	38,5	39,7	41,2
Pielisjärvi	(6)	44,3	42,1	41,4	40,9	39,4	39,5	41,3
Pyhäjoki	(5)	42,9	41,7	42,2	41,0	40,3	39,8	41,3
Ranua	(7)	43,3	41,3	41,3	41,9	41,4	39,1	41,4
\bar{X}		43,5	41,9	41,6	40,7	39,8	39,7	41,2

Alkuperä Provenance		Kuitumassa, kg - Fiber mass, kg - Masse de fibres, kg						\bar{X}
		Nauvo (I)	Kuorevesi (III)	Karvia (VIII)	Pieksämäki (II)	Himanka (IV)	Muhos (V)	
Sund	(8)	4,3	2,9	2,6	2,6	1,3	1,1	2,5
Jaala	(3)	7,5	3,9	3,4	2,4	1,8	1,6	3,4
Asikkala	(11)	5,7	3,3	3,3	3,4	1,3	1,5	3,1
Suomenniemi	(12)	6,7	3,1	3,5	3,2	1,4	1,8	3,3
Padasjoki	(2)	6,7	3,0	3,4	3,4	1,6	1,7	3,3
Sulkava	(10)	5,1	3,6	4,2	3,5	2,5	1,3	3,4
Sulkava	(9)	5,4	4,6	3,8	2,6	1,3	1,6	3,2
Kerimäki	(4)	7,7	4,9	3,2	2,6	1,8	2,2	3,7
Isokyrö	(1)	4,6	3,0	2,4	2,5	1,1	1,8	2,6
Pielisjärvi	(6)	5,9	2,7	2,8	3,2	1,4	1,8	3,0
Pyhäjoki	(5)	4,4	2,9	4,0	2,2	1,3	2,0	2,8
Ranua	(7)	4,1	2,5	2,1	1,4	1,1	1,4	2,1
\bar{X}		5,7	3,4	3,2	2,8	1,5	1,7	3,0

PUUAIINEEN TIHEYDYS, KG/M³
WOOD BASIC DENSITY - INFRADENSITE DU BOIS



Kuva 4. Puuaineen tiheyden ja Pilodyn-arvon välinen riippuvuus alkuperätasolla kokeittain.

Fig. 4. Relationship between wood basic density and Pilodyn value at provenance level by trial.

Fig. 4. Relation entre infradensité du bois et mesure au Pilodyn, au niveau de provenance, par test.

ja. Nauvossa (I), Karviolla (VIII) ja etenkin Himangalla (IV) toiston vaikutus kasvuun oli sen sijaan hyvin huomattava.

Nauvossa toisto vaikutti myös Pilodyn-arvoihin ja puuaineen tiheyteen (liite 1). Sen vaikutus puiden pituuteen ja sädekasvun anisotropiaan oli niin ikään Nauvossa suurempi kuin muissa kokeissa.

Kaikista tutkituista kokeista puuttuu koevaippa, mikä yhdessä maaperän kivisyyden,

soittaisen soistuneisuuden, versoruostevoitusten yms. kanssa voi aiheuttaa merkittäviä toistojen välisiä eroja kokeissa.

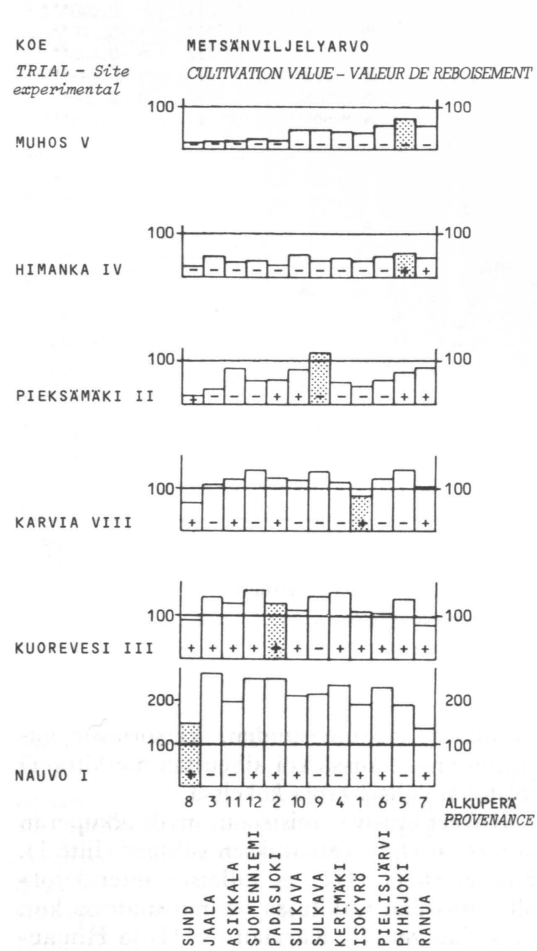
Kokeet erosivat toisistaan myös alkuperän ja toiston yhdysvaikutuksen suhteen (liite 1). Kuorevedellä (III) ei tällaista interaktiota ollut missään tutkitussa ominaisuudessa kun taas Nauvon (I), Karvian (VIII) ja Himangan (IV) kokeissa niitä oli runsaasti, etenkin kasvussa ja kuivan massan tuotoksessa.

4. Tulosten soveltaminen käytäntöön - metsänviljelyarvot

Tuloksia tarkastellaan seuraavassa käytännön metsänviljelyn kannalta, erityisesti mäsateollisuuden raaka-aineen saantoa silmällä pitäen. Tarkastelua varten laskettiin eri alkuperille kokeittain suhteelliset arvot, joita kutsutaan metsänviljelyarvoiksi. Arvot laskettiin ottamalla huomioon elävyys (taulukko 2), kuutiolavuus (taulukko 4), puuaineen tiheys (taulukko 5) ja kuitusaanto (taulukko 6) sekä merkitsemällä 100:lla koko koesarjan keskiarvoa (kuva 5) ja erikseen kunkin kokeen keskiarvoa (kuva 6). Keskiarvoja käytettiin vertai-

lulukuina, koska kokeissa ei ollut paikallisia alkuperiä. Kuvissa on kuitenkin tummemmalla erotettu kutakin koepaikkakuntaa lähinnä sijaitsevan alkuperän metsänviljelyarvo. Kuviiin on myös merkitty, paransiko (+) vai huononsiko (-) puuaineen tiheyden ja kuitusaannon huomioon ottaminen pelkkään elävyyteen ja kasvuun perustuvaa metsänviljelyarvoa.

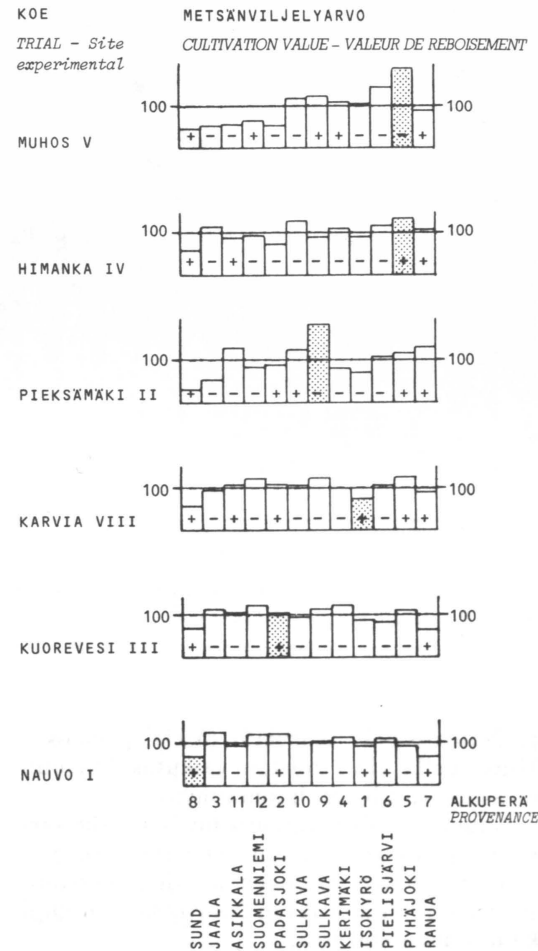
Arvot laskivat hyvin jyrkästi eteläisistä kokeista pohjoisiin (kuva 5). Tämä johtui ennen muuta kuolleisuuden lisääntymisestä (tau-



Kuva 5. Alkuperien metsänviljelyarvot kokeittain, kun koko koesarjan keskiarvoa merkittiin 100:lla. "Paikallinen" alkuperä tummennettu. +/- = puuaineen tiheyden ja kuitusaannon ottaminen huomioon paransi/huononsi metsänviljelyarvoa.

Fig. 5. Cultivation values of provenances by trial, when the average for the entire trial series was 100. "The local" provenance in bold. +/- = notation of wood density and fiber yield improved/impaired cultivation value.

Fig. 5. Valeurs de reboisement des provenances, par test, 100 étant la valeur moyenne pour l'ensemble des tests. La provenance "locale" apparaît en grisé. Les signes +/- = la prise en considération de la densité du bois et du rendement en fibres améliorerait/affaiblissait la valeur de reboisement.



Kuva 6. Alkuperien metsänviljelyarvot kokeittain, kun kunkin kokeen keskiarvoa merkittiin 100:lla. "Paikallinen" alkuperä tummennettu. +/- = puuaineen tiheyden ja kuitusaannon ottaminen huomioon paransi/huononsi metsänviljelyarvoa.

Fig. 6. Cultivation values of provenances by trial, when the average for each trial was 100. "The local" provenance in bold. +/- = notation of wood density and fiber yield improved/impaired cultivation value.

Fig. 6. Valeurs de reboisement des provenances, par test, 100 étant la valeur moyenne pour chacun des tests. La provenance "locale" apparaît en grisé. Les signes +/- = la prise en considération de la densité du bois et du rendement en fibres améliorerait/affaiblissait la valeur de reboisement.

luko 2) ja kasvun heikkenemisestä (taulukko 4). Puuaineen tiheyden ja kuitusaannon vaihtelun vaikutus oli keskimäärin vähäinen, noin 3 % ja suurimmillaankin vain 9–10 %. Kuitenkin esimerkiksi Sundin ja Ranuan alkuperien arvot jäivät systemaattisesti liian alhaisiksi, ellei niiden muita korkeampaa puuaineen tiheyttä (taulukko 5) otettu huomioon.

Puuaineen tiheyden ja kuitusaannon vaihtelun vähäinen vaikutus johtunee ainakin osittain puiden nuoresta iästä (19 vuotta mitaushetkellä). Suurin osa niiden puuaineesta oli ns. nuorpuuta, jolla tarkoitetaan epätasaisesti ytimen läheisyydessä olevaa puuainetta, jonka ominaisuudet poikkeavat selvästi ympäröivän puuaineen ominaisuuksista (Kärkkäinen 1985). Männyllä esimerkiksi nuorpuun tiheys on alhaisempi ja sen trakeidit lyhyempiä ja ohutseinäisiä. Nuorpuuvyöhykkeen leveys riippuu puulajista ja ominaisuudesta, mutta yleisimmän on esitetty, että se käsittää noin 15 ensimmäistä vuotta (esim. Senft 1986). Myös lastunäytteen pieni koko ja kuitusaannon osalta koepuiden vähäisyys voivat vaikuttaa tuloksiin.

Useimmille itäsuomalaisille alkuperille saatiin pelkän elävyyden ja kasvun perusteella hiukan liian korkeita metsänviljelyarvoja (kuvat 5 ja 6). Mutta puuaineen tiheys ja kuitusaanto huomioon ottaenkin itäsuomalaiset alkuperät olivat yleensä länsisuomalaisia parempia, vaikka kokeet Pieksämäkeä lukuunottamatta sijaitsevat Länsi-Suomessa (kuva 1). Tämä on käytännön metsänviljelyn kannalta tärkeä tulos. Se osoittaa, että maan länsiosissa voidaan viljellä itäsuomalaisia alkuperiä ja parantaa siten viljelytulosta, kuten jo Heikinheimo (1949) esitti. Hyöty koskee myös rungon ulkoista laatua, sillä esimerkiksi Jaalan, Sulkavan ja Kerimäen alkuperää olevilla puilla oli yleensä hitaasti kapeneva, hento-oksainen runko, kun taas Sundin, Isokyrön ja Pyhäjoen puut olivat tyvekkäitä ja oksikkaita.

Vaikka itä-länsisuuntaisille alkuperäsiirroille ei tämän tutkimuksen tulosten perusteella näytä olevan estettä, vaan ne ovat jopa suositeltavia, siirroissa etelästä pohjoiseen tulee olla hyvin varovainen. Kolmessa pohjoisimmassa kokeessa paras metsänviljelyarvo oli "paikallisimmalla" alkuperällä: Sulkavan alkuperällä Pieksämäellä, Pyhäjoen alkuperällä Himangalla ja Muhoksella (kuvat 5 ja 6). Kolmessa eteläisimmässä kokeessa "paikallinen" alkuperä ei sen sijaan ollut paras. Tämä saattaa viitata siihen, ettei eteläosissa maata tarvitse etelä-pohjoissiirroissaan olla yhtä tarkka kuin pohjoisempana. Toisaalta näissä kokeissa "paikallisin" alkuperä oli melko kaukana koepaikasta (kuva 1). Muutenkin aineiston kattavuudessa oli puutteita: varsinkin lounais- ja keskisuomalaisia alkuperiä oli vähän, koepaikat keskittyivät Länsi-Suomeen ja Lappi jäi jokseenkin kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Mainittakoon, että Metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosastolla on tekeillä laajaan provenienssikoeaineistoon perustuva selvitys alkuperäsiirtojen vaikutuksista viljelytylokseen. Nyt tutkittu koesarja sisältyy kyseiseen aineistoon.

Vaikka puuaineen laadun huomioon ottaminen ei tämän tutkimuksen perusteella kovin paljon vaikuttanut alkuperien metsänviljelyarvoihin, on muistettava, että pienikin haitta tai hyöty kertautuu metsänviljelyssä suurina pinta-aloina vuosittain. Lisäksi on syytä muistaa, että tutkimuksen kohteena olivat nuoret puut ja niiden maantieteellinen vaihtelu, joka edustaa vain yhtä ja usein melko vähäistä lajisäisäisen geneettisen vaihtelun tasoa. Yhdistämällä provenienssivalintaan yksilövalintaa ja käyttämällä metsänviljelyyn hyvistä alkuperistä valittujen parhaiden yksilöiden (pluspuiden) jälkeläisiä voidaan saavuttaa tuntuvia parannuksia niin tuotoksessa kuin laadussakin.

Kirjallisuus – References

- Echolls, R. M. 1958. Variation in tracheid length and wood density in geographic races of Scots pine. Yale University: School of Forestry. Bulletin 64. 52 s.
- Elliot, G. K. 1970. Wood density in conifers. Commonwealth forestry bureau. Oxford, England. Technical communication 8. 44 s.
- Ericson, B. 1960. Studies of the genetical wood density variation in Scots pine and Norway spruce. Sammanfattning: Studier över ärftliga volymviktsvariation hos tall och gran. Statens skogsforskningsinstitut, avdelningen för skogsproduktion, rapporter 4. 52 s.
- 1961. Skogsträdsförädling med sikte på ökat mas-sautbyte. Några preliminära forskningsresultat. Statens skogsforskningsinstitut, avdelningen för skogsproduktion, uppsatser 81. 12 s.
- Göhre, K. 1958. Über die Verteilung der Rohwichte im Stamm und ihre Beeinflussung durch Wuchsgebiet und Standort. Holz als Roh- und Werkstoff 16 (3): 77–90.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 61 (5): 1–98.
- 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 66 (8): 1–60.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 96 (3): 1–59.
- Heikinheimo, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Summary: Results of experiments on the geographical races of spruce and pine. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 37 (2): 1–44.
- Helimäki, V. I. 1967. Taulukoita ja karttoja Suomen sadeoloista kaudelta 1931–1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan 66 (2)–1966. Tables and maps of precipitation in Finland 1931–1960. Supplement to the Meteorological yearbook of Finland 66 (2)–1966. 22 s.
- Jalava, M. 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine (*Pinus sylvestris*). Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 18(7): 1–187.
- 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 33(3): 1–66.
- Jalkanen, R. 1982. Lophodermella sulcigena in clones and progenies of Scots pine in Finland. Teoksessa: Heybroek, H., Stephan, B. & Weissenberg, K. von (Eds.). Resistance to diseases and pests in forest trees. Proc. Workshop 1980. Pudoc, Wageningen. s. 441–447.
- Janin, G. 1972. Microcuissons papetières. La papeterie 3. 13 s.
- 1983. Microtests papetiers. Microcuisson-micro-classement-microraffinage. Mesure automatique de la longueur des fibres. Thèse présentée à l'Université Scientifique et Médicale. Institut National Polytechnique de Grenoble. 235 s.
- Kalla, J. 1966. Mäntypinotavaran kulutus valkaisu- ja Etelä-Suomessa. Summary: The consumption of pine pulpwood in the preparation of unbleached sulphate cellulose in northern and southern Finland. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 83: 146–160.
- Kellomäki, S. 1979a. On geoclimatic variation in basic density of Scots pine wood. Seloste: Ilmatoteikojen vaikutus männyn puuaineen tiheyteen. Silva Fennica 13 (1): 55–64.
- 1979b. The effect of solar radiation and air temperature on basic density of Scots pine wood. Seloste: Säteilyn ja lämpötilan vaikutus männyn puuaineen tiheyteen. Silva Fennica 13(4): 304–315.
- Keylwerth, R. 1954. Ein Beitrag zur qualitativen Zuwachsanalyse. Holz als Roh- und Werkstoff 12: 77–83.
- Kolki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931–1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan 65(1a)–1965. Tables and maps of temperature in Finland during 1931–1960. Supplement to the Meteorological yearbook of Finland 65(1a)–1965. 42 s.
- Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 108: 1–74.
- Miler, Z., Miler, A. & Pasternak, P. 1979. Długość włókien drzewnych drewna proweniencji sosny zwyczajnej. Summary: Investigation on the wood grain length in pines of different provenience in Lubien experimental plots. Poznańskie towarzystwo przyjaciół nauk. Wydział nauk Rolniczych i leśnych. Prace komisji nauk rolniczych i komisji nauk leśnych. Tom XLVIII – 1979: 95–101.
- Numminen, E. 1975. Männynproveniensiikokeen 232 taimien säilyminen elossa Pohjois-Suomen koealoilla. Metsäntutkimuslaitos. Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja 7: 1–6.
- Nylinder, P. 1953. Volymviktsvariationer hos planterad gran. Summary: Variations in density of planted spruce. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut 43(3): 1–44.
- 1961. Om träd- och vedegenskapers inverkan på råvolymvikt och flytbarhet. I Tall. Summary: Influence of tree features and wood properties on basic density and buoyancy. I Scots pine (*Pinus sylvestris*). Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära, Uppsatser R 35: 1–36.
- 1967. Non-destructive field sampling systems for determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species and the influence of environmental and other measureable factors on wood density. Institutionen för virkeslära, Skogshögskolan, Rapporter R 56: 1–19.
- Olesen, P. 1973. The influence of the compass direction on the basic density of Norway spruce (*Picea abies* L.) and its importance for sampling for estimating the genetic value of plus trees. Arboretet Hørsholm. Forest Tree Improvement 6: 1–58.
- Pechmann, H. von 1969. Beeinflussung von Erbllichkeit und Umgebung zur Formation des Reaktionsholzes. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins 46: 159–169.
- Remröd, J. 1976. Val av tallprovenienser i Norra Sverige-analys av överlevnad, tillväxt och kvalitet i 1951 års tallproveniensförsök. Summary: Choosing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances in Northern Sweden-analysis of survival, growth and quality in provenance experiments planted 1951. Skogshögskolan, institutionen för skogs-genetik 19: 1–132.
- Senft, J. F. 1986. Practical significance of juvenile wood for the user. 18th IUFRO World Congress, Ljubljana Yugoslavia, September 7–21, 1986. Proc. Division 5 Forest Products: 261–271.
- Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Summary: On the structural and physical properties of Finnish pine wood. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys. Julkaisu 29: 1–221.
- Sirén, G. 1959. Eräitä havaintoja keskisuomalaisen ja paikallisen mäntyrodun biologisista ja teknillisistä ominaisuuksista Perä-Pohjolassa. Summary: Some observations on the biological and technical properties on the local and Central-Finnish pine provenances in North Finland. Silva Fennica 96 (1): 1–30.
- Solantie, R. 1976. Järvien vaikutus lämpötilan mesoskaala-analyysiin Suomessa. Abstract: The influence of lakes on meso-scale analysis of temperature in Finland. Ilmatieteen laitoksen tiedonantoja 30: 1–72.
- Stockman, L. 1962. The influence of some morphological factors on the quality of spruce sulphite and pine sulphate pulp. Svensk Papperstidning 65: 978–982.
- Ståhl, E. G. 1986. Transfer effects and variation in basic density and tracheid length of *Pinus sylvestris* L. populations. Käsikirjoitus (hyväksytty painettavaksi Studia Forestalia Suecica-sarjassa).
- , Persson, A. & Persson, B. 1986. Timber quality in northern latitudes – implications for forest improvement. Teoksessa: Lindgren, D. (Ed.) 1986: Provenances and forest tree breeding for high latitudes – Proceedings of the Frans-Kempe symposium at Umeå, June 10–11, 1986. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi. Rapport 6: 149–158.
- Timofejev, V. P. 1974. Starejšij opyt geografičeskij kul'tur sosny obyknovennoj. [Varhaisimmat männyn proveniensiikokeet]. Lesnoe hozjajstvo 8: 31–38.
- Uotila, A. 1985. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina* in southern and central Finland. Folia Forestalia 639. 12 s.
- Velling, P. 1976. Mänty- ja kuusiproveniensien puuaineen tiheyden vaihtelusta. Summary: The wood basic density variation of pine and spruce provenances. Folia Forestalia 257. 32 s.
- 1980. Variation in the density of wood of different Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) origins in provenance tests. Teoksessa: Hagman, M. (Ed.) 1980: Reports of the Finnish–Soviet Symposium on forest genetics and forest tree seed production, Punkaharju, Finland, August 17.–18. 1978. Silva Fennica 14 (1): 45–51.
- Zobel, B. J. & Talbert, J. T. 1984. Applied forest tree improvement. New York. 505 s.

Total of 42 references

Summary

VARIATION OF WOOD QUALITY AND YIELD IN A FINNISH SERIES OF PROVENANCE TRIALS ON SCOTS PINE

The purpose of the study was to determine the effects of the origin of seeds and location of cultivation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on wood quality and yield.

The project was a joint French-Finnish study. The material was collected in Finland but analyzed at the I.N.R.A. (Institut National de la Recherche Agronomique) forestry research centre near Nancy, France. Some properties of the sample trees were noted at the time of collection in Finland.

The research material consisted of a provenance trial series of six parallel trials of 19-year-old trees. The same 12 provenances were studied in all tests (Fig. 1, Table 1). Parallel trials are designated by Roman numerals and the provenances by Arabic, for instance Nauvo (I) = trial, Isokyrö (1) = provenance.

There were 6 blocks in all trials, and $5 \times 5 = 25$ trees at two meter intervals in each trial plot. The target was three sample trees from each plot making a total trial series of 1296 trees (6 trials \times 12 provenances \times 6 blocks \times 3 sample trees/plot). Trees were systematically chosen by plant coordinates. However, only a total of 1267 were collected, due to the fact that some plots did not yield three trees suitable as sample trees (D1,3-diameter a minimum of 5 cm).

Plant survival rate was inventoried by tests as far back as the autumn of the planting year 1966, and repeated for each trial by provenance in the autumn of 1979, two years before collection of the material. A large number of trees had died in the three northernmost trials between these two inventories, particularly trees of southern provenances (Table 2).

One increment core, diameter 5 mm, via the pith through the trunk at breast height was taken from the sample trees. The direction of boring was north to south. At the same time, measurements were made of the breast height diameter, height, and indirectly, by using a Pilodyn-device, the wood density over bark on the north and south side of the tree (Fig. 2).

The following properties were noted from the increment cores: *radius*, *resin content* using Soxhlet equipment by extracting in an alcohol-benzene mixture, *wood basic density* after removal of resin with a saturation method described by Keylwerth (1954), and *fiber yield* (total pulp yield in per cent of weight) with a micro-pulping method developed by Janin (1972) (Fig. 3). The cores from the north and the south sides were combined to achieve a

large enough sample for pulping. Other properties, on the other hand, were defined separately for the north (N) and the south (S) sides, to determine whether they contained *anisotropy*, variation due to compass direction, which has been referred to in certain earlier studies. Fiber yield was defined by the cores of only one sample tree per plot.

Trunk volume was calculated using the breast height diameter and the height, after a model by Laasasenaho (1982), *dry mass* by using volume and wood basic density, and *fiber mass* by using dry mass and fiber yield. Resultant mass figures are merely indicative, since they were estimated using volume figures, while disregarding taper of the trunk, and breast height density figures, which are higher than in the entire trunk on average.

For purposes of practical application of the results, relative figures for comparison were calculated for the provenances. These figures are called *cultivation values*. The values were calculated in two ways: first by survival rate and volume growth, and second by also taking into account wood density and fiber yield.

In all properties studied there were statistically significant differences *between the trials* (Table 3). The differences were greatest in growth properties and in the results for dry mass and fiber mass (see also Tables 4 and 6). The fiber yield decreased toward the north by several percentages. There were also great growing and yield differences *between the provenances* in all six trials (Appendix 1). The difference between the provenances as far as fiberyield, however, were slight. *Between the provenance and the test* there was a significant amount of *interaction* in growth, dry mass and resin content (Table 3). This was apparently the result of the poor adaptation of southern provenances to the harsher northern climate, and the inability of provenances from the coastal region and the Aland Islands to adapt to inland conditions.

The variation *between blocks* was greatest in growth properties (Appendix 1). In only one trial (III) the differences were not statistically significant. Neither was the *interaction between provenance and block* significant for any noted property in the above trial. In other trials there was interaction particularly in growth and dry mass yield.

Wood basic density and the Pilodyn-value correlated quite well in all trials at the provenance level (Fig. 4). Therefore this test confirmed that the Pilodyn-device is

useful for rough wood density classification under field conditions.

The *cultivation values* of the provenances, which were calculated for purposes of practical application of the results, decrease sharply from southern trials to northern ones (Fig. 5). The reason was, above all, an increase in plant deaths and a decrease in growth. The effect of the variation in wood density and fiber yield on the cultivation value was quite low, only about 3 % on average, but in some provenances, however, as high as 9 to 10 % (Figs. 5 and 6). The slight effect was probably due at least in part to the age of the trees (19 years), since the trees studied were nearly all juvenile wood. The small

size of the increment core sample, and the small number of sample trees for fiber yield may also have affected results. On the other hand, even minor adverse factors or benefits multiply in silviculture over large areas annually.

The fact that eastern Finnish provenances adapted well to western Finnish trial conditions may be considered a significant result from the point of view of practical silviculture. Therefore, there seem to be no impediments to east-west transfers of provenances; on the contrary they are to be recommended, while caution must be exercised in transfers from south to north.

Résumé

VARIABILITE DE LA QUALITE DU BOIS ET DU RENDEMENT EN MATIERE SECHE DANS UN TEST MULTISTATIONNEL DE PROVENANCE DE PIN SYLVESTRE D'ORIGINE FINLANDAISE

L'effet de l'origine de la graine et du milieu sur la qualité du bois et le rendement en matière sèche chez le pin sylvestre était l'objet de la présente étude. L'accent était mis plus particulièrement sur les propriétés importantes pour l'industrie de la pâte à papier.

L'étude était menée sous forme d'une coopération franco-finlandaise dans laquelle le matériau de l'étude était collecté en Finlande et la majeure partie des mesures étaient effectuées en France, au Centre de Recherches forestières de l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.), près de Nancy. Certaines propriétés étaient mesurées sur les arbres-échantillons, en Finlande, lors de la récolte du matériau de l'étude.

L'échantillonnage provenait d'arbres répartis en provenances répétées dans des dispositifs expérimentaux et âgés de 19 ans. Les mêmes 12 provenances étaient étudiées dans tous les dispositifs expérimentaux (Fig. 1, Tableau 1). Les tests parallèles sont indiqués en chiffres romains, les provenances en chiffres arabes, comme suit: Nauvo (I) = test, Isokyrö (1) = provenance.

Chacun des dispositifs était constitué de 6 blocs avec des parcelles unitaires de $5 \times 5 = 25$ arbres distants de 2 m. Dans chacune des parcelles, trois arbres étaient pris systématiquement, fixant l'objectif total à 1.296 arbres (6 dispositifs \times 12 provenances \times 6 blocs \times 3 arbres/parcelle). En fait, le nombre d'arbres retenus ne devait atteindre que 1.267 individus du fait que toutes les parcelles, dans chaque dispositif, ne pouvaient fournir trois arbres valables pour l'étude (diamètre à 1,30 m minimum de 5 cm).

Le taux de survie des plants avait été inventorié dès l'automne 1966, année de plantation et, une nouvelle fois, dans chaque expérience, par provenance, en automne 1979, deux ans avant la récolte des échantillons. Entre ces deux observations, une quantité importante d'arbres était mort dans les trois dispositifs les plus septentrionaux, surtout parmi les provenances méridionales (Tableau 2).

Une carotte de sondage diamétrale, de 5 mm de diamètre, passant par la moelle était prélevée sur chaque arbre, à hauteur d'homme. L'orientation des carottes de sondage était nord-sud. En même temps étaient mesurés le diamètre à hauteur d'homme, la hauteur et, indirectement, la densité du bois à l'aide d'un Pilodyn, à hauteur d'homme, sur l'écorce du tronc, côté nord et côté sud (Fig. 2).

A partir des carottes de sondage étaient définies les propriétés suivantes: *rayon*, *teneur en résine*, au moyen d'un Soxhlet, en extrayant celle-ci dans un mélange d'alcool-benzène, *l'infradensité du bois* après élimination de la résine, en employant le procédé de saturation décrit par Keylwerth (1954), ainsi que le *rendement en fibres* (comme le pourcentage en masse anhydre de fibres papetières extraites d'une masse de bois anhydre) en utilisant le procédé de microcuisson mis au point par Janin (1972) (Fig. 3). Pour la cuisson, les carottes de sondage des côtés nord et sud étaient réunies afin d'obtenir un échantillon suffisamment important. Les autres propriétés étaient, par contre, définies en distinguant le côté nord (N) du côté sud (S), avec le souci d'étudier une éventuelle

variation selon ces points cardinaux, une anisotropie, comme l'indiquaient certaines études précédentes. Le rendement en fibres n'était défini qu'à partir des carottes de sondage sur un seul arbre par parcelle.

Le volume du tronc était calculé à partir du diamètre (D 1,3) et la hauteur d'après le modèle élaboré par Laasasenu (1982), la masse sèche à partir du volume et de l'infradensité du bois, et la masse de fibres à partir de la masse sèche et du rendement en fibres. Les valeurs massiques ainsi obtenues ne sont qu'indicatives, car elles étaient évaluées à partir du volume, dans le calcul duquel il n'était pas tenu compte de la décroissance du tronc, et à partir de la densité du bois à hauteur d'homme, qui est supérieure à la densité moyenne de tout le tronc.

Pour l'application pratique des résultats, des valeurs comparatives relatives, dites valeurs de reboisement, étaient calculées pour les provenances, et ce de deux manières: d'abord grâce au seul taux de survie et à la croissance en volume, puis en tenant compte également de la densité du bois et du rendement en fibres.

Pour toutes les propriétés étudiées, des différences statistiquement significatives existaient entre les dispositifs (Tableau 3). Les différences étaient les plus importantes pour les propriétés de croissance, la masse sèche et la masse de fibres (voir aussi Tableaux 4 et 6). Le rendement en fibres diminuait au fur de l'avance vers le nord, de plusieurs pourcents. D'importantes différences de croissance et des valeurs massiques apparaissaient également entre les provenances dans tous les six dispositifs (Annexe 1). Par contre, les différences de rendement en fibres entre les provenances sont faibles. Pour la croissance, la masse sèche et la teneur en résine, une interaction significative entre la provenance et le dispositif était constatée (Tableau 3). Ceci tient sans doute à la mauvaise adaptation des provenances méridionales au climat, plus rude, des sites des dispositifs septentrionaux et, de même, à l'inadaptation des provenances du littoral et des îles Ahvenanmaa aux conditions continentales.

La variation entre blocs était également la plus importante pour les caractéristiques de croissance (Annexe 1).

Dans un seul test (III), les différences n'étaient pas significatives statistiquement. L'interaction entre provenance et bloc n'était pas non plus significative, dans ledit test, quelle que soit la propriété étudiée. Les autres tests faisaient apparaître une interaction en particulier pour la croissance et la masse sèche.

L'infradensité du bois et la valeur notée au Pilodyn présentaient, dans tous les tests, une corrélation relativement bonne au niveau de la provenance (Fig. 4). Aussi les résultats de cette étude permettent-ils eux aussi de dire que le Pilodyn est approprié pour la classification grossière, en forêt, de la densité du bois.

Les valeurs de reboisement des provenances, estimées pour l'application pratique des résultats, diminuaient très brusquement des tests effectués dans le sud à ceux réalisés dans le nord (Fig. 5). Ceci s'explique avant tout par une augmentation de la mortalité et un affaiblissement de la croissance. L'incidence de la variation de la densité du bois et du rendement en fibres sur la valeur de reboisement était assez faible, de 3 % seulement en moyenne, atteignant toutefois 9-10 % dans quelques provenances (Fig. 5 et 6). La faible incidence peut s'expliquer, au moins en partie, par l'âge des arbres (19 ans), puisque le bois étudié était, en quelque sorte, entièrement du bois juvénile. La faible dimension de l'échantillon fourni par la carotte de sondage et, dans le cas du rendement en fibres, la faible quantité d'arbres inclus dans l'étude peuvent également influencer sur les résultats. Par ailleurs, un préjudice ou un avantage même réduits, en apparence, se répètent annuellement en sylviculture sur des superficies importantes.

La bonne réussite des provenances de l'est finlandais dans les dispositifs expérimentaux en Finlande occidentale constituait un résultat important pour la pratique sylvicole. Il ne semblerait donc pas y avoir d'obstacle aux transferts est-ouest de provenances, mais qu'au contraire ceux-ci pourraient même être recommandés, alors qu'il convient d'être très prudent pour les transferts du sud vers le nord.

Liite 1. Varianssiianalyysi alkuperän ja toiston vaikutuksesta ominaisuuksien vaihteluun kokittain (F-arvot). Appendix 1. Analysis of variance of effect of provenance and block on variation of properties (F-values). Annexe 1. Analyse de la variance par test de l'effet de l'origine et du bloc sur la variation des propriétés (valeurs des F).

Table with 36 columns: Property (Ominaisuus), Toisto Block (Alkupärä), Provenance (Alkupärä - Provenance), and interaction terms (Alkupärä x toisto, Provenance x block, etc.). Rows include properties like Diameter, Radius, Height, Volume, Density, etc., with corresponding numerical values and significance markers across various experimental conditions (I, III, IV, V).

Remarque: Les degrés de liberté de variation à l'intérieur de la parcelle des sites expérimentaux n° II, IV et V sont respectivement de 132, 139 et 134 en raison des arbres manquants dans l'expérience. Dans le site n° II, le degré de liberté de l'effet combiné provenance x bloc est égal à 53. Le rendement en fibres et la masse de fibres n'étaient définis que pour un arbre/parcelle, leurs degrés de liberté sont de 11/55 F provenance et 5/55 F bloc; le F interaction (provenance x bloc) n'a pu être calculé.