

FOLIA FORESTALIA 83

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1970

OLE OSKARSSON

PLUSPUIDEN FENOTYYPPISESSÄ VALIN-
NASSA SOVELLETTUJA VALINNAN ASTEITA

SELECTION DEGREES USED IN THE PHENO-
TYPIC SELECTION OF PLUS TREES

- N:ot 1—18 on luettelua Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nrs. 1—18 are listed in the publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
 No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.
 Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4,—
 No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64. 2,—
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1,—
 No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1,—
 No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivubarat.
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1,—
 No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.
 Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3,—
 No 26 Sampsä Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2,—
 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3,—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.
 Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3,—
 No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.
 Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2,—
 No 30 Sulo Väinänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1,—
 No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2,—
 No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.
 Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3,—
 No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.
 Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2,—
 No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.
 Growth and structure characteristic of cultivated spruce stands. 2,—
 No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4,—
 No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.
 Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50
 No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2,—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskatningen i Finland.
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2,—
 No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2,—
 No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.
 Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2,—
 No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.
 The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2,—
 No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3,—
 No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntytien kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.
 On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2,—
 No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosiemi maassamme.
 Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1,—

Ole Oskarsson

PLUSPUIDEN FENOTYYPPISESSÄ VALINNASSA SOVELLETTUJA
VALINNAN ASTEITA

ALKUSANAT

Fenotyyppisiä pluspuita on Suomessa valittu vuodesta 1947 saakka. Maassamme ei ole aikaisemmin julkaistu tutkimusta siitä, kuinka korkeaksi näin valittujen pluspuiden valinta-intensiteetti on muodostunut. Nyt esitettävän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tämä muutamassa tyypillisessä tapauksessa.

Haluan tässä yhteydessä esittää kiitokseni

professori Risto Sarvakselle, jonka aloitteesta tämä tutkimus lähti käyntiin. Kiitän myös kaikkia muita, jotka kentällä ja materiaalin käsittelyvaiheessa ovat minua auttaneet ja neuvoneet.

Helsingissä 31. 3. 1970

Ole Oskarsson

SISÄLLYS

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
1. JOHDANTO	3
1.1. Jalostusvalinnan perusmalli	4
1.2. Pluspuiden valinta	5
1.2.1. Pluspuuvalinnan aikaisempi käytäntö	5
1.2.2. Pluspuuvalinnan uudempi käytäntö	6
2. MATERIAALI JA MENETELMÄT	7
2.1. Tutkimusmateriaalin valinta	7
2.2. Mittauksien suorittaminen	7
2.3. Materiaalin käsittely	8
3. TULOKSET	8
4. TULOSTEN TARKASTELUA	13
KIRJALLISUUTTA	14

SUMMARY

Mass selection in forest tree breeding is based on the large genetic variability of quantitative traits and on their heritability. This makes a statistical approach possible.

Phenotypic selection of plus trees in Finland is carried out by means of individual mass selection. In this treatise the magnitude of the selection intensity has been scrutinized in four typical Scots pine stands applying basic theo-

retical models of breeding through mass selection.

In these stands it was found that the selection differential used and the calculated genetic gain could be standardized by applying the phenotypic standard deviation.

The investigation has shown that the selection methods used in practice are effective provided that the selection differential is large enough.

1. JOHDANTO

Suomen metsänjalostuksen keskeisin ja laajin työ on jalostustoiminnan alkamisesta saakka ollut pluspuiden fenotyypinen valinta siemenviljelyksien perustamista varten. Toistaiseksi ohjelmaan kuuluu melkein yksinomaan fenotyypisten varteviljelyksien perustamista (vastakohtana siementaimiviljelyksille). (SARVAS 1968).

Joskin pluspuiden valinta voidaan katsoa yksilövalinnaksi, tämä metsänjalostuksen menetelmä kokonaisuutena perustuu tyypilliseen massavalintaan, jota yleisesti pidetään käytännöllisenä ja turvallisena metsänjalostuksen ensimmäisen vaiheen menetelmänä (STERN 1960 ja TODA 1963).

Massavalinta perustuu luonnollisten popu-

laatioiden suureen geneettiseen vaihteluun ja kvantitatiivisten ominaisuuksien periytymiseen, jotka tekevät työskentelyn tilastollisilla menetelmillä mahdolliseksi. Jos tarkasteltava ominaisuus johtuu pelkästään genotyypistä ja ominaisuuteen vaikuttaa suuri määrä eri lokuksien geenejä, niin genotyyppiin ja siis myös fenotyypin jakautuminen populaatiossa lähenee normaalikäyrää. Fenotyyppi on kuitenkin genotyyppiin ja ympäristötekijäin yhteisvaikutuksen tulos ja koska populaation yksilöt jakautuvat lukuisiin fenotyypipiluokkiin tämä jakauma jälleen lähenee normaalijakaumaa. Massavalinnan periaate nojautuu näin tilastomatemaattisiin perussuureisiin, populaation keskiarvoon ja standardipoikkeamaan.

1.1. Jalostusvalinnan perusmalli

Massavalinnasta saatava hyöty johtuu kahdesta tekijästä, heritabiliteetista ja valintaerosta jotka sisältyvät valintajalostuksen peruskaavaan $\Delta G = h^2 S$.

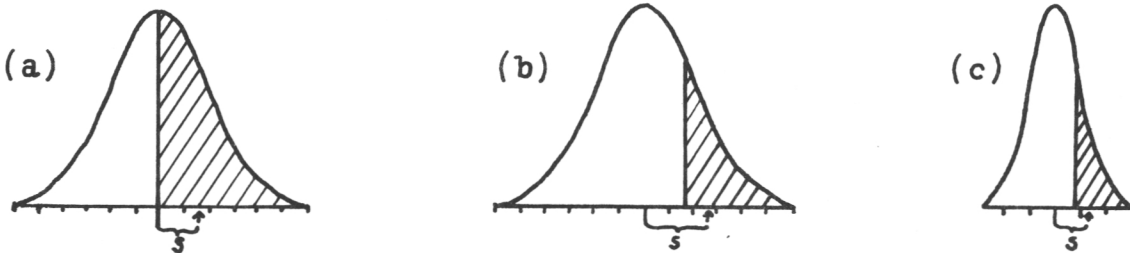
Heritabiliteetti eli periytyvyys (h^2) ilmaisee genotyypin vaihtelun osuuden fenotyypin vaihtelusta. Populaation tarkasteltavien ominaisuuksien heritabiliteetista siis riippuu valinnasta saatava hyöty. Heritabiliteetin arvot vaihtelevat populaatiosta toiseen ja tarkemmin nämä arvot voidaan selvittää vain jälkeläiskoekaiden avulla. Eri tutkimukset ovat antaneet hyvin vaihtelevia heritabiliteetti-arvoja (TODA 1963 ja HATTEMER 1963). Tämä johtuu pääasiassa siitä, että heritabiliteetin määrittämisessä on käytetty toisistaan poikkeavia menetelmiä virhevaihtelun laskemisessa (NAMKOONG, SNYDER, STONECYPHER 1966).

Suomessa on eräässä tutkimuksessa saatu kotimaisen männyn pituuskasvun keskimääräiseksi heritabiliteetti-arvoksi 18 %, $h^2 = 0,18$ (TIGERSTEDT 1969). Yleensä näyttää siltä, että metsäpuiden, varsinkin männyn heritabiliteetti-arvot ovat suhteellisen alhaisia (JOHANSSON 1969). Sitä suurempi merkitys on siis valintavaiheessa valintaerolla.

Valintaerolla (S) tarkoitetaan populaation tarkasteltavan ominaisuuden keskiarvon (\bar{x}) ja valitun osan vastaavan keskiarvon (\bar{x}_p) erotusta

$$S = \bar{x}_p - \bar{x}.$$

Valintaeron suuruus taas johtuu valitun osan suuruudesta koko populaatioon verrattuna ja tarkasteltavan ominaisuuden standardipoikkeamasta, ts. normaalikäyrän muodosta.



Kuva osoittaa miten valintaero (S) on riippuvainen populaation normaalisti jakautuvan ominaisuuden vaihtelusta.

- 50 % valittu: standardipoikkeama 2 yksikköä:
 $S = 1,6$ yksikköä
- 20 % valittu: standardipoikkeama 2 yksikköä:
 $S = 2,8$ yksikköä
- 20 % valittu: standardipoikkeama 1 yksikkö:
 $S = 1,4$ yksikköä
(FALCONER, 1960 s. 192).

Kun standardipoikkeamaa käytetään mittayksikkönä kuvaamaan populaation tarkasteltavan ominaisuuden laatua, jolloin valintahyöty ja valintaero lausutaan koko populaation fenotyypin standardipoikkeaman (σ_p) avulla, voidaan standardisoitu valintaero ilmaista valintaintensiteettinä (i).

$$i = S / \sigma_p$$

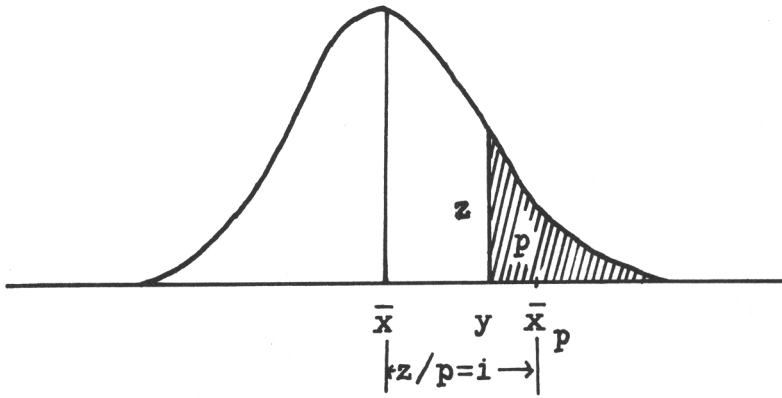
Standardisoitu valintahyöty on tällöin

$$\frac{\Delta G}{\sigma_p} = \frac{S}{\sigma_p} h^2 \text{ tai } \Delta G = i \sigma_p h^2$$

Jos koko populaation fenotyypin jakuma on normaali ja valinta suoritetaan siten, että valittu osa populaatiosta kokonaan on selvän "valintarajan" y toisella puolella, niin valittujen yksilöiden prosenttimäärä ja niiden erotus populaation keskiarvosta suhtautuvat toisiinsa kuten kaavassa

$$z/p = \frac{\bar{x}_p - \bar{x}}{\sigma_p} = i$$

kun z on ordinaatin korkeus y :n kohdalla ($\sigma_p = 1$). (Pirchner 1964).



Jos taas tunnetaan valitun osan %-määrä populaatiosta, valintaintensiteetti (i) saadaan standardisoidun valintaeron arvoja koskevasta taulukosta (BECKER 1967, NAMKOONG & SNYDER 1969). Kuinka suureksi valinnalla saavutettavan hyödyn voidaan odottaa kasvavan, johtuu suurelta osalta valinnan onnistumisesta jokaisessa eri tapauksessa. Koska valin-

ta kohdistuu vain fenotyyppiin, voidaan tulosta odottaa vain siinä tapauksessa, että on noudatettu ohjatun valinnan periaatetta ja valintaintensiteetti on nostettu mahdollisimman korkeaksi (VINCENT 1969). Esitetyn valinnan mallin mukaan pyritään selvittämään mikä on maassamme yleisesti saavutettu pluspuiden valintaintensiteetti.

1.2. Pluspuiden valinta

Pluspuulla tarkoitetaan tässä sellaista metsänjalostuksen perusmateriaaliksi tarkoitettua yksilöä, joka on valittu fenotyypisesti keskimääräistä parempien ominaisuuksien perusteel-

la. Pluspuuksi on maassamme 1. 1. 1970 rekisteröity lähes 11 000 yksilöä, joista n. 7 000 mäntyä.

1.2.1. Pluspuuvalinnan aikaisempi käytäntö

Alkuperäisten ohjeiden mukaan tuli pluspuiden valinta keskittää hyviin, hakkuukypsiin tai sitä läheneviin metsiin. Valitut puut tarkistettiin ja mitattiin laadullisesti ja kasvullisesti tärkeimpiin ominaisuuksiin nähden sekä verrattiin neljään paksuimpaan puuhun 20 metrin säteellä pluspuusta (SARVAS 1947 ja 1953). Suomen metsänjalostuksen ensimmäisinä vuosina asetettiin pluspuihin erittäin korkeat vaatimukset, eikä pluspuita odotettukaan löytävän kovin monta koko maasta.

Kiihdytetty siemenviljelysohjelma on sittemmin johtanut siihen, että pluspuita on huomattavasti tarvittavan tuhansittain ja valinnasta on tullut suuren mittakaavan työ. Joskin pluspuiden valinta useimmiten on pyritty keskittämään hyviin metsikköihin ja niiden valtapuiden parhaimmiston, niin pluspuita on suurelta osalta valittu pelkän habituksen tai joidenkin ylimalkaisten, pelkästään pluspuihin kohdistuvien mittausten perusteella.

1.2.2. Pluspuuvalinnan uudempi käytäntö

Kun metsäntutkimuslaitos vuonna 1966 otti tehtäväkseen plusmetsien ja pluspuiden valinnan, otettiin käyttöön valintamenetelmä, joka tähtää perusteellisempaan lähtöpopulaation tuntemiseen ja pluspuiden valintaeron tuntemiseen. Mahdollisimman selvän kuvan saamiseksi siitä populaatiosta, josta pluspuita valitaan, on valintaa pyritty kohdistamaan keski-ikäisiin, täydessä kasvussa oleviin tasaisiin ja sulkeutuneisiin metsiin, joiden boniteetti koko metsikössä on sama.

Pluspuuvalinnan yhtenä tärkeimpänä tehtävänä on hankkia materiaalia käytännön metsänjalostuksen siemenviljelyksien perustamista varten. Päämääränä on siis edelleen ollut suurten pluspuumäärien merkitseminen mahdollisimman lyhyessä ajassa. On näin ollen pyritty yhdistämään työn nopeutta ja tarkkuutta. Valintatyö tapahtuu seuraavalla tavalla:

Tutkittava metsä rajoitetaan yleishabituksen ja boniteetin mukaan ja tarkastetaan 2 m leveällä arvioimislinjalla, jonka pituus määritellään sellaiseksi, että linjalle sattuu noin 40 valtapuuta. Sulkeutuneessa keski-ikäisessä männikössä linjan pinta-ala näin ollen yleensä on oleva 20 aaria eli 1000 metriä pitkä.

Arvioimislinjan kaikkien puiden pituus ja D 1,3 mitataan, puut luokitellaan Lönnrothin biologisen luokituksen mukaan ja joka toinen valtapuu merkitään koepuiksi niin, että saadaan 20 kpl. pluspuiden vertailupuita, jotka mitataan yksityiskohtaisesti. Lönnrothin puuluokitus on osoittautunut erinomaiseksi avuksi fenotyypin valinnan puiden arvostelussa (LÖNNROTH 1925). Kaikista mittauksista ja puiden luokituksesta pidetään kirjaa. Tämän jälkeen valitaan koko rajoitetun metsikön alueelta parhaista valtapuista pluspuuehdok-

kaita, joiden valintaero valtapuiden keskipituuteen tulee olla selvä, mieluummin >2 metriä. Pluspuiden vertaileminen valtapuiden keskipituuteen eikä koko populaation keskipituuteen on muutenkin käytännössä osoittautunut yksinkertaisimmaksi menetelmäksi. Valitsijalla ei ole mahdollisuutta eikä aikaa kenttätöiden aikana laskea standardisoituja valintaeroja. Ennen kuin pluspuut lopullisesti merkitään, tehdään vielä havaintoja ehdokkaiden rungon muodosta, oksaisuudesta, oksien paksuudesta ja oksakulmasta, karsiutumuksesta, terveydentilasta ja yleisestä elinvoimasta.

Tämä johtaakin aina siihen, että eivät kaikki puut, jotka kasvunsa puolesta kuuluisivat populaation eliittiin, tule mukaan lopullisessa valinnassa. Rungon lenkous, tervarosan esiintyminen tai hyvin huono karsiutuminen pudottavat isonkin valtapuun pois ehdokkaiden joukosta. Näin on valinnassa otettu useampia ominaisuuksia huomioon, vaikka lopuksi pituus on ainoa vertailukohta.

Tämän tutkimuksen kohteina olevien metsiköiden pluspuut on valittu yllä kerrotulla menetelmällä.

Tässä yhteydessä mainittakoon vielä, että tutkittavan metsikön rajoittaminen tuottaa melkein aina jonkin verran vaikeuksia. Luonnontilaisia ja metsänhoidollisia alaharvennukset käsiteltyjä, riittävän varttuneita ja hyvälaatuisia metsiä on ilmoitettujen joukossa varsin vähän. Boniteettierot aiheuttavat myös vaikeuksia; pienetkin topografiset erot saattavat vaikuttaa hyvin huomattavasti puustoon, aiheuttaen suurta vaihtelua pituuskasvussa, vaikka metsikkö valitsijan havaintojen mukaan mitä suurimmalla todennäköisyydellä olisi genotyypisesti hyvin tasainen.

2. MATERIAALI JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusmateriaalin valinta

Meillä yleisesti käytetyn valintaintensiteetin selvittämiseksi on Suomen eteläpuoliskosta valittu neljä pluspuuvalinnassa tyypillistä män-

nikköä. Kaikki tutkimusmetsät on käsitelty metsänhoidollisella alaharvennuksella.

Tutkimusmetsät

Taulukko 2.1.

Metsikön			Metsä- tyyppi	Plusmetsikön		Koealalla runkoja/ha
tunnus	sijainti	omistaja		ikä v.	pinta-ala ha	
933-101	Vilppula, Kettukangas	Metsäntutki- muslaitos	VT	78	2.8	791
576-101	Padasjoki, Palokangas	”	VT	68	3.1	600
591	Ähtäri, Tuomarnie- men ha	Metsähalli- tus	VT	55	4.2	771
431	Enonkoski, Karjalanlahti	L. Östring	VT+	69	2.0	725

2.2. Mittauksien suorittaminen

Kaikissa valituissa plusmetsissä on rajoitettu yhden hehtaarin koeala, joka on pyritty sijoittamaan siten, että sen boniteettivaihtelu olisi mahdollisimman pieni.

Koealan kaikkien puiden pituus on mitattu Blume-Leiss korkeusmittarilla 0,1 metrin tarkkuudella ja D 1,3 tarkkuuskaulaimella 0,1 cm:n tarkkuudella.

Kaikki koealan puut on luokiteltu Lönnrotin biologisen luokituksen mukaan neljään luokkaan.

Tässä tapauksessa vain luokalla 1, valtapuut, on merkitystä. Aikaisemmin mitatut ja merkityt pluspuut on mitattu uudestaan.

2.3. Materiaalin käsittely

Kunkin koealan koko puuston keskipituus ja standardipoikkeama on laskettu. Näytteiden jakauman yhteensopivuutta normaalijakauman kanssa on tutkittu χ^2 -testin avulla. Jokaisen pluspuun pituus on verrattu populaationsa kes-

kiarvoon ja laskettu valintaintensiteetti kaavasta

$$i = \frac{\bar{x}_p - \bar{x}}{s_p}$$

3. TULOKSET

Taulukko 3.1.

Koealojen mittauksien laskentatulokset

Mets. n:o	Koealan keskip. m	Standardipoikkeama, m	Vapausasteita	Vertailu normaalijakaumaan χ^2 -arvo
933-101	16.4	2.4	12	7.15
576-101	18.4	2.0	9	16.46
591	15.8	1.6	8	14.99
431	22.2	2.8	13	20.59

Mikään koealan pituuden jakauma ei poikkea merkitsevästi normaalijakaumasta ja Vilpulan metsikön, 933-101, jakauma liittyy hyvin normaalijakaumaan.

Tämän mukaan voidaan katsoa standardisoitua valintaeroa vertailukelpoiseksi näiden metsiköiden kohdalla.

Koealojen koko puuston frekvenssi- ja normaalijakaumat näkyvät kuvasta 3.1.

Seuraavissa taulukoissa (taulukot n:o 3.2.,

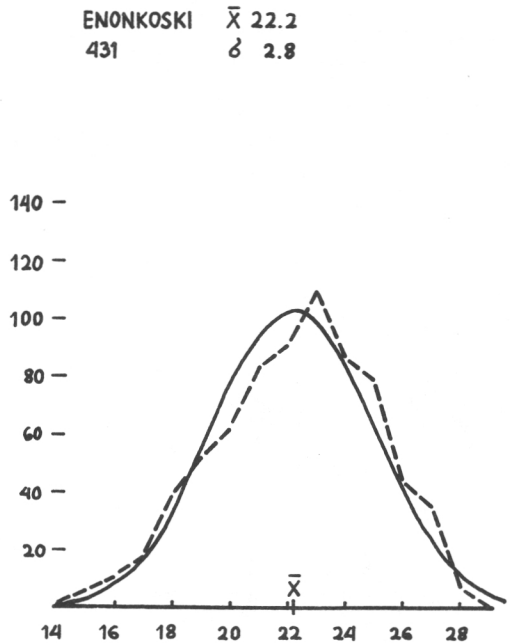
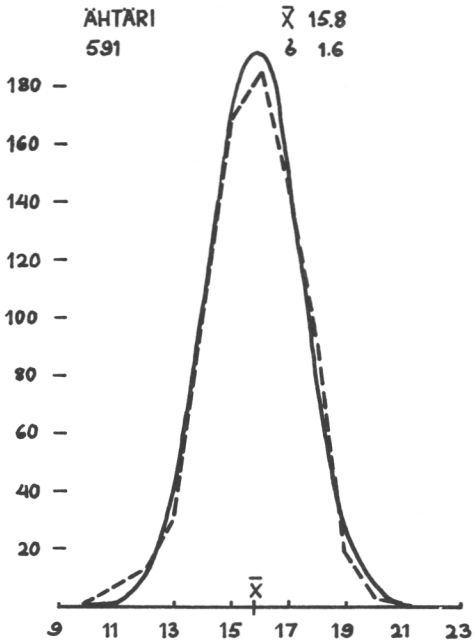
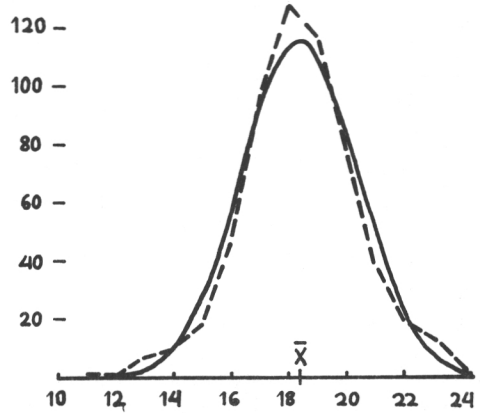
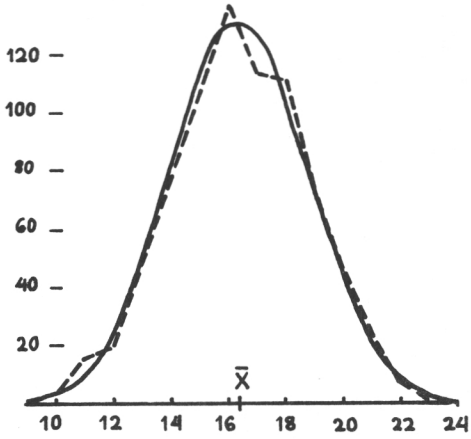
3.3., 3.4., 3.5.) esitetään metsiköittäin niissä olevien pluspuiden käytännön valinnassa saavutettu valintaero valtapuista (S_v) sekä koko valitun puuston keskiarvosta laskettu standardisoitu valintaero l. valintaintensiteetti (i).

Lisäksi on esitetty valittujen pluspuiden muodostama prosenttimäärä koko populaatiosta ja sitä vastaava standardisoidun valintaeron teoreettinen arvo.

Kuva 3.1.

VILPPULA \bar{X} 16.4
933-101 δ 2.4

PADASJOKI \bar{X} 18.4
576-101 δ 2.0



Taulukko 3.2.

Metsikkö n:o 933–101, Vilppula

Vertailupuiden keskipituus 19.4 m

Koalan keskipituus 16.4 m ja standardipoikkeama 2.4 m.

Pluspuiden			
n:o	pituus, m	valintaero, m S_v	valintaintens. i
E 2541	22.2	2.8	2.417
E 2542	21.7	2.3	2.208
E 2543	23.1	3.7	2.792
E 2544	21.2	1.8	2.000
E 2545	23.0	3.6	2.750
E 2546	23.0	3.6	2.750
E 2547	22.5	3.1	2.542
E 2548	23.0	3.6	2.750
E 2549	22.0	2.6	2.333
E 2550	22.0	2.6	2.333
Keskiarvot	22.4	3.0	2.500
Valinta % = 0.45			
Valintaintensiteetti, taulukkoarvo 2.925			

Taulukko 3.3.

Metsikkö n:o 576–101, Padasjoki

Vertailupuiden keskipituus 20.8 m

Koalan keskipituus 18.4 m ja standardipoikkeama 2.0 m.

Pluspuiden			
n:o	pituus, m	valintaero, m S_v	valintaintens. i
E 2553	22.0	1.2	1.800
E 2554	22.8	2.0	2.200
E 2555	23.6	2.8	2.600
E 2556	24.0	3.2	2.800
E 2557	23.7	2.9	2.650
E 2558	23.7	2.9	2.650
E 2559	23.6	2.8	2.600
Keskiarvot	23.3	2.5	2.450
Valinta % = 0.38			
Valintaintensiteetti, taulukkoarvo 2.970			

Taulukko 3.4.

Metsikkö n:o 591, Ähtäri

Vertailupuiden keskipituus 18.1 m

Koalan keskipituus 15.8 m ja standardipoikkeama 1.6 m.

Pluspuiden			
n:o	pituus, m	valintaero, m S_v	valintaintens. i
K 1761	18.8	0.7	1.875
K 1762	19.1	1.0	2.063
K 1763	18.5	0.4	1.688
K 1022	20.5	2.4	2.938
K 1023	19.8	1.7	2.500
K 1024	20.2	2.1	2.750
K 1025	19.5	1.4	2.313
K 1026	18.0	-0.1	1.375
K 1027	18.2	0.1	1.500
K 1028	19.1	1.0	2.063
K 1029	19.5	1.4	2.313
K 1030	20.2	2.1	2.750
K 1031	21.0	2.9	3.250
K 1032	20.5	2.4	2.938
Keskiarvot	19.5	1.4	2.313
Valinta % = 0.43			
Valintaintensiteetti, taulukkoarvo 2.940.			

Taulukko 3.5.

Metsikkö n:o 431, Enonkoski

Vertailupuiden keskipituus 25.3 m

Koalan keskipituus 22.2 m ja standardipoikkeama 2.8 m.

Pluspuiden			
n:o	pituus, m	valintaero, m S_v	valintaintens. i
E 341	28.8	3.5	2.357
E 342	27.2	1.9	1.786
E 2725	28.2	2.9	2.143
E 2726	28.1	2.8	2.107
E 2729	27.5	2.2	1.893
E 2730	28.0	2.7	2.071
E 3237	29.3	4.0	2.536
Keskiarvot	28.2	2.9	2.143
Valinta % = 0.48			
Valintaintensiteetti, taulukkoarvo 2.890			

Koemetsiköistä otetut pluspuumäärät eivät valintaprosenttiltaan eikä valintaintensiteetiltään poikkea kovin paljon toisistaan. Ähtärin plusmetsikön pieni vaihtelu, $\mathcal{S} = 1,6$ ja tasaisen hyvä fenotyyppi ovat houkuttelleet runsaaseen valintaan varsin pienellä valintaerolla, mikä ei

kovin paljon näy vielä valintaintensiteettiä laskettaessa.

Kun koemetsiköiden pluspuiden laskettu valintaintensiteetti sijoitetaan kaavaan $\Delta G = i\mathcal{S}_p h^2$ ja heritabiliteettiä arvoksi otetaan 18 %, saadaan näiden pluspuiden keskimääräiseksi valintahyödyksi seuraavat arvot metsiköittäin.

Taulukko 3.6.

Vilppula:	$\Delta G = 2.500 \times 2.4 \times 0.18 = 1.080$ m eli 6.6 %
Padasjoki:	$\Delta G = 2.450 \times 2.0 \times 0.18 = 0.882$ m eli 4.8 %
Ähtäri:	$\Delta G = 2.313 \times 1.6 \times 0.18 = 0.666$ m eli 4.2 %
Enonkoski:	$\Delta G = 2.143 \times 2.8 \times 0.18 = 1.080$ m eli 4.9 %

Tämän mukaan olisi esimerkiksi Vilppulan pluspuiden keskiarvosta saatava kasvulisäys – samanikäisessä metsikössä, samoissa olosuhteissa – 1.08 m ($16.4 + 1.08 = 17.48$).

Vertailun vuoksi esitetään vastaavat valintahyödyn laskelmat, kun valintaintensiteettinä otetaan teoreettinen taulukkoarvo i lle.

Taulukko 3.7.

Vilppula:	$\Delta G = 2.925 \times 2.4 \times 0.18 = 1.264$ m eli 7.7 %
Padasjoki:	$\Delta G = 2.970 \times 2.0 \times 0.18 = 1.069$ m eli 5.8 %
Ähtäri:	$\Delta G = 2.940 \times 1.6 \times 0.18 = 0.847$ m eli 5.4 %
Enonkoski:	$\Delta G = 2.890 \times 2.8 \times 0.18 = 1.456$ m eli 6.6 %

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Seuraavassa valintaintensiteettiä tarkastellaan toisaalta kentällä suoritettujen mittauksien perusteella, toisaalta teoreettisen mallin pohjalta. Esimerkkimetsissä pluspuiden laskettu valintaintensiteetti (taul. 3.6.) on kaikissa tapauksissa selvästi pienempi kuin valinta-%:n perusteella saatu vastaava taulukkoarvo (taul. 3.7.). Tämä johtuu todennäköisesti metsien käsittelystä. Tutkitut metsät on käsitelty metsänhoidollisin alaharvennuksin, joten puuta on poistettu pienemmästä päästä ja siis positiivista valintaa on jo suoritettu. Luonnontilaisessa metsikössä olisi standardipoikkeama kilpailun vuoksi suurempi ja niin olisi myös suurimpien yksilöiden pituuden ja metsikön keskipituuden erotus.

Vilppulan ja Enonkosken plusmetsiköissä, joissa valintaero on suuri, 3.0 m ja 2.9 m ja standardipoikkeamat kohtalaiset 2.4 ja 2.8, saadaan valintahyöty suuremmaksi, vaikka valinta-% on

korkeampi kuin kahdessa muussa metsikössä. Varsinkin Ähtärin kovin tasaiseksi hakatussa männikössä, jonka standardipoikkeama on 1.6 m ja jossa pluspuiden keskimääräinen valintaero valtapuihin on vain 1.4 m, on valintaintensiteetti jäänyt alhaiseksi ja laskettu valintahyöty pieneksi.

Tutkimus osoittaa, että käytetty pluspuiden valintatapa, pluspuiden vertaaminen valtapuihin on käyttökelpoinen. Valintaero on kuitenkin pidettävä riittävän suurena, esimerkiksi vähintään kahtena metrinä keski-ikäisessä VT-männikössä. Kun valintaintensiteetti ja käytävissä olevin heritabiliteettiarvoin myös valintahyöty on tarkemmin laskettavissa koko populaation keskiarvon ja standardipoikkeaman avulla, voidaan jo valittujen pluspuiden tarkoituksellisuus ja sopivuus siemenviljelyksiin jälkeensäkin arvostella.

KIRJALLISUUTTA – REFERENCES

- BECKER, WALTER A. 1967. *Manual of Procedures in Quantitative Genetics*. Second Edition. Published by the Program in Genetics. Washington State University.
- FALCONER, D. S. 1964. *Introduction to Quantitative Genetics*. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- HATTEMER, H. H. 1963. Estimates of Heritability published in *Forest Tree Breeding Research*. – FAO/FORGEN 63 – 2a/3.
- JOHNSSON, HELGE. 1967. Geneettisen vallinnan tehokkuus metsäpuiden seimenviljelyksillä. – MA 5–6.
- LÖNNROTH, ERIK. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. *Akademische Abhandlung*. Helsinki.
- NAMKOONG, GENE and SNYDER, E. B. 1969. Accurate Values for Selection Intensities. – *Silvae Genetica* 18, Heft 5–6.
- NAMKOONG, GENE, SNYDER, E.B., STONECYPHER, R.W. 1966. Heritability and Gain Concepts for Evaluating Breeding Systems such as Seedling Orchards. – *Silvae Genetica* 15, Heft 3.
- PIRCHNER, FRANZ. 1964. *Populationsgenetik in der Tierzucht*. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- SARVAS, RISTO. 1947. Millaiset puut soveltuvat metsäpuiden rodunjaloituksen kanta-puiksi? – MA 10.
- SARVAS, RISTO. 1953. Ohjeita pluspuiden valitsemista ja ilmoittamista varten. – *Silva Fennica* 80.
- SARVAS, RISTO. 1968. Siemenviljelyksien perustaminen ja rekisteröiminen. *Moniste*.
- STERN, KLAUS. 1960. *Plusbäume und Samenplantagen*. J.D. Sauerländers Verlag. Frankfurt am Main.
- TIGERSTEDT, P.M.A. 1969. Progeny Tests in a *Pinus Silvestris* (L.) Seed Orchard in Finland. – *AFF*. Vol. 99.
- TODA, RYOOKITI. 1963. Mass Selection and Heritability Studies in Forest Tree Breeding. – FAO/FORGEN 63 – 2a/2.
- VINCENT, GUSTAV. 1969. Selektivní zásahy a jejich účinnost. Selection Measures and their Effects. – *Lesnictví* 15 (XLII).

- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikköruunnusten ilmakuvatulkinnassa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteeseen esiintymisestä Lapissa.
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarainta pinotavaran teossa.
Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.
On the extraction of stumps and roots. 1,50

- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hyllobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.
On the prevention of *Hyllobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä.
On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa.
On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimonlyöntitiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests. pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,00
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kyläkorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet.
Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50
- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypisessä valinnassa sovellettuja valinnan asteita.
Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää