

SILVA FENNICA

Vol. 6 1972 N:o 3

Sisällys	OLE OSKARSSON ja P. M. A. TIGERSTEDT: Metsänjalostuksen mahdollisuudet II. Siemenkeräysmänniköiden valintaero ja valintahyöty.	157
Contents	<i>Summary: The possibilities in forest tree breeding II. Selection differentials and genetic gains in selected seed stands of Scots pine.</i>	171
	MATTI NUORTEVA: Tupamonisärmiöviruksen käytöstä ruskean mäntypistiäisen (<i>Neodiprion sertifer</i> Geoffr.) torjunnassa.	172
	<i>Summary: Use of the nuclear polyhedrosis virus in the control of the European pine sawfly (Neodiprion sertifer Geoffr.).</i>	186
	KARI LÖYTTYNIEMI: Hybridihaavikoiden hyönteistuhoista.	187
	<i>Summary: Insect damages in hybrid aspen stands.</i>	192
	MATTI KÄRKKÄINEN: Kuusen ja männyn sydänpuuosuudesta.	193
	<i>Summary: On the proportion of heartwood in Norway spruce (Picea abies (L.) Karst) and Scots pine (Pinus silvestris L.).</i>	208

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA
SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

Silva Fennica

A QUARTERLY JOURNAL FOR FOREST SCIENCE

PUBLISHER:

THE SOCIETY OF FORESTRY IN FINLAND

OFFICE:

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

EDITOR:

PENTTI KOIVISTO

EDITORIAL BOARD:

J. E. ARNKIL (Chairman), MAX HAGMAN (Vice Chairman), OLLI MAKKONEN, KUSTAA SEPPÄLÄ, PÄIVIÖ RIIHINEN, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN and YRJÖ VUOKILA (Secretary)

Silva Fennica is published quarterly. It is a sequel to the Series, vols. 1 (1926)—120(1966). Its annual subscription price is 20 Finnish marks. The Society of Forestry in Finland also publishes *Acta Forestalia Fennica*. This series appears at irregular intervals since the year 1913 (vol. 1).

Orders for back issues of the publications of the Society, subscriptions and exchange inquiries can be addressed to the office.

Silva Fennica

NELJÄNNESVUOSITTAIN ILMESTYVÄ METSÄTIETEELLINEN AIKAKAUSKIRJA

JULKAISIJA:

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA

TOIMISTO:

Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17

TOIMITTAJA:

PENTTI KOIVISTO

TOIMITUSKUNTA:

J. E. ARNKIL (puheenjohtaja), MAX HAGMAN (vara-puheenjohtaja), OLLI MAKKONEN, KUSTAA SEPPÄLÄ, PÄIVIÖ RIIHINEN, VELI-PEKKA JÄRVELÄINEN ja YRJÖ VUOKILA (sihteeri).

Silva Fennica, joka vuosina 1926—66 ilmestyi sarjajulkaisuna (niteet 1—120), on vuoden 1967 alusta lähtien neljännesvuosittain ilmestyyvä aikakauskirja. Suomen Metsätieteellinen Seura julkaisee myös *Acta Forestalia Fennica*-sarjaa vuodesta 1913 (nide 1) lähtien.

Tilaukset ja julkaisuja koskevat tiedustelut osoitetaan Seuran toimistolle. *Silva Fennican* tilaushinta on Seuran jäseniltä 10 mk, muilta 20 mk.

METSÄNJALOSTUKSEN MAHDOLLISUUDET. II. SIEMENKERÄYSMÄNNIKÖIDEN VALINTAERO JA VALINTAHYÖTY

OLE OSKARSSON ja P. M. A. TIGERSTEDT

SUMMARY:

THE POSSIBILITIES IN FOREST TREE BREEDING. II. SELECTION DIFFERENTIALS AND GENETIC GAINS IN SELECTED SEED STANDS OF SCOTS PINE

Saapunut toimitukselle 14. 8. 1972

Tutkimuksen tarkoituksena on osoittaa kuinka suuri valintahyöty on odotettavissa fenotyypillisesti valittujen siemenkeräysmänniköiden jälkeläisillä.

Siemenkeräysmetsissä käytännössä saavutettu valintaero on laskettu 197 eri männikön perusteella. Täten on tutkimuksessa pyritty tilastollisesti mahdollisimman luotettavaan arvioon. Tutkimuksen mukaan saavutetaan valittujen metsiköiden jälkeläisillä teoriassa 7.4—15 % parempi kuutiokasvu kuin valikoimattomasta siemenestä saaduilla jälkeläisillä. Käytännössä valintahyöty on pienempi mm. vieraspölytyksen takia, kuitenkin vähintään puolet teoreettisesta arvosta.

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	158
2. Valinnan geneettinen perusta	158
3. Metsien valinta ja mittaus	161
4. Metsien käsittely ja merkitys	162
5. Materiaali ja sen käsittely	163
6. Valintaero ja valintaintensiteetti	163
7. Siemenkeräysmetsien valintahyöty	164
8. Tulosten tarkastelua	167
9. Kirjallisuutta	170
Summary	170

1. JOHDANTO

Metsänjalostuksen perusmateriaaliksi on Suomessa fenotyypillisellä valinnalla koottu huomattava määrä pluspuita ja siemenkeräysmetsiköitä. Näistä siemenkeräysmetsien tarkoituksena on palvella käytännön siementarpeita tuottamalla välittömästi rodullisesti keskimääräistä parempaa siementä, kunnes jalostuksen kehittyneemmät menetelmät ovat käytettävissä. Järjestelmällinen metsikkövalinta aloitettiin 1950-luvun puolessa välissä. Vuoden 1971 loppuun mennessä oli Lapin piirimetsälautakunnan eteläpuolella rekisteröity 612 männikköä yhteiseltä pinta-alaltaan 4 728 ha ja 180 kuusikkoa, yhteensä 1 267 ha. Siemenkeräysmetsät muodostavat koko maata peittävän verkoston ja valinta on lopetettu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä arvioimaan minkälaisia jalostusvoittoja voidaan saavuttaa Suomen eteläpuoliskon puolukkatyypillä ja mustikkatyypillä kasvavista plusmänniköistä saatavalla viljelymateriaalilla.

2. VALINNAN GENEETTINEN PERUSTA

Metsien inventointi siemenkeräykseen sopivien metsiköiden löytämiseksi on tyypillistä fenotyypistä valintaa, joka perustuu luonnollisten populaatioiden geneettiseen vaihteluun ja kvantitatiivisten ominaisuuksien periytymiseen. Jos tarkasteltava ominaisuus johtuu pelkästään genotyypistä ja ominaisuuteen vaikuttaa suuri määrä eri lokuksien geenejä, niin genotyypin jakautuminen populaatiossa lähenee normaalikäyrää. Fenotyyppi taas on genotyypin ja ympäristön vaikutusten summa. Populaatiossa yksilöt jakautuvat lukuisiin fenotyypiluokkiin, joten tämä jakauma jälleen lähenee normaalikäyrää. Näin fenotyypin valinnan periaate nojautuu tilastollisiin perussuureisiin, populaation keskiarvoon ja standardipoikkeamaan.

Siemenkeräyspuiden valinta metsikössä voidaan kuvata teoreettisesti normaalikäyrän avulla. Oletettakoon, että tarkastuksen kohteena on metsikkö, jossa on 1 024 runkoa. Oletettakoon lisäksi, että puun pituuteen vaikuttaa 5 eri geeniparia, jotka voivat ryhmittyä toisistaan riippumatta. Jokaisessa geeniparin lokuksessa olkoon plus- ja miinus-alleeli. Jokainen plus-alleeli aiheuttakoon yhden metrin lisäyksen puun pituuteen jokaisen miinus-alleelin ollessa tehoton pituuden suhteen. Oletettakoon lisäksi, että kaikki ko. geenit esiintyvät yhtä monena kappaleena, ts. kunkin geenin taajuus on 0.5.

Pienin puu metsikössä on genotyypiltään sellainen, jossa esiintyy ainoastaan miinus-geenejä. Tällaisen puun pituus olkoon 10 m. Puu jolla on vain plus-geenejä on vastaavasti 20 metrin pituinen. Miten nämä 1 024 runkoa jakautuvat pituuden suhteen ko. metsikössä? Vastaus voidaan, genetiikan ja tilastomatematiikan lakeja noudattaen, antaa binomisäännön avulla.

Jakauma saadaan kehittämällä lauseke $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)^{10}$, josta saadaan seuraava tulos:

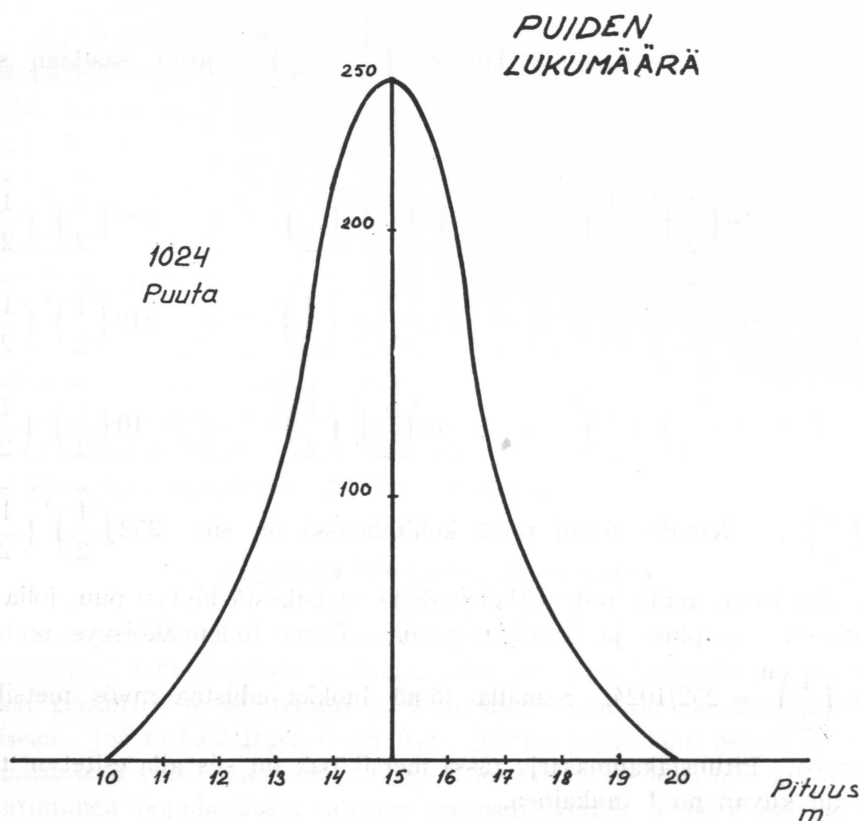
$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{2}\right)^{10} + 10\left(\frac{1}{2}\right)^9\left(\frac{1}{2}\right) + 45\left(\frac{1}{2}\right)^8\left(\frac{1}{2}\right)^2 + 120\left(\frac{1}{2}\right)^7\left(\frac{1}{2}\right)^3 \\ & + 210\left(\frac{1}{2}\right)^6\left(\frac{1}{2}\right)^4 + 252\left(\frac{1}{2}\right)^5\left(\frac{1}{2}\right)^5 + 210\left(\frac{1}{2}\right)^4\left(\frac{1}{2}\right)^6 \\ & + 120\left(\frac{1}{2}\right)^3\left(\frac{1}{2}\right)^7 + 45\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(\frac{1}{2}\right)^8 + 10\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)^9 \\ & + \left(\frac{1}{2}\right)^{10}. \end{aligned}$$

Kuudes termi tässä kehitelmässä on siis $252\left(\frac{1}{2}\right)^5\left(\frac{1}{2}\right)^5$.

Tämä ilmoittaa, millä todennäköisyydellä metsiköstä löytyy puu, jolla on geenistössään 5 plus- ja 5 miinusgeeniä. Tämä todennäköisyys on siis $252 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{10} = 252/1024$. Samalla tämä luokka edustaa myös metsikön

keskiarvoa. Pituusjakaumasarja tässä metsikössä on siis alla esitetyn taulukon tai kuvan no 1 mukainen.

Puita kpl	Genotyyppi	Fenotyyppi (Pituus m)
1	10 ⁺ 0 ⁻	20
10	9 ⁺ 1 ⁻	19
45	8 ⁺ 2 ⁻	18
120	7 ⁺ 3 ⁻	17
210	6 ⁺ 4 ⁻	16
252	5 ⁺ 5 ⁻	15
210	4 ⁺ 6 ⁻	14
120	3 ⁺ 7 ⁻	13
45	2 ⁺ 8 ⁻	12
10	1 ⁺ 9 ⁻	11
1	0 ⁺ 10 ⁻	10
1024	$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)^{10}$	\bar{X}_p 15 m



Kuva 1. Mallimetsikön pituusjakaumasarja.
Figure 1. Distribution of the stems in the model stand

Siemenkeräysmetsät perustetaan siten, että metsiköiden parhaimmat (pisimmät) puut valitaan keräyspuiksi. Mallitapauksessamme voisi esimerkiksi valita keräyspuiksi vain 17 metriä pitemmät puut. Näitä on kaikkiaan 176 kpl eli noin 17 % koko puustosta. Tällaisella valinnalla on ikään kuin kasattu hyviä plus-geenejä seuraavaa sukupolvea varten. Tämä on massa-valintaa, vanhin ja luotettavin kaikista jalostusmenetelmistä, joskaan ei aina tehokkain.

Tällaisen jalostusmenetelmän teho riippuu periaatteessa kolmesta päätekijästä. Nämä päätekijät ovat:

1. valinnan tarkkuus
2. valinnan voimakkuus
3. valinnan kohteena olevan ominaisuuden periytyvyys

Valinnan tarkkuus riippuu ratkaisevasti valinnan suorittajan huolellisuudesta ts. miten hyvin hän on voinut valita juuri parhaat puut metsästä siemenkeräyspuiksi. Toisaalta tarkkuus riippuu siitä, miten voimakkaasti genotyyppi heijastuu fenotyypissä l. ilmiasussa. Ilmiasuun vaikuttaa myös ympäristö; puiden välinen kilpailu metsässä sekä kasvualustan vaihtelevuus. On huomautettava, että yllä esitetty teoreettinen kuvaus massavalinnasta ei täysin vastaa käytäntöä. Ympäristön aiheuttama vaihtelu sekoittaa genotyyppien paremmuusjärjestyksen; puu voi olla hyvä edullisen kasvupaikan tai metsänhoidollisen tilan takia. Keskimäärin saavutetaan kuitenkin käytännön valintatyössä teoreettisen mallin suuntaisia tuloksia.

Valinnan voimakkuus arvostellaan valintaerolla (S), joka on populaation valitun osan keskiarvon (\bar{X}) ja koko populaation keskiarvon (\bar{X}_p) erotus; $S = \bar{X} - \bar{X}_p$ (ks. TIGERSTEDT & MALMIVAARA 1970).

Standardipoikkeama osoittaa tarkastettavan ominaisuuden vaihtelua populaatiossa ja voidaan käyttää tarkempaan valintatehon kuvaajana. Standardisoitu valintaero eli valintaintensiteetti (i) saadaan jakamalla valintaero populaation standardipoikkeamalla (σ_p); $i = S/\sigma_p$ (ks. TIGERSTEDT & MALMIVAARA 1970).

Valintajalostuksesta saatava hyöty riippuu, paitsi valintaerosta myös ominaisuuden periytyvyydestä, joka ilmaisee geneettisen vaihtelun osuuden fenotyypisistä vaihtelusta. Kun valintaero tai -intensiteetti ja periytyvyys eli heritabiliteetti (h^2) tunnetaan, voidaan valintajalostuksesta saatava hyöty (R) laskea kaavasta $R = h^2S$ tai $R = i\sigma_p h^2$ (ks. TIGERSTEDT & MALMIVAARA 1970).

Tämä kaava pätee kuitenkin vain siinä tapauksessa että pelkästään valitut yksilöt ovat jäljellä emopuina ja pölyttävinä isäpuina. Jos populaation muut, huonommiksi katsotut yksilöt voivat ottaa osaa pölytykseen menetettään osa (korkeintaan puolet) tavoitellusta hyödystä (OSKARSSON 1971, katso myös ERICSSON 1971).

3. METSIEN VALINTA JA MITTAUS

Siemenkeräykseen sopivien metsien valinnalla on pyritty löytämään sellaisia alueita, jotka fenotyypisen arvostelun mukaan voidaan pitää keskimäärää parempina. Vertaamalla metsäalueita keskenään, voidaan kuitenkin tehdä johtopäätöksiä vain laadusta. Kvantitatiivisten ominaisuuksien periytymisestä johtuen voidaan fenotyypisellä valinnalla saavuttaa parempi tuotto käyttämällä hyväksi metsien sisäistä, saman metsän puiden välistä vaihtelua. Käytännössä valinta on kohdistettu paikallisten metsien fenotyypiseen parhaimmiston. Suomen metsämaiden suuren vaihtelun takia

»paras metsä» on hyvin suhteellinen käsite. Perusvaatimuksena on yleensä ollut, että ehdotettavat metsät ovat harsimatta, hyvässä kasvukunnossa, terveitä ja pinta-alaltaan vähintään 3 hehtaaria.

Harsimattomuus on tärkeä vaatimus, koska harsitusta metsästä todennäköisesti on poistettu juuri jalostajien tavoittelemat genotyypit. Metsikön yleinen terveys saattaa osoittaa hyvää taudinkestävyyttä ja joka tapauksessa eri tautien esiintyminen osoittaa heikkoa resistenssiä. Pinta-alalla taas on merkitystä pölytyksen kannalta. Mitä suurempi hyväksyttävä siemenkeräysmetsikön pinta-ala on, sitä vähemmän vaikuttaa ulkoapäin tuleva tuntematon siitepöly.

Hyväksytty metsikkö on rajoitettu käsittämään boniteetiltaan ja puutyypiltään yhtenäistä aluetta, joka on tarkemmin arvosteltu arvioimislinjalla. Arvioimislinjan kaikki puut on mitattu pituuden ja kuution selvittämiseksi ja luokiteltu Lönnrothin (1925) biologisen puuluokituksen mukaan. Mittauksen jälkeen hyvälaatuiset valtapuut on merkitty siemenkeräyspuiksi.

4. METSIEN KÄSITTELY JA MERKITYS

Näiden valittujen metsiköiden tarkoituksena on tuottaa siementä käytännön metsänviljelyn tarpeisiin. Ne on siis käsiteltävä siten, että siemensadot saadaan mahdollisimman suuriksi ja että siemen on rodullisesti mahdollisimman hyvää.

Kukkimista ja siis myös siementuotantoa voidaan parantaa metsiä harventamalla ja lannoittamalla. Harventamisella on kuitenkin myös toinen, vielä tärkeämpi merkitys. Kun se suoritetaan ns. saneerausena, niin että metsiköstä puita poistetaan huonommasta päästä, niin vähennetään samalla ei toivottujen geenien frekvenssiä populaatiossa. Tavoitteena on siemenkeräysmetsikön täydellinen saneeraus, kunnes lopuksi vain parhaiksi katsotut, merkityt valtapuut jäävät pystyyn. Silloin saavutetaan tällaisen plusmetsikön suurin mahdollinen valintahyöty seuraavassa puusukupolvessa. Ennen lopullista saneerausta saavutetaan vain osa maksimihyödystä, koska on katsottava, että kaikki puut, myös huonoimmat, ottavat osaa pölytykseen ja tuovat huonoja ominaisuuksia siemenaiheisiin (OSKARSSON 1971).

Siemenkeräykseen valittujen runkojen ohjelukuna on yleensä pidetty n. 100 kpl hehtaarilla. Harvempi asento nostaisi jalostusintensiteettiä, mutta runkoluku on pidettävä niin suurena, että puiden välinen pölytys käy riittävän tehokkaaksi.

5. MATERIAALI JA SEN KÄSITTELY

Siemenkeräysmetsiä on valittu parin vuosikymmenen ajan, eri aikoina eri arvostelumenetelmin. Siten nykyaikaisen populaatiogenetiikan mukaan sovelletut, varsin tarkkoihin mittauksiin perustuvat metsikköarvostelut, koskevat rajoitettua määrää siemenkeräysmetsiä. Koska tällä tutkimuksella on haluttu arvioida plusmänniköistä saatavia jalostuvoittoja, materiaali on rajoitettu käsittämään sellaisia metsiköitä, joissa kaikki pituuden ja kuution valintaerojen laskemiseksi tarvittavat mittaukset on suoritettu. Lisäksi on otettu mukaan vain ne mustikkatyyppin ja puolukkatyyppin männiköt, jotka sijaitsevat Keski-Pohjanmaan ja Kainuun piirimetsälautakuntien eteläpuolella olevalla alueella. Kaikkiaan on näin saatu 165 puolukkatyyppin ja 32 mustikkatyyppin männikköä. Puolukkatyyppin männiköistä 37 sijaitsevat Etelä-Pohjanmaan ja pohjoisimman Vaasan piirimetsälautakunnan alueella ja ne on käsitelty omana ryhmänään, koska kuuluvat eri kasvillisuusvyöhykkeeseen (LEHTO 1969). Tässä julkaisussa käsitetään tunnuksella *VT mänty 2* Etelä-Pohjanmaan ja Vaasan piirimetsälautakunnan alueella olevat siemenkeräysmänniköt ja tunnuksella *VT mänty 1* muulla alueella olevat VT-männiköt. Tässä mukana olevat MT-männiköt sijaitsevat alueella 1.

Kunkin siemenkeräysmännikön keskipituus ja keskikuutio sekä standardipoikkeamat on laskettu. Siemenkeräykseen hyväksytyjen valtapuiden keskipituus ja -kuutio on laskettu erikseen. Valintaero on saatu keräyspuiden keskiarvon ja koko metsikön keskiarvon erotuksena. Standardisoitu valintaero eli valintaintensiteetti on ilmoitettu valintaeron ja standardipoikkeaman osamääränä.

6. VALINTAERO JA VALINTAINSENSITEETTI

Niin kuin edellä on ilmennyt siemenkeräysmetsien jalostusarvoa arvioitaessa, on siirrytty metsien välisestä vertailusta saman metsän puiden väliin vertailuun. On siis paremminkin kysymys keräyspuiden valintaerosta kuin metsien valintaerosta. Verrattaessa valittujen metsien keräyspuiden keskipituudet valtakunnan metsien valtapituuksiin voi tosin todeta, että 1-alueen VT- ja MT- männiköiden keräyspuut ovat pitempiä. Osittain se johtunee joidenkin keräysmetsien keskimäärää paremmasta pituuskasvusta, mutta myös siitä, että useimmiten vain osa valtapuista parhaasta päästä on valittu keräyspuiksi. Sen sijaan Etelä-Pohjanmaan (2-alueen) VT-männiköiden keräyspuiden keskipituus selvästi häviää valtakunnan metsien keskimääräisille valtapituuksille. Tämä johtuu kasvuvyöhykkeen vaikutuksesta ja osoittaa metsien sisäisen valinnan mielekkyyden.

Valintaero vaihtelee suuresti metsiköstä toiseen eikä välttämättä anna selvää kuvaa valintatehosta. Standardisoitu valintaero eli valintaintensi-

teetti on silloin kuvaavampi metsän arvon mitta, koska standardipoikkeama populaation sisäisen vaihtelun osoittajana tasoittaa eri metsien valintaerojen erotuksia. Verrattaessa eri metsiköiden jalostusarvoa, on siis keräyspuiden korkea valintaintensiteetti yleispätevämpi hyvän siemenkeräysmetsikön tunnus kuin pelkkä valintaero. Taulukosta 1 ilmenee, että eri alueiden pituuden valintaerojen ja valintaintensiteettien keskiarvojen erot ovat varsin pienet. Sensijaan kuution vastaavat keskiarvojen erot ovat selvemmät.

Mainittakoon, että tässä mukana olevien metsien pienin pituuden valintaintensiteetti on 0.13 ja kuution 0.11; suurimmat vastaavat arvot ovat 1.34 ja 1.88.

Taulukko 1. Siemenkeräysmetsien keräyspuiden valintaerojen, standardipoikkeamien ja valintaintensiteettien aritmeettiset keskiarvot metsätyyppittäin ja alueittain.

Table 1. Mean selection differentials, standard deviations and selection intensities on respective forest sites and geographical zones.

Metsätyyppi ja alue <i>Forest site and geographical zone</i>	Valintaero <i>selection differential</i>	Standardi poikkeama <i>Standard deviation</i>	Valinta- intensiteetti <i>Selection intensity</i>
Pituus, m <i>Height, m</i>			
VT, alue 1 <i>zone</i>	1.81	2.42	0.74
VT, alue 2 <i>zone</i>	1.90	2.37	0.79
MT, alue 1 <i>zone</i>	1.50	2.38	0.63
Kuutio, k-m ³ <i>Volume, m³</i>			
VT, alue 1 <i>zone</i>	0.143	0.188	0.81
VT, alue 2 <i>zone</i>	0.163	0.154	1.09
MT, alue 1 <i>zone</i>	0.143	0.209	0.72

7. SIEMENKERÄYSMETSIEN VALINTAHYÖTY

Siemenkeräysmetsistä saatava hyöty käy selvemmin ilmi, kun arvioidaan niistä saatava voitto seuraavassa polvessa. Hyöty on laskettavissa, kun

valintaero ja heritabiliteetti tunnetaan. Suomessa on männyn pituuskasvun heritabiliteetiksi kahdessa tutkimuksessa saatu 18 % (TIGERSTEDT 1969) ja 21 % (PALMBERG 1970). Tässä esitettävässä esimerkissä käytetään pyöristettyä heritabiliteettiarvoa 20 % ($h^2 = 0.2$).

Taulukossa 2 esitetyt valintahyödyt on laskettu kuvista 2–7 saaduilla arvoilla. Esimerkiksi 70 vuotiaitten 1.-alueen VT-männiköiden keräyspuiden keskipituus on 21 m ja metsiköiden keskipituus 18.9 m, joten valintaero on 2.1 m. Kaavan $R = h^2S$ mukaan saavutettava teoreettinen valintahyöty on $0.2 \times 2.1 = 0.42$ m. Tämä merkitsee, että seuraavan polven männikön keskipituus samassa iässä, 70 vuotiaana, ja samoissa olosuhteissa kasvaneena olisi $18.9 + 0.42 = 19.32$ m eli 2.7 % suurempi kuin keräysmännikön.

Taulukko 2. 70-vuotiaiden siemenkeräysmänniköiden pituuden ja kuution valintahyödyt metsätyyppittäin ja alueittain.

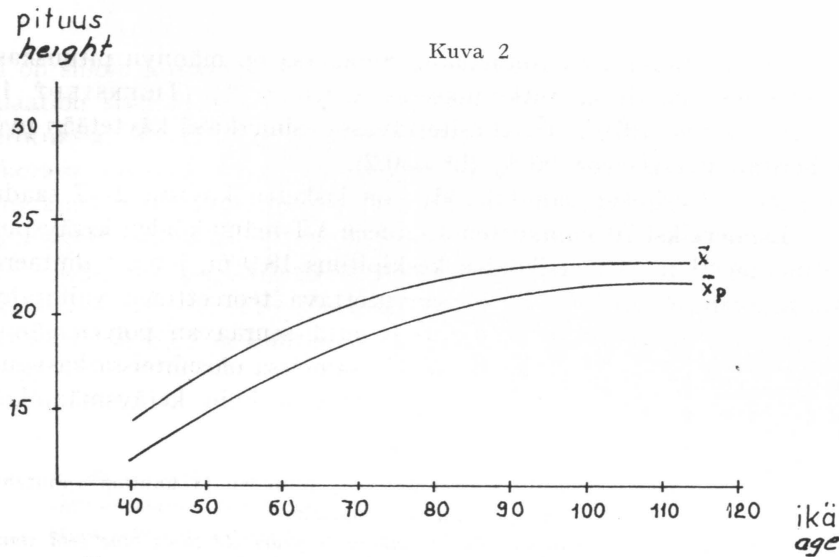
Table 2. Genetic gains of height and volume growth in 70 years old Scots pine seed stands on respective forest sites and geographical zones.

Metsätyyppi ja alue <i>Forest site and zone</i>	Metsiköiden keskipituus, m <i>Mean height of stands, m</i>	Keräyspuiden valintaero, m <i>Selection differential of seed trees, m</i>	Valintahyöty m % <i>Genetic gain m %</i>	Metsiköiden keskikuutio, k-m ³ <i>Mean volume of stands, m³</i>	Keräyspuiden valintaero, k-m ³ <i>Selection differential of seed trees, m³</i>	Valintahyöty k-m ³ % <i>Genetic gain m³ %</i>
VT alue 1 <i>zone</i>	18.9	2.1	0.42 2.7	0.315	0.155	0.031 9.8
VT alue 2 <i>zone</i>	16.4	2.0	0.40 2.4	0.220	0.165	0.033 15.0
MT alue 1 <i>zone</i>	21.1	1.5	0.30 1.4	0.430	0.160	0.032 7.4

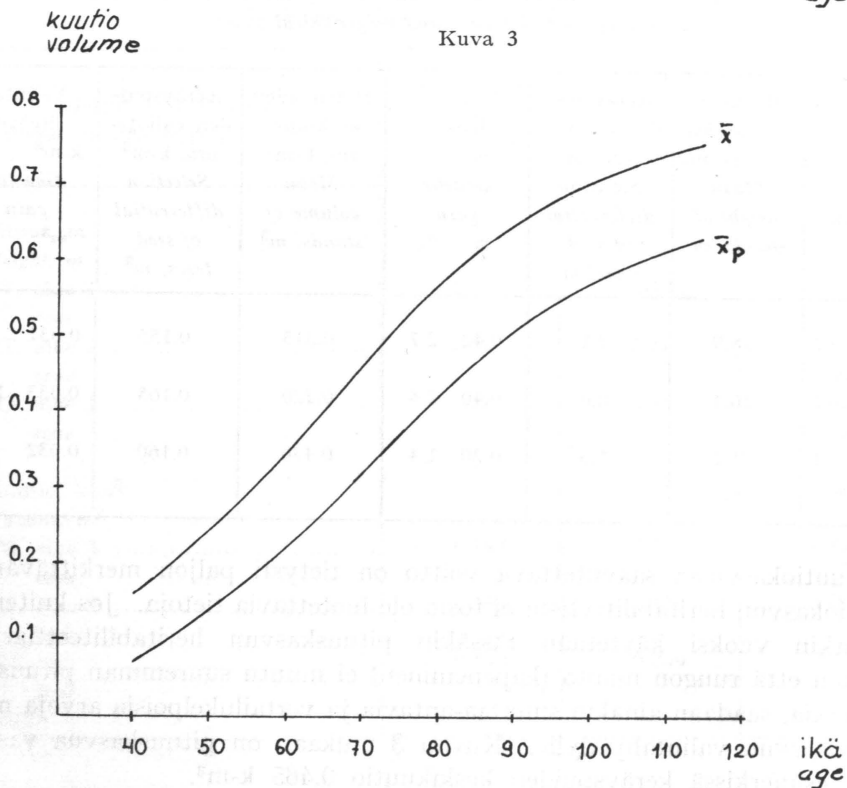
Kuutiokasvussa saavutettava voitto on tietysti paljon merkittävämpi. Kuutiokasvun heritabiliteetista ei tosin ole luotettavia tietoja. Jos kuitenkin esimerkin vuoksi käytetään tässäkin pituuskasvun heritabiliteettiarvoa, olettaen että rungon muoto (kapeneminen) ei muutu suuremman pituuskasvun takia, saadaan ainakin suuntaa-antavia ja vertailukelpoisia arvoja myös kuutiokasvun valintahyödyille. Kuvan 3 mukaan on pituuskasvua vastaavassa esimerkissä keräyspuiden keskikuutio 0.465 k-m³.

Taulukosta 2 ilmenee laskettu kuutiokasvun valintahyöty, joka on lähes 10 %.

Esitetyt valintahyödyt edellyttävät, että vain valitut puut ovat pölyttäneet toisiaan. Jos metsikön huonommat, poistettavaksi tarkoitetut puut



Kuva 2



Kuva 3

Kuvat 2–3. Keräyspuiden pituuden (kuva 2) ja kuution (kuva 3) valintaero ($\bar{x} - \bar{x}_p$). VT-mänty, alue 1.

Figure 2–3. The selection differential ($\bar{x} - \bar{x}_p$) of height (figure 2) and volume (figure 3) growth of Scots pine seed trees on Vaccinium type, zone 1.

ovat ottaneet osaa pölytykseen, voi valintahyöty vähentyä korkeintaan puoleen yllä ilmoitetuista maksimiarvoista. Tämä johtuu siitä, että pahimmasakin tapauksessa puolet perimästä tulee valituilta hyviltä äideiltä.

8. TULOSTEN TARKASTELUA

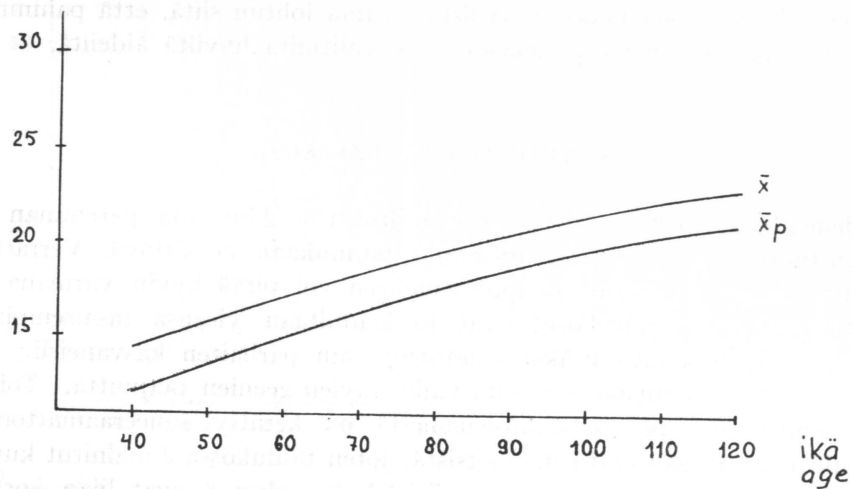
Siemenkeräysmetsien merkitys rodullisesti keskimäärää paremman siemenen tuottajina on tässä saatujen tulosten mukaan merkittävä. Verrattuna entisten aikojen ns. osuuskauppasiemenen voi pitää hyvin varmana että valittujen metsien jälkeläiset ovat jo laadultaan yleensä tasaisempia ja parempia. Kun keräys lisäksi kohdistuu vain parhaiten kasvaneisiin puihin, nostetaan parempaan kasvuun vaikuttavien geenien taajuutta. Toistaiseksi suurin osa plusmetsikkösiemenestä on kerätty saneeraamattomista tai vain osittain saneeratuista metsistä, joten taulukossa 2 mainitut kuutiokasvun jalostusvoittojen ennusteet, 7.4–15 %, yleensä ovat liian korkeat. Käytännössä saavutettaneen kuitenkin vähintään 3.7–7.5 % voittoja. Täysin saneeratustakaan metsiköstä todellisuudessa tuskin saadaan suurinta mahdollista toereettista hyötyä. Tämä johtuu siitä, että plusmetsikköä on kutakuinkin mahdotonta eristää kaukopölytyksen vaikutuksesta (KOSKI 1971). Tosin hyvänä kukkimisvuonna, kun myös hedekukintoja on hyvin runsaasti, metsikön sisäisen pölytyksen vaikutus lienee merkittävin (SAKAI & PARK 1971).

Verrattuna pluspuita ja siemenviljelyksiä käsittävän tutkimuksen (TIGERSTEDT & MALMIVAARA 1970) tulokseen, jossa siemenviljelysten valintahyödyksi laskettiin saatavan 7–15 % männyn kuutiokasvussa, tämän tutkimuksen tulokset 7.4–15 %, ovat yllättävän korkeat. Tämä johtune siitä, että siemenkeräysmetsiköiden kuutiomisessa on käytetty kunkin metsikön yksilöllisiä kapenemisarvoja, jotka yleensä ovat jonkin verran pienempiä kuin pluspuiden valintahyötyä laskettaessa käytetyt valtakunnalliset keskiarvot. Lisäksi on pluspuiden valintahyötyä laskettaessa käytetty heritabiliteettina 18 % kun taas siemenkeräysmetsiköiden valintahyötyä laskettaessa on käytetty 20 %:n heritabiliteettia.

Siemenkeräysmänniköiden valinnan loputtua maassamme on aihetta keskittyä valittujen metsien saneeraukseen, jotta niistä saatava hyöty olisi mahdollisimman suuri. Tutkimuksessa saadut tulokset antavat osiitan siitä, mitkä metsiköt ovat ensisijaisesti saneerauksen arvoisia ja tärkeitä keräyskohteita. Valtakunnallinen siemenviljelysohjelma on jo niin pitkällä, että arvioidaan vuosikymmenen sisällä saatavan ainakin kaikki tarvittava taimitarhasiemen niistä (METSÄNJALOSTUSSÄÄTIÖ 1971). Koska siemenviljelyksiin ja niiden siementuotantokykyyn ja jalostusasteeseen kuitenkin vielä liittyy koko joukon tuntemattomia tekijöitä, on todennäköistä, että plus-

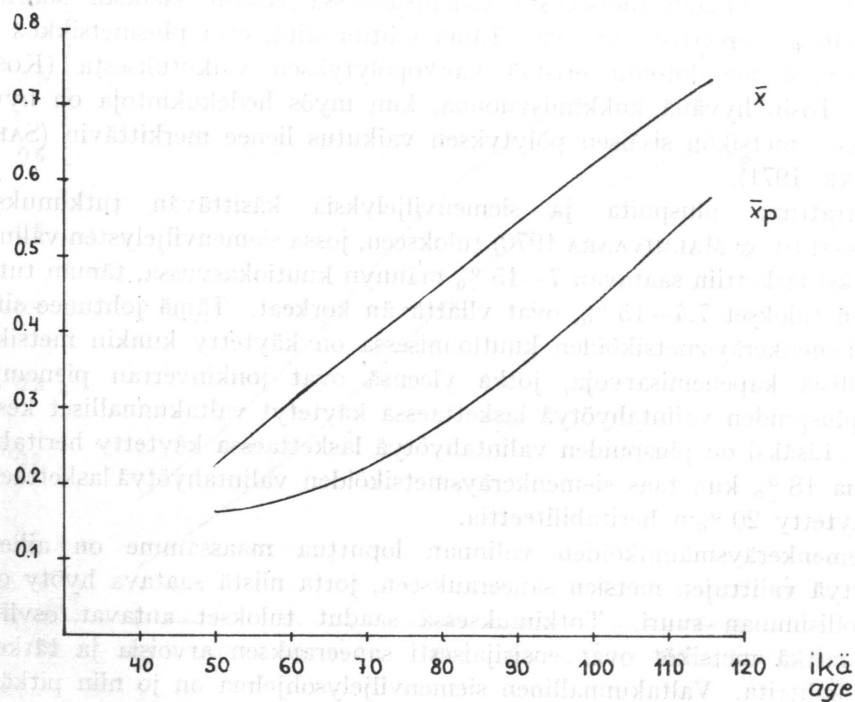
pituus
height

Kuva 4



kuutio
volume

Kuva 5

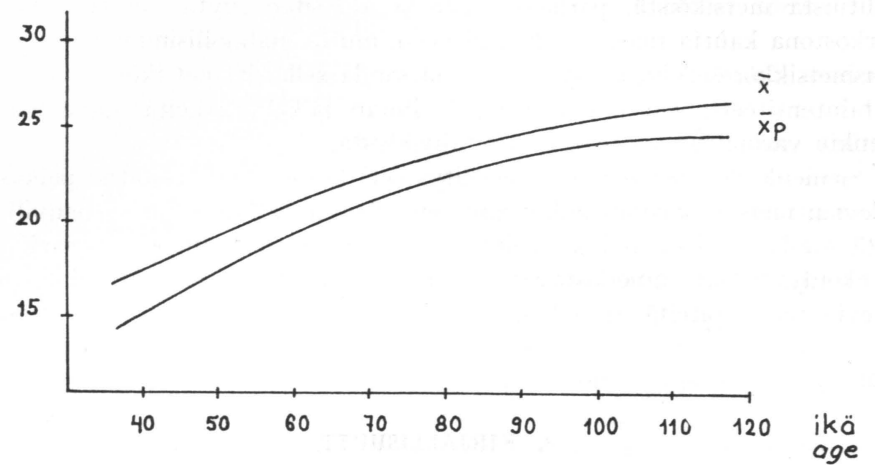


Kuvat 4-5. Keräyspuiden pituuden (kuva 4) ja kuution (kuva 5) valintaero ($\bar{X}-\bar{X}_p$). VT-mänty, alue 2.

Figure 4-5. The selection differential ($\bar{X}-\bar{X}_p$) of height (figure 4) and volume (figure 5) growth of Scots pine seed trees on *Vaccinium* type, zone 2.

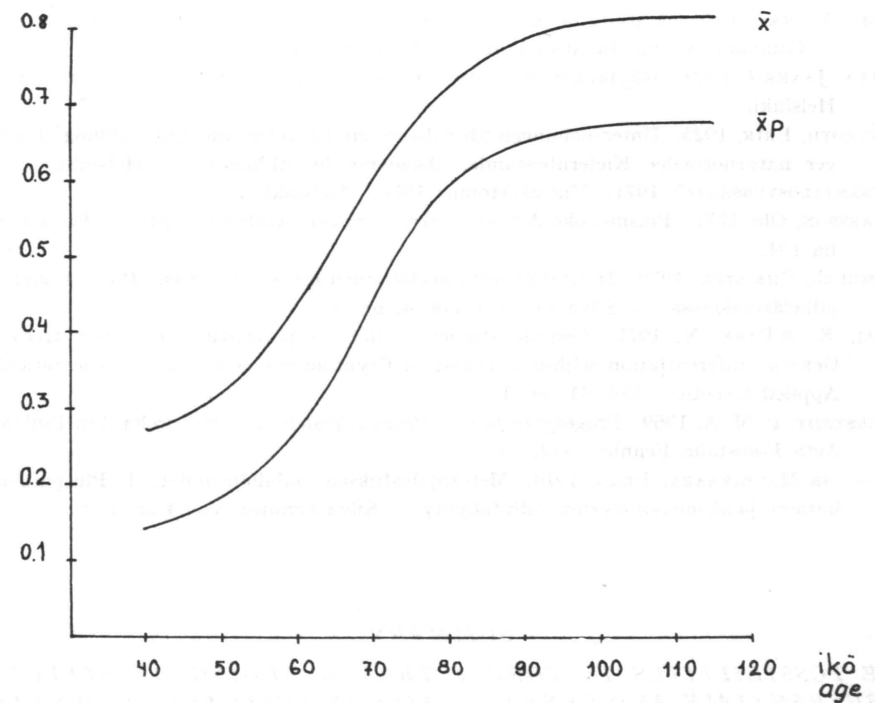
pituus
height

Kuva 6



kuutio
volume

Kuva 7



Kuvat 6-7. Keräyspuiden pituuden (kuva 6) ja kuution (kuva 7) valintaero ($\bar{X}-\bar{X}_p$). MT-mänty, alue 1.

Figure 6-7. The selection differential ($\bar{X}-\bar{X}_p$) of height (figure 6) and volume (figure 7) growth of Scots pine seed trees on *Myrtillus* type, zone 1.

metsiköitä tarvitaan vielä alkavan kymmenvuotiskauden jälkeenkin. Osa valituista metsiköistä, parhaasta päästä, on siten syytä säilyttää harvana verkostona kautta maan. Siihen pieneen, mutta mahdollisimman tuottoisaan plusmetsikköreserviin on syytä yrittää saada sellaisia metsiköitä, joiden valintaintensiteetti on suuri, koska se ilman jälkeläiskokeita, on ainoa jonnekin varma tae korkeasta valintahyödyistä.

Siemenkeräysmetsiköiden merkitys ei kuitenkaan rajoitu pelkästään tulevien metsien kasvun kohottamiseen. Senkin jälkeen kun siemenviljelyksistä saadaan riittävästi kasvultaan vielä parempaa viljelymateriaalia, siemenkeräysmetsät muodostavat tärkeän geenivaraston metsänjalostuksen tulevia toimenpiteitä ajatellen.

9. KIRJALLISUUTTA

- ERIKSSON, GÖSTA, 1971. Genetisk vinst vid några olika urvalsörfaranden. — Institutionen för skogsgenetik. Skogshögskolan. Rapporter och uppsatser. Stockholm.
- KOSKI, VEIKKO, 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. — *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70.4.
- LEHTO, JAAKKO, 1969. Käytännön metsätyypit. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. Helsinki.
- LÖNNROTH, ERIK, 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. Akademische Abhandlung. Helsinki.
- METSÄNJALOSTUSSÄÄTIÖ 1971. Vuosikertomus 1970. Helsinki.
- OSKARSSON, Ole, 1971. Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste. — *Folia Forestalia* 104.
- PALMBERG, CHRISTEL, 1970. Heritabiliteetin arvioiminen eräässä männyn (*Pinus silvestris* L.) jälkeläiskokeessa. — *Silva Fennica* Vol. 4, nr. 3.
- SAKAI, K. & PARK, Y. 1971. Genetic studies in natural populations of forest trees. III. Genetic differentiation within a Forest of *Cryptomeria japonica*. — *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 41, nr. 1.
- TIGERSTEDT, P. M. A. 1969. Progeny tests in a *Pinus silvestris* (L.) seed orchard in Finland. — *Acta Forestalia Fennica*, Vol. 99.
- » — ja MALMIVAARA, EERO, 1970. Metsänjalostuksen mahdollisuudet. I. Pluspuiden valintaero ja siemenviljelysten valintahyöty. — *Silva Fennica*, Vol. 4 nr. 2.

SUMMARY:

THE POSSIBILITIES IN FOREST TREE BREEDING. II. SELECTION DIFFERENTIALS AND GENETIC GAINS IN SELECTED SEED STANDS OF SCOTS PINE

Finnish tree breeding has been concentrated on selection of plus trees for seed orchards and on mass selection of natural stands for seed collection. By

the end of 1971, 4 728 hectares of Scots pine stands and 1267 hectares of Norway spruce had been selected in Finland, excluding Lapland in the north. This work has been terminated now.

An attempt is made here to estimate the genetic gain that has or can be achieved by using seed from such stands.

Using an average height growth heritability of 20% in Scots pine and by calculating height- and volume-growth selection differentials on the basis of 197 separate selected Scots pine seed stands a statistically reliable estimation of genetic gain has been calculated.

Hence the genetic gain of volume growth has been estimated at 7.4—15 % in Finnish selected Scots pine seed stands.

This result is higher than expected in comparison to earlier estimations of similar gains in seed orchards. It is suggested that this is due to the fact, that bole tapering in the selected stands is lower than average.

It is emphasized, that the importance of seed stands is not only restricted to the procurement of superior seed but that these stands may in future years serve as a basic gene reservoir for further tree breeding work.