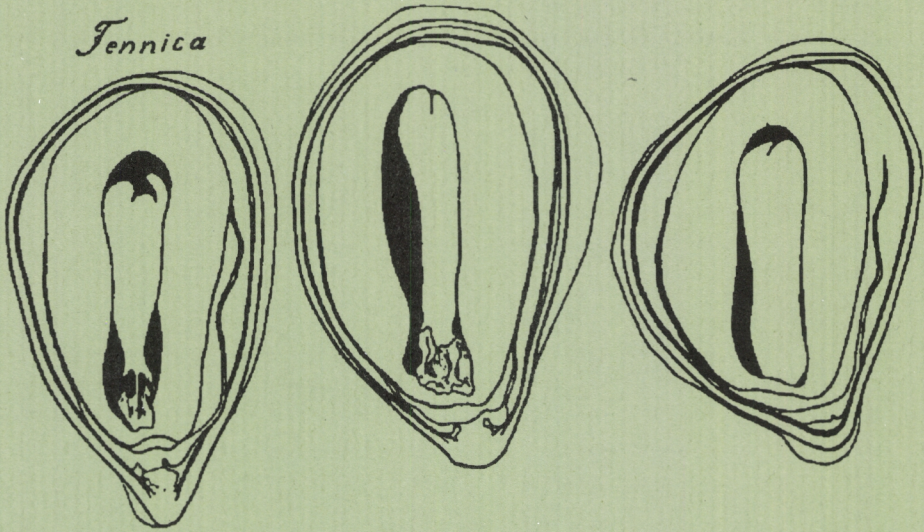
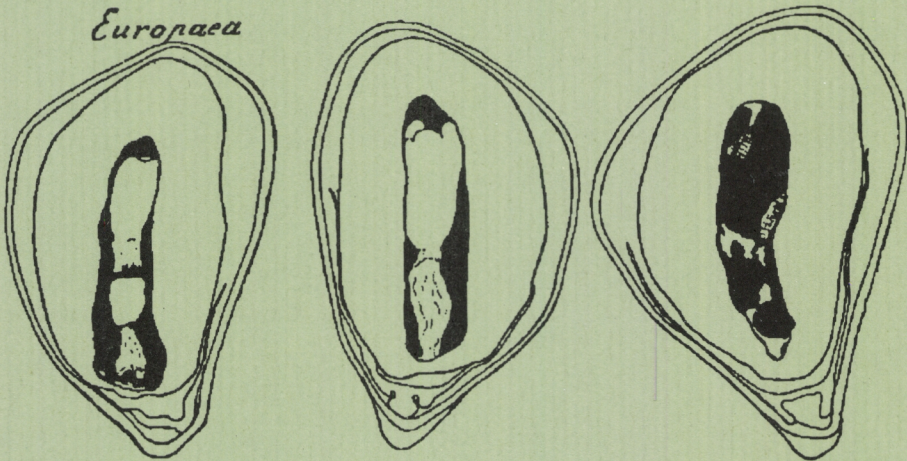


*Jennica*



*Europea*



## Siemenpäivät Siilinjärvellä

Heikki Smolander & Minna Pulkkinen (toim.)

Kansikuva: Kujala, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisu 12. s. 32.





# **Siemenpäivät Siilinjärvellä**

Heikki Smolander & Minna Pulkkinen (toim.)

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/  
Suonenjoen tutkimusasema, Suonenjoki 1992

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426

Heikki Smolander & Minna Pulkkinen (toim.). 1992. Siemenpäivät Siilinjärvellä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426. 142 s. ISBN 951-40-1242-9, ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos. Hyväksynyt: Leo Tervo, Suonenjoen tutkimusaseman varajohtaja.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki. Puh. 979-513811. Fax 979-513068.

## Lukijalle

Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasema ja Helsingin yliopiston metsäekologian laitos järjestivät yhdessä Siilinjärven kuntoutuskeskuksessa 12. marraskuuta 1991 siemenfysiologien ja -ekologien sekä kylvötkijöiden tapaamisen. Seuraavana päivänä järjestettiin samassa paikassa metsäammattilaisille suunnattu tiedotuspäivä siemenhuollosta ja metsäkylvöistä.

Tähän julkaisuun on koottu useimmat päivien aikana pidetyt esitelmät. Kiitän esitelmäitsijöitä siitä vaivannäöstä, joka on ollut seminaarialustusten muokkauksessa kirjalliseen muotoon. Päiville osallistuneita tutkijoita ja käytännön edustajia kiitän innostuneesta ja rakentavasta keskustelusta Suomessa vähälle huomiolle jääneistä kysymyksistä. Erityiskiitokset esitän päivien primus motorille Dos. Markku Nygrenille yhteistyötarjouksesta siemenpäivien järjestämiseksi.

Suonenjoella Pirkon päivänä 1992

Heikki Smolander

## SISÄLLYS

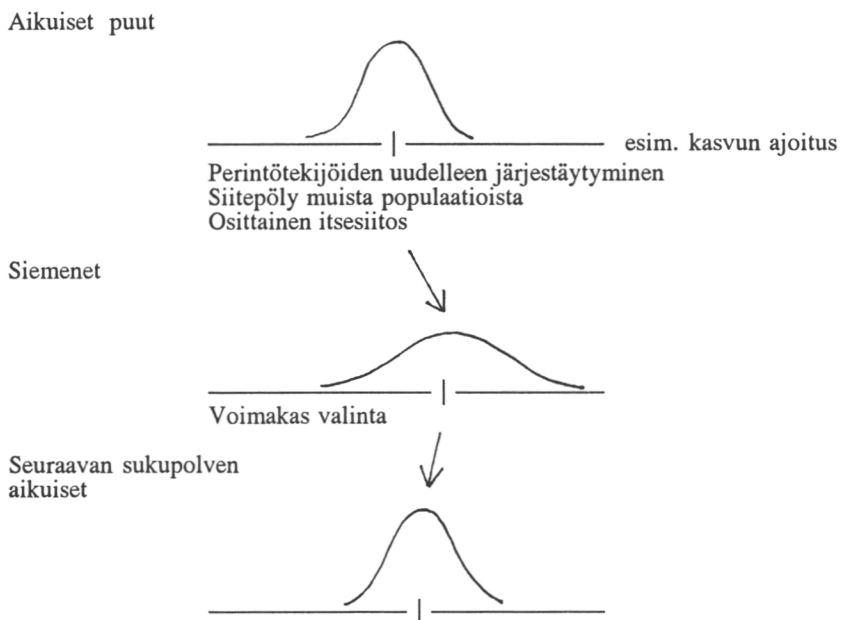
<i>Outi Savolainen</i> <b>Siemenviljelyssiemenen geneettinen laatu.....</b>	7
<i>Katri Kärkkäinen</i> <b>Männyn kukinta ja siementuotanto metsänrajalla.....</b>	13
<i>Martti Venäläinen</i> <b>Pohjoisten ja eteläisten mäntyalkuperien itämistunnukset.....</b>	19
<i>Teijo Nikkanen</i> <b>Siemenen tuottaminen kuusen siemenviljelyksillä.....</b>	35
<i>Markku Nygren</i> <b>Männyn siemenviljelyssiemenen itämistunnukset syys- ja talvikeräyksissä.....</b>	47
<i>Markku Nygren &amp; Kari Leinonen</i> <b>Pääpuulajiemme laboratorio- ja kenttäitävyydestä.....</b>	59
<i>Juhani Häggman</i> <b>Männyn siemenen laadun vaikutus jälki-itämiseen.....</b>	79
<i>Anneli Jalkanen</i> <b>Siemenen massan ja itämisaajan vaikutus yksivuotiaiden valko- ja mustakuusen taimien kokoon.....</b>	85
<i>Eira-Maija Savonen</i> <b>Kasvihormonit ja siementen dormanssi.....</b>	91
<i>Markku Saarinen &amp; Tauno Suomilammi</i> <b>Lämpötilan ja vesitalouden automaattinen mittausjärjestelmä vanhalla ojitusalueella.....</b>	99
<i>Arto Rummukainen &amp; Leo Tervo</i> <b>Kylvön mekanisointi.....</b>	111
<i>Kaarlo Kinnunen</i> <b>Tuloksia kone- ja käsinkylvöstä.....</b>	123
<i>Taneli Kolström</i> <b>Tuloksia kuusen kylvöstä Pohjois-Karjalassa.....</b>	135

## SIEMENVILJELYSSIEMENEN GENEETTINEN LAATU

*Outi Savolainen, Oulun yliopisto, Perinnöllisyystieteen laitos, 90570 Oulu*

Siemenviljelyksillä on tarkoitus tuottaa geneettisesti ja fysiologisesti hyvälaatuista siementä metsänviljelyn tarpeisiin (esim. Sarvas 1953, Sarvas 1970). Siemenviljelyksiä perustettiin jo 1950-luvulla, mutta niille on asetettu muodollisia vaatimuksia vasta paljon myöhemmin (Koski 1980). Siemenviljelyksiltä halutaan perinnöllisesti entistä parempaa siementä, mutta monessa suhteessa toivotaan, että metsän keskeiset perinnölliset ominaisuudet säilyisivät ennallaan.

Olemme tutkineet usean vuoden ajan metsänviljelyn geneettisiä seurauksia Oulun yliopiston perinnöllisyystieteen laitoksella. Työn tarkoituksena on ollut selvittää ensinnäkin luonnon populaatioiden geneettinen rakenne ja siihen vaikuttavat tekijät. Tätä tavoitetta on edistänyt se, että männyn biologiaa tunnetaan monessa suhteessa hyvin ennestään (Sarvas 1962, Koski 1970).



Kuva 1. Metsikön evoluutiotekijöitä.

Luonnossa männyn populaatioissa suvullinen lisääntyminen tuottaa runsaasti perinnöllisesti muuntelevaa siementä. Perintötekijöiden uudelleen järjestäytyminen, siitepölymigraatio ja osittainen sukusiitos tuottavat uusia geeniyhdistelmiä. Näistä suuri osa on huonosti sopeutuneita (mutta osa voi tietysti olla uusia hyviä yhdistelmiä!). Kuolleisuus varhaisvaiheessa on voimakas, ja siihen sisältyy mahdollisuus perinnöllisiin muutoksiin (kuva 1). Olemme pyrkineet arvioimaan, millaisia geneettisiä seurauksia tämän systeemin muutoksilla on (Muona 1987).

Arviomme kohdistuu lähinnä kolmeen kysymykseen. Ensinnäkin, säilyykö metsien *perinnöllinen monimuotoisuus*. Metsäpuupopulaatiot ovat suuria, siemenviljelyksillä kloonimäärät voivat olla pienempiä.

Toiseksi, viedäänkö metsään *sukusiittoisia* taimia? Luonnossa esiintyy jonkin verran itsesiitosta, n. 3–10 % (Muona 1989, Muona & Harju 1989). Nämä taimet karsiutuvat runsaan varhaisvaiheen kuolleisuuden aikana. Siemenviljelyksellä on runsaasti vartteita samasta kloonista, ja ne voivat keskenään tuottaa sukusiittoisia siemeniä. Siemenet kasvatetaan taimitarhalla, josta puuttuu ankara valinta. Karsiutuvatko sukusiittoiset taimet tuossa ympäristössä?

Kolmanneksi, siemenviljelyssiemenen pitää olla *paikallisiin olosuhteisiin sopeutunut*. Luonnossa paikallisten populaatioiden aikuiset puut ovat sopeutuneita. Lisääntymisen yhteydessä syntyy osittain myös huonosti sopeutuneita yksilöitä esimerkiksi siitepölymigraation takia. Nämä karsiutuvat valinnan vaikutuksesta jo varhain. Kun pohjoista alkuperää olevat kloonit on tuotu Keski-Suomen siemenviljelyksiin, sellaiset siemenet, jotka pölytyvät keskisuomalaisella siitepölyllä, ovat huonosti sopeutuneita alkuperäalueelle. Viljelyksillä ei siis saisi esiintyä taustapölytystä, mutta kuinka paljon sitä on?

Näihin kysymyksiin voidaan vastata käyttämällä hyväksi geneettisiä merkkiominaisuuksia, esimerkiksi entsyymigeenien muuntelua. Ne soveltuvat käyttöön silloin, kun selvitetään kaikkiin geeneihin vaikuttavien evoluutiotekijöiden toimintaa. Jos merkkigeeni näyttää, että siitepölyhiukkanen tuli viljelyksen ulkopuolelta, kaikki geenit ovat taustapölytyksestä. Jos todetaan merkkigeenien perusteella, että siemen on syntynyt itsepölytyksen tuloksena, tiede-

tään, että kaikki geenit ovat äidiltä peräisin. Huomattakoon, että useat siemenviljelyksiin liittyvät kysymykset jäävät tällä menetelmällä selvittämättä. Emme esimerkiksi pysty arvioimaan, millaista valintahyötyä on saavutettu kasvuominaisuuksissa. Epäsuoria arvioita voidaan tehdä: jos itsesiitosta olisi paljon, kasvu olisi huonoa. Geneetikon ammattitaitoa tarvitaan paitsi mittauksissa myös sen arvioimisessa, millaisia kysymyksiä näillä menetelmillä voidaan ratkaista.

### Perinnöllinen muuntelu

Merkkigeenitutkimukset osoittavat, että siemenviljelyksiltä saatava siemen on keskimäärin yhtä muuntelevaa kuin metsikkösiemen. Olemme työssämme verranneet Viitaselän ja Vilhelminmäen siemenviljelysten ja kolmen metsikkösiemenenerän muuntelua. Siemenviljelyssiemenen keskimääräinen heterotsygotia (muuntelun mitta) oli 0,27, metsikkösiemenen 0,28. Näissä viljelyksissä oli 25 ja 28 kloonina, useimmissa on enemmän. Samanlaisia tuloksia on saatu vertaamalla Herrasenahon siemenviljelystä ja saarijärveläistä metsikköä (Muona ym. 1988). Jo teoreettisetkin tarkastelut osoittavat, että populaatiokoon pieneneminen vain yhdessä sukupolvessa vähentää perinnöllistä muuntelua vain hyvin vähän. Sen sijaan hyvin pieniä populaatiokokoja ei tule jatkaa useita sukupolvia.

Taulukko 1. Perinnöllinen muuntelu ja ristisiitosaste männyn siemenviljelyksissä ja metsiköissä (Muona & Harju 1989).

	Muuntelun määrä	Ristisiitosaste
<b>Siemenviljelykset:</b>		
Viitaselkä	0,28	0,98
Vilhelminmäki	0,26	0,98
<b>Metsiköt:</b>		
Kangasniemi	0,29	0,92
Karvia	0,27	0,99
Padasjoki	0,29	0,92

## Sukusiitos

Merkkigeenien avulla voidaan määrittää itsesiitosaste, minkä olemme tehneet edellä mainituissa populaatioissa. Osoittautui, että siemenviljelysten itsesiitosaste oli hyvin alhainen, ristisiitosta oli noin 98 %, metsiköissä noin 95 % (Muona & Harju 1989). Runsas oma siitepöly ei siis vaikuta ristisiitosta vähentävästi, koska mäntyjen tehokas alkioletaalisysteemi karsii niitä jo alkiokehityksen aikana (Koski 1971, Kärkkäinen & Savolainen 1991). Metsikösiemenissä voi olla vähän enemmän itsesiittoisia jälkeläisiä. Karsiutuvatko ne jo taimitarhalla vai vasta luonnossa? Tätä ei vielä tiedetä. Alustavat tulokset viittaavat siihen, että geneettiset muutokset taimitarhalla ovat hyvin vähäisiä (Muona ym. 1988)

## Taustapölytys

Suurimmaksi ongelmaksi männyn siemenviljelyksillä on osoittautunut taustapölytys (Savolainen 1992). Viitaselässä ja Vilhelminmäessä se on noin 30 % (Harju & Muona 1989), muilla viljelyksillä jopa korkeampi (Pakkanen ym. 1991). Etelä-Suomen kloonien siemenviljelyksillä tästä aiheutuu geneettisen hyödyn menetys. Pohjoisia klooneja sisältävillä viljelyksillä tilanne on parempi, koska jälkeläiset eivät ole sopeutuneita kohdealueilleen. Nyt on tärkeätä tutkia tarkemmin taustapölytyksen riippuvuutta viljelyksen koosta, siitepölytuotannosta, kukinnan ajoittumisesta ja muista keskeisistä biologisista tekijöistä. Taustapölytystä voidaan yrittää vähentää esimerkiksi lisäpölytyksellä. Toisaalta voidaan pyrkiä lajittelemaan taimia niiden kestävyysmukaan. Tätä aihetta tutkitaan Metsänjalostussäätiössä.

Siemenviljelykset toimivat siis hyvin kahden asetetun tavoitteen suhteen, joita olemme tutkineet: muuntelua on runsaasti, ja siemenet eivät ole sukusiittoisia. Vaikein ongelma on taustapölytys, joka vaatii vielä runsaasti työtä. Siemenviljelyssiementä käytetään yleensä taimien tuotantoon. Siementen pitäisi olla geneettisesti hyvälaatuisia, jotta kuolleisuus olisi vähäistä ja nykyiset istutustiheydet tuottaisivat riittävän taimi/puumäärän. On kuitenkin muistettava, että suvullinen lisääntyminen siemenviljelyksillä tuottaa parhaissakin olosuhteissa

myös epäkelvoja siemeniä, joten jonkin verran kuolleisuutta tulee aina esiintymään. Jos siemenviljelykset eivät toimi siten kuin toivotaan, huonosti sopeutuneita on enemmän. Jos niitä ei pystytä karsimaan ennen istutusta, luonnonvalinta karsii heikosti sopeutuneet, ja tuloksena on liian harva taimisto.

## Kirjallisuus

- Harju, A. & Muona, O. 1989. Background pollination in *Pinus sylvestris* seed orchards. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:513—520.
- Koski, V. 1970. A study on pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(4). 78 s.
- 1971. On self-pollination, genetic load and subsequent inbreeding in some conifers. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 78(10). 42 s.
- 1980. Minimivaatimukset männyn siemenviljelyksille Suomessa. *Silva Fennica* 14:136—149.
- Kärkkäinen, K. & Savolainen, O. 1992. Outcrossing rate in Scots pine depends on early inbreeding depression, not pollen production. Käsikirjoitus, jätetty julkaistavaksi *Journal of Heredity* -sarjaan.
- Muona, O. 1987. Metsänuudistamisen geneettiset vaikutukset. *Luonnon Tutkija* 91:25—28.
- 1989. Population genetics in forest trees. Julkaisussa: Brown, A.H.D., Clegg, M.T., Kahler, A.L. ja Weir, B.S. (toim.). *Plant population genetics, breeding and genetic resources*. Sinauer, Sunderland, Mass. s. 282—298.
- & Harju, A. 1989. Effective population sizes, genetic variability, and mating system in natural stands and seed orchards of *Pinus sylvestris*. *Silvae Genetica* 38:221—228.
- , Harju, A. ja Kärkkäinen, K. 1988. Genetic comparison of natural and nursery grown seedlings of *Pinus sylvestris* using allozymes. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3:37—46.

Sarvas, R. 1953. Siemenviljelys. Metsätaloudellinen aikakauslehti 70(16):73—76.

——— 1962. Investigations on the flowering and seed crops of *Pinus silvestris*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53(4). 198 s.

——— 1970. Establishment and registration of seed orchards. *Folia Forestalia* 89. 24 s.

Savolainen, O. 1992. Background pollination in seed orchards. Julkaisussa: Dag Lindgren (toim.). Pollen contamination in seed orchards. Proc. Meeting of the Nordic group for tree breeding in Sweden, August 1991. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Report 10.

## **MÄNNYN KUKINTA JA SIEMENTUOTANTO METSÄNRAJALLA**

*Katri Kärkkäinen, Oulun yliopisto, Perinnöllisyystieteen laitos, 90570 Oulu*

### **Johdanto**

Pohjoisten mäntymetsien siementuotanto on vähäistä ja epätasaista. Kun Etelä-Suomessa keskimääräinen siemensato kymmenen vuoden ajanjaksolla oli 100 siementä/m<sup>2</sup>, Pohjois-Suomessa siemensato jää puoleen tästä (Koski & Tallqvist 1978). Onnistuneeseen siemensatoon tarvitaan useiden suotuisien kesien yhtenäinen jakso: ensimmäinen kesä kukkasilmujen muodostukseen, toinen kukintaan ja kolmas siementen kypsymiseen. Hyviä siemensatovuosia on siis varsin harvoin.

Männyn kukintaa ja siemensadon vaihtelua on dokumentoitu useina vuosina ja erilaisissa metsiköissä (esim. Sarvas 1962, Koski & Tallqvist 1978). Tässä työssä tarkastelen metsikön sisäisiä, yksilöiden välisiä eroja kukinnassa ja siemensadossa sekä puiden suhteellista panostusta emikukintojen ja siitepölyn tuotantoon. Olen tarkastellut männyn kukinta- ja siemensato- sekä siementen tuleentumismuuntelua äärimmäisissä olosuhteissa metsänrajalla. Olemme myös tarkastelleet siemenviljelyksillä kukintaominaisuuksien geneettisen muuntelun osuutta.

### **Kukinta- ja käpysatomuuntelu metsänrajametsikössä**

Tarkastelin Ylläksen metsänrajametsikön emikukinto- ja siitepölytuotantoa vuosina 1987–1991. Kokonaiskukintamäärä vaihteli paljon vuodesta toiseen varsinkin emikukkien tuotannon osalta. Vuosien välisen vaihtelun lisäksi lisääntyminen oli hyvin epätasaisesti jakautunutta metsikön sisällä. Metsässä oli

muutamia hyviä emikukkien tai siitepölyn tuottajia ja paljon puita, jotka eivät lisääntyneet juuri ollenkaan. Metsikön kukintamuuntelua voidaan kuvata variaatiokertoimien tai ns. efektiivisen populaatiokoon avulla. Efektiivinen populaatiokoko kuvaa kukinnan epätasaisuuden geneettistä vaikutusta (Stern & Gregorius 1972, Muona & Harju 1989). Sekä siitepölyn että emikukkien tuotannon variaatiokerroimet olivat varsin suuria, vuosina 1987–1990 siitepölyn tuotannon variaatiokerroin vaihteli 0,96–1,28 ja emikukinnan 1,04–4,13. Epätasainen kukinta pienensi efektiivistä populaatiokokoa selvästi, 15–80 % (Kärkkäinen 1991). Suurin vaikutus oli vuosina, jolloin emikukinta oli vähäistä ja vain hyvin harvat puut tuottivat emikukkia. Kukinta oli selvästi epätasaisempaa kuin eteläsuomalaisella siemenviljelyksellä, jossa siitepölyn tuotannon variaatiokerroin oli 0,57, käpysadon 0,76 ja efektiivinen populaatiokoko pieneni vain 7 % (Muona & Harju 1989).

Taulukko 1. Emikukinto- (ek), pikkukäpy- (pk) ja siitepölytuotannon (sp) vuosien väliset korrelaatiot Ylläksen metsänrajamännikössä; korrelaatiokerroimen arvolla 0,304  $p=0,05$  ja 0,39  $p=0,01$  (Kärkkäinen 1991).

	sp -88	sp -89	sp -90	pk -88	ek -89	ek -90
sp -87	0,835	0,863	0,779	0,032	0,126	0,298
sp -88		0,717	0,812	0,045	0,200	0,310
sp -89			0,675	-0,045	0,239	0,307
sp -90				-0,032	0,122	0,145
pk -88				0,563	0,602	
ek -89					0,659	

Tutkimuspuut olivat 25–250 vuoden ikäisiä ja 6–14 metrin pituisia. Puiden ikä- tai kokoerot eivät kuitenkaan selittäneet lisääntymiseroja. Samat puut pysyivät hyvinä lisääntyjinä vuodesta toiseen. Hedekukintotuotannon vuosien väliset korrelaatiot vaihtelivat 0,675–0,863, emikukintojen määrien vuosien väliset korrelaatiot olivat hieman alhaisemmat (taulukko 1). Sen sijaan siitepölyn ja emikukintotuotannon väliset korrelaatiot olivat heikkoja eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Hyvät hedekukkijat eivät siis välttämättä ole hyviä kävyn-tuottajia ja päinvastoin. Tällaisen erilaistumisen toiseen toimintoon ovat aiemmin havainneet mm. Stern ja Gregorius (1972) meikäläisellä männyllä ja

Griffin (1982) radiatamännnyllä. Siitepölyn ja emikukinnan määrä voi kuitenkin korreloida ympäristön vaikutuksen vuoksi: hyvässä ympäristössä kasvavalla puulla on energiaa tuottaa molempia. Esimerkiksi Ruotsalainen ja Nikkanen (1989) havaitsivat kuusen siemenviljelyksellä kloonien emi- ja hedekukinnan välillä positiivisen korrelaation. Tarkastelimme kukintaominaisuuksia kahdella männyn siemenviljelyksellä. Vaikka havaittu korrelaatio naaras- ja koiraslisääntymisen välillä oli eräissä tapauksissa positiivinen, sen oli aiheuttanut positiivinen ympäristökorrelaatio, joka peitti negatiivisen geneettisen korrelaation (Savolainen ym. 1992). Mänty ei selvästikään toimi yhtä tehokkaasti sekä käpyjen että siitepölyn tuottajana, ja tämä "taipumus" on periytyvä. Tutkimme kukintaominaisuuksien geneettisen ja ympäristön aiheuttaman muuntelun suhteita vertaamalla siemenviljelyksen kloonien sisäistä ja välistä kukintamuuntelua. Yksilön "koirauden" lisäksi myös siitepölyn ja kävyntuotannon sekä kukkimisajan perinnöllisen muuntelun osuus kokonaismuuntelusta oli varsin suuri (Savolainen ym. 1992).

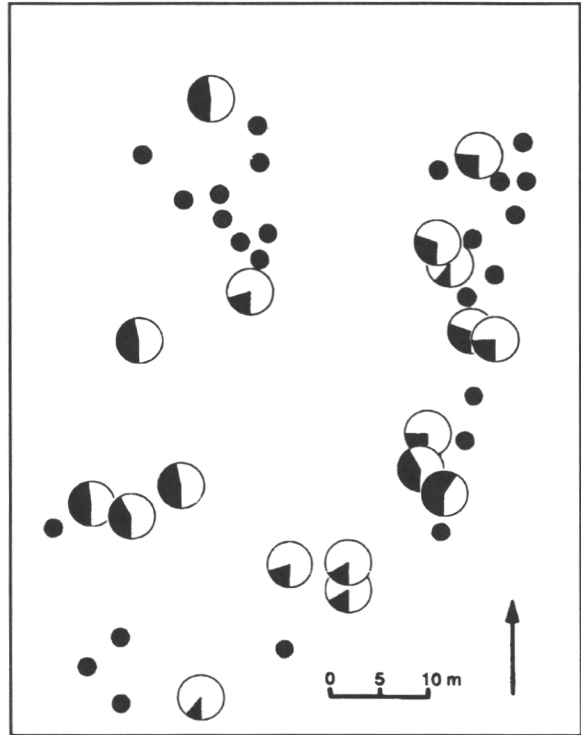
### **Siementen tuleentuminen**

Siementen tuleentuminen on metsänrajalla hyvin ongelmallista. Lyhyen kasvukauden vuoksi siemenet jäävät vajaakehittyneiksi. Vuonna 1988 männyn siemenet tuleentuivat hyvin jopa metsänrajalla: alkioiden koon perusteella määritetty keskimääräinen täysien siementen itämistodennäköisyys Ylläksellä oli 32 prosenttia. Yleensä tuleentuminen on huomattavasti kehnompaa. Esimerkiksi vuonna 1990 siementen keskimääräinen itämistodennäköisyys oli alle kaksi prosenttia.

Puiden välillä on selviä eroja siementen tuleentumisessa. Kuvassa 1 on esitetty Ylläksen metsänrajapopulaation puiden vuoden 1988 täysien siementen todennäköiset itämisprosentit. Parhaiden puiden täysistä siemenistä yli puolet on itäviä, kehnoinnat saivat vain kymmenen prosenttia siemenistään itämiskelpoisiksi. Tuleentumiseroja on usein selitetty mikroympäristöeroilla. Eteläekspositio ja muiden puiden varjostus ovat usein esitettyjä selityksiä. Kuitenkin kuva 1 osoittaa, etteivät nämä tekijät pysty selvästikään selittämään kaikkea tuleentumismuuntelua. Martti Ryyänen (1982) esitti, että siementen tuleentu-

mismuuntelu on osittain geneettistä, ja tähän on helppo yhtyä kuvaa 1 katsoessaan. Siementen tuleentumisen geneettisen ja ympäristömuuntelun osuuksia on tarkoitus tutkia pohjoisilla siemenviljelyksillä vertaamalla kloonien sisäistä ja välistä tuleentumismuuntelua (Harju 1991).

Kuva 1. Kartta, jossa on eräiden Ylläksen metsänrajametsän puiden vuoden 1988 siementen arvioitu itämisprosentti (musta osuus ympyrästä). Karttaan on sijoitettu tutkimuspuiden lisäksi varjostusta aiheuttavat muut alueen puut (mustat pisteet).



Perinnöllisten tuleentumise-rojen mekanismia on vaikea selvittää. Sarvas (1972) esitti, että puiden vuodenaikaisyykliä tarkasteltaessa

voidaan erottaa lyhyen ja pitkän aktiivisen periodin puita, tai pikemminkin nopeasti kehittyviä ja hitaita puita. Tällaisen fenologisen muuntelun voisi olettaa karsiutuvan metsänrajametsiköstä äärimmäisen lyhyen kasvukauden vuoksi. Kuitenkin tuleentumismuuntelun lisäksi metsänrajametsikössä on fenologista muuntelua esimerkiksi kukinnan ajoituksessa. Metsikön sisällä puiden kukintajärjestys vaikuttaa varsin samanlaiselta vuodesta toiseen, hedekukinnan aloitus korreloi merkittävästi kahdessa tapauksessa kolmesta vuosien 1988—1990 vertailussa (1988—1989  $r=0,35$ , 1989—1990  $r=0,66$ ). Sen sijaan kukinnan ajoituksen ja tuleentumisen välillä ei ollut minkäänlaista suhdetta: aikaisin kukkivat puut eivät siis saaneet siemiään kypsiksi yhtään myöhemmin kukkivia paremmin.

## Yhteenvedo

Metsänrajan kukinta ja siementuotanto on huomattavasti vähäisempää ja epätasaisempaa kuin eteläisemmissä metsissä. Varsinkin huonoina käpyvuosina metsän siemensadosta vastaavat hyvin harvat puut. Selvittämättä vielä jää, kuinka suuri osa taimista syntyy näinä metsänrajaolosuhteissa yleisinä huonoina vuosina ja kuinka merkitseviä ovat harvinaiset hyvät siemensatovuodet, jolloin syntyvät siemenet ovat geneettisesti muuntelevampia. Havaitut erot emikukkien ja siitepölyn tuotannossa, samoin puiden "koiraus" tai "naaraus" ovat osittain perinnöllisiä, osittain ympäristön aiheuttamia. Perinnöllisen muuntelun osuus on kuitenkin varsin suuri.

Siementen tuleentuminen onnistuu metsänrajalla vain harvoin. Puiden väliset erot ovat suuria, eivätkä ympäristöerot pysty kokonaan selittämään niitä. Tuleentumiserot ovat selvästikin osittain perinnöllisiä. Jos suuri osa tuleentumismuuntelusta on geneettistä, sitä voitaisiin käyttää hyväksi esimerkiksi pohjoiseen sijoitettujen siemenviljelysten kloonien valinnassa.

## Kirjallisuus

- Griffin, A.R. 1982. Clonal variation in radiata pine seed orchards. I. Some flowering, cone and seed production traits. *Australian Forest Research* 12:295—302.
- Harju, A. 1991. Flowering and seed quality characters in Scots pine. *Proc. IUFRO joint working group meeting in Finland and Sweden*, 10.—19.9.1991.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon mittauksista metsäpuilla. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Kärkkäinen, K. 1991. Itsesiitos, kukintamuuntelu ja sukusiitosheikkous pohjoisissa mäntypopulaatioissa. *Lisensiaatintutkimus*. Oulun yliopisto, perinnöllisyystieteen laitos.
- Muona, O. & Harju, A. 1989. Effective population sizes, genetic variability, and mating system in natural stands and seed orchards of *Pinus sylvestris*. *Silvae Genetica* 38:5—6.

- Ruotsalainen, S. & Nikkanen, T. 1989. Variation in flowering of North Finnish clones in a Norway spruce seed orchard in Central Finland. Julkaisussa: Steiner, L-R. & Werner, M. (toim.). Norway spruce: provenances, breeding and genetic conservation. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsförbättring, rapport 11:176—188.
- Ryynänen, M. 1982. Individual variation in seed maturation in marginal populations of Scots pine. *Silva Fennica* 16:185—187.
- Sarvas, R. 1962. Investigations of the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76(3). 110 s.
- Savolainen, O., Harju, A., Kärkkäinen, K., Nikkanen, T. & Rusanen, M. 1992. Fertility variation in experimental populations of *Pinus sylvestris*. Käsikirjoitus, lähetetty julkaistavaksi.
- Stern, K. & Gregorius, H.R. 1972. Schätzungen de effektiven Populationsgrösse bei *Pinus silvestris*. *Theoretical and Applied Genetics* 42: 107—110.

## POHJOISTEN JA ETELÄISTEN ALKUPERIEN ITÄMISTUNNUKSET

Martti Venäläinen, Metsäntutkimuslaitos, Metsäekologian tutkimusosasto, PL  
18, 01301 Vantaa

### Johdanto

Pitkäaikaisten provenienssikokeiden perusteella tiedetään Suomen etelä- ja pohjoisosista peräisin olevien metsämäntyalkuperien (*Pinus sylvestris* L.) välillä olevan perinnöllistä vaihtelua kasvu- ja tuotosominaisuuksissa (Heikinheimo 1949, Koski 1989). Mikola (1982) ja Ruotsalainen (1982) ovat raportoineet varhaistestien ja testaustarhakokeiden perusteella alkuperien välisistä kasvurytmieroista. Sarvas (1967) ja Chung (1981) ovat puolestaan osoittaneet vaihtelua alkuperien kukkimisfenologiassa. Edellä mainittujen ominaisuuksien vaihtelu korreloi alkuperäalueen leveysasteen ja kasvukauden tehoisan lämpötilan summan kanssa. Tämä on johdonmukaista, koska puiden on oltava kyseisiltä ominaisuuksiltaan kasvupaikkakunnan ilmastoon sopeutuneita. Ominaisuuksien vaihtelun on todettu olevan klinaalista eikä selväräjäistä ja siksi populaatioiden väliset erot havaitaan vain, mikäli populaatiot sijaitsevat kaukana toisistaan.

Siementen itämistunnusten — itämistarmon eli itämisnopeuden ja itämispotentiaalin — vaihtelua eri alkuperien välillä on tutkittu useilla lajeilla. Bramlett ym. (1983) totesivat virginianmännyn (*Pinus virginiana* Mill.) itämistarmon olevan voimakkaan geneettisen säätelyn alaista. Leinonen ym. (1992) totesivat metsäkuusella (*Picea abies* (L.) Karst.) kolmen puolisisarperheen itämistunnusten eroavan korkeissa lämpötiloissa.

Vaihtelun on yleensä tulkittu johtuvan alkuperien sopeutumisesta ilmastollisesti erilaisiin kasvuympäristöihin. Campbell ja Ritland (1982) totesivat lännenhemlokin (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) alkuperillä nopeamman itämisen kytkeytyvän lyhyempään kasvukauteen. Raporttinsa tarkastelussa he viittaavat

samaa havaitun muillakin puulajeilla. Tämä olisi sopusoinnussa Linsserin periaatteen kanssa (esim. Sarvas 1969).

Kamra ja Simak (1968) ja Simak ja Kamra (1970) saivat ensisijaisesti mäntyä mutta myös kuusta koskevat tulokset, joiden mukaan eteläisten ja matalien seutujen alkuperillä on suppeampi itämiselle optimaalinen lämpötila-alue kuin pohjoisten ja korkeiden seutujen alkuperillä. Samantyyppinen tulos on saatu myös kellukoilla (*Geum* spp.); kahden läheisen kellukkalajin itämistunnusten erot tulivat selvimmin näkyviin matalissa lämpötiloissa ja itämisekologian avulla pystyttiin selittämään lajien levinneisyyttä erityyppisille kasvupaikoille (Graves & Taylor 1988). Bhumibhamon (1976) totesi kuusella pohjoisten alkuperien siementen hengittävän kiihkeämmin kuin eteläisten.

Osoituksia sopeutumisesta muihin ympäristötekijöihin kuin lämpötilasta johtuvaan kasvukauden pituuteen on myös saatu. Falusi ym. (1983) totesivat aleppomännillä (*Pinus halepensis* Mill.) kuivuusstressin aiheuttavan alkuperien itämistunnusten vaihtelua. Gibson ja Bachelard (1987) saivat samantyyppisen tuloksen eukalyptuksilla (*Eucalyptus* spp.).

Bhumibhamon (1978) vertaili männyn alkuperien itämisnopeuksia kehittämälään itämisindeksillä siemenviljelysten tehokkuutta testaavien kokeidensa ohella. Hänen aineistonsa kuului 13 metsikköalkuperää Utsjoelta Turkkiin. Niistä 9 oli Suomesta. Lisäksi aineistoon kuului 8 pohjoissuomalaista pluspuukloonian Punkaharjun kloonikokoelmista. Suomalaiset alkuperät jakaantuivat itämisindeksin perusteella kahteen ryhmään. Noin 64:nneen leveysasteen eteläpuolelta peräisin olevien alkuperien keskinäiset erot eivät korreloineet leveysasteen kanssa. Sama päti myös 64:nneen leveysasteen pohjoispuolelta peräisin oleviin alkuperiin. Nopeammin itäneet eteläiset alkuperät poikkesivat kuitenkin ryhmänä selvästi hitaasti itäneestä pohjoisesta ryhmästä. Kloonikokoelmasta kerätyt siemenet itivät lähinnä eteläisen ryhmän tavoin, vaikka kloonien alkuperän perusteella siemenet edustivat pohjoista ryhmää.

On ilmeistä, että mäntyalkuperien itämistunnuksissa on Suomen alueella sekä geneettisistä että fysiologisista syistä johtuvia eroja; muitakin, kuin suora-

naisesta vajaaksi jääneestä tuleentumisesta johtuvia. Jos erot määräytyvät merkittävältä osin geneettisesti, ja varsinkin jos vaihtelu korreloi alkuperäpaikkakuntien ilmastoa kuvaavien muuttujien kanssa, tämä saattaisi osaltaan auttaa ratkaisemaan taustapölyttyvien Pohjois-Suomen siemenviljelysten pulmaa. Näissä Pohjois-Suomen siemenhuoltoa varten Etelä-Suomeen perustetuissa siemenviljelyksissä samanaikaisesti syntyvän kahden, kestävyys- ja kasvurytmiominaisuuksiltaan erilaisen siemenjoukon erottelemiseksi toisistaan ei ole toistaiseksi taimitarhaympäristössä toimivaa menetelmää.

Jos taas alkuperien välillä on selviä itämiseroja, jotka riippuvat siementen fysiologisesta tilasta ja siihen vaikuttavista sää-, keräys-, karistus-, varastointi- ja idätysolosuhteista, tulisi tämä ottaa huomioon. Geneettisten kasvu- ja kestävyyserojen paljastamiseen tähtäävissä varhaistesteissä siementen itämiserot voivat heijastua taimien käyttäytymiseen ja aiheuttaa ylimääräistä virhevaihtelua.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin kartoittamaan, mitä suuruusluokkaa on männyn populaatioiden välinen itämistunnusten vaihtelu Suomen alueella ja mahdollisesti, mitkä populaatioita tai niiden kasvualueita kuvaavat muuttajat voisivat selittää vaihtelua. Koetta suunniteltaessa käytettiin hyväksi aiempia havaintoja siitä, että männyn itämistunnusten erot tulevat parhaiten esille joko matalissa tai korkeissa lämpötiloissa ja pimeässä idätettäessä (Nygren 1987, Nygren ym. 1992). Kokeen tulosten perusteella on tarkoitus päätellä, minkätyyppisiä tarkempia hypoteeseja täytyisi testata ja minkätyyppistä siemenmateriaalia testauksessa kannattaisi käyttää.

Tutkimus on osa Suomen Akatemian rahoittamaa, Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksessa toteutettavaa hanketta "Metsäpuiden siemenhuollon biologiset perusteet". Idätyskokeen toteuttamiseen ovat osallistuneet Markku Nygren, Kari Leinonen ja Riika Otsamo. Kaksi ensin mainittua ovat antaneet hyviä neuvoja logistisen regressiomenetelmän käytöstä tämantapaisten aineistojen käsittelyssä. Markku Nygren on lisäksi lukenut käsikirjoituksen ja tehnyt siihen arvokkaita huomautuksia. Metsäntutkimuslaitoksen henkilökunnasta työn eri vaiheisiin ovat osallistuneet Marja-Leena Annala, Jukka Lehtonen, Sisko Salminen ja Vilma Pudas. Kaikille edellä mainitulle suuri kiitos.

## Aineisto ja menetelmät

Idätyskokeen aineistona käytetyt männyn siemenerät oli kerätty Metsäntutkimuslaitoksen metsänjalostuksen tutkimusosaston toimesta ylläpidettyyn standardimetsäverkostoon kuuluvista metsiköistä. Standardimetsiköiden siemenistä kasvatettujen taimien ensisijainen käyttötapa on niiden pitäminen paikallista luonnonpopulaatiota edustavana vertailumateriaalina metsänjalostuksen koeviljelyksissä. Sen lisäksi standardimetsiköiden siemeniä on ollut mukana mm. Mikolan (1982) ja Ruotsalaisen (1982) kasvurytmikokeissa. Tässä kokeessa mukana olevien metsiköiden sijainti ja sijaintipaikkakuntien keskeiset ilmastotunnukset on esitetty taulukossa 1 ja siemeniä koskevia tietoja on taulukossa 2. Metsiköt on lueteltu järjestyksessä pohjoisimmasta eteläisimpään p-koordinaatin perusteella. Järjestys on samalla kasvukauden lämpösumman mukaisesti nouseva.

Taulukko 1. Tietoja kokeessa mukana olevista standardimetsiköistä.

Numero <sup>1</sup>	Sijaintikunta	p-koord. <sup>2</sup>	i-koord. <sup>2</sup>	Korkeus <sup>3</sup>	Lämpösumma <sup>4</sup>
St.2	Inari	767344	350856	150	665 (793)
St.4	Kittilä	754937	338590	300	691 (822)
St.6	Kolari	745626	337231	190	818 (978)
St.7B	Rovaniemen mlk	736318	348885	160	867 (1084)
St.9	Suomussalmi	719624	360020	210	900 (1144)
St.10	Pyhäjoki	714733	338364	80	1038 (1032)
St.15	Kälviä	707018	335534	100	1045 (1052)
St.13A	Konginkangas	696891	343516	180	1055 (1073)
St.11A	Ristiina	682100	343516	180	1262 (1262)
St.18	Miehikkälä	673505	353437	60	1296 (1293)

<sup>1</sup> Metsikön numero Metsäntutkimuslaitoksen metsägeneettisessä rekisterissä

<sup>2</sup> Yhtenäiskoordinaatiston mukainen sijainti

<sup>3</sup> Maaston korkeus metreinä merenpinnasta

<sup>4</sup> Koordinaattien ja maaston korkeuden perusteella laskettu kasvukauden tehoisan lämpötilan summa astepäivinä (d.d.) +5 °C:n kynnyksarvolla; ensin pitkäaikainen keskiarvo ja sulussa tuleentumisvuoden arvo (Ojansuu & Henttonen 1983)

Taulukko 2. Tietoja kokeessa mukana olevista siemeneristä.

Alkuperä	Keräysaika	Siementunnus	1000-jp (g)
St.2 Inari	24.-27.10.1988	G03-88-0878	3,782
St.4 Kittilä	26.-30.9.1988	G03-88-1225	3,706
St.6 Kolari	14.-16.11.1988	G03-88-0876	4,293
St.7B Rovaniemen mlk	18.-20.10.1988	G03-88-1226	3,774
St.9 Suomussalmi	8.-10.11.1988	G03-88-0877	4,367
St.9 Suomussalmi	1.-2.4.1985	G01-85-0519	3,774
St.10 Pyhäjoki	19.-20.3.1985	G01-85-0547	3,743
St.15 Kälviä	17.-21.3.1985	G01-85-0619	3,994
St.13A Konginkangas	1.-3.4.1985	G01-85-0464	4,058
St.11 Ristiina	28.11.1985	G01-85-0239	4,341
St.18 Miehikkälä	18.-19.11.1988	G01-85-0229	4,402

Kävyt oli karistettu Metsäntutkimuslaitoksen Kolarin tutkimusasemalla (tunnus G03) tai Ruotsinkylän kenttäasemalla (tunnus G01). Karistuksen jälkeen siemeniä oli säilytetty vastaavien toimipisteiden siemenkellareissa. Siemenkellarin lämpötila Kolarissa on 5°C ja Ruotsinkylässä -6°C.

Idätyskoe aloitettiin Viikin laitekeskuksen tiloissa 30.09.1990. Koetta varten jokaisesta siemenerästä oli otettu 23 satunnaisnäytettä, joissa kussakin oli 50–60 siementä. Jokainen näyte oli punnittu 0,1 mg:n tarkkuudella ja siemenen tarkka lukumäärä oli laskettu. Läpivalaisua varten otettiin jokaisesta alkuperästä 100 siemenen näyte. Idätysalustoina käytettiin 50 mm:n petrimaljoja, joihin oli valettu silmänvaraisesti 5 mm:n kerros 2 % agarია. Siemenet pintasteriloitiin 3 % NaHCl-liuoksella ja huuhdeltiin tislattulla vedellä. Idätys tehtiin 12,5 °C:n lämpötilaan säädetyssä pimeässä kasvatuskammiossa. Käytännössä lämpötila vaihteli  $\pm 1$  °C ja ilman suhteellinen kosteus vaihteli 40:n ja 90 %:n välillä. Kasvatuskammiossa käytäessä sitä valaistiin vihreällä, itämisen kannalta neutraalilla valolla (vrt. Nyman 1963, Mayer & Poljakoff-Mayber 1982).

Jokaisesta alkuperästä tuli idätykseen mukaan 15 maljaa. Numeroidut maljat laitettiin kasvatuskammioon satunnaiseen järjestykseen. Maljojen järjestyksestä

kasvatuskammiossa pիրrettiin kartta. Jokaista havaintokertaa varten otettiin kammiosta ulos kustakin alkuperästä yksi ennakoita arvottu malja. Itämishavainnot tehtiin 5, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 26, 28, 30, 32 ja 34 päivän kuluttua kokeen aloittamisesta. Tällöin itäneiden siementen lukumäärä laskettiin ja ne poistettiin maljasta. Itämättömät siemenet laitettiin 21 päiväksi  $19 \pm 2$  °C:n lämpötilaan 10 tunnin vuorokautiseen valoon jälki-idätykseen. Jälki-idätyksessä itäneiden siementen lukumäärä laskettiin 21 päivän kuluttua. Siemen tulkittiin itäneeksi, mikäli sirkkajuuri oli kasvanut vähintään 1 mm:n pituiseksi ja osoitti positiivista geotropismia. Jälki-idätyksen jälkeen vielä itämättömiä siemeniä säilytettiin viileässä ja pimeässä kokeen lopettamishetkeen, 55 päivään saakka. Tällöin siemenet avattiin ja kovien itämättömien ja tyhjien siementen määrät laskettiin. Petrimaljojen kannet suljettiin teipeillä kun havaittiin, että kasvavat sirkkataimet pyrkivät työntämään kannet paikoiltaan. Sirkkataimet olivat vaaleanvihreitä pimeistä kasvuolosuhteista huolimatta.

Kontrolli-idätykset tehtiin toisessa kasvatuskammiossa. Siinä lämpötila oli  $19 \pm 2$  °C ja ilman suhteellinen kosteus vaihteli 60:n ja 100 %:n välillä. Kontrollikammiota valaistiin 10 tuntia vrk:ssa. Kontrolli-idätyksiin tuli jokaisesta alkuperästä 8 maljaa, jotka jaettiin neljään erilaiseen käsittelyyn. 2+2 maljaa pidettiin kontrollikammion valaistuksessa. Niistä kahta seurattiin toistuvasti (5, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ja 20 päivän kuluttua kokeen aloittamisesta) ja toiset kaksi luettiin ainostaan kerran, 21. päivänä kokeen aloittamisesta. Toiset 2+2 maljaa käärittiin alumiinifolioon ja niitä pidettiin näin pimennettyinä kontrollikammion lämmössä. Niitä seurattiin samalla tavalla kuin peittämättömiä kontrollimaljoja, paitsi toistuvasti seurattavat maljat käytiin lukemassa vihreässä valaistuksessa.

Koeolosuhteet	Jälki-idätys
[=====]	[=====]
Pimeä, 12,5 °C	Valo, 19 °C
5 - 34 päivää	21 päivää

Kuva 1. Kaavakuva koejärjestelystä.

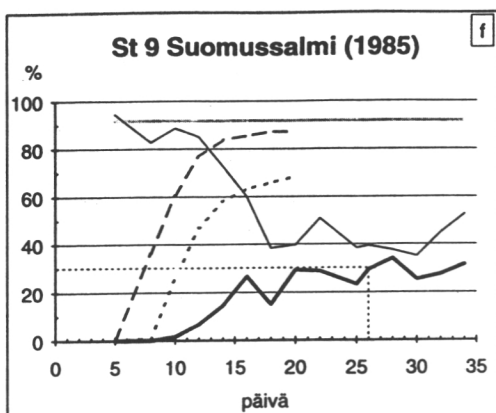
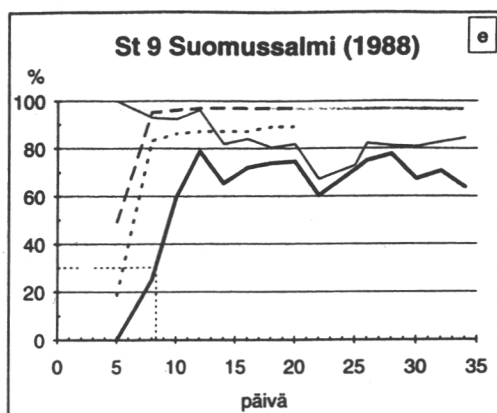
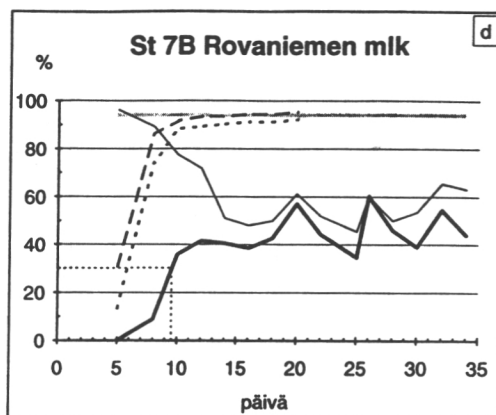
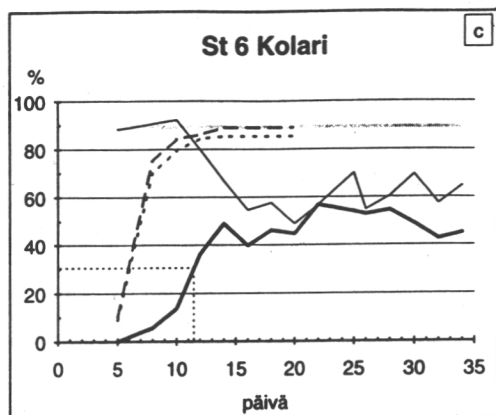
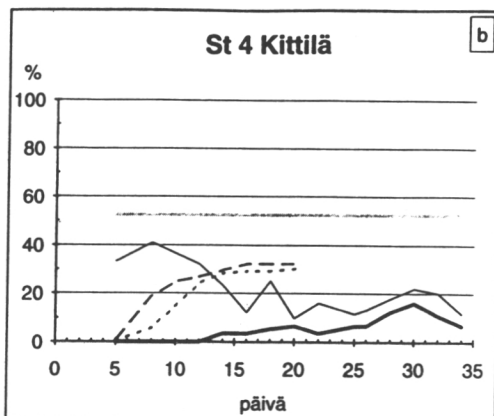
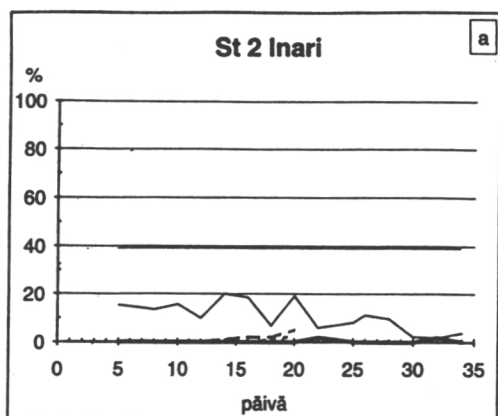
## Tulokset

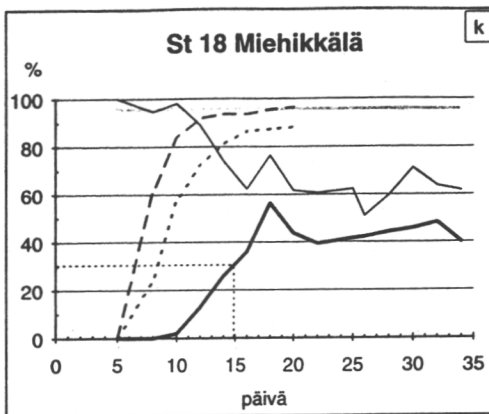
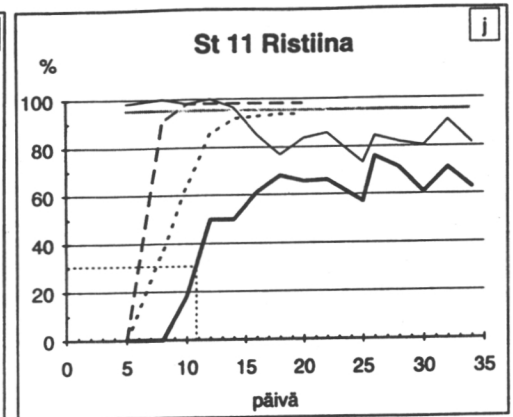
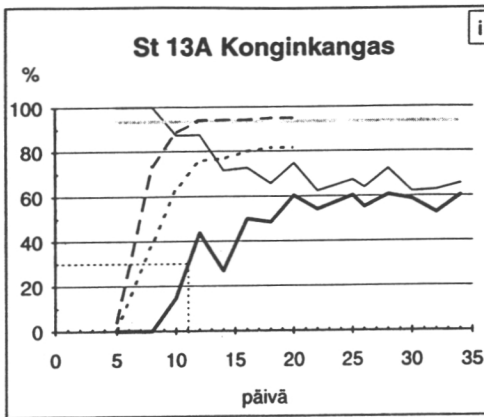
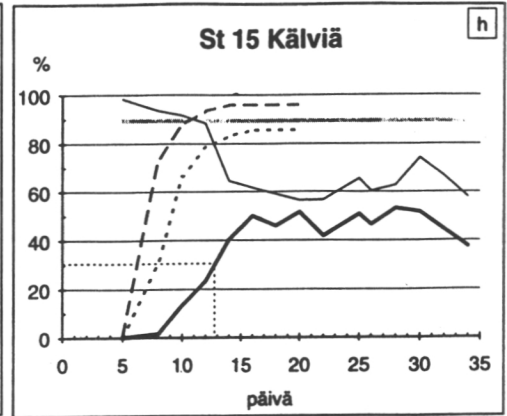
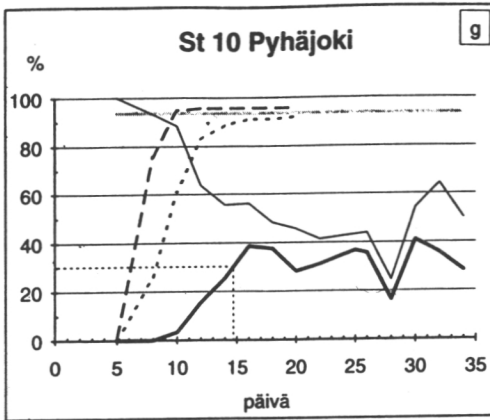
Idätystulokset koe- ja kontrolliolosuhteissa on esitetty alkuperittäin kuvassa 2. Vaaka-akselille merkitty päivien määrä tarkoittaa aikaa, jonka maljat olivat koeolosuhteissa (tai kontrolliolosuhteissa). Kunkin koemaljan tulos 21 päivän jälki-idätyksen jälkeen on merkitty sen päivän kohdalle, jolloin malja siirrettiin koeolosuhteista jälki-idätykseen. Koska jokaisella havaintokerralla luettiin eri maljat, on osa havaintokertojen välisestä vaihtelusta sattuman aiheuttamaa. Alkioluokkajakauman perusteella odotettu itävyys on merkitty kuviin vaakasuoralla viivalla (Simak 1980).

Kahta pohjoisinta alkuperää lukuunottamatta kaikkien alkuperien käyttäytymisen viileä—pimeä-käsittelyssä oli samankaltaista. Itäminen alkoi 5—10 päivän kuluttua kokeen aloittamisesta ja se noudatti aluksi logistisen kasvun käyrää. Noin 16 päivän kuluttua kiihtyvällä vauhdilla tapahtunut itäminen kuitenkin nopeasti lakkasi. Kahdella nopeasti itäneellä alkuperällä taittuminen tapahtui jo aikaisemmin (Suomussalmi 1988: 12. päivänä ja Kolari: 14. päivänä).

Alkuperien itämisjärjestys sen perusteella, kuinka nopeasti ne saavuttivat 10 %:n itävyyden rajan, on esitetty taulukossa 3. Järjestys, jossa alkuperät saavuttivat 30 %:n itävyyden rajan, on sama lukuunottamatta Kolarin ja Ristiinan käännteistä järjestystä. Päivien lukumäärä on katsottu kuvasta 2; kuviin on merkitty katkoviivalla ajankohta, jolloin 30 %:n itävyyden raja ylitettiin. Itämisvaiheen aikana saavutettu itämispotentiaali on laskettu 16. päivän ja sitä myöhempien havaintokertojen keskiarvona, ja myös se on esitetty taulukossa 3.

Ensimmäisillä havaintokerroilla viileä—pimeä-oloista otetut maljat, joissa itämistä ei ollut lainkaan tapahtunut tai joissa se oli vähäistä, reagoivat voimakkaasti 21 päivän jälki-idätykseen: lähes kaikki siemenet itivät. Viileä—pimeä-käsittelyajan pidetyessä jälki-itämisreaktio heikkeni siten, että 16. päivän jälkeen jälki-idätykseen otetuissa maljoissa iti alkuperästä riippuen 7—37 % jäljellä olleista täysistä siemenistä. Jälki-idätykseen reagoivien siementen määrässä ei ole nähtävissä trendiä viileä—pimeä-käsittelyajan pidetyessä 16 päivästä 34 päivään.





- itämis-% pimeässä ja viileässä (12,5 °C) (eri ajankohtina luettu eri maljat)
- itämis-%, kun pimeä-viileä -oloista otettu malja oli ollut 21 päivää valoisassa (10 h/vrk) ja lämpimässä (19 °C)
- · · itämis-% pimeässä ja lämpimässä (19 °C) (sama malja luettu toistuvasti)
- - - itämis-% valoisassa (10 h/vrk) ja lämpimässä (19 °C) (sama malja luettu toistuvasti)
- alkioluokkajakauman perusteella odotettu itävyys

Kuva 2. Idätyskokeen tulokset.

Taulukko 3. Itämisnopeus pimeässä, 12,5°C:n lämpötilassa ja saavutettu itämispotentiaali (täysien siementen määrästä laskettuna) sekä alkioluokkajakauman perusteella odotettu itävyys.

Alkuperä	Itänyt ≥ 10%, päivä	Itänyt ≥ 30%, päivä	Itämispo- tentiaali, %	Odotettu itävyys, %
St. 9 Suomussalmi 1988	6	8	71	96
St. 7B Rovaniemen mlk	8	10	46	94
St. 6 Kolari	9	11	49	84
St. 11 Ristiina	9	11	66	95
St. 13A Konginkangas	9	11	56	94
St. 15 Kälviä	9	13	47	89
St. 10 Pyhäjoki	11	15	33	94
St. 18 Miehikkälä	12	15	44	96
St. 9 Suomussalmi 1985	13	26	27	92
St. 4 Kittilä	28	-	8	52
St. 2 Inari	-	-	0	39

Lähes kaikissa niissä homeettomissa maljoissa, joissa oli runsaasti itämättömiä täysiä siemeniä ja jotka joutuivat jälki-idätysajan jälkeen odottamaan pitkään kokeen päättymistä viileässä, tapahtui jonkin verran itämistä.

Kontrollimaljojen itämisestä on kuvaan 2 piirretty vain toistuvasti seurattujen maljojen antama kumulatiivinen tulos. Se ei poikennut kertaalleen luettujen maljojen tuloksesta. Kontrolliolosuhteissa kaikki alkuperät itivät nopeammin kuin viileä—pimeä-olosuhteissa. Koeolosuhteissa nopeimmin itäneet alkuperät itivät nopeimmin myös kontrolliolosuhteissa, mutta nopeuserot näyttivät pienemmiltä. Valossa olleet kontrollimaljat itivät pimentävällä foliolla peitettyjä nopeammin ja saavutettu itämisprosentti oli poikkeuksetta korkeampi. Valossa pidetyt kontrollimaljat saavuttivat kahta pohjoisinta alkuperää lukuunottamatta läpivalaisukuvista tulkitun alkioluokkajakauman perusteella odotetun itävyyden. Inarin ja Kittilän metsiköiden siemenet todettiin alkioluok-

kajakauman perusteella anatomisesti vajaasti tuleentuneiksi, ja niiden heikkoa itämistä kaikissa olosuhteissa on pidettävä merkinä vielä vajaammaksi jääneestä fysiologisesta tuleentumisesta.

Inarin ja Kittilän siemeniä sisältäneet maljat homehtuivat lähes poikkeuksetta viimeistään jälki-idätysvaiheessa. Niiden osalta tyhjien siementen määrän laskeminen jäi epävarmaksi. Muissakin alkuperissä yksittäisiä maljoja häiritsi homehtuminen. Osassa maljoista oli kokeen loppuvaiheessa havaittavissa viitteitä agarin kuivumisesta.

### **Tulosten tarkastelua**

Kokeen lähtöhypoteesi oli, että populaatioiden itämistunnusten välillä on geneettisiä eroja, jotka ovat kytkeytyneet kasvupaikkojen ilmastoekologisiin tunnuksiin samaan tapaan kuin kasvurytmierot (Mikola 1982, Ruotsalainen 1982). Tämä edellyttää, että itämisnopeuden sopeutumisella kasvukauden pituuteen olisi samantyyppinen vaikutus yksilön menestymiseen kuin kasvurytmin sopeutumisella.

Bhumibhamonin (1978) tulosten perusteella eteläisten metsiköiden siementen voisi odottaa itävän nopeammin kuin pohjoisten. Campbellin ja Ritlandin (1982) tulosten perusteella olisi odotettavissa päinvastainen järjestys. Nyt saaduista tuloksista havaitaan, että eri alkuperillä ilmeisesti on erilainen itämisnopeus. Nopeimmin itäneet erät ovat lämpimänä kesänä 1988 tuleentuneita siemeniä.

Koesuunnitelman mukaisesta alkuperittäisestä itämistunnusten parametrisoinnista logistisen regression avulla oli luovuttava, eli sitä, mitkä erät poikkeavat toisistaan, ei testattu. Siementen itäminen alkoi kyllä logistisen mallin mukaisesti, mutta siihen sekoittui liian pian toinen fysiologinen ilmiö: todennäköisimmin sekundäärinen horroksen indusoituminen.

Toisaalta mahdollisuudet selittää itämistunnusten vaihtelua alkuperäpaikkakuntien sijainti-, ilmasto- tai säämuuttujilla ovat vajavaiset, koska aineisto ei

riittävässä määrin kata kyseeseen tulevien muuttujien eri kombinaatioita. Lämpimämpään kesään kytkeytyy siementen lyhyempi varastointiaika. Lämpimänä kesänä käpyjen keruussa keskityttiin vain pohjoisiin alkuperiin, jotka eivät tuleennu hyvin normaalivuosina, joten samalta vuodelta ei ole käytettävissä Etelä-Suomen standardimetsien siemeniä. Lämmin kesä vaikuttanee lisäksi siementen painoon, jolla puolestaan voi olla vaikutusta itämistunnusten vaihteluun.

Aineistoon sisältyy kaksi eri vuosina samasta suomussalmelaisesta metsiköstä kerättyä siemenerää (kuvat 2e ja 2f). Niiden käyttäytymisen perusteella voidaan saada käsitys geneettisten ja fysiologisten tekijöiden merkitsevyyssuhteista. Vuoden 1985 erä koostuu 34 puun siemenistä (tuhatjyvápaino 3,774 g) ja vuoden 1989 erä 41 puun siemenistä (tuhatjyvápaino 4,367 g). Keräyspuista 12 on molemmilla keräyskerroilla samoja. Kummankin siemenerän voidaan katsoa olevan edustava otos kyseisen metsikön siementuotannosta. Siemenerien itämistunnukset poikkeavat kuitenkin jyrkästi ja edustavat koeaineiston ääriilaitoja. Tämä on osoitus siitä, että kesän säiden (tai varastointiajan) aiheuttama vaihtelu metsikön vuosikertojen välillä voi olla suurempi kuin metsiköiden väliset geneettiset ja fysiologiset vaikutukset yhteensä koko maan alueella. Havainto ei juuri tue oletusta, että kasvukauden pituus aiheuttaisi voimakkaan valintapaineen itämistunnuksiin samaan tapaan kuin se aiheuttaa kasvurytmiin. Kasvurytmin ja itämisenopeuden geneettisistä korrelaatioista eli siitä, missä määrin niitä ohjaavat samat geenit, ei liene selvityksiä.

Tulokset eivät viittaa siihen, että itämistunnuksiin perustuva siemenviljelysiemenen erottelumenetelmä toimisi. Bhumibhamon (1978) päätteli samaa itämisindeksin käyttämisestä. Kokeessa ilmenneellä itämistunnusten vaihtelulla saattaa olla merkitystä sellaisissa varhaistesteissä, joissa käytetään erilaisissa oloissa syntyneitä siemeniä.

Jatkotutkimuksia tai ainakin toistamista vaativa ilmiö on viileä—pimeä—käsittelyn pituuden vaikutus jälki-itämisreaktioon. Syyksi heikkoon itävyyteen pitkän viileä—pimeä—käsittelyn jälkeen voidaan ensisijaisesti epäillä käsittelyn indusoi-  
maa sekundäärihorrosta.

## Kirjallisuus

- Bhumibhamon, S. 1976. Genetic variation in seed respiration of Norway spruce. Proc. 2nd International symposium of IUFRO W.P. S2.01.06, Japan 1976. 12 s.
- 1978. Studies on Scots pine seed orchards in Finland with special emphasis on the genetic composition of the seed. Seloste: Tutkimuksia männyn siemenviljelyksistä Suomessa, erityisesti siemenen geneettisen laadun kannalta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94(4). 118 s.
- Bramlett, D.L., Dell, T.R. & Pepper, W.D. 1983. Genetic and maternal influences on Virginia pine seed germination. *Silvae Genetica* 32(1–2):1–4.
- Campbell, R.K. & Ritland, S.M. 1982. Regulation of seed-germination timing by moist chilling in Western hemlock. *New Phytologist* 92: 173–182.
- Chung, M-S. 1981. Flowering characteristics of *Pinus sylvestris* L. with special emphasis on the reproductive adaptation to local temperature factor. Seloste: Männyn (*Pinus sylvestris* L.) kukkimisominaisuuksista, erityisesti kukkimisen sopeutumisesta paikalliseen lämpöilmastoon. *Acta Forestalia Fennica* 169. 68 s.
- Falusi, M., Calamassi, R. & Tocci, A. 1983. Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genetica* 32(1–2):4–9.
- Gibson, A. & Bachelard, E.P. 1987. Provenance variation in germination response to water stress of seeds of some Eucalypt species. *Australian Forest Research* 17:49–58.
- Graves, J.D. & Taylor, K. 1988. A comparative study of *Geum rivale* L. and *G. urbanum* L. to determine those factors controlling their altitudinal distribution. III. The response of germination to temperature. *New Phytologist* 110:391–397.
- Heikinheimo, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Summary: Results of experiments on the geographical races of spruce and pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(2). 44 s.

- Kamra, S.K. & Simak, M. 1968. Germination studies on Scots pine (*Pinus silvestris* L.) seed of different provenances under alternating and constant temperatures. *Studia Forestalia Suecica* 62. 14 s.
- Koski, V. 1989. Siemensierrot ja ilmastoon sopeutuminen. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Tuusulassa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 328:20—37.
- Leinonen, K., Nygren, M. & Rita, H. 1992. Temperature control of germination in the seeds of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Painossa.
- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. 1982. The germination of seeds. 3. painos. Pergamon Press, Oxford. 221 s.
- Mikola, J. 1982. Bud-set phenology as an indicator of climatic adaptation of scots pine in Finland. *Silva Fennica* 16(2):178—184.
- Nygren, M. 1987. Germination characteristics of autumn collected *Pinus sylvestris* seeds. Seloste: Männyn siementen itämistunnukset syyskeräyksissä. *Acta Forestalia Fennica* 201. 42 s.
- , Leinonen, K. & Jauhiainen S. 1992. Polymorphism of Scots pine seeds from one individual: the effect of temperature and seed structure on germination. *Käsikirjoitus*.
- Nyman, B. 1963. Studies on the germination of seeds of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with special reference to the light factor. *Studia Forestalia Suecica* 1:1—64.
- Ojansuu, R. ja Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen ilmatieteen laitoksen mittautiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish meteorological office. *Silva Fennica* 17(2):143—160.
- Ruotsalainen, S. 1982. Eri tavoin mitattujen vuosirytmioinaisuuksien ja pituuskasvun geneettisen vaihtelun keskinäisistä suhteista männyn (*Pinus sylvestris* L.) alkuperien välillä. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, kasvinjalostustieteen laitos. 115 s.
- Sarvas, R. 1965. The annual period of development of forest trees. *Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften - Proceedings of the Finnish Academy of Science and Letters* 1965. s. 211—231.

- 1969. Genetical adaptation of forest trees to the heat factor of the climate. Proc. Second world consultation on forest tree breeding, Washington, 7.—16.8.1969. 11 s.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Research Notes 3:1—29.
- & Kamra, S.K. 1970. Germination studies on Norway spruce (*Picea abies*) seed of different provenances under alternating and constant temperatures. Proc. International Seed Testing Association 35(2):383—391.



## **SIEMENEN TUOTTAMINEN KUUSEN SIEMENVILJELYKSILLÄ**

*Teijo Nikkanen, Metsäntutkimuslaitos, Punkaharjun tutkimusasema, 58450  
Punkaharju 2*

### **Johdanto**

Kuusi on pääpuulajina 27 %:lla maamme metsäpinta-alasta. Metsiemme puuston kuutiotilavuudesta kuusta on 38 %. Karkeasti arvioiden kuusta viljellään yhtä laajalla alalla kuin sitä uudistetaan tai se uudistuu luontaisesti. Kuusen viljely tapahtuu käytännössä yksinomaan istuttamalla. Kuusen osuus metsänviljelyalasta on viime vuosina kasvanut samalla kun männyn osuus on pienentynyt. Siemenviljelytyöryhmä arvioi kolme vuotta sitten, että kuusen vuotuinen viljelyala 1990-luvulla olisi 50 000 ha (Metsäpuiden... 1989). Siementarve olisi tällöin 1660 kg vuodessa.

Kuusen siemenviljelyksiltä kerättiin vuonna 1989 ensimmäinen merkittävä siemensato, lähes 2000 kg. Sitä ennen viljelyksiltä oli kerätty siementä yhteensä vain vähän yli 200 kg. Näihin päiviin asti taimitarhoilla onkin käytetty lähes valikoimatonta, yleensä ohjatuista hakkuukeräyksistä saatua siementä. Jonkin verran korkeampaa geneettistä laatua edustaa kasvu- ja laatuominaisuuksiensa perusteella siemenkeräykseen valituista metsiköistä kerätty siemen. Kuusella suurimmat hyödyt viljelytaimien käytöllä luontaisesti syntyneisiin taimikoihin verrattuna on tähän mennessä saatu alkuperäsiirroilla etelästä pohjoiseen.

Kuusen siemenviljelykset ovat kehittyneet siementuotantovaiheeseen hitaasti. Kuusivartteiden odotettua pitemmän nuoruusvaiheen ohella siemensatojen viivästymisen syynä voidaan pitää kuusen kukintabiologiaan kuuluvaa kukinnan voimakasta vuosivaihtelua. Etelä-Suomessa kuusi kukkii runsaasti vain pari kolme kertaa vuosikymmenessä ja Pohjois-Suomessa ei välttämättä kertaakaan

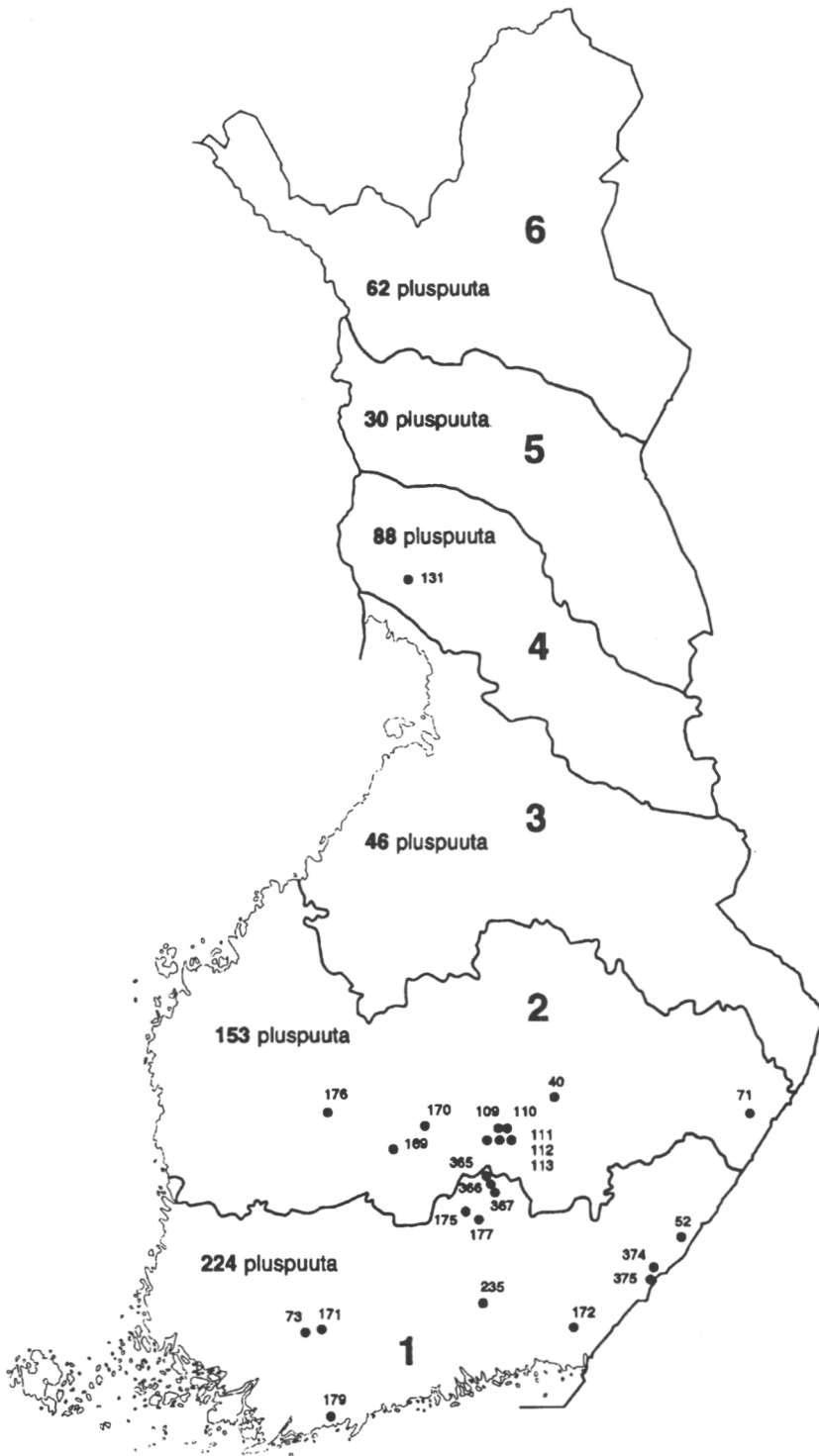
(Koski & Tallqvist 1978). Kuusen siementuotannossa on otettava huomioon se, ettei parhailtakaan siemenviljelyksiltä siementä voida kerätä joka vuosi.

## Kuusen siemenviljelykset Suomessa

Kuusen siemenviljelykset on perustettu yhtä lukuunottamatta Etelä- ja Keski-Suomeen (kuva 1). Viljelyksiin on koottu kaikkiaan 603 kloonia eri osista maata. Kartalle kuvaan 1 on merkitty siemenviljelysten sijainnin lisäksi kuusen jalostusvyöhykkeet (Pitkätähdyksen... 1989) sekä kultakin jalostusvyöhykkeeltä siemenviljelyksillä olevien kloonien lukumäärä.

Taulukko 1. Kuusen siemenviljelykset Suomessa.

Siemenviljelyksen			Viljelyksen omistaja	Perus- tamis- vuosi	Pinta- ala ha	Kloo- nien lkm	Alkup. Vilje- alueen lyksen lämpösumma		Siemen- luokka v.1992
Nro	Nimi	Sijainti					d.d.	d.d.	
40	Kivimäki	Jäppilä	MH, Mikkeli	1966	11,3	48	1140	1120	A3
52	Ahvenlampi	Rautjärvi	Yht.Pap.tehtaat Oy	1965	7,0	82	1220	1200	
71	Ristee	Tohmajärvi	P-K:n ml.	1965	8,3	74	1190	1110	A 3
73	Onkimaa	Tammela	MH, Hämeenlinna	1964	11,3	106	1230	1240	A 3
109	Leppäniemi	Kangasniemi	Tapio	1966	6,7	71	1210	1200	A 3
110	"	"	"	1966	6,7	54	1210	1200	A 3
111	"	"	"	1966	9,8	56	1190	1200	A 3
112	"	"	"	1966	6,7	50	1140	1200	A 3
113	"	"	"	1966	12,6	67	1170	1200	A 3
131	Koskelanvainio	Tervola	MH, Ylikemi	1966	2,9	95	820	960	
169	Riihimäki	Kuorevesi	MH, Jyväskylä	1969	10,3	38	890	1130	(A 3)
170	Heinämäki	Korpilahti	"	1968	12,5	68	900	1090	(A 3)
171	Isoaho	Tammela	MH, Hämeenlinna	1968	12,3	113	1235	1230	
172	Palvaanjärvi	Miehikkälä	MH, Mikkeli	1969	10,0	98	1240	1280	A 3
175	Vehkasuo	Hartola	"	1969	15,0	50	1110	1230	
176	Metsä-Ihala	Virrat	MH, Jyväskylä	1970	19,9	94	700	1160	(A 3)
177	Sairila	Hartola	Tapio	1970	21,0	76	1210	1230	A 3
179	Svartbäck	Inkoo	MH, Hämeenlinna	1970	7,5	62	1245	1360	A 3
235	Sillanpää	Iitti	MH, Mikkeli	1971	20,1	60	1130	1280	A 3
365	Paronen	Joutsa	MH, Jyväskylä	1970	28,3	125	810	1210	(A 3)
366	"	"	"	1972	10,3	38	900	1210	(A 3)
367	"	"	"	1972	11,3	33	1010	1210	(A 3)
374	Mellonkylä	Imatra	Enso-Gutzeit Oy	1968	2,7	69	1105	1290	A 3
375	"	"	"	1968	2,5	196	1200	1290	A 3
<b>Keskiarvo</b>					<b>11,1</b>	<b>76</b>	<b>1092</b>	<b>1201</b>	
<b>Yhteensä</b>					<b>267,0</b>				



Kuva 1. Kuusen siemenviljelysten sijainti ja jalostusvyöhykkeet sekä kultakin jalostusvyöhykkeeltä siemenviljelyksillä olevien kloonien lukumäärä.

Kuusen siemenviljelysten perustaminen aloitettiin Suomessa v. 1964 (taulukko 1). Viljelyksiä on perustettu kaikkiaan noin 300 hehtaaria. Tällä hetkellä viljelyksiä on 24 kappaletta (267 ha). Näistä 20 on rekisteröity nuorten siemenviljelysten luokkaan, A3. Jäljelle jäävälle neljälle viljelykselle siemenluokkaa ei metsänviljelyaineiston rekisteristä joko ole pyydetty tai sitä ei ole voitu antaa, koska viljelys ei ulkoisesti tai geneettisessä mielessä täytä sille asetettuja vaatimuksia.

Maamme kuusen siemenviljelyksistä metsähallitus omistaa 68 % (183 ha), Metsäkeskus Tapio ja Pohjois-Karjalan metsälautakunta yhteensä 27 % (72 ha) ja yhtiöt 5 % (12 ha).

## **Siemensatojen vaihtelu kuusella**

### *Kukinnan vaihtelu*

Kuusen kukinnan ja käpysadon suureen vuosien väliseen vaihteluun on kiinnitetty huomiota jo kauan (Blomqvist 1876). Tällä vuosisadalla siemensadon vaihtelua on seurattu mittauksin ja siitä on olemassa kattavia tietoja (Heikinheimo 1932, Sarvas 1968, Koski & Tallqvist 1978). Viimeksi hyvä siemenvuosi oli v. 1989. Tällöin kuusi kukki runsaasti laajoilla alueilla ainakin koko Fennoskandiassa ja Baltian maissa. Kukinta ei kuitenkaan aina ole runsasta laajoilla alueilla yhtä aikaa. Pohjois-Suomessa hyviä kukintavuosia on harvemmin kuin Etelä-Suomessa. Hyviä tai kohtalaisia kukintavuosia viimeksi kulu-  
neen 30 vuoden aikana Etelä-Suomessa ovat olleet 1960, 1964, 1967, 1973, 1978, 1983, 1987 ja 1989.

Kukinnan vuosivaihtelua on yritetty selittää monin tavoin. Kaikkein selvimmin kukinnan runsauteen vaikuttaa kukintaa edeltävän kesän sää. Jos kukkimista edeltävä kesä on ollut lämmin ja kuiva, kukinta on todennäköisesti runsas, jos kesä taas on ollut kylmä ja sateinen, se on niukka (Tirén 1935, Lindgren ym. 1977). Ratkaiseva merkitys on alkukesän säillä, koska kukka-aiheiden erilaistuminen tapahtuu jo ennen keskikesää. Kukinnan runsautta eivät kuitenkaan säätele vain yhden vuoden säät. Kuusen siemensadon ennustamiseen kehitetyn

mallin avulla on havaittu, että ennuste paranee, jos otetaan huomioon kahden edellisen kesän kesä- ja heinäkuun lämpöolot (Pukkala 1987).

Sääoloista riippumatta poikkeuksellisen hyvää kukintavuotta seuraa kuitenkin aina huono vuosi. Näyttää siltä, että runsas kukinta ja siemensato rasittavat puita niin paljon, että niiden täytyy levätä ainakin seuraava vuosi. Kuusella kahden peräkkäisen vuoden kukinnan runsautta rajoittaa myös sellainen rakenteellinen seikka, että emikukka kehittyy aina verson kärkisilmusta. Kun kukinta on ollut runsas, on kärkisilmun tilalla käpy, eikä uuden emikukan muodostuminen ole siksi mahdollista.

Kukinnan runsauteen vaikuttaa voimakkaasti puun ikä. Siemensyntyiset kuuset kukkivat vain poikkeustapauksissa ennen 40 vuoden ikää (Lindgren ym. 1977). Siemenviljelyksiä perustettaessa uskottiin, että vartteet alkaisivat viljelyksillä tuottaa runsaasti siementä jo kymmenen vuoden iässä. Vartteiden nuoruusvaihe on kuitenkin osoittautunut odotettua pitemmäksi. Vain muutamissa tapauksissa viljelykset ovat tuottaneet kerättäviä määriä siementä alle 20 vuotiaina.

Siemenviljelyksillä kukintaa on pyritty lisäämään ja aikaistamaan erilaisilla käsittelyillä. Yleisesti voidaan sanoa, että kukintaa lisäävät ne toimenpiteet, jotka parantavat puiden hyvinvointia. Toisaalta tiedetään, että monet stressitekijät, kuten rungon kuristaminen ja kaulaaminen, juurten leikkaaminen, kuivuus-, valo- ja lämpökäsittelyt voivat laukaista runsaan kukinnan. Vartteiden kukintaa on voitu lisätä myös hormoniruiskutuksilla (Sweet 1975).

### *Siemenviljelysten siemensadot*

Kuusen siemenviljelyksiltä kerättiin ensimmäinen runsas siemensato, 1948 kg, vuonna 1989. Tätä ennen viljelyksiltä oli kerätty siementä yhteensä 205 kg. Seuraavaan asetelmaan on koottu kuusiviljelyksiltä vuosittain kerättyjä siemensatoja:

1973	1978	1980	1983	1987	1989
25 kg	8 kg	12 kg	137 kg	18 kg	1948 kg

Tarkasteltaessa yllä esitettyjä siemensatolukuja on kuitenkin muistettava, että ne esittävät kerättyjä siemenmääriä, eivät viljelysten siementuottokykyä. Edes vuonna 1989 siementä ei kerätty kaikilta viljelyksiltä ja muutamilta viljelyksiltä sitä kerättiin vain tutkimusta varten.

Taulukko 2. Tietoja kuusen siemenviljelyksillä vuonna 1989 tehdystä klooneittaisesta kävyinkeruusta.

Siemenviljelyksen			Perustamisvuosi	Alkup. Vilje-alueen lyksen lämpösomma		Vartteiden pituus d1,3		Viljelyksen siemen-tuotanto kg/ha	Tuottamattomia klooneja vartteita		Viallisia käpyjä %
Nro	Nimi	Sijainti		d.d.	d.d.	m	cm		%	%	
40	Kivimäki	Jäppilä	1966	1140	1120	5,1	8,0	2,5	9	57	38
71	Ristee	Tohmajärvi	1965	1190	1110	4,8	7,1	1,1	21	71	77
73	Onkimaa	Tammela	1964	1230	1240						8
109	Leppäniemi	Kangasniemi	1966	1210	1200						
110	"	"	1966	1210	1200						
111	"	"	1966	1190	1200	7,0	12,0	20,3		39	14
112	"	"	1966	1140	1200						
113	"	"	1966	1170	1200						
169	Riihimäki	Kuorevesi	1969	890	1130	5,4	9,3	18,3	3	25	20
170	Heinämäki	Korpilahti	1968	900	1090	7,6	15,0	24,7	3	22	14
171	Isoaho	Tammela	1968	1235	1230						
172	Palvaanjärvi	Miehikkälä	1969	1240	1280	4,9	7,1	3,5	7	48	12
175	Vehkasuo	Hartola	1969	1110	1230	5,5	8,4	1,2	18	62	48
176	Metsä-lhala	Virrat	1970	700	1160	3,4	5,7	2,6	2	25	31
179	Svartbäck	Inkoo	1970	1245	1360			13,3			7
235	Sillanpää	Iitti	1971	1130	1280	5,2	8,2	1,8	14	62	10
365	Paronen	Joutsa	1970	810	1210	4,4	8,4	4,6	1	22	32
366	"	"	1972	900	1210	5,2	10,0	8,6	3	30	30
367	"	"	1972	1010	1210	4,7	9,4	2,2	30	60	50
374	Mellonkylä	Imatra	1968	1105	1290	6,5	11,0	6,1		49	48
<b>Keskiarvo</b>						<b>5,4</b>	<b>9,2</b>	<b>7,9</b>	<b>10</b>	<b>44</b>	<b>29</b>

Vuonna 1989 kuusen siemenviljelyksillä suoritettiin laaja käpyjen keruu tutkimustarkoituksia varten. Silloin kerättiin käpyjä klooneittain näytevartteista lähes kaikilta kuusiviljelyksiltä. Tällä keruulla hankittiin tietoa viljelysten siementuottokyvystä, siemenen laadusta, käpytuhoista sekä käpytuotannon jakautumisesta kloonien ja vartteiden kesken (taulukko 2). Tarkastelun kohteena olevissa viljelyksissä 10 % klooneista ja 44 % kaikista viljelyksillä olevista vartteista ei tuottanut lainkaan käpyjä. Viljelysten keskimääräiseksi hehtaari-kohtaiseksi siementuotoksi saatiin 7,9 kg. Tyhjää siementä koeaineistossa oli 37 % ja keskimääräinen 1000-jyväpaino oli 5,3 g. Kävyistä 29 % oli joko hyönteisten tai sienitautien vioittamia.

Kuusisiemenviljelysten siementuottokyvyssä on suuria viljelyskohtaisia eroja. Parhaiten siementä ovat tuottaneet viljelykset, jotka sijaitsevat hyvällä kasvu-paikalla ja edullisissa ilmasto-oloissa. Mitä kauempaa pohjoisesta viljelyksen kloonit ovat viljelyksen sijaintiin nähden peräisin, sitä runsaammin ja säännöl-lisemmin se todennäköisesti kukkii ja tuottaa käpyjä. Hyvän kukintavuoden sattuessa taas vartteen koko vaikuttaa voimakkaasti siihen, kuinka paljon käpyjä se kykenee tuottamaan.

### **Siemenviljelyssiemenen geneettinen laatu**

Siemenviljelyssiemenen geneettiseen laatuun tai viljelyksen geneettiseen tehokkuuteen vaikuttaa se, miten siementä tuottavien kloonien välinen risteyty-minen viljelyksellä tapahtuu. Tavoitteena on, että kaikki kloonit risteytyisivät tasasuhteissa keskenään (Sarvas 1970). Itsepölytys alentaa siemenen laatua ja itävien siementen määrää. Laatua alentaa myös viljelyksen ulkopuolelta tuleva taustapölytys.

Kuusi tuottaa runsaan kukinnan vuosina geneettisesti parempaa siementä kuin silloin kun se kukkii niukemmin. Hyvänä kukintavuonna valtaosa metsikön puista tai siemenviljelyksen varteista kukkii. Huonona vuonna kukkivia puita on vain siellä täällä. Niukka hedekukinta ja siitepölyn tuotos saattaa lisätä itsepölytyksestä syntyvän siemenen osuutta (Sarvas 1968). Yhteenvetona laajoista kuusen kukkimista ja siemensadon geneettistä rakennetta koskevista tutkimuksista Sarvas (1968) esittää, että nimenomaan kuusella siemenen keruu on syytä keskittää huippusatoisiin vuosiin.

Suuret erot puiden kukkimistaipumuksissa saavat aikaan sen, että siemenvilje-lyksen kloonit eivät osallistu siemenen tuottamiseen läheskään samalla painol-la. Lähimpänä kloonien tasaisen osallistumisen vaatimusta ollaan runsaan kukinnan vuosina. Pohjois-Suomen alkuperää olevalla siemenviljelyksellä 170 (Heinämäki) tehdyissä mittauksissa on todettu, että hyvänä kukintavuonna kaksi kolmasosaa viljelyksen klooneista on mukana tuottamassa 90 % emiku-kista ja keskinkertaisena kukintavuonna vain yksi kolmasosa (Ruotsalainen & Nikkanen 1989).

Kuusen sen enempää kuin männynkään siemenviljelyksillä ei taustapölytystä voida Suomessa välttää. Tuulipölytteisinä lajeina nämä havupuut tuottavat suuria määriä siitepölyä, jonka on todettu kulkeutuvan ilmapvirtausten mukana pitkiäkin matkoja (Sarvas 1968, Koski 1970). Taustapölytyksen osuus syntyvässä siemenessä määräytyy siemenviljelyksen oman siitepölytuotannon sekä kukinnan fenologiassa ilmenevien erojen perusteella. Taustapölytyksen takia osa viljelykseen valittujen pluspuukloonien mukanaan tuomasta jalostushyödyttä jää saamatta. Lisäongelmia taustapölytys aiheuttaa silloin, kun siemenviljely ei sijaitse alkuperäalueellaan. Siemenerän käyttöaluetta määritettäessä on otettava huomioon se, että osa siemenestä on hedelmöittynyt viljelyksen alkuperäaluetta eteläisemmällä siitepölyllä.

## Tarkastelua

Kuusen siemenviljelyksiltä siementä ei voida kerätä joka vuosi. Realistinen tavoite voisi olla, että viljelykset tuottaisivat kerättävän sadon keskimäärin joka kolmas vuosi. Kun kuusen vuotuiseksi siementarpeeksi on arvioitu 1660 kg, tulisi viljelysten keruuvuonna tuottaa lähes 5000 kg siementä. Tämä on lähes kaksi ja puoli kertaa enemmän kuin vuoden 1989 huippusato. Vaikka viljelysten siementuottokyvyn voidaan uskoa vielä huomattavastikin kohoavan, on nykyistä kuusen siemenviljelysalaa pidettävä liian pienenä tyydyttämään tulevaa siementarvetta.

Kuusen kukintaan vaikuttavat säätekijät voimakkaasti. Nykyisiä kuusen siemenviljelyksiä perustettaessa ei ilmastollisia tekijöitä aina ole osattu ottaa huomioon. Pohjois-Suomen alkuperää olevilla viljelyksillä kukinnan edellytyksiä kuitenkin parantaa siirto etelään, edullisimpiin ilmasto-oloihin. Kun uusia kuusen siemenviljelyksiä lähdetään perustamaan, tulee viljelykset mahdollisuuksien mukaan sijoittaa alkuperäaluettaan lämpimämpiin oloihin ja mikroilmastollisesti edullisille paikoille. Myös kasvupaikan valintaan on syytä kiinnittää huomiota (Ilstedt & Eriksson 1982, Skroppa & Tutturen 1985).

Kuusen siemenviljelykset eivät tuota kahta geneettiseltä kokoonpanoltaan samanlaista siemensatoa. Jo Sarvas (1968) kehotti keskittämään siemenen keruun kuusella vain parhaisiin kukintavuosiin. Siemenviljelyksillä voi kuitenkin

olla tarve kerätä siementä myös keskinkertaisina kukintavuosina. Tällöin voi viljelyksen tuottaman siemenen geneettinen pohja kuitenkin olla kapea ja eri vuosina kerättyjen satojen geneettinen kokoonpano saattaa vaihdella (Ruotsalainen & Nikkanen 1989). Ratkaisuksi näihin ongelmiin on esitetty klooneittaista käpyjen keruuta ja eri vuosien siemenerien yhdistelyä (Stener & Werner 1989).

Kuusella niin kuin männylläkin taustapölytys on siemenviljelysten toiminnan pahin ongelma. Männyksen siemenviljelyksillä on taustapölyttyneen siemenen osuudeksi saatu jopa yli 50 % sellaisillakin viljelyksillä, jotka jo tuottavat runsaasti omaa siitepölyä (Pakkanen & Pulkkinen 1991). Kuusen siemenviljelyksillä ei taustapölytyksen osuutta vielä tarkemmin tunneta. Geneettiset analyysit taustapölytysosuuksien määrittämiseksi myös kuusella ollaan kuitenkin vielä kuluvana vuonna aloittamassa.

Siementuotannon ongelmia kuusella lisäävät erilaiset käpy- ja siementuhot. Tuhoa aiheuttavat useat hyönteislajit ja sienitaudit (Rummukainen 1960). Jos siemenviljelyksillä päästään luonnonkuusikoita säännöllisempään siementuotantoon, niin kuin pohjoista alkuperää olevilla siemenviljelyksillä näyttää tapahtuvan, saattavat tuhot samalla lisääntyä. Tuhojen torjuntaan on tällöin kiinnitettävä erityistä huomiota.

Jalostetun siemenen tuottaminen siemenviljelyksillä on kuusella ollut selvästi muita kotimaisia puulajeja vaikeampaa. Nyt siementuotanto kuusen siemenviljelyksillä on kuitenkin päässyt alkuun ja viljelyksiltä tullaan keräämään suuriakin siemensatoja ainakin silloin, kun suotuisten sääolojen takia kuusikot muutenkin kukkivat. Siemenviljelyksillä kukintaa voidaan pyrkiä lisäämään myös erilaisin hoito- ja käsittelymenetelmin. Kuusella jalostettua siementä on perinteisten vartesiemenviljelysten lisäksi mahdollista tuottaa myös muuntotyypisissä, esimerkiksi pistokkailla perustetuissa viljelyksissä tai yhdistää metsänviljelyaineiston tuottamisessa siementuotanto ja kasvullinen lisäys (Lindgren & Werner 1989).

## Kirjallisuus

- Blomqvist, A. 1876. Några iakttagelser rörande fröbildningens periodicitet hos tallen och granen samt rörande ekorrens förekommande i Finland. Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica 1:47—54.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- Ilstedt, B. & Eriksson, G. 1982. Fröproduktion i nordiska fröplantager. I. Orsaker till skillnader i fröproduktion mellan plantager och år. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsgenetik, rapporter och uppsatser 33. 83 s.
- Koski, V. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70(4). 78 s.
- & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Lindgren, K., Ekberg, I. & Eriksson, G. 1977. External factors influencing female flowering in *Picea abies* (L.) Karst. *Studia Forestalia Suecica* 142. 53 s.
- & Werner, M. 1989. Gain generating efficiency of different Norway spruce seed orchard designs. Julkaisussa: Stener, L-G. & Werner, M. (toim.). Norway spruce; provenances, breeding and genetic conservation. Proc. IUFRO working party meeting S2.02-11 in Sweden 1988. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Improvement, Report 11:189—199.
- Metsäpuiden siemenviljelyohjelma vuosille 1990—2025. 1989. Metsähallitus, Helsinki. 52 s.
- Pakkanen, A. & Pulkkinen, P. 1991. Pollen production and background pollination levels in Scots pine seed orchards of Northern Finnish origin. Julkaisussa: Lindgren, D. (toim.). Pollen contamination in seed orchards. Proc. Meeting of the Nordic group for tree breeding in Sweden, August 1991. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Report 10:14—21.

- Pitkääntähtäyksen metsänjalostusohjelma. 1989. Metsähallitus, Helsinki. 127 s.
- Pukkala, T. 1987. Kuusen ja männyn siemensadon ennustemalli. *Silva Fennica* 21(2):135—144.
- Rummukainen, U. 1960. Kuusen siementuhojen runsaudesta ja laadusta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 52(3). 83 s.
- Ruotsalainen, S. & Nikkanen, T. 1989. Variation in flowering of north Finnish clones in a Norway spruce seed orchard in central Finland. Julkaisussa: Stener, L-G. & Werner, M. (toim.). Norway spruce; provenances, breeding and genetic conservation. Proc. IUFRO working party meeting S2.02-11 in Sweden 1988. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Improvement, Report 11:176—188.
- Sarvas, R. 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(5). 84 s.
- 1970. Establishment and regeneration of seed orchards. *Folia Forestalia* 89. 24 s.
- Skroppa, T. & Tutturen, R. 1985. Flowering in Norway spruce seed orchards. *Silvae Genetica* 34(2—3):90—95.
- Stener, L.-G. & Werner, M. (toim.). 1989. Norway spruce; provenances, breeding and genetic conservation. Proc. IUFRO working party meeting S2.02-11 in Sweden 1988. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Improvement, Report 11. 336 s.
- Sweet, G. B. 1975. Flowering and seed production. Teoksessa: Faulkner, R. (toim.). Seed orchards. *Forestry Commission Bulletin* 54:72—82.
- Tirén, L. 1935. Om granens kottsättning, dess periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. *Meddelanden från Statens Skogsför-söksanstalt* 28(4):413—524.



## **MÄNNYN SIEMENVILJELYSSIEMENEN ITÄMISTUNNUKSET SYYS- JA TALVIKERÄYKSISSÄ**

*Markku Nygren, Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, Unioninkatu 40 B,  
00170 Helsinki 17*

### **Johdanto**

Etelä-Suomeen perustetut männyn siemenviljelykset tuottavat anatomisesti tuleentunutta siementä säännöllisesti. Anatominen tuleentuminen, so. siemenen alkion ja vararavintosolukon kasvu, riippuu muiden kasvuilmiöiden tapaan lämpötilasta. Tuleentumisvuoden tehoisan lämpösumman perusteella voidaankin ennustaa siementen anatomista kehitystä (Sarvas 1970, Ryynänen 1976, Henttonen ym. 1986).

Kun tuleentumisvuoden tehoisa lämpösumma (kynnysarvolla +5 °C) on 77 % vuotuisesta keskimääräisestä arvosta, keskimäärin puolet paikallisen populaation siemenistä on anatomisesti tuleentuneita. Tämän ns. Linsserin periaatteen mukaisesti Etelä-Suomen populaatioissa, männyn suvullisen lisääntymisen optimialueella, puolet siemenistä on tuleentunut, kun tehoisa lämpösumma on noin 960 d.d. yksikköä (Sarvas 1970).

Pohjoiset alkuperät ovat sopeutuneet lyhyempään kasvukauteen ja tuleentuvat, kun tehoisa lämpösumma on absoluuttiselta arvoltaan edellä esitettyä pienempi; Sarvaksen (1970) mukaan puolet pohjoisten ns. marginaalipopulaation siemenistä tuleentuu lämpösumman arvolla 845 d.d. yksikköä. Alkuperien tuleentumiserot näkyvät myös siemenviljelyksillä: samoissa olosuhteissa kasvavissa vartteissa on pohjoissuomalaisten siementen kuivapainon kasvu ja itävyyden kehittyminen nopeampaa kuin eteläisten (Pulkkinen 1989, Nygren ja Pulkkinen 1992). Anatomisesti tuleentuneet siemenet eivät aina idä sataprosenttisesti. Syksyllä kerätyt siemenet — vaikka olisivatkin anatomisesti täysin kehittyneitä — horrostavat ja itävät kohtuullisessa ajassa vain korkeassa lämpötilassa ja pitkän päivän olosuhteissa (Nygren 1986, 1987). Syyshorros

purkautuu vähitellen jälkikypsymisen eli kälvymisen aikana, jolloin erityisesti itämistarmo kohoaa ja itämisnopeuden erot yksittäisten siementen välillä tasoittuvat.

Kälvymisen aikana syyshallat saattavat vahingoittaa männyn siemeniä. Tutkimustuloksia asiasta on vähän ja ne ovat keskenään ristiriidassa: laboratoriokeissa matala lämpötila (-10 °C) on sekä vahingoittanut siemeniä (Simak 1972, Kardell 1976) ja aiheuttanut horroksen (Kardell 1973a, 1973b), että edistänyt itämistä (Kardell 1974). Seurantakokeissa männyn metsikkö- ja siemenviljelyssiementen itävyys joinakin vuosina laskee syksyn ja talven aikana (Nygren 1987), toisinaan se taas pysyy ennallaan läpi talven.

Itävyyden vuotuisvaihtelu on tämän tutkimuksen lähtökohta. Työssä selvitetään, miten männyn siemenen itävyys on vaihdellut Metsähallituksen siemenviljelyksissä, syys- ja talvikeräyksissä vuosina 1970—1986. Työssä etsitään itävyysvaihtelun syitä tuleentumiskasvukauden lämpö- ja sadesuhteista sekä siementen käsittelystä keräyksen yhteydessä.

Tutkimus on tehty yhteistyössä Metsähallituksen metsänhoitotoimen kanssa. Erkki Hallman, Mikko Pulkkinen ja Riku Vahala auttoivat monin tavoin tutkimuksen aikana. Heille kiitokset.

### **Aineisto ja menetelmät**

Tiedot männyn siemenen itävyydestä eri siemenviljelyksillä vv. 1970-1986 saatiin Metsähallituksen Pataman karistamon idätyspöytäkirjoista. Itämiskyky (21 vrk:n itävyydsprosentti) ja itämistarmo (7 vrk:n itävyydsprosentti) oli mitattu kontrolloiduissa olosuhteissa karistamon laboratoriossa kahdensadan siemenen satunnaisnäytteestä (Metsäpuiden siementen käsittely... 1981). Idätyspöytäkirjoista poimittiin lisäksi tiedot kunkin näytteen keräyspaikasta ja -ajankohdasta, karistusajankodasta sekä siementen tuhatjyväpainosta.

Siemenviljelysten sijaintitietojen (yhtenäiskoordinaatit, korkeus metriä mpy.) perusteella laskettiin kullekin keräyspaikkakunnalle ja vuodelle Ojansuun ja Henttosen (1983) menetelmällä siementen tuleentumisvuoden lämpösumma sekä kuukausikeskilämpötilat ja sademäärät toukokuusta lokakuuhun.

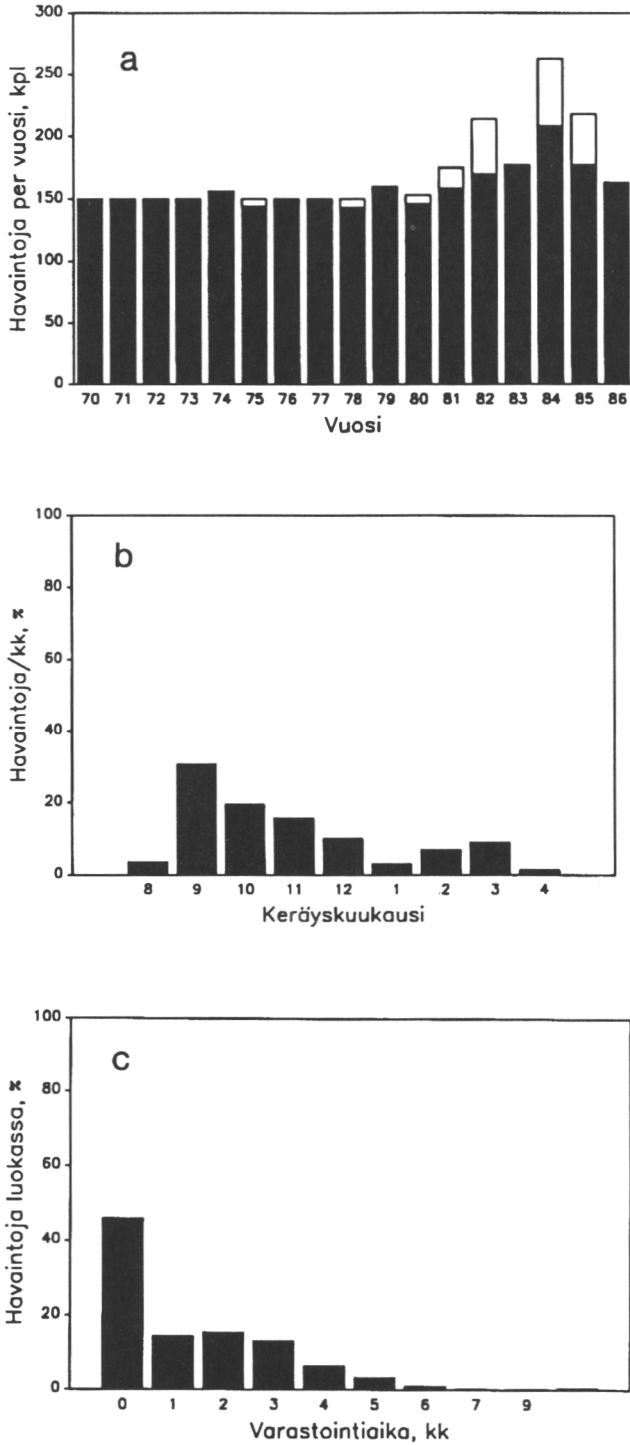
Seuraavaksi tarkasteltiin itämistunnusten riippuvuutta (1) ympäristötekijöistä: lämpösummasta, kuukausikeskilämpötilasta ja sademäärästä sekä (2) siementen käsittelystä: käpyjen keräysajankohdasta ja varastointiajasta. Analyysissä käytettiin suoria jakaumia, ristiintaulukointia sekä korrelaatio- ja regressioanalyysia. Selitettävänä muuttujina olivat itämiskyky ja -tarmo (korrelaatio- ja regressioanalyysissä arcsin-muunnettuina lukuina).

## **Tulosten tarkastelu**

### *Käpyjen keräysajankohta ja karistukset*

Aineistossa oli havaintoja 58 siemenviljelykseltä. Tuleentumisvuosittain aineisto jakautuu siten, että jokaisena vuotena mukana tarkastelussa on vähintään 150 havaintoa (kuva 1a).

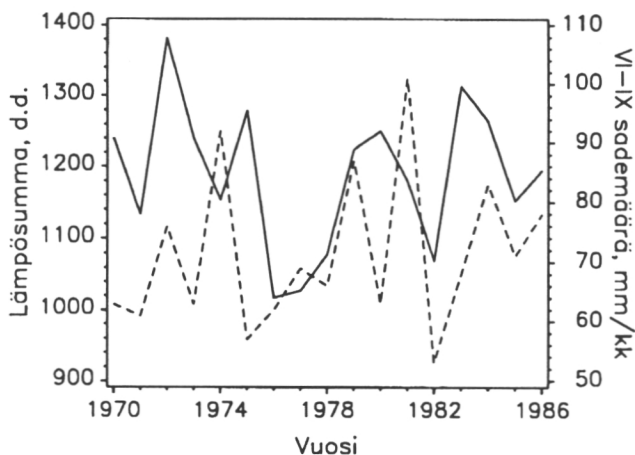
Eniten havaintoja on syyskeräyksistä. Jako syys- ja talvikeräyksiin tehtiin subjektiivisesti kalenterikuukauden mukaan siten, että tuleentumisvuoden elokuusta marraskuuhun tehdyt keräykset luettiin syyskeräyksiin ja tuleentumisvuoden joulukuusta seuraavan vuoden huhtikuuhun tehdyt talvikeräyksiin. Talvikeräyksistä suurin osa on vuosilta 1982, -84 ja -85. Siementen keräysajat painoutuivat aineistossa selvästi syksyyn. Kuvasta 1b nähdään, että noin 60 % kaikista havainnoista on syys- ja lokakuulta. Suurin osa aineiston eristä oli karistettu syys- ja tammikuussa (kuva 1c). Käpyjen keskimääräinen varastointiaika ennen karistusta oli lyhyt; lähes puolet kaikista tässä aineistossa mukana olleista eristä oli karistettu kuukauden kuluessa keräyksestä.



Kuva 1. Aineiston jakautuminen syys- (musta) ja talvikeräyksiin (valkea) (a), keräyskuukausien (b) sekä käpyjen varastointiajan (c) mukaan.

### Lämpösummat, keskilämpötilat ja sademäärät

Kasvukauden tehoisa lämpösumma oli jakson aikana keskimäärin 1189 d.d. yksikköä (kuva 2). Lämpösummat vaihtelivat siten, että vuosien 1976, -77 ja -78 kasvukaudet olivat selvästi keskimääräistä viileämpiä ja vuosi 1972 poikkeuksellisen lämmin. Aineistossa ei ollut mukana yhtään vuosi—paikkakunta-kombinaatiota, jolloin olisi alitettu männyn siementen anatomisen tuleentumisen raja-arvo 960 d.d. yksikköä. Kesä—syyskuun keskilämpötila tutkimusvuosina oli keskimäärin 13,1 °C, minimin ollessa 11,6 °C vuonna 1976 ja maksimin 14,9 °C vuonna 1972. Kujalan (1927) mukaan em. keskilämmön ollessa 10—11 °C männyn siementen keskimääräinen itävyys on noin 23 %, välillä 11—12 °C se on noin 60 % ja yli 12 °C:n kesinä itävyys on noin 85 %. Kesä—syyskuun sademäärä oli keskimäärin 71 mm/kk (kuva 2). Runsasasteisia olivat vuodet 1974 ja 1981; vähäsateisia vuodet 1975, -76 ja -78.

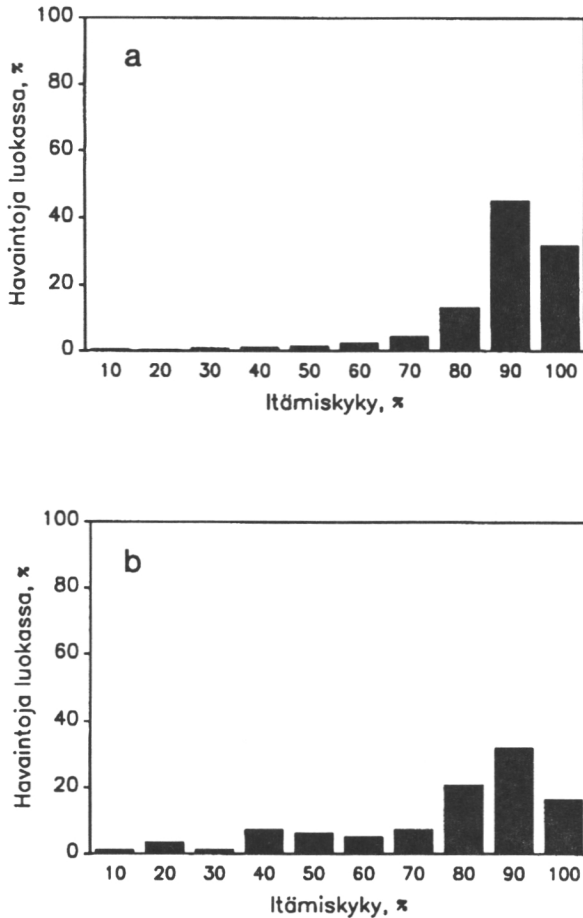


Kuva 2. Keskimääräiset vuotuiset lämpösummat (yhtenäinen viiva) ja kesä—syyskuun sademäärät (katkoviiva) jakson 1970-1986 aikana tutkituilla siemenviljelmillä. Tiedot laskettu Ojansuun ja Henttosen (1983) mallin avulla.

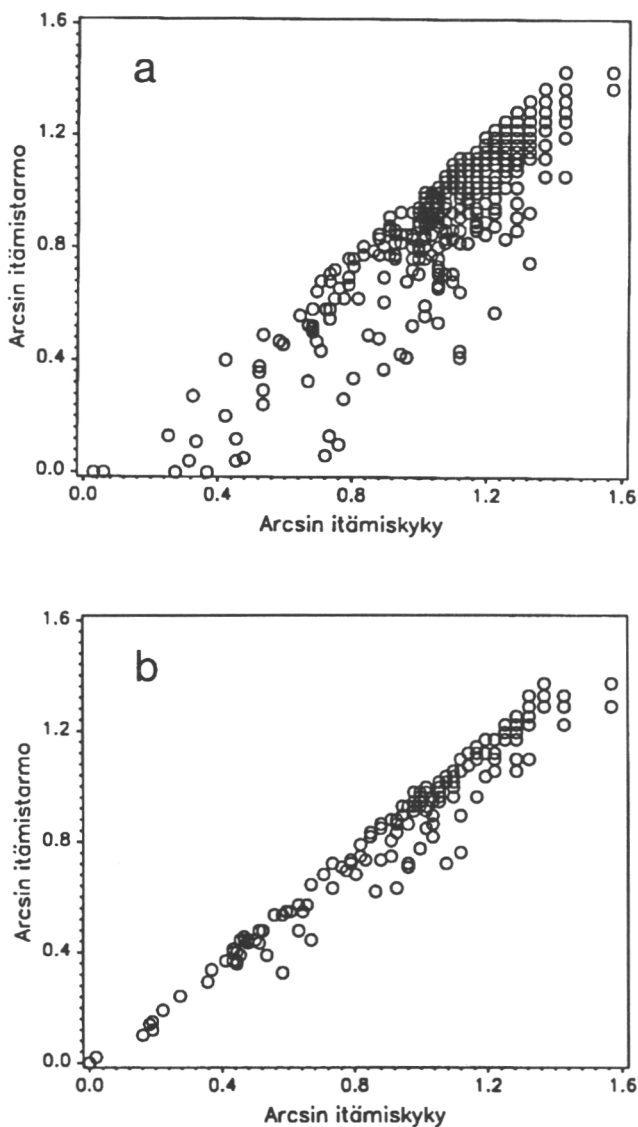
*Siementen itämiskyky ja -tarmo*

Siementen itävyys oli syyskeräyksissä keskimäärin korkeampi kuin talvikeräyksissä (kuva 3). Talvikeräysten joukossa noin kolmasosassa näytteistä itämiskyky oli alle 60 %; syyskeräyksissä tällaisia havaintoja oli alle kymmenesosa kaikista havainnoista.

Itämiskyvyn ja itämistarmon välisellä korrelaatiolla kuvattiin itämisen tasaisuutta tutkituissa näytteissä. Talvella kerätyissä näytteissä itäminen oli tasaisempaa ja itämistarmon ja itämiskyvyn yhteys kiinteämpi kuin syksyllä kerätyissä siemenissä (kuva 4). Käpyjen varastointiajalla ei ollut merkitystä itämistunnusten kannalta.

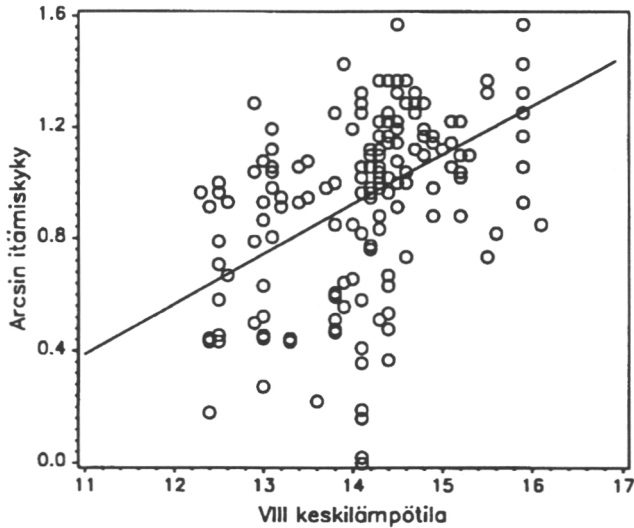


Kuva 3. Siementen itämiskyky (21 vrk itävyysprosentti) syys- (a) ja talvikeräyksissä (b).



Kuva 4. Itämiskyvyn ja -tarmon välinen korrelaatio syksyllä (a) ja talvella (b) kerätyissä näytteissä.

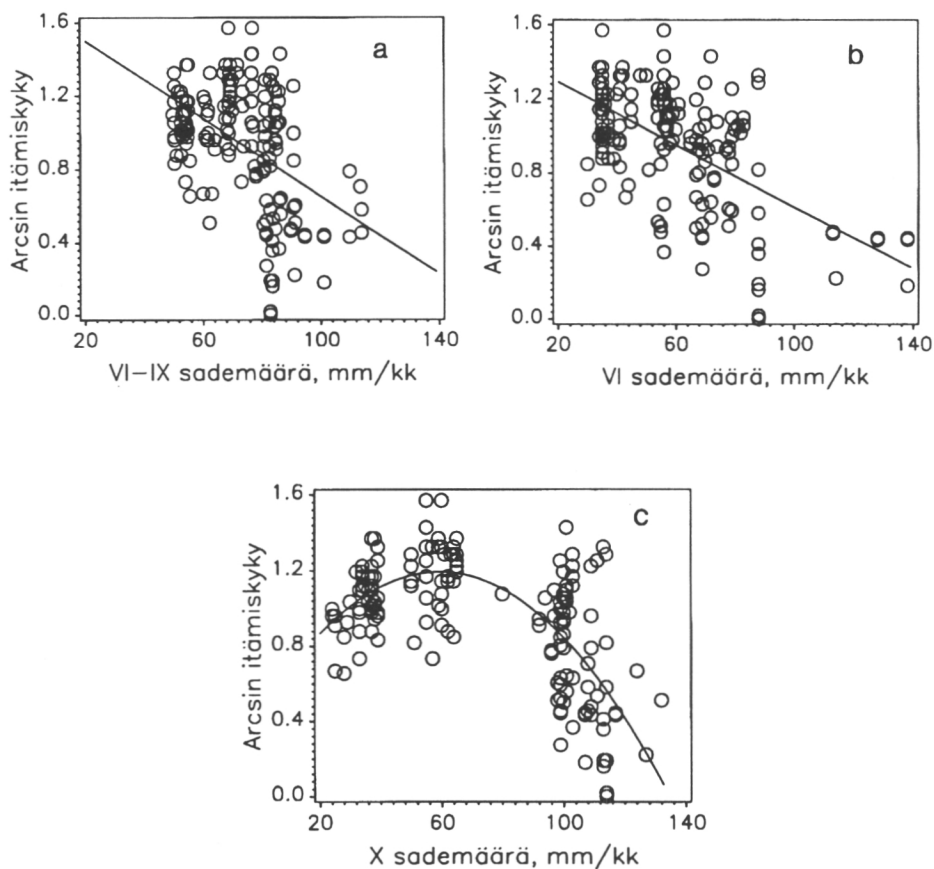
Syksyllä kerättyjen siementen itävyys ei korreloinut tilastollisesti merkitsevästi minkään yksittäisen säätunnuksen kanssa. Koko kasvukauden lämpöoloja kuvaavista tunnuksista tuleentumisvuoden lämpösomma ja kasvukauden (kesä—syyskuu) keskilämpötila selittivät heikosti sekä syys- että talvi-itävyyden vaihteluita.



Kuva 5. Elokuun keskilämpötilan ja arcsin-muunnetun itämisprosentin (talvella kerätyt siemenet) välinen riippuvuus ( $y = -1,57x + 0,18$ ;  $r^2 = 0,212$ ;  $n = 179$ ).

Kuukausikeskilämpötilojen tarkastelussa kävi ilmi, että talvi-itävyys korreloi positiivisesti elokuun keskilämpötilan kanssa (kuva 5). Lämmin elokuu näytti edistävän itävyyden ja siementen talvenkestävyyden kehittymistä.

Sademäärät ja talvella kerättyjen siementen itämiskyky olivat osin negatiivisesti korreloituneita. Kasvukauden keskimääräisen kuukausisademäärän, kesäkuun sademäärän ja lokakuun sademäärän korrelaatio arcsin-muunnetun itämisprosentin kanssa vaihteli välillä  $-0,501$ – $-0,601$  ja oli kaikkien em. säättunnusten kohdalla tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,0001$  kaikissa tapauksissa). Kuvasta 6 huomataan kuitenkin, että lineaarinen regressio ei kuvaa muuttujien välistä riippuvuutta parhaalla tavalla, vaan aineistoon sovitettujen regressiosuorien selitysasteet ovat varsin vaatimattomia. Näytti siltä, että talvi-itävyyden ja lokakuun sademäärän välistä riippuvuutta voidaan paremmin ilmaista toiseen asteen yhtälön avulla: tämän mukaan lokakuussa sateisuus aina  $n. 50 \text{ mm/kk}$  saakka edistää talvi-itävyyttä, mutta kuukausisademäärän ylittäessä em. tason itävyys alkaa heikentyä (kuva 6c).



Kuva 6. Sademäärätunnusten ja arcsin-muunnetun itämisprosentin välinen riippuvuus selittävän muuttujan ollessa

(a) kesä-syyskuun sademäärä;  $y = 1,71x - 0,01$ ;  $r^2 = 0,251$ ;  $n = 179$

(b) kesäkuun sademäärä;  $y = 1,37x - 0,007$ ;  $r^2 = 0,362$ ,  $n = 179$

(c) lokakuun sademäärä;  $y = 0,011x - 0,0001x^2 + 0,837$ ;  $r^2 = 0,467$ ;  $n = 179$ .

### Johtopäätökset

Tulokset osoittavat, että talvella kerättyjen siementen itävyys riippuu sääoloista siementen kehityksen ja tuleentumisen aikana. Syksyllä kerätyn siemenen itävyys ei korreloinut samalla tavoin edeltävän kasvukauden säätunnusten kanssa kuin talvi-itävyys. Itämiskyky oli syksyllä keskimäärin korkeampi kuin

talvella; talvella kerättyjen siementen itäminen oli kuitenkin tasaisempaa kuin syksyllä kerättyjen.

Kesäkuun sademäärän ja talvi-itävyyden välinen negatiivinen korrelaatio osoittaa, että sääolot jo siemenaiheen hedelmöityksen aikana vaikuttavat itävyyteen. Tulosta voidaan tulkita siten, että sateinen (=viileä) sää hedelmöityksen aikana kesäkuussa hidastaa alkionkehitystä ja vaikuttaa siten tuleentumiseen sekä itämiskyvyn kehittymiseen.

Elokuun lämpötilan ja talvi-itävyyden välillä oli positiivista riippuvuutta. On ilmeistä, että kuiva ja lämmin loppukesä edistää tuleentumista, itävyyden kehittymistä ja talvensietokykyä.

Runsas sademäärä lokakuussa näytti alentavan talvi-itävyyttä. Lokakuussa runsassateisuus merkitsee myös keskimääräistä lämpimämpiä olosuhteita. Norjalaisten tutkimusten mukaan (Jensen ym. 1967) lämmin ja kostea sääjakso tuleentumisvaiheessa syksyllä indusoi kuusen siemeniin horrostilan, joka alentaa itävyyttä. Syys- ja talvi-itävyyden erot osoittavat, että loppusyksyn ja talven aikana siemenissä tapahtuu fysiologisia ja biokemiallisia muutoksia, jotka vaikuttavat itävyyteen. Esimerkiksi Håkansson (1953) totesi männyn siemenissä mitosiaktiivisuutta vielä lokakuussa.

Yksittäisen säätekijän vaikutuksen arviointi itämistunnuksia selittävässä regressiomalleissa on ongelmallista, koska esimerkiksi kuukausikeskilämpötilat riippuvat joinakin kuukausina voimakkaasti sademäärästä. Riippuvuus ei ole koko kasvukauden ajan samansuuntaista; kasvukauden alkupuolella sateisuus on yhteydessä viileyteen, myöhäissyksyllä runsassateiset kuukaudet ovat sitä vastoin keskimääräistä lämpimämpiä. Tässä aineistossa heinäkuun sademäärän ja keskilämpötilan riippuvuutta kuvaava korrelaatiokerroin oli  $-0,547$ , lokakuussa korrelaatio oli positiivinen,  $0,693$ .

Tutkitussa aineistossa oli runsaasti vaihtelua, jota ei esitetyillä regressiomalleilla pystytty selittämään — tarkastelua onkin pidettävä alustavana ja lähinnä jatkohypoteesien perustana. Mahdollisen kausaliteetin osoittaminen yksittäisen säätekijän ja itävyyden välillä ei liioin ole perusteltua.

Jatkotutkimuksia on syytä tehdä kahdella tasolla: ensiksi on selvitettävä, onko heikon talvi-itävyyden syynä siemenhorros, joka voidaan purkaa, vai ovatko itämättä jääneet siemenet kokonaan elinkykensä menettäneitä. Toiseksi on tarkasteltava kasvukauden keskilämpötilan ja sademäärän vaikutusta itämistunnuksiin esimerkiksi vastepintaregression avulla; tällöin on löydettävissä sellainen lämpötilan ja sademäärän konstellaatio, joka vastaa itävyyden "optimialuetta" ja jonka avulla tuleentumisvuodet voidaan jakaa suotuisiin ja epäsuotuisiin em. säätunnuksiin perustuen.

### Kirjallisuus

- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1:243—249.
- Jensen, A., Stephansen, K. & Löken, A. 1967. Seed ripening of Norwegian coniferous trees. I. Correlation between germination and content of sugars and water soluble phenols during seed ripening of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Meddelelser fra Vestlandets Forstlige Forsøksstasjon* 42:147—167.
- Kardell, L. 1973a. Tallfröstudier i Norrland. Studies on Pine seeds from Northern Sweden. I. Studier över tallens (*Pinus silvestris* L.) frö- och kottmognad i södra Västerbottens inland. Studies on the ripeness of Pine seeds and cones in the county of Västerbotten (*Pinus silvestris* L.). Allmänna Förlaget, Berlinska Boktryckeriet, Lund. 104 s.
- 1973b. Lagringsförsök med norrländskt tallkott (*Pinus silvestris* L.). Summary: Investigations on storage of pine cones and pine seeds (*Pinus silvestris* L.) in northern Sweden. Berlinska Boktryckeriet, Lund. 70 s.
- 1974. Stratifieringsförsök med norrländsk tallfrö (*Pinus silvestris* L.). Summary: Stratification of Scots pine seeds (*Pinus silvestris* L.). Skogshögskolan, institutionen för skogsskötsel, rapporter och uppsatser 5:1—60.
- 1976. Frysförsök med norrländsk tallkott (*Pinus silvestris* L.). Summary: Freezing tests with cones of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) from northern Sweden. Skogshögskolan, institutionen för skogsskötsel, rapporter och uppsatser 9:1—35.

- Kujala, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenien rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 12. 106 s.
- Metsäpuiden siementen käsittely- ja analyysiohjeisto. 1980. Metsähallitus, moniste. 19 s.
- Nygren, M. 1986. Männyn siementen syyskeräys: Käpyjen kylmävarastoinnin ja idätysolosuhteiden vaikutus itävyyteen. Summary: Autumn harvested Scots pine seeds: The effect of cone storage and germination conditions on germination capacity. *Silva Fennica* 20(1):59—73.
- 1987. Germination characteristics of autumn collected Scots pine seeds. Seloste: Männyn siementen itämistunnukset syyskeräyksissä. *Acta Forestalia Fennica* 201. 42 s.
- & Pulkkinen, M. 1992. Seed mass growth in Scots pine (*Pinus silvestris* (L.) grafts. Käsikirjoitus. 11s. + liit.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office. *Silva Fennica* 17(2):143—160.
- Pulkkinen, M. 1989. Tuleentumiskesän tehoisan lämpösumman ja käpyjen varastoinnin vaikutus männyn siementen kypsymiseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 61 s.
- Ryynänen, M. 1976. Tutkimus eteläsuomalaisen siitepölyn vaikutuksesta männyn siemenen kehitykseen Pohjois-Suomen siemenviljelyksessä. Metsäntutkimuslaitos, Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja 8. 13 s.
- Sarvas, R. 1970. Establishment and registration of seed orchards. *Folia Forestalia* 89. 24 s.
- Simak, M. 1972. Låga temperaturers inverkan på embryoutvecklingen hos tallfrö (*Pinus silvestris* L.). Summary: The influence of low temperature on embryogenesis in Scots pine. Skogshögskolan, institutionen för skogsförnygring, rapporter 36:1—14.

## PÄÄPUULAJIEMME LABORATORIO- JA KENTTÄITÄVYYDESTÄ

*Markku Nygren ja Kari Leinonen, Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos,  
Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki 17*

### Johdanto

Metsäpuiden siementen laboratoriodätyksissä ympäristötekijät — veden saatavuus, lämpötila ja säteilyn määrä sekä laatu — säädetään optimaalisiksi, koska tarkoituksena on siemenen itämiskykyisten siementen määrän eli itämisprosentin selvittäminen. Maasto- ja taimitarhakylvöissä itämisprosentti nousee harvoin laboratoriossa saataviin lukemiin: esimerkiksi Rohmederin (1972) mukaan kuusi- ja mäntysiemenessä, joiden laboratorioitavuus oli 87 %, kenttäitavuus oli 56—79 % kuusella ja 19—72 % männyllä.

Kylvötulokseen vaikuttavat sekä itämisolosuhteet että siemenen sisäiset tekijät. Paitsi kokonaisitävyyttä, idätystestin tuloksen tulisi ilmaista näitä sisäisiä tekijöitä — itämisprosessin riippuvuutta esim. lämpötilasta tai mahdollista siemenhorrosta. Nykyiset testirutiinit (vrt. International Rules... 1985, Metsäpuiden siementen... 1983) soveltuvat heikosti näiden seikkojen selvittämiseen, koska testit tehdään yleensä vakio-olosuhteissa ja valossa. Jotta siementen itämisestä luontaisissa ympäristöissä saataisiin täydellisempi kuva, on idätystestejä syytä tehdä erilaisissa stressiolosuhteissa, joissa veden saatavuus, lämpötila tai säteilyn määrä rajoittavat joko itämisen alkamista tai sen kulkua. Näitä tietoja voidaan käyttää esimerkiksi maastokylvöjä suunniteltaessa, kun tarkastellaan itämisen kannalta suotuisten mikroympäristöjen, ns. suotuisten pisteiden (Kotisaari 1982) ominaisuuksia.

Artikkeli perustuu kirjoittajien tutkimushankkeeseen "Männyn ja kuusen siementen itämisekologia: laboratorio- ja kenttäitävyyteen vaikuttavat tekijät"

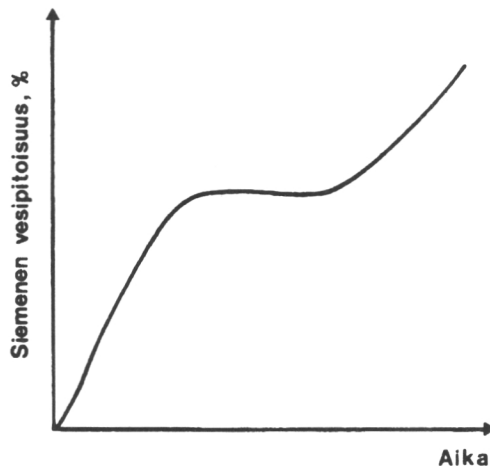
Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö on rahoittanut hanketta vuosina 1989-1992.

## Itämisen riippuvuus ympäristötekijöistä

### Vesi

Siemenet tarvitsevat välttämättä vettä itääkseen. Veden kulkeutuessa siemeneen käynnistyy entsyymitoiminta ja vararavinnon hajoaminen l. hydrolyysi voi alkaa. Vararavintosolukon hiilihydraatit, rasvat ja valkuaisaineet pilkkoutuvat liukoiseen muotoon ja kulkeutuvat kasvavaan alkioon. Energia tähän työhön tulee vararavintosolukosta orgaanisten yhdisteiden hapettua — siemen hengittää.

Vesi imeytyy siemeneen kolmessa toisiaan seuraavassa vaiheessa (kuva 1). Aluksi veden imeytyminen on fysikaalista ja imeytymisnopeus riippuu itämisalustan ja siemenen vesipotentiaalierosta sekä siitä, kuinka suuri osa siemenen pinnasta on kosketuksessa veden kanssa. Mitä suurempi on potentiaaliero itämisalustan ja siemenen välillä, sitä nopeammin vesi imeytyy siemeneen. Esimerkiksi männyllä ja kuusella vedenoton alkuvaihe kestää laboratoriodiätyksissä noin 15 tuntia.



Kuva 1. Periaatekuva siemenen vedenotosta itämisen aikana.

Siemenkuori ja megagametofyyttiä ympäröivä kalvo säätelevät veden imeytymistä siemenen sisäosiin. Kuusen siemenessä on siemenkuoren ja megagametofyytin välissä, lähinnä mikropyleä, puoliläpäisevä kalvo, joka ehkäisee veden kulkeutumista siemeneen ja hidastaa itämistä (Zentsch, 1962). Koivun pähkylähedelmän (jäljempänä käytetään koivun hedelmästä "siemen"-nimitystä) kuoressa on vettä hylkiviä parkkiaineita (Mork 1951, Black & Wareing 1959); perikarpin ja siemenkuoren välissä oleva ilmaontelo estää niinikään siemenen vettymistä.

Säännöstellyllä vedenotolla on merkityksensä, koska liian nopea veden imeytyminen siemeneen voi vaurioittaa alkion solujen kalvorakenteita. Näin voi tapahtua, jos varastokuiva siemen asetetaan äkillisesti suoraan kosketukseen veden kanssa esimerkiksi idätystestiä tehtäessä. Siementen vesipitoisuuden tulisikin antaa tasaantua normaalissa huonekosteudessa muutaman tunnin ajan, ennen kuin siemenet kylvetään märälle alustalle.

Vedenoton tasapainovaiheessa alkio voi kärsiä hapen puutetta. Tällöin itäminen hidastuu, koska ravintoaineiden hapettuminen on epätäydellistä ja solukkoihin kertyy haitallisia yhdisteitä, kuten maitohappoa. Bergmanin (1959) mukaan yli vuorokauden mittainen liotus vedessä on esimerkiksi männyn siemenille vahingoksi: sekä itämisprosentti että erityisesti itämistarmo laskevat tällä tavoin käsitellyssä siemenessä. Idätystesteissä hapen saatavuudesta on niinikään huolehdittava: alustan tulee olla kostea, mutta ei kuitenkaan niin, että siemenet ovat vesivaipan ympäröimiä (International rules... 1985).

Alkuvaiheen nopea veden imeytyminen muuttuu vähitellen ns. kasvu- ja erilaistumisvaiheeksi, jossa siemenen vesipitoisuus vakioituu. Männyn ja kuusen siementen vesipitoisuus on tällöin noin 35–40 % tuorepainosta. Tämä vaihe päättyy, kun sirkkajuuri tunkeutuu ulos siemenestä ja siemenen vesipitoisuus kohoaa uudelleen sirkkataimen solujen kasvun ja jakautumisen alkaessa.

Paitsi että vesi on välttämätöntä itävien siementen aineenvaihdunnassa, sillä on keskeinen merkitys siementen leviämisbiologiassa ja itämisekologiassa. Esimerkiksi koivun siemen voi kellua veden pinnalla jopa 6 kk ja voi näin levitä veden mukana kauas emopuusta (Mork 1944). Toisaalta vesi toimii

liuottimena: molempien koivulajien siementen perikarpissa on itämistä ehkäiseviä aineita, jotka veden vaikutuksesta vähitellen liukenevat (Black & Wareing 1959).

Itämisalustan ominaisuudet (esim. maahiukkasten raekoko ja maaveden jännitys) vaikuttavat siemenen vedenottoon, joka osmoottisen stressin vallitessa heikkenee ja lopulta lakkaa kokonaan. Bergsten ja Henriksson (1986) havaitsivat, että itämisalustan kosteuden lisäksi myös ilman kyllästyspaineen vajoaus vaikuttaa itämiseen: muutoin vakioiduissa oloissa männyn siementen laboratorioitävyyys oli suurempi lähes 100%:n kuin 80%:n suhteellisessa kosteudessa.

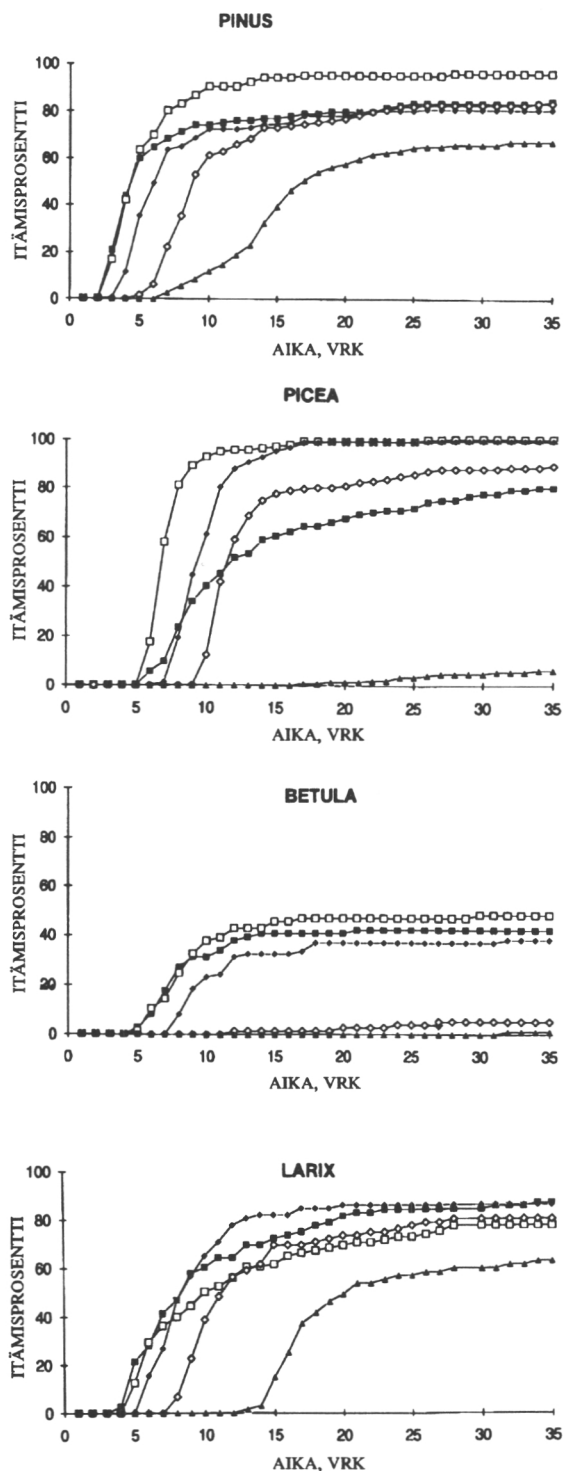
### *Lämpötila*

Kuten kasvuilmioille yleensä, voidaan itämiselle esittää minimi-, optimi- ja maksimilämpötilat. Tällaiset kardinaaliarvot ovat kuitenkin päteviä vain silloin, kun muut ympäristötekijät on vakioitu.

Männyn, kuusen, rauduskoivun ja lehtikuusen laboratorioitävyyden vertailu osoitti, että mänty ja lehtikuusi itivät kohtalaisesti, joskin hitaasti matalassa (10 °C) lämpötilassa; sekä rauduskoivu että kuusi itivät heikosti tässä lämpötilassa. Rauduksen itäminen oli hidasta myös 15 °C:ssa. Kuusi kärsi selvästi myös korkeasta, 30 °C:n lämpötilasta.

Itäminen oli havupuilla puulajista riippumatta nopeinta ja tasaisinta 20–25 °C:n lämpötilassa, rauduskoivu itäi hyvin myös 30 °C:ssa (kuva 2).

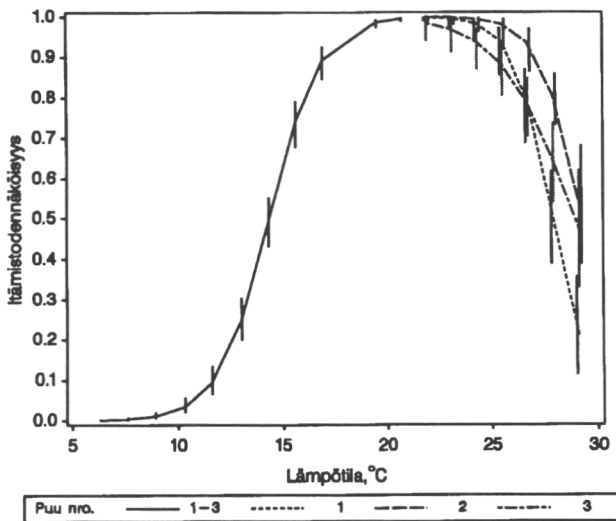
Bergstenin (1989) mukaan männyn siementen optimaalinen idätyslämpötila on 20–22 °C itämisprosentin ja vähän korkeampi itämistarmon suhteen. Korkeissa tasaisissa lämpötiloissa (yli 25 °C) sekä itämistarmo että -prosentti laskevat (Bergsten 1989, Nygren ym. 1992). Osa siemenistä jää tällöin itämättä, mutta säilyttää itämiskykynsä; kun ne siirretään optimaaliseen (21 °C) lämpötilaan, itäminen tapahtuu normaalisti.



Kuva 2. Männyn (*P. silvestris*), kuusen (*P. abies*), rauduskoivun (*B. pendula*) ja siperianlehtikuusen (*L. sibirica*) siementen itäminen eri lämpötiloissa. Näytekooko 150 siementä/käsittely; rauduksen näytteessä mukana tyhjät siemenet. Käsittelyt: 30 °C (■), 25 °C (□), 20 °C (◆), 15 °C (◇), 10 °C (▲); päivänpituus kaikissa käsittelyissä 8 tuntia.

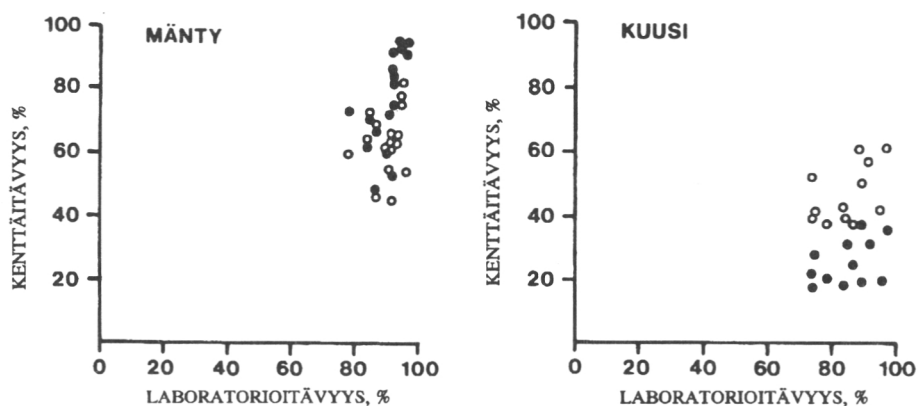
ISTA:n (International Rules... 1985) säännöstoissä männyn siementen idätystesti suositellaan tehtäväksi vaihtolämpötilassa 20-30 °C siten, että siemeniä pidetään 16 tuntia matalammassa (20 °C) lämpötilassa pimeässä ja 8 tuntia korkeammassa (30 °C) lämpötilassa valossa. Tätä vaihtolämpötilasuositusta on kuitenkin kritisoitu, sillä korkeat lämpötilat voivat laskea itämisprosenttia ja tarmoa (Bergsten 1989). Bergstenin (m.t.) mukaan 20/30 °C:n vaihtolämpötila tai mikään muukaan vaihtolämpötilayhdistelmä (8/16 tuntia välillä 10–30 °C) ei johtanut männyn tai kuusen siementen nopeampaan tai täydellisempään itämiseen kuin vakio­lämpötila 21 °C.

Kuusen siementen itämistodennäköisyyden kannalta noin 21 °C näyttäisi olevan optimaalinen (Bergsten 1989, Leinonen ym. 1992). Tätä alhaisemmissa lämpötiloissa osa siemenistä jää itämättä. Leinosen ym. (1992) testaamassa puittain kerättyssä materiaalissa siementen itämisprosentti laski logistisen käyrän mukaan siten, että 50 %:n itämistodennäköisyys saavutettiin 14,3 °C:n lämpötilassa ja itäminen lakkasi kokonaan n. 10 °C:n lämpötilassa. Korkeissa lämpötiloissa itämistodennäköisyys alkoi laskea, kun lämpötila nousi yli 25 °C:n (kuva 3).



Kuva 3. Kolmesta eri kuusiyksilöstä kerättyjen siementen itämistodennäköisyys eri lämpötiloissa, pimeässä.

Tanttari (1976) vertasi männyn ja kuusen eri-ikäisten siemenerien itävyyttä taimitarhaolosuhteissa avomaalla ja muovihuoneessa. Laboratorioitavuus vaihteli välillä 80–100 %. Kuusella laboratorio- ja kenttäitävyyden vastaavuus oli heikompi kuin männyllä. Aineistosta käyvät ilmi puulajien erot kylvetessä avomaalle ja muovihuoneisiin (kuva 4). Kuusi iti paremmin avomaalla, männyllä erot eivät ole yhtä selkeitä. Kuusen itämistä ovat voinet hidastaa muovihuoneen korkeat lämpötilat.



Kuva 4. Männyn ja kuusen laboratorio- ja taimitarhaitävyyden vastaavuus avo- (○) ja muovihuonekylvöissä (●) Tanttarin (1976) aineistossa.

Koivun siementen itämisen lämpötilaoptimi on suhteellisen korkea. Govorukhan ja Mamaevin (1971) mukaan sekä hies- että rauduskoivun siemenet itivät täydellisimmin 25–30 °C:n lämpötilassa. Vastaavan tuloksen on saanut Mork (1944). Molemmilla koivulajeilla lämpötilan vaikutusta itämistulokseen säätelee kuitenkin sekä päivänpituus että siementen mahdollisesti saama kylmäkäsitely kuten jäljempänä osoitetaan. Optimialueet eivät siis ole yksiselitteisiä, vaan vaihtelevat muiden ympäristötekijöiden mukaan.

Siementen itämisen lämpötilavaste muuttuu myös talvehtimisen aikana. Morkin (1951) mukaan minimilämpötila syksyllä kerätyn rauduskoivun siemenen itämiselle on 20 °C ja keväällä, talvehtimisen jälkeen minimilämpötila on 10 °C. Nygrenin (1987) tutkimien männyn siementen itämisprosentti 10 °C:ssaja jatkuvassa valossa oli syyskuussa keskimäärin 40 % ja joulukuussa keskimää-

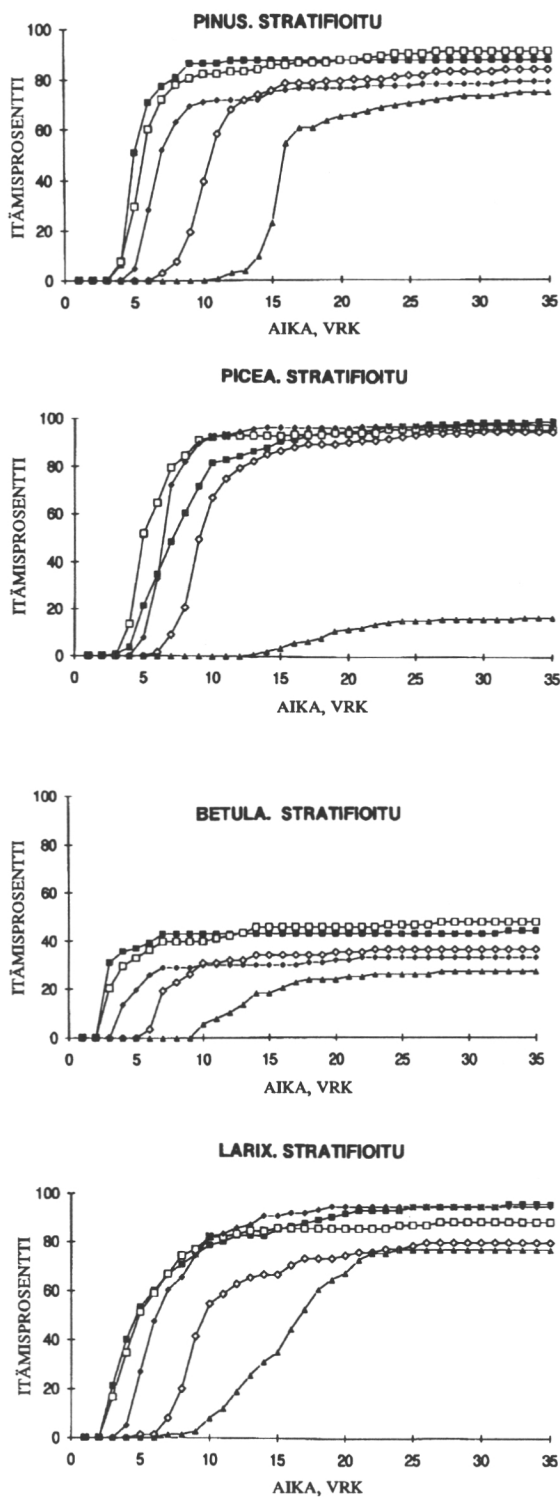
rin 90 %. Mekanismi estää itämisen syksyllä ja toisaalta varmistaa sen, että itäminen keväällä tapahtuu mahdollisimman aikaisin. Joinakin vuosina, syksyn ollessa kostea ja lämmin, koivun siemen saattaa itää miltei välittömästi varistuaan (Heikinheimo 1915, Cajander 1917) . Syntyvät sirkkataimet tuhoutuvat kuitenkin helposti talven aikana. Elinvoimaisia taimia muodostuu yleensä vain keväällä itävistä siemenistä.

Siementen "keinotekoinen" kostea-kylmäkäsittely, stratifiointi, laajentaa itämisen lämpötila-aluetta samaan tapaan kuin talvehtimisen aikana tapahtuu. Käsittelyn jälkeen itämistarmo kohoaa, itäminen tapahtuu nopeasti ja täydellisesti myös matalissa lämpötiloissa ja itämisen riippuvuus valosta vähenee (kuva 5). Stratifiointia on luonnehdittu matalassa lämpötilassa tapahtuvaksi itämiseksi. Kuvaus on osuva, sillä pitämällä siemeniä matalassa lämpötilassa ja kosteassa ne imevät vettä itämiseen riittävän määrän (noin 30–40 % kuivapainosta), mutta alhainen lämpötila estää varsinaisen itämisen alkamisen.

Siemenet voidaan stratifioinnin jälkeen kuivata takaisin varastokosteuteen ja idättää myöhemmin; tutkimustulokset siitä, kuinka kauan stratifioinnin vaikutus säilyy varastoinnin aikana, ovat jossakin määrin ristiriitaista. Kotimaisilla metsäpuilla ei tällaista selvitystä ole tehty. Mikäli siemenerä stratifoidaan, se on varminta kylvää välittömästi käsittelyn jälkeen.

Siemenvarastoinnin aikana, jolloin siemeniä säilytetään kuivina (noin 5–7 %:n vesipitoisuus) matalassa lämpötilassa, tapahtuu myös itämisen lämpötilavasteen muutoksia samaan tapaan kuin stratifioinnin aikana. Leinosen ym. (1992) ja Leinosen (1992) työssä samasta kuusisiemenerästä tehdyissä idätyskokeissa itävyys oli noin 10 % 12 °C:ssa kolme kuukautta keräyksestä; myöhemmin, kylmävarastoinnin jälkeen 17 kk keräyksestä itävyys oli 95 % samassa lämpötilassa.

Tuoreet siemenerät reagoivat selvimmin kylmäkäsittelyyn. Vanhojen erien itävyyttä voidaan harvoin parantaa kylmäkäsittelyllä (ks. Vaartaja 1956). Näitä erä voidaan käsitellä ns. IDS- ja PREVAC-menetelmillä (Simak ym. 1985), joiden avulla kuolleet ja vaurioituneet siemenet voidaan poistaa.



Kuva 5. Männyn (*P. silvestris*), kuusen (*P. abies*), rauduskoivun (*B. pendula*) ja siperianlehtikuusen (*L. sibirica*) siementen itäminen eri lämpötiloissa kylmäkäsittelyn (4,5 °C, 14 vrk, 100 % kosteus) jälkeen. Lämpötilat: 30 °C (■), 25 °C (□), 20 °C (◆), 15 °C (◇), 10 °C (▲).

*Valo*

Eri puulajien siemenet reagoivat eri tavoin valoon. Männyn siementen itämisprosentti ja itämistarmo ovat valossa korkeampia kuin pimeässä (Sarvas 1950, Nygren 1987). Kuusen itämisprosentti on yleensä samaa luokkaa valossa ja pimeässä (Sarvas 1950, Bergman 1958, Leinonen ym. 1992). Koivun siemen itää valossa nopeammin kuin pimeässä (Black & Wareing 1955, Vaartaja 1956, Nygren 1988).

Sekä valon aallonpituus että fotoperiodi vaikuttavat itämiseen. Siementen valoherkkyys johtuu niiden sisältämästä pigmentistä, fytokromista. Pigmentillä on kaksi isomeerista muotoa  $P_r$  ja  $P_{fr}$ . Edellinen on ns. inaktiivimuoto, mikä tarkoittaa sitä, että pigmentin ollessa tässä tilassa itäminen ei käynnisty. Kun siemenen kohdistuu punaista valoa (aallonpituusalue n. 660 nm) inaktiivimuoto  $P_r$  muuttuu siemenessä valokemiallisen reaktion kautta aktiivimuotoon  $P_{fr}$ . Reaktio voi tapahtua myös toisinpäin. Palautumisen aiheuttaa pitempiaaltoinen, joskin myös punainen säteily (aallonpituus 730 nm).

Päivänvalossa lyhyempiaaltoista punaista valoa (660 nm) on enemmän kuin pitempiaaltoista (730 nm) — suhde (660 nm/730 nm) on noin 1,2. Jos päivänvalon spektrisuhde muuttuu, esimerkiksi säteilyn siivilöityessä vihreän latvuston läpi, on 730 nm:n säteily runsaampaa kuin 660 nm:n ja tällöin siis säteilyn vaikutus on itämistä ehkäisevä.

Leinosen (1992) työssä lyhyt valotus kaukopunavalolla (730 nm) ei indusoinut dormanssia tutkittuihin kuusen siemeniin. Tutkimuksessa havaittiin, että kuusen siemenet itivät jatkuvassa valkeassa valossa ( $60 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  PAR) huonommin kuin täydellisessä pimeydessä. Tällaista voimakkaasta valosta johtuvaa itämisen estymistä — fotoinhibitiota — on havaittu myös monilla muilla puulajeilla (Toole 1973).

Laboratorio-olosuhteissa tehdyissä kokeissa yhden tunnin säteilytys punertavalla valolla idätyksen aikana paransi tuoreiden (5 kk varastointi) männyn siemen-

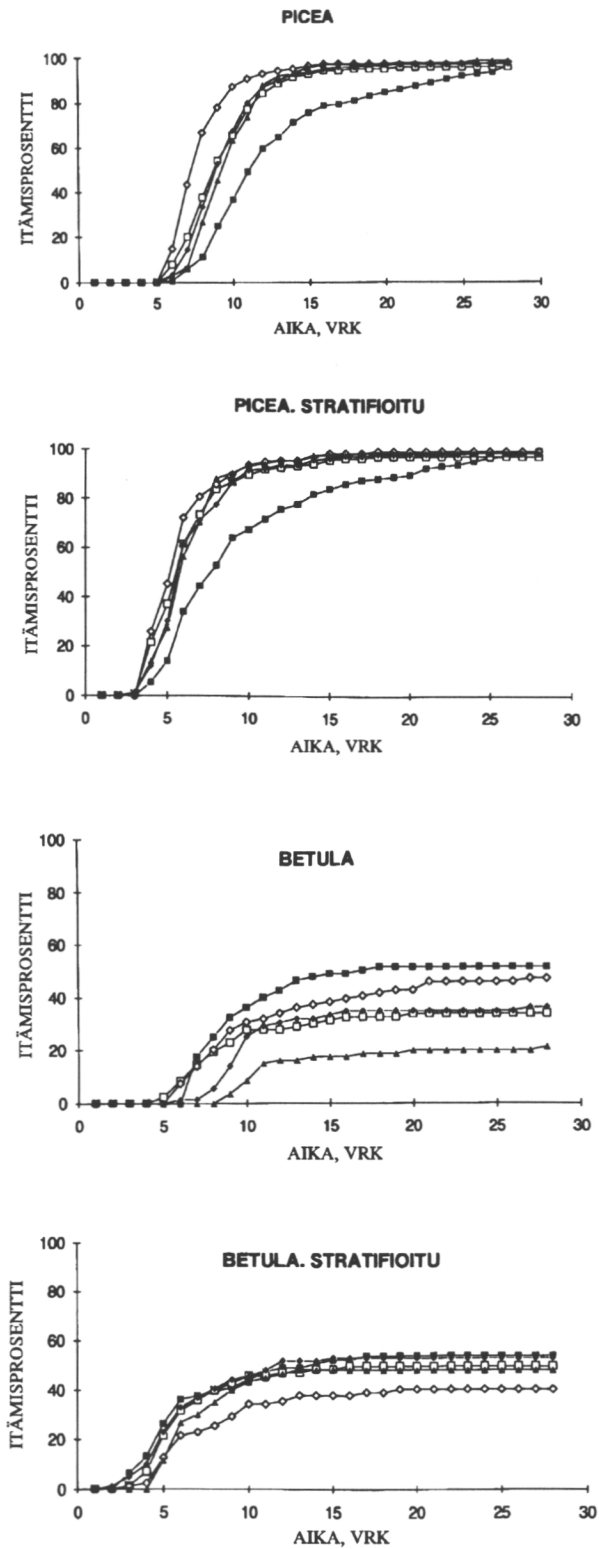
Taulukko 1. Männyn ja kuusen siementen itämistarmo (7 vrk) pimeässä ja tunnin ajan punertavaa valoa saaneissa käsittelyissä. Lämpötila 20 °C, 400 siementä/käsittely.

	Itäneitä siemeniä, %	
	Pimeä	Valojakso 1h/vrk
Mänty, 5 kk varastoitu	49,5	78,4
Mänty, 2 v varastoitu	64,8	71,3
Kuusi, 2 v varastoitu	39,2	67,6

ten itävyyttä. Kaksi vuotta varastoidut männyn siemenet eivät reagoineet valoon, mutta saman ajan varastoidut kuusen siemenet reagoivat (taulukko 1).

Tulos on yhdensuuntainen Nymanin (1963) havaintojen kanssa, joiden mukaan männyn siemenissä valoriippuvuus vähenee siemenvarastoinnin aikana. Nordström (1953) ja Nyman (1963) ovat onnistuneet nopeuttamaan männyn siementen itämistä myös antamalla kuivien siementen olla muutamia vuorokausia päivänvalossa ennen idätystä.

Siementen kylmäkäsittely vaikuttaa niiden itämisen valoriippuvuuteen. Black ja Wareing (1955) osoittivat, että molempien koivulajien siementen itämistä säätelee paitsi lämpötila, myös päivänpituuden ja kylmäkäsittelyn yhdysvaikutus. Jotta koivun siemenet itäisivät 15 °C:n lämpötilassa tarvitaan pitkän päivän olosuhteet (Black & Wareing 1955, Vaartaja 1956). Korkeissa (> 20 °C) lämpötiloissa ne itävät myös lyhyen päivän olosuhteissa. Kosteaa kylmäkäsittelyn jälkeen itämisen valoriippuvuus häviää ja siemenet itävät päivänpituudesta riippumatta laajalla lämpötila-alueella (vrt. kuva 6). Luonnossa kylmäkäsittely tapahtuu talvehtimisen aikana; muissa tapauksissa siemenet voidaan ennen kylvöä stratifioida noin 5 °C:n lämpötilassa muutaman viikon ajan.



Kuva 6. Kuusen ja rauduskoivun siementen itäminen 20 °C:ssa, eri päivänpi- tuuksissa kylmäkäsitellyissä ja käsittelemättömissä erissä. Päivänpi- tuudet: 24 h (■), 16 h (□), 8 h (◆), 4 h (◇), 0 h (▲).

## Kylvösiemen maastossa

Maastokylvöissä vedenpuute tai epäsuotuisat lämpötilat rajoittavat itämistä tai estävät kokonaan sen käynnistymisen. Stressiolosuhteissa myös kylvöalustan laatu vaikuttaa itämistulokseen: kivennäismaa on parempi itämisalusta kuin humuspinta tai koskematon sammalpeite. Olosuhteissa, joissa kosteutta ja lämpöä on riittävästi itämisalustan laadun merkitys häviää: taimia syntyy hyvin kaikenlaisilla alustoilla (Yli-Vakkuri 1961b).

Haihdunnan pienentämiseksi ja siementen vedensaannin turvaamiseksi voidaan havupuun siemenet kevätkylvöissä peittää muutaman mm:n vahvuisella maakerroksella. Koivun siemen sietää vain kevyen 0,5 mm:n peitteen (Heikinheimo 1942). Peittäminen parantaa kosteusolosuhteita, mutta estää myös valon saannin ja voi mekaanisesti haitata sirkkataimen kasvua.

Maakerroksen läpi suodattuessaan valon aallonpituusjakauma muuttuu kaukopunavoittoiseksi samalla kun säteilyn intensiteetti pienenee voimakkaasti (Bliss & Smith 1985). Koska erityisesti kuusen siemenet näyttävät olevan herkkiä voimakkaalle valolle ja ilman alhaiselle suhteelliselle kosteudelle, siementen peittämisellä kylvön yhteydessä näyttäisi olevan myös siemenfysiologisia perusteita siementuhojen välttämisen lisäksi. Valoa vaativien männyn siementen peittäminen liian syvälle kuitenkin laskee itämistodennäköisyyttä (Heikinheimo 1942, Sarvas 1950, Nordström 1953).

Siementen vedensaannin ja itämislämpötilan kannalta olosuhteet loppukesällä näyttävät suotuisammilta kuin keväällä ja alkukesällä: humidisuus kasvaa, samoin maan pintakerrosten lämpötila. Yli-Vakkuri (1961b) totesikin, että männyn ja kuusen siemenet eivät idä välittömästi varistuaan ns. kevätkosteuden varassa, vaan sirkkataimet ilmestyvät metsiin usein vasta heinä—elokuussa. Aukeilla kuloaloilla siementen itäminen ja taimien syntyminen oli sidoksissa riittävän pitkään kosteaan sääjaksoon. Kun sateinen jakso sattui loppukesälle, eri aikoina kylvetyt siemenet itivät vasta silloin riippumatta kylvöajankohdasta (Yli-Vakkuri m.t.). Leinosen ja Nygrenin (1992) tutkimuksessa idätettiin männyn ja kuusen siemeniä maastossa olosuhteissa, joissa veden saanti itämisalustasta oli turvattu. Osoittautui, että itäminen käynnistyi vasta sateisena sääjaksona, haihdunnan ollessa vähäistä.

Näyttää siis tavalliselta, että niin luonnonsiemennyksessä kuin kevätkylvöissäkin siemenet varastoituvat maassa ainakin parin kuukauden ajan ennenkuin itäminen käynnistyy. Yli-Vakkurin (1961) mukaan taimimiskykyisten siementen määrä vähenee tänä aikana voimakkaasti, toisaalta tuhojen takia ja toisaalta siitä syystä, että jo mahdollisesti käynnistynyt itäminen keskeytyy kuivuuden takia.

Edellä esitetyn perusteella myöhäinen kylvö tai kylvön siirtäminen syksyyn voisi olla perusteltua. Syyskylvöjä tehtäessä on kuitenkin varmistettava siementen onnistunut talvehtiminen. Tällöin on otettava huomioon mm. seuraavat näkökohdat.

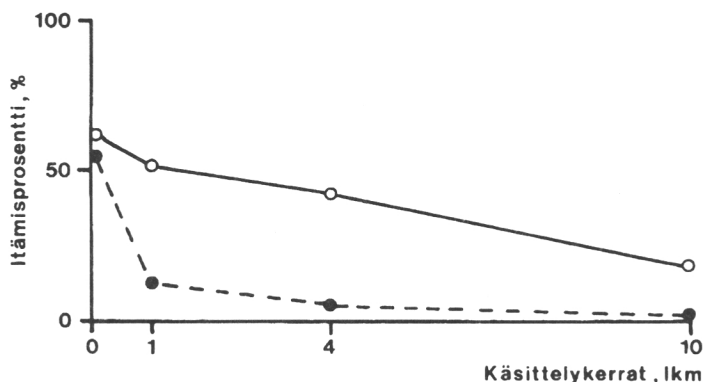
Syyskylvöissä peittäminen heikentää ainakin koivun siementen talvehtimistä. Koivun pähkylä vettyy hitaasti perikarpin parkkiaineiden sekä perikarpin ja varsinaisen siemenkuoren välissä olevan ilmaontelon takia. Jos siemen peitetään, sen vesipitoisuus nousee talvehtimisen kannalta liian korkeaksi ja vettynyt siemen tuhoutuu jäätyessään (Mork 1951). Muutoin koivun siemen säilyttää tyydyttävästi itävyytensä metsämaassa; Granströmin (1986) mukaan itämiskykyisiä siemeniä löytyi vielä neljän kasvukauden kuluttua kylvöstä.

Kylvetyn havupuun siemenen talvehtimiskyky näyttää olevan heikompi kuin koivulajien. Männyn ja kuusen syyskylvöt epäonnistuvat usein (Wibeck 1927, Heikinheimo 1942), sitä vastoin lehtikuusen ja koivun syyskylvöistä on hyviäkin kokemuksia (Heikinheimo m.t.). Wibeckin (m.t.) mukaan männyn syyskylvöt onnistuvat paremmin pohjoisessa kuin etelässä. Syynä on hänen mukaansa suhteellisesti kuivempi syksy pohjoisessa ja maanpinnan varhainen jäätyminen. Siemenet eivät tällöin ehdi imeä vettä ympäristöstään ennen talven tuloa ja kuivat siemenet kestävät jäätyamisen hyvin (Wikström 1922, Keefe & Moore 1983). Hedeman-Gade (1927) suositteli männylle myöhäistä syyskylvöä varteenotettavana vaihtoehtona.

Pohjois-Skandinaviasta on runsaasti havaintoja siitä, että männyn siemenet itävät vasta toisena tai kolmantena kasvukautena varisemisen jälkeen (Renvall 1912, Wibeck 1917, Lassila 1920, Sirén 1952). Männyn siementen jälkiitäminen näyttää olevan sidoksissa kasvukauden sääoloihin; epäsuotuisina

kesinä osa siemenistä jää itämättä ja jälki-itäminen on runsaampaa heikosti tuleentuneissa siemenierissä (ks. Häggman 1987).

Jälki-itämistä selvittävässä kylvökokeissa voi, paitsi siemenen anatominen tuleentuminen, myös sen käsittely vaikuttaa talvehtimisen onnistumiseen ja jälki-itävyyteen. Nordströmin (1955) mukaan vauriot männyn siemenkuoressa alentavat siemenen kykyä kestää jäätymistä ja pakkasta (kuva 7).



Kuva 7. Vaurioitumattoman (○) ja lievästi vaurioituneen (●) männyn siemenen jäätymistä seurauksena itävyyteen Nordströmin (1955) mukaan. Jäädettäminen tehty  $-7^{\circ}\text{C}$ :ssa.

Ilmiön syynä voi olla se, että vaurioituneen siemenen vesipitoisuus nousee syksyllä liian korkeaksi talvehtimista ajatellen. Syyskylvöt olisivatkin tehtävä niin myöhään, ettei siemen ehdi imeä suuremman määrän vettä ja sen jälkeen jäätyä. Edellisen perusteella olisi kylvökohdat syys- ja kevätkylvöissä valittava eri tavoin. Voidaan väittää, että syyskylvöissä ns. suotuisia pisteitä (Kotisaari 1982) ovat mahdollisimman kuivat mikroympäristöt, jälkimmäisissä puolestaan sellaiset, joissa veden saanti on varmaa.

## Lopuksi

Metsäpuiden siementä käsitellään ja idätetään varsin vaihtelevissa olosuhteissa. Ympäristötekijät — veden saatavuus, lämpötila ja säteilyn määrä sekä laatu — ovat taimitarhoilla periaatteessa säädeltävissä itämisen kannalta optimaalisiksi.

Metsäkylvöaloilla olosuhteet ovat sitä vastoin usein ääreviä ja itämistä hidastavia kaikkien em. ympäristötekijöiden suhteen.

Tämän katsauksen perusteella näyttää siltä, että siementen sietokyky — ekologinen amplitudi — voidaan tietyin esikäsitteilyin saada paremmin vastamaan kylvöolosuhteita niin taimitarha- kuin maastokylvöissäkin. Kysymykseen tulisivat ainakin siementen kylmäkäsitteily ja mahdollisesti valokäsitteilyt ennen idättämistä; kylvettäviä eriä voitaisiin näin "räätälöidä" kylvökohteen ja -ajan mukaan.

Siementen syyskylvöjä ja talvehtimistä koskevat lisätutkimukset ovat tarpeellisia. Vanhastaan tiedetään, että onnistuneista syyskylvöistä saadaan vahvoja ja elinvoimaisia taimia. Siemenen talvehtimisekologian tutkimuksesta saadaan perusteita uusien kylvömentelmien kehittämiseksi ja kylvöajankohdan valinnalle sekä maasto- että taimitarhakylvöissä.

## Kirjallisuus

- Bergman, F. 1959. Försök att öka gröningsenergin och grobarhet hos skogsfrö. Svenska Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4:21—42.
- Bergsten, U. 1989. Temperature tolerance of invigorated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. using TTGP-test. Forestry Supplement 62:107—115.
- & Henriksson, G. 1986. Germination of Scots pine seeds under different conditions of temperature and humidity — a description of two test methods. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien 12:99—114.
- Black, M. & Wareing, P.F. 1955. Growth studies in woody species. Photoperiodic control of germination in *Betula pubescens* Ehrh. Physiologia Plantarum 8:300—316.
- & Wareing, P.F. 1959. The role of germination inhibitors and oxygen in the dormancy of the light-sensitive seed of *Betula* spp. Journal of Experimental Botany 10(28):134—145.

- Bliss, D. & Smith, H. 1985. Penetration of light into soil and its role in the control of seed germination. *Plant Cell and Environment* 8:475—483.
- Cajander, A.K. 1917. Metsänhoidon perusteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. WSOY, Porvoo. 652 s.
- Eneroth, O. 1941. Om försommartorkan och våra såddmetoder. *Skogen* 15(10):285—293.
- 1941. Om försommartorkan och våra såddmetoder. II. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift. s. 286—328.
- Govorukha, G.I. & Mamaev, S.A. 1971. Effect of temperature conditions on the germination and germinative energy of seeds of common birch and white birch of different geographic origins. *Ekologiya* 3:47—52.
- Granström, A. 1986. Seed banks in forest soils and their role in vegetation succession after disturbance. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research, Stencil 6.
- Hedemann-Gade, E. 1927. Undersökningar angående lämpligaste tiden för sådd av barrträdsfrö. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 25:5—50.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Keisarillisen senaatin kirjapaino, Helsinki. 264 s. + liit.
- 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- 1942. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(1). 97 s.
- Häggman, J. 1987. Voiko männyn siemen jälki-itää? Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). Karkeiden maiden metsien uudistaminen — ajankohtaista tutkimuksesta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278:115—122.
- International rules for seed testing. 1985. *Seed Science and Technology* 13:300—520.

- Jensen, A., Stephansen, K. & Löken, A. 1967. Stratifisering av frö fra *Picea abies* (L.) Karst. og *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. En undersökelse av kjemiske forandringer i løpet av stratifisering. Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstasjon 42:170—187.
- Keefe, P.D. & Moore, K.G. 1982. Frost damage during stratification: Mechanism and protection in *Pinus sylvestris* seed. *Seed Science and Technology* 10:485—494.
- Kotisaari, A. 1982. Metsän luontaisen uudistamisen tutkiminen, esitutkimusraportti. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantaja 38. 131 s. + liit.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiiriin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. *Acta Forestalia Fennica* 4. 95 s. + liit.
- Leinonen, K. 1992. Germination response of Norway spruce seeds to several environmental factors. Käsikirjoitus.
- & Nygren, M. 1992. Germination of Norway spruce seeds in field conditions on a moist seedbed. Käsikirjoitus.
- & Nygren, M. & Rita, H. 1992. Temperature control of germination in the seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Scandinavian Journal of Forestry* 8. Painossa.
- Metsäpuiden siementen käsittely- ja analyysiohjeisto. 1980. Metsähallitus, moniste. 19 s.
- Mork, E. 1944. Om bjørkefruktens bygning, modning og spiring. Meddelelser, Norske Skogforsøksvesen 30:423—471.
- 1951. Faktorer som virker på spireevnen hos furu-, gran- og bjørkefrö. Meddelelser, Norske Skogforsøksvesen 38:163—173.
- Nordström, L. 1953. A method of stimulating the germination of pine seed (*Pinus sylvestris*). *Kungliga Skogshögskolans Skrifter* 17:91—108.
- 1955. Om eftergroning hos tallfrö. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 53(1):89—100.
- Nygren, M. 1987. Koivun siementen itämisekologiaa. *Sorbifolia* 18:17—20.

- , Leinonen, K. & Jauhiainen, S. 1992. Polymorphism of Scots pine seeds from one individual: the effect of temperature and seed structure on germination. Käsikirjoitus.
- Nyman, B. 1963. Studies on the germination in seed of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) with special reference to the light factor. *Studia Forestalia Suecica* 2:1—164.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an den polaren Wald Gränze. *Acta Forestalia Fennica* 1(2). 154 s.
- Rohmeder, E. 1972. Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg.
- Sarvas, R. 1950. Effect of light on the germination of forest tree seeds. *Oikos* 2:109—119.
- Simak, M., Bergsten, U. & Lönneborg, A-M. 1985. Bortsortering av ej produktivt frö ur ett fröparti. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1:45—56.
- Sirén, G. 1952. Havaintoja Peräpohjolan valtion mailla vuosina 1948—50 suoritetuista männyn kylvöistä. *Silva Fennica* 78. 40 s.
- Tanttari, J. 1976. Eri-ikäiset männyn ja kuusen siemenerät taimitarhakylvöissä. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 79 s.
- Toole, V.K. 1973. Effects of light, temperature and their interactions on the germination of seeds. *Seed Science and Technology* 1:339—396.
- Vaartaja, O. 1956. Photoperiodic response in germination of seeds of certain trees. *Canadian Journal of Botany* 34:377—388.
- Wibeck, E. 1917. Om eftergroning hos tallfrö. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 13—14:201—234.
- 1927. Vår- eller höstsådd. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 23:217—294.
- Wikström, K. 1922. Höstsådd eller vårsådd av tall? Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 20:144—160.
- Yli-Vakkuri 1961a. Emergence and initial development of tree seedlings on burnt-over forest land. *Acta Forestalia Fennica* 74(1). 51 s.

——— 1961b. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensikehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: On the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. Acta Forestalia Fennica 75(1). 122 s.

Zentsch, W. 1962. Zur Wasseraufnahme keimender Fichtensamen (*Picea abies* (L.) Karsten). Flora Bd. 152:227—235.

## **MÄNNYN SIEMENEN LAADUN VAIKUTUS JÄLKI-ITÄMISEEN**

*Juhani Häggman, Metsäntutkimuslaitos, Punkaharjun tutkimusasema, 58450*  
*Punkaharju 2*

### **Johdanto**

Männyn siemenen jälki-itämisestä on useita sekä suoria että epäsuoria havain-  
toja (Tubeuf 1891, Cannelin 1900, Renvall 1912, Wibeck 1917, 1920, Lassila  
1920, Sirén 1952, Tirén 1952, Häggman 1987). Männyn siemen voi maahan  
pudottuaan säilyttää itävyytensä useita vuosia, pisimmillään jopa viisi vuotta  
(Renvall 1912). Siemenen varisemisvuoden sääoloilla on suuri merkitys jälki-  
itämiseen. Mitä epäedullisemmat itämisolosuhteet ovat, sitä suurempi on jälki-  
itämisprosentti. Lapin tunturialueella jälki-itämisprosentti on ollut jopa 100%  
joinakin vuosina (Wibeck 1920). Mitä etelämmäksi siirrytään sitä vähäisempää  
on jälki-itäminen. Itämisen viivästymiseen ovat syynä epäedulliset lämpö- ja  
kosteusolosuhteet (Lassila 1920). Jälki-itäminen on voimakkainta normaalin  
itämisvuoden jälkeisenä kesänä. Sen jälkeen se vähenee (Sirén 1952).

Siemenen laadun vaikutusta jälki-itämiseen on tutkittu huomattavasti vähäisem-  
mässä määrin. Kuitenkin Wibeck (1920) jo havaitsi, että jos samaan paikkaan  
kylvetään eri leveysasteilta peräisin olevaa siementä, saadaan eniten jälki-  
itäneitä taimia niistä siemenistä, jotka ovat peräisin ilmastollisesti ankarimmis-  
ta oloista. Koska tämä viittasi siihen, että vajaasti tuleentunut, huonolaatuisem-  
pi siemenerä jälki-itää voimakkaammin kuin täysin tuleentunut siemen,  
perustettiin Kolarin Pohjasenvaaraan vuonna 1985 koe (Häggman 1987), jossa  
tutkittiin eriasteisesti tuleentuneiden siemenerien jälki-itämistä. Tulokset  
osoittivat selvästi, että jälki-itäminen oli sitä voimakkaampaa, mitä vähäisempi  
oli tuleentumisaste. Täysin tuleentuneen siemenerän jälki-itämisprosentti oli  
varisemisvuoden jälkeisenä kesänä vain 0,9 % kun taas siemenerän, jonka  
odotettu kokonaisitävyys oli 24 %, jälki-itämisprosentti oli 5,7 %.

Siemenen laadun vaikutusta haluttiin kuitenkin selvittää vieläkin tarkemmin, joten keväällä 1987 perustettiin samaan paikkaan jälki-itämiskoe, johon kylvettiin männyn siemeniä, jotka oli lajiteltu eri alkioluokkiin. Toisin sanoen tutkittavien siementen anatominen kehitysaste vaihteli vajaasti kehittyneestä täysin kehittyneeseen.

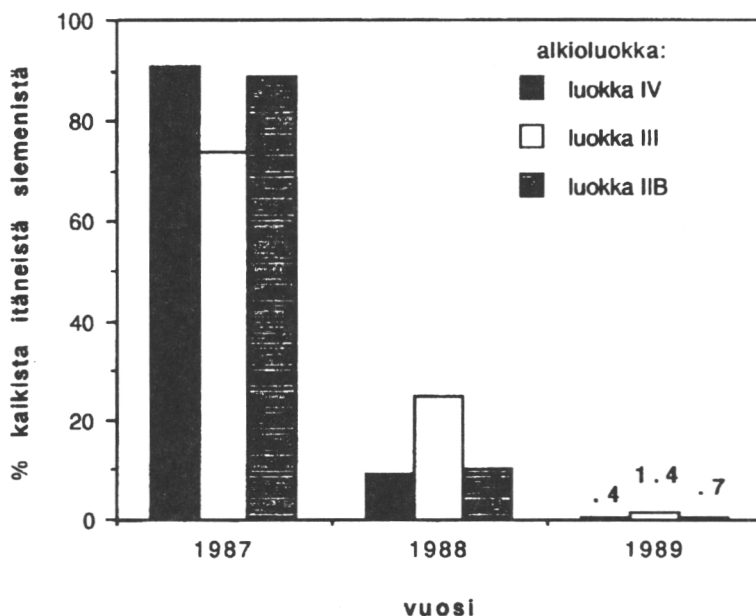
### **Koejärjestely**

Kesäkuussa 1987 perustettiin Kolarin Pohjasenvaaraan 80—90- vuotiaaseen EMT-männikköön männyn jälki-itämiskoe. Tutkittavana siemeneränä käytettiin Pohjasenvaaran vuoden 1986 siementä. Siemenet lajiteltiin röntgenanalyysin avulla eri alkioluokkiin. Kokeeseen otettiin kaikki ne alkioluokat, joissa odotettava itävyys on > 30 % eli alkioluokat IIB (od. itäv. > 30 %), III (od. itäv. > 88 %) ja IV (od. itäv. 100 %) (Numminen & Häggman 1987).

Koealueelta poistettiin pintakasvillisuus. Siemenet kylvettiin kylvöruutuihin (yksi alkioluokka/ruutu), joiden koko oli 0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>. Kuhunkin kylvöruutuun tehtiin 3 vakoa, joihin siemenet kylvettiin. Kuhunkin riviin kylvettiin 30 siementä, joten yhdessä kylvöruudussa oli kaikkiaan 90 siementä. Kustakin alkioluokasta oli viisi toistoa (yhteensä 450 siementä/alkioluokka). Ruutujen järjestys arvottiin. Siemenet peitettiin kevyesti kylvön jälkeen. Kylvös suojattiin lisäksi verkolla, jotta ympärillä kasvavista puista varisevat siemenet eivät olisi sotkeneet koetulosta. Itäneet sirkkataimet laskettiin kuukausittain ja poistettiin samalla myöhempien havaintojen helpottamiseksi. Koetta seurattiin kolme kasvukautta (1987, 1988 ja 1989).

### **Tulokset**

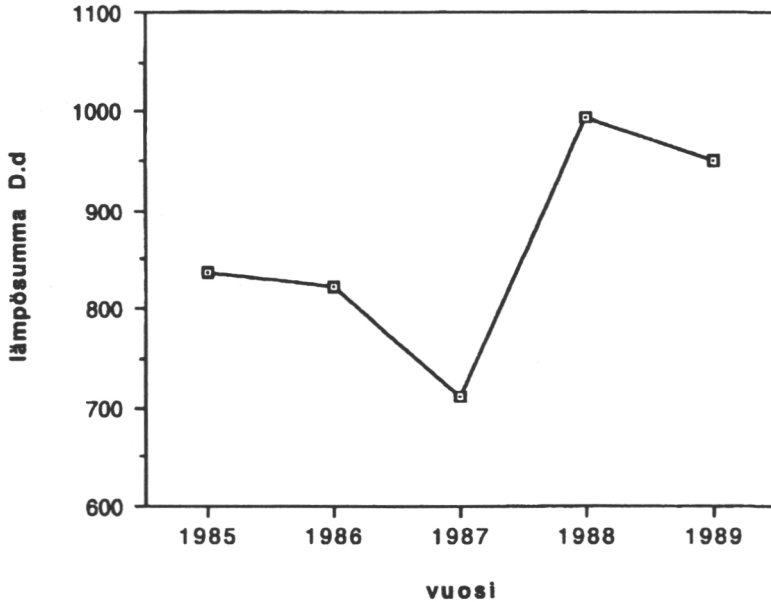
Siemenistä iti jo ensimmäisenä kesänä lähes 90 % alkioluokkaa III lukuunottamatta, joista iti vain 74 % (kuva 1). Toisena kesänä havaittiin selvää jälki-itämistä. Jälki-itäminen oli voimakkainta alkioluokassa III (25 %). Luokissa



Kuva 1. Männyn siemenen jälki-itäminen alkioluokittain Kolarin Pohjasenvaara. Itämisprosentti on laskettu kunkin luokan itäneiden taimien kokonaismäärästä.

IIB ja IV havaittiin myöskin jälki-itämistä, joskin vähäisemmässä määrin (10 % ja 9 %). Jälki-itämistä esiintyi vielä kolmantenakin kesänä ollen voimakasta alkioluokassa III (1,4 %).

Koetuloksista voidaan päätellä, että siemenen anatomisella kehitystasolla on merkitystä jälki-itämisessä. Alkioluokan IV siemenet ovat täysin kehittyneitä, joten ne itävät miltei kaikki jo kylvökesänä hieman epäsuotuisissakin olosuhteissa. Kesä 1987 oli Kolarissa keskimääräistä kylmempi (kuva 2). Alkioluokan III siemenet sen sijaan ovat hieman vajaasti kehittyneitä, joten huomattava osa siemenistä iti vasta toisena kesänä, joka puolestaan oli keskimääräistä lämpimämpi. Alkioluokan IIB siemenet ovat ilmeisesti niin vajaasti kehittyneitä, että vain pieni osa kykenee säilyttämään itämiskykynsä talven yli. Anatomisten erojen lisäksi alkioluokkien IIB ja III fysiologisessa tilassa voi olla sellaisia eroja, jotka vaikuttavat itämiskyvyn säilymiseen. Lämmin kesä 1988 aiheutti sen, että jälki-itäminen oli vähäistä kolmantena kesänä.



Kuva 2. Lämpösusuma Kolarissa vuosina 1985-1989. Lämpötilahavainnot on tehty Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusaseman pihassa.

Taulukko 1. Kaikkien itäneiden siementen määrä kokeen aikana alkionluokittain.

Alkionluokka	Itäneitä siemeniä, kpl	Itäneitä siemeniä, %
IV	223	49,6
III	213	47,3
IIB	136	30,2

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että kuvan 1 itämisprosentti on laskettu kunkin alkionluokan kaikista itäneistä siemenistä. Siitä ei voida päätellä kuinka paljon siemeniä iti kaikkiaan alkionluokkaa kohden. Tämä tieto selviää taulukosta 1.

Jälki-itämisen merkitystä metsittymistä ajatellen on pohdiskeltu jonkin verran. Yleisesti ajatellaan, että sillä on merkitystä vain Lapissa, jossa itämisolosuhteet ovat usein huonot ja siemen vajaasti tuleentunutta. Eteläisemmillä alueilla,

jossa siemen tuleentuu täydellisesti joka vuosi, jälki-itämisellä ei ole merkitystä (Sirén 1952, Häggman 1987). Lassila (1920) on jopa väittänyt, että jälki-itäminen on perusedellytys metsien säilymiseen metsänrajalla.

## Kirjallisuus

- Cannelin, T.H. 1900. Utdrag ur berättelsen om några forstliga undersökningar och försök vid Mustila åren 1896, 1897 och 1898. Finska Forstföreningens Meddelanden 16:235—261.
- Häggman, J. 1987. Voiko männyn siemen jälki-itää? Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). Karkeiden maiden metsien uudistaminen — ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278:115—122.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Acta Forestalia Fennica 14. 95 s.
- Numminen, E. & Häggman, H. 1987. Röntgenanalyysi metsäpuiden siementen itävyyskelpoisuuden mittarina. Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.). Karkeiden maiden metsien uudistaminen — ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278:92—103.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an den polaren Wald Gränze. Acta Forestalia Fennica 1(1). 154 s.
- Sirén, G. 1952. Havainnot Peräpohjolan valtion mailla vuosina 1948—50 suoritetuista männyn kylvöistä. Silva Fennica 78. 40 s.
- Tirén, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrö i Norrland. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 41:1—97.
- Tubeuf, K. 1891. Samen. Früchte und Keimlinge. Berliini 1891.
- Wibeck, E. 1917. Om eftergroning hos tallfrö. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 13—14:201—234.
- 1920. Det norrländska tallfröets grobarhet. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt 17:1—20.



## SIEMENEN MASSAN JA ITÄMISAJAN VAIKUTUS YKSIVUOTI- AIDEN VALKO- JA MUSTAKUUSEN TAIMIEN KOKOON

Anneli Jalkanen, Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, PL 111,  
80101 Joensuu 10

### Johdanto

Sekä siemenen koon (Skeates 1972, Perry 1976) että itämiseen kuluvan ajan (Boyer ym. 1987, Mexal & Fisher 1987) on havaittu vaikuttavan taimien kokoon havupuilla. Näiden tekijöiden suhteellinen vaikutus vähentyy kasvu-  
kauden edetessä; esimerkiksi siemenen koon vaikutuksen on havaittu melkein hävinneen kahden kasvukauden jälkeen verrattaessa eri mäntyalkuperiä (Mikola 1985). Kanadassa suuri osa havupuiden taimista istutetaan kuitenkin jo yksi-  
vuotiaina.

Männyllä siemenen koko määräytyy suurelta osin emopuun ominaisuuksien ja sen kasvupaikan perusteella (Perry 1976). Siemenviljelmiltä tuleva siemen on todennäköisesti painavampaa ja tasaisempaa kuin luonnonsiemen. Itämisaikaan vaikuttavat monet tekijät, mm. siemenkuoren paksuus, alkion ja siemenvalkuaisen ominaisuudet ja stratifiointi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka suuri osuus kuusen taimien kokovaihtelusta voidaan selittää pelkästään siemenen massan ja sen itämisaikan perusteella. Tutkimuskohteena käytettiin mustakuusta (*Picea mariana* (Mill.) BSP) ja valkokuusta (*Picea glauca* (Moench) Voss). Näistä mustakuusta kasvaa soilla ja kosteilla mailla kaikkialla Kanadan keski- ja itäosissa, ja valkokuusta samalla alueella kuivemmilla kasvupaikoilla.

## Aineisto ja menetelmät

Koe rakentui kuudesta Fh408-arkista (Japanese paperpot), joihin kahteen kylvettiin mustakuusta ja neljään valkokuusta. Jokaisen arkin 336 (12 x 28 riviä) siemenestä 20 punnittiin ja numeroitiin ennen kylvöä. Valkokuusen siemenistä puolet stratifioitiin pitämällä niitä kosteassa kylmävarastossa kolmen päivän ajan.

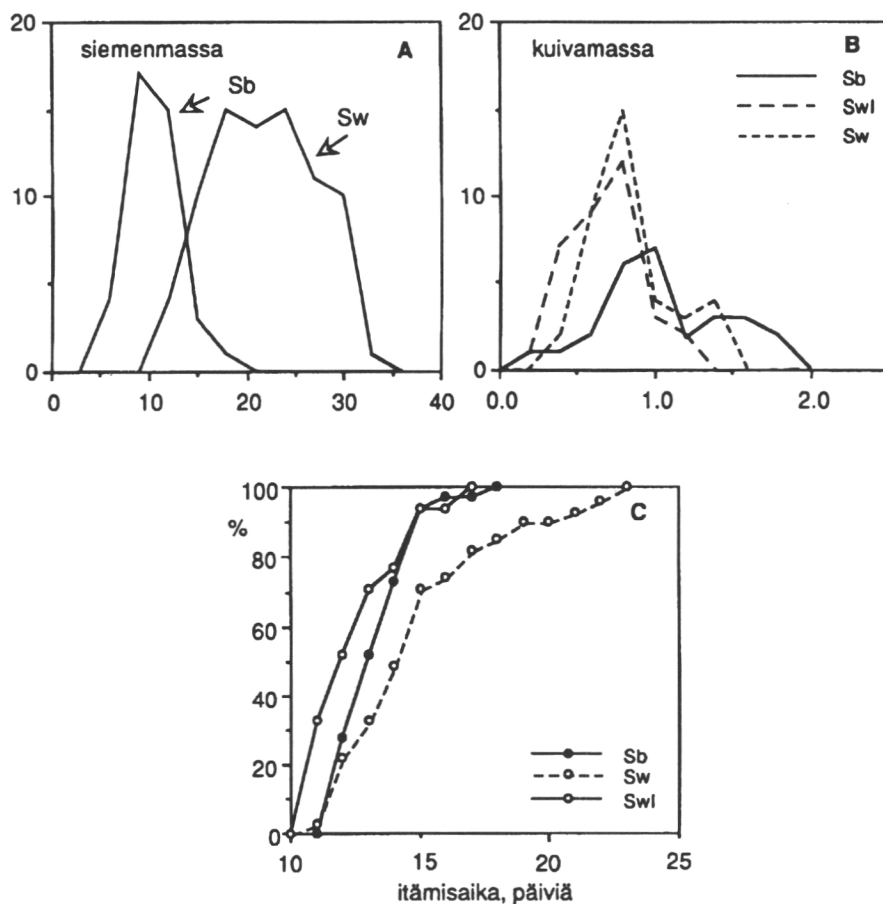
Kasvualustana käytettiin sekoitusta jossa oli kaksi osaa rahkaturvetta ja yksi osa vermikuliittia. Kylvössä käytettiin paikallista metsikkökeräyssiemettä. Taimia kasvatettiin normaalilla lannoitus- ja kasteluohjelmalla kasvihuoneessa 2.4.—21.8. 1990, minkä jälkeen ne siirrettiin ulos.

Itämispäivä merkittiin muistiin punnituille siemenille. Kaksi viikkoa keskimääräisestä itämispäivästä mitattiin sirkkavarren ja sirkkalehtien pituudet. Kasvukauden lopussa taimista mitattiin pituus, läpimitta sekä verson ja juurten kuivapainot.

## Tulokset

Mustakuusen (Mk) siemenen keskimassa oli 10 mg (sd 3) ja valkokuusen (Vk) 22 mg (sd 6) (kuva 1a). Myös mustakuusen sirkkavarsi (hypokotyyli) oli keskimäärin 2—3 mm lyhyempi. Itämisprosentti oli 70 mustakuuselle ja 90 valkokuuselle. Keskimääräinen itämisaika oli 14 päivää (sd 2) mustakuuselle, 15 päivää (sd 4) valkokuuselle ja 13 päivää (sd 2) stratifioidulle valkokuusen siemenelle (kuva 1c). Stratifiointi näytti nopeuttaneen valkokuusen itämistä ja vähentäneen itämisajan hajontaa (kuva 1c).

Mustakuusen taimet kasvoivat nopeammin, joten kasvukauden lopussa ne olivat suurempia (13,6 cm) kuin valkokuusen taimet (11,4 cm ja stratifioitu 12,3 cm). Stratifioinnin vaikutusta valkokuusen kokojakaumaan ei enää ollut havaittavissa (kuva 1b).



Kuva 1. (a) Siemenmassan (mg) frekvenssijakauma mustakuuselle (Sb) ja valkokuuselle (Sw). (b) Kokonaiskuivamassan frekvenssijakauma mustakuuselle (Sb), valkokuuselle (Sw) ja stratifioidulle valkokuuselle (Swl) ensimmäisen kasvukauden jälkeen. (c) Itämisprosentin kehitys ajan funktiona kylvöstä.

Siemenen massa ja itämisaika korreloivat heikosti mustakuusella ja olivat riippumattomia valkokuusella (taulukko 1). Siemenen massa korreloi valkokuusella hypokotyylin kanssa mutta ei enää kasvukauden loppukoon kanssa. Mustakuusella siemenen massa ei korreloinut lainkaan hypokotyylin kanssa mutta jonkin verran loppukoon kanssa. Itämisaika vaikutti voimakkaasti mustakuusen loppukokoon mutta vähän valkokuusen loppukokoon.

Taulukko 1. Taimitarhavaiheen tunnusten välisiä korrelaatioita (R) mustakuusella (Sb), valkokuusella (Sw) ja stratifoidulla valkokuusella (Swl).

Muuttujat	R <sup>1</sup>	Hav.lkm
siemenen massa x itämisaika (Sb)	0,40*	27
siemenen massa x itämisaika (Sw)	-0,09 e.m.	37
siemenen massa x itämisaika (Swl)	-0,23 e.m.	37
siemenen massa x sirkkavarren pituus (Sb)	0,01 e.m.	27
siemenen massa x sirkkavarren pituus (Sw)	0,39*	37
siemenen massa x sirkkavarren pituus (Swl)	0,65**	37
siemenen massa x pituus (Sb)	0,39*	27
siemenen massa x pituus (Sw)	0,27 e.m.	37
siemenen massa x pituus (Swl)	0,12 e.m.	37
siemenen massa x kuivamassa (Sb)	0,43*	27
siemenen massa x kuivamassa (Sw)	0,30 e.m.	37
siemenen massa x kuivamassa (Swl)	0,31 e.m.	37
itämisaika x pituus (Sb)	-0,65***	27
itämisaika x pituus (Sw)	-0,35*	37
itämisaika x pituus (Swl)	-0,33*	37
itämisaika x kuivamassa (Sb)	-0,55**	27
itämisaika x kuivamassa (Sw)	-0,38*	37
itämisaika x kuivamassa (Swl)	-0,41*	37
sirkkavarren pituus x sirkkalehden pituus (Sb)	0,30 e.m.	24
sirkkavarren pituus x sirkkalehden pituus (Sw)	0,56***	35
sirkkavarren pituus x sirkkalehden pituus (Swl)	0,77***	37

<sup>1</sup> Merkitsevyystasot: \*\*\* =  $p \leq 0,001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ; e.m. = ei merkitsevä

## Tarkastelu

Hypokotyylin pituuden mittaus oli jonkin verran epävarma, koska hitaammin kasvaneiden ryhmien sirkkataimet eivät ehkä olleet täysin kehittyneet mitausajankohtaan mennessä (kahden viikon kuluttua itämisestä). Itämisajalla oli todennäköisesti suurempi vaikutus mustakuusen kokoon sen suuremman kasvuvauhdin takia. Avomaalla itämisajan vaikutus lienee suhteellisesti vielä suurempi kuin kasvihuoneessa.

Siemenen kokolajittelua ei suositella varsinkaan siemenviljelmiltä peräisin olevalle siemenelle, koska eri ositteet saattavat edustaa eri alkuperiä (Lindgren 1982). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voisi päätellä, että taimierän tasaisuuskaan ei lajittelun tuloksena lisääny kovin paljon tutkituilla puulajeilla. Mustakuusella pystyttäisiin ennustamaan itämisajalla ja siemenen painolla suurempi osuus yhden kasvukauden jälkeisestä koon vaihtelusta kuin valkokuusella, jolla tutkitut muuttajat selittivät alle 20 prosenttia koon vaihtelusta. Toisin sanoen tulokset viittaavat siihen, että mustakuusella kannattaisi ehkä panostaa siemenen laatuun ja itämisolosuhteisiin ja valkokuusella stratifointiin ja kasvatustoimenpiteiden tasaisuuteen.

## Kirjallisuus

- Boyer, J.N., Duba, S.E. & South, D.B. 1987. Emergence timing affects root-collar diameter and mortality in loblolly pine seedbeds. *New Forests* 1:135–140.
- Lindgren, D. 1982. Fractionation of seed orchard seeds by weight does have genetic implications. *Silva Fennica* 16(2):156–160.
- Mexal, J.T. & Fisher, J.T. 1987. Size hierarchy in conifer seedbeds. I. Time of emergence. *New Forests* 3:187–196.

- Mikola, J. 1985. The effect of seed size and duration of growth on the height of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenances and progenies at the nursery stage. Julkaisussa: Tigerstedt, P.M.A., Puttonen, P. & Koski, V. (toim.). Crop physiology of forest trees. Helsinki University Press, Helsinki. s. 233—243.
- Perry, T.O. 1976. Maternal effects on the early performance of tree progenies. Julkaisussa: Cannell, M.G.R. & Last, F.T. (toim.). Tree physiology and yield improvement. Academic Press, London. s. 473—481.
- Skeates, D. 1972. Size and weight of tubed seedlings related to size, density and weight of seed in jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.), black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) and white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss). Master's Thesis at the University of Toronto. 171 s.

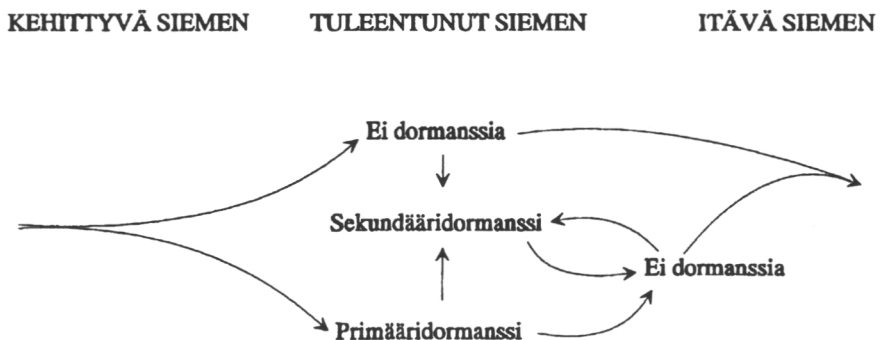
## KASVIHORMONIT JA SIEMENTEN DORMANSSI

*Eira-Maija Savonen, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano*

### Dormanssi

Tuleentuneen, elävän siemenen itäminen ja itämisen ajankohta riippuu monista eri tekijöistä. Siemenen itämysympäristön on täytettävä tietyt vaatimukset: vettä on oltava riittävästi saatavilla, samoin happea, eikä haitallisia yhdisteitä saa olla läsnä. Myös fyysikaalisen ympäristön täytyy olla suotuisa: lämpötilan on oltava tarpeeksi korkea ja valon määrän ja laadun oikea. Mikäli kaikki edellään mainitut vaatimukset täyttyvät, eikä siemen siitä huolimatta idä, sen sanotaan olevan dormanssissa, siemenlevossa. Tällaisessa siemenessä itsessään on este tai esteitä, joiden on hävitävä ennenkuin itäminen voi alkaa. Näiden esteiden häviämisen edellytyksenä ovat siemenessä tapahtuvat aineenvaihdunnan muutokset, jotka usein ovat seurausta siemenen ympäristössä tapahtuvista muutoksista, esim. lämpötilan laskemisesta.

Siemen voi olla dormanssissa jo syntyessään, jolloin puhutaan primääridormanssista (kuva 1). Mikäli itämiskykyiseen siemeneseen muodostuu myöhemmin



Kuva 1. Siementen dormanssia ja itämistä kuvaava malli Bewleyn ja Blackin (1986) mukaan.

dormanssi, tästä käytetään nimitystä sekundaäridormanssi. Sekundaäridormanssin muodostumisen aiheuttaa siemenen ulkopuolelta tuleva impulssi, esimerkiksi veden puute tai liian korkea lämpötila (Bewley & Black 1986).

## Kasvihormonit

Kasvihormonit ovat kasvien luontaisesti tuottamia orgaanisia yhdisteitä, jotka ohjaavat kasvua ja muita fysiologisia toimintoja kasvilla. Hormoneille on tyypillistä, että ne vaikuttavat hyvin pieninä pitoisuuksina. Viisi kasveissa yleisimmin esiintyvää hormoniryhmää voidaan luokitella kasvua edistäviin (auksiinit, gibberelliinit, sytokiniinit ja etyleeni) sekä kasvua ehkäiseviin (inhibiittorit) hormoneihin. Hormonien lisäksi kasvua ja kehitystä säätelevät myös muut tekijät ja yhdisteet.

Kasvua edistävästä hormoneista auksiinit ovat olleet kauimmin tunnettuja. Auksiineja on eniten varren kärjessä, silmuissa ja kasvavien lehtien ja juurien kärjissä. Auksiinit saavat aikaan varren solujen pitenemisen. Sen lisäksi ne vaikuttavat mm. putkilosolujen erilaistumiseen, hengityksen lisääntymiseen, hedelmän alkukehitykseen ja irtoamiseen emokasvista. Erityisen runsaasti auksiinia on kehittyvissä siemenissä, mutta sitä mukaa, kun siemen kasvaa, sen auksiinipitoisuus pienenee. Kypsissä siemenissä auksiinia on verraten vähän. Auksiinin merkityksestä siementen itämisessä on kiistelty pitkään. Nykyään on vahvistunut käsitys, että auksiinit voivat edistää joidenkin lajien siementen itämistä, mutta yleisempää vaikutusta itämiseen tai siementen dormanssiin auksiineilla ei ole.

Rakenteeltaan erilaisia gibberelliinejä tunnetaan jo yli 70. Suurimmalla osalla näistä on hyvin vähän tai ei lainkaan biologista merkitystä. Kasveissa ehkä tärkein gibberelliini on  $GA_1$ , joka stimuloi varren solujen jakautumista ja kasvua. Myös mm.  $GA_3$ ,  $GA_4$  ja  $GA_7$  ovat biologisesti aktiivisia. Useat muut gibberelliinit ovat biologisesti aktiivisten gibberelliinien esiasteita. Kasvin eri solukoissa voi olla rakenteeltaan erilaisia gibberelliinejä, ja samassa kasvilla voi olla yhtä aikaa monia eri gibberelliinejä, joista osa voi olla sitoutuneena esimerkiksi glukoosimolekyylisiin.

Korkeammissa kasveissa gibberelliiniä syntyy ainakin kolmessa paikassa: 1) kasvavissa hedelmissä ja siemenissä, 2) pituutta kasvavan varren kärjessä ja 3) juurissa. Eniten gibberelliiniä on siemenissä, joista useimmat luontaisesti esiintyvät hormonit on eristetty. Muualla kasvin solukoissa pitoisuudet ovat erittäin pieniä. Siemenissä gibberelliiniä syntyy kahdessa jaksossa. Ensimmäinen vaihe on aivan siemenen kehittymisen alussa, jonka jälkeen pitoisuus laskee kohotakseen uudelleen siemenen tuleentuessa. Gibberelliinit saavat aikaan siementen itämisen. Ne stimuloivat usean itämisessä tarvittavan entsyymin muodostumista. Monet sellaiset siemenet, jotka vaativat valoa tai kylmäkäsittelyn itääkseen, saadaan itämään gibberelliinikäsittelyn avulla. Siementen gibberelliinipitoisuuden on todettu kohoavan sekä valon että kylmäkäsittelyn seurauksena.

Sytokiniinit ovat aineita, jotka auksiinin läsnäollessa saavat aikaan solujen jakautumisen ja edistävät kasvua ja erilaistumista solukkoviljelmissä. Ensimmäinen solukkoviljelmissä solun jakautumisen aiheuttava aine, kinetiini, löydettiin 1950-luvulla. Kinetiiniä ei ole luontaisesti kasvien solukoissa. Myöhemmin on löydetty myös muita solun jakautumisen aiheuttavia aineita, joista osaa ei löydy kasvien solukoista, vaikka ne solukkoviljelmään lisättyinä aiheuttavatkin solujen jakautumista. Ensimmäinen kasvusta eristetty sytokiniini sai nimekseen zeatiini. Zeatiini muuttuu entsyymitoiminnan vaikutuksesta helposti rakenteeltaan toisenlaiseksi, mutta säilyttää siitä huolimatta sytokiniiniluonteensa. Toinen yleisesti kasveissa esiintyvä sytokiniini on nimeltään isopentenyyliadenosiini eli iPA. Nykyisin tunnetaan noin 10 luonnossa esiintyvää sytokiniiniä, jotka voivat esiintyä solukoissa vapaina yhdisteinä, tai kuten iPA, siirtäjä-RNA-molekyyliin kiinnittyneinä. Sytokiniinejä syntyy juuren kärjissä, kasvavissa hedelmissä ja siemenissä sekä uusimpien tutkimusten mukaan myös lehtien kärjissä.

Abskissihappo eli ABA on yleisimmin kasveissa esiintyvä kasvua ehkäisevä hormoni. Abskissihappoa pidettiin pitkään pelkästään inhibiittorina, koska ABA:n lisääminen solukkaan aiheuttaa kasvun estymisen. Viime aikoina on kuitenkin havaittu, että se osallistuu moneen muuhunkin fysiologiseen ilmiöön, mm. yhteyttämistulosten kuljettamiseen kehittyviin siemeniin ja varastoproteiinien muodostumiseen. Lisäksi ABA-pitoisuudet reagoivat nopeasti kasvin kärsimään kuivuuteen. Veden puutteesta kärsivän kasvin abskissihappopitoi-

suus voi kohota 10—50-kertaiseksi 4—8 tunnissa. Yhtä nopeasti pitoisuus palaa entiselleen, sen jälkeen kun kasvia on kasteltu. Abskissihappoa on onnistuttu eristämään monien kasvien kehittyvistä siemenistä. ABA-pitoisuus kohoaa siemenen kehittyessä, ja se saavuttaa yhden tai useamman huippuarvon, ennen kuin laskee siinä vaiheessa, kun siemen alkaa kuivua.

### Siementen dormanssin hormonaalinen säätely

Ensimmäisissä kasvihormonien vaikutusta siementen dormanssin syntymiseen ja purkautumiseen selvittäneissä tutkimuksissa kiinnitettiin huomiota vain yhden tai kahden eri hormoniryhmän vaikutukseen. Gibberelliiniä lisäämällä onnistuttiin saamaan monet dormanssissa olevat siemenet itämään. Gibberelliinilisäyksen positiivinen vaikutus taas saatiin usein kumottua antamalla siemenille samanaikaisesti abskissihappoa. Aina hormonilisäykset eivät kuitenkaan tuottaneet odotettua tulosta. Vasta kun tutkimukseen otettiin mukaan myös sytokiniinit, saatiin kehitettyä toimiva hypoteesi (Khan 1975). Tämän hypoteesin mukaan gibberelliineillä on huomattava itämistä edistävä vaikutus, mutta vain mikäli siemenissä ei ole itämistä estäviä aineita esimerkiksi abskissihappoa. Mikäli itämistä estäviä aineita on läsnä, tarvitaan myös sytokiniinejä, jotta siemenen dormanssi purkautuisi. Siementen dormanssin ja itämisen hormonaalisesta säätelystä voidaan esittää seuraava yhteenveto:

Gibberelliini	Sytokiniini	Inhibiittori	
+	+	+	
+	+	-	Itäminen
+	— -	-	
.....			
+	-	+	
-	-	-	
-	-	+	Dormanssi
-	+	-	
-	+	+	

Tätä hypoteesia tukevia tutkimustuloksia on saatu etenkin ruohovartisten kasvien siementen dormanssia selvittävässä tutkimuksissa. Hypoteesi on saanut varsin laajaa kannatusta ja sen uskotaan pätevän myös sekundääridormanssin tapauksessa. Samanlaisen hormonaalisen säätelyn on arveltu ohjaavan myös havupuiden siementen dormanssia (Ross ym. 1983). Tätä olettamusta tukevaa tutkimusaineistoa ei kuitenkaan ole vielä esitetty. Muistutettakoon vielä, että hypoteesi perustuu ulkoisesti lisättyjen hormonien aikaansaamiin muutoksiin siemenissä.

### **Männyn siementen dormanssin hormonaalinen säätely**

Männyn siementen dormanssin hormonaalisesta säätelystä on vain vähän tietoa. Puolassa on tutkittu valon ja männyn siementen gibberelliinien ja inhibiittorien määrän välistä riippuvuutta (Kopcewicz 1971). Näissä tutkimuksissa todettiin, että punainen, oranssi ja sininen valo saivat siemenet itämään. Siementen valokäsittely sai aikaan gibberelliinipitoisuuden nousun siemenissä. Samanaikaisesti siementen inhibiittoripitoisuus laski. Vihreällä valolla ei ollut vastavankaltaisia vaikutuksia. Paitsi valokäsittelyllä, myös stratifioimalla saatiin aikaan siementen gibberelliinipitoisuuden lisääntyminen ja siementen itäminen (Kopcewicz & Porazinski 1973). Ruotsalaisissa tutkimuksissa puolestaan on havaittu, että myös männyn siementen sytokiniinipitoisuus lisääntyy, kun kosteita siemeniä valaistaan punaisella valolla (Qamaruddin 1989). Auksiinien osalta tiedetään, ettei niillä ole osuutta männyn siementen dormanssin säätelyssä (Tillberg 1984).

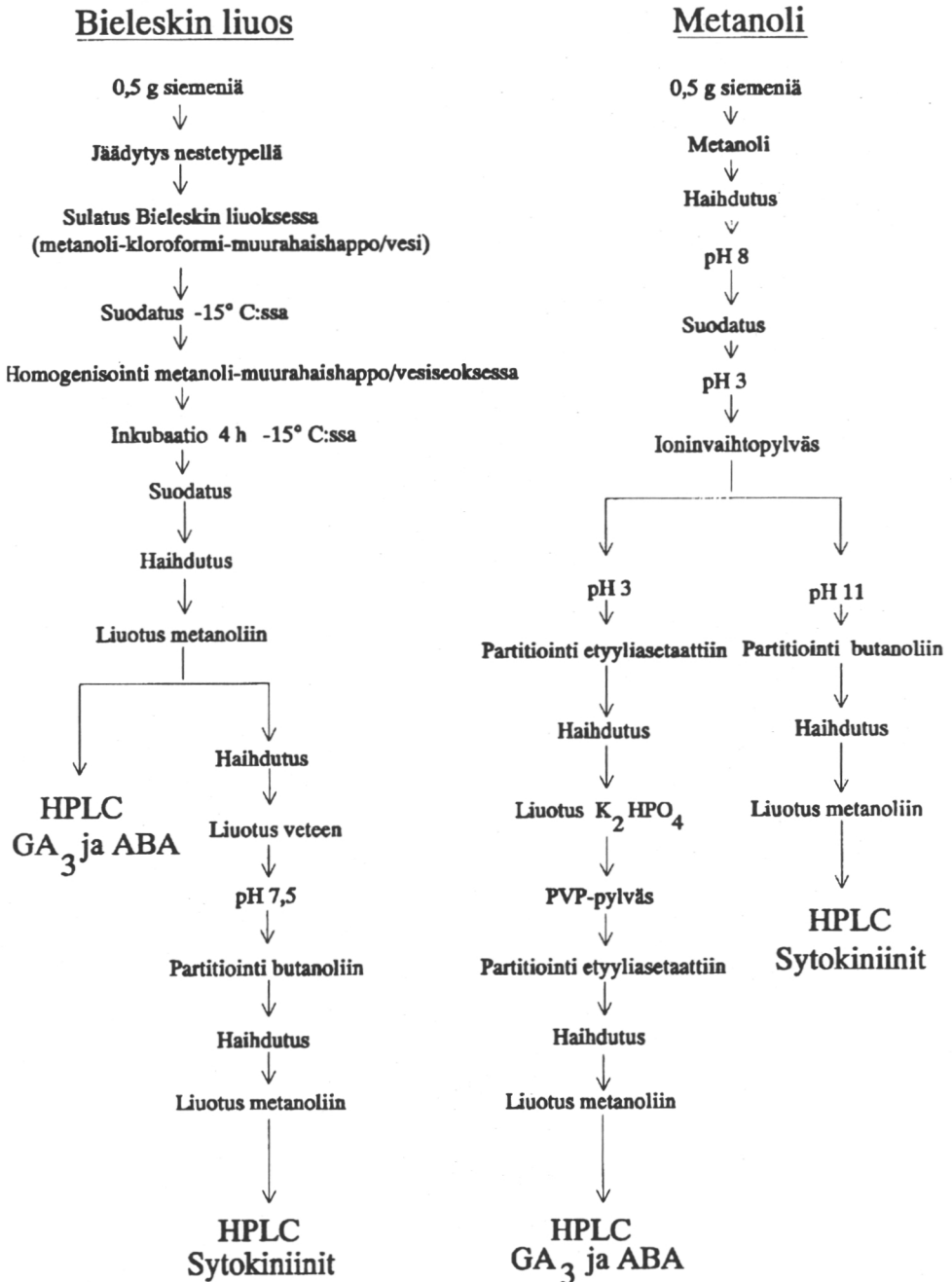
### **Parkanon tutkimusasemalla tehdyt männyn siementen hormonitutkimukset**

Kasvihormonien määrittäminen kasvin solukosta on hankalaa, koska hormonipitoisuudet ovat tavattoman alhaisia. Esimerkiksi yhdessä grammassa siemeniä saattaa olla vain muutama milligramma gibberelliiniä ja sytokiniiniä. Tämä häviävän pieni määrä on uutettava pois siemenistä ja puhdistettava niin hyvin, että sen olemassaolo pystytään toteamaan.

Parkanon tutkimusasemalla tätä työtä on tehty muutaman kesän aikana. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää siementen hormonaalisen tilan muutokset siemenerässä, johon vajaasti tuleentuneita siemeniä jälkikypsyttävässä muodostui sekundäridormanssi. Sekä hyvin itävistä, että dormanssissa olevista siemenistä määritettiin abskissihappo-, gibberelliini- ja sytokiniinipitoisuudet. Hormonit uutettiin murskatuista siemenistä metanolilla tai Bieleskin liuoksella, joka sisältää metanolia, kloroformia ja muurahaishappo/vesi-seosta. Hormonien puhdistaminen eteni kuvassa 2 esitettyjen toimintakaavioiden mukaisesti. Hormonipitoisuudet määritettiin nestekromatografisesti.

Alustavien tulosten mukaan näyttää siltä, ettei jälkikypsyttettyjen siementen sekundäridormanssin muodostumiseen ollut syynä siementen ennen aikaisesta kuivumisesta johtuva abskissihapon määrän lisääntyminen. Abskissihapon määrä oli melko alhainen sekä dormanssissa olevissa että hyvin itävissä siemenissä. Sytokiniiniä ja gibberelliiniä kaikissa siemenissä oli yli kymmenkertaiset määrät abskissihappoon verrattuna. Tämän tutkimuksen tulokset eivät näin ollen tue edellä esitettyä hypoteesiä siementen sekundäridormanssin hormonaalisesta säätelystä ainakaan männyn siementen osalta. Tähän voi olla syynä se, ettei valittu oikeita sytokiniineja ja gibberelliinejä määritettäväksi. Gibberelliineistä määritettiin vain GA<sub>3</sub>:n pitoisuus ja sytokiniineistä zeatiinin ja isopentenyyladeniinin pitoisuudet. Myös se, että määritykset tehtiin kuivista siemenistä, on saattanut vaikuttaa tuloksiin. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan esimerkiksi sytokiniinipitoisuudet ovat hyvin pieniä kuivissa männyn siemenissä (Qamaruddin & Tillberg 1989). Tässä tutkimuksessa saadut kuivien siementen sytokiniinipitoisuudet olivat kuitenkin lähes satakertaiset ruotsalaisten saamiin tuloksiin verrattuna.

Zeatiinin ja isopentenyyladeniinin lisäksi siemenissä oli myös tuntematonta yhdistettä, joka nestekromatografisten määritysten perusteella saattaa olla benzylaminopuriini-nimistä sytokiniiniä. Koska benzylaminopuriini on syntetinen sytokiniini, jota toistaiseksi ei ole löydetty kasveista, nyt löydetyn yhdisteen tunnistaminen benzylaminopuriiniksi on vielä varmistettava massaspektrometrin avulla.



Kuva 2. Toimintakaavio männyn siementen hormonien uuttamisesta ja puhdistamisesta nestekromatografista määrittystä varten.

**Kirjallisuus**

- Bewley, J.D. & Black, M. 1986. Seeds. Physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 367 s.
- Khan, A.A. 1975. Primary, preventive and permissive roles of hormones in plant systems. *Botanical Review* 41:391—420.
- Kopcewicz, J. 1971. Effect of white light irradiation on the endogenous growth regulators content in seeds and seedlings of pine (*Pinus sylvestris* L.). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 40(3): 431—437.
- & Porazinski, Z. 1973. Influence of low temperature on germination and endogenous growth regulator contents in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 42(2): 233—240.
- Qamaruddin, M. 1989. Appearance of the zeatin riboside type of cytokinin in Scots pine seeds after red light treatment. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6:41—46.
- & Tillberg, E. 1989. Rapid effects of red light on the isopentenyladenosine content in Scots pine seeds. *Plant Physiology* 91(1): 5—8.
- Ross, S.D., Pharis, R.P. & Binder, W.D. 1983. Growth regulators and conifers: their physiology and potential uses in forestry. *Julkaisussa: Nickell, L.G. Plant growth regulating chemicals II.* CRC Press, Boca Raton. s. 35—78.
- Tillberg, E. 1984. Abscisic acid and light-induced germination. *Proc. 4th congress of FESPP, Strasbourg, 29.6.—3.8.1984.*

## **LÄMPÖTILAN JA VESITALOUDEN AUTOMAATTINEN MITTAUSJÄRJESTELMÄ VANHALLA OJITUSALUEELLA**

*Markku Saarinen ja Tauno Suomilampi, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon  
tutkimusasema, 39700 Parkano*

### **Johdanto**

Suomen Akatemian maatalous—metsätieteellisessä toimikunnassa laadittiin vuosien 1986—88 tehdyn arvioinnin pohjalta selvitys metsäntutkimuksen tilasta ja tarvittavista toimenpiteistä tutkimustulosten käytön parantamiseksi. Tämän perusteella tehtiin mm. esitys metsänuudistamistoiminnan kannalta oleellisista tutkimusaiheista (Metsänuudistamistutkimuksen tutkimuskokonaisuuden... 1990). Mainitun esityksen yhtenä aihepiirinä olivat turvemaiden ojitusalueiden metsien luontaisen uudistamisen tutkimusongelmat. Metsäntutkimuslaitoksessa on vanhojen ojitusalueiden hakkuukypsiksi vartuneiden puustojen uudistamiskysymyksiä tutkittu jo 1980-luvun alusta alkaen (Kaunisto 1982, 1984, 1988, Kaunisto & Päivänen 1985). Kokeiden yhteydessä on tehty havaintoja rahkasammalten kuoltua syntyvästä raakahumuskerroksesta ja kangasmaille ominaisista sammalkasvustoista. Ojitusalueen pintakerroksen muutosten myötä myös luontaisen uudistumisen edellytykset ovat muuttuneet epäedulliseen suuntaan.

Männyn ja kuusen siemen vaatii itääkseen riittävästi lämpöä, kosteutta, valoa ja happea. Itämisalustan on oltava riittävän kostea ja lämpötilan vähintään 5—10 °C, optimin ollessa kuitenkin 15—25 °C (Haack 1912, Mork 1933, Yli-Vakkuri 1963). Lämpötila vaikuttaa myös itämisen kosteusvaatimukseen. Siemen vaatii korkeammassa lämpötilassa suurempaa vesipitoisuutta (Seifres & Brock 1969, Kellomäki 1987).

Liian kuivat olosuhteet voivat olla erityisen kriittisiä sirkkataimivaiheessa ja varsinkin siemenen itämisen alkuhetkillä, kun sirkkajuuri on työntymässä ulos (Yli-Vakkuri 1963). Sirkkataimien kehitykselle on tärkeää myös pintakasvilli-

suuden laatu. Paksussa sammalkerroksessa taimien kasvu voi tyrehtyä siemen vararavinnon loputtua, elleivät sirkkalehdet pääse nopeasti riittäviin valaistusolosuhteisiin (Yli-Vakkuri 1963).

Kuusen taimet ovat tunnetusti herkkiä kasvukauden aikaisille halloille. Myös männyn taimet voivat vaurioitua mikäli lämpötila laskee liian alhaiseksi. Männyn sirkkatainten kuolleisuutta esiintyy  $-3$ — $-4$  °C alhaisemmissa lämpötiloissa (Vaartaja 1955, Rikala & Repo 1987, Holopainen 1988). Lämpötilan laskiessa alle  $-8$  °C valtaosa taimista kuolee. Useamman vuoden ikäisissä männyn taimissa vauriot kohdistuvat kasvavaan versoon varsinkin pituuskasvukauden alkuvaiheissa (Koski 1984, Raitio 1987). Kahdeksassa pakkasasteessa esiintyy myös vanhempien versonosien vaurioita sekä taimien kuolemia nilaan syntyvien vaurioiden vuoksi (Christersson 1971, Aronsson 1980, Rikala & Repo 1987, Raitio 1990). Myös liian korkeat lämpötilat voivat vaurioittaa sekä siemeniä että pieniä taimia. Maanpinnan ja sen läheisten ilmakerrosten lämpötila saattaa nousta yli  $50$  °C:n, mikä on jo liikaa osalle männyn sirkkataimista (Vaartaja 1954).

Vanhojen turvekankaiksi muuttuvien ojitusalueiden taimettumisherkyys heikkenee olennaisesti pintakasvillisuuden muutosten ja löyhän, helposti kuivuvan karikepitoisen raakahumuskerroksen syntymisen vuoksi (Yli-Vakkuri 1958, Sarasto & Seppälä 1964, Kaunisto 1982, 1984). Raakahumuskerroksen liiallista kuivumista voi olettaa ilmenevän tehokkaasti ojitetuilla uudistamisaloilla, joilla auringon paahde kuivattaa karikekerrosta ja pohjavesitaso on samalla alhainen. Laskettaessa pohjavesitasoa yli  $30$ — $40$  cm:n syvyyteen ei turpeen kapillaariveden nousunopeus enää riitä korvaamaan lisääntyntä haihduntaa turvekerroksen pintaosissa (Laine & Mannerkoski 1975, Mannerkoski 1985). Tässä suhteessa vanhojen ojitusalujen kosteusolosuhteet ovat olennaisesti heikentyneet nuorten ojitusalujen rakkasammalpintoihin verrattuna. Koska turvemaat ovat usein hallanarkoja paikkoja, saattavat myös edellä esitetyt pakkasvauriot olla kangasmaista poiketen merkittävä haittatekijä männyn uudistamisen yhteydessä.

Tässä esiteltävän koejärjestelyn lähtökohtana on tutkia vanhan ojitusalueen ekologisia ominaisuuksia erityisesti edellä kuvattujen taimien syntymiseen

vaikuttavien lämpö- ja vesiolojen kannalta. Tutkimus on osittain Suomen Akatemian rahoittama ja liittyy Akatemian em. tutkimuskokonaisuuden tavoitteisiin. Samalla se tukee Metsäntutkimuslaitoksessa tehtävää vanhojen ojitusalueiden uudistamismenetelmien tutkimusta antamalla tietoa turvemaiden kasvupaikkojen ekologiasta.

MMK Markku Saarinen on suunnitellut koejärjestelyn ja laatinut käsikirjoituksen. Yhteistyönä tutkimusavustaja Tauno Suomilammin kanssa on suunniteltu laitteiston tekninen kokoonpano, toteutettu antureiden kalibrointi ja laitteiston maastoasennus. Tauno Suomilammi on vastannut antureiden rakentamisesta, virtapiirien suunnittelusta ja asennuksesta sekä maastotallentimien (dataloggeiden) käyttöön liittyvistä yksityiskohdista. Antureiden rakentamisen yhteydessä on saatu ohjeita ja neuvoja MML Juha Heiskaselta ja laboratoriomestari Jukka Laitiselta.

## **Koejärjestely ja mittalaitteisto**

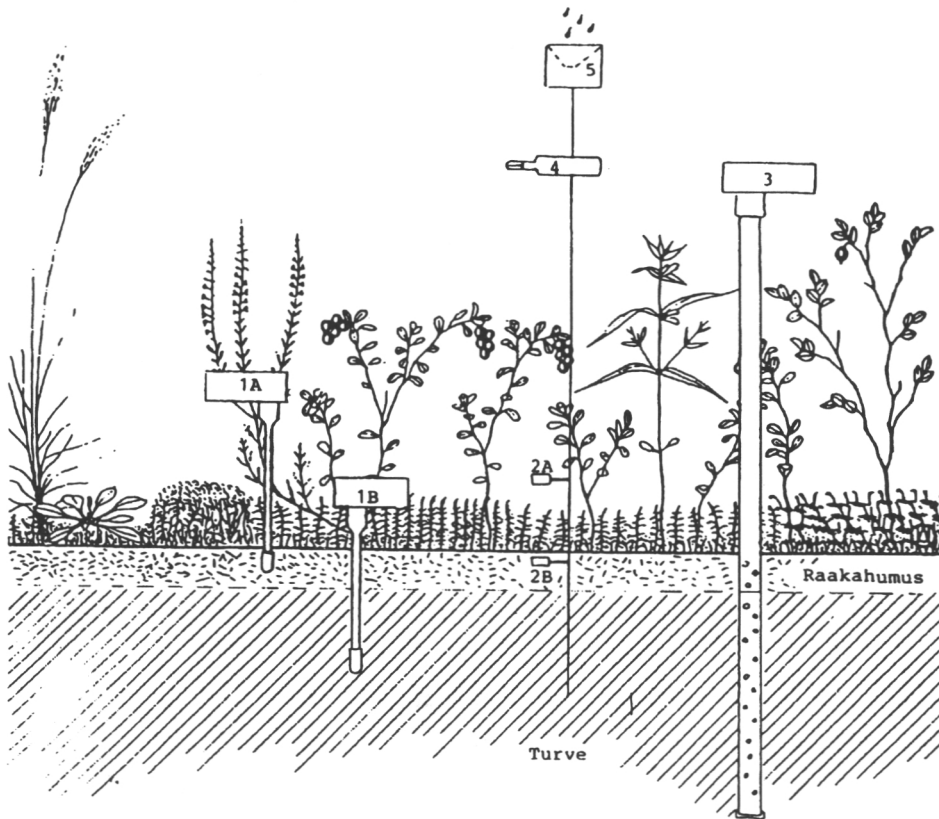
### *Koejärjestely*

Syksyllä 1990 valittiin Kurun kunnan pohjoisosista Varisnevalta vanha 1930—35 ojitettu varpu-puolukkaturvekangas, joka oli alunperin ollut vähäpuustois-ta saranevaa. Koetta suunniteltaessa kohteella oli hakkuukypsyyttä lähentelevä männikkö. Suunnitelman mukaan ojitusalueelle sijoitettiin mittauslaitteisto kesäksi 1991, jonka aikana puusto ja vanhat tukkeutuneet ojat olivat alkuperäisessä tilassaan. Seuraavaa mittausjaksoa varten puusto hakataan osittain siemenpuuasentoon ja osittain se jätetään alkuperäiseen tilaansa. Hakkuun jälkeen vanha ojasto perataan ja kunnostetaan. Kohteella seurataan maan vedenpidätyksen ja lämpötilojen vaihtelua hakkuukäsittelyn, mittauspisteen ojaetäisyyden, raakahumuskerroksen esiintymisen ja pintakasvillisuuden mukaan vaihtelevissa olosuhteissa. Erilaisin kylvökokein seurataan olosuhteiden vaikutuksia siementen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen.

Koekentälle perustettiin neljä mittauslinjaa, joista jokainen sijaitsee sarkaojien suuntaan nähden kohtisuorassa. Kullekin mittauslinjalle sijoitettiin viisi

mittauspistettä, joista reunimmaisets tulivat 5 m:n etäisyydelle ojasta, keskimäinen saran keskelle (n. 20 m ojasta) ja loput kaksi edellisten puoliväliin (12—13 m ojasta). Kaksi linjaa sijoitettiin turvekankaalle, jossa raakahumuskerroksen paksuus oli 3—5 cm. Kolmas linja sijoitettiin uudelleen rahkasammaloituvalle turvekangaspinnalle ja neljäs muuttuma-asteelle jääneelle rahkasammalpinalle.

Jokaiseen mittauspisteeseen asennettiin kaksi tensiometriä maan vedenpidätyksen mittaamiseksi, kaksi lämpöanturia ja yksi pohjavesimittari.



1. Tensiometrit
  - A. Raakahumus -2 cm
  - B. Turve -17 cm
2. Lämpöanturit
  - A. Kenttäkerros +15 cm
  - B. Raakahumus -1 cm
3. Pohjavesimittari 0—100 cm

4. Ilman suhteellisen kosteuden mittausanturi +100 cm
5. Sadevesimittari

Kuva 1. Kaaviokuva mittauskentälle asennetuista antureista.

Tensiometreistä toinen upotettiin turpeeseen n. 17 cm:n syvyyteen ja toinen raakahumuskerroksen pintaosiin n. 2 cm:n syvyyteen. Lämpöanturit asetettiin raakahumuksen pinnalle 1 cm:n syvyyteen ja kenttäkerrokseen n. 15 cm:n korkeudelle maan pinnasta. Pohjavesimittari upotettiin 100 cm:n syvyyteen. Jokaiselle mittauslinjalle asetettiin yksi sadantamittari ja koko koekentälle yhteensä kaksi ilman suhteellisen kosteuden mittaria 1 m:n korkeudelle (kuva 1).

### *Dataloggerit*

Kaikkien mittauspisteiden anturit kytkettiin moninapakaapeleiden välityksellä kahteen automaattiseen tiedontallentimeen eli dataloggeriin (Delta-T Devices Ltd). Kummassakin oli 60 yksipäiseen (single-ended) anturikytkentään ja kahteen pulssilaskuriin edellyttävä kanavamäärä. Loggereiden sisäisiin ajastimiin kytkettiin antureiden virransyötön ohjaus siten, että piiri virtalähteinä olleilta lyijyakuilta antureihin sulkeutui automaattisesti tunnin välein 20 sekuntia ennen mittaustapahtumaa. Jokaisen anturin tila mitattiin siis tunnin välein ja lämpöantureiden osalta tieto tallennettiin sellaisenaan. Tensiometreiltä ja ilman suhteellisen kosteuden mittareilta tallennettiin vain keskiarvot kuuden tunnin ja pohjavesimittareilta vuorokauden mittaisilta jaksoilta.

Akkujen 12 V:n jännite muunnettiin jänniteensäätimillä 8 V:ksi. Tällä varmistettiin antureille vakio syöttöjännite myös akkujen varaustilan ja napajännitteen laskiessa. Antureilta loggereille tuleva jännitevaste sai olla enintään 2 V. Koska paineantureiden antama vaste 8 V:n syöttöjännitteellä oli 1–6 V, jokainen tensiometri ja pohjavesianturi kytkettiin jännitettä alentavien vastusten kautta dataloggeriin.

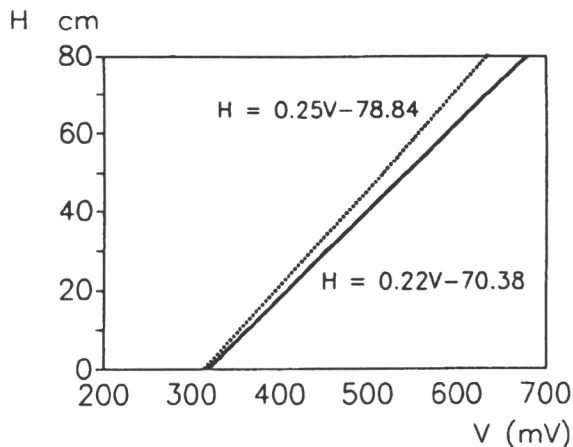
### *Pohjavesimittarit*

Turpeen pohjavesitason mittaamiseksi maahan upotettiin 100 cm:n syvyyteen 20 mm:n läpimittainen ja koko pituudeltaan rei'itetty muoviputki. Putkessa olevan vapaan vesipinnan korkeusvaihtelut mitattiin paineanturilla, joka oli

kiinnitetty ilmatiiviisti ohuen alapäästä avoimen ja muoviputken sisään asennettun kupariputken yläpäähän. Kupariputken syntyi näin ollen veden aiheuttama hydrostaattinen paine sitä voimakkaampana, mitä syvemmällä vedessä kupariputken alapää sijaitsi.

Paineanturiksi valittiin Micro Switch 142PC05D (Honeywell Oy), jonka paineenmittausalue on 0–345 mbar. Mittausalue siis riittää 352 cm:n vesisyvyyteen asti ( $100 \text{ cm H}_2\text{O} = 98 \text{ mbar}$ ). Operaatiovahvistimella varustetulla anturilla paine voidaan mitata yksipäisenä jännitevasteena (1–6 VDC). Paineanturin antaman jännitevasteen virhevaihtelun (lämpötilapoikkeama, hystereesi, lineaarisuus, toistettavuus jne.) rajoiksi voi valmistajan virhenormien perusteella arvioida  $\pm 2,0$ – $2,5$  % kun mittausolosuhteiden lämpötilavaihtelun oletetaan olevan 0–30 °C ja mittausalue painottuu välille 50–100 cm H<sub>2</sub>O (pohjaveden syvyys 0–50 cm). Mainitun virheen aiheuttama maksimipoikkeama todellisesta pohjavesisyvyytlukemasta on tällöin 3–4 cm.

Pohjavesimittareita testattiin 80 cm:n syvyisessä vesialtaassa mittaamalla antureiden jännitevasteet veden pinnalta sekä 20, 40, 60 ja 80 cm:n syvyydeltä. Kuvassa 2 on esitetty valmistajan ilmoittamien standardien mukainen vesisyvyyden jänniteriippuvuus sekä vesialtaassa kymmenellä satunnaisesti valitulla mittarilla saatu kalibrointisuora.



Kuva 2. Pohjavesiantureiden valmistajan mukainen vesisyvyyden jänniteriippuvuus (—) ja kalibroimalla saatu riippuvuus (·····).

Sekä suoran kulmakerroin, että vakio poikkeavat "tehdasarvoista". Tämä saattaa johtua esim. veden ja kupariputken välisistä adheesiovoimista. Poikkeama ei kuitenkaan heikennä mittarin käyttökelpoisuutta, sillä sen jännitevaste oli lineaarinen ja virhepoikkeamat kohtuullisia. Mitattujen vesisyvyysarvojen virhepoikkeamista laskettu keskivirhe oli 0,5 cm ja suurin poikkeama 1,0 cm.

### *Lämpöanturit*

Lämpötilamittauksiin käytettiin National LM35CAH (ITT Oy) -tyypin puoli-johdeantureita, joiden mittausalue on  $-40-110$  °C. Anturin mittausvirheeksi ilmoitetaan 25 °C:n lämpötilassa  $\pm 0,2$  °C. Anturit kalibroitiin jäävesihauteessa  $\pm 0$  °C:n lämpötilassa. Vertailumittareina käytettiin kolmea elohopealämpömittaria (Fuess) 20:n ja 40:n asteen lämpötiloissa. Viimeksi mainitut kalibrointiarvot mitattiin 80 l:n vesiastiassa. Kaikkien 40:n anturin keskimääräinen virhepoikkeama koko mittausalueella oli 0,6 °C. Suurimmillaan poikkeama oli 40:n asteen lämpötilassa ja pienimmillään jäävesihauteessa.

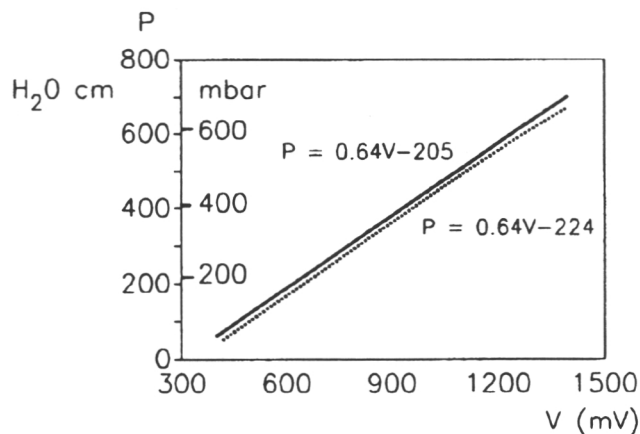
Anturit koteloititiin valamalla ne epoksiliimalla 8 mm:n läpimitäiseen ja 40 mm pitkään alumiiniputkeen. 15 cm:n korkeuteen maanpinnasta sijoitetut anturit suojattiin auringolta käyttämällä valkoisia muovisia säteilysuojia.

### *Tensiometrit*

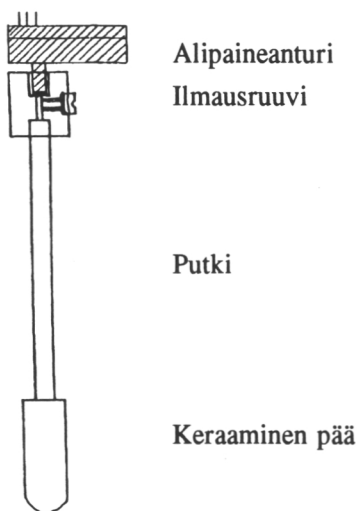
Tensiometriä rakentamisessa käytettiin 141PC15G-tyypin alipaineantureita, joiden mittausalue on  $-1,034-0$  bar. Mittausalue vastaa varsin tarkasti tensiometreillä mitattavissa olevaa maan vesipotentiaalialuetta (0...-1 bar). Täyden mittausalueen virherajat ovat  $\pm 4,2$  % vastaten 0,01–0,04 barin maksimipoikkeamia mittaustuloksissa. Antureita testattiin käyttämällä vertailuarvoina vesiletkuissa eri korkeuksille kohotettujen vesipatsaiden hydrostaattista painetta. Anturit kiinnitettiin ilmatiiviisti pitkien keitetyllä vedellä täytettyjen vesiletkujen päihin. Neljä satunnaisesti valittua anturia nostettiin metrin välein aina seitsemän metrin korkeuteen asti, jossa antureihin kohdistuva alipaine oli 0,686 bar. Kuvassa 3 on esitetty mittaustuloksiin perustuva

kalibrointisuora yhtälöineen sekä anturin valmistajan standardien mukainen alipaineen jänniteriippuvuus. Suorien yhtälöt ovat lähes identtiset ja antureiden havaituista virhepoikkeamista laskettu alipaine-ervojen keskivirhe oli vain 0,002 bar.

Alipaineanturit kiinnitettiin akryylisen välikappaleen avulla lasiputkeen, jonka alapäähän liimattiin huokoinen vettä läpäisevä keraaminen kuppi. Tensiometrinen rakenne vastaa aiemmin Suonenjoen tutkimusasemalla valmistettuja laitteita (kuva 4).



Kuva 3. Tensiometriantureiden valmistajan mukainen alipaineen jänniteriippuvuus (—) ja kalibroimalla saatu riippuvuus (·····).



Kuva 4. Tensiometrinen rakenne (Heiskanen & Laitinen 1992).

### *Sadannan ja ilman suhteellisen kosteuden mittaukset*

Sadannan mittauksessa käytettiin tanskalaisen Pronamicin valmistamaa Rainomatic-sademittaria. Lähinnä "kotitalouskäyttöön" tarkoitettua mittarin digitaalinen näyttöruutu irrotettiin ja laite kytkettiin suoraan dataloggerin pulssilaskurikanavaan. Laitteen toiminta perustuu sadevettä keräävällä lusikalla varustettuun keinuvipuun, joka tietyn vesimäärän kuormituksesta sulkee hetkeksi mittarin virtapiirin. Keinuvivun heilahdukseen vaadittavaa kuormitusta säätämällä jokaisen impulssin voi kalibroida ilmaisemaan 1 mm:n sademäärää.

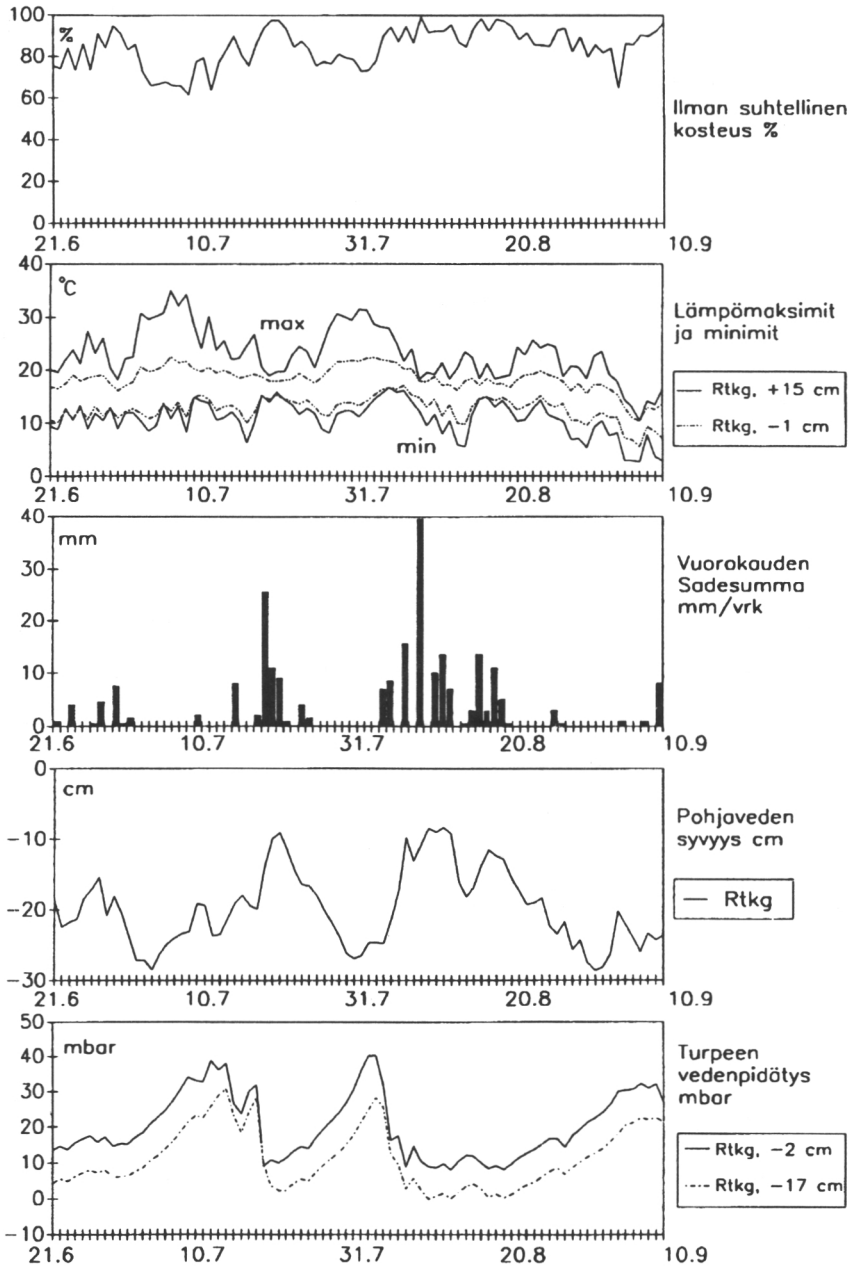
Ilman suhteellisen kosteuden mittauksessa käytettiin HMP35A-kosteus- ja lämpömittaria (Vaisala Oy). Laitteessa olevan Humicap H -anturin toiminta perustuu kosteuden aiheuttamiin kapasitanssin muutoksiin ohuessa polymeerikalvossa. Mittaustarkkuus on  $\pm 2$  % (RH) 0–90 %:n mittausvälillä ja  $\pm 3$  % (RH) välillä 90–100 %.

### **Mittauslaitteiston käyttökokemuksia**

Suurimman ongelman mittausjärjestelmän toiminnassa aiheuttivat tensiometrien keraamiset kupit, joista valtaosaan oli mittausjakson (21.6.—10.9.) loputtua ilmaantunut pieniä halkeamia. Mikäli halkeama oli tarpeeksi pitkä, aiheutti se alipaineen katoamisen tensiometriputkesta. Ilmeisesti suurin syy halkeamiin oli kovien lasiputkien liian kireä sovitin. Vuoden 1992 mittauskautta varten lasiputket vaihdetaan akryyliputkiksi, joiden keramiikkaan liitettävät päät voidaan sorvata paremmin kuppeihin sopiviksi.

Kuvassa 5 on esimerkki laitteistolla kerätystä tiedostosta (21.6.—10.9.1990) turvekangaspinnalle sijoitetulta mittauslinjalta. Heinä- ja elokuun alun hellejaksojen aikana oli sateetonta runsaan viikon ajan ja ilman suhteellinen kosteus laski alimmillaan 60 %:iin. Saman aikaisesti maanpinnan läheisen ilmakerroksen lämpötilamaksimit olivat yli 30 °C ja minimitkin n. 10 °C. Raakahumuskarikkeen pintaosissa lämpötilat olivat korkeimmillaan n. 20 °C ja alhaisimmillaan 10–15 °C. Ojastoltaan umpeenkasvaneen vanhan turvekankaan pohjavesitaso laski tuolloin 25–30 cm syvyyteen kun se sateiden aikana oli

vain 10 cm:n syvyydessä. Mainituista olosuhteista huolimatta raakahumuskerroksen vedenpidätys oli suurimmillaankin vain 40 mbar (4 kPa, 40,8 cm H<sub>2</sub>O, pF 1,61). Raakahumuksen alaisen turvekerroksen vedenpidätys oli enintään 30 mbar (3 kPa, 30,6 cm H<sub>2</sub>O, pF 1,49) kun mittauspisteen etäisyys pohjavedestä oli 5–10 cm.



Kuva 5. Tulokset turvekankaan mittauslinjoilta kesäkaudelta 1990.

Kesäkauden 1990 aikana mitattuja tietoja tullaan käyttämään vertailuaineistona tulevissa mittauksissa. Tuolloin seurataan vastaavia muutoksia tilanteessa, jossa pohjavesi on kunnostusojituksin laskettu koko kasvukauden ajaksi alle 30 cm:n syvyyteen ja raakahumus-pinta altistetaan siemenpuuhakkuin voimakkaammalle auringon säteilylle. Psykrometrin mittauksin tullaan seuraamaan myös aivan raakahumuskerroksen pintaosien kosteusvaihtelua.

## Kirjallisuus

- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrient status. *Studia Forestalia Suecica* 155:1–27.
- Christersson, L. 1971. Frost damage resulting from ice crystal formation in seedlings of spruce and pine. *Physiologia Plantarum* 25:273–278.
- Haack, (-). 1912. Die Prüfung des Kiefern-samens. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen* 44.
- Heiskanen, J. & Laitinen, J. 1992. A measurement system for determining temperature, water potential and aeration of growth medium. Tiivistelmä: Kasvualustan lämpötilan, vesipotentiaalin ja ilmanvaihdon mittausjärjestelmä. *Silva Fennica* 26:27–35.
- Holopainen, J.K. 1988. Growth and visible responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings to simulated summer frost. *European Journal of Forest Pathology* 18:85–92.
- Kaunisto, S. 1982. Suometsien uudistamisen perusteita. Metsänuudistamiskerjät-kurssi, elokuu 1982. Ammattikasvatushallitus, Pohjois-Savon metsäkoulu, Toivala. 10 s.
- 1984. Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheessa. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137:7–21.
- 1988. Suometsien uudistaminen. Julkaisussa: Ahti, E. (toim.). Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308:125–132.

- & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidella. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. *Folia Forestalia* 625. 75 s.
- Koski, V. 1984. Puiden vuosirytmä ja pakkasenkestävyys. The annual rhythm and forest resistance in forest trees. *Oulanka Reports* 4:34—37.
- Laine, J. & Mannerkoski, H. 1975. Tensiometrin käyttö turvemaiden kosteusolojen kuvauksessa. Summary: On the use of tensiometers in describing moisture conditions of peat soils. *Suo* 26(2):17—24.
- Mannerkoski, H. 1985. Effect of water table fluctuation on the ecology of peat soil. Tiivistelmä: Vedenpinnan vaihtelun vaikutus turvemaan ekologiaan. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 7. 190 s.
- Mork, E. 1933. Temperaturen som foryngelsesfaktor i de nordtronderske granskoger. Referat: Über die Bedeutung der Temperatur für die Verjüngung in den Fichtenwäldern von Nord-Trøndelag. *Meddelelser, Norske Skogsforsøksvesen* 5.
- Päivänen, J. 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 2. 69 s.
- Raitio, H. 1987. Site elevation differences in frost damage to Scots pine (*Pinus silvestris*). *Forest Ecology and Management* 20:299—306.
- 1990. Anatomical symptoms in the wood of Scots pine damaged by frost and pine bark bugs. *Painossa*.
- Rikala, R. & Repo, T. 1987. Frost resistance and frost damage in *Pinus sylvestris* seedlings during shoot elongation. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2:433—440.
- Scifres, C.J. & Brock, J.H. 1969. Moisture-temperature interrelations in germination and early seedling development of merquite. *Texas Agricultural Experiment Station Ta-7631:334—336*.
- Vaartaja, O. 1955. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. *Acta Forestalia Fennica* 62:1—31.
- Yli-Vakkuri, P. 1963. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensikehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.

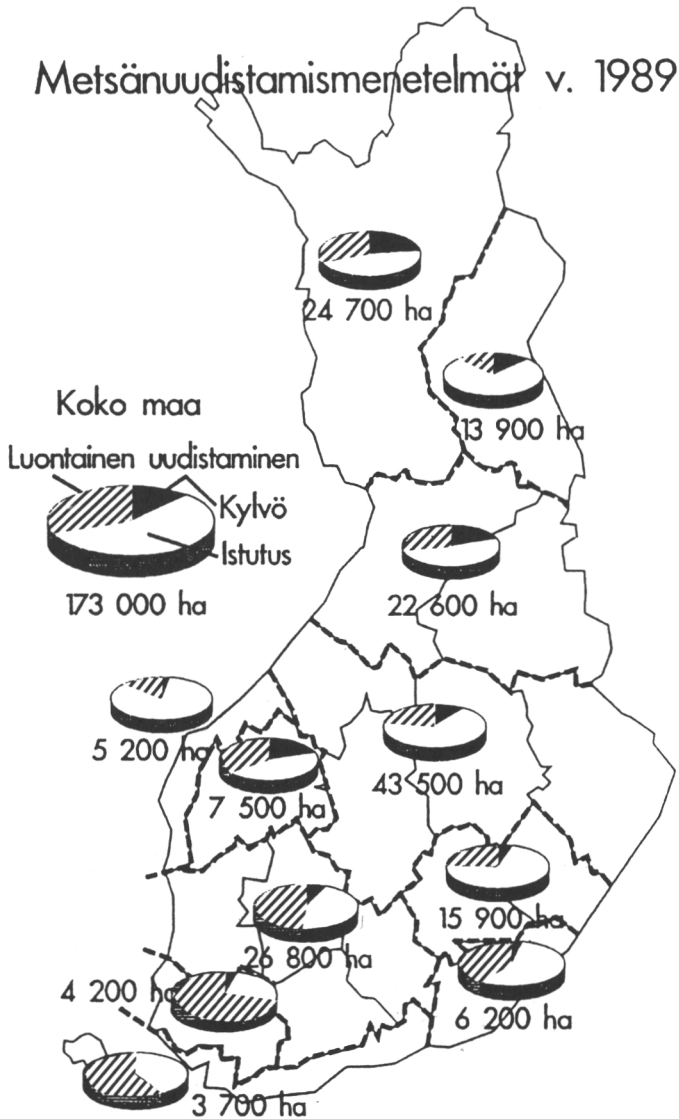
## KYLVÖN MEKANISOINTI

*Arto Rummukainen ja Leo Tervo, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki*

### Johdanto

Kylvön kukoistuskausi oli 1960-luku, jolloin metsänviljelyalat lisääntyivät lähes kolminkertaisiksi muutamassa vuodessa, enimmilleen 77 300 ha vuonna 1964. 1970-luvun alussa kylvömäärät putosivat alle puoleen ennätysvuosista, mutta viljelyalat säilyivät ennallaan, koska istutus lisääntyi voimakkaasti. 1970- ja 80-luvulla vuotuinen kylvöala on ollut hieman yli 20 000 hehtaaria ja laskenut hieman kauden loppua kohti. Istutusmäärät pinta-aloina mitattuina ovat vuosittain vaihdelleet jopa enemmän kuin vuotuinen kylvömäärä.

Vuonna 1989, jolta ovat uusimmat kattavat tilastot, kylvettiin 20 400 ha (12 %), istutettiin 100 000 ha (58 %) sekä aloitettiin siemen- ja suojuspuuhakkuin luontainen uudistaminen 52 800 ha:lla (30 %) (Ylitalo ym. 1991) (kuva 1). Edellisenä vuonna kylvettiin vain 17 500 ha (Metsätilastollinen... 1990). Kylvön osuus on suurimmillaan Länsi-Lapissa (23 %) ja pienimmillään Ahvenanmaalla (0 %). Voimakkaita kylvöalueita ovat Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan sekä Etelä-Pohjanmaan metsälautakunnat (kylvön osuus uudistamisesta 20 %). Ruotsinkielinen Pohjanmaa ja Etelä-Suomi ovat vähän kylväviä alueita. Luontainen uudistaminen on yleisintä Varsinais-Suomessa, Hämeessä ja Etelä-Karjalassa. Siemen- ja suojuspuiden poistoalan sekä siemen- ja suojuspuuasentoon hakkuualan välinen erotus johtuu eri vuosien välisistä toimenpidemäärien eroista. Jos poistoala on jatkuvasti suurempi puhutaan ns. salaa syntyvistä uudistamisista (tai uudistamatta jättämisistä). Näiden salaa syntyvien alojen osuus on pienentynyt 1970-luvulta 30 %:sta vuoteen 1988 4 %:iin ja 1989 2 %:iin. Vastaavasti vuonna 1988 avohakattiin 3 % suurempi pinta-ala kuin mitä keinollisesti viljeltiin ja vuonna 1989 jopa viljeltiin 9 % suurempi pinta-ala kuin mitä avohakattiin (Metsätilastollinen... 1990, Ylitalo ym. 1991).



Kuva 1. Metsänuudistamismenetelmien osuudet vuonna 1989 (Ylinen ym. 1991). Samantyyppisesti uudistavat metsälautakunnat on yhdistetty katkoviivojen rajaamiksi 11 suuralueeksi.

Metsäkylvöjä on tehty pääasiassa mänyllä. Kuusta on kylvetty vain muutama kymmenen hehtaaria vuodessa ja koivun kylvöä eivät tilastot tunne lainkaan. Koivun kylvöä tehdään kuitenkin vähäisessä määrin.

Hehtaaria kohti käytetty siemenmäärä vaihtelee huomattavasti alueittain ja vuosittain. Kylvömenetelmä vaikuttaa siementarpeeseen sen lisäksi, että

siemenmäärää joudutaan lisäämään sitä enemmän mitä huonommin itävää siementä on saatu käyttöön. Vuonna 1988 siementä käytettiin keskimäärin 840 g/ha ja 1989 460 g/ha. Metsälautakunnittain pienimmät arvot olivat 190 g/ha ja suurimmat 1 480 g/ha. Lapissa siemenen kulutus on suurempaa kuin Etelä-Suomessa (Metsätilastollinen... 1990, Ylitalo ym. 1991).

Käytössä on muutamia kehitysvaiheessa olevia maanmuokkaukoneisiin yhdistettyjä kylvökoneita (Korhonen & Mänty 1991), mutta suurin osa kylvöstä tehdään vielä käsin.

Yksityismetsissä kylvettiin vuonna 1990 yhteensä 15 000 ha kylvöalan keski-koon ollessa 2,1 ha. Etelä-Suomen keskimääräinen kylvökohde oli 1,6 ha ja Lapin 3,4 ha. Keskimääräinen siemenkulutus oli 470 g/ha (Tulostus Hankejärjestelmän... 1991).

Ruotsissa oli kylvön osuus metsänviljelystä vuonna 1989 hyvin pieni, istutus 99 % ja kylvö alle 1 % viljelyaloista, yhteensä 200 200 ha (Skogsstatistisk... 1991). 1980-luvun puolivälissä kylvön osuus uudistamisesta oli noin kolmanneksen suurempi kuin nyt. Yritykset viljelevät vain istuttaen (Persson 1990). Norjassa kylvön merkitys on niin pieni, etteivät metsätilastot tunne kylvöä lainkaan. Istutettu ala oli vuonna 1988 yhteensä 30 400 ha (Skogstatistikk... 1990). Ruotsissa on muutamia kylvökoneita jo käytössä (Korhonen & Mänty 1991, Lindevall 1991).

Metsätulojen pieneneminen laman myötä saa aikaan painetta pienentää metsänkasvatuksen investointeja. Työvoiman saanti lyhyelle viljelykaudelle hankaloituu tämänhetkisestä tilapäisestä metsätyövoiman työttömyydestä huolimatta. Istutuksen koneellistaminen taloudellisesti ei ole vielä onnistunut moreenimailla (Berg 1990). Toteutukseltaan halvan kylvön käyttömahdollisuudet viljelymenetelmänä herättävät nyt mielenkiintoa ainakin tutkijoiden ja kehittäjien keskuudessa (Kinnunen 1980, Solbraa 1988, Lindevall 1991). Itä-Kanadan pohjoismaisia muistuttavissa oloissa ollaan kustannussyistä kokeilemassa kylvöä metsikön uudistamismenetelmänä. Kehitys perustuu lähinnä ruotsalaiseen menetelmiin (Van Damme 1988, Van Damme & Bax 1991). Suonenjoen tutkimusasemalla selvitetään tällä hetkellä maanmuokkauksen ja kylvön niveltämistä toisiinsa.

## Kustannusvertailuja

Yksityismetsien keskimääräinen työkustannus vuonna 1990 oli kylvössä 460 mk/ha ja vastaavasti männyn istutuksessa 1 210 mk/ha. Siementen kilohinta oli 1 080 mk/kg, joten keskimääräinen siemenkustannus hehtaarilla oli yksityismetsissä 510 mk/ha. Keskimääräinen männyn taimihinta oli 620 mk/1 000 tainta, josta keskimääräisellä istutustiheydellä tulee hehtaarikohtaisiksi taimikustannuksiksi 1 550 mk/ha. Viljelyalan äestyskustannukset olivat keskimäärin 660 mk/ha (Tulostus Hanke-järjestelmän... 1991). Näillä perusteilla kylvön kustannukset ovat n. 50 % istutuskustannuksista (taulukko 1). Kustannuksissa ei ole mukana työnjohto- ja suunnittelukustannuksia eikä siementen tai taimien kuljetus- ja jakelukustannuksia.

Taulukko 1. Kylvön ja männyn istutuksen karkea kustannusvertailu yksityismetsien vuonna 1990 toteutuneiden kustannusten perusteella (Tulostus Hanke-järjestelmän... 1991).

Kustannuslaji	Kylvö		Istutus	
	mk/ha	%	mk/ha	%
Äestys	660	41	660	21
Työpalkat	460	28	1210	39
Viljelymateriaali	510	31	1550	40
Yhteensä	1630	100	3420	100

Kylvön etuna istutukseen verrattuna ovat pienemmät työpalkat ja materiaalikulut. Tämä korostuu entisestään, jos mukaan otetaan työnjohto- ja taimien kuljetuskustannukset. Nämä ovat istutuksessa suuremmat, koska on huolehdittava taimien elossa pysymisestä ja kuljetuksen aikataulutuksesta. Siemeniä voivat jossain määrin varastoida jopa työntekijät, eikä niiden kuljetus vaadi tilaa. Vaikeat toimintaolot tekevät kylvön suhteellisesti vielä edullisemmäksi. Äestyskustannukset kohoavat huomattavasti maan ollessa kivinen tai kalteva (Metsämaan... 1991). Työmaan pieni koko kohottaa hehtaarikustannuksia, koska koneen siirtokustannusten osuus tulee suureksi. Äestys kallistuu tosin yhtäläillä kylvössä kuin istutuksessakin. Työpalkat kohoavat istutuksessa

taimen koon kasvaessa, kivisyyden lisääntyessä, maaston kävelyhankaluuden ja hakkuutähteiden lisääntyessä sekä istutuskohtien vähäisyyden takia (Metsänhoitotöiden... 1991). Kylvössä ei tarvitse tunkeutua syvälle maan sisään, jolloin maaperään liittyvät työvaikeustekijät eivät paljonkaan haittaa työtä. Kulkuhankaluus hidastaa myös kylvötyötä.

Konekylvölle ei ole yleisesti sovittu hinnoitteluperusteita. Kylvökone on yleensä maanmuokkauskoneen lisälaitte. Nykyiset kylvökoneet ovat hinnaltaan muutamia prosentteja maanmuokkausyksikön hinnasta. Käyttökustannukset koostuvat huollosta ja korjauksista sekä kuljettajan suorittamista työtehtävistä, joita ovat mm. siementen riittävydestä ja laitteen säädöistä huolehtiminen ja kylvön toteutumisen varmistaminen. Siementen varastoinnista ja hankinnasta huolehtiminen voi olla myös kuljettajan tehtävä. Kokonaisuudessaan konekylvö nykyisillä laitteilla maanmuokkauksen yhteydessä jää huomattavasti käsinkylvöä halvemmaksi.

Istutuksen ja kylvön kustannusvertailussa on otettava huomioon varsinaisten taimien tai siementen maahanpanemisen kustannusten lisäksi kilpailevan kasvillisuuden torjunta- ja taimikonperkauskustannukset, taimien kasvukilpailun vauriot, taimikon vakiintumiseen tarvittava aika ja mahdollinen täydennystarve sekä syntyvän metsikön laatu. Kylvö vaatii lähes poikkeuksetta heinäntorjunnan ja taimikon perkausharvennuksen. Kylvötaimikon perkaus voi olla hankalaa, jos taimet kasvavat tiiviissä tuppaisa. Kylvötaimikon vakiintuminen kestää noin viidestä viiteentoista vuotta kauemmin kuin istutustaimikon. Viljelymateriaalin tulisi olla valikoitua tai jalostettua. Siementen hankintakustannukset ja luonnon aiheuttaman vuotuisen siemensaannon vaihtelun kompensointi sisältyvät kylvön viljelymateriaalikustannuksiin.

## **Maanmuokkaus ja kylvön tekniikka**

### *Yleistä*

Kylvön kuten muidenkin uudistamismenetelmien tavoitteena on metsikkö, joka pystyy kokonaan käyttämään hyväksi kasvualustan tarjoaman kasvupotentiaal

siten, että saatava puutavara on käyttökelpoista ja mahdollisimman hyvälaatuis- ta. Männyn uudistuksessa tulisi vakiintuneessa taimikossa olla 2400 tainta/ha (Parviainen 1991). Puiden välisen keskimääräisen etäisyyden tulisi olla 1—3 m. Uudistusalan tasaisesti kattavan metsikön aikaansaamisen äärimuodot ovat tarkka yhden siemenen kylvö haluttuihin kohtiin ja runsas hajakylvö koko uudistusosalalle. Halutun siemenmäärän sijoittaminen suotuisiin kohteisiin on tavoitteena, koska tällöin säästetään siemeniä ja vähennetään perkaustarvetta. Pienen siemenmäärän käyttö edellyttää, että siemenet ovat terveitä, itävät ja että niille annetaan hyvä kasvualusta. Ikuinen optimointiongelma on, kuinka paljon kustannuksia pannaan siementen elävyyden ja itävyyden tutkimiseen sekä lajitteluun ja kuinka paljon useampien siementen samaan kohtaan kylvä- miseen ja mahdollisten ylimääräisten taimien harventamiseen.

Kylvö edellyttää maanmuokkausta. Kulotus, laikutus, ja lautasauraus (eli äestys) sopivat suhteellisesti paremmin kylvöön kuin istutukseen (Pohtila & Pohjola 1985). Vuonna 1989 äestysten osuus tilastoidusta maanmuokkauksesta oli 59 %, aurauksen 21 %, mätästyksen 17 % ja laikutuksen 3 % (Hämäläinen & Vastamäki 1991). Maataloustraktorisoitteiset muokkauslaitteet sopivat nopeasti siirrettävinä ja edullisesta hankintahinnasta johtuen pienille uudis- tusalaille (Stålhane 1990). Kehitteillä on uusilla periaatteilla toimivia maata- lous- ja metsätraktorisoitteisia maanmuokkuskoneita.

Kylvökohdan valinnassa ääreisiä vaihtoehtoja ovat maanpinnan makro- ja mikrovalmistus ja siementen tarkka sijoitus valmistettuun paikkaan tai apuvä- linein varustetun siemenen satunnainen sijoitus valmistamattomaan alustaan. Tämä kertoo, että kylvön ja maanpinnan valmistuksen toteutus riippuvat voimakkaasti toisistaan. Pilleröinti ja erilaiset suojakylvömenetelmät parantavat siemenen itämistä, mutta lisäävät kylvön kustannuksia ja monimutkaistavat työtä (Lähde & Pöyhtäri 1972, Lähde 1974, Saksa & Lähde 1982).

Maanpinnan valmistamisessa voidaan tehdä monenlaisia kasvuoloja, joihin kylvetyistä siemenistä jokin lähtee kasvamaan, tai voidaan yrittää tehdä opti- maalinen kasvualusta ja tarkkuuskylvää siihen. Useiden siementen ja

kasvuolojen yhdistelmä antaa parhaat mahdollisuudet luonnonolojen vaihdelle eri vuosina. Esimerkiksi syvällä vaossa olevat siemenet voivat märkänä vuonna hukkua, mutta kuivana vuonna olla ainoat, joille kosteutta riittää. Kasvun eduksi tehdyt apuvälineet voivat väärissä oloissa toimia päinvastoin kuin on suunniteltu.

### *Kylvön tekniikka*

Markkinoille on tullut kehitystyön tuloksena useita toimivia koneratkaisuja. Kylvökoneen tehtävänä on sijoittaa oikea määrä siemeniä oikeaan paikkaan siten, ettei siemen vaurioidu. Annostelun on oltava säädettävissä eri puulajeja ja oloja varten. Huonosti itävää siementä täytyy pystyä kylvämään enemmän samalle alalle kuin hyvin itävää. Viljelykohtainen annostelu ei saa muuttua työnopeuden, tärinän, kaltevuuden tai muun vastaavan takia. Kylvökohdan tarkkuuden ja maanpinnan valmistusmenetelmän tulee vastata toisiaan. Jos pyritään yksittäisten siementen tarkkuuskylvöön, on laitteiston pystyttävä tunnistamaan pois viljelykelvottomat kohdat. Näin tarkasti kylvävän koneen hinta voi saavutettuun hyötyyn nähden nousta korkeaksi.

Kylvökoneen toimintaa täytyy pystyä säätämään ja kontrolloimaan. Siemeniä on mahdotonta löytää enää maasta, joten toiminnan tarkastus täytyy pystyä tekemään koneen itsensä perusteella. Ilman siementen syötön kontrollointilaitetta kylvön onnistumisen voi todeta vasta siementen itämisen jälkeen. Laitteiston tulisi varoittaa heti toimintahäiriöistä. Siemenlajien vaihto tulisi olla helposti toteutettavissa. On myöskin mahdollista, että samanaikaisesti kylveään useampien puulajien siementä esim. mäntyä ja kuusta. Laitteisto ei saa särkeä tai muuten vaurioittaa siemeniä.

Kylvömenetelmän mukaisesti laitteisto voi olla maanmuokkaus-koneeseen rakennettu tai erillinen ns. yleiskone, jota voidaan käyttää eri maanmuokkauslaitteiden yhteydessä. Yleiskone ei anna mahdollisuutta tarkkuuskylvöön, koska yhteys maanmuokkauselimen ja kylvökoneen välillä ei voi silloin olla kovin kiinteä.

Kylvömuodostelman merkitys ei pääty itämisvaiheen onnistumisen takaamiseen. Taimien syntymuodostelma määrää puiden sijainnin taimikon harvennuksessa ja myöhemmin kaikissa muissa hakkuissa. Rivi- tai ryvämuodostelmat antavat mahdollisuuden vähentää hakkuukoneiden liikkumistarvetta ja siten myös vaurioittamisriskiä metsikössä.

Käsinkylvölaitteille voidaan asettaa samat vaatimukset kuin konekylvölaitteille. Käsinkylvössä maanmuokkaus ja kylvö tapahtuvat yleensä eri työvaiheina, mikä toisaalta antaa mahdollisuuden kylvökohdan huolelliseen valintaan. Laitteen toiminnan lisäksi käsinkylvölaitteiden tulee täyttää ihmistyön ergonomiset vaatimukset.

Käsinkylvölaitteet on kehitetty helpottamaan kylvötyötä ja halutun kylvömäärän saavuttamista. Käsinkylvölaitteiden käyttö on tarkoituksenmukaista niissä olosuhteissa, joissa koneellista kylvöä ei ole voitu tehdä maanmuokkauksen yhteydessä. Käsinkylvöön on olemassa useita niin vanhoja kuin uusia, viime vuosina kehitettyjä kylvölaitteita. Työntutkimusaineistoja näistä ei ole.

Kylvökoneen tai laitteen tulee kustannuksiltaan ja huolloiltaan olla sellainen, että sen käyttö voidaan helposti organisoida ja että kustannukset voidaan kohdistaa oikeudenmukaisesti. Käsinkylvölaitteissa omistaja voi olla metsänhoitoyhdistys, jolloin pieniä aloja varten ei maanomistajan tarvitse hankkia harvoin käytettävää laitetta. Konekylvölaitteen voisi omistaa urakoitsija, varsinkin jos se on maanmuokkauslaitteeseen yhdistetty. Yleiskylvökone voisi olla esim. metsänhoitoyhdistyksen omistama.

Korhonen ja Mänty (1991) ovat esitelleet tunnetuimmat konekylvölaitteet Metsähallituksen kehittämisjaoston tiedotteessa 3/1991. Yleistä näille kaikille kylvölaitteille on siemenmäärän kontrollointi, useissa on elektroniikkaan perustuva seuranta ja hälytysjärjestelmä. Kylvömäärää voidaan säädellä useilla eri tavoilla, annostelulla ja ajonopeuden mukaan. Laitteet pyrkivät käyttämään mahdollisimman tehokkaasti koko muokatun alueen. Suomalaisten kylvökoneiden annostelu nykyisellään soveltuu hyvin jatkuvaa muokkausjälkeä tekevien koneiden (esim. äes) yhteyteen. Koneellinen kylvö laikutuksen yhteydessä edellyttää jaksottaista kylvöä, mikäli pyritään kylvämään vain muokattuun

jälkeen, laikkuun. Ruotsalainen Bräcke-kylvölaite on kehitetty jaksottaista kylvöä ajatellen.

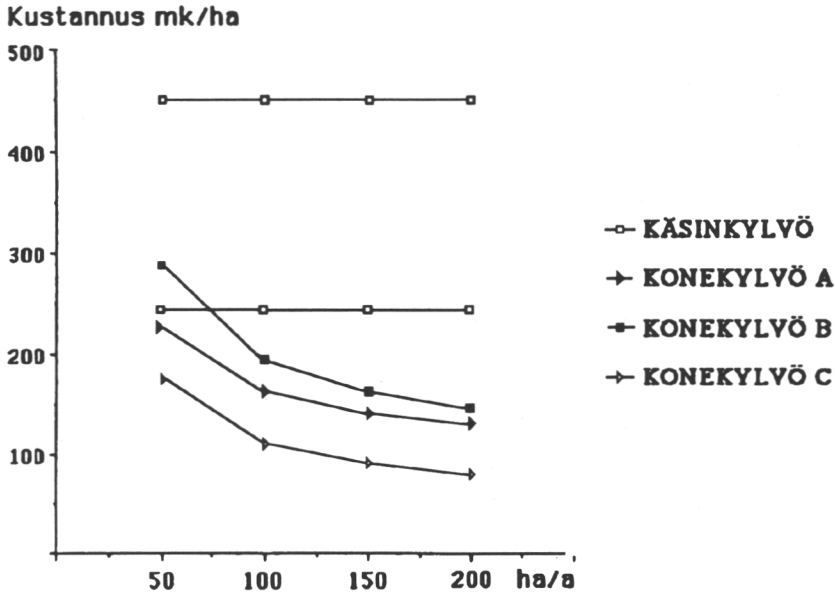
### *Kylvön kustannukset*

Kylvön ja istutuksen toteutuneita kustannuksia on verrattu luvussa **Kustannusvertailuja**. Kuvassa 2 esitetään muutamien käytössä olevien kylvökoneiden perusteella lasketut kylvön hehtaarikustannukset ilman siemen- ja organisaa-tiokuluja. Laskentaperusteet ovat seuraavassa asetelmassa:

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Hankintahinta, mk	30 000	20 000	20 000
Poistoaika, a	5	5	5
Jäännösarvo, %	20	20	20
Korko, %	15	15	15
Korjaus ja huolto mk/a	1 500	1 000	1 000
Henkilökustannus mk/ha	100	100	50

Urakoitsijoiden omistamien koneiden osalta on muistettava, että kylvökoneen täyttö, tarkkailu ja huollot on korvattava. Asetelmassa on käytetty korvauksena 50-100 mk/ha. Käsinkylvön kustannukset on laskettu metsäalan työehtosopi-muksen urakkapalkanormin mukaisesti (sis. sos.kustannukset). Siemenmäärä oletetaan samaksi käsin- ja konekylvössä, joten se ei aiheuta eroja menetelmien välillä.

Pääomakustannuksista johtuen kylvökoneen yksikkökustannukset ovat sitä pienemmät mitä suurempi ala vuodessa kylvetään. Vastaavasti käsinkylvö muuttuu aina epäedullisemmaksi vuotuisen konekylvöalan kasvaessa konekyl-vöön verrattuna. Laskelmissa ei ole mukana yhtiö- ja tapauskohtaisesti vaihtelevia organisaatiokuluja. Aikayksikössä käsinkylvöä nopeammin kylvävä koneyksikkö tarvitsee vähemmän työnjohtoa. Konekylvön tarvitsema työnjoh-topanos jää käsinkylvöä pienemmäksi jo senkin takia, että samanaikaisesti tehdään maanmuokkaus ja kylvö.



Kuva 2. Kone- ja käsinkylvökustannusten vertailu kylvömäärien suhteen.

### Päätelmät

Kylvö tarjoaa jo nytkin kuivilla mailla istutusta kustannuksiltaan keveämmän viljelymahdollisuuden. Se on yhdistettävissä moniin maanmuokkausmenetelmiin, eivätkä kustannukset ole niin jyrkästi olosuhteiden mukaan muuttuvia kuin istutuksessa. Nykyinen elektroniikka ja mekaniikka tarjoaa aiempaa paremmat mahdollisuudet toteuttaa parempia ja tarkempia ratkaisuja. Kylvön mahdollisuudet eivät rajoittune tämän hetken männyn kylvöön. Kylvöä on mahdollista yrittää myös nykyistä viljavammille maille, jos onnistutaan kilpailevan kasvillisuuden torjunnassa. Konekylvö mahdollistaa helposti erilaisten torjunta-aineiden levittimien käytön maanmuokkauksen ja kylvön yhteydessä. Halvoista työ- ja siemenkustannuksista johtuen kylvöä käytetään jo siemenpuu- ja jopa istutusalojen uudistamista varmentamassa. Muotiin tulleen kylvön käytössä tulee myös muistaa rajoitukset. Vielä ei ole selvitetty kylvön kokonaistaloudellisuutta taimikonperkaus ja -harvennus huomioon ottaen. Ei ole myöskään tutkittu perkauksessa syntyvien vaurioiden tai perkaamattomien tiheiköiden vaikutusta puun mekaaniseen laatuun.

## Kirjallisuus

- Berg, S. 1990. Studier av mekaniserade system för markberedning och plantering. Summary: Studies of mechanized systems for scarification and planting. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten & Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik, dissertation. 112 s.
- Hämäläinen, J. & Vastamäki, A. 1991. Maanmuokkauksen menetelmät ja konekalusto vuonna 1989. Summary: Methods and machinery for site preparation in 1989. Metsätehon katsaus 10:1—8.
- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Abstract: Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. Folia Forestalia 531. 24 s.
- Korhonen, P. 1992. Koneellinen kylvö onnistuu maanmuokkauksen yhteydessä. Metsävaltio 1:11.
- & Mänty, J. 1991. Koneellinen kylvö maanmuokkauksen yhteydessä. Metsähallituksen kehittämisjaosto, tiedote 3:1—6.
- Lindevall, B. 1991. Säddmaskin för kvalitet. Skogen 9:22—33.
- Lähde, E. 1974. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of pine (*Pinus silvestris* L.) seed. Seloste: Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. Folia Forestalia 196. 16 s.
- & Pöyhtäri, O. 1972. Uusi kylvömenetelmä — suojakylvö — kehitteillä Pohjois-Suomessa. Metsä ja Puu 2:6—8.
- Metsämaan äestyksen ja aurauksen urakointimaksut 1.4.1991—31.3.1992. 1991. 10 s.
- Metsänhoitotöiden urakkapalkkausohje, istutus, palkkausalue 2—3, 1.5.1991—29.2.1992. 1991. Metsähallitus, Metsäteollisuuden Työnantajaliitto, Maaseudun Työnantajaliitto ja Yksityismetsätalouden Työnantajat. 14 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1989. Skogsstatistisk årsbok 1989. Yearbook of forest statistics 1989. Suomen virallinen tilasto, maa- ja metsätalous 1990:4. 1990. Folia Forestalia 760. 246 s.

- Parviainen, J. 1991. Metsän uudistaminen. Tapion taskukirja. 21. painos. Metsäkeskus Tapion julkaisuja. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Helsinki. s. 151—164.
- Persson, P. 1990. Ändrade förutsättningar ger nya metoder. Sveriges Skogs-  
vårdsförbunds Tidskrift 2:28—37.
- Pohtila, E. ja Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa.  
Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in  
Lapland. *Silva Fennica* 19(3):245—270.
- Saksa, T. ja Lähde, E. 1982. Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen  
suojakylvössä. Abstract: Number of seeds in shelter sowing of  
Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. *Folia Forestalia*  
541. 16 s.
- Skogstatistikk 1988. Forestry Statistics 1988. 1990. Statistisk Sentralbyrå,  
Norges Officielle Statistikk 898:1—119.
- Skogsstatistisk årsbok 1991. Statistical Yearbook of Forestry 1991. 1991.  
Skogsstyrelsen, Sveriges Offisiella Statistik. 310 s.
- Solbraa, K. 1988. Såing er billigere enn planting. *Norsk Skogbruk* 5:12—13,  
32.
- Suni, J. 1992. Konekylvö on hyvä täydentäjä. *Metsälehti* 3:11.
- Tulostus Hanke-järjestelmän vuoden 1990 metsänviljelytöiden määristä ja  
kustannuksista. 1991. Keskusmetsälautakunta Tapio.
- Van Damme, L. 1988. Sowing method and seed treatment effects on jack pine  
direct seeding. *Northern Journal of Applied Forestry* 5(4):237—  
240.
- & Bax, H. 1991. The Development of better direct seeding techniques  
through applied research. *The Forestry Chronicle* 67(3):268—  
270.
- Ylitalo, E., Herrala-Ylinen, H. & Leppäkumpu, T. 1991. Metsänhoito- ja  
perusparannustyöt vuonna 1989. Metsäntutkimuslaitos, matemaat-  
tinen osasto, metsätilastotiedote 145:1—28.

## **TULOKSIA KONE- JA KÄSINKYLVÖSTÄ**

*Kaarlo Kinnunen, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano*

### **Johdanto**

Konekylvö on viime vuosina herättänyt runsaasti kiinnostusta eri tahoilla. Esim. Parkanon hoitoalueessa se on jo tullut merkittäväksi uudistamismenelmäksi. Osoituksena suuresta kiinnostuksesta ovat monet kylvölaiteprototyypit, joita viime aikoina on kehitetty. Tutkittua tietoa konekylvön onnistumisesta on varsin vähän käytettävissä. Erityisen tärkeää olisi tietää, mikä on kone- ja ihmistyönä tehdyn hajakylvön onnistumisen ero vai onko sitä. Konekylvön yksi mahdollinen käyttömuoto on myös luontaisen uudistamisen varmistaminen ja nopeuttaminen. Varmistus toimii tietenkin myös toisin päin. Jos konekylvö osuu sääsuhteiden takia huonoon taimettumisvuoteen, luontainen siemennys voi paikata huonoa kylvötulosta. Myös tähän kysymykseen tällä tutkimuksella on tarkoitus saada selvennystä.

Siementen painamisella maahan, peittämisellä tai sijoittamisella painaumiin on yleensä voitu parantaa taimettumista (Yli-Vakkuri & Räsänen 1971, Kinnunen 1982, 1991). Kivennäismaa on ollut hyvä peittomateriaali, ja se soveltuu hyvin myös työteknisesti käsinkylvön yhteyteen. Mikäli peittoa halutaan kehittää myös konekylvöön, saattaisivat muut materiaalit olla helpompia hankkia ja kuljettaa koneen mukana kuin kivennäismaa, ellei konekylvöä pystytä kehittämään sellaiseksi, että peittoaine saadaan kylvökohdasta. Tässä työssä selvitetiin peiton tarpeellisuutta eri kylvöalustoilla ja verrattiin tuhkasahanpuruseoksella ja kivennäismaalla peittoa keskenään.

Kylvön mekaaniseen toteutukseen ihmistyönä on kehitetty lukuisasti laitteita, joilla kylvöä voidaan nopeuttaa. Eräs viimeisimmistä on TOP-kylvölaite, jota

tässä työssä verrattiin jo kymmenen vuotta käytössä olleeseen Männistön rautaan. Muina vertailukäsittelyinä olivat kylvö pieniin (jalkapallokengällä tehtyihin) painaumiin ja kevyesti puutarhajyrsimellä kuohkeutettuun kivennäismaapintaan. Tällä tavoin pyrittiin haarukoimaan, minkä tyyppinen alusta ja siementen sijoitustapa olisi taimettumisen kannalta edullisin. Tämä tieto on tarpeen myös mahdollisesti kehiteltäessä koneellista viiru- tai laikkukylvöä.

Keväällä 1991 perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusalueeseen kone- ja käsinkylvömenetelmiä sekä kylvökohdan peittoa erilaisilla materiaaleilla selvittäviä kokeita. Seuraavassa esitetään ensimmäisen kasvukauden jälkeen saatuja tuloksia. Aineistoa käsiteltiin varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Tilastollisten erojen merkitsevyydet eri riskitasoilla esitetään seuraavasti: 10 % (○), 5 % (\*), 1 % (\*\*), 0,1 % (\*\*\*)

## **Kone- ja käsinkylvön vertailu**

### *Koejärjestelyt*

Koejärjestelynä oli split-plot-menetelmä, jossa oli neljä toistoa. Siemenmäärä konekylvössä oli 400—470 g/ha, käsinkylvössä 420 g/ha. Konekylvön siemenmenekki selvitettiin panemalla pussi siemenputken päähän ajettaessa käsinkylvöruutuja ja punnitsemalla siemenmäärä ruuduittain.

Häädetjärven tutkimusalueessa olevalta neljältä siemenpuualalta valittiin neljä mahdollisimman homogeenista 50 x 120 m<sup>2</sup>:n suuruista alaa, jotka jaettiin lyhemmän sivun suuntaisesti kahtia. Arpomalla ratkaistiin puolisko, jolta poistettiin siemenpuut huhtikuun lopussa. Alat jaettiin edelleen pidemmän sivun suuntaisesti kahtia. Arpomalla valittiin puolisko, joka kylvettiin lautasaurauksen yhteydessä koneellisesti (sekä aukeat että siemenpuuruudut). Toisesta aukeasta ruudusta kaksi kolmasosaa hajakylvettiin käsin, siemenpuuruu ja kolmasosa aukeasta ruudusta jätettiin kylvämättä.

Käsittelyt olivat siis seuraavat:

1. Reunametsäsiemennys
2. Siemenpuumenetelmä
3. Siemenpuumenetelmä + konekylvö
4. Konekylvö
5. Suunnattu hajakylvö käsin

Käsinkylvössä siemenet annosteltiin pullon korkkiin tehtyjen reikien avulla siten, että yhdellä pullon heilautuksella saatiin mahdollisimman tarkasti 9 siementä. Askeleen pituudeksi säädettiin harjoittelemalla 54 cm. Heilauttamalla pulloa kerran joka askeleella saatiin vaadittu kylvötiheys. Kylvö pyrittiin tekemään muokkausjälkeen, mutta yli 1,5 m:n kylvämätöntä kaistaa ei jätetty, ellei kyseessä ollut kallio tai vastaava täysin mahdoton kasvualusta. Jos muokkausjäljessä oli lyhyitä katkoja, tihennettiin vastaavasti kylvöä muokkausjälkeen, jotta hehtaariohtainen siemenmäärä pysyi vakiona. Jos taas muokauskatko oli pitkä, kylvö tehtiin vetokoneen telan jälkeen. Jos muokkausjälki oli veden peitossa, kylvettiin siemenet muokkausjäljen reunaan. Siemenmenekkiä tarkkailtiin punnitsemalla sadan metrin välein kulunut siemenmäärä. Sadan metrin matkalle tuli kulua kahdeksan grammaa siementä. Lopuksi punnittiin, kuinka paljon siementä kului koko ruudulle, jotta saatiin tarkka siemenmäärä selville. Myös muokkauksen peittävyys selvitettiin määrittäen samalla, mikä osuus kivennäismaalla, maatuneella humuksella ja kuntalla oli pinta-alasta.

Muokkaus tehtiin keskiraskaan metsätraktorin vetämällä hydraulipainotteisella TTS-metsä-äkeellä. Konekylvölaitteena oli Työtehoseuran valmistama kylvölaitte (m/Palonen), jossa siemenen annostelu tapahtui äkeen lautasen pyörittämän reikälevyn avulla.

Siemenenä kylvössä käytettiin sekoitusta, jossa oli 80 % metsikkökeräys-siementä ja 20 % siemenviljelyssiementä. Siemenen itävyys oli 94 (92) % ja tuhatjyväpaino 4,3 (5,5) g (siemenviljelyssiemenen tunnuksat suluissa).

Siemenerän tunnus oli T10-85-34 (M29-90-0007), keräysvuosi 1985 (1990), paikkakunta Rautavaara (Käräjäjärvi, Sv 229) ja alkuperäluokka B3 (A3). Kylvöt tehtiin 22.—23.5.1991.

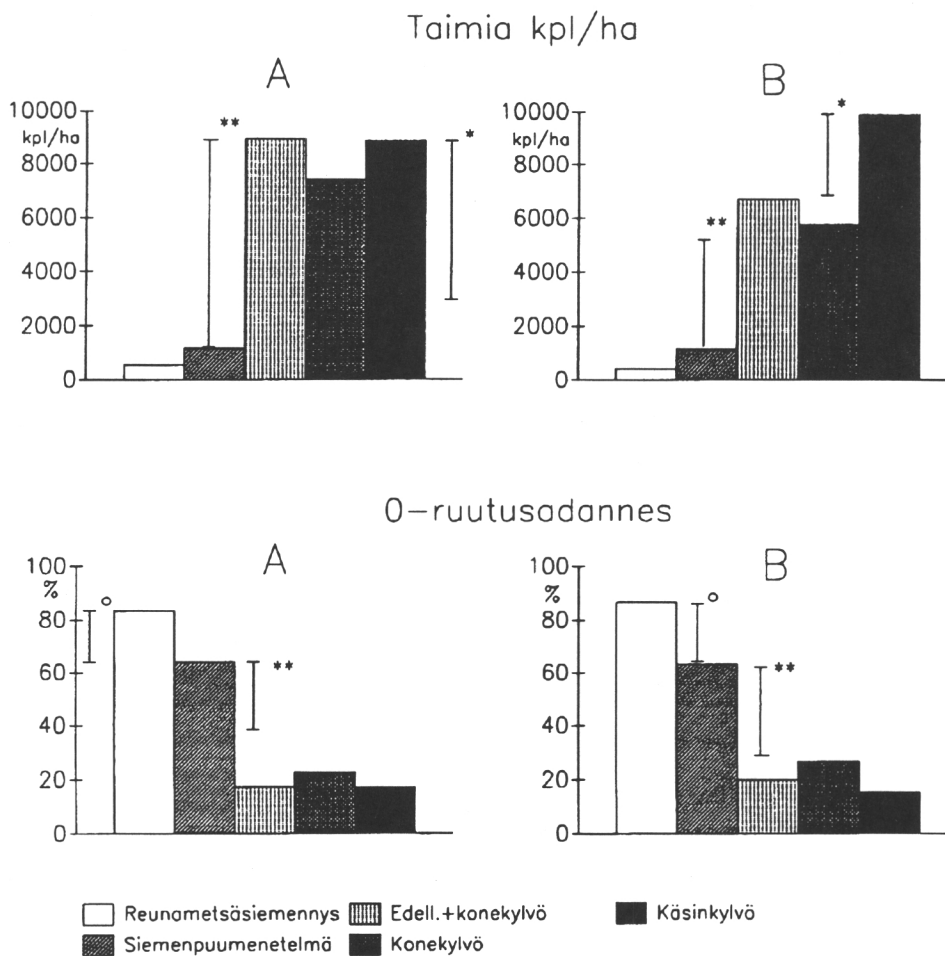
Lautasauraus maksoi 700 mk/ha, ollen sama kone- ja käsinkylvössä. Lisähinta kylvölaitteen käytöstä oli 70 mk/ha. Metsikkösiemen maksoi 1360 mk/kg ja siemenviljelyssiemen 2490 mk/kg, jolloin siemenseoksen kilohinnaksi tuli 1600 mk. Siemenkustannus oli molemmilla kylvötavoilla 670 mk/ha. Käsinkylvön työsaavutus oli kaksi hehtaaria per miestyöpäivä, joten hehtaarikustannus oli 250 mk. Työ- ja materiaalikustannukset olivat käsinkylvössä yhteensä 920 mk/ha ja konekylvössä 740 mk/ha.

Kokeet inventoitiin syksyllä 1991. Näytealoiksi valitut kahden metrin mittaiset muokkauskaistat merkittiin pysyviksi koelohjiksi. Käsittelyissä 1, 2 ja 3 näytealat otettiin 10 m:n välein (8+2 m) joka toisesta TTS-ajosta. Käsittelyissä 4 ja 5 näytekaistat otettiin 7 m:n välein (5+2 m) ja käsittelyssä 5 otettiin mukaan molemmat ajot, jotta näytealoja saatiin yhtä paljon kuin muissa käsittelyissä. Näytealoja tuli 34—36 kpl kullekin käsittelylle. Inventointilomakkeelle merkittiin kunkin taimen sijainti muokkausjäljessä ja taimen sijaintialustan laatu.

### *Tulokset*

Tarkasteluvuoden siemensato oli sekä silmävaraisen käpysatotarkastelun mukaan että heikon luontaisen taimettumisen perusteella arvioituna huono. Taimimäärä jäi siten sekä reunametsäsiemennys- että luontaisen uudistamisen ruuduilla alhaiseksi eikä siemenpuusto parantanut merkittävästi kylvötulosta. Toistoina käytettyjen eri uudistusalojen välinen hajonta oli suurta, joten tilastollisesti merkitsevä ero oli vain kylvön ja luontaisen uudistumisen välillä. Suuri hajonta aiheutui yhdestä poikkeavasta uudistusalasta. Kun se jätettiin pois tarkastelusta, saatiin tilastollisesti merkitsevä ero myös kone- ja käsinkylvön välille (kuva 1).

Tyhjäruutusadannes ja taimimäärä korreloivat hyvin (negatiivinen korrelaatio) keskenään, joten eri käsittelyjen tilajärjestyksessä ei ollut ilmeisesti suuria eroja. Kone- ja käsinkylvön tyhjäruutusadannesten välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, vaikka poikkeava uudistusala jätettiin pois tarkastelusta.



Kuva 1. Taimimäärä hehtaarilla ja tyhjäruutusadannes käsittelyittäin kone- ja käsinkylvön vertailukokeessa; A = kaikki uudistusalat mukana, B = ilman poikkeavaa uudistusalaa.

## Kylvöalustan ja peittämisen vaikutus

### *Koejärjestelyt*

Koe perustettiin homogeeniselle lajittuneelle kuivalle kankaalle 18.—19.6. 1991. Kylvö tehtiin suojakylvölaitteella (ilman suojaa). Siemenmäärä oli 20 siementä/kylvökohta. Peittokerroksen paksuus oli 0,5 cm. Koejärjestelynä oli lohkoittain arvottu rivikoe, jossa oli viisi toistoa (jokaisessa 10 kylvökohtaa). Kaikkiaan kylvökohtia oli 600. Siemenviljelmältä kerätyn siemenen itävyys oli 83 % ja tuhatjyväpaino 6,2 g. Siemenerän tunnus oli M29-86-768, keräysvuosi 1986, paikkakunta Käräjäjärvi, Sv 229 ja alkuperäluokka A3.

Käsittelyt olivat seuraavat:

#### I Pinnan käsittely:

1. Jalkapallokengällä potkaisemalla paljastettiin maaton humus 10 x 30 cm<sup>2</sup>:n alalta lautasauravakojen väliseltä muokkaamattomalta kaistalta.
2. Lautasauran jälki (kivennäismaa).

#### II Kylvökohdan (lisä)käsittely:

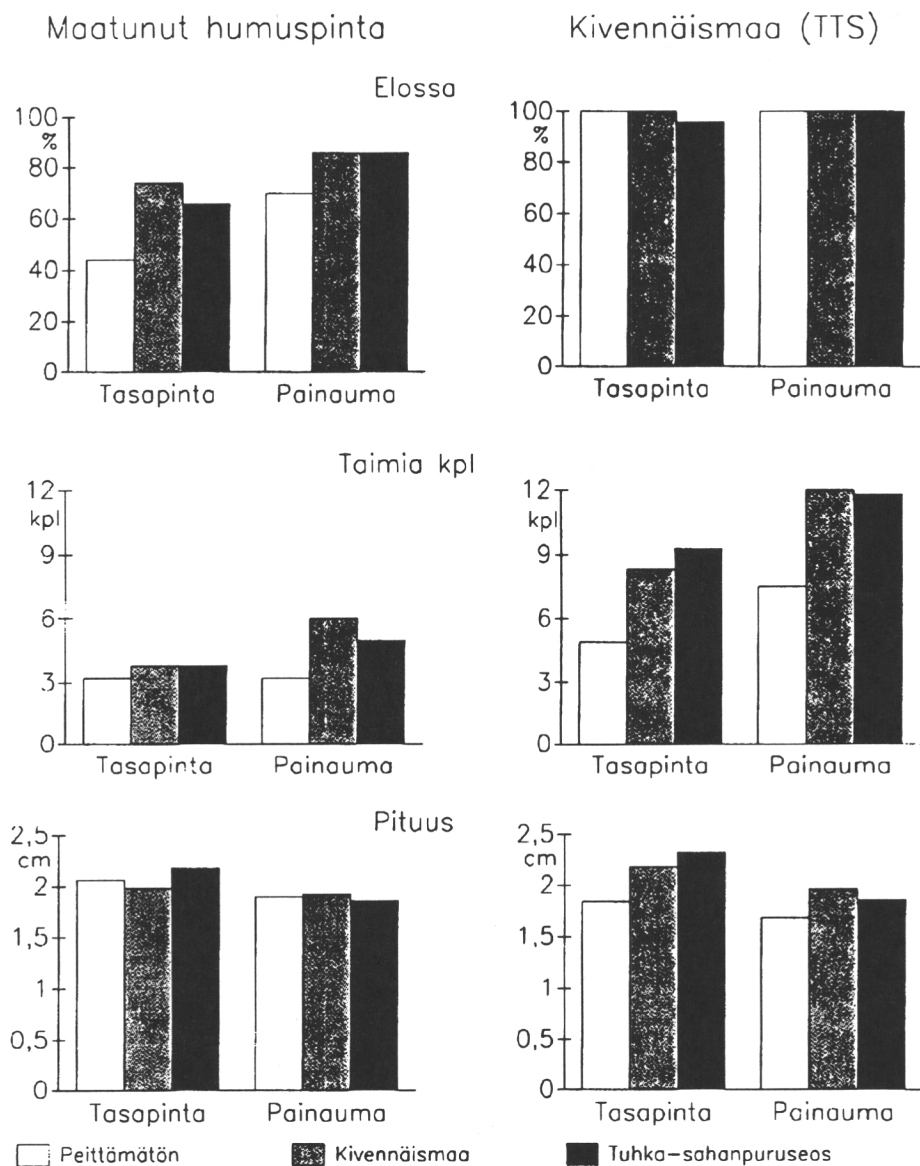
1. Ei käsitelty.
2. Jalkapallokengällä tehtiin 16 painauma, joiden syvyys ja pohjan läpimitta oli 12 mm.

#### III Kylvökohdan peittäminen:

1. Ei peitetty.
2. Peitetty kivennäismaalla.
3. Peitetty tuhka-sahanpuruseoksella.

### *Tulokset*

Kivennäismaa-alustalla lautasauran jäljessä taimettuminen oli lähes sataprosenttinen kaikilla käsittelyillä (kuva 2). Taimien lukumäärä kylvökohdassa sen sijaan oli peitettyissä kylvökohdissa suurempi kuin peittämättömissä. Peittoma-



	Elosa	Taimia, kpl	Pituus
Alustalaatu (A)	66,28***	61,27***	0,02
Pinnan käsittely (K)	8,82**	11,12*	13,19***
Peitto (P)	3,92*	9,39***	3,09°
A*K	6,69*	2,30	0,62
A*P	4,47*	2,39	2,80°
K*P	0,39	0,64	1,60
A*K*P	0,36	0,10	0,16

Kuva 2. Taimellisten kylvökohtien osuus, taimia kylvökohdassa ja taimien pituus käsittelyittäin kylvöalusta- ja peittokokeessa.

teriaalilla ei ollut vaikutusta tulokseen. Kylvökohdan peittäminen edisti myös taimien pituuskehitystä. Kylvö painaumiin lisäsi kylvökohdan taimimäärää tasapintaan verrattuna. Tasapinnalla taimien pituus oli hieman suurempi kuin painaumissa. Se todennäköisesti johtui siitä, että painaumissa taimen syntypiste oli alempana, eikä hitaammasta kasvusta.

Maatuneella humuspinnalla taimettuminen oli huonompaa kuin kivennäismaal-la. Siemenen peittäminen paransi huomattavasti tulosta. Painaumissa taimettuminen oli parempaa kuin tasapinnalla. Tasapinnalla peittäminen ei lisännyt taimimäärää kylvökohdassa, kun taas painaumiin kylvetäessä peitto lisäsi selvästi taimimäärää. Taimet kasvoivat parhaiten tuhka-sahanpuruseoksella peitetyllä tasapinnalla.

## **Kylvömenetelmäkokeet**

### *Koejärjestelyt*

Kokeita oli kolmella erillisellä kuivan kankaan uudistusallalla. Ne perustettiin 10.—12. 6. 1991. Kylvöalustana käytettiin lautasauralla paljastettua kivennäismaata. Koejärjestelynä oli lohkoittain arvottu rivikoe. Toistoja oli neljä (jokaisessa 25 kylvökohtaa). Kaikkiaan kylvökohtia oli 1200. Siemenen itävyys oli 75 % ja tuhatjyväpaino 6,2 g. Siemenerän tunnus oli T3-87-84, keräysvuosi 1987, paikkakunta Hausjärvi, Sv 357 ja alkuperäluokka A3.

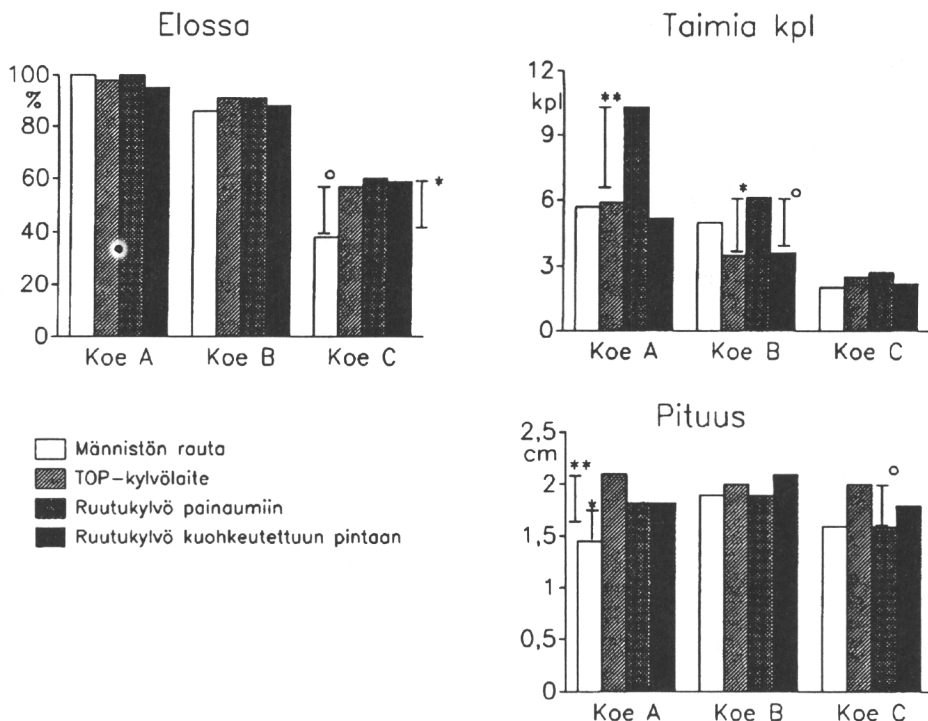
Käsittelyt olivat seuraavat:

1. Kylvö Männistön raudalla, 15 siementä/kylvökohta.
2. Kylvö TOP-kylvölaiteella. Laite tekee rivikylvöä. Tässä käytettiin metrin mittaista kylvöviirua, johon laitteella kylvettiin 15 siementä.
3. Kylvö jalkapallokengällä tehtyihin painaumiin. Siementen annostelu pullon korkkiin tehtyjen reikien avulla, 17 siementä/kylvökohta.

4. Kylvö kevyellä käsikäyttöisellä puutarhaäkeellä kuohkeutettuun pintaan. Siementen annostelu pullon korkkiin tehtyjen reikien avulla, 17 siementä/kylvökohta.

### Tulokset

Kahdella kolmesta kokeesta taimettuminen oli hyvä, eikä menetelmien välillä ollut eroa (kuva 3). Ruutukylvössä painaumiin syntyi eniten taimia per kylvökohta, muiden menetelmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Yksi kokeista sijaitsi vedenvaivaamalla alalla, mikä oli syynä huonoon taimettumiseen kaikilla menetelmillä. Siellä kylvö Männistön raudalla onnistui vielä selvästi muita huonommin. TOP-kylvölaitteella kylvetyt taimet olivat yleensä hieman muita pitempiä ja Männistön raudalla kylvetyt lyhempiä.



Kuva 3. Taimellisten kylvökohtien osuus, taimia kylvökohdassa ja taimien pituus käsittelyittäin kylvömenetelmäkokeissa.

## Päätelmät

Kone- ja käsinkylvökokeen yhtenä hypoteesina oli, että käsinkylvö samaa siemenmäärää käyttäen johtaa parempaan tulokseen kuin konekylvö. Peruste väittämälle oli, että kone kylvää siemenet sokeasti, kun taas kylväjä voi hylätä etukäteen arvioiden huonot kylvökohdat. Keskiarvoja tarkasteltaessa hypoteesi sai lievän tuen taakseen, mutta tilastollisessa tarkastelussa merkitsevää eroa ei syntynyt. Toistoina käytettyjen erillisten koealojen heterogeenisuus aiheutti suuren hajonnan tuloksiin, jolloin eron täytyi olla suuri tullakseen tilastollisesti merkitseväksi. Kolmella koealueella käsinkylvö oli systemaattisesti parempi, mutta yhdellä puolestaan konekylvön taimimäärä oli yli kaksinkertainen käsinkylvöön verrattuna. Juuri tämä poikkeava uudistusala aiheutti suuren hajonnan. Jätettäessä tämä uudistusala tarkastelun ulkopuolelle käsinkylvössä syntyi tilastollisesti merkitsevästi enemmän taimia kuin konekylvössä. Poikkeavan uudistusalan käsinkylvöosuus sijaitsi jonkin verran kuivemmalla ja kivisemmällä maalla kuin konekylvöosuus. Jatkossa analysoidaan tarkemmin, löytyykö maaperästä numeerisia tunnuksia, joilla eroa voitaisiin selittää.

Konekylvön hehtaarikustannus oli 180 mk pienempi kuin käsinkylvössä. Tämä merkitsee sitä, että käsinkylvössä tulisi päästä yli sata grammaa pienemmällä siemenmäärällä/ha samaan tulokseen kuin konekylvössä, jotta hehtaarikustannus olisi sama, muutoin konekylvö tulee edullisemmaksi.

Luontaisen uudistumisen tulosta ei voida arvioida yhden kasvukauden perusteella, etenkin kun sitä edelsi huono käpyvuosi. Ihanteellista olisi, jos luontainen uudistaminen voitaisiin ajoittaa hyvän käpyvuoden jälkeen, jolloin muokkausjälki on taimettumista ajatellen parhaimmillaan. Ensi keväänä aloille on odotettavissa kohtalaisen hyvä siemensato, jolloin voidaan selvittää vuoden vanhan muokkausjäljen taimettumisherkkyyttä ja arvioida paremmin luontaisen uudistamisen odotettavissa olevaa tulosta.

Kivennäismaapinnalla siementen peittämisellä oli vähemmän merkitystä kuin maatuneessa humuksessa. Käsinkylvössä peittomateriaaliksi sopii parhaiten kivennäismaa, koska se on saatavilla kylvökohdasta eikä sitä tarvitse kuljettaa mukana. Toisena vaihtoehtona ollut tuhka-sahanpuruseos sopi myös hyvin

peittomateriaaliksi, ja se saattaisi sopia kivennäismaata paremmin koneelliseen kylvöön, jos katsotaan tarpeelliseksi kehittää siemenen peittoa myös koneellisen kylvön yhteyteen. Tuhka-sahanpuruseoksen etuja ovat keveys ja tasalaatuisuus, jotka helpottavat kuljetusta ja annostelua. Tuhkaa ja sahanpurua on myös yleensä helposti saatavilla.

Hyvissä oloissa kaikki tutkitut kylvömenetelmät johtivat hyvään tulokseen. Se, että aiemmissa tutkimuksissa (Kinnunen 1982, 1988, 1991) luotettavaksi osoittautunut Männistön raudalla kylvö oli huonolla uudistusallalla epävarmin, osoittaa, että kylvöä kannattaa kehittää vertailussa mukana olleiden uusien menetelmien suuntaan. Tosin menetelmistä tarvitaan vielä lisää vuositoistoja, jotta niiden soveltuvuus erilaisiin sääoloihin tulee testatuksi. Painaumia tekevän kylvökiekon kehittäminen niin käsin- kuin konekylvöön näyttäisi suositeltavalta sovelluskohteelta.

## Kirjallisuus

- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Summary: Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. *Folia Forestalia* 531. 24 s.
- 1988. Männyn kylvön onnistuminen eri menetelmin. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 300:44—52.
- 1992. Kylvöalustan, -ajankohdan ja -menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Summary: Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- Yli-Vakkuri, P. & Räsänen, P.K. 1971. Siementen peittämisen ja kylvökohdan polkaisun vaikutus männyn ruutukylvön tulokseen. Summary: The influence of covering and of tramping the seeds into the soil on the success of spot sowing of pine. *Silva Fennica* 5(1):1—10.



## **TULOKSIA KUUSEN KYLVÖSTÄ POHJOIS-KARJALASSA**

*Taneli Kolström, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu*

### **Johdanto**

Kuusen kylvö on hyvin vähän käytetty menetelmä kuusen uudistamisessa keinollisesti. Kuusta kylvetään vuosittain 50—100 ha (Metsätilastollinen vuosikirja 1987, 1989). Kuusen kylvöä käsittelevää tutkimustietoa on jonkin verran. Tosin pääosa siitä on kuitenkin nykyisin käytössä oleviin menetelmiin nähden vanhaa. Aiemmissa metsänhoidon julkaisuissa kuusen kylvö tunnetaan, joskaan sitä ei pidetä hyviin tuloksiin johtavana menetelmänä (Heikinheimo 1941, Kalela 1961). Uudet kehittyneemmät maanmuokkausmenetelmät ovat luoneet uusia mahdollisuuksia kylvön käytölle kuusen uudistamisessa.

Tässä esitelmässä verrataan kuusen kylvöä ja istutusta viljavilla kasvupaikoilla Pohjois-Karjalassa. Päätaivitteena on selvittää, millaisia tuloksia kuusen kylvö tuottaa tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla. Lisäksi verrataan kylvötaimien alkukehitystä eri viljelytaimien alkukehitykseen. Esitelmä on tiivistelmä tutkimusraportista "Kuusen kylvö- ja istutuskoe viljavilla kivennäismailla Pohjois-Karjalassa" (Kolström 1991).

### **Aineisto ja menetelmät**

*Koealueet.* Tutkimuksen koealueet perustettiin Rääkkylän metsänhoitoyhdistyksen alueen (Pohjois-Karjalan metsälautakunta) yksityismetsiin kuudelle uudistusosalalle (62°20'N, 29°35'P, 85—102 mpy.), joiden koko vaihteli 0,5 ha:sta 2,0 ha:iin. Uudistusaloista osa oli lehtomaisia kankaita (OMT) ja osa tuoreita kankaita (MT). Alat oli avohakattu hakkuukaudella 1981—82, ja ne äestettiin lautasauralla syksyllä 1982. Alat oli ennen viljelyä raivattu lukuunottamatta koealan 7 osaa, joka raivattiin viljelyn jälkeen kesällä 1983.

Uudistamisaloille perustettiin keväällä 1983 kahdeksan koealaa siten, että puolet tuli lehtomaiselle kankaalle ja puolet tuoreelle kankaalle. Koealoille arvottiin neljänä viiden ruudun toistona seuraavat koejäsenet:

1. suojakylvö
2. viirukylvö
3. koulittu paljasjuurinen kuusentaimi (2A + 2A)
4. koulimaton paljasjuurinen kuusentaimi (2A)
5. puolitoista vuotta muovihuoneessa kasvatettu paperikennotaimi (1½Mk-½Ak, Fs-608)

*Taimi- ja siemenmateriaali.* Koetaimet oli kasvatettu Pohjois-Karjalan metsä-lautakunnan Onkamon (2A, 2Mk) ja Viinijärven taimitarhoilla (2A+2A). Taimien siemenalkuperä oli Tohmajärvi (B1 PK-452). Kylvösiemenen alkuperä oli Värtsilä (B2 PK-1142). Kylvösiemenen itävyys oli 97 % (21 vrk).

*Viljely.* Koeruudun koko oli 20 m x 10 m. Kuhunkin koeruutuun tehtiin 19.—30.5 1983 istutus tai kylvö 40 viljelykohtaan. Näin viljelytiheydeksi tuli 2000 kpl/ha. Suojakylvö tehtiin suojakylvölaitteella. Viirukylvössä vedettiin puukepillä maahan viiru, johon siemenet asetettiin. Siemenet peitettiin ohuella (alle 1 cm) maakerroksella. Käytetyn siemenen määrä suojakylvössä oli n. 50 g/ha (n. 5 siementä/kylvökohta) ja viirukylvössä n. 160 g/ha (n. 15 siementä/kylvökohta). Taimet istutettiin kourukuokalla.

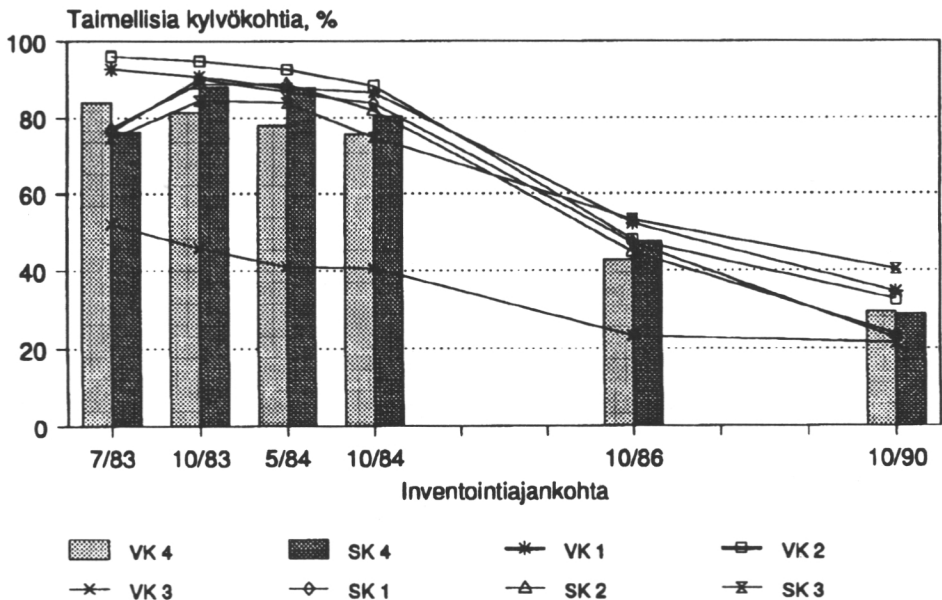
*Heinäntorjunta.* Heinäntorjunta suoritettiin koeruuduittain seuraavasti: 10 viljelykohtaan (=rivi) kemiallinen heinäntorjunta (Gardoprim 80, jossa tehoaineena terbutylatsiini), 20 viljelykohtaan mekaaninen heinäntorjunta ja 10 viljelykohtaan ei heinäntorjuntaa. Heinänkäsittelymenetelmät arvottiin jokaiselle koeruudulle erikseen. Kemiallinen heinäntorjunta suoritettiin toukokuun lopussa heti istutuksen jälkeen ja mekaaninen heinäntorjunta heinäkuun alussa. Torjuttaessa kemiallisesti heinää taimet ja kylvökohdat suojattiin peittämällä.

*Mittaukset ja aineiston käsittely.* Kylvöjen onnistuminen inventoitiin 15.-20. heinäkuuta 1983. Saman vuoden lokakuussa mitattiin taimien pituus ja kasvu. Lisäksi määritettiin mahdolliset tuhot. Kylvökohdittain mitattiin pisimmän sirkkataimen pituus ja sirkkataimien lukumäärä. Lumien sulettua inventoitiin 16.-17.5.1984 talven aiheuttamat tuhot kylvötaimille. Syksyllä 1984 ja 1986

suoritettiin koealoilla vastaavat taimimittaukset kuin syksyllä 1983. Syksyllä 1990 mitattiin taimien pituus sekä kylvötaimien lukumäärä kylvökohtittain. Eri tekijöiden vaikutusta uudistamistulokseen testattiin varianssianalyysillä. Prosenttiluvut muunnettiin ennen analyysiä arcsin-neliöjuurimuunnoksella.

## Tulokset

*Kylvöjen onnistuminen.* Alkuvaiheessa suojakylvö antoi paremman tuloksen kuin viirukylvö (kuva 1). Viirukylvötaimien kuolleisuus oli kuitenkin pienempi, ja niinpä taimellisten kylvökohtien määrä syksyllä 1990 kahdeksan kasvukauden jälkeen oli suojakylvössä 28,8 % ja viirukylvössä 29,4 %. Suojakylvössä taimellisten kylvökohtien määrä lisääntyi vielä heinäkuussa 1983 suoritetun inventoinnin jälkeen (kuva 1). Syksyllä 1983 88 % kylvökohdista oli taimettunut. Tämän jälkeen taimettuneiden kylvökohtien määrä on vähentynyt tasaisesti sekä viiru- että suojakylvössä.

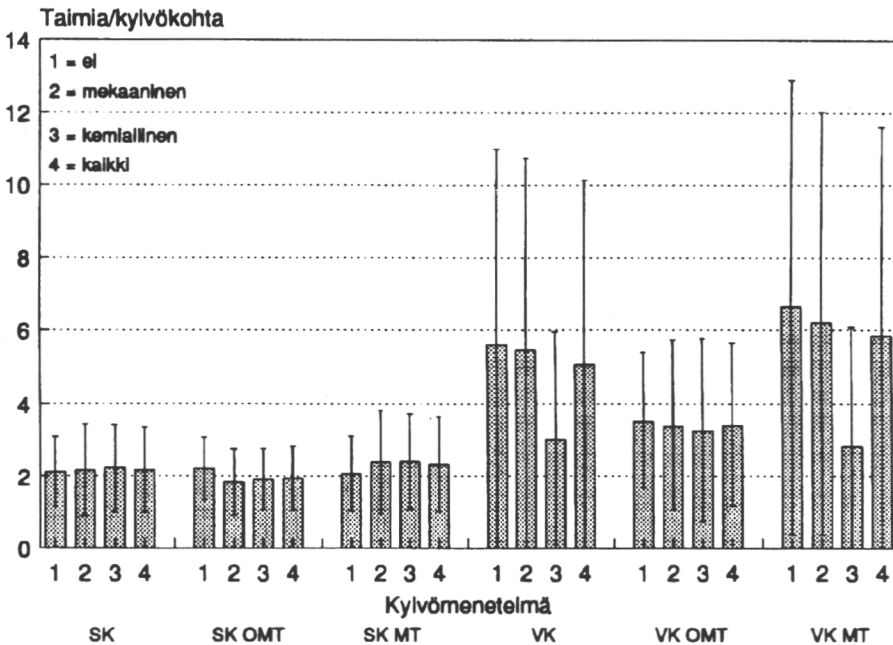


Kuva 1. Taimellisten kylvökohtien määrä suoja- ja viirukylvössä eri inventointiajankohtina (kuukausi/vuosi) heinäntorjuntamenetelmittain (SK = suojakylvö, VK = viirukylvö). Numero selitteessä ilmoittaa heinäntorjuntakäsittelyn (1 = ei, 2 = mekaaninen, 3 = kemiallinen, 4 = kaikki).

Heinäntorjunnan vaikutus onnistumiseen korostui tuoreella kankaalla. Suojakylvön yhteydessä kemiallisen heinäntorjunnan käyttö paransi merkittävästi onnistumista ( $p < 0,01$ ). Viirukylvön yhteydessä heinäntorjunnan voimakkuudella ei ollut merkittävää vaikutusta.

Tuoreella kankaalla kylvö onnistui paremmin kuin lehtomaisella kankaalla. Taimellisten kylvökohtien määrä oli lehtomaisella kankaalla suojakylvössä 21,6 % ja viirukylvössä 19,7 %. Tuoreella kankaalla vastaavat osuudet olivat 36,0 % ja 39,0 %. Metsätyypin vaikutus onnistumiseen oli suojakylvöllä merkittävä ( $p < 0,001$ ).

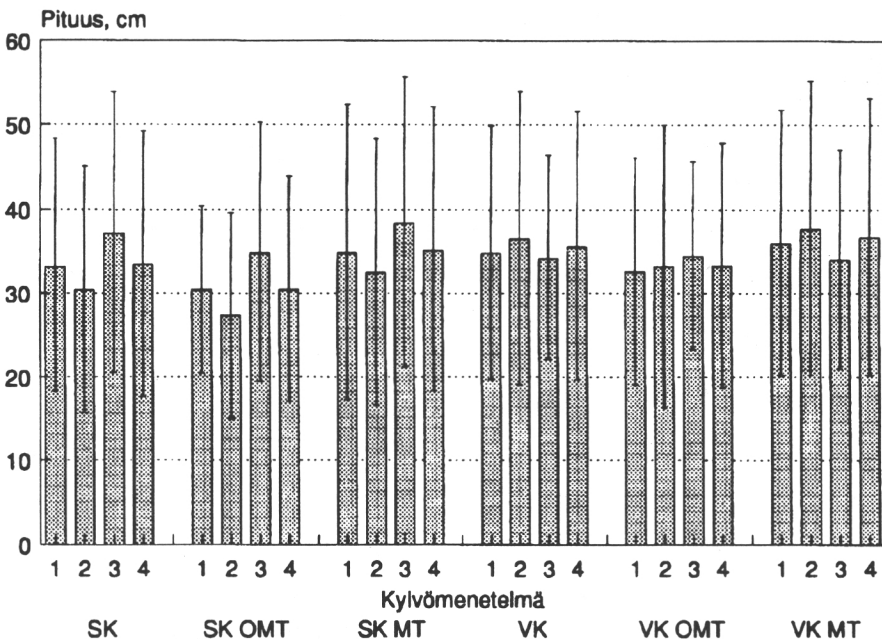
*Taimimäärän kehitys kylvöksissä.* Kahden kasvukauden jälkeen kylvökohtien keskimääräinen taimimäärä suojakylvössä oli runsaat kaksi tainta (2,3) ja viirukylvössä vajaat kuusi tainta (5,8). Suojakylvössä keskimääräinen taimimäärä kylvökohtassa pysyi samalla tasolla koko tarkastelujakson ajan. Se oli syksyllä 1990 2,2 tainta. Viirukylvössä kylvökohtien keskimääräinen taimimäärä laski vastaavasti tarkastelujakson aikana 5,1 taimeen (kuva 2).



Kuva 2. Taimimäärä kylvöksissä kavupaikoittain ja heinäntorjuntamenetelmitäin (SK=suojakylvö, VK=viirukylvö).

Tuoreella kankaalla oli sekä suoja- että viirukylvössä syntynyt enemmän taimia kylvökohtiin kuin lehtomaisella kankaalla (kuva 2). Ero oli merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Viirukylvö tuotti kemiallisen heinätorjunnan yhteydessä merkitsevästi vähemmän taimia kylvökohtaan tuoreella kankaalla kuin muissa käsittelyissä (kuva 2).

*Kylvötaimien pituuskehitys.* Kylvötaimien pituuskehitystä seurattiin kunkin kylvötuppaan pisimmän taimen kehityksen perusteella. Suoja- ja viirukylvön välillä ei taimien pituudessa ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (kuva 3). Kylvökohdan pisin taimi oli kahdeksan kasvukauden jälkeen suojakylvössä keskimäärin 33,5 cm ja viirukylvössä 35,6 cm.



Kuva 3. Kylvötaimien keskipituus kasvupaikoittain ja heinätorjuntamenetelmittäin (SK=suojakylvö, VK=viirukylvö). Selitteet kuten kuvassa 1.

Sekä suoja- että viirukylvötaimet kasvoivat paremmin tuoreella kuin lehtomaisella kankaalla (kuva 3). Suojakylvön yhteydessä ero oli merkitsevä ( $p < 0,01$ ). Suojakylvötaimet olivat kemiallista heinätorjuntaa käytettäessä merkitsevästi ( $p < 0,01$ ) pitempiä kuin muissa vaihtoehdoissa (kuva 3). Viirukylvötaimien pituuksissa ei vastaavaa eroa esiintynyt.

## Tulosten tarkastelu

Koko aineiston perusteella ei suojakylvön ja viirukylvön välillä ollut eroja. Kemiallisen heinätorjunnan käyttö viirukylvön kanssa antoi jo ensimmäisinä kasvukausina huonon tuloksen. Tämä viittaa siihen, että huolimatta kylvökohdan suojaamisesta käsittelyvaiheessa siemenet altistuivat torjunta-aineelle. Pienikin määrä torjunta-ainetta (terbutylatsiini) ilmeisesti aiheutti vaurioita siemenelle sekä sirkkataimelle. Tätä tukee sekin, että suojakylvöä käytettäessä kemiallinen heinätorjunta antoi parhaan tuloksen. Toinen mahdollinen syy saattaa olla, että kemiallisen heinätorjunnan seurauksena sirkkataimi jäi vaille varjostusta ja kuivui paahteessa.

Kasvupaikan viljavuuden vaikutus kylvön tuloksellisuuteen on selkeä. Valtanen ja Engberg (1987) totesivat kuusen kylvön antavan kuivahkolla kankaalla paremman tuloksen kuin tuoreella kankaalla. Nyt tuoreella kankaalla kylvötaiimet kykenivät selviytymään pintakasvillisuuden kilpailusta huomattavasti paremmin kuin lehtomaisella kankaalla. Kylvömenetelmien välillä ei tässä ollut eroja. Käytetyt heinätorjuntamenetelmät eivät kyenneet parantamaan kylvön tulosta lehtomaisella kankaalla. Sen sijaan tuoreella kankaalla heinätorjunta paransi tulosta varsinkin suojakylvössä.

Kylvösuojan on todettu Lapissa edistäneen taimien pituuskasvua vuosittain keskimäärin 10-30 % (Lähde 1979). Nyt saatujen tulosten mukaan suoja ei merkittävästi edistänyt taimien pituuskasvua. Ero johtunee siitä, että Pohjois-Suomessa lämpöolot ovat huomattavasti ankarammat kuin Rääkkylässä. Myös käytetty maanmuokkausmenetelmä oli erilainen. Kahdeksan kasvukauden jälkeen ei kylvömenetelmien välillä voitu havaita eroja taimien pituudessa. Heinätorjunnan suorittamatta jättäminen näkyi taimien pituuskehityksessä. Mork (1971) on todennut tavallisen kuusen kylvötaimen saavuttavan 20-30 cm:n pituuden viidessä vuodessa, kun vastaavan pituuden saavuttamiseen kului Pohtilan ja Pohjolan (1983) mukaan kuusen kylvötaimelta Pohjois-Suomessa 10 vuotta. Kainuussa ja Pohjanmaalla kuusen kylvötaimien pituus oli neljän kasvukauden jälkeen noin 15 cm (Valtanen & Engberg 1987). Tässä tutkimuksessa kylvötaiimet saavuttivat runsaan 12 cm:n pituuden neljässä vuodessa ja noin 35 cm:n pituuden kahdeksassa vuodessa. Siten kylvötaiimet olivat neljän

kasvukauden jälkeen samankokoisia kuin koulimattomat paljasjuuritaimet (2A) istutushetkellä ja kahdeksan kasvukauden jälkeen samankokoisia kuin koulitut paljasjuuritaimet (2A + 2A) istutushetkellä.

Siementen itämisen onnistumista vakavamman esteen kuusen kylvön käytölle muodostaa pintakasvillisuus. Tässä kokeessa heinää torjuttiin vain kylvökesänä. Jos arvioidaan puolen metrin pituuden riittävän pintakasvillisuudesta selviytymiseen, kylvötaimilla kuluu Norjassa tämän pituuden saavuttamiseen 8-12 vuotta riippuen kasvupaikasta (Mork 1971). Tällöin olisi myös huolehdittava pintakasvillisuuden torjunnasta kyseisenä aikana. Käytännössä heinä tulisi torjua kerran kesässä, jos käytetään mekaanista heinäntorjuntaa (Hynönen 1976). Kemiallista heinäntorjuntaa käytettäessä riittää käsittely parin vuoden välein. Kemiallisen heinäntorjunnan käyttö ei ole kuusen taimien kannalta aina tarkoituksenmukaista vaan saattaa aiheuttaa ongelmia (Hynönen 1976). Kylvön käyttö tavanomaisessa kuusen viljelytilanteessa tuntuu siten epätarkoituksenmukaiselta.

## Kirjallisuus

- Heikinheimo, O. 1941. Kuusen kylvöstä ja sen edellytyksistä. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 58(7):193—200.
- Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. *Metsänhoitotieteen pro gradu -työ*. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 108 s.
- Kalela, E.K. 1961. *Metsät ja metsien hoito: metsänhoidon alkeita*. 2. painos. WSOY, Porvoo. 367 s.
- Kolström, T. 1991. Kuusen kylvö- ja istutuskoe viljavilla kivennäismailla Pohjois-Karjalassa. Abstract: Results from the sowing and planting experiment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on fertile sites in North Karelia, Finland. *Silva Fennica* 245(2):85—97.
- Lähde, E. 1979. Männyn, kuusen ja lehtikuusen suoja- ja avokylvö aurauksen pientareessa ja palteessa. Summary: Shelter and open sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch on the shoulder and tilt of ploughing. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97(4). 45 s.

- Metsätilastollinen vuosikirja 1987. Skogsstatistisk årsbok 1987. Yearbook of forest statistics 1987. Suomen virallinen tilasto XVII A:19. 1988. Folia Forestalia 715. 245 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1989. Skogsstatistisk årsbok 1989. Yearbook of forest statistics 1989. Suomen virallinen tilasto, Maa- ja Metsätalous 1990:4. 1990. Folia Forestalia 760. 246 s.
- Mork, E. 1971. Gjenvekstforsök med planting, markberedning, og såing med naturlig gjenvekst av gran på bonitete C og D. Referat: Regeneration experiments with planting, scarification and sowing compared with natural regeneration of Norway spruce on site class C and D. Meddelelser, Norske Skogsforsøksvesen 30:245—294.
- Pohtila, E. & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970—1972 Lappiin perustetun aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970—1972. Silva Fennica 17(3):201—224.
- Valtanen, J. & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970—72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970—72. Folia Forestalia 686. 42 s.







ISBN 951-40-1242-9  
ISSN 0358-4283

Suonenjoen Kirjapaino Ky  
Suonenjoki 1992