

2011



Metsänkylvöopas

Kylvön biologiaa ja tekniikkaa

Markku Nygren

METLA

Metsänkylvöopas

Kylvön biologiaa ja tekniikkaa

Markku Nygren

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kilpisjärvi
JULKAISIJA
KILPISJÄRVI, SUOMI

Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas – Kylvön biologiaa ja tekniikkaa.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos
Hyväksynyt: professori Leena Finer 10.11.2011

Ulkoasu ja taitto: Anne Siika
Valokuvat: Erkki Oksanen, Metla, ellei toisin mainita

Tilaukset ja myynti: Metsäkustannus Oy (yksittäiskappaleet)
Puh. 02077 29136
www.metsakustannus.fi/kauppa
Metla, Suonenjoen yksikkö (yli 10 kpl:een erät)
Juntintie 154
77600 Suonenjoki

ISBN 978-951-40-2328-6

Kirjapaino: Vammalan Kirjapaino 2011

Lukijalle

Männyn metsänkylvöjen pinta-ala on parin viime vuosikymmenen aikana kasvanut selvästi ja asettunut noin 30 000 hehtaarin vuositasolle. Kylvön osuuden metsänviljelyssä arvioidaan säilyvän korkeana myös tulevaisuudessa. Eteläisintä Suomea lukuunottamatta kylvömäärien on myös ennustettu lisääntyvän koko maassa. Syyksi on esitetty edullisia uudistamiskustannuksia sekä kylvötaimikoiden istutustaimikoita parempaa hirvituhojen kestävyyttä.

Hyvä kylvötulos on monen osatekijän summa. Kylvöä suunnitteleva metsäammattilainen tai yksityinen metsänomistaja joutuu arvioimaan kasvupaikan ominaisuuksia ja maalajia, päättämään muokkaustavasta, kylvösiemenen laadusta ja määrästä, kylvöajankohdasta, pohtimaan tulevaa taimikonhoitoa jne. Kyse on monivaiheisesta päätöksenteosta, jonka seuraukset näkyvät metsissä pitkään. Toivon, että tämä opas voisi osaltaan auttaa lukijaa oikean viljelytavan valinnassa ja myös käytännön kylvötyössä.

Opas perustuu suurelta osin metsäpuiden uudistumisbiologian luentoihini Helsingin yliopistossa 2000-luvun alussa. Olen painottanut oppaan sisältöä erityisesti kylvön perusteiden suuntaan. Kylvötaimikoiden hoitoon liittyvät asiat jäävät tämän tarkastelun ulkopuolelle. Tietoisesti olen käyttänyt runsaasti vanhempaa, pääasiassa pohjoismaista metsäkirjallisuutta lähdeaineistona. Tuolloin tehtyjen tutkimusten ja selvitysten tulokset eivät ole (ainakaan vielä) sähköisessä muodossa, joten ne jäävät helposti vaille huomiota nykyisessä tiedonvälityksessä. Näkemykseni mukaan metsänkylvön perusasiat – siemenen itäminen ja taimien orastuminen viljelyalalla – eivät kuitenkaan ole olennaisesti muuttuneet siitä, mitä niistä kirjoitettiin viime vuosisadalla.

Oppaan käsikirjoitusta ovat eri vaiheissa kommentoineet Leena Finer, Pekka Helenius, Katri Himanen, Mikko Hyppönen, Taneli Kolström, Henrik Lindberg, Jaana Luoranen, Juhani Päivänen, Timo Saksa ja Heikki Smolander. Juha Lappi ratkaisi tyhjälaikkusadanneksien tilastolliseen mallintamiseen liittyvän jakaumaongelman. Metsäylioppilaat Jaakko Hautanen, Tobias Källd, Mikko Niemi, Maija Sianoja ja Markus Stenborg antoivat arvokasta palautetta tekstistä Itä-Suomen yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteisellä metsänviljelykurssilla. Sirpa Kolehmainen ja Pekka Voipio auttoivat taulukoiden ja kuvien laatimisessa. Useimmat valokuvat ovat Erkki Oksasen ottamia. Metsätutkimuslaitoksen kirjaston avulla pääsin helposti käsiksi tarvitsemaani kirjallisuuteen. Metsämiesten Säätiö myönsi apurahan oppaan viimeistelyyn ja painatukseen. Kiitän kaikkia edellä mainittuja avusta.

Suonenjoella, syyskuussa 2011

Markku Nygren

Sisällys

1 Johdanto	5
1.1 Taustaa.....	5
1.2 Peruskäsitteet.....	9
2 Metsänuudistamisen tavoitteet kylvössä	10
3 Männyn kylvösiemen	11
3.1 Siemenen perusominaisuuksia	11
3.2 Siemenen hankinta ja käsittely	14
3.3 Alkuperän ja siemenluokan valinta	18
3.4 Itäminen metsämaassa.....	23
4 Kylvökohteet ja -menetelmät.....	28
4.1 Kasvupaikat ja maaperä	28
4.2 Puuston käsittely	32
4.3 Maanmuokkaus ja kylvöalustan valmistaminen.....	36
4.4 Konekylvö	43
4.5 Käsinkylvö	46
4.6 Kylvöajankohta ja jälki-itäminen	51
5 Kylvötaimien kasvu ja kehitys.....	57
5.1 Alkukehitys	57
5.2 Kylvösiemen- ja taimituhot.....	59
5.3 Taimettuminen ja kylvötaimikon vakiintuminen.....	67
6 Lopuksi – miten onnistun metsänkylvössä?	72
Kirjallisuus	73
Liitteet	84

Johdanto

I.1 Taustaa

Metsänkylvö on vanha metsänuudistamismenetelmä. Ensimmäiset tiedot havupuiden kylvöistä on ajoitettu 1400-luvulle Saksaan, missä Frankfurtin alueen valtionmetsissä tehtiin sekä kuusen että männyn kylvöjä.⁴⁹ Keski-Euroopasta metsänviljely levisi 1700-luvun alkupuolella myös Fennoskandiaan ja Venäjälle. Tunnetuin tuon ajan metsäkylvöistä lienee Lintulan lehtikuusimetsän perustaminen silloisen Viipurin kihlakunnan Siestarjoen (Rajajoen) alueelle keväällä 1738. Työstä vastasi metsänhoitaja F.G. Fockel, joka arkistoasiakirjojen mukaan kuvaa kylvötyötä seuraavasti: ”Huomatessani, että sade oli tulossa, kylvin heti maahan sekoitetut siemenet muokattuihin vakoihin, äestin ja niin, toukokuun 20. päivän paikkeilla kaikki oli valmista.”¹⁴⁹

Suomessa varhaisimmat metsäpuiden kylvöt tehtiin kaskimailla. Niiden metsitykseen ryhdyttiin, kun valtionmetsien hallinto järjestettiin 1850-luvun lopulla. Valtion mailla luvatta kaadetut kasket vuokrattiin halukkaille viljeltäviksi ja samalla metsitettäviksi. Vuokrausehtoihin kuului, että viimeisen viljansiemenen joukkoon oli mullattava havupuusiemen.⁴⁹

Järjesteltyyn metsätalouteen puiden kylvö ja istutus kotiutuivat Suomessa hitaasti. Vielä viime vuosisadan alussa metsänviljely, tai kuten tuolloin sanottiin - metsän keinollinen uudistaminen - oli harvinaista. Siihen turvauduttiin ainoastaan silloin, kun metsiköiden luontaiseen uudistamiseen ei ollut edellytyksiä.¹⁰⁷

Noina aikoina luontainen uudistaminen merkitsi usein metsikön kehityksen jättämistä oman onnensa nojaan. Uudistaminen ei ollut tavoitteellista kuten nykyään, ja tulokset olivat monesti epätydyttäviä. Hakkuun jälkeen uudistus-alalle ei jätetty laadultaan parhaita runkoja, vaan ne kaadettiin määrämittaharsinnalla käyttöpuiksi. Jäännösmetsä, jonka siemennyskyky ja geneettinen laatu oli heikko, jäi siementämään uutta puustoa. Muokkamattomilla uudistusaloilla taimettuminen oli hidasta ja taimikot syntyivät harvoina.

Vielä 1930-luvulla metsänviljelyllä oli hyvin suuressa määrin perusmetsityksen luonne, ja sitä suositeltiin käytettäväksi vain huonokuntoisten ja vajaatuottoisten maiden saattamiseksi uudelleen metsän kasvuun.¹⁰⁸ Seuraavan vuosikymmenen lopulla julkaistu harsintajulkilausuma merkitsi käännettä metsien hoidossa. Harsintahakkuut korvattiin selväpiirteisillä kasvatus- ja uudistushakkuilla. Huomio kohdistettiin jäävän puuston käsittelyyn kasvatusta ja uudistamista silmälläpitäen. Kasvatusemetsien hoidossa päämenetelmäksi vakiinnutettiin alaharvennus.⁵

Männyn uudistushakkuissa suosittiin luontaista uudistamista siemenpuumene-
telmällä. Koska maanpinnan käsittely uudistamista varten oli edellen harvi-
naista, taimettuminen oli hidasta ja taimikot epätasaisia ja aukkoisia. Toisaalta
osoittautui, että osa uudistusaloista oli taimettunut ilman mitään valmistavaa
hakkuuta.¹⁵⁹ Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen metsänhoidon professori Ris-
to Sarvas (1908–1974) totesikin männyn siemenpuuhakkuusta: ”Siemenpuu-
hakkuu oikein ja huolellisestikin suoritettuna *ilman siihen liittyvää maanpin-
nan erityistä valmistamista* (kursivointi kirjoittajan) on Etelä-Suomessa kaikilla
tärkeimmillä kasvupaikoilla männikön uudistushakkuuna epävarma. Mustik-
katyypin metsiköissä männyn luontainen uudistaminen tätä uudistushakkuu-
menetelmää sovellettaessa jokseenkin poikkeuksetta epäonnistuu”. Sarvaksen
tutkimustulokset levisivät käytäntöön sanontana, jonka mukaan männyn sie-
menpuuhakkuut olivat joko ”hyödyttömiä tai tarpeettomia”.

Uudistamisessa koetut epäonnistumiset ja epävarmuus puuvarojen riittävyys-
destä johtivat metsätalouden tehostamiseen 1960-luvulla. Metsien käsittelyä
kehitettiin viljelytalouden suuntaan.

Metsänviljelyn edut ovat merkittävät luontaiseen uudistamiseen verrattuna.
Metsikkö kehittyi alusta alkaen täystiheänä. Taimien alkukehitys on nopeaa,
kun ylispuusto ei rajoita valon, veden ja ravinteiden saatavuutta. Uudistamis-
tulos ei riipu emopuuston siemensadon määrästä ja laadusta kuten luontaisessa
uudistamisessa. Huomattava etu on myös se, että metsänomistaja voi käyttää
jalostettuja siemeniä tai taimia viljelymateriaalina.¹⁹¹

Kylvö on ennen kaikkea männyn viljelymenetelmä. Muut metsätaloudellisesti
tärkeät puulajimme viljellään lähes kokonaan istuttamalla. Kuusta on aikoinaan
uudistettu laajemminkin kylvämällä, mutta tutkimustulokset eivät ole olleet
rohkaisevia.^{39, 73, 83, 143} Kuusen siementen orastuminen maastossa on samaa luok-
kaa kuin männyllä, mutta kylvöä ei voida suositella kuuselle luotettavaksi uu-
distamismenetelmäksi taimien erittäin hitaan alkukehityksen takia.^{157, 175, 200, 202}

Rauduskoivua kylvetään muutama sata hehtaaria vuosittain. Parhaimmillaan
koivun kylvöllä saavutetaan riittävä uudistamistulos istutusta edullisemmin,
mutta epäonnistumisen riski on myös suurempi. Rauduskoivun kylvötaimia
uhkaavat maastossa kuivuus ja roustetuhot. Istutus on kuuselle ja koivulle
useimmiten varmempi ja nopeampi viljelymenetelmä.

Metsänkylvöjä on aikoinaan tehty lukuisin eri tavoin. Varhaisimmat kylvöt oli-
vat männyn ja kuusen hajakylvöjä kaskimaille tai kuloaloille. Niissä siemen le-
vitettiin tasaisesti koko uudistusalueelle. Tältä ajalta ovat ylimetsänhoitaja Arvid
Borgin (1878–1939) onnistuneet ja kuuluisuutta saaneet kulotus- ja hankikyl-

vökokeilut Tuomarniemellä.¹⁶ Myöhemmin hajakylvöjä tehtiin Pohjois-Suomessa metsätöiden koneellistamisen ja laajojen uudistushakkuiden alkaessa 1950-luvun alussa. Tuolta kaudelta on mainittava erityisesti professori Gustaf Sirénin (1920–2008) kokeet lentokonekylvöistä Inarin Kutturassa, missä viidenkymmenen hehtaarin alue kylvettiin 38 minuutissa!¹⁶⁷

Hajakylvön vaihtoehdoksi kehitettiin jo varhain erilaisia ruutukylvömenetelmiä. Uudistusosalalle muokattiin käsityökaluin pieniä laikkuja tai ruutuja, joihin siemen kylvettiin. Yksityiskohtainen esittely vanhoista ruutukylvömenetelmistä löytyy *Metsänviljely*-oppikirjasta.¹⁰³

Maanmuokkaukseen yhdistetty koneellinen kylvö yleistyi 1990-luvulla sekä Suomessa että Ruotsissa.¹⁵³ Nykyään konekylvö on yleistä yhtiöiden ja valtion metsissä. Yksityismailla tehdään vielä runsaasti käsinkylvöjä.¹¹⁷

Kylvön suosio uudistamismenetelmänä on vaihdellut vuosikymmenten aikana. Vielä 1960-luvulla kylvöpinta-ala oli noin 60 000 hehtaaria vuodessa, mutta nykyisin kylvetään vain puolet tästä määrästä. Tämä on suurin piirtein neljännes vuotuisesta metsänviljelypinta-alasta.¹¹⁷ Lähes kaikki ovat männyn kylvöjä, koska männyn karut kasvupaikat ovat parhaita kylvökohteita.

Kylvön yleisyys uudistamismenetelmänä vaihtelee metsäkeskusalueittain (taulukko 1.1). Lapin, Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskusten alueella kylvetään yhteensä noin puolet koko maan kylvöalasta. Myös Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjois-Karjalassa männyn kylvö on yleistä.¹¹⁷

Istutukseen ja luontaiseen uudistamiseen verrattuna männyn kylvöllä on monia etuja. Konekylvön ja maanmuokkauksen yhdistäminen on yksinkertaista, taimikko syntyy riittävän tiheänä laatupuun kasvatusta ajatellen ja kokonaiskustannukset ovat vain kolmannes istutuksen kuluista. Myöhemmät taimikon hoitotoimet, perkaus ja harvennus, voidaan toteuttaa järkevästi, jos kasvupaikka ja kylvömenetelmä on valittu oikein. Merkille pantavaa on, että kylvö mielletään yleisesti luonnonmukaisemmaksi uudistamismenetelmäksi kuin istutus.⁶⁷

Kylvöä pidetään riskialttiimpana menetelmänä kuin istutusta. Onnistuminen riippuu uudistamiskesän kosteus- ja lämpöoloista ja vuosien väliset erot tuloksissa voivat olla suuria.^{64,72} Ääreissä ilmasto-olosuhteissa istutus on varmempi menetelmä. Valtakunnan metsien inventointitiedot kuitenkin osoittavat, että istutus- ja kylvötaimikoiden laadussa ei ole suurta eroa: hyviä uudistamistuloksia oli molemmissa menetelmissä noin 40 %. Täystiheiden männyn kylvötaimikoiden osuus, Etelä-Suomessa 61 % ja Pohjois-Suomessa 57 %, oli korkeampi kuin vastaavien istutustaimikoiden.⁸⁵

Taulukko 1.1. Kylvöpinta-alat ja kylvön osuus metsänviljelyalasta metsäkeskusalueittain (keskiarvo vv. 2004–2008).⁵⁸

	Kylvöpinta-ala, ha/v	Kylvön osuus metsänviljelyalasta, %
Ahvenanmaa	0	0
Rannikko	681	12
Lounais-Suomi	1 252	20
Häme-Uusimaa	986	11
Kakkois-Suomi	1 447	23
Pirkanmaa	1 166	16
Etelä-Savo	1 448	16
Etelä-Pohjanmaa	4 136	42
Keski-Suomi	1 884	19
Pohjois-Savo	1 078	10
Pohjois-Karjala	2 837	32
Kainuu	5 214	54
Pohjois-Pohjanmaa	4 653	34
Lappi	5 323	26
Koko maa	32 105	26

Kylvön luonnonmukaisuus ja suhteellisen pienet toteuttamiskustannukset ovat toisaalta johtaneet siihen, että menetelmää käytetään liian ravinteikkailta ja hienojakoisilla kasvupaikoilla. Tällaisille maille kylvö ei sovellu, koska hakkuun jälkeen nopeasti kehittyvä pintakasvillisuus ja rouste tuhoavat suuren osan sirkkataimista. Eteläsuomalaisten uudistusalojen inventointitulokset osoittavat, että hienojakoisten, routivien maiden kylvöt johtavat heikkoon uudistamistulokseen.¹⁵⁷

Ruotsissa ja Suomessa kolmen viime vuosikymmenen aikana tehdyt tutkimukset osoittavat, että kylvötulosta voidaan kuitenkin varmentaa valitsemalla puulajille oikea kasvupaikka, valmistamalla kylvöalusta huolellisesti ja käyttämällä hyvälaatuisia siementä.^{11,74,187,197}

Tämä opas on laadittu erityisesti männyn kylvöä varten. Kuusen kylvön osalta viitataan aiheesta tehtyihin alkuperäisjulkaisuihin.^{39, 73, 83, 143} Rauduskoivun kylvöstä kiinnostuneita kehoitetaan tutustumaan Kinnusen esitykseen *Koivun kasvatusta ja käyttö – kirjassa*⁸⁰. Taimitarhakylvöt jäävät niinkään tämän tarkastelun ulkopuolelle. Jalojen lehtipuiden ja ulkomaisten puulajien osalta hyödyllinen opas on Metsäntutkimuslaitoksen julkaisema *Jalojen lehtipuiden siementen käsittely*.⁸⁴ Ruotsinkielisessä *Sådd*-verkkojulkaisussa esitellään erityisesti Pohjois-Ruotsin olosuhteisiin kehitettyjä metsäkylvömenetelmiä.¹⁶⁹

1.2 Peruskäsitteet

Kylvösiemenen itämisen ja taimien alkukehityksen käsitteistö on osaksi vakiintumatonta. Esimerkiksi kylvön onnistumista ja kylvötaimien kehitystä arvioidaan kirjallisuudessa monin eri tavoin. Tässä oppaassa po. käsitteistö perustuu Yli-Vakkurin²⁰² esittämään, männyn taimien kehitysasteen mukaiseen luokitukseen. Normaalisti kehittyneet taimet jaetaan kuuteen luokkaan (ks. liite 2.):

- aa* Taimet, joissa on sirkkajuuri, -varsi ja -lehdet sekä sirkkasilmu tai juuri aukeamassa oleva sirkkasilmu.
- ab* Taimet, joissa on sirkkalehtien lisäksi selvästi puhjennut ruusuke yksittäisiä varhaisneulasia.
- ac* Taimet, joissa on jo selvästi näkyvä pääverso yksittäisine varhaisneulasineen.
- ad* Taimet, joissa varhaisneulasten lisäksi on versoa kääpiöversoineen ja kaksittain olevine neulasineen.
- ae* Taimet, joissa pääversion lisäksi esiintyy ensi asteen sivuhaaroja.
- af* Taimet, joissa esiintyy jo toisen asteen sivuhaaroja.

Itäminen metsämaassa määritellään tässä oppaassa kuten laboratoriossa: siemen on itänyt, kun sirkkajuuri on neljä kertaa siemenen pituinen. Taimi on *orastunut*, kun sirkkalehdet ja sirkkasilmu ovat näkyvissä. Taimet ovat tällöin *sirkkataimia* (luokka *aa*). Suhteuttamalla orastuneiden taimien lukumäärä kylvettyjen itämiskykyisten siementen määrään saadaan *orastumisprosentti*.

Kun alkeislehdet puhkeavat ja muodostavat ruusukkeen, taimet ovat *taimiai-nesta* (luokat *ab* ja *ac*). Hyvissä olosuhteissa taimiainesta kehittyä jo kylvökese-nä, ensimmäisen kasvukauden loppuun mennessä.

Taimiaines vakiintuu kylvöä seuraavan 2–4 vuoden kuluessa varsinaisiksi *tai-miksi* (luokat *ad*–*af*). Taimissa on tällöin jo näkyvissä kääpiöversoja kaksittain olevine neulasineen. Tässä vaiheessa voidaan laskea *taimettumisprosentti*, so. vakiintuneiden taimien lukumäärä suhteessa itämiskykyisten siementen määrään. Edelleen määritellään *eloonjäämiprocentti*, joka on elossa olevien taimien lukumäärä tietyn ajan kuluttua kylvöstä suhteutettuna taimien lukumäärään ensimmäisenä syksynä. Määrittely perustuu Tirenin^{175,176} tutkimuksiin (ruot-sinkieliset termit *plantprocenten* ja *överlevelsekvoten*).

Tyhjien kylvökohtien osuus eli *tyhjälaikkusadannes* on em. prosenttilukujen ohella tärkeä kylvön onnistumista kuvaava tunnus. Sen yhteydessä on tarkoi-tuksenmukaista ilmoittaa taimien kehitysaste, ts. ovatko kyseessä sirkkataimet, taimiaines vaiko jo vakiintuneet taimet.

2 Metsänuudistamisen tavoitteet kylvössä

Metsikön päätehakuun jälkeen uudistusosalalle on perustettava kohtuullisessa ajassa taloudellisesti kasvatuskelpoinen taimikko, jonka kehittymistä muu kasvillisuus ei välittömästi uhkaa. Kasvatuskelpoisuutta arvioidaan taimikoiden tiheyden ja puulajisuhteiden perusteella siinä vaiheessa, kun taimikon keskipituus on 1,3 metriä. Arviointiperusteeksi on ohjeistettu ns. lakiraja metsälain valvontaa varten.^{96,116,185}

Mäntyvaltainen taimikko täyttää metsälain vaatimustason, jos siitä löytyy taimikonhoidon jälkeen taloudellisesti kasvatuskelpoisia taimia vähintään 1300 kpl/hehtaarilla; Lapin metsäkeskuksen toimialueella riittää 1100 kpl/ha. Lisäksi edellytetään, että taimien sijainti uudistusosalalla on kohtuullisen tasainen; alle puolen metrin etäisyydellä toisistaan olevista taimista vain yksi voidaan laskea mukaan vähimmäismäärään.¹⁸⁵

Tuottavan metsänkasvatuksen kannalta suositeltavat taimitiheydet ovat em. lakirajaa korkeampia. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan männynkasvatuksen perusmallissa tavoitteena on 1 800–2 000 tainta hehtaarilla taimikonhoidon jälkeen tasaisesti uudistusosalalle jakautuneina. Laatuun kasvatusmallissa tavoitteena on hieman korkeampi taimimäärä, 2 000–2 500 kpl/ha. Yhdistetyssä aines- ja energiapuun kasvatuksessa männyn taimikko harvennetaan 3 000–4 000 taimen tiheyteen 3–4 metrin valtapituudessa. Tiheys-suosituksilla tähdätään runkolukuihin, jotka tarjoavat metsikön varttuessa mahdollisuuden kannattavaan ensiharvennukseen, energiapuuhaakuuseen ja hyvään taloudelliseen tulokseen koko kiertoaikana.⁵⁴

Jotta metsäkylvöissä päästään laatuun kasvatusmallien mukaiseen tavoitettiin, taimikko on perustettava huomattavasti em. määriä tiheämpänä. Männyn kylvössä suositeltu perustamistiheys on 4 000–5 000 kylvökohtaa hehtaarille.^{51,54}

Männynkasvatuksen päätavoitteena on korkealaatuisen sahapuun tuottaminen, minkä takia runkojen hieno-oksaisuus on tärkeää. Suuri alkutiheys parantaa kehittyvän puuston laatua. Männyn kylvötaimikoissa oksat pysyvät ohuina tyvitukin (4–5 m) pituudelta, kun metsikkö kehittyy taimikkovaiheessa tiheänä. Kuivahkolla kankaalla Etelä-Suomessa voidaan kasvattaa yli 3500 mäntyä hehtaarilla käyttöpuun mittoihin, jos puusto on tasaikäistä ja -kokoista.¹⁸⁶ Kun alkutiheys on riittävä, metsänomistaja voi taimikon perkauksessa ja harvennuksessa valita laadultaan parhaat puuyksilöt jäävään puustoon.⁹²

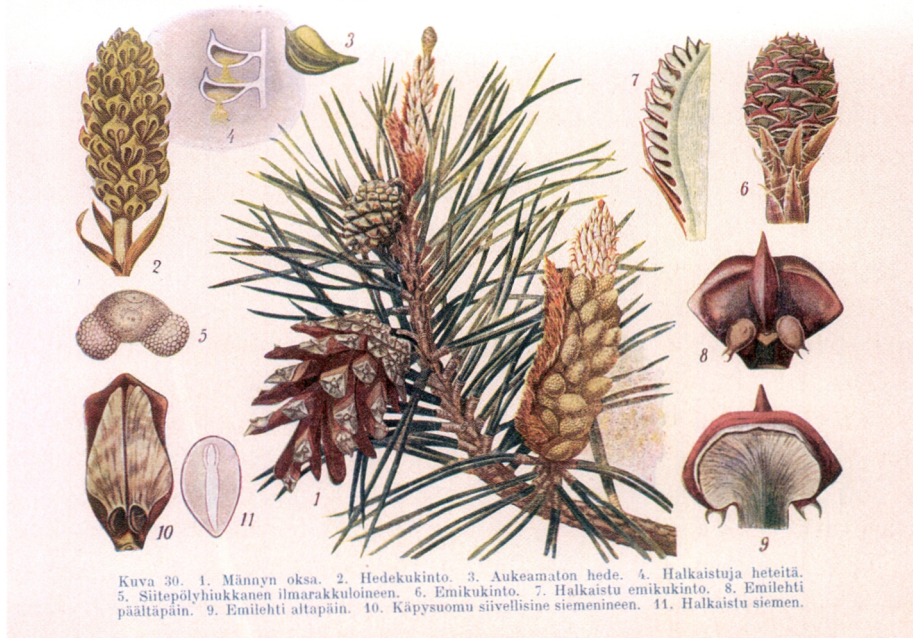
3 Männyn kylvösiemen

3.1 Siemenen perusominaisuuksia

Mänty kuuluu paljassiemienisten kasvien ryhmään. Siemenet kehittyvät ”paljaana” käpysuomun tyvelle pareittain kehittyvissä siemenaiheissa, ilman ympäröiviä rakenteita. Kehitys kukkasilmujen synnystä valmiiksi siemeneksi kestää lähes kolme vuotta.

Männyllä hede- ja emikukat ovat samassa puuyksilössä. Emikukat ovat vuosikasvainten kärjissä ja yleensä latvuksen yläosissa. Hedekukat kehittyvät vuosikasvainten tyvelle ja varisevat kukinnan päätyttyä; vuosikasvaimeen jää neulaseton ranka, hedearpi (kuva 3.1).

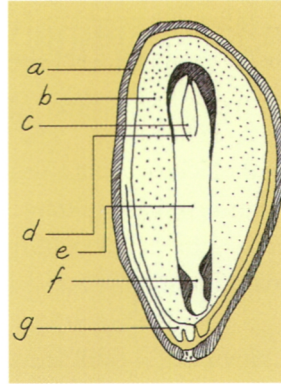
Mänty kukkii Etelä-Suomessa kesäkuun alussa, Pohjois-Suomessa reilun viikon myöhemmin. Tuulen mukana siitepölyhiukkaset leviävät hedekukinnoista emikukintoihin. Emisuomujen raoista hiukkaset kulkeutuvat siemenaiheen pölykammioon, missä ne alkavat itää pian kukinnan jälkeen. Siiteputki kasvaa



Kuva 30. 1. Männyn oksa. 2. Hedekukinto. 3. Aukeamaton hede. 4. Halkaistauja heteitä. 5. Siitepölyhiukkanen ilmarakkuloineen. 6. Emikukinto. 7. Halkaistu emikukinto. 8. Emilehti päältäpäin. 9. Emilehti altaapäin. 10. Käpysuomu siivellisine siemenineen. 11. Halkaistu siemen.

Kuva 3.1. Männyn siemenen kehitysvaiheet kukinnasta valmiiksi siemeneksi. Keskellä oksa, jonka tyvellä hedekukkiva verso, ylimpänä oksan kärjessä emikukka, sen alapuolella yksivuotinen pikkukäpy ja alinna auennut, siemenet varistanut käpy (1). Pikkukuvissa yksittäinen hedekukka (2), yksittäinen hede sulkeutuneena ja auenneena (3–4), siitepölyhiukkanen (5), emikukka (6–7), emilehti (kämpysuomu) ylä- ja alapinnalta kuvattuna (8–9), kämpysuomu, jonka alapinnalla kaksi lenninsiivellistä siementä (10), halkaistu siemen (11). Ei mittakaavassa. Kuva V.T. Aaltosen oppikirjasta *Metsänhoito-opin alkeet*.¹

- a = siemenkuori
- b = vararavintosolukko
- c = sirkkalehdet
- d = sirkkasilmu
- e = sirkkavarsi
- f = sirkkajuuri
- g = siemenaiheen kärki
eli nukellus



Kuva 3.2. Männyn siemenen sisärakenne.¹³¹

siemenaiheeseen hyvin hitaasti. Uusi siemen saakin alkunsa vasta kukintakesää seuraavana kasvukautena, juhannuksen tienoilla, kun siemenaihe hedelmöittyy. Tämän jälkeen siemen kehittyy nopeasti ja tuleentuu syksyyn mennessä. Siemenet talvehtivat kävyissä ja varisevat tuleentumissyksyä seuraavana keväänä, touko-kesäkuussa.

Useimmissa havupuusuvuissa siemenen laatu, erityisesti tyhjien siementen määrä, vaihtelee vuosittain ja samanakin vuonna eri metsiköissä. Havupuut jaetaan kahteen ryhmään, vaihtolaatuisen ja tasalaatuisen siemenen puolajeihin. Kuusi on vaihtolaatuinen; tyhjien siementen määrä on keskimäärin 30–70 %. Mänty kuuluu tasalaatuisen siemenen ryhmään, sillä tyhjää siementä on vähemmän, keskimäärin 10–20 %.¹⁶¹

Männyn siemen kehittyy itämiskykyiseksi tuleentumissyksynä. Tällöin siinä ovat valmiina kaikki rakenteet, jotka tarvitaan itämiseen ja uuden kasviyksilön kasvuun ja kehitykseen. Uloinna on kolmikerroksinen siemenkuori, joka ympäröi vararavintosolukkoa. Sisinnä on siemenalkio, jossa erottuvat jo tulevan taimen osat: sirkkajuuri, varsi ja lehdet (kuva 3.2). Siemenen kiinnittyneen lenninsiiven avulla varisevat siemenet leviävät kauemmas emopuusta.

Siementen massa (ark. *tuhatjyvápaino* = tuhannen siemenen massa) vaihtelee vuodesta toiseen. Painavinta siementä saadaan männyn siemenviljelyksiltä, missä siemenen tuhatjyvápaino on noin 6–7 grammaa.¹⁶² Metsikkösiemenen tuhatjyvápaino vaihtelee kasvupaikasta riippuen 4–5 grammaan ja pienenee etelästä pohjoiseen.⁹¹ Suurin osa männyn siemenen massasta on vararavintosolukkoa, jonka turvin siemenen itää. Ravintosolukko sisältää noin 30 % rasvoja ja rasvamaisia yhdisteitä.¹⁷³ Taimien alkuvaiheen kasvu riippuu siementen massasta. Mitä painavampi siemen, sitä parempi on kylvötaimen alkukehitys.

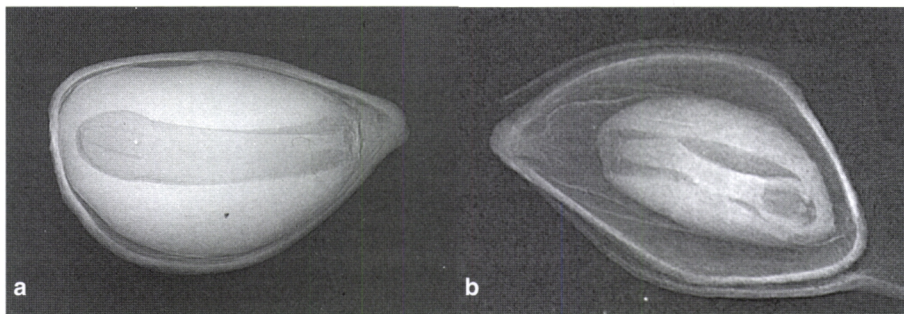
Kukin mänty-yksilö tuottaa samanväristä siementä vuodesta toiseen (kuva 3.3). Metsätutkimuslaitoksen metsäbiologian professori Viljo Kujala (1891–1977) luokitteli männyn siemenet värin perusteella kolmeen luokkaan: 1) mustat ja mustanruskeat, 2) keltaiset ja kellanruskeat ja 3) harmaanvalkeat. Luokkien osuudet olivat 68, 25 ja 7 % kaikista tutkituista siemenistä.⁹¹ Rämemännystä tehdyssä vastaavassa tarkastelussa osuudet olivat 45, 47 ja 8 %.¹¹⁰

Väritään mustien ja tummasävyisten männyn siementen kuoresta on löydetty runsaasti erilaisia fenoliyhdisteitä ja tanniinin hajoamistuotteita, jotka aktivoituivat siemenen itäessä.^{151,152} Tummat siemenet olivat tästä syystä vastustuskykyisempiä ja vähemmän alttiita taudinaiheuttajille kuin vaaleat siemenet. Laboratorio-olosuhteissa mustista siemenistä saatiin 10 % suurempi taimisaanto kuin vaaleista.

Jos tuleentumiskesän lämpöolot ovat epäsuotuisat, männyn siemenen kehitys jää vajaaksi. Tällaisessa siemenessä rakenteiden kehitys on jäänyt kesken; alkio, siemenvalkuainen ja kuorirakenteet ovat kypsymättömiä.^{91,174} Tämä näkyy myös siemenestä otetussa röntgenkuvassa: alkio on pienikokoinen eikä täytä alkio-onteloa kokonaan, kuten hyvin tuleentuneessa siemenessä (kuva 3.4). Maamme pohjoisosissa vajaa tuleentuminen on yleistä. Vajaasti kehittynyt siemen itää hitaasti ja kestää heikosti varastointia. Tästä syystä kaupalliset siemenkeruut keskitetään parhaisiin siemenvuosiin, jolloin siemen on täysin tuleentunutta ja hyvin itävää.



Kuva 3.3. Siemenen väri ja koko vaihtelevat puuyksilöstä toiseen. Kuvassa kolmesta eri puusta kerättyjä ja puhdistettuja (lenninsiivet poistettu) männyn siemeniä. Kuva: Metsäpuiden siemenlaboratorio/Metla/SU.



Kuva 3.4. Täysin tuleentunut (a) ja vajaasti tuleentunut (b) havupuun siemen läpivalais-
tuna. Kuva: Metsäpuiden siemenlaboratorio/Metla/SU.

3.2 Siemenen hankinta ja käsittely

Metsäpuiden siementä kerätään sekä talousmetsistä hakkuiden yhteydessä että siementuotantoa varten perustetuilta siemenviljelyksiltä. Yleistäen voidaan sanoa, että talousmetsistä kerätty siemen on jalostamatonta metsikkösiementä eli niin kutsuttua maatiaissiementä. Siemenviljelyssiemen on jalostettua materiaalia, jolloin tulevalta puustolta voidaan odottaa keskimääräistä parempaa laatua, kasvua ja tuotosta.

Käpykeräyksiä hoitavat yleensä metsäammattilaiset, mutta talousmetsistä keruuta voivat tehdä ohjatusti myös yksityiset kansalaiset. Edellytyksenä on, että leimikko on metsäammattilaisen hyväksymä keruukohte. Keruusta saatava ansio on tuloverolain (1535/1992, § 89) mukaan verovapaata, ellei tuloa ole pidettävä palkkana.

Metsäpuiden siemenviljelyksillä siementen keräys on järjestettyä toimintaa, josta vastaavat siementuottajat. Siementen hankintaketjun kuvaus ja yksityiskohtaisia ohjeita käpyjen ja siementen keräykseen ja käsittelyyn löytyy mm. Metsäpuiden siemenhuollon laatuketju -hankkeen loppuraportista.⁴⁵

Pääosan siemenviljelyksistä omistavat Metsähallitus ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Myös viisi metsäkeskusta omistaa siemenviljelyksiä. Samat tahot vastaavat myös siementen karistuksesta. Omistusrakenteessa tapahtunee lähivuosina muutoksia, kun tätä kirjoitettaessa käynnissä olevat Metsähallituksen, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ja metsäkeskusten organisaatiomuutokset saadaan päätökseen.¹²⁶

Metsäpuiden siementä voi ostaa joko paikalliselta metsänhoitoyhdistykseltä tai metsäpuiden siementuottajilta. Männyn hyvälaatuisen kylvösiemenen hinta vaihtelee 400–700 €/kg (alv 0 %) riippuen siemenen itävyydestä sekä siitä,



Kuva 3.5. Käpyjen keruu hyvälaatuisista leimikoista on metsänhoitoa, jonka voi aloittaa jo nuorella iällä. Kuva: Markku Nygren.

onko kyseessä metsikkö- vai siemenviljelyssiemen. Siementä kuluu kylvötavasta ja siemenen itävyydestä riippuen noin 250–400 grammaa hehtaaria kohti. Siemeniä tässä määrässä on 50 000–80 000 kappaletta.

Metsänomistaja voi omaan käyttöönsä kerätä kävyt leimikostaan (kuva 3.5). Käpyjen ja siementen keräys myyntiä varten edellyttää kuitenkin Elintarvike-turvallisuusvirasto Eviralle tehtävää keräysilmoitusta vähintään kaksi viikkoa ennen keräyksen aloittamista.

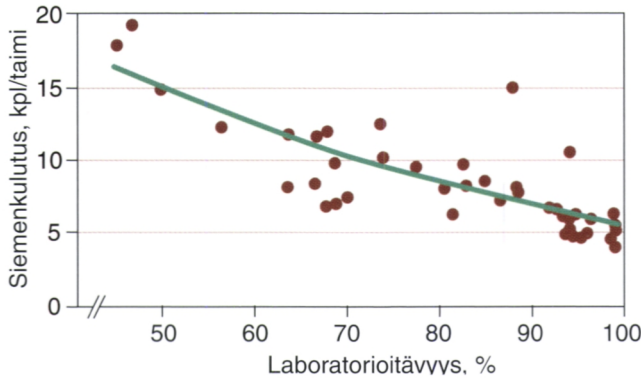
Männyn käpyjen oikea keruu-aika on siementen tuleentumisvuonna myöhäisyksyn ja sitä seuraavan talven aikana. Käpyltrasta kertyy noin kymmenen grammaa puhdistettua siementä. Uudistettavaa hehtaaria kohti on kerättävä 30–50 litraa käpyjä.

Siementen itävyys

Siemenen tärkein tunnus on itävyys. On syytä käyttää mahdollisimman hyvin itävää siementä. Kun itävyys on korkea, siementä kuluu vähän ja taimet orastuvat nopeasti ja täydellisesti (kuva 3.6).

Itävyyden lisäksi tarpeellisia tietoja ovat siementen tuhatjyväpaino ja puhtaus (roskien, rikkoutuneiden siementen yms. määrä siemenerässä). Nämä tiedot ilmenevät siementen myyntipakkauksista. Niiden perusteella voidaan etukäteen arvioida siemenmenekki, kun kylvöalueen pinta-ala tunnetaan. Ostajalle ilmoitettavista tiedoista säädetään laissa metsänviljelyaineiston kaupasta (ks. liite 1).⁹⁷

Siemenerän laboratorioitävyyttä kuvataan kahdella luvulla: *itämisprosentti* on itäneiden siementen osuus, kun siemeniä on idätetty laboratoriotestissä 14 vrk:n (mänty, koivut) tai 21 vrk:n (kuusi, lehtikuusi) ajan. *Itämistarmo* on vastaa-



Kuva 3.6. Laboratorioitävyyden ja siemenkulutuksen riippuvuus männyn maastokylvössä.¹⁸⁸

va osuus testin alkuvaiheessa, seitsemän tai kymmenen vuorokauden kuluttua testin aloituksesta. Itämisprosentti kertoo itämiskykyisten siementen osuuden, itämistarmo kuvaa itämisen nopeutta siemenereässä. Mitä korkeampia luvut ovat, sitä paremmasta siemenestä on kyse.

Siemenpakkauksissa ilmoitettavat itävyytiedot on mitattu laboratoriossa, hyvin edullisissa olosuhteissa. Maastossa keskimääräinen orastumisprosentti männyn kylvöissä on ensimmäisen kasvukauden lopulla 10–30 %:a kylvetystä itämiskykyisestä siemenestä. Se riippuu kasvupaikasta, kylvömenetelmästä ja kasvukauden olosuhteista.

Järjestetyissä maastokokeissa orastuminen ja taimettuminen on onnistunut paremmin. Männyn käsinkylvössä laboratorioitävyyden, orastumisen ja taimettumisen välille on saatu mm. seuraavat riippuvuudet:

Laboratorioitävvyys, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Taimettumisprosentti ²¹ , kolme vuotta kylvöstä	1	4	9	16	25	36	49	64	81
Orastumisprosentti ⁵⁷ , kylvökesän syksyllä ^a	35	42	49	56	63	70

^a Johanssonin mukaan: orastumisprosentti = $6,36 + 0,706 \times \text{laboratorioitävvyys}$ ($R^2=0,97$)

Laboratorioitävyyden ja muiden laatutunnusten määrittämistä esitellään Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemassa Metsäpuiden siemenoppaassa.¹³² Eviran siemenlaboratorio Loimaalla tekee virallisia puhtaus-, tuhatjyväpaino- ja itävyyssanalyysejä myös metsäpuiden siemenistä.

Siementuottajat toimittavat siemenet ostajalle varastokuivina (vesipitoisuus 5–6 %), ilmatiiviisti suljetuissa, sinetöidyissä astioissa. Ennen kylvöä sieme-

net on varmintä säilyttää alkuperäispakkauksissaan kuivassa ja viileässä. Kylvötyömaalle otetaan mukaan vain päivän tarvetta vastaava määrä siementä.

Siementen kostuminen varastossa on haitallisempaa itävyydelle kuin tilapäinen lämpötilan kohoaminen. Ohuet muovipussit läpäisevät vesihöyryä eivätkä sovellu siementen säilytykseen. Parasta on käyttää kovamuovisia astioita, joiden korkki sulkeutuu ilmatiiviisti. Pitkäaikaisessa säilytyksessä siementen itämiskyky säilyy parhaiten pakkasvarastossa.¹³²

Usein siementä jää kevätkylvöistä yli. Ylijäämä on parasta säilyttää erillään muista, tuoreemmista eristä. Ennen käyttöä siitä on syytä ottaa idätysnäyte. Tilapäisvarastossa etenkin itämistarmo yleensä laskee. Varminta on käyttää tuotetta siementä, joka on varastoitu asianmukaisesti siementuottajan varastossa.

Siemenen ikä ilmoitetaan tuleentumisvuoden perusteella. Se selviää myyntipakkauksessa olevasta kantatodistuskoodista, jonka Evira myöntää kaikille myytävälle siemenerille. Koodin alkuosa on EY/FIN ja sitä seuraa karistamon tunnuksesta, siementen tuleentumisvuodesta ja siemenerän juoksevasta numerosta koostuva numerosarja. Esimerkiksi tunnus M29-10-100 tarkoittaa Metsähallituksen Pataman karistamolla karistettua, vuonna 2010 tuleentunutta siemenerää, jonka karistusnumero on 100. Numerosarjan perusteella voidaan tarvittaessa selvittää siemenkaristamon kirjanpidosta siemenerän hankintaan, karistukseen ja varastointiin liittyviä tapahtumia.

Heikosti itäviä siemeneriä voidaan kunnostaa ja itävyyttä parantaa erilaisilla esikäsittelyillä. Ruotsissa on kehitetty ns. IDS- ja Prevac-menetelmät männyn siementen laadun parantamiseksi. Näitä esikäsittelymenetelmiä käytetään, kun siemenerän itävyyttä halutaan nostaa poistamalla kuolleet, vaurioituneet ja heikosti itävät siemenet erästä. Molemmissa menetelmissä kuolleet ja vaurioituneet siemenet erotellaan elävistä ja hyväkuntoisista veden avulla. Menetelmien yksityiskohtainen kuvaus löytyy Metsäpuiden siemenhuollon laatuketju-hankkeen loppuraportista.⁴⁵ Suomessa metsäpuiden siementä esikäsittelevät Tapion siemenkeskus Oitissa ja Siemen Forelian Oy:n Imarin yksikkö Rovaniemellä.

Vanhastaan käytetty esikäsittelymenetelmä on männyn siementen liottaminen vedessä noin vuorokauden ajan ennen kylvöä.^{9,106,165} Käsitteilyn jälkeen siemenet pintakuivataan ja kylvetään välittömästi. On havaittu, että näin käsitelty, vettynyt siemen itää hieman nopeammin kuin varastokuivana kylvetty. Lopulliseen itämisprosenttiin tällainen lyhyt liotus ei kuitenkaan ole vaikuttanut. Joissakin järjestetyissä kokeissa liotus on alentanut sekä itämistä^{9,114} että taimettumista⁶⁹, joten sitä ei voi varauksetta suositella metsäkylvöihin käytännön menetelmäksi.

3.3 Alkuperän ja siemenluokan valinta

Metsälain säädösten mukaan metsänviljelyssä on käytettävä pinta-alayksikköä kohden riittävä määrä alkuperältään ja muiltakin ominaisuuksiltaan sopivaa metsänviljelyaineistoa.¹⁸⁵ Lisäksi on pohdittava, käytetäänkö jalostettua vai jalostamatonta siementä. Vastuu viljelypaikalle soveltuvan alkuperän valinnasta on lainsäädännön mukaan metsänomistajalla.

Alkuperäsäädöksen taustalla on puiden perinnöllinen sopeutuminen kasvupaikkansa ilmastoon: eteläsuomalaista männynsiementä ei voida ongelmitta käyttää pohjoisessa. Se on sopeutunut etelän pitkään kasvukauteen. Jos tällaista siementä kylvetään pohjoisessa, kaukana alkuperäiseltä syntypaikaltaan, taimet jatkavat kasvuaan syksyllä liian pitkään ja tuhoutuvat syyspakkasissa.

Pohjoinen siemen on puolestaan perinnöllisesti sopeutunut lyhyeen kasvukauteen. Jos sitä siirretään etelään, taimet lopettavat kasvunsa kesällä liian aikaisin. Tällöin osa kasvukaudesta jää ikään kuin ”käyttämättä”: taimet pysyvät elossa, mutta kasvu jää vähäiseksi.

Taloustmetsistä kerätyn männyn siemenen kotipaikka ilmaistaan lähtöisyysalueina, joita on männyllä kaksitoista (kuva 3.7).

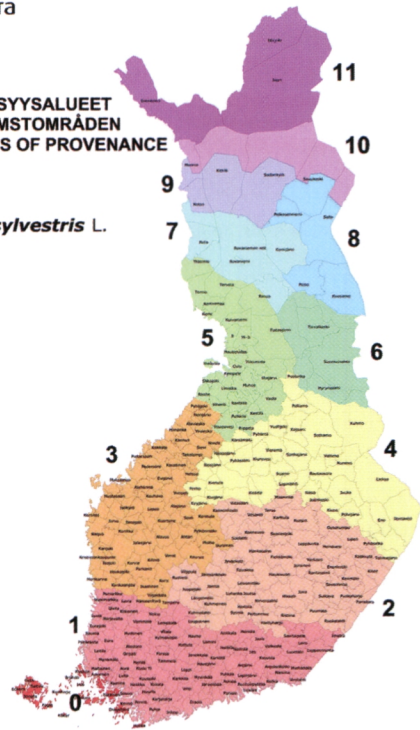
Siemenen lähtöisyysalueen ja siemenen käyttöalueen (metsänviljelypaikan), on ilmastollisesti vastattava toisiaan. Käytännössä vastaavuus arvioidaan terminen kasvukauden keskimääräiseen lämpösummaan perustuen. Se saadaan laskemalla yhteen kasvukauden aikana kunkin vuorokauden keskilämpötila miinus 5 °C (nk. kynnysarvo). Näin muodostuu kullekin kasvupaikalle summaluku, joka kuvaa alueen ilmastollista edullisuutta (kuva 3.8). Lämpösumman yksikkönä käytetään englanninkielestä muodostettua lyhennettä d.d. (degree day) tai suomeksi °Cvrk (astevuorokausi).

Terminen kasvukausi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila on viitenä peräkkäisenä vuorokautena vähintään +5 °C ja aukeat maastonkohdat vähemmän kuin puoliksi lumen peittämät. Vastaavasti terminen kasvukausi päättyy, kun vuorokauden keskilämpötila jää pysyvästi viiden asteen alapuolelle.

Tietyltä lähtöisyysalueelta kerätty siemen on paikallista tuolle alueelle ja sitä voidaan alueen sisällä rajoituksitta siirtää. Paikallisuus takaa sen, että siemenistä kehittyvät taimet sopeutuvat viljelypaikalle; itäminen, taimien kasvun alkaminen ja päättyminen sekä muut elintoiminnot ovat sopusoinnussa kasvupaikan ilmaston kanssa. Tällainen materiaali on viljelyvarmaa ja sietää kasvupaikan lämpöilmaston vuosivaihtelun.

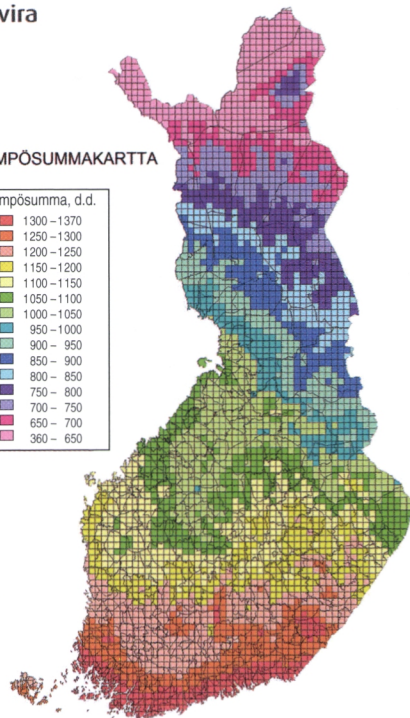
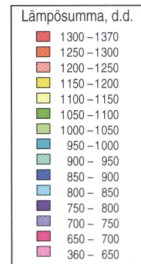
LÄHTÖISYYSALUEET
HÄRKOMSTOMRÅDEN
REGIONS OF PROVENANCE

Pinus sylvestris L.
mänty
tall



Kuva 3.7. Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran vahvistamat männyn lähtöisyysalueet.

LÄMPÖSUMMAKARTTA



Kuva 3.8. Kasvukauden keskimääräinen vuotuinen lämpösomma Suomessa kynnysarvolla + 5 °C (maaston korkeus otettu huomioon).

Aina ei paikallista viljelymateriaalia saada, vaan on käytettävä siementä esimerkiksi tiettyä lähtöisyysaluetta eteläisemmältä seudulta. Tällöin joudutaan arvioimaan kuinka laajalle ”paikallisuus” - käsite ulottuu. Metsiköiden sisäisen vaihtelun ja vuosien välisen ilmastovaihtelun perusteella on päätelty, että Suomen olosuhteissa ”paikallinen” on pohjois-eteläsuunnassa noin sata kilometriä ja itä-länsisuunnassa useita satoja kilometrejä. Kasvukauden lämpösummana ilmaistuna siementen kotipaikan lämpösumma saa poiketa korkeintaan 100 °C_{vrk} viljelypaikan keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta.⁸⁸

Edellä mainituista syistä metsäpuiden siemensierroja voidaan tehdä vain rajallisesti. Nyrkkisääntönä voidaan pitää männyllä noin sadan kilometrin siirtoja pohjois-eteläsuunnassa. Itä-länsi suuntaisista siirroista on vähemmän kokemusta; yleisesti pyritään välttämään pitkiä siirtoja myös tässä suunnassa. Viljelypaikan korkeus merenpinnasta vaikuttaa siten, että 100 metrin korkeuden nousua vastaa 100 kilometrin siirtyminen pohjoiseen.

Korkealaatuista, jalostettua siementä tuotetaan metsäpuiden siemenviljelyksillä. Siemenviljelyksissä kasvavat puut ovat kasvu- ja laatuominaisuuksiltaan keskimääräistä parempien puuyksilöiden oksavartteita. Ne tuottavat jalostettua siementä, jonka käyttöalueet määrittellään siemenviljelyksen maantieteellisen sijainnin sekä vartteiden alkuperän perusteella (kuva 3.9). Käyttöalueet vahvistaa Evira, ja yhtäläiset siirtosäännöt pätevät sekä siemenviljelys- että metsikkösiemenelle. Siementen myyjä ilmoittaa käyttöalueen lämpösummarajat siemenpakkauksen etiketissä.

Alkuperävalinnan lisäksi viljelymateriaalia valittaessa on tarkasteltava siemenluokkia, eli kylvösiemenen jalostusastetta.

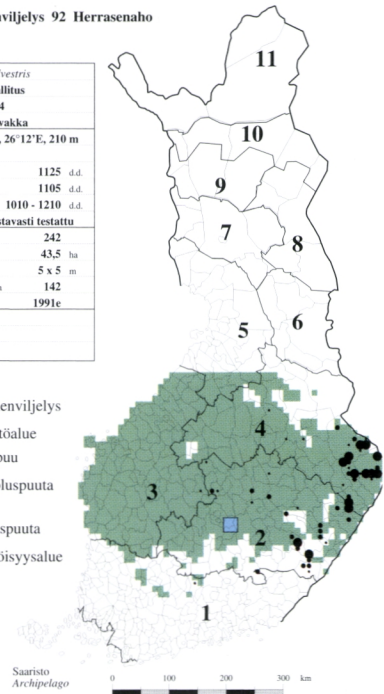
Metsäkylvöön on Etelä- ja Keski-Suomessa tarjolla neljän eri siemenluokan männyn siemeniä: *siemenlähde tunnettu, valikoitu, alustavasti testattu* ja *testattu*. Kahden ensinmainitun luokan siemenet on kerätty talousmetsistä ja ne ovat jalostamatonta materiaalia. Kaksi viimeksimainittua on tuotettu siemenviljelyksillä, ja ne ovat tietyin varauksin valikoitujen emopuiden risteyminä syntyneitä (taulukko 3.1). Ne ovat jalostettua materiaalia ja niillä perustetuilta metsiköiltä voidaan odottaa keskimääräistä parempaa laatua ja kasvua.

Käyttämällä männyn alustavasti testattua siemenviljelyssiementä voidaan Etelä-Suomessa saada tilavuuskasvussa 15–20 % lisäys verrattuna metsikkösiemenen ja pituuskasvussa 5–15 % lisäys. Siemenviljelyssiemenistä kasvatetun puuston laatu, (muun muassa suhteellisen oksanpaksuuden ja oksakulman perusteella), on parempi kuin vastaavan metsikkösiemenestä kasvatetun puuston. Nämä arviot perustuvat toistaiseksi 15–30-vuotiaissa kenttäkokeissa tehtyihin mittauksiin ja havaintoihin.¹²⁶

Siemenviljelys 92 Herrasenaho

Puulaji:	<i>Pinus sylvestris</i>
Omistaja:	Metsähallitus
Perustamisvuosi:	1964
Sijaintikunta:	Toivakka
Sijainti:	62°04'N, 26°12'E, 210 m
Lämpösummat:	
Siemenviljelys	1125 d.d.
Alkuperien ka.	1105 d.d.
Käyttöalue	1010 - 1210 d.d.
Aineiston luokka:	alustavasti testattu
Kloneja:	kpl 242
Pinta-ala:	43,5 ha
Intaaväli:	5 x 5 m
Täheys:	vartetta / ha 142
Harvennusaika:	1991e
Lisätietoja:	

- Siemenviljelys
 - Käyttöalue
 - Pluspuu
 - 2-5 pluspuuta
 - Yli 5 pluspuuta
- 1-11 Lähtöisyysalue



Kuva 3.9. Esimerkki männyn siemenviljelyksen (92 Herrasenaho) sijainnista ja siihen vartettujen pluspuiden alkupe-
räisistä kasvupaikoista sekä viljelyksellä
tuotetun siemenen käyttöalueesta.¹²⁷

Taulukko 3.1. Metsänviljelyaineiston kauppalain mukaiset siemenluokat sekä siemenen
hankinta ja käyttö.

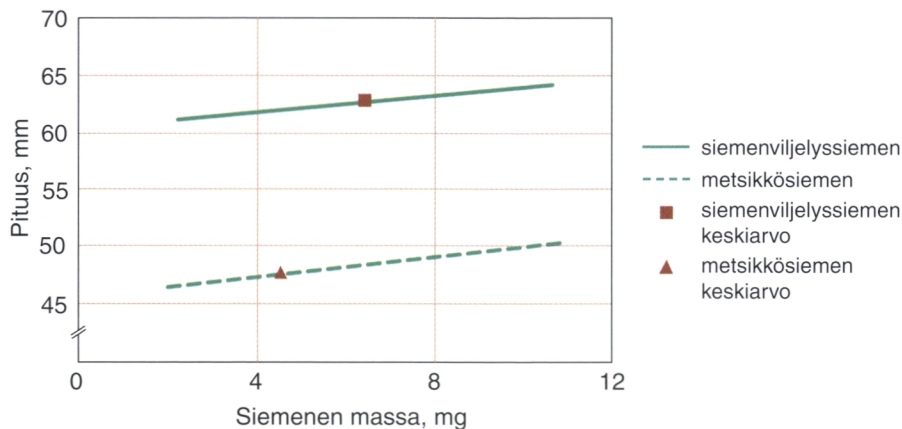
Siemenluokka	Siemenen hankinta, tuotanto ja aineiston käyttöalue
Siemenlähde tunnettu	Siemen hankitaan aluekeräyksiin tai hakkuukeräyksiin; keräyspaikan maantieteellinen sijainti ja korkeusasema tunnetaan. Siemenen käyttöalue ± 100 °Cvrk keräyspaikan keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta.
Valikoitu	Siemen hankitaan rekisteröidyistä siemenkeräysmetsiköistä, joissa hyvälaatuiset valtapuut merkitty keräyspuiksi. Siemenen käyttöalue ± 100 °Cvrk keräyspaikan keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta.
Alustavasti testattu	Siemen tuotetaan rekisteröidyiltä siemenviljelyksiltä tai tiettyjen emopuiden valvotuista risteytyksistä. Evira vahvistaa siementen käyttöalueen.
Testattu	Siemen hankitaan metsiköistä, tai tuotetaan siemenviljelyksillä tai emopuiden valvotuissa risteytyksissä. Jälkeläistön paremmuus jalostamattomaan aineistoon verrattuna osoitettu vertailukokeilla tai emopuiden jalostusarvon perusteella. Siementen käyttöalueet perustuvat joko keräyspaikan keskimääräiseen vuotuisen lämpösummaan (testattu metsikkösiemen) tai ovat Eviran vahvistamia (testattu siemenviljelyssiemen).

Pohjois-Suomessa siemenluokkien valikoima on suppeampi, koska siemenviljelyssiementä saadaan sinne rajoitetummin kuin Etelä-Suomeen. Tilanne paranee, kun uusimmat siemenviljelykset alkavat tuottaa siementä. Pohjoisimmilla lähtöisyysalueilla metsät uudistetaan tulevaisuudessakin paikallisella metsikkösiemenellä.

Riippumatta siitä, onko kyse metsikkö- tai siemenviljelyssiemenestä, myytävien siemenerien aitous vahvistetaan kantatodistuksella. Kasvintuotannon tarkastuskeskus Evira rekisteröi perusaineistot (metsiköt, siemenlähteet ja siemenviljelykset) joista siementä kerätään ja myöntää niille kantatodistuksen, jonka perusteella siemenerät tunnustetaan ja niiden alkuperä varmistetaan.

Jalostettu siemenviljelyssiemen taimettuu maastossa tutkimusten mukaan paremmin kuin jalostamaton metsikkösiemenen. Osaksi tämä johtuu siemenviljelyssiemenen suuremmasta massasta ja sen myötä suuremmasta vararavitomäärästä, osaksi jalostetusta siemenestä syntyvien taimien keskimääräistä paremmista kasvuominaisuuksista (kuva 3.10). Jotta päästään 5 000 taimen hehtaarihiheyteen neljän vuoden kuluttua kylvöstä, riittää ruotsalaistutkimusten mukaan konekylvössä noin 40 000 itävää siemenviljelyssiementä hehtaarille; metsikkösiementä kuluu 60 000 kappaletta hehtaarille.¹⁸⁹ Kun metsikkösiemen on siemenviljelyssiementä kevyempää, siementä kuluu kummassakin tapauksessa noin 270–280 g/ha.

Siemenviljelys- ja metsikkösiementä voidaan kylvää myös sekoituksena. Kokeissa, joissa molempien siemenluokkien männyn siementä (1:1 sekoituksena) kylvettiin samaan laikkuun, siemenviljelyssiemenistä kehittyneet taimet olivat kookkaampia (pituusero + 22 %) kuin metsikkösiemenistä kehittyneet. Viiden



Kuva 3.10. Männyn siemenviljelys- ja metsikkösiemenen massan vaikutus syntyvien taimien pituuteen kolmen vuoden kuluttua kylvöstä Pohjois-Ruotsin olosuhteissa.^{187,190}

vuoden iällä tehdyn, pituuteen perustuvan valintaharvennuksen jälkeen 79 % laikkuun kasvamaan jätetyistä taimista oli siemenviljelyssiemenestä kehittyneitä.¹⁹⁰

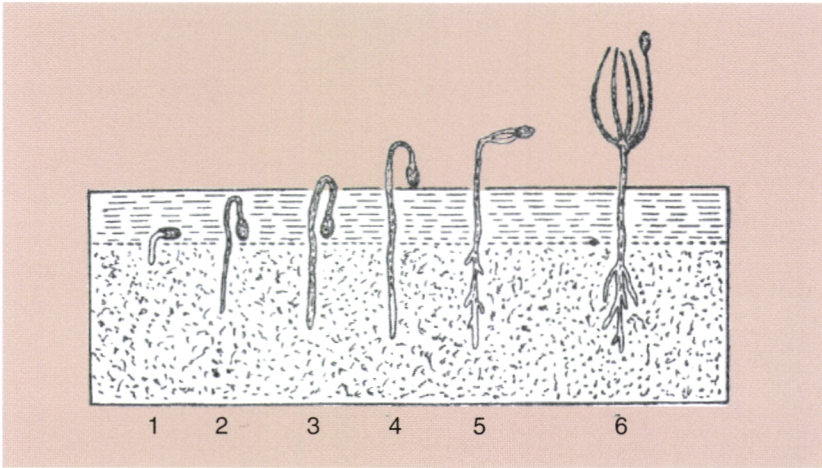
3.4 Itäminen metsämaassa

Itäminen on monivaiheinen tapahtuma, jonka kuluessa lepotilassa olevasta, kuivasta siemenestä kehitty yhteyttävä, omavarainen taimi. Siemen tarvitsee vettä, happea ja sopivan lämpötilan, jotta itäminen käynnistyy.

Metsäpuiden siemenet kylvetään yleensä varastokuivina, jolloin niiden vesipitoisuus on keskimäärin 5–6 painoprosenttia. Itäminen alkaa siemenen vettymisellä. Vesi toimii liuottimena, jonka avulla vararavintoa hajottavat entsyymit toimivat ja liukoiseen muotoon pilkkoutuvat ravintoaineet kulkeutuvat kasvaan alkioon. Jos maassa on kasveille käyttökelpoista vettä ja haihdunta vähäistä, varastokuiviin siemeniin imeytyy runsaassa vuorokaudessa itämiseen tarvittava vesimäärä. Samalla siemen turpoaa ja alkiossa käynnistyvät itämiseen johtavat tapahtumat. Itämisen edistyessä siemenkuori aukeaa ja sirkkajuuri kasvaa ulos siemenestä. Tällöin siementen vesipitoisuus on 30–35 prosenttia.¹³² Käytännössä männyn siemen itää maasto-olosuhteissa 2–3 viikon kuluessa kylvöstä, jos vesi- ja lämpöolot ovat suotuisat.

Männyllä sirkkajuuri tunkeutuu itämisen alkuvaiheessa maahan ja kiinnittyy siihen. Sirkkavarsi pitenee sirkkalehtien alapuolelta ja nostaa ne ylös maasta. Sirkkalehdet vihertyvät ja toimivat ensimmäisinä yhteyttävinä lehtinä. Sirkkasilmu jatkaa vasta tämän vaiheen jälkeen uuden verson kasvattamista. Itämisen edistyessä sirkkavarsi oikenee ja kohottaa varavinnosta tyhjentyneen siemenkuoren sirkkalehtien kärjessä maasta ylös (kuva 3.11). Kun sirkkalehdet ja sirkkasilmu ovat näkyvissä, taimi on orastunut (ks. liite 2).

Eri vesipitoisuuksissa tehdyissä koeidätyksissä männyn siemenet itivät nopeasti ja täydellisesti noin kahdessa viikossa, kun itämisalustan (pääosin humusta) vesipitoisuus oli 35 tilavuusprosenttia ja lämpötila + 20 °C. Kuivassa maassa (20 % vesipitoisuus) itäminen oli hidasta ja epätäydellistä, mutta siemenet säilyttivät itämiskykynsä ja itivät, kun vesipitoisuutta kohotettiin. Veden kylälämässä maassa (70 % vesipitoisuus) noin kolmannes siemenistä ei itänyt lainkaan.¹¹⁹ Liian märissä olosuhteissa siemenet kärsivät hapen puutteesta ja tuhoutuivat kahdeksankymmentä vuorokautta kestäneen kokeen aikana (kuva 3.12). Lämpötilan nousuun +10 ja +15 °C:sta +20 °C:een siemenet reagoivat vain kuivimmassa käsittelyssä.

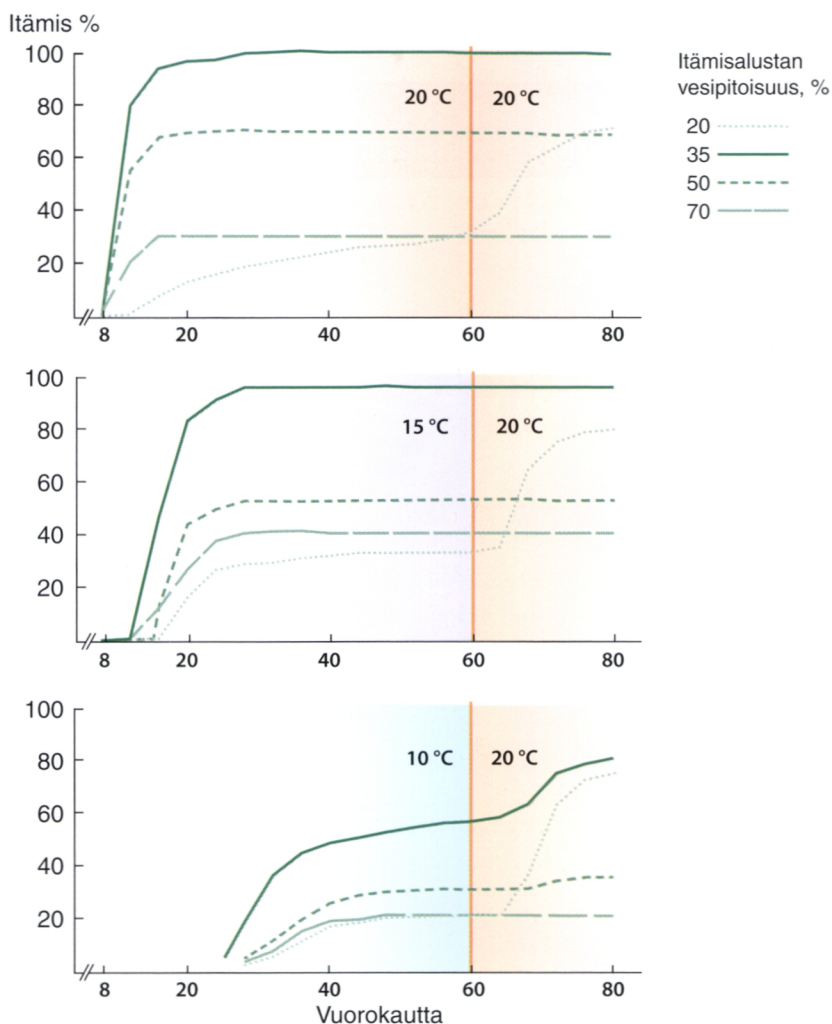


Kuva 3.11. Männyn siemenen itämisvaiheet metsämaassa. Siemen on itänyt, kun sirkkajuuri on neljä kertaa siemenkuoren pituinen (2). Taimi on orastunut, kun sirkkalehdet ja sirkkasilmu ovat näkyvissä (6).¹²⁰

Solukkojen kasvuun ja uusien solurakenteiden muodostumiseen kuluu energiaa. Sitä vapautuu siemenen varastoaineista soluhengityksessä. Itämisen yhtenä perusedellytyksenä onkin riittävä *hapen saanti* hengitykseen, kun siemen on kostunut ja turvonnut. Havupuun siementen hapenkulutus on suurta erityisesti itämisen alkuvaiheessa, kun siemenkuori aukeaa ja sirkkajuuri työntyy ulos siemenestä. Juurten normaalin kehityksen kannalta maan happipitoisuuden minimiarvona on pidetty noin kymmenen tilavuusprosenttia. Laboratorionkokeessa kuusen siementen itäminen heikkeni selvästi, kun itämisympäristön happipitoisuus oli kahdeksan tilavuusprosenttia ja pysähtyi kokonaan hapettomissa olosuhteissa.⁶⁰

Aidossa itämisympäristössä, metsämaassa, siementen hapenkulutusta ei vielä ole pystytty mittaamaan. Epäsuorasti on päätelty, että tiivissä, vesipitoisessa alustassa siemenet voivat kärsiä hapen puutteesta, mikä näkyy itämisen hidastumisena. Yleisesti maan ilmatilassa on juurten ja mikrobiston elintoimintojen vuoksi vähemmän happea ja enemmän hiilidioksidia kuin ilmassa. Happivarat kuluvat nopeasti loppuun, jos maan ilmanvaihto estyy tiiviin rakenteen tai liiallisen veden vuoksi.⁴⁴

Maan rakenne, vesiolosuhteet ja haihtuminen säätelevät siementen vettymistä ja itämistä. Ruotsin maatalouskorkeakoulussa tehdyissä kokeissa havainnollistettiin näiden tekijöiden vaikutuksia idättämällä männyn siemeniä märässä ja kuivassa humusalustassa, hiekassa ja hiesussa.¹³⁷ Itämisalustasta ja siemenistä tapahtuvaa haihtumista säädeltiin muuttamalla alustan yläpuolella olevan il-



Kuva 3.12. Männyn siemenen itäminen ajan suhteen humusalustassa +10, +15 ja +20 °C:een lämpötilassa ja vesipitoisuuden tasoilla 20, 35, 50 ja 70 tilavuusprosenttia. Kuudenkymmenen vuorokauden jälkeen lämpötila nostettiin +20 °C:een ja kuivimman käsittelyn vesipitoisuus tasolle 35 %.¹¹⁹

man suhteellista kosteutta ja idättämällä siemenet joko alustan pinnalla tai peitettynä. Tulosten mukaan märässä maassa, ilman ollessa kosteaa, siemenet itävät hyvin ilman peittoa. Näissä olosuhteissa peittäminen itse asiassa hidastaa itämistä. Ilmiö on sitä selvempi, mitä tiiviimmästä kasvualustasta on kyse.

Siementen peittäminen on hyödyllistä silloin, kun maa on märkä, mutta haihtuminen voimakasta. Kuivissa olosuhteissa korostuu maan rakenteen vaikutus: itäminen etenee joutuisasti tiiviissä maassa, missä kapillaarivettä johtuu sieme-

niin. Karkeimmissa alustoissa (humus, hiekka) johtuminen on heikompaa, mikä näkyy itämisen hitautena. Peittäminen edistää tässäkin tapauksessa itämistä ja suhteellisesti eniten karkealla hiekka- ja humusalustalla (taulukko 3.2).

Tulokset osoittavat, että maassa oleva kosteus ei sellaisenaan takaa itämisen onnistumista, jos vettä samaan aikaan pääsee esteettä haihtumaan siemenestä. Tällöin vesi oikeastaan vain kulkeutuu siemenen kautta maasta ilmaan.

Kostuneessa siemenessä vararavintoa hajottavien entsyymien aktiivisuus, soluhengitys ja useat muut elintoiminnat riippuvat lämpötilasta. Männyllä itämisen optimilämpötila on noin + 20 °C; tässä lämpötilassa mänty itää lähes täydellisesti noin kahdessa viikossa. Yli +25 °C:een lämpötilassa itäminen hidastuu (kuva 3.13).

Laboratoriokokeissa männyn siemen itää jopa +2...+4 °C:een lämpötilassa¹¹³, mutta itäminen alkaa vasta noin kahden kuukauden kuluttua kylvöstä ja kestää seitsemästä kahdeksaan kuukautta ennen kuin kaikki siemenet ovat itäneet (kuva 3.14).

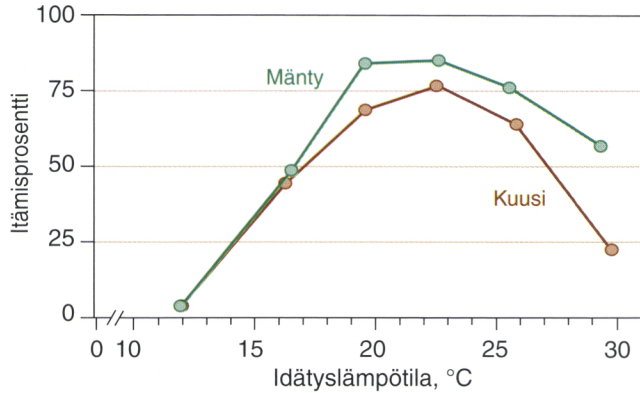
Edellisten lisäksi on koko joukko muita fysikaalis-kemiallisia tekijöitä, jotka säätelevät itämistä metsämaassa. Männyn ja kuusen siementen erot näkyvät ”ekogrammeissa”, joilla on havainnollistettu edullisinta itämisympäristöä kummallekin puulajille²⁰⁵ (kuva 3.15).

Metsämaassa kaikki em. ympäristötekijät vaihtelevat ja ovat keskenään vuorovaikutuksessa. Itämistä voi rajoittaa milloin kuivuus tai alhainen lämpötila, milloin taas liika kosteus, vähähappisuus jne.

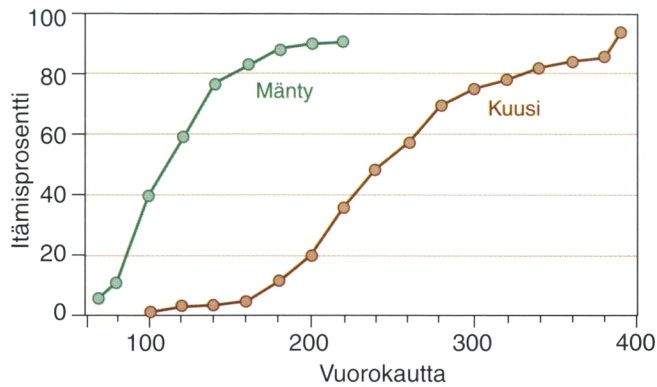
Taulukko 3.2. Männyn siementen itäminen (14 vrk kylvöstä, +20 °C) erilaisilla itämisalustoilla ilman suhteellisen kosteuden ja maan vesipitoisuuden eri tasoilla. Siemenet kylvetty alustan pintaan tai peitetty 2/3 alustan sisään.¹³⁷

	Kosteaa ilma, märkä maa		Kuiva ilma, märkä maa		Kuiva ilma, kuiva maa	
	pinta	peitto	pinta	peitto	pinta	peitto
	itäminen, %					
Humusalusta	90	78	17	69	27	72
Hiekka	90	76	15	68	3	33
Hiesu	90	50	72	67	73	84

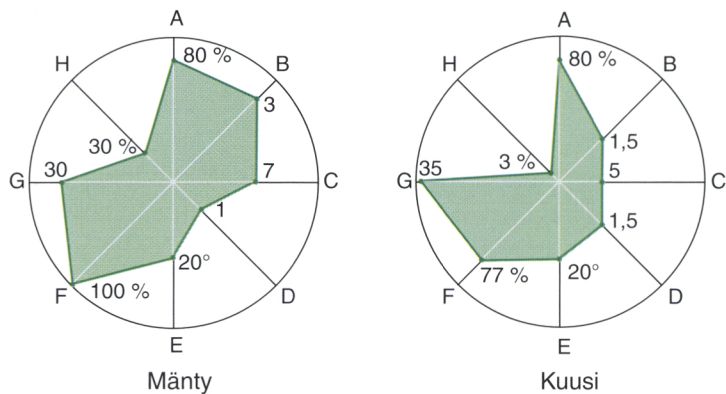
Kontrollin itävyys: 94 %



Kuva 3.13. Männyn ja kuusen siemenen laboratorioitävyyden 14 vrk:n kuluttua kylvöstä eri lämpötiloissa.¹³¹



Kuva 3.14. Männyn ja kuusen siementen itäminen +2...+4 °C:een lämpötilassa laboratorio-olosuhteissa.¹¹²



Kuva 3.15. Männyn ja kuusen siementen luontaista itämisympäristöä kuvaavia "ekogrammeja". A = maan kosteus prosentteina täydestä vesikapasiteetista; B = itämisalustan tuhkapitoisuus kg/m²; C = maan optimi pH-arvo; D = optimaalinen humuskerroksen paksuus, cm; E = itämisen optimilämpötila; F = selviytyminen hallasta (eloonjäämisprosentti) sirkkaimivaiheessa; G = siementen elinkyvyn säilyminen (vrk) hapettomissa olosuhteissa; H = selviytyminen kuivuudesta (eloonjäämisprosentti) sirkkaimivaiheessa.²⁰⁵

4 Kylvökohteet ja -menetelmät

4.1 Kasvupaikat ja maaperä

Maaperältään kylvökohteiksi soveltuvia kasvupaikkoja on sekä kangas- että turvemaiilla. Ensisijaisia männyn kylvökohteita ovat kuivahkot (puolukkatyyppin ryhmä) ja kuivat (kanervatyyppin ryhmä) kankaat. Ne ovat luontaisia männyn kasvupaikkoja, joilla pintakasvillisuutta on niukasti eikä se haittaa kylvötaimien kehitystä. Myös sellaiset vähäravinteiset tuoreet kankaat (muskattatyyppin ryhmä), joiden maaperä on karkeata ja vedenläpäisevyys hyvä, sopivat kylvökohteiksi.⁵⁴

Turvekankailla mäntyä voidaan kylvää ravinteisuudeltaan kuivahkoja ja kuivia kankaita vastaavilla kasvupaikoilla, varpu- ja puolukkaturvekankailla. Näillä kohteilla pintakasvillisuus ei välittömästi viljelyn jälkeen uhkaa kehittyviä kylvötaimia. Sekä kangasmaiden kasvupaikkatyyppien että turvekangastyyppien tunnistamiseen löytyy koko joukko opaskirjoja.^{46,94,105}

Kasvupaikkatyyppi ei sellaisenaan kuvaa riittävän hyvin uudistumisolosuhteita. Kylvöä suunniteltaessa on ”mentävä pintaa syvemmälle” ja tutkittava maaperän ominaisuuksia. Monet kylvön onnistumisen kannalta tärkeät tunnuksot – maaperän vedenläpäisevyys, ilmavuus, routiminen, ravinteiden saatavuus ja pintakasvillisuuden kilpailu – riippuvat maalajista. Käytännössä nuo ominaisuudet ovat sidoksissa maalajiin, tarkemmin sanottuna maaperän keskimääräiseen raekokoon, joka onkin tärkeä metsätyyppin lisämääre.¹²⁵

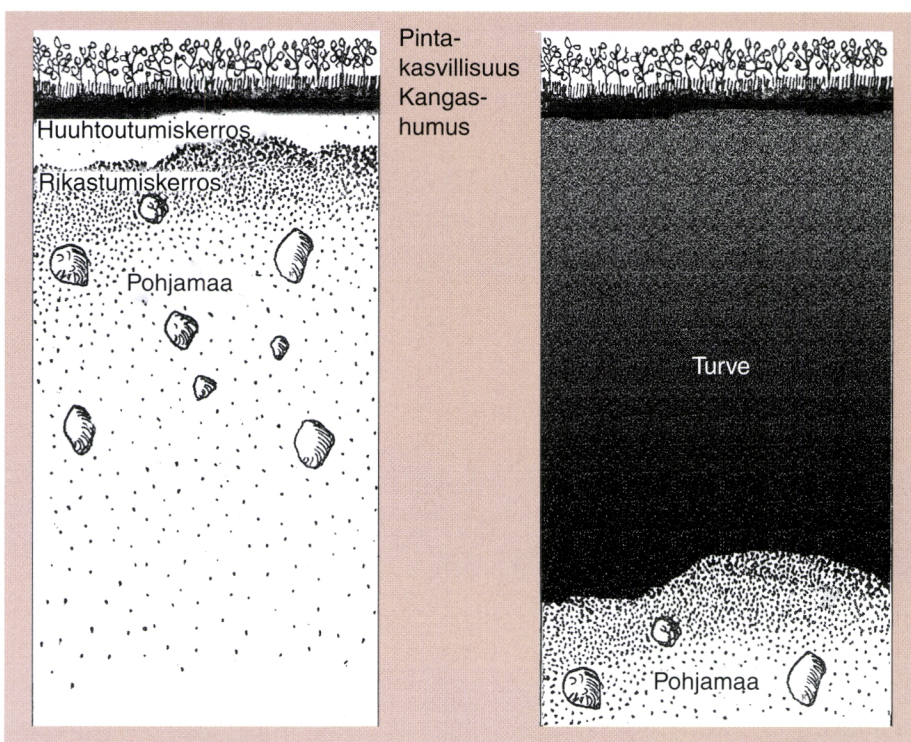
Kangasmailla maaperän pintaosat muodostavat podsolimaannoksen. Tällainen maannostyyppi muodostuu humidisessa ilmastossa, kun vuotuinen sademäärä on suurempi kuin haihdunta. Veden liikkeessa maaperässä ylhäältä alaspäin se kuljettaa mukanaan aineksia, joita pidättyy syvemmälle maassa. Vesi ja siihen liuenneet happamat ainekset aiheuttavat maaprofiilissa rapautumista ja kemiallisia muutoksia. Maaperään kehittyy enemmän tai vähemmän kerrosellinen rakenne, jossa päällimmäisenä on maatuvasta karikkeesta muodostunut kangashumuskerros, ja sen alla varsinaiset kivennäismaakerrokset: vaalea huuhtoutumiskerros ja punertava rikastumiskerros sekä alimpana muuttumaton pohjamaa. Kerrosten paksuudet vaihtelevat ilmasto- ja maaperätekijöistä riippuen.

Turvekankailla kasvualusta muodostuu enemmän tai vähemmän maatuneesta turpeesta ja sen päälle kerrostuneesta puuston ja pintakasvillisuuden karikkeesta, raakahumuksesta. Turpeen ravinteisuus, rakenne ja maatuneisuus

riippuvat suon aiemmasta kasvillisuudesta ja toisaalta ojituksen aiheuttamasta tiivistymisestä. Mitä syvemmälle turpeessa mennään, sitä maatumeneempaa se on. Turpeen rakenneominaisuudet vaikuttavat sen lämpö-, vesi-, happi- ja ravinnetalouteen ja tekevät siitä monessa suhteessa erilaisen itämislustan kivennäismaihin verrattuna. Raakahumuskerroksen ja varsinaisen turpeen raja ei soilla ja turvekankailla ole yhtä selvä kuin kangashumuksen ja kivennäismaan raja kangasmailla (kuva 4.1).

Metsäkylvön ja siementen itämisen kannalta tärkeä tekijä on maaperän kyky pidättää ja johtaa vettä. Maaveden lähteenä on sade eri muodoissaan, mutta myös kasteen kertymisellä on vähäinen osuus maan pinnalle tulevan veden määrästä. Sadevedestä osa haihtuu tai kulkeutuu pois pintavetenä, osa tunkeutuu maapeitteen läpi muodostaen lopulta pohjavettä.

Maavesi on maapinnan ja pohjavesipinnan välillä osittain sitoutuneena ja osittain vapaana vajovetenä esiintyvää vettä. Kapillaarivesi on maaperän pienhuo-



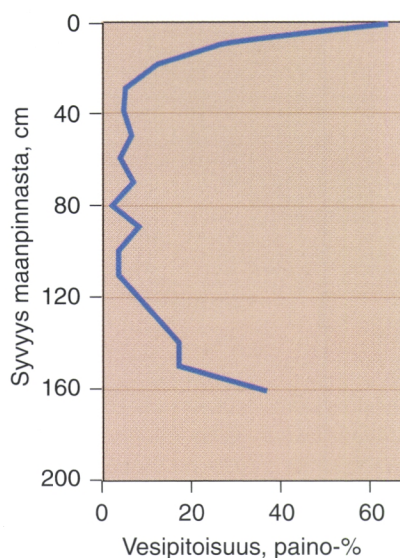
Kuva 4.1. Esimerkki kivennäis- ja turvemaan pintaosien rakenteesta. Kylvökohtaa valmistettaessa poistetaan molemmissa tapauksissa pintakasvillisuus- ja kangashumuskerros. Kivennäismaalla kylvökohta muodostuu pintamaasta, jonka päälle voi jäädä ohut kerros maatumutta humusta. Turvekankaalla kylvökohta koostuu enemmän tai vähemmän maatumeneesta turpeesta. Jos turvekerros on ohut ja muokataan mätästäen, kylvökohtaan sekoittuu kivennäismaata pohjamaasta. Osin Kalelan⁶² mukaan.

kosiin sitoutunutta vettä. Se muodostaa varaston, josta itävät siemenet ja sirkkataimet saavat vettä poutakausina. Ruotsalaisissa tutkimuksissa on korostettu erityisesti männyn siemenen itämisen riippuvuutta kapillaarivedestä.^{197,198} Koikeissa, joissa männyn siemeniä on kylvetty alustoille, joiden kapillaariyhteydet maaveteen on katkaistu, itäminen ja taimettuminen on ollut heikkoa.

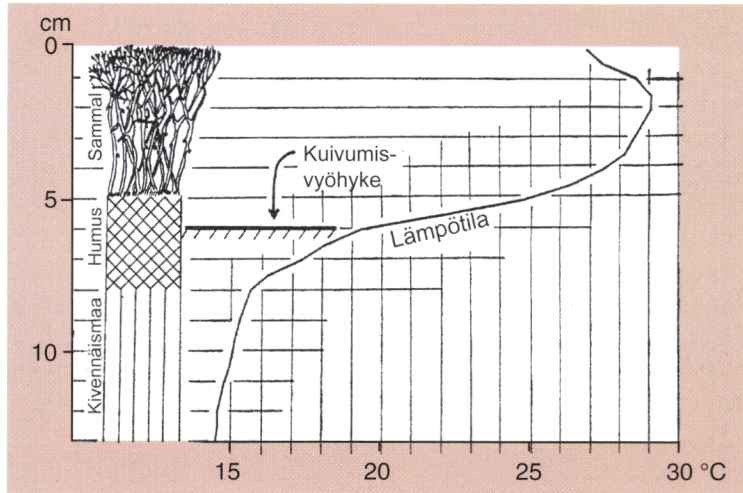
Metsäpuiden siementen itämiskohta on tavallisesti maan pintakerros humuksen ja kivennäismaan rajassa. Siinä alemmista maakerroksista johtuva kapillaarivesi kohtaa huokoisen, orgaanisen kerroksen, joka hidastaa veden haihtumista. Pintakerroksessa kivennäismaahan sekoittunut humus lisää vedenpidätyskykyä.² Kangasmaaprofiiliin muodostuukin välittömästi humuskerroksen alle korkean vesipitoisuuden vyöhyke (kuva 4.2).

Kosteutta kivennäismaan pintakerroksessa pitää yllä myös lämpötilaero huokoisen kasvillisuus- ja kangashumuskerroksen ja kivennäismaapinnan välillä (kuva 4.3). Kangashumus- ja kasvillisuuskerrosta voi verrata mattoon, jonka alle kivennäismaan tai maatuneen turpeen pintaan tiivistyy vettä. Kosteana säilyvä humus olisi hyvä itämialusta. Käytännössä kuitenkin hyvin harvoin vallitsevat sellaiset sääolot, että humuspinta pysyy tasaisen kosteana niin kauan, että itäminen ehtii tapahtua.² Poikkeuksia ovat soistuvat kangasmaapainanteet, missä paksukin humuskerros voi sellaisenaan olla hyvä itämis- ja taimettumisalusta.^{50,81}

Yleistäen voidaan sanoa, että kangasmailla hienoja lajitteita sisältävät maat pitävät itämiseen tarvittavaa vettä paremmin kuin karkeat maat. Hienolajittei-



Kuva 4.2. Vesipitoisuuden vaihtelu koskemattomassa kivennäismaassa (painoprosentteina) siirryttäessä pintakerroksesta alaspäin. Havainnot tehty kuivahkon kannaan hiekkamaassa, Röskärin tutkimusalueella Ruotsissa.¹⁷⁷



Kuva 4.3. Muokkaamattoman metsämaan kasvillisuus- ja humuskerrokseen muodostuu kuivumisvyöhyke, joka vähentää haihtumista alemmista kerroksista. Vyöhykkeen alaosaan kondensoituu vettä lämpötilan alentuessa. Huomaa lämpötilan viiden asteen muutos yhden senttimetrin matkalla.¹³

sisä maissa vesi pidättyy huokosiin ja liikkuu kapillaarisesti alemmista maakerroksista ylöspäin, karkeissa maissa se suotautuu painovoiman vaikutuksesta pohjaveteen. Kivennäismaahan sekoittunut tai sekoitettu orgaaninen aine lisää maan vedenpidätyskykyä, mutta voi myös hidastaa maan kostumista.

Metsänuudistamisen kannalta riittää, kun kivennäismaat jaetaan kolmeen maalajiryhmään: hienot, keskikarkeat ja karkeat.¹¹¹ Hienot maat ovat metsämaita, joiden keskimääräinen raekoko eli vallitseva lajite on savi, hiesu tai hieno hiehta. Tällaiset maat ovat tiiviitä ja korkean vesipitoisuutensa takia routivia. Sirkkataimia uhkaa näillä kohteilla pintarouta eli rouste, joka liikuttaa maan pintakerroksia ja estää taimien kunnollisen juurtumisen.

Kylvön kannalta edullisiksi kohteiksi ovat kivennäismailla osoittautuneet karkeat ja keskikarkeat kankaat, joilla vallitsevina maalajeina ovat karkea hiehta ja hieno hiehta. Hiekan ja karkean hiehdan rakeet erottuvat vielä paljain silmin; hieno hiehta tuntuu karkeana sormenpäissä, mutta ei erotu paljain silmin.

Karkeat sora- ja hiekkamaat ovat poudanarkoja. Ne läpäisevät helposti vettä ja haihtuminen niistä on voimakasta. Niillä itämistä ja sirkkataimien kehitystä haittaa ennen kaikkea kuivuus. Aukeilla uudistusaloilla tuuli kuivattaa paljastetun maan pintakerrokset sitä nopeammin mitä karkeammasta maalajista on kyse. Aaltosen² mukaan tällaisilla mailla maaperän kosteus on pyrittävä kaikin keinoin säilyttämään.

Kangasmailla maalaji määritetään ottamalla maasta näyte lapiolla tai maakairalla noin 10–30 cm:n syvyydestä, jotta pintamaan orgaaninen aines ei vaikuta tulokseen. Maalaji tunnistetaan silmävaraisesti tarkastelemalla yksittäisten rakeiden erottumista tai tekemällä ns. rullaustesti. Määritysmenetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemassa Metsämaan muokkausoppaassa.¹¹¹

Turvemaat

Luonnontilaisina suot taimettuvat yleensä hyvin, koska rahkasammalkasvutot, korkealla oleva pohjavesi ja kostea pintaturve takaavat siemenille riittävän vedensaannin.^{71,157,158}

Soiden ojituksen seurauksena kehittyneillä turvekankailla maan pintaosien rakenne poikkeaa luonnontilaisista soista. Jos ojitus on ollut tehoton tai siitä on vähän aikaa, pintakasvillisuus koostuu suokasveista, erityisesti rahkasammalista, joiden alla alkaa turve. Suon kuivuessa rahkasammalet alkavat väistyä kangaskasvillisuuden tieltä ja turpeen päälle kerrostuu heikosti maatonutuiden ja pintakasvillisuuden kariketta. Raakahumuskerros katkaisee veden kapillaarisen nousun maan pintaosiin ja siementen käyttöön.^{148,155,156}

Metsäojitetuilla soilla veden kapillaarinen nousukorkeus on turvelajista ja turpeen tiheydestä riippuen 40–70 cm. Jos pohjaveden pinnan taso on tätä syvemmällä, ei tasapainokosteus enää vallitse lähellä suon pintaa, koska haihtuvan veden tilalle ei nouse syvemmältä vettä riittävän nopeasti. Pintaturve saattaa tällöin olla poutajakson aikana hyvin kuivaa ja siten huono itämialusta.¹⁴⁸

Vanhoilla ojitusalueilla pintakasvillisuutta leimaa mosaiikkimainen rakenne, jossa vuorottelevat kosteat rahkasammalpinnot ja toisaalta herkästi kuivuvat raakahumuskerrokset. Tyypillistä on, että sopivalla pohjaveden pinnan tasolla männyn siemen itää rahkasammalkasvustoissa, mutta ei raakahumuskerroksessa. Rahkasammalpinnoille syntyy enemmän sirkkataimia kuin kangasmaiden sammalpinnoille, mutta niillä on todettu olevan vähemmän vakiintuneita taimia.¹⁵⁵

4.2 Puuston käsittely

Kylvöä edeltää yleensä puuston avohakkuu. Hakkuun jälkeen olosuhteet ovat edulliset siementen itämiselle ja uusien taimien syntymiselle. Tulosäteilyn määrä kasvaa, jolloin maan pinta ja alimmat ilmakerrokset lämpiävät. Kasvu-alustan vesipitoisuus kohoaa, kun haihduttavaa puustoa ei ole ja sadanta pääsee

suoraan maan pintakerrokseen. Kosteus, lämpö ja säteilyn voimistuminen edistävät siementen itämistä ja taimien alkukehitystä. Toisaalta haihdunta maasta kasvaa kohonneen lämpötilan ja lisääntyneen tuulen nopeuden vuoksi. Pohjavesipinnan kohoaminen saattaa tiivillä mailla johtaa soistumiseen ja vähentää maan tuulettumista. Heikko ilmanvaihto kasvualustassa rajoittaa taimien juuriston kehitystä ja heikentää maan taimettumiskuntoa.

Myös mäntysiemenpuuston alle voidaan kylvää, jos emopuissa on niukasti käpyjä tai niiden siementen tuleentuminen on epävarmaa. Parhaassa tapauksessa siemenpuusto lisää uudistusosalalle tulevaa siemenmäärää merkittävästi. Arviot vaihtelevat siemenpuiden määrän ja hakkuusta kuluneen ajan mukaan. Heikinheimo ilmoittaa keskimääräiseksi siemensadoksi 30–50 kpl/m², mikä vastaa noin 1–1,5 kg siementä/ha.³⁶ Samaa suuruusluokkaa olevia satoja on mitattu männyn siemenpuualoilla 5–6 vuoden kuluttua hakkuusta.⁷⁶ Ongelmana on, että runsaimmat siemensadot uudistusosalalle saadaan vasta 3–5 vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta, kun emopuiden latvukset ovat vahvistuneet lisääntyneen kasvutilan myötä.⁶⁵ Muokattu maa on tällöin jo tekeytynyt, eikä ole enää niin taimettumisherkkä kuin tuoreena.

Latvuston alla kylvötaimet kehittyvät hitaammin kuin avohakkuualalla, koska päällyspuusto kilpailee taimien kanssa vedestä, valosta ja ravinteista.

Siemenpuut haittaavat kehittyvää taimikkoa sitä enemmän mitä runsaammin niitä on ja mitä kauemmin niitä seisotetaan uudistusosalalla.⁹⁰ Emopuuston haitallinen vaikutus voi näkyä taimien kehityksessä jo sirkkataimivaiheessa: männyn sirkkataimien kuivumisvaurioita oli tiheähköissä metsiköissä runsaammin kuin harvapuustoisella siemenpuualalla.¹⁰¹ Hyvänä puolena on varjostus, joka tasoittaa maanpinnan lämpöoloja ja vähentää taimien roustetuhvoja.²⁶

Kylvöaloille leviää aina luonnonsiementä reunapuustosta. Reunametsän puula-jeista ja siemenvuodesta riippuen se voi olla mäntyä, kuusta tai koivua – usein myös kaikkia näitä. Reunapuuston tuottama siemenmäärä riippuu puiden valtapituudesta: männyn luontaisen uudistamisen kohteilla Pohjois-Satakunnassa taimettuminen oli reuna-alueilla sitä parempi, mitä suurempi oli reunametsän mäntyjen valtapituus.⁸¹ Siementämiskykyisen reunametsän siementämisraja on männyllä enintään siementävien puiden korkeus.³⁶

Hyvinä männyn siemenvuosina reunametsäsiemennyksellä voi olla merkitystä kylvötaimikon täydentäjänä. Kun männiköiden luontainen siemensato vaihtelee vuodesta toiseen, on syytä varmistaa, että reunapuissa on todella käpyjä ja että niiden siemen on itämiskykyistä. Tulevia siemensatoja arvioitaessa voi apuna käyttää Metsäntutkimuslaitoksen vuosittain julkaisemia siemensatoen-

nusteita (<http://www.metla.fi/tiedotteet/ennusteet.htm>), jotka ulottuvat männyllä kolmen vuoden päähän.

Reunametsästä variseva siemenmäärä on kuitenkin vaatimaton välittömästi hakkuun ja alueen muokkauksen jälkeen. Kuten siemenpuualoilla, myös reunametsän siemensato lisääntyy vasta 3–5 vuoden kuluttua hakkuusta.⁶⁵ Muokkausjälki on tällä välin jo peittynyt puuston ja pintakasvillisuuden karikkeisiin ja kivennäismaapinta ”kuorettunut”, joten itämismahdollisuudet ovat heikentyneet. Männyn taimettuminen hajakylvöaloilla Pohjois-Suomessa oli sitä heikompa, mitä pitempi oli muokkauksen ja kylvön välinen aika.¹⁴⁷

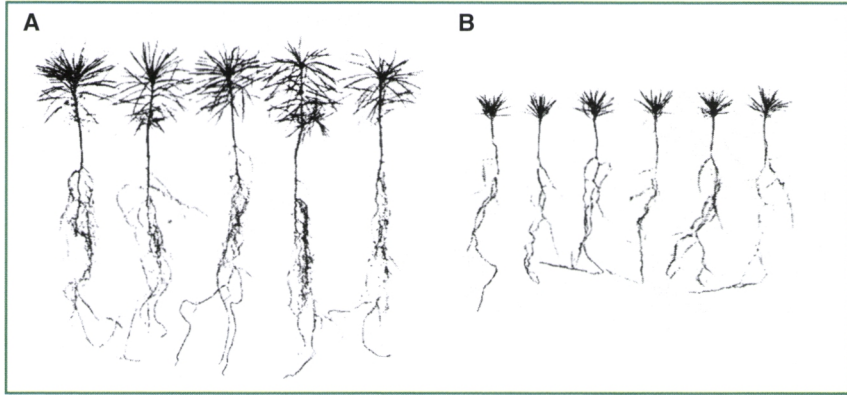
Koivu leviää helposti muokatuille kylvöaloille. Koivun siemenen leviämiskykyä on pidetty erityisen hyvänä; yhden koivun sanotaankin ”siementävän koko pitäjän”. Koivikoiden tuottama siemenmäärä on Etelä-Suomessa useita kymmeniä tuhansia kappaleita neliömetrille ja Pohjois-Suomessakin useita tuhansia kappaleita.⁸⁹ Rauduskoivun siemenen leviämiskyky on parempi kuin hieksen.¹⁶⁰ Yksittäisistä, varttuneista rauduskoivuista siementä levisi pisimmillään noin 80–100 metrin päähän emopuusta. Siemenmäärä oli suurimmillaan (500 kpl/m²) noin kahdenkymmenviiden metrin etäisyydellä.²⁴

Muokkausjälkeen runsasravinteisilla kasvupaikoilla kehittyvät, nopeakasvuiset koivun siementaimet kilpailevat voimakkaasti männyn kylvötaimien kanssa (kuva 4.4). Siemensyntyisen koivun kilpailua voi estää kaatamalla päätehakkuun yhteydessä kylvöalan reunametsistä varttuneet koivut. Vastaavalla tavalla estettiin aikoinaan männyn leviäminen kaskimaille.³⁴

Männylle soveliailla vähäravinteisilla uudistusaloilla koivun luontainen taimettuminen ja kilpailu kasvutilasta kylvötaimien kanssa ei yleensä ole ongelma. Tilanne on toinen turvekankailla. Mitä enemmän maanpintaa niillä rikotaan, sitä enemmän alalle syntyy hieskoivua, joka voi olla vesa- tai siemensyntyistä. Kuten kivennäismaidenkin kohteissa uudistusalan reunapuustosta voidaan hakkuussa poistaa siementävät koivut, jolloin uudistualalle tuleva siemennys vähenee.

Osa maahan varisseesta koivun siemenestä säilyy maaperän siemenpankissa itämiskykyisenä 4–5 vuotta.²⁷ Uudistusalalla voi siis olla jo ennen hakkuuta runsaasti koivun siementä varastoituneena maan pintakerrokseen. Hakkuun ja muokkauksen jälkeen lisääntyvät valo ja lämpö herättävät siemenpankissa levänneet siemenet.¹³⁰

Sekä kylvöalueelle jääneet alikasvospuut että sille jätettävät säästöpuut hidastavat taimien kehitystä. Männyn taimien kehityksen kannalta haitallisimpia



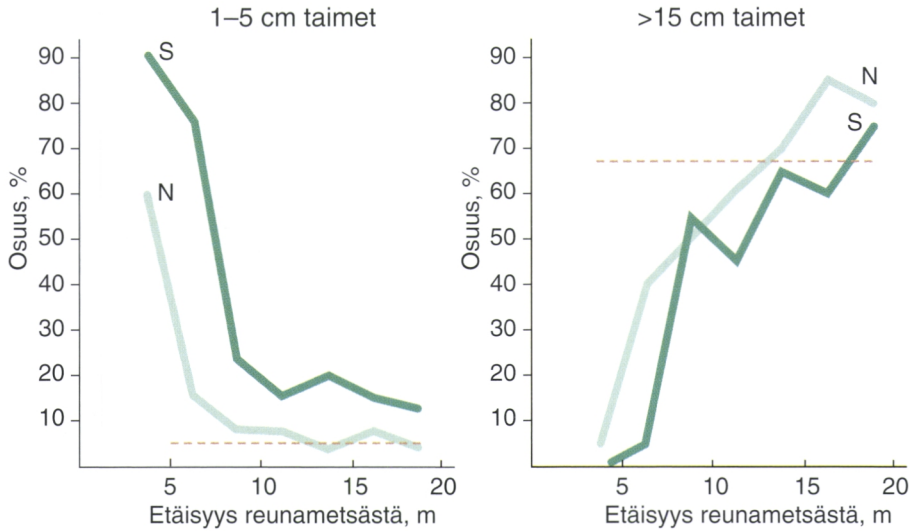
Kuva 4.4. Yksivuotiaita männyn taimia kokeesta, jossa männyn siemen kylvettiin astioihin, tilavuudeltaan noin 8,5 litraa. Astioiden keskelle istutettiin kolme kappaletta koivuntaimia, pituudeltaan 30–40 cm. Koivujen juuristo joko eristettiin astian muusta maasta metallisylinterillä (A) tai jätettiin eristämättä (B). Männyn taimien keskimääräinen tuorepaino kokeen lopussa oli 11,6 g (koivujen juuristo eristetty) ja 2,2 g (koivujen juuristo eristämättä).³

ovat alikasvoskuuset, joiden pinnallinen juuristo ottaa vettä ja ravinteita samoista maakerroksista kuin pienet sirkkataimet. Kylvöalan raivaus pienpuus-
tosta on siis tärkeää, jotta taimille saadaan hyvät kasvuolosuhteet. Järeiden säästöpuumäntyjen juuristokilpailu ulottuu keskimäärin yli kymmenen metrin etäisyydelle puun tyvestä.⁶³ Erikseen on mainittava haapavesakon haitallinen vaikutus männyn taimiin. Haapa on männyn versoruosteen väli-isäntä eikä sen vuoksi sovi männyn kylvöaloille.

Suosittelavampaa on käyttää suuria kuin pieniä kylvöaloja. Reunametsän vaikutuspiirissä taimettumisolot ovat heikommat kuin uudistusalan muissa osissa ja reuna-alueen osuus on suhteellisesti sitä suurempi mitä pienemmästä aukosta on kyse. Pienissä (alle 0,5 ha) aukoissa taimettuminen on hidasta, koska suurin osa alueesta on reunametsän vaikutuksen, valo- ja juuristokilpailun alaisena.

Lappi-Seppälän⁹⁸ tutkimilla koealoilla erityisesti kylvöalan eteläreunassa olo-
suhteet olivat kehittyville taimille epäsuotuisat, ja reunapuuston vaikutus ulot-
tui noin 10–15 metrin päähän (kuva 4.5). Kinnusen ja Nergin⁸² mukaan män-
nyn avohakkuu-aloilla uudistusalan reunassa on usein täysin taimettumaton
vyöhyke, jonka vaikutus on suurin pienillä kuvioilla.

Uudistushakkuuseen ja sitä seuraavaan kylvöön liittyy vielä kysymys hakkuu-
tähteistä. Vanhemmissa tutkimuksissa korostetaan hakkuutähteiden suotuisaa
vaikutusta männyn taimien syntymiseen ja kasvuun erityisesti karuilla kasvu-



Kuva 4.5. Kolmivuotiaiden männyn kylvötaimien pituusluokat eri etäisyyksillä kylvöalan etelä- (S) ja pohjoisreunasta (N). Katkoviiva osoittaa vastaavat osuudet kylvöalan keskellä kahden aarin alueella. Kylvöalueen pinta-ala 0,7 ha, reunametsä 90 vuoden ikäinen männikkö.⁹⁸

paikoilla. Ne säilyttävät kosteutta maan pintakerroksessa ja tuoreista karikkeista vapautuu ravinteita taimien käyttöön.^{95,101} Aaltonen² mainitsee tällaisen ”risulannoituksen” hyödyllisyydestä laihojen hiekkamaiden taimettumiselle mm. Etelä-Ruotsissa. Pohjoisissa oloissa haittapuolena on karistetautien (mm. lumikariste) leviäminen lumen peittämistä hakkuutähteistä taimiin.¹⁰²

4.3 Maanmuokkaus ja kylvöalustan valmistaminen

Itävä siemen saa helpommin vettä kivennäismaasta tai maatuneesta turpeesta kuin huokoisesta kangashumuskerroksesta. Vedensaannin varmistamiseksi kylvökohdat on muokattava sekä kangas- että turvemailla poistamalla pintakasvillisuus-, karike- ja raakahumuskerros. Kangasmailla kylvö ilman maanmuokkausta saattaa onnistua vain poikkeuksellisen kosteina kesinä ohuthumuksisilla, lajittuneilla kankailla. Luonnontilaiset rakkasammalpintaist suot taimettuvat herkästi ilman muokkausta. Ojituksen seurauksena kehittyneet turvekankaat vaativat aina maanmuokkauksen, jotta kylvö onnistuisi.^{71,155}

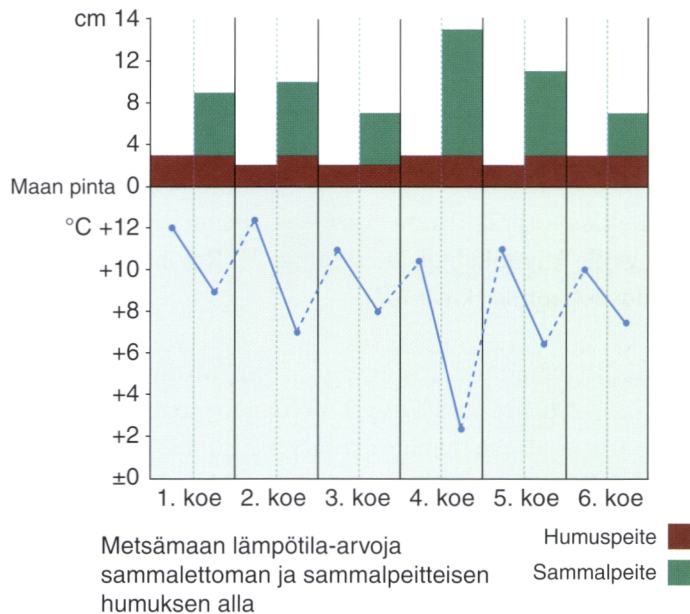
Kasvillisuus- ja raakahumuskerroksen poistaminen nostaa itämisalustan lämpötilaa ja itäminen nopeutuu. Lämpöä eristävän kunnatkerroksen puuttuessa muokatut kohdat lämpenevät keväisin aikaisemmin kuin muokkaamattomat. Metsämaan pintakerroksessa lämpötila on kasvukaudenkin aikana varsin al-

hainen, mikä hidastaa itämistä. Jos maata ei muokata, lämpötila koskemattoman sammal- ja kunnakerroksen alla jää kauas itämisen optimaluueesta (kuva 4.6).

Pintakasvillisuuden kilpailu vedestä ja ravinteista on muokatussa maassa vähäisempää kuin muokkaamattomalla pinnalla. Muokkausjäljessä siemenet yleensä peittyvät, mikä suojaa niitä siementuholaisilta ja kuivumiselta. Sekä kivennäis- että turvemailla siementen itäminen muokatuilla pinnoilla on moninkertaista verrattuna koskemattomaan kasvipeitteeseen.^{38, 43,142,156,163,171,200}

Maanmuokkaus tehdään nykyisin koneellisesti. Maanpinta voidaan pelkästään paljastaa äestämällä tai laikuttamalla tai siihen voidaan muokata kohoumia (mättäitä). Kylvöön suositeltavia muokkausmenetelmiä ovat kevyet, maanpinnan paljastavat menetelmät.

Kylvöä varten kivennäismailla käytetään äestystä ja laikutusta, turvemailla joko laikutusta tai mätästystä. Säättöauraus veden vaivaamalla kivennäismailla on osoittautunut Pohjois-Suomessa sopivaksi kylvön muokkausmenetelmäksi, mutta sen käyttöä rajoittavat mm. vesiensuojelunäkökohdat.^{52,181} Koneellisten muokkausmenetelmien yksityiskohtainen esittely löytyy Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemasta Metsämaan muokkausoppaasta.¹¹¹



Kuva 4.6. Lämpötilahavaintoja sammalettoman ja sammalpeitteisen humuksen alta. Mittaukset tehty kuivassa kangasmetsässä 21.5.1938. Tertin¹⁷² mukaan.

Kivennäismailla kylvökohdista poistetaan pintakasvillisuus ja kangashumuskerros siten, että huuhtoutumiskerros paljastuu. Näin tehty pinta on hyvä itämisalusta: kylvösiemenet pääsevät kosketukseen kivennäismaahan pidättyneeseen veteen. Ohut humuskerros kivennäismaan pinnalla vähentää haihtumista ja parantaa alustan kosteusoloja. Mätäspinnat ovat kivennäismailla usein liian kuivia itämisalustoja.

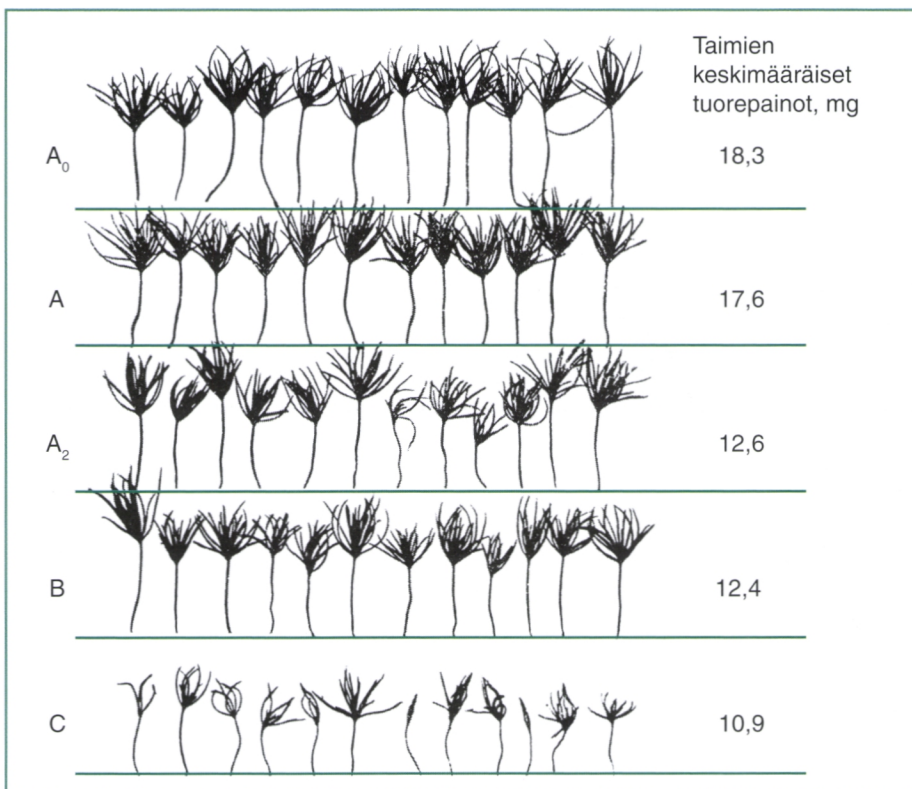
Turvekankailla poistetaan niinikään kasvillisuus- ja raakahumuskerros siten, että kylvö voidaan tehdä turvelaikkuun, maatuneen turpeen pintaan. Muina muokkausmenetelminä turvemaiilla tulevat kyseeseen kangasmaiden äestystä vastaava jyrshintä tai mätästys.

Taimettumistulokset turvekankailla vaihtelevat suuresti muokkaustavasta ja kasvukauden sääoloista riippuen. Kuivana kesänä laikkuihin voi syntyä kaksinkertaisesti sirkkataimia turvemättäisiin verrattuna, mutta sateiset jaksot kääntävät asetelman helposti päinvastaiseksi. Turvemaiilla liian korkealla (alle 10 cm:n syvyydessä) oleva pohjavesi on sirkkataimien juurtumisen ja varhaiskehityksen kannalta epäedullinen. Tällaisissa tapauksissa kannattaa ojaverkko kunnostaa uudistamisen yhteydessä.^{155,156}

Kuivilla, karkealajitteisilla kivennäismailla maanpinnan käsittely on tehtävä kevyesti ja mahdollisimman vähän maanpintaa rikkoen. Mitä voimakkaampi muokkaus tehdään, sitä enemmän vettä haihtuu kasvualustasta.⁷² Karuilla kasvupaikoilla on tärkeää huolehtia siitä, ettei muokkauksella heikennetä veden ja ravinteiden saatavuutta.

Kangasmailla maaperän huuhtoutumis- ja rikastumiskerrokset olisi jätettävä pääosin ehjiksi. Vettä ja orgaanisia aineita pidättävinä nämä kerrokset lisäävät kylvökohdan vedenpidätyskykyä ja siten siemenille ja taimille tarjolla olevan veden ja ravinteiden määrää. Humuskerros ja kivennäismaan pintaosa sisältävät eniten kasveille käyttökelpoisia ravinteita.¹²⁵ Ravinneköyhä pohjamaa on huono kasvualusta taimille (kuva 4.7).

Kivennäismailla kylvötaimien roustevauriot lisääntyvät, jos maa muokataan voimakkaasti ja siemenet kylvötyvät pohjamaapinnoille. Männyn sirkkataimilla roustetuhoja oli ensimmäisenä talvena huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksessa 4 %:lla, pohjamaassa 39 %:lla ja mättäillä 51 %:lla taimista.¹⁸ Turvemaiilla roustetuhot ovat sitä yleisempiä mitä maatuneempaa turve on kylvökohdassa.¹⁰³



Kuva 4.7. Kuivan ja kuivahkon kankaan maaprofiilin eri kerroksissa kasvatettuja (keino-kasteltuja) männyn yksivuotisia taimia. A₀ = humuskerros; A₁ = humuksen ja kivennäis-maan sekoitus; A₂ = huuhtoutumiskerros; B = rikastumiskerros; C = pohjamaa.¹⁷¹

Kulotus on perinteisesti yhdistetty männyn kylvöön ja sitä voidaan käyttää pak-sukunttaisilla kangasmailla uudistusalan valmistusmenetelmänä. Se ei kuiten-kaan sellaisenaan turvaa riittävää taimettumista, vaan kylvökohdat on lisäksi kevyesti muokattava.^{52,142,200} Suositeltavia kulotuskohteita ovat moreenimaiden kuivahkot ja tuoreet kankaat, joilla vesitalous on kunnossa ja jotka ovat vilja-vuudeltaan männyn kasvatukselle sopivia.⁵⁴ Uudistusaloja kulotettiin runsaasti aina 1960-luvun lopulle saakka, minkä jälkeen toiminta on jäänyt käytännössä merkityksettömäksi metsänhoidollisena maanpinnan kunnostusmenetelmänä.

Kulotuksen soisi kuitenkin uudelleen yleistyvän metsämaan hoidossa.¹⁴⁴ Sen avulla parannetaan kasvupaikan ravinne- ja lämpöoloja ja vaikutetaan suoraan taimikon syntyyn ja kehittymiseen. Kulotuksessa hakkuutähteistä ja humus-kerroksesta vapautuu ravinteita taimille käyttökelpoisessa muodossa. Myös humuskerroksen happamuus vähenee pitkäksi aikaa.¹⁰⁹ Tuhka näyttää myös edistävän männyn itämistä ja taimettumista, mikä on todettu sekä astiakokeis-

sa²² että maastokylvöjen inventoinneissa¹⁶⁴. Siementen liotus tuhka-vesiliuoksessa ennen kylvöä¹⁶⁴ sekä idättäminen puhtaassa hiekka-tuhka-alustassa³⁴ on kuitenkin heikentänyt männyn itävyyttä. Osin ristiriitaiset tulokset tuhkan vaikutuksista liittyvät todennäköisimmin itämisalustan erilaiseen puskurointikykyyn eri tutkimuksissa.^{2,22}

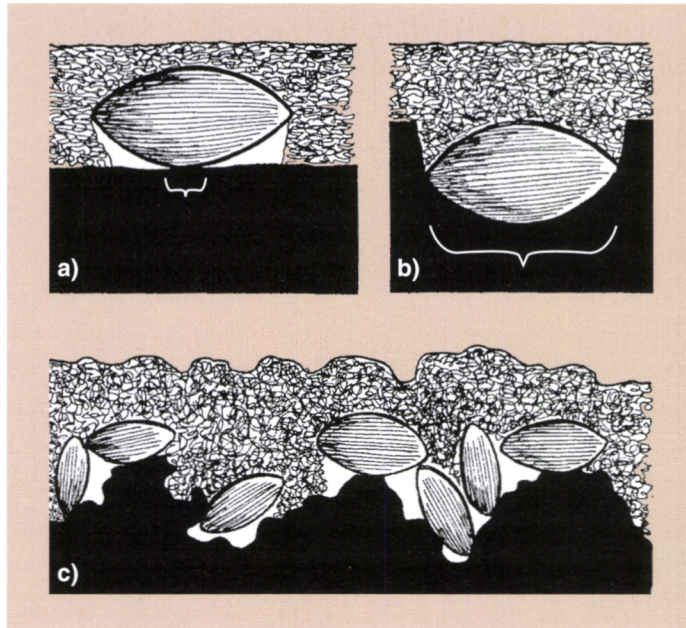
Maanmuokkauksen suunnitteluun ja toteutukseen kuuluu välttämättömänä osana vesien ja ympäristön suojelu sekä maisemasta huolehtiminen. Valitsemalla mahdollisimman vähän maanpintaa rikkova muokkausmenetelmä, pienennetään eroosion ja ravinteiden huuhtoutumisen riskiä. Muokkaamattomat suoja-kaistat vesistöjen äärellä vähentävät eroosiota, ja niillä on myös maisemallista merkitystä. Yksityiskohtaisia ohjeita muokkauksen suunnittelusta ja toteutuksesta erilaisilla kohteilla esitellään mm. Metsämaan muokkausoppaassa.¹¹¹

Paljas kivennäismaapinta on sellaisenaan suotuisa itämisalusta männyn siemenille. Itäminen kuitenkin nopeutuu ja varmentuu, jos siemen kylvetään pieneen syvennykseen, peitetään ja tiivistetään kevyesti kylvökohtaan.^{11,75, 78,199} Peitto suojaa siemeniä tuholaisilta ja vähentää haihtumista kylvökohdasta. Siemenen tiivistäminen kylvöalustaan parantaa veden johtuvuutta maasta siemeneen (kuva 4.8).

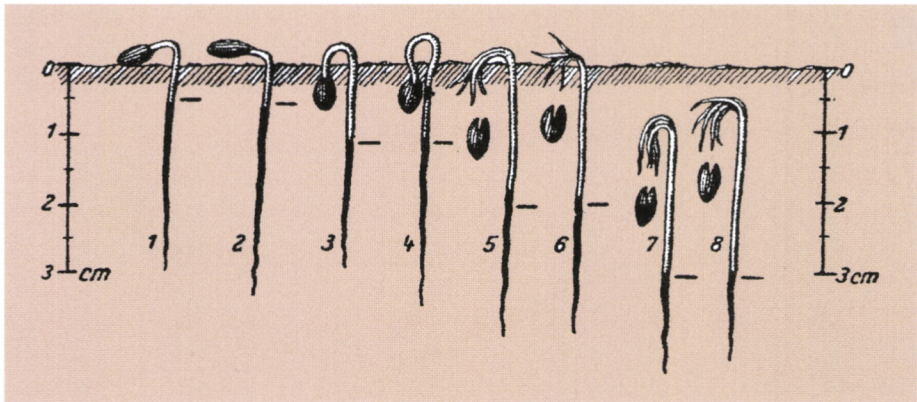
Veden haihtuminen kylvökohdasta vähenee, kun siemen peitetään ohuella kivennäismaakerroksella. Peitetyt siemenet itävät nopeammin ja täydellisemmin kuin peittämättömät. Peitteen vahvuus on jo kauan ollut tutkimuskohteena. Dengler²⁰ havaitsi, että männyn siemenelle edullisin vahvuus on noin viisi millimetriä (kuva 4.9).

Taimitarhakylvöissä avomaalla edullisin männyn peittosyvyys oli kaksi millimetriä, mutta poikkeuksellisen kuivana kesänä paras tulos saatiin, jos siemen peitettiin kahdeksan millimetrin syvyyteen.⁴⁰ Kinnusen tekemien kylvökokeiden mukaan lajittuneella maalla Pohjois-Satakunnassa kolmen senttimetrin kylvösyvyys maanpinnasta oli parempi kuin puolitoista senttimetriä; moreeni- maalla tilanne oli päinvastainen.⁷⁴ Näissä kokeissa siemen peitettiin lisäksi puolen sentin vahvuisella kivennäismaakerroksella riippumatta kylvösyvyydestä.

Pohjois-Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa männyn siemenen optimaalinen peittosyvyys vaihteli 3–10 mm.⁸ Yksittäiset siemenet hautautuivat näissä kokeissa eri syvyyksille kylvökohtaa muokattaessa. Tulosten mukaan vain 40 % kylvetyistä siemenistä osui optimaaliselle syvyydelle (kuva 4.10). Hussin⁴⁸



Kuva 4.8. Vettä siemeneen johtava pinta on tasaisella kylvöalustalla (a) pienempi kuin kylvövaossa (b). Huokoisessa, epätasaisessa kylvöalustassa suoria kosketuspintoja maaveteen on vähän (c).¹⁰⁴



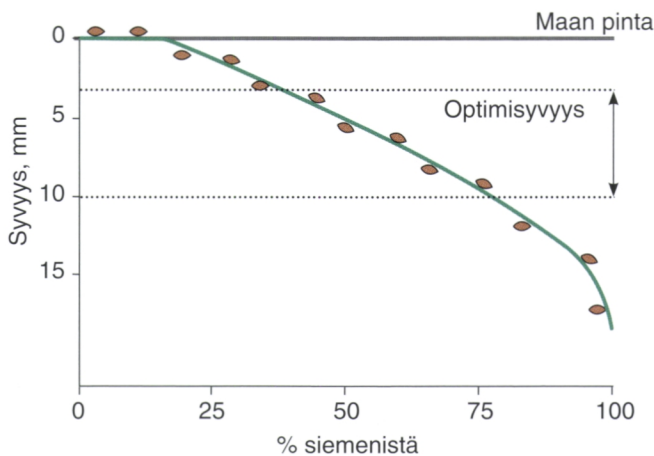
Kuva 4.9. Männyn siemenen orastuminen eri syvyydellä kivennäismaassa. Siemen itää ja sirkkavarsi kehittyi esteettömästi noin viiden millimetrin syvyydestä. Paksumpi peite hidastaa itämistä ja sirkkalehdet jäivät joko kokonaan tai osittain maan sisään.²⁰

mukaan karkeilla ja kuivilla mailla peitto voi olla 8–10 mm vahvuinen. Tuoreemmilla mailla, missä kuivumisvaara on pienempi, riittää noin puolen sentin vahvuinen peitto.

Siementen peittoaineena on käytetty kivennäismaata, humuksen ja kivennäismaan sekoitusta, sahanpurua, muurahaispesän jäänteitä, risuja jne. Hyvä peittoaine hidastaa haihtumista, ei johda kapillaarisesti vettä itämisalustasta eikä kovetu tiiviiksi kerrokseksi kylvökohtaan.¹⁹⁵ Periaate on sama kuin peltoviljelyssä, missä poudanaroilla kohteilla kylvös viimeistellään karkealla pintakerroksella. Wikstenin¹⁹⁵ kokeissa paras peittoaine oli sahanpuru, mutta tarkemmat tiedot purun ominaisuuksista puuttuvat.

Vanhoissa kylvöohjeissa suositeltiin kylvökohdan perusteellista möyhentämistä ja humuksen sekoittamista kivennäismaahan. Kylvölaikku valmistettiin siten, että pintakasvillisuus poistettiin ja humus muokattiin kivennäismaahan noin 15 cm:n syvyyteen. Borgin¹⁵ mukaan "... hiekassa siemenet itävät parhaiten, hienoksi möyhennyssä ja hiekan kanssa sekoittuneessa turpeessa ne myös kasvavat hyvin". Sittemmin kylvökohdan kuohkeuttamisesta luovuttiin, koska arveltiin menetelyn heikentävän siementen vedensaintia ja lisäävän roustevaurioita.^{35,183}

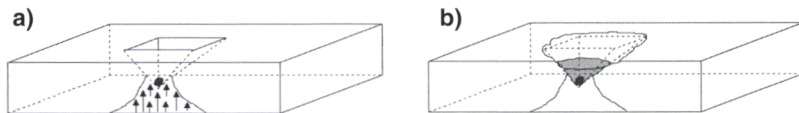
Ruotsissa on kehitetty kivennäismaa-alustan pienmuokkaus (mikropreparering) koneelliseen kylvöön (kuva 4.11). Siinä koneella muokattuun, kuohkeutettuun ja tiivistettyyn, humussekoitteiseen kivennäismaapintaan tehdään matalia (noin 2 cm) syvennyksiä, joihin siemen kylvetään. Syvennyksissä siemenet ovat suojassa haihtumiselta, kosteusolot ovat edulliset ja reunoilta variseva maa-aines suojaa siemeniä tuholaisilta (kuva 4.12). Jos kylvökohta jää kuohkeaksi, siemenet on kevyesti tiivistettävä alustaan siten, että ne saavat hyvän kontaktin maahan.



Kuva 4.10. Männyn siemenen kylväytyminen eri syvyyksille käsinkylvössä, kun siemen sekoitettiin kivennäismaahan tehtyyn muokkausjälkeen. Optimisyvyydelle osui 40 % siemenistä. Yhteensä 610 siementä.⁸



Kuva 4.11. Kylvökohdan pienmuokkausjälki kivennäismaapinnalla ruotsalaisen ”mikropreparering” periaatteen mukaan. Siemen kylvätty syvennyksiin ja peittyi osin itsestään kivennäismaakerroksella. Kuva: Markku Nygren.



Kuva 4.12. Maanpinnan mikropreparaation hyviä vaikutuksia: (a) maan tiivistyminen ”pyramidin kärjessä” parantaa kapillaariveden saatavuutta ja (b) siementen peittyminen suojaa niitä tuholaisilta ja vähentää haihtumista.¹⁹

Tulokset osoittavat, että näin menetellen saadaan keskimäärin 20 %-yksikköä parempi orastuminen kuin ilman pienmuokkausta.^{11,187,197} Turvekankailla vastaavaa ”mikromuokkausta” voidaan tehdä erilaisilla jyrsinlaitteilla. Riskinä on rankkasateiden ja tuulen aiheuttama pintaerosio, joka voi haudata siemenet liian syvälle kylvökohdissa.

4.4 Konekylvö

Metsäkylvöjä on aikoinaan tehty lukuisin eri tavoin alkaen pistemäisistä käpykylvöistä ja päätyen lentokoneesta ja helikoptereista tehtyihin hajakylvöihin.^{6,78}

Nykyisin kylvö tehdään useimmiten koneellisesti, joko metsämaan äestyksen tai laikutuksen yhteydessä siten, että kylvölaite on yhdistetty muokkuskoneeseen.

Yleisin koneellinen kylvö-muokkauslaite on tällä hetkellä metsä-äes, johon on asennettu automaattinen kylvölaite. Metsä-äkeellä muokattaessa tehdään noin 60 cm:n levyistä, paljasta kivennäismaakaistaa 4 000–5 000 metriä hehtaarille (kuva 4.13). Muokatun maanpinnan osuus on 20–30 %.

Äesjälkeen kylvettävä siemenmäärä/m riippuu siemenen itävyydestä ja muokausuravälistä; tavoitteena on kylvää keskimäärin 10–20 siementä vakometrille (taulukko 4.1).

Siementä kuluu normaaliolosuhteissa noin 350 grammaa hehtaarille. Kulutus on jonkinverran suurempi kuin käsinkylvössä, koska siemenet kylväytyvät muokkauskaistoille satunnaisesti ja osa niistä joutuu muokkaamattomaan maahan tms. epäsuotuisiin kohtiin.

Mitä enemmän kivennäismaata paljastuu, sitä runsaammin itämiselle suotuisia kohtia syntyy. Koneellisessa äeskylvössä tavoitettiheiksiin (4000 kpl/ha) pääs-



Kuva 4.13. Metsä-äkeen työjälkeä kuivahkolla kankaalla Leivonmäellä toukokuussa 2008.

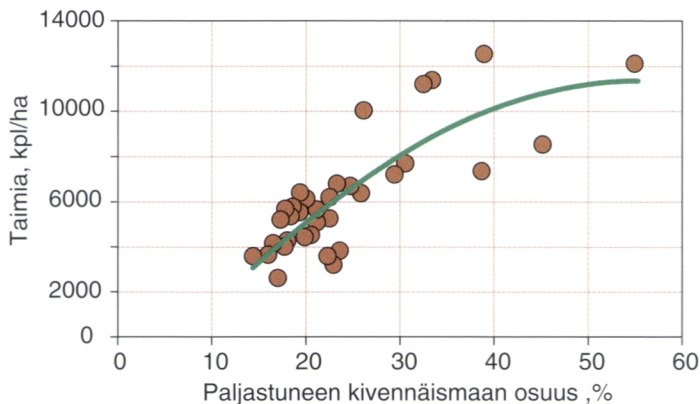
Taulukko 4.1. Siemenmäärä männyn äeskylvössä Tapion siemenkeskuksen ohjeiden mukaan.¹⁷⁰

MÄNTY			Muokkausvakojen väli, m			
			1,5	2	2,5	3
Siementen itävyys ja määrä						
Itävyys	Itävyys-%	kg/ha	kpl/vakometri			
hyvä	100-90	0,35	11	14	18	21
	90-80	0,40	12	16	20	24
tyydyttävä	80-70	0,50	15	20	25	30
	70-60	0,60	18	24	30	36
heikko	60-50	0,70	(21)	28	35	42
	50-40	0,80	(24)	(32)	40	48

tään kun paljastuneen kivennäismaan osuus on vähintään 20 % alueen pinta-alasta ja siementä käytetään 300 g/ha (kuva 4.14).

Kylvö voidaan tehdä myös metsämaan koneellisen laikutuksen yhteydessä. Tällöin työkoneena on kaivinkone tai jatkuvatoiminen laikkuri, johon on asennettu siemenannostelija (kuva 4.15). Kylvökohtia, laikkuja tehdään 4 000–5 000 kpl hehtaarille ja kuhunkin laikkuun kylvetään 10–20 siementä. Työkoneisiin asennettavia, automaattisia kylvölaitteita ja siementen kulutuksen rekisteröiviä annostelijoita on useita eri malleja.^{86,93,153}

Konekylvön osuus kylvöalasta on kasvanut viime vuosina. Erityisesti metsätyöiden ja Metsähallituksen kylvöistä suurin osa tehdään konekylvöinä. Taimettumistuloksen on todettu olevan konekylvöissä hyvä, kun käytetään riittävästi siementä ja maa muokataan hyvin.^{7,50,79,87,187} Konekylvö on kustan-



Kuva 4.14. Muokatun alan osuuden vaikutus männyn taimettumiseen koneellisessa äeskylvössä. Tilanne kaksi vuotta kylvön jälkeen; siemenmäärä 300 g/ha.⁸⁷

Kuva 4.15. Koneellista laikkukylvöä turvekankaalla. Kylvösiemen syötetään paineilman avulla koneen ohjaamon siemensäiliöstä kylvökohtaan. Kuva: Pekka Helenius.



nuksiltaan kilpailukykyinen käsinkylvöön verrattuna ja tasaa työvoimahuippuja. Siemenet kylväytyvät konekylvössä tuoreeseen muokkausjälkeen, mikä edistää taimettumista mm. vähentämällä pintakasvillisuuden kilpailua.

Konekylvössä tulosta heikentävät lähinnä kivisyys, kannot ja runsas hakkuutahteiden määrä. Muokkausjäljen laadun mittaamenetelmiä ja työn omavontaa esitellään Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemassa Metsämaan muokausoppaassa.¹¹¹

Koneellisen kylvön kustannukset vaihtelevat muokkaustavan, kylvöalueen pinta-alan ja käytettävän siemenen laadun mukaan. Koneellisen muokkauksen hinta vaihtelee 160–270 €/ha riippuen siitä, muokataanko jatkuvatoimisella (äes, laikkuri) vaiko kylvökohdat yksittäin (kaivinkone) tekevällä peruslaitteella. Koneellisen kylvön yhteydessä maksettava kylvölisä on noin 40 €/ha. Keskimääräinen siemenkustannus on noin 200 €/ha.^{32,58} Rummukaisen ym. tutkimuksessa konekylvön työkustannukset olivat noin kolmannes istutuksen kustannuksista.¹⁵⁴

4.5 Käsinkylvö

Omatoiminen metsänomistaja voi muokata pienialaiset männyn kylvökohteet myös kuokalla. Muokkaustyö on kuitenkin huomattavasti raskaampaa kuin esimerkiksi istutus muokattuun maahan pottiputkella. Yleisempää onkin käsinkylvö koneella muokattuun maahan, joko äes- tai laikutusjälkeen.

Käsinkylvön tulosta voidaan varmentaa erilaisilla pienmuokkaustekniikoilla, jolloin kivennäismaan pintaan tehdään pieniä koloja tai painaumia, joihin siemen kylvetään. Alkuperäinen esimerkki tästä on latvialaisen K. Meldersin 1920-luvulla kehittämä vakoruutukylvö (kuva 4.16), jota Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen metsänhoidon professori Olli Heikinheimo (1882–1973) kehitti edelleen Suomen oloihin sopivaksi.^{35,115}

Vakoruutukylvö on käsinkylvömenetelmä, jossa tehdään kuokalla tai erityisellä kylvölapiolla pitkulainen noin 20×40 cm kivennäismaalaikku, joka asemoidaan pidempi sivu itä-länsi-suuntaan. Ruutu tehdään mahdollisuuksien mukaan kantojen ja kivien pohjoispuolelle ja rinnemailla poikkisuuntaan kaltevuuteen nähden. Irroitettu kunta käännetään 'lipaksi' ruudun eteläreunalle ja poljetaan tiukkaan, ettei se kaadu kylvöksen päälle.

Noin viiden senttimetrin etäisyydelle ruudun eteläreunasta, puhtaan kivennäismaan pintaan, lyödään erityisellä työkalulla ns. vakorausdalla noin 20 cm:n pituinen vako itä-länsi-suuntaan. Sen syvyys on toisessa päässä noin kolme

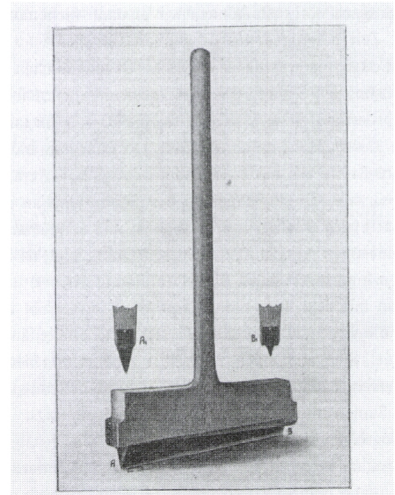
senttimetriä ja toisessa päässä yksi sentti. Vaon vaihteleva syvyys varmistaa kylvötulosta: kuivana kesänä siemenet itävät paremmin vaon syvemmässä päässä, sateisena kesänä matalammassa.³⁵

Alkuperäisten ohjeiden mukaan vaon etelälaidalle voidaan asettaa puukapula tms. suojaamaan kylvöstä paahteelta sekä routimiselta. Siemenet (10–15 kpl, itävyydestä riippuen) kylvetään vakoon ja niiden päälle hipaistaan kevyesti kivennäismaata vaon reunalta. Peite vähentää haihduntaa ja suojaa siemeniä tuholaisilta.

Vakoruutukylvö antaa kohtuullisen varman tuloksen (kuva 4.17). Orastumisprosentti on 40–50 % ja taimet kehittyvät hyvin, käännetyn palteen suojatessa niitä paahteelta. Kun kylvövako on lähellä laikun reunaa, sirkkataimet saavat nopeasti juurensa kasvatettua kohti humuskerroksen sisältämiä ravinteita. Haittapuolena on laikun reunan varjostus, joka hidastaa taimien kehitystä.

Heikinheimon mukaan vakoruutukylvössä, jossa maan pintakerros jää kuohkeuttamatta ja vettä pidättävät eloperäiset aineet kivennäismaahan sekoittamatta, routimisvaara on paljon pienempi kuin tavallisessa senaikaisessa ruutukylvössä, jossa kylvölaikku perusteellisesti muokattiin.³⁵

Miestyönä tehtävässä muokkauksessa ja kylvössä voidaan soveltaa vakoruutukylvön periaatteita, vaikka perinteisiä erikoistyökaluja ei olisi käytettävissä. Tällöin istutuskoukalla tehdään noin 20x30 cm laikku, josta poistetaan kari-



Abbild. 1. Saatspaten AB — von vorne;
A₁ und B₁ — von der Seite.
Kuva 1. Kylvölapio, AB — edestä; A₁ ja B₁ sivulta.

Kuva 4.16. Meldersin alkuperäinen vakorauta/kylvölapio.



Kuva 4.17. Hyvin onnistunut männyin vakoruutukylvö kuivahkolla kankaalla toisen kasvukauden alussa. Kylvös on liiankin tiheä. Siementen laboratorioitävyyttä 91 %, orastuminen maastossa 64 %. Kuva: Markku Nygren.

ke- ja kangashumuskerros ja paljastetaan huuhtoutumiskerros. Kivennäismaan pintaa ei rikota eikä sitä möyhennetä, vaan tehdään tasainen laikku. Syvennyksen muodostumista on varottava. Kuivilla ja lämpimillä kohteilla laikut tehdään mieluiten kivien, kantojen ja kohoumien pohjoispuolelle, paahteelta suojaan.

Laikkuun tehdään sopivalla käsityökalulla tai vaikkapa kepillä noin puolen sentin syvyinen vako, mieluiten itä-länsi suuntaan ja siihen kylvetään itävyydestä riippuen 10–15 siementä (taulukko 4.2, kuva 4.18). Vako peitetään siipaisemalla kevyesti kylvöksen päälle kivennäismaata viirun reunalta. Peitteen vahvuus on männyllä korkeintaan yksi senttimetri.

Pohjois-Suomessa, missä alhainen lämpötila on usein itämistä rajoittava tekijä, viiru voidaan tehdä laikun pohjoisreunalle. Jotta reunakasvillisuus ei pääse painamaan pieniä sirkkataimia, kylvökohta rajataan noin kymmenen sentin etäisyydelle laikun reunasta.

Taulukko 4.2. Siemenmäärä männyn käsinkylvössä Tapion siemenkeskuksen ohjeiden mukaan (siementen tuhatjyväpaino 5 g).¹⁷⁰

MÄNTY			Kylvökohdat, kpl/ha			
Itävyys	Itävyys-%	kg/ha	2000*	3000	4000	5000
			kpl / kylvökohta			
hyvä	100-90	0,25	25	17	12	10
	90-80	0,30	30	20	15	12
tyydyttävä	80-70	0,40	40	16	20	24
	70-60	0,50	50	20	25	30
heikko	60-50	0,60	(60)	40	30	25
	50-40	0,80	(80)	(55)	40	35

*Suositellaan vain muita uudistamismenetelmiä täydentämään.



Kuva 4.18. Käsinkylvössä kivennäismaapintaan voidaan tehdä kylvövaot sopivalla käsityökalulla, kepillä tms. Maanpintaa ei kuitenkaan sekoiteta. Orastuminen varmentuu, kun siemenet peitetään kevyesti. Kuvan männyn siemenet ovat kylvökoetta varten värjättyjä.

Edellä kuvattua käsinkylvötekniikkaa voidaan soveltaa, kun kylvetään käsin koneen muokkaamaan maahan. Ruotsalaisten selvitysten mukaan kylvö on tehtävä viimeistään viikon kuluttua muokkauksesta ennen kuin kivennäismaan pinta ehtii kuivahtaa.¹⁶⁹ Kylvötyön lykkääminen muokkausta seuraaviin vuosiin heikentää tulosta. Pohtilan ja Pohjolan mukaan sekä männyn vakoruutu-kylvö että hajakylvö onnistuvat sitä paremmin, mitä lyhyempi on muokkauksen ja kylvön välinen aika.¹⁴⁷

Heikinheimon mukaan yhteen kylvökohtaan ei yleensä tarvita enempää kuin 3–4 tainta. Tällöin huolellisessa käsinkylvössä noin 200 grammaa kunnollista (laboratorioitavuus yli 80 %) männyn siementä riittää keskinkertaisissa ja sitä paremmissa olosuhteissa hehtaarin alan kylvämiseen.^{35,37}

Siementen annostelu käsinkylvössä onnistuu kätevimmin pienellä lusikalla tai pullostalla, jonka korkkiin tehdään muutama reikä (kuva 4.19). Markkinoilla on myös pienlaitteita ja siemenen annostelijoita, joita käyttämällä kylvötyö nopeutuu.⁷⁸ Sitä mukaa kun työ etenee, on hyvä merkitä jo kylvetetyt osat uudistus-alasta kuitunauhalla tai muulla sitkaimella, jotta koko alue tulee käsitellyksi. Hyödyllisiä neuvoja käsinkylvöön löytyy Kinnusen⁷⁸ ja Kärkkäisen⁹² julkaisuista.

Erikoisemmista käsinkylvötavoista mainittakoon suojakylvö, jossa siemenet peitetään luonnossa hajoavasta muovista tehdyllä suppilolla. Suojakylvöstä saatiin erinomaisia taimettumistuloksia 1970-luvulla tehdyissä kokeissa, mutta menetelmän työläys ja tavallista kylvötyötä suuremmat kustannukset lienevät rajoittaneet sen yleistymistä.¹¹² Myös erilaisia siemenrakeita ja -laattoja on kokeiltu.¹⁰⁰ Kiinnostavalta vaikuttaa Ruotsissa kehitteillä oleva siemenkiekko LandPuck™, jossa siemen on kylvetty hygroskooppista ainetta ja ravinteita sisältävään turvekiekkoon. Maahan upotettu kuiva kiekko imee nopeasti vettä, turpoaa ja säilyttää itämiseen tarvittavan veden (kuva 4.20).

Kylvötyössä on muistettava, että siemenet ovat elävää materiaalia. Varomattomasti käsittelemällä, siementen voimakasta ravistelua, puristusta jne. on vältettävä. Kuivissa siemenissä kuori ja alkio vaurioituvat helposti.

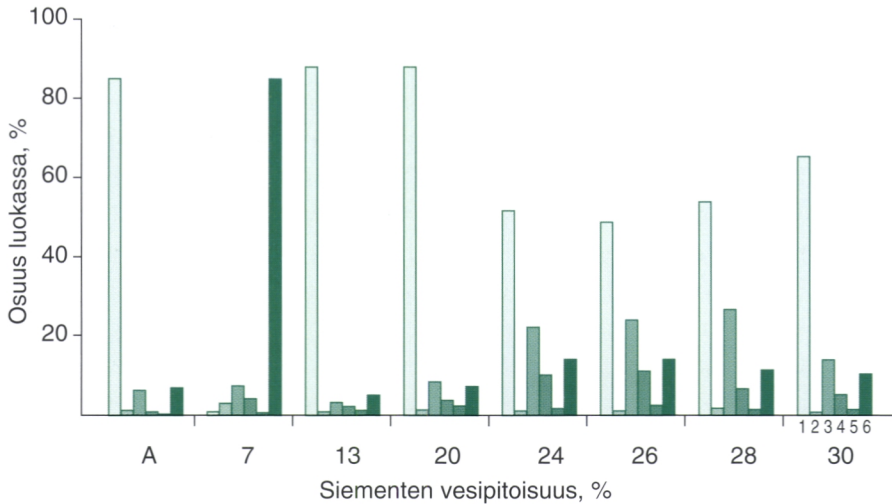
Nilssonin¹²⁸ tutkimissa männyn siemenissä jo kahden minuutin mekaaninen ravistelu johti merkittävään itävyyden laskuun, kun siementen vesipitoisuus oli noin 7 %. Kolmentoista prosentin vesipitoisuudessa siemenet sietivät käsittelyn hyvin ja itävyys pysyi samalla tasolla kuin käsittelemättömässä kontrollissa. Tätä korkeammassa vesipitoisuuksissa käsittely alensi itävyyttä, mutta vaikutukset olivat lievempiä kuin varastokuivissa siemenissä (kuva 4.21).



Kuva 4.19. Käsinkylvöä koneella muokattuun maahan.



Kuva 4.20. Ruotsissa kehitteillä oleva siemenkiekko, LandPuck™, jossa siemen on kylvetty turpeesta ja vettä pidättävästä sideaineesta tehtyyn kiekkoon. Vasemalla kiekko, joka ”kylvetään” kuivana kivennäismaahan tehtyyn koloon, missä se turpooa (oikealla) ja kiinnittyy alustaan. Kuva: Metsäpuiden siemenlaboratorio/Metla.



Kuva 4.21. Männyn siemenen vaurioituminen mekaanisessa rasituksessa.¹²⁸ Eri vesipitoisuuksissa olevia siemeniä ravisteltiin kahden minuutin ajan taajuudella 1 150/min. A= käsittelemätön kontrolli. Vaurioluokat: 1= ei vaurioita, sirkkataimi normaalisti kehittynyt; 2 = heikosti kehittynyt sirkkataimi; 3 = sirkkajuuri vaurioitunut, tylppä; 4 = itäminen jäänyt kesken, sirkkajuuri < 5mm; 5 = epänormaalisti itänyt; 6 = ei itänyt.

Kone- ja käsinkylvön vertailusta on saatu vaihtelevia tuloksia. Kinnusen tutkimilla käytännön kylvöaloilla Pirkanmaalla ja Lounais-Suomessa uudistamistulos oli likimain samanlainen molemmilla menetelmillä.⁷⁹ Saksan ja Kan-

kaanhuhdan inventointitutkimuksessa Etelä-Suomen alueella uudistamistulos käsinkylvössä jäi selvästi heikommaksi ja epäonnistumisen riski oli suurempi kuin konekylvössä.¹⁵⁷ Konekylvöjen tulosten paremmuuteen vaikuttanee käytettävä suurempi siemenmäärä sekä se, että siemen kylväytyy niissä aina tuoreeseen muokkausjälkeen.

4.6 Kylvöajankohta ja jälki-itäminen

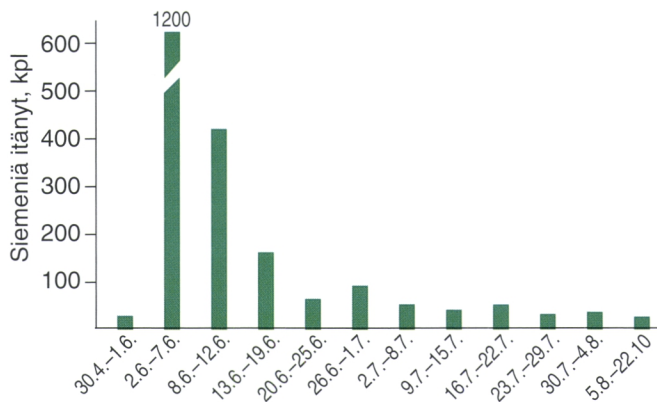
Männyn paras kylvöajankohta on kevät ja alkukesä; käytännön ohje on, että kylvöt on tehtävä juhannukseen mennessä. Heinä–elokuu on männylle sopimaton kylvöaika sekä kivennäis- että turvemailla. Kasvukauden päätyttyä tehdyistä syyskylvöistä on myönteisiä kokemuksia turvemailla⁶⁹ sekä Pohjois-Suomessa.⁵²

Kevätkylvöt ovat useissa tutkimuksissa onnistuneet selvästi paremmin kuin syyskylvöt.^{77,145,194} Mitä aikaisemmin keväällä siemen itää, sitä suuremman juuriston taimi ehtii kesän aikana kasvattaa. Hyvin kehittynyt juuristo ehkäisee roustetuhoja sitomalla taimen hyvin maahan. Männyn sirkkataimissa roustetuhot ja ensimmäisen talven kuolleisuus olivat pienempiä kevätkylvöissä (15 %) kuin kesäkylvöissä (26 %).¹⁸

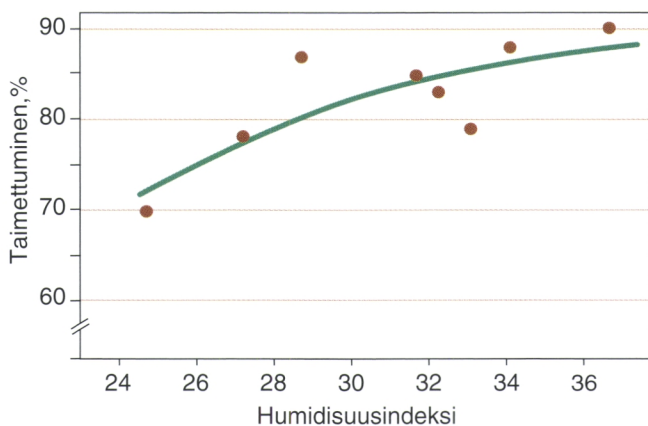
Kevätkosteuden varassa syntyvät taimet kehittyvät yleensä ensimmäisenä kesänään talvenkestäviksi. Vanhan sanonnan mukaan männyn kylvö myöhästyy, jos koivu ehtii puhjeta lehteen.¹⁵ Konekylvössä joudutaan yleensä odottelemaan ennen kuin kevätkosteat maat ovat kuivuneet muokkauskalustoa kantaviksi. Tällöin osa tehokkaasta kylvöajasta on jo kulunut.⁵²

Kasvukauden sääolot vaikuttavat siihen, missä vaiheessa itäminen alkaa ja kuinka pitkäksi itämisjakso muodostuu. Keväällä maan kylmyys hidastaa itämistä, kesällä taas poutakaudet. Vapun tienoilla tehdyissä männyn koekylvöissä uusia sirkkataimia syntyi koko kasvukauden ajan.¹⁰¹ Lähes viidesosa siemenistä iti noin kuukauden kuluttua kylvöstä, välittömästi sadejakson jälkeen. Itäminen jatkui koko ajan vaimentuen, aina elokuun alkupuolelle saakka (kuva 4.22).

Kosteat kasvukaudet edistävät taimettumista (kuva 4.23). Kuivina kesinä itäminen voi 'myöhästyä' ja lykkääntyä heinä–elokuulle. Näihin aikoihin kuu-kausisademäärä ylittää haihdunnan ja sateita saadaan säännöllisemmin kuin alkukesästä. Maan vesivarat alkavat lisääntyä, ja samaan aikaan lämpötilat kohoavat itämiselle suotuisiksi.



Kuva 4.22. Männyn kylvösiementen itämisen ajoittuminen kasvukauden aikana Vilppulassa kesällä 1949. Kylvö 30. huhtikuuta männyn siemenpuukoealalle, siemenpuita 16 kpl/ha. Siemeniä kylvetty yhteensä 6 000 kpl.¹⁰¹



Kuva 4.23. Kylvökesän humidisuuden ja männyn kylvöjen taimettumisen välinen riippuvuus vuosina 1973–1980. Humidisuusindeksi laskettu touko–syyskuun sadannan ja ilman keskilämpötilan suhteena.⁷⁴

Kulotetuilla mailla tehdyissä kokeissa keväällä kylvetyt männyn ja kuusen siemenet itivät kuivana kesänä vasta elokuussa, pitempien sadejaksojen aikana.²⁰⁰ Kerrotaan, että vuonna 1940, jolloin saatiin ennätysmäisen runsas männyn siemensato, ei luonnossa syntynyt kovan kuivuuden takia sirkkataimia ennenkuin loppukesällä.¹⁰¹

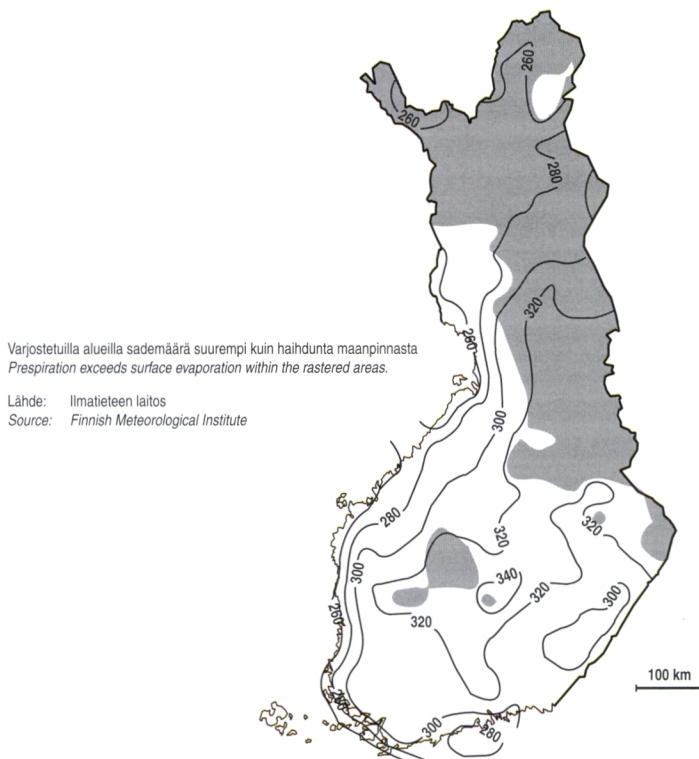
Sade- ja haihtumisolosuhteet kasvukauden (touko–syyskuu) aikana vaihtelevat maamme eri osissa. Pohjois-Suomessa ja Maanselän sekä Suomenselän vedenjakaja-alueilla kasvukausi on humidinen: keskimääräinen sademäärä ylittää maanpinnasta tapahtuvan haihdunnan (kuva 4.24). Lounais-Suomi ja rannikkoalueet ovat erityisesti alkukesällä kuivia. Vähälumisina talvina maas-

sa voi olla niukasti kevätkesteutä, jonka turvin kylvösiemenet voisivat itää. Erään ruotsalaisen lähteen mukaan männyn kylvöä ei suositella alueille, joilla kesäsadannan ja haihtumisen erotus on negatiivinen.⁶⁶

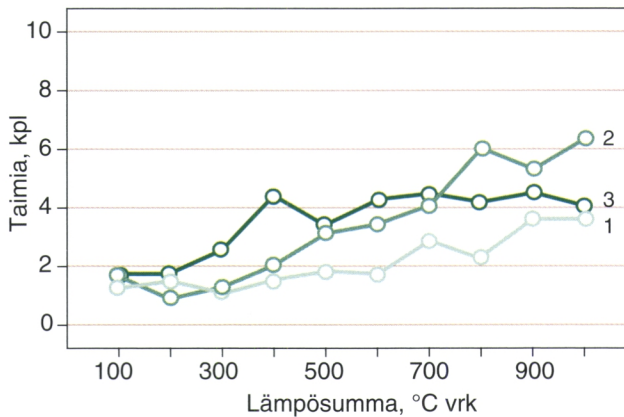
Vanhojen ruotsalaisten tutkimusten mukaan männyn kylvön jälkeen tulisi sadetta saada kuukauden aikana vähintään 30 millimetriä, jotta itäminen onnistuisi.³³ Kesäkuun sää on kylvöjen onnistumisen kannalta tärkeä: haihdunnan ja sademäärän ero on silloin suurin ja maan ylin pintakerros kuivimmillaan.¹⁶⁸

Itämisen viivästyessä kasvukauden loppupuolelle, sirkkataimet eivät ehdi kehittyä talvenkestäviksi. Lapissa tehdyssä kylvöajankohtakokeessa männyn taimettuminen oli sitä heikompi, mitä myöhemmin kasvukaudella siemenet kylvettiin (kuva 4.25).

Noin 300–400 astevuorokauden pituista kasvujaksoa pidetään miniminä männyn sirkkataimen kehitykselle; tällöin kuitenkin osa itämiskykyisistä siemenistä jää kehittymättä.⁶⁹ Siemenerän täydelliseen itämiseen ja sirkkataimien kehittymiseen tarvitaan lämpösummaa noin 500–600 astevuorokautta. Tämän



Kuva 4.24. Touko–syyskuun sademäärä (mm) keskimäärin vuosina 1961–1990. Varjostetulla alueella sademäärä on suurempi kuin haihdunta maanpinnasta.



Kuva 4.25. Männyn kylvösten taimettuminen Lapissa, auratuilla alueilla eri ajankohtina tehdyissä kylvöissä.¹⁴⁵ X-akselilla kylvöajankohdan jälkeen kertynyt lämpösumma kynnysarvolla + 5 °C. Kylvö kasvukaudella 1973, inventointi syksyllä 1974. 1= kylvetty 8 siementä/kylvökohta, 2=kylvetty 25 siementä/kylvökohta, 3=suojakylvö, 8 siementä/kylvökohta. Rovaniemen mlk.

mukaan Etelä-Suomen olosuhteissa siementen tulisi orastua hyvissä ajojen ennen heinäkuun puoliväliä.

Kylvöajankohta ja itämisen ajoittuminen heijastuu taimien myöhempään kasvuun ja kehitykseen. Etelä-Norjassa tehdyissä männyn kylvökokeissa kevät-kylvöstä (kylvö 3. toukokuuta) kehittyneiden taimien keskipituus oli kymmenen kasvukauden jälkeen 170 cm. Kesäkylvöstä (27. kesäkuuta) syntyneillä taimilla keskipituus samalla hetkellä oli noin 145 cm.¹²¹ Toisaalta Hahlin tutkimuksessa kylvöajankohta ei vaikuttanut männyn taimien myöhempään pituuskehitykseen.³⁰

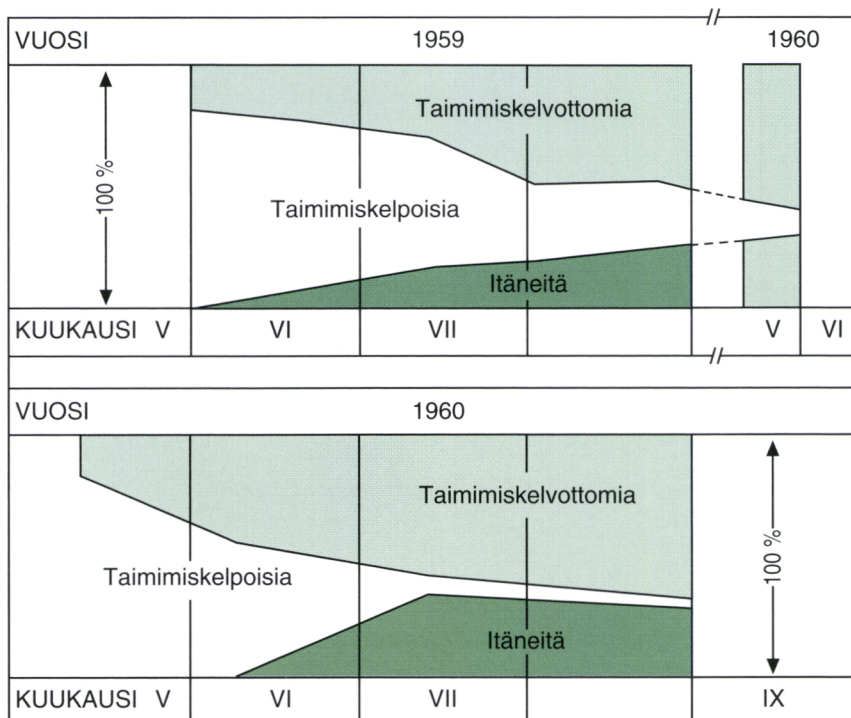
Pieni osuus kylvetyistä männyn siemenistä voi kuivina kasvukausina säilyä itämiskykyisinä seuraavan kasvukauden alkuun saakka.²⁰² Kosteina kesinä, jolloin taimettuminen on nopeaa ja täydellistä, tällaista jälki-itämistä kylvökesää seuraavana kasvukautena ei esiinny (kuva 4.26).

Pohjois-Suomessa männyn jälki-itäminen kylvöä seuraavina kasvukausina näyttää olevan yleisempää kuin etelässä. Sitä esiintyy erityisesti siemenissä, jotka ovat vajaasti tuleentuneita.^{55,131,192,193} Tällaisissa siemenissä alkion kehitys jatkuu metsämaassa siementen varisemisen jälkeen.¹³⁶ Siementen orastamiseen kuluu runsaasti aikaa ja se viivästyy jopa 2–4 vuoden päähän. Näyttää siltä, että pohjoisessa jälki-itäminen kuuluu männyn luontaiseen uudistumistaan ja kertoo sopeutumisesta ankariin uudistumisolosuhteisiin.

Wibeck^{192,193} laati Norrlantilaiselle männyn siemenelle erityiset jälki-itämissäännöt, joiden mukaan:

- jos samaan paikkaan kylvetään siementä eri leveysasteilta, saadaan niistä siemenistä, jotka ovat peräisin ilmastollisesti ankarimmista olosuhteista eniten jälki-itäneitä taimia.
- jos samaa alkuperää olevaa siementä kylvetään eri leveysasteille, on jälki-itäminen voimakkainta siellä, missä vallitsevat ankarimmat ilmasto-olot.

Havupuilla syyskylvöistä (elokuusta marraskuuhun) on vaihtelevia kokemuksia.^{52,74,77,192,194,196} Vanhemmassa kirjallisuudessa on varauksin suositeltu männylle myöhäistä syyskylvöä maan ollessa jo roudassa. Monissa kylvökokeissa on havaittu männyn jälki-itämistä, mikä osoittaa, että siemenen talvehtiminen metsämaassa voi toisinaan onnistua.^{55,158,166,199} Jälki-itäminen on kuitenkin yleensä niukkaa. Vain muutama prosentti kylvetyistä siemenistä näyttää säi-



Kuva 4.26. Männyn siementen itämisen ajoittuminen ja siementen itämiskyvyn säilyminen metsämaassa kuivana (1959) ja sateisena (1960) kasvukautena. Siemenet oli asetettu sammalen alle, humuspintaan avohakkuualalla Oriveden Metsäsaramäessä.²⁰²

lyttävän itävyytensä kylvöä seuraavaan kasvukauden alkuun saakka. Männyn syyskylvö kivennäismailla onkin selvästi epävarmempi menetelmä kuin kevät-kylvö.⁷⁴

Turvemailla männyn syyskylvöstä (loka-marraskuu) on saatu myönteisiä tuloksia. Jälki-itäminen näyttää turvealustalla olevan suurempaa kuin kivennäismailla. Syyskylvöjen talvehtiminen onnistui Kauniston tutkimuksessa hyvin ja sirkkataimet syntyivät jälki-idännästä kylvöä seuraavana keväänä. Syynä on mahdollisesti vähäisempi siemensyöjien määrä turvemalla, turpeen kivennäismaita suurempi happamuus tms.⁶⁹

5 Kylvötaimien kasvu ja kehitys

5.1 Alkukehitys

Ensimmäiset viikot sirkkataimi tulee toimeen siemenen sisältämän vararavinnon turvin. Männyn sirkkajuuri kasvaa siemenen sisältämien ravinteiden varassa noin 2–3 cm:n pituiseksi.

Itävästä siemenestä kehitty ensin sirkkataimi, jossa on 5–7 sirkkalehteä. Avautunut siemenkuori pysyy orastumisen alussa sirkkalehtien kärjessä, kunnes sen sisältämä vararavinto on kulunut loppuun. Ensimmäisenä kesänä taimeen kehitty yleensä ruusuke yksittäisiä, sahalaitaisia alkeisneulasia. Seuraavana kesänä kasvain pitenee ja siihen kehitty pareittain olevia neulasia, kääpiöversoja, sekä latvasilmun lisäksi muutamia silmuja, joista sitten kolmantena tai neljäntenä kesänä kehitty ensimmäinen oksakiehkura (ks. liite 2).

Itämisvaiheen jälkeen taimen kasvu riippuu valo- ja lämpöolosuhteista sekä veden ja ravinteiden saatavuudesta. Pintakasvillisuus ja kylvöalan jäännöspuusto kilpailevat kehittyvien kylvötaimien kanssa valosta, vedestä ja ravinteista.

Taimen käyttämät ravinteet ovat peräisin maaperän hajoavasta orgaanisesta aineesta. Paljas kivennäismaa on hyvä itämisalusta, mutta kasvaakseen ripeästi taimien on saatava juuristonsa kiinni humuksen sisältämiin ravinteisiin (kuva 5.1). Kylvötaimien kasvun on todettu olevan 3–4 vuoden kuluttua kylvöstä paljasta kivennäismaata parempaa kohdissa, joissa on orgaanista ainesta.¹⁹⁸ Ravinneköyhässä pohjamaassa taimet kehittyvät heikosti. Taimien ravinnetalouden kannalta olisi edullista, jos humus sekoitettaisiin kivennäismaahan, mutta pouta-kausina tällainen kuohkea alusta kuivuu herkemmin kuin puhdas kivennäismaa-alusta.

Männyn sirkkataimien kasvun ja kehityksen riippuvuutta sekä säteilystä että humuksen tarjoamista ravinteista selittävät Gastin²⁵ tekemät kokeet. Hän käytti kokeissaan kolmea erilaista kasvualustaa: (1) hyvälaatuista, helposti hajoavaa kangashumusta kuloalalta, (2) hitaasti hajoavaa, huonolaatuista kangashumusta



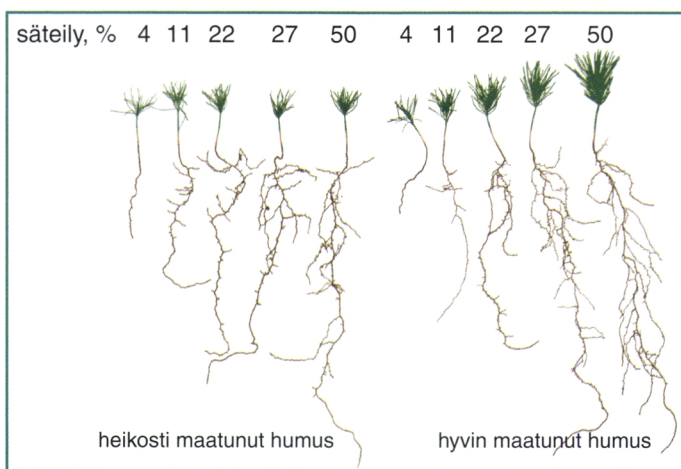
Kuva 5.1. Hyvin kehittynyt yksikesäinen männyn taimi äeskylvöstä. Huomaa juurenkärjet, jotka kasvavat välittömästi kivennäismaata peittävän humuksen alla.

kuusimetsästä sekä (3) paljasta hiekkaa. Molemmat humustyyppit sekoitettiin hiekkaan. Hyvässä humuksessa taimien massa lisääntyi suorassa suhteessa säteilyn intensiteettiin. Huonommassa humuslaadussa ja hiekassa riippuvuus oli heikompi ja sitä vähäisempi, mitä heikompileatuinen kasvualusta oli (kuva 5.2).

Männyn taimien verson ja juuriston kasvu sekä hyvä juurtuminen riippuvat sekä kasvualustan laadusta että säteilyn intensiteetistä. Mitä enemmän taimet saavat valoa, sitä voimakkaamman juuriston ne pystyvät kasvattamaan, edellyttäen että vesitalous on kunnossa.²⁰²

Puuttomien soiden ojituksen ja metsittämisen yhteydessä 1970-luvulla tutkittiin runsaasti lannoitteiden käyttöä männyn kylvön yhteydessä. Useissa tutkimuksissa todettiin, että erityisesti typpi- ja kalilannoitus vahingoittaa itäviä siemeniä ja sirkkataimia. Veteen liukenematonta raakafosfaattia voitiin käyttää jopa kylvösten katteena itämisen häiriintymättä. Vaikutukset riippuivat lisäksi turvelajista ja pohjavesipinnan syvyydestä. Taimisaanto oli yleensä sitä pienempi, mitä enemmän ja mitä lähemmäs kylvökohtaa lannoitteita annettiin.^{43,68,70,138}

Lannoituksen haitallinen vaikutus itävyyteen perustui maanesteen liialliseen väkevoitymiseen, jolloin sirkkataimet eivät kykene ottamaan vettä maasta. Kasvihuoneolosuhteissa todettiin, että taimisaanto oli yleensä huonoin pinta-lannoituksen yhteydessä ja toisaalta sitä suurempi, mitä suurempaan tilavuuteen ravinteet oli sekoitettu. Myöhemmissä tutkimuksissa on havaittu turve-



Kuva 5.2. Hyvällä ja heikkolaatuisella humus/hiekka-alustalla eri säteilytasoilla kasvatettuja (kasteltuja) kolmen kuukauden ikäisiä männyn sirkkataimia kasvihuonekokeesta.²⁵

maiden männyn kylvösten taimettuvan hyvin erityisesti tuhkalannoitetuilla mätäspinoilla.¹⁶⁴

Kivennäismaiden kylvösten lannoituksesta on niukasti tietoja. Aikoinaan Met-sähallituksen silloisessa Itä-Suomen piirikunnassa saatiin hyviä kokemuksia hienfosfaatin käytöstä kangasmailla myös männyn kylvön yhteydessä. Kylvö-laikkuja kohden lannoitetta annettiin 30–50 g ja se levitettiin laikkuun kylvettyjen siementen päälle. Lannoitetut taimet olivat viljelyvuoden syksyllä kookkaampia ja voimakkaammin kehittyneitä kuin vastaavat lannoittamattomat taimet. Taimikuolleisuutta ei esiintynyt lannoitetuilla kohteilla ensimmäisen kasvukauden jälkeen tehdyssä inventoinnissa.⁴⁷

5.2 Kylvösiemen- ja taimituhot

Abioottiset tuhot

Siementen ja sirkkataimien yleisimpiä tuhonaiheuttajia ovat toisaalta fyysiset ympäristötekijät, ennen kaikkea kuivuus ja rouste sekä pintaerosio ja siementen hautautuminen; toisaalta biologiset tuhonaiheuttajat, erityisesti siemeniä syövät linnut, nisäkkäät ja hyönteiset.

Välittömästi kylvön jälkeen siemeniä uhkaavat äärevät sääolot. Kuivuus ja paahde tuhoavat itämisen alkuvaiheessa olevia siemeniä.^{180,201} Poutajaksot haittaavat männyn kylvöksiä erityisesti karuilla ja kuivilla kasvupaikoilla, missä kevätkos-teus haihtuu nopeasti eikä riitä itämiseen ja taimien kunnolliseen juurtumiseen. Männyn siemenet ovat herkkiä kuivumaan juurtumisvaiheen alussa, kun sirkkajuuri on tunkeutunut ulos siemenkuoresta.^{101,200} Lähes kaikki männyn siemenet, jotka olivat kehittäneet 5–10 mm pitkän sirkkajuuren, kuolivat oltuaan viisi vuorokautta alttiina auringon paisteelle ja tuulelle.¹⁸⁰

Aukeilla aloilla muokatun maan pinnassa lämpötila voi hetkellisesti nousta jopa yli +50 °C:een.¹⁷⁹ Kuivat siemenet sietävät hyvin korkeita lämpötiloja, mutta sirkkataimien varsi voi korkeissa lämpötiloissa palaa. Vanhojen saksalaistutkimusten mukaan männyn sirkkataimet kuolivat +45 °C:een lämmössä kolmessa tunnissa, +50 °C:een lämmössä 30–60 minuutissa ja +55 °C:een lämmössä kymmenessä minuutissa.² Vaartajan¹⁷⁹ tutkimuksissa männyn sirkkataimet vaurioituivat pintamaan lämpötilan ollessa +54...+65 °C.¹⁷⁹

Jos juurtuminen onnistuu ja sirkkataimi ankkuroituu hyvin maahan, männyn taimet näyttävät sietävän pitkiäkin poutakausia tuhoutumatta: Häiriintymättömän juurtumisvaiheen jälkeen männyn sirkkataimet sietivät lähes kahden kuu-

kauden yhtäjaksoisen poutakauden. Taimien juuristo oli tuolloin ehtinyt seitsemän senttimetrin pituiseksi.¹⁸⁰

Juuriston hyvä kehitys on tärkeää erityisesti kuivilla kankailla. Näillä kasvu- paikoilla maan pintakerros kuivuu poutakausina nopeasti, jolloin lyhytjuurisiet taimet kuolevat helposti.¹⁰¹ Männyn sirkkataimet pystyvät sopeutumaan kuiviin kausiin myös varistamalla sirkkalehtensä, jolloin haihdunta taimesta vähenee. Sirkkasilmu säilyy kuitenkin elossa ja lähtee kasvuun kosteusolojen parantuessa.⁵⁹

Rankkasateet ja tuuli aiheuttavat kivennäismaan kylvökohdissa pintaeroosiota, jolloin siemeniä hautautuu ja kulkeutuu pois kylvökohdista (kuva 5.3). Tällaisiin tuhoihin voidaan varautua kylvämällä siemenet humuksensekaiseen tai humuksen ohuelti peittämään kivennäismaakohtaan. Humussekointu vähentää pintaeroosiota ja vaimentaa rankkasateiden vaikutuksia.¹⁹⁸

Voimakas sade voi vahingoittaa sirkkataimia, kun kivennäismaan pinnasta irtoavat hiekkajyvät takertuvat taimen, ja hautaavat sen joskus kokonaan (kuva 5.4). Tällaisten tuhojen riski pienenee, jos muokkausjälki paljastaa vain kivennäismaan pintakerroksen. Sen sisältämät orgaaniset aineet sitovat kiven-



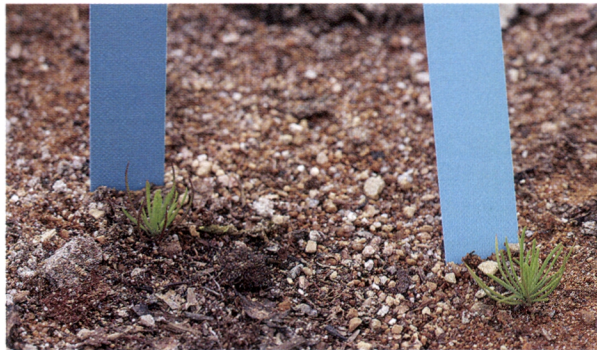
Kuva 5.3. Paljas kivennäismaapinta (edessä) on alttiimpi sade-eroosiolle kuin humuksensekainen pinta. Merkit osoittavat yksikesäisten sirkkataimien sijainnin muokkausjäljessä.

näismaapartikkelit tiukasti yhteen, jolloin eroosioriski pienenee.¹⁹⁸ Turvemailla, hyvin maatuneen turpeen pinnassa eroosio ilmenee hienon ainekseen takertumana, joka voi haudata tai kaataa taimen.¹²²

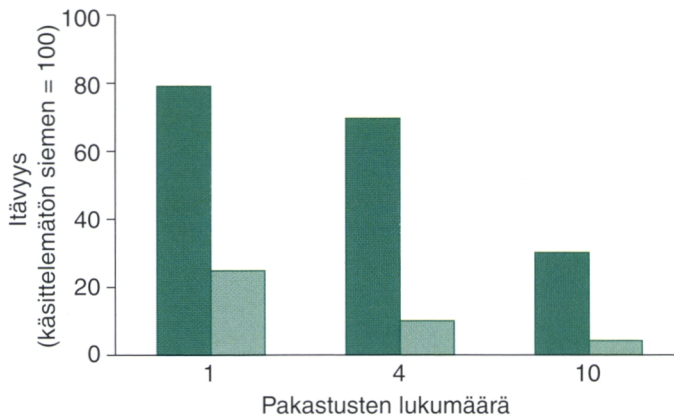
Syyskylvöissä uhkana on kostuneiden siementen jäätyminen metsämaassa. Havupuiden siementen heikko talvehtimiskyky metsämaassa osoitettiin jo viime vuosisadan alkupuolella.^{118,196} Kuivat siemenet kestävät ongelmitta $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$... $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloja, mutta kostuneiden siementen itäminen heikentyy jo $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:een lämpötilassa.¹⁴⁰ Turvemailla tehdyissä männyn syyskylvöissä tulos oli sitä parempi, mitä kuivempiin olosuhteisiin siemen oli kylvetty.⁶⁹ Vauriot siemenkuoresa alentavat pakkasenkestävyyttä¹²⁹ (kuva 5.5).

Ruotsissa on eräissä tutkimuksissa yritetty parantaa männyn kylvösiementen talvehtimista kuorruttamalla ne vahalla ja tekemällä siemenet tällä tavoin vetä hylkiviksi. Tulokset vaihtelevat ja yhtenäisen vahapeitteen aikaansaaminen siemenkuoren pinnalle on osoittautunut ongelmalliseksi.¹³⁹

Männyn sirkkataimien pakkaskestävyys on heikompi kuin siementen. Kasvihuonekokeessa 2–7 viikon ikäisten sirkkataimien pakkaskestävyys vaihteli $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$:een.¹⁵⁰ Puolet koetaimista tuhoutui $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$:een lämpötilassa. Vaartajan¹⁸⁰ tutkimuksissa männyn taimien pakkaskestävyys asettui $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$:een välille, taimien kehitysvaiheesta riippuen. Hän ei kuitenkaan saa-



Kuva 5.4. Sateen ja pintaeroosion puoliksi hautaamia männyn sirkkataimia paljaassa kivennäismaassa.



Kuva 5.5. Männyn siementen itävyys pakkaskäsittelyjen jälkeen. Näytteet (a 300 siementä) kostutettu ennen käsittelyä liottamalla niitä vuorokauden ajan $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa vedessä. Pintakuivauksen jälkeen siemenet pakastettu ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, yksi vuorokausi) kerran, neljä ja kymmenen kertaa. Käsittelyjen välillä ja ennen idätystä näytteet sulatettu $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. ■ = kontrollisiemen, □ = siemeniä rasitettu mekaanisesti (15 s ravistelu) ennen kostutusta ja pakkaskäsittelyä.¹²⁸

nut luotettavasti määritettyä taimien kestävyyttä orastumisvaiheessa, pian itämissen jälkeen.

Taimet ovat alttiita rousteelle erityisesti ensimmäistä kasvukautta seuraavan talven ja kevään aikana (kuva 5.6). Pintarouta eli rouste on neulasmaista kerroksittaista jäätä, jonka yläpinnalla on pieni määrä kariketta tai kivennäismaata. Veden kapillaarinen nousu ja lämpötilan jaksottaiset vaihtelut keväällä ja syksyllä aiheuttavat jääkerrosten muodostumista ja maanpinnan liikehtimistä. Roustetta esiintyy eniten hienossa hietamaassa (0,06–0,02 mm raekoko). Rousteen muodostuminen edellyttää, että maahiukkasten ja kasvavien jääkiteiden yhtymäkerroksessa on liikkuvaa vettä.^{26,44}

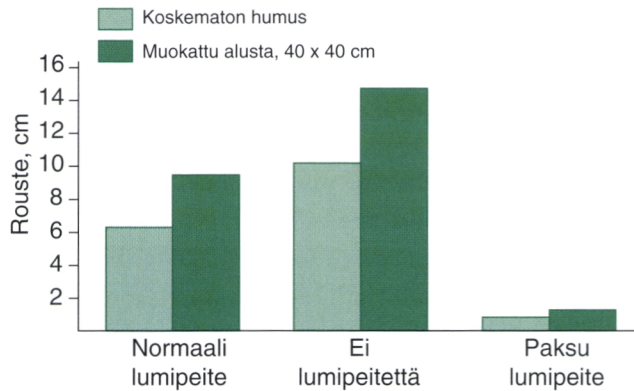


Kuva 5.6. Rousteen maasta nostamia männyn yksivuotisia kylvötaimia ensimmäisen talvehtimisen jälkeen. Nuolet osoittavat taimien luontaisen juurtumiskohdan. Kuva: Markku Nygren.

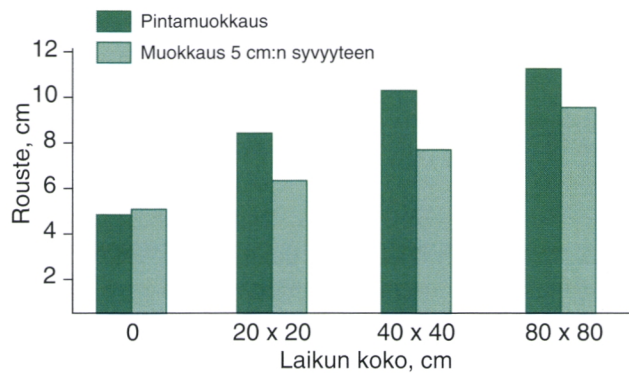
Rousetuhoja voidaan vähentää paljastamalla kivennäismaata mahdollisimman pieneltä pinta-alalta ja jättämällä kylvökohtaan ohut humuskerros. Myös lumi suojaa kivennäismaalajukkuja routimiselta; mitä vahvempi lumikerros, sitä vähäisempää on maan routiminen laikuissa (kuva 5.7).

Jos muokkaus tehdään laikuttamalla, routiminen on usein voimakkainta laikun keskellä. Laikun reunoilla olevat taimet kehittyvät keskelle syntyneitä yksilöitä nopeammin; ne ovat kookkaampia ja niillä on paremmin kehittynyt juuristo. Ne eivät kärsi samalla tavalla maan pintakerroksen liikkumisesta kuin pienemmät yksilöt laikun keskellä. Reunavaikutuksesta rousteen suhteen kertoo myös kylvölaikun koko: pienissä laikuissa routiminen on vähäisempää kuin suurissa (kuva 5.8).

Kylvökohtaan kehittyvä pintakasvillisuus varjostaa kylvötaimia ja voi runsastuessaan tukahduttaa kehittyvät sirkkataimet. Talvisaikaan lumi voi painaa muokkausjäljen reunakasvillisuuden havupuuntaimien päälle. Muokkausjäljen koko tulisi suhteuttaa kilpailevan kasvillisuuden määrään. Kohteilla missä pin-



Kuva 5.7. Lumipeitteen ja maanpinnan käsittelyn vaikutus rousteen voimakkuuteen. Rousteen voimakkuus ilmaistu mitta-anturin pystysuorana liikkeenä.^{12,169}



Kuva 5.8. Kivennäismaalaidun pinta-alan vaikutus rousteen voimakkuuteen. Rousteen voimakkuus ilmaistu mitta-anturin pystysuorana liikkeenä.^{12,169}

takasvillisuuden kilpailu on voimakasta, kylvölaikun tai muokkausjäljen on oltava laajempi kuin karummilla mailla.

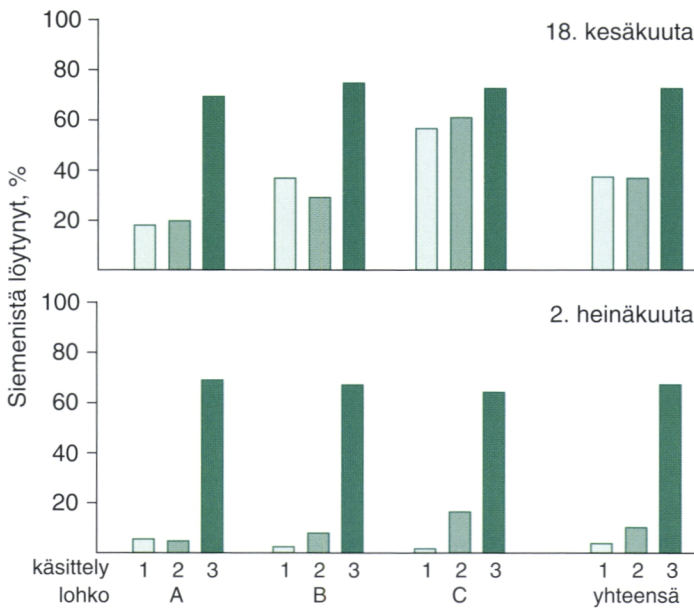
Monet kasvilajit erittävät kemiallisia yhdisteitä, jotka hidastavat siementen itämistä ja taimien alkukehitystä. Tätä ilmiötä, *allelopatiaa*, on tutkittu myös Suomessa. Kasvihuone- ja laboratoriokokeissa ainakin variksenmarja ja poronjäkäla ovat osoittautuneet männyn siementen itämiselle ja sirkkataimien kehitykselle haitallisiksi.^{17,53,204}

Bioottiset tuhot

Havupuiden siemenet ovat monien lintujen, pikkunisäkkäiden ja hyönteisten ravintoa. Eläinten aiheuttamat kylvösiementuhot ovat yleisiä, jos siementä ei peitetä ja uudistusala ympäröivien metsien siemensato on heikko. Myös sirkkataimet kärsivät eläintuhoista.

Erityisesti peippo ja järripeippo ovat osoittautuneet merkittäviksi siementen syöjiksi männyn kylvöaloilla^{10,41,42} (kuva 5.9). Linnut tavoittelevat usein siemeniä jo orastuneista taimista, sirkkalehtien kärjestä, jolloin lehdet ja toisinaan myös sirkkasilmu tuhoutuvat. Pelkkä lehtien vioittaminen ei tuhoa taimia, mutta kasvullisen silmun tuhoutuminen on tietysti lopullista (kuva 5.10). Peippojen siemensyönti on runsainta keväällä; myöhemmin kesällä, poikasaikana ne käyttävät hyönteisravintoa. Valtanen¹⁸² on kuvannut jännittävästi männyn siementuholaisten, mm. peippojen jäljittämistä Valtimolla 1960-luvulla.

Nisäkkäistä ainakin metsä- ja peltomyyrän sekä metsäpäästäisen on todettu syövän männyn siemeniä.^{41,42} Hyönteisistä erityisesti maakiitäjaiset voivat tuhota siemeniä.¹⁰⁰ Maakiitäjaiset ja muurahaiset kuljettavat usein siemeniä pois kylvökohdista. Ruotsalaisissa tutkimuksissa todettiin metsätetanin syövän itäviä



Kuva 5.9. Männyn siementen hävikki kivennäismaalakuista äeskylvöalalla Uumajan pohjoispuolella.¹⁰ Pylväät osoittavat löydettyjen ehjien siementen osuudet viikon ja kolmen viikon kuluttua kylvöstä. Käsittelyt: 1=peittämätön, 2=peitetty häkillä (silmäkoko 13 mm), jossa 2–3 cm aukot joka sivulla, 3=peitetty häkillä (silmäkoko 6 mm). Merkittävin siementuholaisten oli peippo.



Kuva 5.10. Tyypillisiä varpusen aiheuttamia sirkkataimituhoja itämisen alussa. Vasemmalta vioittumaton taimi orastumisvaiheessa; siemenkuori vielä kiinni sirkkalehtien kärjessä. Keskellä taimi, jonka sirkkalehdet vioittuneet. Oikealla kokonaan tuhoutunut taimi. Kuva: Risto Rikala.

siemeniä ja puutumattomia sirkkataimia. Mänty-kuusi sekametsässä tehdyssä kokeessa etanatuhojen määrän osoitettiin riippuvan kasvualustan kosteudesta; kuivina kasvukausina tuhot olivat vähäisempiä kuin kosteina. Etanatiheydeksi tekijät arvioivat kolme kappaletta neliometrillä.^{134,135} Männyn sirkkataimien etanatuhoja erityisesti kasvipeitteisillä koeruuduilla havaitsi myös Lehto.¹⁰¹

Siementen väri vaikuttaa niiden riskiin tulla syödyiksi. Peipot näyttävät poimivan erityisesti niitä siemeniä, jotka erottuvat väriltään selvästi alustastaan. Tummat siemenet tulevat syödyiksi vaaleasta muokkausjäljestä ja päinvas-toin.¹³³

Siementen peittäminen vähentää eläintuhoja, mutta torjunta-ainekäsittelyn tai siementen värjäyksen ei tiedetä estävän syöntiä. Pienillä hakkuualoilla ja kylvöalueiden reunoilla siemensyönti on runsaampaa kuin avoimemmilla paikoilla. Siemensyönnin on todettu olevan vähäisempää avohakkuualoilla kuin metsässä tai suojuspuuston alla.^{12,42,133} Turvemaiilla eläinten aiheuttamia siementuhoja näyttää olevan vähemmän kuin kivennäismailla.³⁰

Havupuun taimien merkittävin hyönteistuholainen on tukkimiehentäi, mutta se näyttää yleisesti jättävän männyn sirkkataimet rauhaan. Vasta 3–5-vuotiaat siementaimet ovat riittävän kookkaita kelvataksen tukkimiehentäille ravinnoksi. Pitkänen¹⁴² ym. totesivat muokkaus- ja kuloaloilla tukkimiehentäin syöntijälkiä kylvötaimissa vasta 3–4 vuoden kuluttua kylvöstä. Maanmuokkaus vähen-

tää tukkimiehentäin tuhoriskiä, koska hyönteinen välttää paljaalla kivennäismaalla liikkumista.

Hyönteisistä peltolude tunnetaan taimitarhojen tuholaisena, mutta se voi aiheuttaa sirkkataimituhoja myös metsässä. Kirjokudospistiäisen toukkia saatetaan joskus esiintyä runsaastikin männynntaimissa. Ne voivat syödä taimen lähes neulasettomaksi, mutta tuho johtaa harvoin taimen kuolemiseen.⁴

Sienituhoja männyn sirkkataimille aiheuttaa taimipolte, ”kaatumatauti” jossa taimi taittuu juurenniskasta. Sitä aiheuttavat monet eri sienilajit. Tartunta on peräisin maasta tai se leviää uudistusosalalle kylvösiementen mukana. Tartunnan saaneet taimet kuolevat sirkkataimivaiheessa kaatuen ryhmittäin. Tiheissä kasvustoissa tauti voi levitä taimesta toiseen. Kosteat ja varjoiset olosuhteet edistävät taudin ilmenemistä. Sitä esiintyy taimitarhoilla, mutta sen yleisyydestä metsäkylvöaloilla ei ole havaintoja. Avoimilla, kuivahkoilla kylvöaloilla taimipoltteen riski on todennäköisesti pieni.⁴

Vartuneempien kylvötaimien uhkana ovat talvihome, karisteet ja männyn versoruoste. Männyn talvihome leviää sekä itiöiden avulla ilmaitse syksyllä että rihmaston avulla lumen suojassa keväällä. Se on yleinen paksulumisilla alueilla Itä- ja Pohjois-Suomessa, mutta esiintymiä on myös Etelä-Suomessa (kuva 5.11).

Kylvölaikuissa, missä taimet kehittyvät usean yksilön muodostamassa tupaassa, talvihomeriski on suuri. Tuhot ovat pahimmillana noin metrisissä männynntaimikoissa. Erityisen alttiita ovat uudistusalat, jotka rajoittuvat muutamaa vuotta vanhempiin männynntaimikoihin. Näiden alaoksissa lisääntynyt talvihome leviää helposti ja tuhoaa lähellä olevia pikkutaimia. Kun taimen latva on kasvanut lumipeitteen yläpuolelle, ei talvihome enää pysty sitä vioittamaan.^{4,176}



Kuva 5.11. Männyn talvihome tartuttaa lumirajan alapuolisia neulaskertoja. Kahdeksanvuotias, harvennettu männyn kylvötaimikko. Ruotsi, Övertorneå. Kuva: Katri Himanen.

Harmaakaristetta esiintyy yleisesti männyntaimikoissa ja nuorissa männiköissä. Se tartuttaa männyn viimeiset vuosikasvaimet. Kuivilla kankailla ja luonnontaimikoissa kariste ei yleensä aiheuta merkittävää tuhoa, koska tartunta rajoittuu yksittäisiin puihin. Usein vierekkäin kasvavista puista toinen on terve ja toinen sienen saastuttama. Rehevillä paikoilla kasvavissa viljelytaimikoissa, entisillä peltomailla ja lannoitetuissa metsiköissä harmaakariste on sen sijaan haitallimpi. Sitä esiintyy koko maassa.^{4,176}



Kuva 5.12. Versoruosteen taittama kolmikesäinen männyn kylvötäimi. Uusi latvaverso kehittyy sivuversosta.

Männynversoruoste tappaa ja vioittaa männyn kasvavia versoja ja myös sirkkataimet voivat saastua. Taudin aiheuttaa ruostesieni, jonka väli-isäntä on haapa. Itiöt leviävät touko-kesäkuussa, erityisesti sadekausina, kasvaviin männyn versoihin. Tyypillisesti verso taipuu iskeytymiskohdasta (kuva 5.12). Versoruoste torjutaan hävittämällä haapa männyn viljelyaloilta mieluiten jo muutama vuosi ennen päätehakkuuta.

Tervarosoa pidetään etenkin vanhojen metsien tautina, mutta sitä tavataan nykyisin kuitenkin kaikenkokoisissa männyn luontaisissa ja viljelytaimikoissa. Esiintymät ovat harvinaisia, mutta taudin leviämistä taimikoihin on syytä tarkkailla koko maassa.⁵⁶

Tuhojen tunnistamisessa ja mahdollisten torjuntakeinojen käytössä opastaa mm. Metsäntutkimuslaitoksen MetINFO – Metsien terveys- sivut osoitteessa: <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/index.htm>

5.3 Taimettuminen ja kylvötaimikon vakiintuminen

Laikkukylvöissä kylvön onnistumista arvioidaan sen perusteella, kuinka monta tainta on syntynyt kylvölaikkua kohden ja mikä on tyhjien laikkujen osuus. Koneellisessa äeskylvössä vastaavat tunnuksat voidaan mitata muokkausjäljistä sijoittamalla niille satunnaisesti esimerkiksi 1x0,5 m näytealoja ja laskemalla niiden taimimäärät.

Käsinkylvössä muokattuun maahan keskimääräinen orastumisprosentti on noin 30 %. Järjestetyissä kokeissa, joissa siemen kylvetään painaumiin ja peitetään,

saadaan usein selvästi tätä korkeampia lukuja. Koneellisessa äeskylvössä orastuminen on heikompaa kuin käsinkylvössä; niissä orastuu 10–20 % kylvetystä itämiskykyisestä siemenestä.^{31,78,141} Orastuminen vaihtelee sääoloista riippuen, joten em. lukuja on pidettävä suuntaa antavina.

Männyn taimien kuolleisuus on yleensä suurinta kylvökesää seuraavana talvena. Uusia sirkkataimia voi syntyä seuraavina kasvukausina reunametsäsiemennyksestä ja mahdollisesti jälki-idäntänä. Yli-Vakkurin ja Räsänen²⁰³ laikkukylvöä koskevien tulosten mukaan suotuisissa oloissa neljä tainta kussakin kylvökohdassa ensimmäisenä syksynä takaa sen, että laikku on taimellinen vielä neljän vuoden kuluttua kylvöstä.

Taimien määrä vakiintuu kylvöä seuraavan 2–4 vuoden kuluessa. Tästä vaiheesta on tarkoituksenmukaista käyttää termiä *eloonjäämisprosentti*. Se ilmaistaan useimmiten suhteessa ensimmäisenä syksynä elossa olevien taimien lukumäärään.

Norrlannissa Pohjois-Ruotsissa on mitattu männyn käsinkylvökokeista seuraavat keskimääräiset orastumis- ja eloonjäämisprosentit kylvöstä kuluneen ajan suhteen:¹⁷⁵

Kasvukausi	1	2	3	4	5	10
Orastumisprosentti	34					
Eloojäämisprosentti	100	83	75	71	68	62

Myöhemmin tehdyt ruotsalaiset tutkimukset konekylvöistä ovat osoittaneet samansuuntaisia tuloksia.^{28,29,169} Ne näyttävät vastaavan jokseenkin hyvin myös suomalaisissa tutkimuksissa saatuja männyn kylvösten eloonjäämisprosentteja.^{74,123,124,145,184}

Ruotsalaisten tutkimusten perusteella on muodostettu peukalosääntö, jonka mukaan *noin puolet niistä männyn kylvötaimista, jotka ovat elossa ensimmäisenä syksynä, on hengissä vielä kymmenen vuoden kuluttua*.¹⁶⁹ Jotta kylvön tavoitetehtyteen, noin 5 000 taimeen hehtaarilla päästään, pitäisi kylvöaloilta ensimmäisenä syksynä siten löytyä noin 10 000 hyväkuntoista sirkkatainta/ha.⁷⁸

Paitsi orastumis- ja eloonjäämisprosentteina, uudistumisen onnistumista mitataan myös tyhjiä kylvölaikkujen tai taimettoman äesjäljen osuuden perusteella. Kylvettyjen siementen määrän, taimimäärän ja tyhjiä laikkujen osuuden välillä näyttää vallitsevan kiinteä yhteys.^{37,74,112,146} Mitä enemmän siementä käytetään kylvökohtaan, sitä enemmän taimia saadaan keskimäärin ruutua kohden ja sitä vähemmän esiintyy tyhjiä kylvökohtia (taulukko 5.1).

Taulukko 5.1. Männyn orastumisen riippuvuus käytetystä siemenmäärästä vakoruutu-
kylvössä Heikinheimon³⁷ mukaan. Kylvökohtia 5 000 kpl/ha, siemenen laboratorioitavuus
80 %.

Kylvetty siemeniä		Taimia ensimmäisenä syksynä, kpl			
kg/ha	kpl/ruutu	kpl/ha	kpl/ruutu	kpl/100g siemeniä	Tyhjiä ruutuja, %
0,750	30	48000	9,6	6400	6,9
0,500	20	28500	5,7	5700	8,3
0,250	10	18000	3,6	7200	13,9
0,125	5	10000	2,0	8000	29,2

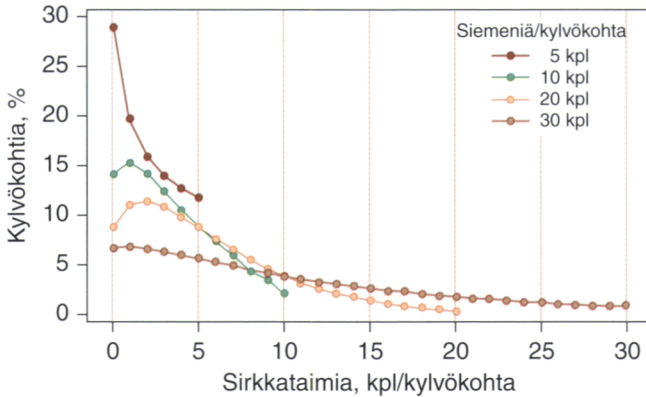
Siemenmäärän lisäyksellä kylvökohtaan on myös haittapuolensa. Lukumäärän kasvattaminen johtaa siihen, että osaan kylvökohdista kehittyi ylitieheitä taimituppaita. Niiden jälkihoito on hankalaa ja tiheissä ryhmissä taimet ovat herkkiä sienituhoille. Siemenmäärän tarpeeton kasvattaminen lisää myös kustannuksia. Pyrkimyksenä tulisi olla 2–3 vahvaa tainta kylvöaikussa tai noin metrin matkalla äesjäljessä.

Kuvassa 5.13 on Heikinheimon esittämien keskiarvolukujen perusteella lasketut tyhjien ja taimellisten laikkujen osuudet käsinkylvössä, kun laikkuun kylvetty siemenmäärä vaihtelee. Tarkastelu perustuu oletukseen, jonka mukaan taimellisten kylvökohtien lukumäärä noudattaa negatiivista binomijakautta.^{14,23,175}

Huomataan, että tyhjien kylvökohtien osuus pienee noin kolmestakymmenestä prosentista alle kymmeneen, kun kylvökohdan siemenmäärä lisätään viidestä kolmeenkymmeneen. Myös Kinnusen⁷⁴ mukaan kylvön onnistuminen yleensä parani lisättäessä siemenmäärää viidestä kolmeenkymmeneen/kylvökohta. Haittapuolena on ylitieheitiden kylvökohtien osuuden kasvu.

Tarkoituksenmukaisempaa on lisätä kylvökohtien lukumäärää kuin siementen määrää kylvökohdassa. Huolellisessa käsinkylvössä, missä siemen peitetään, voidaan käyttää noin kymmenen siementä/kylvökohta ja ehkä tätäkin niukemmin, jos siemen on hyvin (yli 90 %) itävää. Konekylvön osalta vastaavia tarkasteluja on tehty Ruotsissa. Tulosten mukaan koneellisessa äeskylyssä on edullisinta levittää siemen mahdollisimman tasaisesti muokkausjälkeen.¹⁴

Lapissa aurasaloilla tehdyissä männyn hajakylvöissä havaittiin kiinteä yhteys kylvetyn siemenmäärän ja taimettumisen välillä ensimmäisen ja toisen kasvu-



Kuva 5.13. Männyn sirkkataimien lukumäärä kylvöruuduissa ensimmäisenä syksynä eri siemenmääriillä. Negatiiviset binomijakaumat sovitettu Heikinheimon³⁷ esittämien keskiarvolukujen perusteella. Vakoruutukylvö, siemenen laboratorioitävyyys 80 %, kylvökohtia 5 000 kpl/ha.

kauden lopulla.¹⁴⁷ Parhaana kylvöaikana, kesäkuussa kylvetyn siemenmäärän ja syntyneiden taimien lukumäärän välillä oli suoraviivainen riippuvuus:

$$y = 13\,670x \quad (1)$$

missä

y= taimia, kpl/ha

x = siemeniä kg/ha; (mallin selitysaste $R^2= 93\%$).

Yhtälön mukaan, kylvettäessä 300 grammaa siementä/ha päästään hajakylvössä noin 4000 taimen hehtaariitiheyteen.

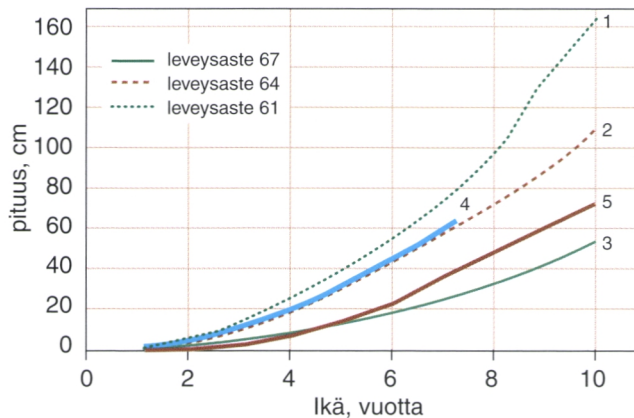
Malli näyttää kohtalaisen hyvin pitävän paikkansa hajakylvössä auratuilla ja äestetyillä kohteilla¹⁸¹ sekä myös koneellisessa äeskylvössä: Metsähallituksen Itä-Suomen alueella, missä kokeiluluontoisesti käytettiin 100 g siementä/ha, saatiin taimimääräksi 1 358 kpl/ha.¹⁴¹ Toisessa inventointiaineistossa³¹ Metsähallituksen käytännön kylvöaloilta (3–4 vuotiaat kylvöt) kehityskelpoisten taimien määrä Itä-Suomen alueella oli keskimäärin 3 757 kpl/ha, kun siemenmäärä oli 300 g/ha.

Kainuuseen ja Etelä-Lapin alueelle sekä Pohjois-Lappiin em. aineistosta lasketut taimimäärät ovat alempia (2 662 ja 2 297 kpl/ha vastaten 300 g siementä/ha) kuin yhtälöllä (1) lasketut ennusteet. Tällainen ero tuloksissa on odotettavissa tutkimusmenetelmiin ja aineistoihin sisältyvän vaihtelun takia.

Männyn kylvötaimikoissa taimettumisvaihe on ohitse kahden, kolmen vuoden ikäisissä kylvöksissä, taimien ollessa yli kymmensentisiä. Viimeistään tässä vaiheessa *taimiaines vakiintuu taimiksi* ja tällöin inventoidaan käytännössä kylvöjen onnistuminen.

Erityisesti käsinkylvössä taimet kehittyvät yleensä ryhmissä, kylvötuppaissa. Tirenin¹⁷⁶ mukaan tämä lisää männyn kylvötaimilla viiden ensimmäisen vuoden aikana tuppiaan valtataimen pituuskasvua. Hän tulkitsee ilmiön johtuvan taimien välisestä kilpailusta. Vasta hyvin suurilla taimimäärillä (yli 40 tainta/laikku) oli negatiivinen vaikutus valtataimen pituuskehitykseen. Myös Hagner ym.²⁹ ovat todenneet, että valtataimen pituuskasvu on suurempi, jos taimi kehittyy tuppaassa verrattuna yksittäin, vapaassa tilassa kehittyviin taimiin. Wennström^{187,190} on kuitenkin esittänyt päinvastaisia tuloksia.

Kylvötaimien pituuskasvu on verkkaista (kuva 5.14). Noin kuuden vuoden ikäisinä taimet ovat keskimäärin puolimetrisiä ja kahden metrin keskipituuden ne saavuttavat Etelä- ja Keski-Suomessa noin 12 vuoden iässä ja Pohjois-Suomen eteläosissa noin 16 vuoden iässä.⁶¹ Taimikkoa voidaan pitää lopullisesti vakiintuneena, kun se on reilun puolen metrin mittaista ja kehityskelpoisia taimia on riittävästi ja tasaisesti uudistusosalalla. Pohjois-Suomessa männyn kylvötaimikoita pidetään vakiintuneina vasta sitten, kun ne ylittävät lumirajan.⁵²



Kuva 5.14. Männyn kylvötaimien pituuskehitys ruotsalaisten tulosten mukaan eri leveysasteilla (1-3).¹⁶⁸ Kuvaajat (4 ja 5) suomalaisista tutkimuksista leveysasteilta P 62°–62°10' (Kinnunen⁷⁴) ja P 66°26'–67°2' (Mäkitalo¹²³).

6 Lopuksi – miten onnistun metsänkylvössä?

Metsänkylvön tulokset vaihtelevat vuodesta toiseen. Kasvukauden sääolojen ja muiden ennalta arvaamattomien tekijöiden vaikutus kylvön onnistumiseen on voimakkaampi kuin istutuksessa. Kylvötulosta voidaan kuitenkin varmentaa ja kylvön onnistumista parantaa seuraavasti:

1. Selvitä kasvupaikkatyyppi: Ensijaisia kylvökohteita ovat kivennäismaiden kuivahkot ja kuivat kankaat; turvemilla niitä vastaavat varputurvekankaat ja puolukkaturvekankaat.
2. Selvitä maalaji ja arvioi rousteriski. Moreenilla ja hienojakoisella maalla kylvötulos on yleensä huonompi kuin lajittuneella maalla. Jos hienoja lajitteita on runsaasti: istuta.
3. Raivaa tarpeen mukaan kylvösten kehitystä haittaava jätepuusto.
4. Sovita muokkauksen voimakkuus kasvupaikan ja hakkuutähteiden määrän mukaan. Ota huomioon vesiensuojelu sekä maisematekijät ja monimuotoisuus työmaasuunnittelussa.
5. Arvioi hakkuutähteiden sekä kivisyyden ja kantojen vaikutus muokkauksen jälkeen: paljastuuko kivennäismaapintaa riittävästi?
6. Kylvä aikaisin keväällä (vapusta juhannukseen) tai hyvin myöhään syksyllä, maan ollessa jo roudassa; ota huomioon syyskylvöjen suurempi epäonnistumisriski verrattuna kevätkylvöön.
7. Käsinkylvössä ripottele siemenet kivennäismaalaidun pintaan tehtyyn matalaan vakoon tai viiruun ja peitä siemen kevyesti. Vältä kuoppia ja painanteita. Kylvä mahdollisimman tuoreeseen muokkauksen jälkeen.
8. Selvitä kylvötulos ensimmäisen kerran jo kylvövuoden syksyllä tai kylvöä seuraavana keväänä; seuraa kylvöksen kehittymistä. Muistisääntö: puolet kylvökesänä syntyneistä taimista on elossa kymmenen vuoden kuluttua.
9. Käytä riittävä määrä viljelyalalle sopivaa, hyvälaatuista ja hyvin itävää siementä. Huolellisessa käsinkylvössä riittää 200–250 g/ha, konekylvössä 300–350 g/ha.
10. Säilytä siemen ennen käyttöä kuivassa ja viileässä ja käsittele siementä varoen.

Kirjallisuus

Lyhenteet:

Acta For. Fenn	Acta Forestalia Fennica
Can. J. For. Res.	Canadian Journal of Forest Research
Commun. Inst. For. Fenn.	Communicationes Instituti Forestalis Fenniae
Eur.J.For.Path.	European Journal of Forest Pathology
Folia For.	Folia Forestalia
J. Appl. Ecol.	Journal of Applied Ecology
Kungl. Skoghögskolans Skr.	Kungliga Skoghögskolans Skrifter
Medd. Norske Skogforsøksv.	Meddelelser, Norske Skogforsøksvesen
Medd. Statens Skogforsk. Inst.	Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut
Medd. Statens Skogsförsöksanstalt	Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt
Medd. Vestland. Forstl. Forsøkssta.	Meddelelser fra Vestlandets Forstlige Forsøksstasjon
New. For.	New Forests
Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr.	Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift
Scand. J. For. Res.	Scandinavian Journal of Forest Research
Seed Technol.	Seed Technology
Silva Fenn.	Silva Fennica
Svenska SkogsvFören.Tidskr.	Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift
Sveriges SkogsvFörb.Tidskr.	Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift

1. Aaltonen, V.T. 1934. Metsänhoito-opin alkeet. WSOY.
2. Aaltonen, V.T. 1940. Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. WSOY.
3. Aaltonen, V.T. 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Acta For. Fenn. 50.6.
4. Annala, E. & Kurkela, T. 2001. Taimien tuhonaiheuttajat. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen, s. 101–109. Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus.
5. Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E.K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen Aikakauslehti N:o 11:315–316.
6. Appelroth, S-E. 1978. Ilma-alusten käyttö metsänkylvössä. Metsä ja Puu 95(1):6–9.
7. Ari, T. 1997. Metsittäminen onnistuu konekylvöllä. Metsähallitus. Metsätalouden kehittämissyksikkö. Tiedote 7/1997.
8. Arnborg, T. 1950. Om sädd- och planteringsmetoder. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 1:27–38.

9. Bergman, F. 1959. Försök att öka groningenenergin och grobarhet hos skogsfrö. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 58(1):15–36.
10. Bergsten, U. 1985. A study on the influence of seed predators at direct seeding of *Pinus sylvestris* L. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. Skogsskötsel, Rapporten Nr 13.
11. Bergsten, U. 1988. Pyramidal indentations as a microsite preparation for direct seeding of *Pinus sylvestris* L. Scand. J. For. Res. 3:493–503.
12. Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. & Ottoson-Löfvenius, M. 2001. Frost heaving in a boreal soil in relation to soil scarification and snow cover. Can. J. For. Res. 31:1084–1092.
13. Bjor, K. 1965. Temperaturgradientens betydning för vannhusholdningen på skogsmark. The influence of the temperature gradient on the water movement in forest soils. Medd. Norske Skogforsøkssv. 76 (5):275–299.
14. Bondesson, L. 1988. On the gain by spreading seeds; a statistical analysis of sowing experiments. Scand. J. For. Res. 3:305–314.
15. Borg, A. 1931. Metsän kylvö ja istutus. Keskumetsäseura Tapion käsikirjasia N:o 15.
16. Borg, L. 1935. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913–1930. Silva Fenn. 38:1–136.
17. Brown, R.T. & Mikola, P. 1974. The influence of fruticose soil lichens upon the mycorrhizae and seedling growth of forest trees. Seloste: Jäkälän vaikutuksesta puiden mykorrhizoihin ja taimien kasvuun. Acta For. Fenn. 141.
18. Chantal, M.de, Leinonen, K., Ilvesniemi, H. & Westman, C.J. 2003. Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds. Can. J. For. Res. 33:931–945.
19. Charlesworth, E. & Horváth, B. 1994. Projekt "Mikropreparering för maskinell sådd". Rapport. ForeCare AB, 1994-03-01. Moniste.
20. Dengler, A. 1925. Über die Wirkung der Bedeckungstiefe auf das Auflaufen und die erste Entwicklung des Kiefersamens. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 7:385–408.
21. Eide, E. 1925. Om såforsøk med nord-norsk furufrø. Medd. Norske Skogforsøkssv. 1:80–94.
22. Eneroth, O. 1931. Försök rörande hyggeaskans inverkan på barrträdrörets ggroning och plantornas första utveckling. Commentationes Forestales 5:1–67.
23. Eneroth, O. 1945. Om frömängden vid fläcksådd samt om sambandet mellan plantantal pr ha och slutenhetsgrad vid självsådd. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 6: 161–222.
24. Fries, C. 1984. Den frösådda björkens invandring på hygget. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. Nr 3–4:35–50.
25. Gast, P.R. 1937. Studies on the development of conifers in raw humus.III. The growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. Medd. Statens Skogsförsöksanstalt 29(7–9):587–682.
26. Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: a review. New For. 9:67–94.
27. Granström, A. & Fries, C. 1985. Depletion of viable seeds of *Betula pubescens* and *Betula verrucosa* sown onto some north Swedish forest soils. Can. J. For. Res. 15:1176–1180.
28. Hagner, M. 1990. Direct seeding of pine and spruce in Sweden. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Skogsskötsel, Arbetsrapporter Nr 37.

29. Hagner, M., de Jong, A. & Persson, B. 1994. Sådd av tall (*Pinus sylvestris* L.) efter markberedning med harv. Resultat av en försöksserie anlagd 1980–1984. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Skogsskötsel, Arbetsrapporter Nr 89.
30. Hahl, J. 1976. Männyn kylvöajankohdan vaikutus taimien myöhempään kehitykseen turvemailla. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos, 45 s.+ liites.
31. Hakonen, T. 2007. Siemenmäärän ja kylvöajankohdan vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, 40 s.
32. Harstela, P. 2004. Kustannustehokas metsänhoito. Gravita Oy. Keuruu.
33. Hedemann-Gade, E. 1927. Undersökningar angående lämpligaste tiden för sådd av barrträdsfrö. Svenska SkogsvFöreb.Tidskr. 25:5–50.
34. Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Keisarillisen Senaatin Kirjapaino.
35. Heikinheimo, O. 1931. Vakoruutukylvö - suositeltava metsänkylvömenetelmä. Metsätietoa I (2):45–56.
36. Heikinheimo, O. 1931. Metsien luontainen uudistaminen. Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia No. 22.
37. Heikinheimo, O. 1932. Tuloksia metsänviljelymenetelmiä koskevista kokeista. I. Metsätietoa I (4): 134–150.
38. Heikinheimo, O. 1940. Uudistusalojen maanpinnan käsittely ja taimettuminen. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 57: 195–202.
39. Heikinheimo, O. 1941. Kuusen kylvöstä ja sen edellytyksistä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 58(7): 193–200.
40. Heikinheimo, O. 1942. Metsäpuiden taimien kasvatusta taimitarhassa. Referat: Versuche in Baumschulen. Commun. Inst. For. Fenn. 29(1):1–97.
41. Heikkilä, R. 1974. Miten kylvösiementuhoilta voidaan välttyä? Metsä ja Puu 6–7/1974.
42. Heikkilä, R. 1977. Eläimet kylvetyn männyn ja kuusen siemenen tuhoajina Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 89(5): 1–35.
43. Heikurainen, L., Päivänen, J. & Seppälä, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Silva Fenn. 119.2:1–21.
44. Heiskanen, J. 2003. Maaperän ominaisuudet – fysikaaliset ominaisuudet. Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.): Metsämaa ja sen hoito, s. 39–62. Metsäntutkimuslaitos ja Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
45. Helenius, P. 2010. Metsäpuiden siemenhuollon laatuketju. Hankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 160.
46. Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Mäkipää, R., Reinikainen, A. & Tonteri, T. 2008. Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun. Metsäkustannus ja METLA.
47. Huikari, O. & Paavilainen, E. 1972. Metsän lannoitus. Keskusmetsälautakunta Tapion julkaisuja. Toinen painos. Kirjayhtymä.
48. Huss, E. 1959. Om sådd- och täckningsdjup och några jämförelser mellan spårsådd och myllsådd. Svenska SkogsvFören.Tidskr. 57:415–424.
49. Huuri, O. 1969. Katsaus metsänviljelytekniikan kehitykseen. Teoksessa: Lehto, J. (toim.) Metsänviljely, s. 325–370. Kirjayhtymä.
50. Hyppönen, M. 1998. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. Metsätieteen aikakauskirja 1/1998:65–74.
51. Hyppönen, M., Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2004. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksien 2. painos. Kajaanin Kirjapaino Oy.

52. Hyppönen, M. & Karvonen, L. 2005. Kylvö. Teoksessa: Hyppönen, M., Hallikainen, V. & Jalkanen, R. (toim.). Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa, s. 74–81. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
53. Hytönen, J. 1992. Allelopathic potential of peatland plant species on germination and early seedling growth of Scots pine, silver birch and downy birch. Tiivistelmä: Suokasvien allelopaattisista vaikutuksista männyn sekä raudus- ja hieskoivun siementen itämiseen ja taimien ensikehitykseen. *Silva Fenn.* 26(2): 63-73.
54. Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Julkaisuja 22/2006.
55. Häggman, J. 1987. Voiko männyn siemen jälki-itää? *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 115–122.
56. Jalkanen, R. 2003. Havupuutaimikoiden tuhojen esiintyminen ja merkittävyys Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2003:59–68.
57. Johansson, M. 1990. Laboratorietest av tallfrö under stress – ett prognosinstrument inför fältsådd. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1990–9. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för Skogsskötsel.
58. Juntunen, M–L. 2010. Metsäntutkimuslaitos, Metsätalastollinen tietopalvelu.
59. Järveläinen, T. 1955. Metsänomistajan tietokirja, 2. painos. WSOY.
60. Kaila, A. 2007. Kuusen siementen hapenkulutuksen mittaaminen happielektrodimetelmällä – esitutkimus. *Metsäekologian pro gradu-tutkielma*. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 74 s.
61. Kaila, S. 1993. Metsänuudistamisen tuloksen määrittäminen ja männyn uudistamisen tuloksia. *Metsätehon tiedotus* 409.
62. Kalela, E.K. 1945. Metsät ja metsien hoito. *Metsänhoidon alkeita*. WSOY.
63. Kalela, E.K. 1954. Mäntysiemenpuiden ja –puustojen juurisuhteista. *Acta For. Fenn.* 61.28.
64. Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen, P.K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 56.
65. Karlsson, C. & Örlander, G. 2004. Naturlig föröngning av tall. *Skogsstyrelsen, Rapport* 4/2004.
66. Karlsson, H., Lundmark, J., Sundqvist, H., Wahlgren, B., Jacobsson, J. & Johansson, O. 1999. Handbok i återväxtplanering. Virkeskvalité –Ståndortsanpassning –Naturvård. AssiDomän. ISBN 91-630-8104-0
67. Karppinen, H. 2001. Metsänomistaja tavoitteiden asettajana. Teoksessa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). Onnistunut metsänuudistaminen, s. 20–23. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus*.
68. Kaunisto, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 75.2.
69. Kaunisto, S. 1974. Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. *Folia For.* 203.
70. Kaunisto, S. 1975. Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla. *Kasvihuonekokeita. Folia For.* 235.
71. Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. *Folia For.* 625.
72. Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. *Folia For.* 531.
73. Kinnunen, K. 1990. Ensituloksia rehevien kivennäismaiden kylvöistä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 369:15–21.

74. Kinnunen, K. 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. *Folia For.* 785.
75. Kinnunen, K. 1992. Tuloksia kone- ja käsinkylvöstä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 426:123–133.
76. Kinnunen, K. 1994. Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:27–35.
77. Kinnunen, K. 1995. Kevät- ja syyskylvön onnistuminen eri puulajeilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 593:4–9.
78. Kinnunen, K. 2001. Viljely. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). *Onnistunut metsänuudistaminen*, s. 139–147. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus*.
79. Kinnunen, K. 2003. Konekylvön käyttökelpoisuus männyn uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2003: 69–72.
80. Kinnunen, K. 2008. Koivun kylvö. Teoksessa: Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. (toim.): *Koivun kasvatusta ja käyttöä*, s. 77–79. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkustannus Oy*.
81. Kinnunen, K. & Mäki-Kojola, S. 1980. Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa. *Folia For.* 449.
82. Kinnunen, K. & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. *Folia For.* 535.
83. Kolström, T. 1991. Kuusen kylvö- ja istutuskoe viljavilla kivennäismailla Pohjois-Karjalassa. Abstract: Results from sowing and planting experiment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on fertile sites in North Karelia, Finland. *Silva Fenn.* 24(2):85–97.
84. Konttinen, K. 1995. Jalojen lehtipuiden siementen käsittely. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 573.
85. Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Miina, J., Saksa, T. & Viiri, H. 2010. Metsänuudistamisen tila Suomessa VMI10:n aineistojen perusteella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2010:425–478.
86. Korhonen, P. & Mänty, J. 1991. Koneellinen kylvö maanmuokkauksen yhteydessä. Konekylvöjen inventointitulokset ja kylvölaitteiden esittely. *Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tiedote* 3/1991.
87. Korhonen, P. & Kumpare, T. 1994. Koneellisesti kylvettyjen uudistusalojen taimetumistulokset hyviä. *Metsähallitus, kehittämisyksikkö. Tiedote* 2/1994.
88. Koski, V. 2001. Alkuperän merkitys metsänviljelyssä. Teoksessa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.): *Onnistunut metsänuudistaminen*, s. 152–155. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus*.
89. Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. *Folia For.* 364.
90. Kubin, E. 1995. Männyn siemenpuiden poiston ajankohta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 552: 20–27.
91. Kujala, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia männyn ja kuusensiemenien rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 12.
92. Kärkkäinen, M. 2010. *Metsieni kirja*. Metsäkustannus Oy.
93. Kärkkäinen, P. 1979. Kylvön mekanisointi. *Metsäntutkimuslaitos, Metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste* 4/1979.

94. Laine, J. & Vasander, H. 2005. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. Metsäkustannus Oy.
95. Laitakari, E. 1935. Hakkaustähteet metsänhoidolliselta kannalta. Acta For. Fenn. 42.1.
96. Laki metsälain muuttamisesta 822/2010.
97. Laki metsänviljelyaineiston kaupasta 241/2002.
98. Lappi-Seppälä, M. 1931. Eräitä havaintoja reunametsän vaikutuksesta taimiston kehitykseen. Metsätaloudellinen Aikakauskirja 48:193–196.
99. Lehtiniemi, T. 1973. Turvepuristeet ja männyn kylvö. Summary: Use of peat briquettes in seeding of Scots pine. Silva Fenn. 7(4):277–283.
100. Lehtiniemi, T. 1976. Männyn ja kuusen siementen tuhoutuminen metsämaassa. Merkkiaimenemenetelmän soveltaminen tuholaislajiston tutkimiseen. Helsingin yliopisto, Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja N:o 12.
101. Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. Väitöskirja. Eripainos julkaisusta Acta For. Fenn. 66.
102. Lehto, J. 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuuja suojuuspuumenetelmällä. Commun. Inst. For. Fenn. 67.4.
103. Lehto, J. & Antola, A. 1969. Metsänkylvö. Teoksessa: Lehto, J. (toim.). Metsänviljely, s. 165–189. Kirjayhtymä.
104. Lehto, J. & Simolinna, J. 1966. Metsäpuiden taimien kasvattaminen. Kirjayhtymä.
105. Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä.
106. Lehtonen, L. 1950. Kokeita ja havaintoja siementen itämisestä. Metsätietoa nro 3–4:15–20.
107. Leikola, M. 1987. Metsien luontainen uudistaminen Suomessa. I. Harsintahakkuiden ajasta harsintajulkilausumaan (1830–1948). Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja N:o 57.
108. Leikola, M. 1987. Metsien luontainen uudistaminen Suomessa. II. Harsintajulkilausumasta nykyhetkeen (1948–1986). Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja N:o 60.
109. Lemberg, T. & Puttonen, P. 2002. Kulottajan käsikirja. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
110. Lukkala, O.J. 1936. Rämemäntyjen siementen laadusta. Commun. Inst. For. Fenn. 22.3.
111. Luoranen, J., Saksa, T., Finér, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Metsäntutkimuslaitos.
112. Lähde, E. 1979. Männyn, kuusen ja lehtikuusen suoja- ja avokylvö aurauksen pientareessa ja palteessa. Commun. Inst. For. Fenn. 97(4).
113. Løken, A. 1959. Spireforsøk i kjølerum. Germination experiments in a refrigerator chamber. Medd. Vestland. Forstl. Forsøkssta. 33(1):1–20.
114. Löyttyniemi, K. 1969. Männyn ja kuusen siementien esikäsitteilyn vaikutuksesta itämiseen ja taimien alkukehitykseen kasvihuoneolosuhteissa. Summary: On the effect of pretreatment of pine and spruce seeds on their germination and early development of the seedlings. Silva Fenn. 3(3):201–212.
115. Melders, K. 1929. Neue Walsdaatmethode (vorläufige Mitteilung). Selostus: Uusi metsänkylvömenetelmä. Commentationes Forestales 3.
116. Metsälaki 12.12.1996/1093.

117. Metsätilastollinen vuosikirja 2010. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2010. Metsäntutkimuslaitos.
118. Mork, E. 1933. Temperaturen som foryngelsesfaktor i de nordtrønderske granskoger. Medd. Norske skogforsøksv. Nr 16, Bind V, Hefte 1.
119. Mork, E. 1938. Gran- og furufrøets spiring ved forskjellig temperatur og fuktighet. Summary: Germination of spruce and pine seed at various temperatures and different degrees of moisture. Medd. Norske skogforsøksv. Nr 21, Bind VI.
120. Mork, E. 1949. Forsøk med markberedning og såing i Ljørdalen statsskog. Experiments on screefing and sowing in Ljørdalen state forest. Medd. Norske Skogforsøksv. 10:225–304.
121. Mork, E. 1965. Såforsøk med furu til forskjellige tider i vegetasjonsperioden. Sowing experiment with seed from Scots pine at different time during the growing season. Medd. Norske Skogforsøksv. 20(3):171–201.
122. Multamäki, S.E. 1940. Kuusen kylvöstä ja istutuksesta metsitettävillä soilla. Acta For. Fenn. 47.3
123. Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. Scand. J. For. Res. 14:512–525.
124. Mäkitalo, K. & Heiskanen, J. 2001. Männynviljelyn onnistuminen ja siihen vaikuttavat tekijät – tuloksia pitkäaikaisesta metsänviljelykokeesta Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 803: 71–103.
125. Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Folia For. 137.
126. Niemi, K. 2010. Metsäpuiden siementuotannon tulevaisuus – organisaatorakenne ja julkinen rahoitus. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 185.
127. Nikkanen, T., Karvinen, K., Koski, V., Rusanen, M. & Venäläinen, M. 1999. Kuusen ja männyn siemenviljelykset ja niiden käyttöalueet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 730.
128. Nilsson, J.P. 1963. Studier över mekaniska skador av tallfrö. Summary: Studies of mechanical injuries on pine seed (*Pinus sylvestris* L.). Norrl. SkogsvFöreb. Tidsskr. 1:57–95.
129. Nordström, L. 1955. Om eftergroning hos tallfrö. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 53(1):89–100.
130. Nygren, M. 1987. Koivun siementen itämisekologiaa. Sorbifolia 18(1):17–20.
131. Nygren, M. 2002. Havupuiden syyskylvöistä. Metsätieteen aikakauskirja 1/2002: 50–51.
132. Nygren, M. 2003. Metsäpuiden siemenopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882.
133. Nystrand, O. & Granström, A. 1997. Post-dispersal predation on *Pinus sylvestris* seed by *Fringilla* spp: ground substrate affects selection for seed color. Oecologia 110:353–359.
134. Nystrand, O. & Granström, A. 2000. Predation on *Pinus sylvestris* seeds and juvenile seedlings in Swedish boreal forest in relation to stand disturbance by logging. J. Appl. Ecol. 37(3): 449–463.
135. Nystrand, O. & Granström, A. 1997. Forest floor moisture controls predator activity on juvenile seedlings of *Pinus sylvestris*. Can. J. For. Res. 27:1746–1752.
136. Olderz, C. 1921. Om orsaker till eftergroning hos norrlandstallens frö. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 19:157–172.
137. Oleskog, G. 1999. The effect of seedbed substrate on moisture conditions, germination and seedling survival of Scots pine. Doctoral thesis. Acta Univ. Agriculturae Sueciae. Silvestria 99.

138. Paavilainen, E. 1970. Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 72.1.
139. Pamuk, G. S. 2004. Controlling water dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds before and during seedling emergence. Väitöskirja. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 305.
140. Pamuk, G.S., Bergsten, U. & Lingois, P. 2003. Freezing response in Scots pine seeds as assessed by DSC and germination test. *Seed Technol.* 25(2):92–103.
141. Peltola, J. 2010. Itä-Suomen konekylvön tulokset. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, metsätieteiden pro gradu-tutkielma. 49 s.
142. Pitkänen, A., Järvinen, E., Turunen, J., Kolström, T. & Kouki, J. 2005. Kulotuksen ja maanmuokkauksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja kylvötaimien varhaiseen eloonjääntiin. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2005:387–397.
143. Pohtila, E. 1972. Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930–45 tehdyistä kuusiviljelyistä. *Folia For.* 156.
144. Pohtila, E. 1974. Ei luovuta vielä kulotuksesta. *Metsä ja Puu* (6–7):24–25.
145. Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. *Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. Commun. Inst. For. Fenn.* 91(4).
146. Pohtila, E. 1978. Männyn hajakylvö. Esitelmä Rovaniemen ja Kolarin tutkimus-asemien tutkimuspäivillä 21.-22.2.1978. *Metsäntutkimuslaitos. Moniste*, 9 s.
147. Pohtila, E. & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. *Silva Fenn.* 19(3):245–270.
148. Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. *Metsäkustannus Oy.*
149. Redko, G. & Mälkönen, E. 2001. Lintulan lehtikuusimetsä. *Gummerus Kirjapaino Oy.*
150. Rikala, R. & Repo, T. 1987. Frost resistance and frost damage in *Pinus sylvestris* seedlings during shoot elongation. *Scand. J. For. Res.* 2:433–440.
151. Rosochacka, J. & Grzywacz, A.P. 1979. The colour of *Pinus sylvestris* L. seeds and their susceptibility to damping-off. I. The colour and quality of and fatty acid content in the seed coat. *Eur. J. For. Path.* 10:138–144.
152. Rosochacka, J. & Grzywacz, A.P. 1980. The colour of *Pinus sylvestris* L. seeds and their susceptibility to damping-off. II. Colour of the seed coats and their chemical composition. *Eur. J. For. Path.* 10:193–201.
153. Rummukainen, A. 2001. Koneellinen kylvö. Teoksessa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). *Onnistunut metsänuudistaminen*, s. 142–143. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus.*
154. Rummukainen, A., Tervo, L., Kautto, K. & Pulkkinen, M. 2011. Maanmuokkaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männyn kylvössä Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011:13–33.
155. Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. *Suo* 53(2):41–60.
156. Saarinen, M. 2005. Metsänuudistaminen turvemailla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 947:177–193.
157. Saksa, T. & Kankaanhuhta, V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. *Metsänuudistamisen laadun hallinta-hankkeen loppuraportti. Gummerus Kirjapaino Oy.*
158. Sarasto, J. & Seppälä, K. 1964. Männyn kylvöstä ojitettujen soiden sammal- ja jäkäläkasvustoihin. *Suo* 15(3):54–58.

159. Sarvas, R. 1949. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 37(6).
160. Sarvas, R. 1949. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 35(4).
161. Sarvas, R. 1964. Havupuut. WSOY.
162. Savonen, E-M. & Ruotsalainen, S. 2005. Männyn siemenen koko ja sen vaikutus metsäkylvöissä. *Taimiuutiset* 2:19–21.
163. Seppälä, K. 1968. Välituloksia ojitettujen soiden viljelykokeista. Summary: Results on seeding and planting experiments in peatland. *Suo* 19(2):30–38.
164. Silverberg, K. 1995. Forest regeneration on nutrient-poor peatlands: Effects of fertilization, mounding and sowing. *Silva Fenn.* 29(3):205–215.
165. Simolinna, J. 1962. Lintujen aiheuttamat tuhot ja niiden torjunta. *Kasvinsuojeluseuran julkaisuja* Nro 21:31–35.
166. Sirén, G. 1952. Havaintoja Perä-Pohjolan valtion mailla vuosina 1948-50 suorite-
tuista männyn kylvöistä. *Silva Fenn.* 78:1–40.
167. Sirén, G. 1957. Lentokonekylvön tulokset. Eripainos *Metsätaloudellinen Aika-*
kauslehti n:o 10.
168. Solantie, R. 1974. Kesän vesitaseen vaikutus metsä- ja suokasvillisuuteen ja linnus-
toon sekä lämpöolojen välityksellä maatalouden toimintaedellytyksiin Suomessa.
Silva Fenn. 8(3):160–184.
169. Såd. 2008. Skogsskötselserien nr 5. Saatavissa: [http://www.skogsstyrelsen.se/
episerver4/dokument/sks/Fakta_om_skog/Skogsskotselserien/Sadd/5_Sadd.pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/dokument/sks/Fakta_om_skog/Skogsskotselserien/Sadd/5_Sadd.pdf)
[viitattu 26.9.2011]
170. Tapion siemenkeskuksen kylvöohjeet. 2011. Saatavissa: [http://www.tapio.fi/siemen-
tapio](http://www.tapio.fi/siemen-
tapio) [viitattu 26.9.2011]
171. Terti (Hertz), M. 1934. Tutkimuksia kasvualustan merkityksestä männyn uudis-
tumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 20(2).
172. Terti, M. 1939. Paksusta sammalesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä.
Metsätaloudellinen Aikakauslehti 56(9):150–154.
173. Tillman-Sutela, E., Johansson, A., Laakso, P., Mattila, T. & Kallio, H. 1995. Triacylglycerols in the seeds of northern Scots pine, *Pinus sylvestris* L., and Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *Trees* 10:40–45.
174. Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 2001. Rakenteellinen kypsyytensä männyn sie-
menten keräysajankohdan määrittäjänä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja*
803:47–54.
175. Tiren, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrö i Norrland. Abstract:
On experiments in sowing pine and spruce seed in northern Sweden. *Medd. Stat.
Skogsforskn. Inst.* 41(7).
176. Tiren, L. 1953. Jämförelser mellan olika såddmetoder. Abstract: Comparisons
between different sowing methods. *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.* 43(9).
177. Troedsson, T. 1955. Vattnet i skogsmarken. *Kungl. Skoghögskolans skrifter* Nr 20.
178. Uotila, A. & Kankaanhuhta, V. 1999. Metsätuhojen tunnistus ja torjunta. *Metsä-*
lehti Kustannus.
179. Vaartaja, O. 1949. High surface soil temperatures. On methods of investigation,
and thermocouple observations on a wooded heath in the south of Finland. *Oikos*
1(1):6–28.
180. Vaartaja, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings.
Selostus. Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. *Acta For. Fenn.*
62(3).

181. Wall, A. & Kubin, E. 2000. Maanmuokkaustavan ja maalajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000:5–1
182. Valtanen, J. 1969. Kylvösiemenen tuhoutumisesta. *Metsä ja Puu* 86(4):19–20.
183. Valtanen, J. 1979. Kuohkeutuksen vaikutus kylvötulokseen. *Metsä ja Puu* (4):12–14.
184. Valtanen, J. & Tasanen, T. 1996. Männyn viljelytavan valinta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 608.
185. Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 1234/2010.
186. Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Väitöskirja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585.
187. Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Suecica Silvestria* 204.
188. Wennström, U. & Almqvist, C. 1998. Fröet – embryot till den nya skogen. Skog-Forsk, Utvecklingskonferens 1998. Moniste, 14 s.
189. Wennström, U., Bergsten, U. & Nilsson, J-E. 1999. Mechanized microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forest - a way to create desired spacing at low cost. *New forests* 18:179–198.
190. Wennström, U., Bergsten, U. & Nilsson, J-E. 2001. Early seedling growth of *Pinus sylvestris* after sowing with a mixture of stand and orchard seed in dense spacings. *Can. J. For. Res.* 31:1184–1194.
191. Venäläinen, M. & Koponen, M. 1997. Metsää halutaan viljellä jalostetuilla siemenillä ja taimilla. Kyselytutkimuksen tulokset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 641.
192. Wibeck, E. 1917. Om eftergroning hos tallfrö. *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt* (13–14):201–234.
193. Wibeck, E. 1920. Det norrländska tallfröets grobarhet. *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt* 17:1–20.
194. Wibeck, E. 1927. Vår eller höstsådd? *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt* 23:217–294.
195. Wiksten, Å. 1948. Om några faktorer av betydelse för såddresultatet jämte preliminära resultat från några täcksåddförsök. *Medd. Statens Skogsforskn. Inst.* 37(4):1–34.
196. Wikström, K. 1922. Höstsådd eller vårsådd av tall? *Svenska SkogsvFören. Tidskr.* 20:144–160.
197. Winsa, H. 1995. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. *Avhandling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. För Skogsskötsel.*
198. Winsa, H. 1995. Influence of rain shelter and site preparation on seedling emergence of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. *Scand. J. For. Res.* 10: 167–175.
199. Winsa, H. & Bergsten, U. 1994. Direct seeding *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lost of different quality: 2-year results. *Can. J. For. Res.* 24: 77–86.
200. Yli-Vakkuri, P. 1961. Emergence and initial development of tree seedlings on burnt-over forest land. *Seloste: Taimien syntymisestä ja alkukehityksestä kulotetuilla alueilla. Acta For. Fenn.* 74(1).
201. Yli-Vakkuri, P. 1961. Taimien synty ja kehitys uudistumisen kriisivaiheena. Summary: Emergence and initial development of seedlings - a critical phase in regeneration. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 78(6–7):237–240.
202. 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 For. Fenn.* 75(1).
203. Yli-Vakkuri, P. & Räsänen, P.K. 1971. Siementen peittämisen ja kylvökohdan polkaisun vaikutus männyn ruutukylvön tulokseen. *Silva Fenn.* 5(1):1–10.
204. Zackrisson, O. & Nilsson, M-C. 1989. Allelopati och dess betydelse på svårföryngrade skogsmarker. *Skogsfakta, Biologi och skogsskötsel* nr 59, 6 s.
205. Zlobin, Yu.A. 1977. Ecology of germinating seeds of Scotch pine and Norway spruce. Translated from *Ekologiya* 1:40–45.

Liite I

Siemenpakkausten etiketissä ilmoitettavat tiedot:

1. metsänviljelyaineiston toimittajan nimi tai toiminimi
2. puulajin kasvitieteellinen nimi ja Suomessa tuotetun aineiston suomen- tai ruotsinkielinen nimi
3. metsänviljelyaineiston määrä
4. kantatodistuksen koodi ja numero
5. perusaineiston rekisteriviite tai lähtöisyysalueen tunnistekoodi
6. perusaineiston tyyppi
7. metsänviljelyaineiston luokka
8. luokkaan *siemenlähde tunnettu* kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä sen pituus- ja leveysvyöhykkeet, luokkaan valikoitu kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä pituus- ja leveysasteen mukaan määritelty maantieteellinen sijainti ja luokkiin *alustavasti testattu* ja *testattu* kuuluvan perusaineiston tarkka maantieteellinen sijainti;
9. tieto siitä, onko perusaineisto alkuperäistä, muuta kuin alkuperäistä vai onko sen alkuperä tuntematon, sekä sijaitseeko perusaineisto luontaisella levinneisyysalueellaan tai muulla kuin luontaisella levinneisyysalueellaan. Muun kuin alkuperäisen tai muulla kuin luontaisella levinneisyysalueellaan olevan perusaineiston osalta merkitään tieto alkuperästä, jos se on tiedossa;
10. testatun aineiston osalta tieto siitä, onko aineistoa muunnettu geeniteknikalla
11. metsänviljelyaineiston käyttötarkoitus
12. siementen tuleentumisvuosi
13. puhtaan siemenen, muiden siementen ja roskien prosenttiosuus siemen-erän painosta. Muiden siementen ja roskien prosenttiosuutta ei tarvitse ilmoittaa, jos muiden siementen osuus on alle 0,05 prosenttia siemen-erän painosta
14. puhtaan siemenen itävyysprosentti taikka mikäli sen arvioiminen on mahdotonta tai käytännössä vaikeaa, yksilöidyllä menetelmällä arvioitu elinkykyisten siementen prosenttiosuus
15. puhtaan siemenen tuhatjyvápaino
16. itävien siementen määrä kilogrammassa siemeniä taikka, jos itävien siementen määrää on mahdotonta tai käytännössä vaikea arvioida, elinkykyisten siementen määrä kilogrammaa kohden.

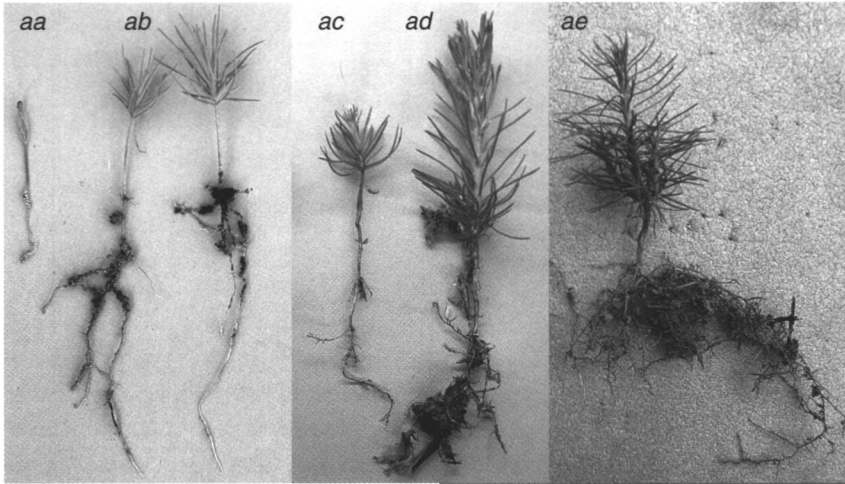
(Kohtien 13 ja 15 tietoja ei kuitenkaan tarvitse ilmoittaa haavan, koivun ja lepän siemenistä)

Suomessa tuotetusta ja markkinoitavasta metsänviljelyaineistosta on lisäksi annettava ostajalle seuraavat tiedot:

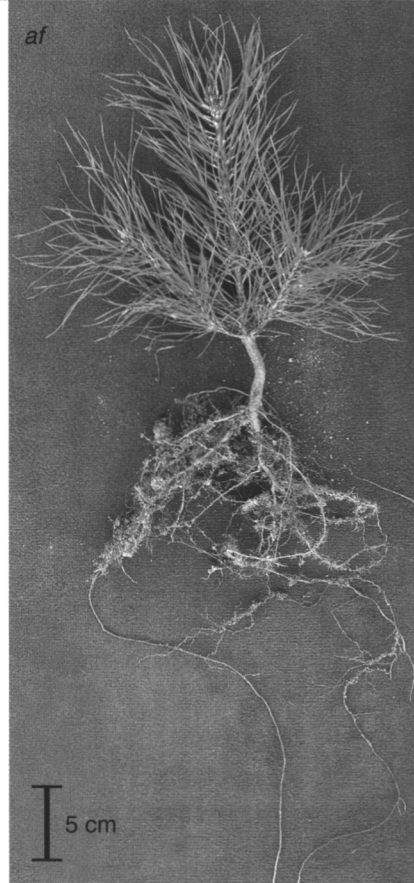
17. luokkiin *alustavasti testattu* ja *testattu* kuuluvan aineiston käyttöalue
18. siementen idätystestin päivämäärä ja lähetyspäivä

Siemeniä saa pitää kaupan ainoastaan suljetuissa pakkauksissa. Sulkemistavan on oltava sellainen, että avaamisen jälkeen pakkausta ei voida sulkea uudelleen.

Liite 2



Liitekuva 1. Männyn taimien kehitysvaiheet Yli-Vakkurin²⁰² mukaan. Taimet *aa* ja *ab* ensimmäisen, *ac*, *ad* ja *ae* toisen ja *af* kolmannen kasvukauden lopulta. Koodien selitykset ks. luku 1.2. Kuvat *aa*-*ae* eivät ole mittakaavassa.



Nimekkeen nidetiedot

Nimeketiedot

ISBN: 978-951-40-2328-6

Pääsana: NYGREN

Nimeke: Metsänkylvöopas

Alanimeke: kylvön biologiaa ja tekniikkaa

Julkaisutiedot: Vantaa : Metsäntutkimuslaitos, METLA, 2011

Ulkoasu: 85 s.

Kirjastokohtaiset asiasanat: kylvö; metsänviljely; istutus; taimettuminen; siemen; metsänuudistus; itäminen; siementen käsittely; maanmuokkaus; kasvualusta; taimikasvatus; taimituhot; mänty

Julkaisun kielet: fin

Tallennettu: 28.3.2012 15:40:00

Päivitetty: 29.3.2012 9:03:00

Nidetiedot

Toimipiste	Hankintanro	Luett.päivä	Sijaintipaikka	Signum	Muuta
Mt	19800957	28.3.2012	PUN henkilökunta	Salminen T PUN	NYG 204002
Mt	19800957/2	29.3.2012	ROV kirjasto	Mt RO NYG	hanke 101003
Mt	19800957/3	29.3.2012	Mt VAN kirjasto KIR	Mt KIR	hanke 101003 NYG

Metla on maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimiva valtion sektoritutkimuslaitos, jonka tehtävänä on voimassa olevan lain ja asetuksen mukaan "edistää tutkimuksen keinoin metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää hoitoa ja käyttöä". Kansalaisten ja viranomaisten lisäksi asiakkaitamme ovat metsä- ja ympäristöalan kansallisia ja kansainvälisiä toimijoita, joilla on tarvetta Metlan tuottamalle tutkimustiedolle.

