



Markku Nygren



Niina Ikonen



Pekka Helenius

Markku Nygren, Niina Ikonen ja Pekka Helenius

## Siementen itäminen ja taimien orastuminen männyn äeskylvössä – tapaustutkimus

**Nygren, M., Ikonen, N. & Helenius, P.** 2013. Siementen itäminen ja taimien orastuminen männyn äeskylvössä – tapaustutkimus. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2013: 127–140.

Tutkimuksessa seurattiin männyn taimien orastumista neljällä äeskylvöalueella – Heinolassa, Kuorevedellä, Ruovedellä ja Sonkajärvellä. Kymmeneltä uudistusalueelta laskettiin elävien männyn taimien lukumäärä muokkausjäljessä satunnaisesti sijoitetuilta 0,6 m<sup>2</sup>:n koealoilta kolmesti kylvokesänä sekä sitä seuraavan kasvukauden alussa ja lopussa. Kuudella alalla tehtiin käsinkylvöt samalla siemenerialalla kuin konekylvöissä. Kylvö-muokkaukseen toimintaa äeskylvössä seurattiin erillisessä kokeessa käyttämällä värjättyjä siemeniä ja laskemalla äesjäljistä löytyneet siemenet välittömästi kylvön jälkeen.

Loppuinventoinnissa toisen vuoden syksyllä taimia oli Heinolan Kommerinkankaalla keskimäärin 2,93, Ruoveden Siikakankaalla 2,99, Kuorevedellä 2,79 ja Sonkajärvellä 0,56 kappaletta äesmetrillä. Tyhjien koealojen osuus vaihteli 14 prosentista 59 prosenttiin. Taimien frekvenssijakaumat olivat oikealle vinoja kaikissa inventoinneissa. Käsinkylvössä orastui noin puolet kylyetystä siemenestä ja kylykohdissa oli keskimäärin 10–12 sirkkainta elossa ensimmäisen kasvukauden lopulla. Värjätyn siemenen äeskylvössä kivennäismaapinnalle päätyi noin neljännes kokonaissiemenmäärästä.

Tulosten mukaan muokkausjäljen laatuun ja siementen tasaiseen kylytymiseen äesjälkeen on kiinnitettävä enemmän huomiota. Lisätutkimuksin on selvitettävä kylykoneen toimintaa kenttäolosuhteissa sekä haettava ratkaisuja, joiden avulla siementen orastumista voidaan varmentaa.

Asiasanat: konekylvö, kyly, maanmuokaus, orastuminen, uudistaminen

Yhteystiedot: markku.nygren@metla.fi; niina.ikonen@harvestia.fi, pekka.helenius@metla.fi

Hyväksytty 14.4.2013

Saatavissa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff13/ff132127.pdf>

## I Johdanto

Vuotuisesta metsänviljelypinta-alasta keskimäärin neljännes uudistetaan kylvämällä (Metsätilastollinen vuosikirja 2010). Käytännössä lähes kaikki metsäkylvöt tehdään männyllä, koska sen karut kasvupaikat ovat parhaita kylvökohteita. Koneellinen kylvö on yleistä: teollisuuden ja valtion metsissä noin 90 prosenttia kylvöistä tehdään koneellisesti maanmuokkauksen yhteydessä. Yksityismetsissä konekylvön osuus oli noin 60 prosenttia vuonna 2009 (Metsätilastollinen vuosikirja 2010).

Onnistuessaan kylvö tarjoaa monia etuja: koneellistaminen ja kylvön yhdistäminen maanmuokkaukseen on periaatteessa yksinkertaista ja kokonaiskustannukset hehtaaria kohti ovat noin kolmannes siitä mitä istutuksessa (Rummukainen ym. 2011). Myöhemmät taimikon hoitotoimet, perkaus ja raivaus, eivät ole ylivoimaisen työläitä, jos kasvupaikka ja toimenpiteiden ajoitus on valittu oikein. Kylvöä käyttäen päästään männyn laatukehityksen kannalta riittäviin taimitiheyksiin (Varmola 1996, Wennström ym. 1999, Kinnunen 2001, Hyppönen ja Karvonen 2005, Nygren 2011).

Kylvötavasta ja siemenen laadusta riippuen männyn metsäkylvöissä käytetään 250–350 grammaa siementä hehtaaria kohti. Siemeniä tässä määrässä on 50 000–70 000 kappaletta. Kylvön käyttö edellyttää poikkeuksetta maanmuokkausta; muokkaustavasta riippuen kylvökohdiksi valmistetaan joko 4000–5000 yksittäistä kivennäismaalaikkuu tai muokataan yhteensä 4000–5000 metriä kivennäismaavakoa hehtaaria kohti. Yksittäiseen kylvölaikkuun tai vastaavasti vakometrille kylvetään 10–20 kpl siemeniä (Tapion siemenkeskuksen ... 2013).

Männyn konekylvöalojen inventointitiedoista selviää, että siementen kenttäitävyyks on vaatimatolla tasolla; menetelmästä ja sääoloista riippuen taimisaanto on keskimäärin 10–25 % itämiskelpoisesta siemenestä (Wall ja Kubin 2000, Wennström 2001, Kinnunen 2003, Peltola 2010, Rummukainen ym. 2011). Yhä suurempi osa metsäkylvösiemenestä on jalostettua siemenviljelyssiementä, jolta voidaan odottaa parempaa laatua, kasvua ja tuotosta kuin tavalliselta metsikkösiemeneltä. On välttämätöntä pyrkiä eri tavoin kohottamaan kenttäitävyyttä, jotta jalostetusta siemenestä kehittyvien taimien osuus

uudessa puusukupolvessa olisi mahdollisimman suuri. Tavoitteena tulisi olla vähintään 50 %:n kenttäitävyys. Tällöin yhteen kylvökohtaan riittäisi 6–8 siementä, mikä tarkoittaa noin 100–200 g hehtaarille (Wennström ym. 1999).

Koneellisessa kylvössä yhteen kylvölaikkuun tai muokkausjälkimetrille kylvettävä siemenmäärä annostellaan automaattisesti. Samalla voidaan seurata siemenkulutusta sekä kylvölaitteen toimintaa (Korhonen ja Mäntty 1991, Rummukainen 2001). Koneellisessa kaivinkonekylvössä siemenannos suunnataan paljastettuun kivennäismaalaikkuun. Äeskylvössä siemenet osuvat muokkausjälkeen satumanvaraisesti jäljen leveydestä, koneen ajonopeudesta, äkeen liikkeistä ja kylvösuuttimen asennosta riippuen. Osa siemenistä joutuu muokkausjäljen ulkopuolelle pintakasvillisuuden ja humuksen sekaan, missä itämismahdollisuudet ovat heikot.

Ruotsalaisissa tutkimuksissa korostetaan riittävän alkutiheyden ja siementen tasaisen kylväytymisen merkitystä koneellisen äeskylvön onnistumisen kannalta (Bondesson 1988, Charlesworth ja Horváth 1994, Hagner ym. 1994). Yleisenä tavoitteena on, että ensimmäisen kasvukauden syksyllä olisi oltava elossa noin 10 000 sirkkatainta/ha (Kinnunen 2001). Koneellisessa äeskylvössä tämä merkitsee noin 2–2,5 taimen tiheyttä muokkausjälkimetrillä muokkaustiheydellä 4000–5000 metriä/ha.

Männyn kylvötutkimuksissa on toistaiseksi kiinnitetty vain vähän huomiota itse kylvötaapahtumaan, ts. siementen kylväytymiseen paljastettuun kivennäismaahan ja sirkkataimien sijaintiin ja tiheyteen muokkausjäljessä. Tässä tapaustutkimuksessa selvitettiin 1) sirkkataimien lukumäärän vaihtelua äeskylvön muokkausjäljessä kylvökesänä ja sitä seuraavana kasvukautena, 2) konekylvössä käytetyn siemenen orastumista käsinkylvössä sekä 3) siementen osumista muokattuun pintaan koneellisessa äeskylvössä.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Kylvökohteet ja inventointimenetelmä

Tutkimuksessa seurattiin männyn taimien orastumista kylvökesänä ja sitä seuraavana kasvukautena

**Taulukko 1. Kylvökohteiden ja –siemenen perustietoja.**

Kasvup./maalaji	Uudistusalojen lkm ja pinta-ala	Kivisyys	Kylvöaika	Siemeneri	Tuhatjyvöp. g	Lab. itäv. %*	Kylvömäärä, ** g/ha <sup>-1</sup> / kpl/m <sup>-1</sup>	Koealoja, kpl***)
Kommerinkangas	VT, lajittunut, Hk 4 kpl: 5,1; 3,6; 2,7 ja 7,2 ha	kiv.	vko 19	M29-09-27	6,5	75/97	140 / 5	400
Siikakangas	VT-, lajittunut, Hk 3 kpl: 5,6; 21,0 ja 4,9 ha	vähäkiv.	vko 20	M29-07-06	6,4	80/97	350 / 12	300
Kuorevesi	MT-, moreeni, Ht 2 kpl: 1,4 ja 5,4 ha	er. kiv.	vko 20	M29-08-44	5,1	84/95	350 / 15	200
Sonkajärvi	VT, moreeni, Ht 1 kpl: 6,2 ha	er. kiv.	vko 24	M29-02-65	6,0	72/96	200 / 7	100

\*) Itämistarmo (7 vrk)/itämiskapasiteetti (14 vrk)

\*\*) Perustuu toimijoiden ilmoitukseen kylvetyistä siemenmäärästä ja muokkausjäljen määrästä/ha.

\*\*\*) Kertakoealojen lukumäärä kullakin inventointikerralla per paikkakunta.

neljällä äeskylvöalueella. Alueet valittiin subjektiivisesti eri puolilta Etelä- ja Keski-Suomea, joten kyseessä oli tapaustutkimus. Kommerinkankaan alueella Heinolan pohjoispuolella oli neljä toisiaan lähellä olevaa uudistusalaa, joiden koko vaihteli 2,7...5,1 hehtaariin (taulukko 1). Oriveden Siikakankaalla aloja oli kolme, laajin 21 ha ja pienin 4,9 ha. Kuoreveden Hallissa oli kaksi uudistusalaa, kooltaan 1,4 ja 5,4 ha. Kaikilla em. paikkakunnilla alat sijaitsivat toistensa välittömässä läheisyydessä (etäisyydet < 1 km). Sonkajärvellä inventointikohteena oli yksittäinen uudistusala.

Uudistusaloilta laskettiin elävien männyn taimien lukumäärä muokkausjäljessä satunnaisesti sijoitetuilta koealoilta kolme kertaa kasvukauden 2010 aikana (kesäkuun, heinäkuun ja syyskuun lopussa) ja kaksi kertaa kasvukaudella 2011 (toukokuun ja syyskuun lopussa). Kylvötuloksen inventoinnissa valittiin aloituskohdaksi mielivaltaisen kohta uudistusosalta, äesjäljestä, vähintään 30 metrin päästä ympäröivän metsikön reunasta. Äesuraa kuljettiin kuvion pituussuunnassa 200 metrin matka lankamittalaitteen kanssa. Uralle sijoitettiin etukäteen satunnaisesti arvottuihin kohtiin 20 kappaletta metrin pituisia mittauskoealoja, joilta luettiin äesjälkeen syntyneet taimet. Koealan koko oli noin 0,6 m<sup>2</sup> yksittäisen äesuran leveyden ollessa noin 60 cm.

Menettely toistettiin jokaisella inventointikerralla viidessä eri äesjäljessä jokaisella uudistusosalalla. Otanta-asetelma muodostui näin ollen hierarkkiseksi: neljä paikkakuntaa (aluetta), joista kullakin 1–4 uudistusalaa ja jokaisella uudistusosalalla 100 koealaa per inventointikerta. Kuljettu matka ja koealamäärä aluetta kohden vaihtelivat siten Kommerinkankaan 4000 metristä ja 400 koealasta Sonkajärven 1000 metriin ja 100 koealaan kullakin inventointikerralla (taulukko 1). Yksittäisten koealojen satunnaisuus (ja riippumattomuus analyysivaiheessa) varmistettiin arpomalla niiden sijainti inventointilinjoilla jokaisessa inventoinnissa uudelleen. Inventoinnissa laskettiin kaikki elävät taimet erottelematta yksi- tai kaksivuotisia. Luonnontaimia ei pystytty kummankaan vuoden inventoinnissa järkevällä tavalla erottelemaan kylvötaimista.

Kuoreveden Hallin ja Heinolan Kommerinkankaan uudistusaloille tehtiin kesäkuussa 2010 käsinkylvöt, joissa käytettiin samaa siemenettä kuin konekylvöissä. Kunkin uudistusalan keskiosaan asemoidusta

**Taulukko 2.** Taimilukumäärän keskiarvo (x, kpl/m) ja varianssi (var) inventointiajankohdittain. Havaitut arvot.

	Kesäkuu 2010		Heinäkuu 2010		Syyskuu 2010		Toukokuu 2011		Syyskuu 2011	
	x	var	x	var	x	var	x	var	x	var
Kommerinkangas	1,90	6,17	2,12	6,34	2,02	4,41	2,16	6,41	2,93	7,72
Siikakangas	2,56	10,44	3,50	14,62	3,17	11,47	2,04	7,18	3,18	9,75
Kuorevesi	1,76	10,17	2,57	12,10	1,83	5,49	2,00	9,74	2,85	15,93
Sonkajärvi	0,20	0,26	0,61	0,72	0,50	0,65	0,31	0,36	0,62	0,74

mielivaltaisesta pisteestä lähtien määritettiin 40 kylvökohtaa mittanauhan ja ennalta arvottujen satunnaisten koordinaattien mukaan. Samaan äesjälkeen osui tällä menetelmällä kaksi kylvökohtaa, joiden keskinäinen etäisyys määräytyi sattumanvaraisesti.

Käsinkylvö tehtiin Kuorevedellä viikolla 21 ja Heinolassa viikolla 22 vakoruutukylvön (Heikinheimo 1932a) tapaan. Kulmaraudalla painettiin noin 20 cm:n pituinen ja noin kahden cm:n syvyinen vako kivennäismaan pintaan. Vakoon kylvettiin 20 siementä ja ne peitettiin ohuella kivennäismaakeroksella. Kylvökohtia oli Kommerinkankaalla 160 kpl ja Kuoreveden Hallissa 80 kpl. Kylvöt inventointiin kolmeen kertaan kylvökesänä: kesä- ja heinä- ja syyskuun lopussa. Tässä raportissa esitetyt luvut ovat syyskuun mittauksista.

Siikakankaan kylvöalueella oli harva (noin 50 kpl/ha) männyn siemenpuuasento, josta osa kaatui kesän 2010 myrskyissä. Muilla kohteilla oli siemennysikäisiä säästöpuita joko yksittäin tai pienissä ryhmissä. Sonkajärven kohteella säästöpuut olivat mäntyjä, Kuoreveden ja Heinolan kohteilla sekä mäntyjä että raudus- ja hieskoivuja. Alueet muokattiin metsätraktorin vetämällä ”kaksipäisellä” äkeellä (TTS-Bräcke). Kylvölaitteena oli Oriveden, Kuoreveden ja Heinolan kohteilla TTS-Sigma ja Sonkajärvellä TOP-100.

Keskilämpötilat ja kuukausisademäärät toukokuuskuussa 2010 ja 2011 sekä ko. kuukausien pitkän ajan keskiarvot laskettiin kylvöalueita lähinnä olevaan koordinaattipisteeseen Venäläinen ym. (2005) esitetyllä tavalla.

## 2.2 Äeskylvö värjättyllä siemenellä

Siementen kylväytymistä äesjälkeen seurattiin käytännön muokkaustyön yhteydessä Toivakan Lehtivuorossa syksyllä 2010. ”Kaksipäisen” muokkaus-

koneen (TTS-Bräcke) perässä kulkien laskettiin heti kylvön jälkeen molemmista äesjäljistä niihin osuneet, näkyvissä olevat männyn siemenet satunnaisesti sijoitetuilta, metrin pituisilta kaistoilta. Kaistat arvottiin viiteen eri äesjälkipariin sillä tavoin, että voitiin seurata sekä oikean että vasemman äesjäljen tilannetta. Siemenannokseksi säädettiin 17 kpl/m kumpaankin äesjälkeen. Kylvölaite oli TTS-Sigma. Siemen värjättiin siniseksi (Disco Blue Shine Color, Incotec Co., Hollanti) seurantaan varten. Ajettu matka oli 1800 metriä, josta inventoitiin 1000 metriä arpomalla kumpaankin äesjälkeen sata koelaa.

## 2.3 Aineiston analyysi

Havaittu taimilukumäärien varianssi oli keskiarvoa suurempi kaikilla kohteilla (taulukko 2). Alustavassa tarkastelussa Poisson jakaumaoletuksen perusteella estimoitu tilastollisen mallin skaalaparametri (devianssi / mallin vapausasteet) sai arvon 3,171, mikä osoittaa ylihajontaa.

Päädyttiin ratkaisuun, jossa taimilukumäärän keskiarvojen analyysissä käytettiin oletusta negatiivisesta binomijakaumasta (Poisson-gamma), missä varianssi on keskiarvoa suurempi ja ylihajonta tulee näin otetuksi huomioon. Analyysityökaluna oli yleistetty lineaarinen sekamalli. Selittävinä kiinteinä tekijöinä olivat paikkakunta, inventointivuosi ja kuukausi, jotka muodostivat hierarkkisen rakenteen. Satunnaistekijöinä olivat uudistusala ja äesjälki uudistusalan sisällä, jotka myös muodostivat hierarkkisen rakenteen. Oletusjakaumana mallin kiinteässä osassa oli Poisson-jakauma, satunnaisosassa gamma-jakauma ja linkkifunktiona molemmissa logaritmi.

Tyhjien koalojen osuuden analyysissä aineiston hajonta oli niin ikään suurempaa, kuin mitä binomijakauman perusteella voitiin olettaa ( $dev / df =$

2,043). Ylihajonta otettiin huomioon estimoimalla mallin parametrit yleistetyllä lineaarisella sekamallilla, jossa oletusjakaumana oli kiinteässä osassa binomijakauma, satunnaisosassa beetajakauma ja linkkifunktiona logit. Selittävinä kiinteinä tekijöinä olivat paikkakunta, inventointivuosi ja kuukausi; satunnaistekijöinä olivat uudistusala ja äesjälki uudistusalan sisällä.

Käsinkylvöaineistossa selitettävänä muuttujana oli orastumisprosentti, so. orastuneiden siementen osuus kylvetystä siemenestä ensimmäisen kasvukauden lopulla. Myös tässä aineistossa hajonta oli suurempi kuin mitä binomijakauman perusteella voi olettaa ( $dev / df = 4,571$ ). Analyysissä käytettiin yleistettyä lineaarista sekamallia, jossa selittävänä kiinteänä tekijänä oli paikkakunta ja satunnaistekijöitä olivat uudistusala ja kylvökohta alan sisällä. Oletusjakaumana mallin kiinteässä osassa oli binomijakauma, satunnaisosassa beetajakauma; linkkifunktiona oli molemmissa logit. Mallien sopivuutta aineistoon tarkasteltiin uskottavuusosamäärän ja standardoitujen residuaalien perusteella.

Havaittuja taimifrekvenssejä tarkasteltiin erikseen kohteittain tutkimalla, kuinka hyvin taimilukumäärät noudattavat teoreettista jakaumaa, tässä tapauksessa joko Poisson-jakaumaa tai negatiivista binomijakaumaa. Jälkimmäisessä tapauksessa estimoitui jakauman keskiarvon lisäksi aineiston ryhmittyyneisyyttä kuvaava parametri  $k$ . Suurilla  $k$ :n arvoilla ( $>1$ ) jakauma lähenee Poisson-jakaumaa ja  $k$ :n arvolla 1 jakauma on geometrinen. Mitä pienempi on  $k$ :n arvo, sitä ryhmittyneempi aineisto on. Teoreettisen jakauman sopivuutta havaintoaineistoon tarkasteltiin jäännöshajonnan vs. mallin vapausasteiden sekä standardoitujen residuaalien perusteella. Frekvenssitarkastelussa teoreettisia malleja käytettiin ainoastaan jakaumien kuvaamiseen ja informaation tiivistämiseen, joten selittäviä tekijöitä ei näissä analyyseissä ollut. Vastaavalla tavalla tarkasteltiin värjätyn siemenen kylvöaineistoa. Kaikki analyysit ja jakaumien sovitukset tehtiin GenStat-ohjelmiston versiolla 15.

## 2.4 Tutkimuskesien sääolot

Kylvökesän 2010 toukokuu oli keskimääräistä lämpimämpi ja sateisempi kaikilla kohteilla; sademäärät

olivat Siikakankaalla, Kuorevedellä ja Kommerinkankaalla noin kaksi ja puoli kertaa yli ajankohdan keskiarvon ja Sonkajärvelläkin puolitoistakertaiset. Kesäkuu 2010 oli jokaisella tutkimusalueella ajankohdan normaaliarvoja viileämpi sekä Siikakankaalla, Kuorevedellä ja Sonkajärvellä myös keskimääräistä sateisempi. Heinäkuun keskilämpötila oli tutkimuspaikkakunnilla noin 4–5 °C yli pitkän ajan keskiarvon. Heinäkuun sademäärä oli Kommerinkankaalla vain noin kolmannes normaaliarvosta ja noin puolet normaalista muilla kohteilla. Elo- ja syyskuu olivat keskimääräistä lämpimämpiä ja sateisempia kaikilla paikkakunnilla, lukuun ottamatta Kommerinkangasta, missä elokuun sademäärä oli vain puolet ajankohdan normaaliarvosta.

Kokonaisuutena vuoden 2011 touko-syyskuu oli lämmin; kaikilla kohteilla keskilämpötila ylitti ajankohdan normaaliarvot jokaisena kuukautena em. jaksolla (liitetaulukko 1). Kuukausisademäärät vaihtelivat suuresti paikkakunnittain. Kommerinkankaalla satoi heinäkuusta syyskuuhun huomattavasti yli kuukausikeskiarvojen. Siikakankaalla heinäkuu oli keskimääräistä kuivempi ja syyskuu huomattavasti keskimääräistä runsassateisempi, muutoin lukemat olivat lähellä normaaliarvoja. Kuorevedellä erottuvat normaalikautta sateisempina touko-heinäkuu ja syyskuu, elokuun ollessa keskimääräistä kuivempi. Sonkajärvellä satoi runsaasti heinäkuussa ja syyskuussa, muutoin oltiin lähellä ajankohdan normaaliarvoja.

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimilukumäärä, tyhjen koalojen osuus ja taimien ryhmittyyneisyys äesjäljessä

Taimilukumäärän keskiarvon ennuste äesmetriä kohden vaihteli alueesta ja inventointiajankohdasta riippuen (taulukko 3). Kylvökesän alussa se kasvoi kaikilla kohteilla kesäkuusta heinäkuuhun. Muutos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) Siikakankaalla ja Kuorevedellä ja melkein merkitsevä ( $p < 0,05$ ) Sonkajärvellä; Kommerinkankaalla muutos mahtuu satunnaisvaihtelun piiriin. Muutokset heinäkuusta syyskuuhun olivat satunnaisia kaikilla

muilla kohteilla paitsi Kuorevedellä, missä taimiluku aleni tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,01$ ). Kylvökesän lopulla syyskuussa taimilukumäärän ennuste vaihteli Siikakankaan 2,98:sta Sonkajärven 0,44:ään (havaitut arvot 3,17 ja 0,50 kpl/m).

Kylvöä seuraavan talven aikana taimimäärän muutos näkyi selvimmin Siikakankaalla (keskiarvon ennusteen muutos 2,98 taimesta 1,92 taimeen äesmetrillä,  $p < 0,001$ ). Muilla kohteilla muutos taimimäärässä vastaavana aikana oli satunnainen.

Toisen kesän kuluessa taimilukumäärät kasvoivat kaikilla kohteilla. Muutos keväästä syksyyn on tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) kaikilla muilla kohteilla paitsi Sonkajärvellä.

Ensimmäisen kesän aikana tyhjien koealojen osuus pieneni kaikilla kohteilla. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,001$ ) vain Sonkajärvellä kesäkuun lopusta heinäkuun loppuun. Muutokset heinäkuun lopun ja syyskuun lopun välillä kylvökesänä mahtuvat kohteesta riippumatta satunnaisvaihtelun piiriin.

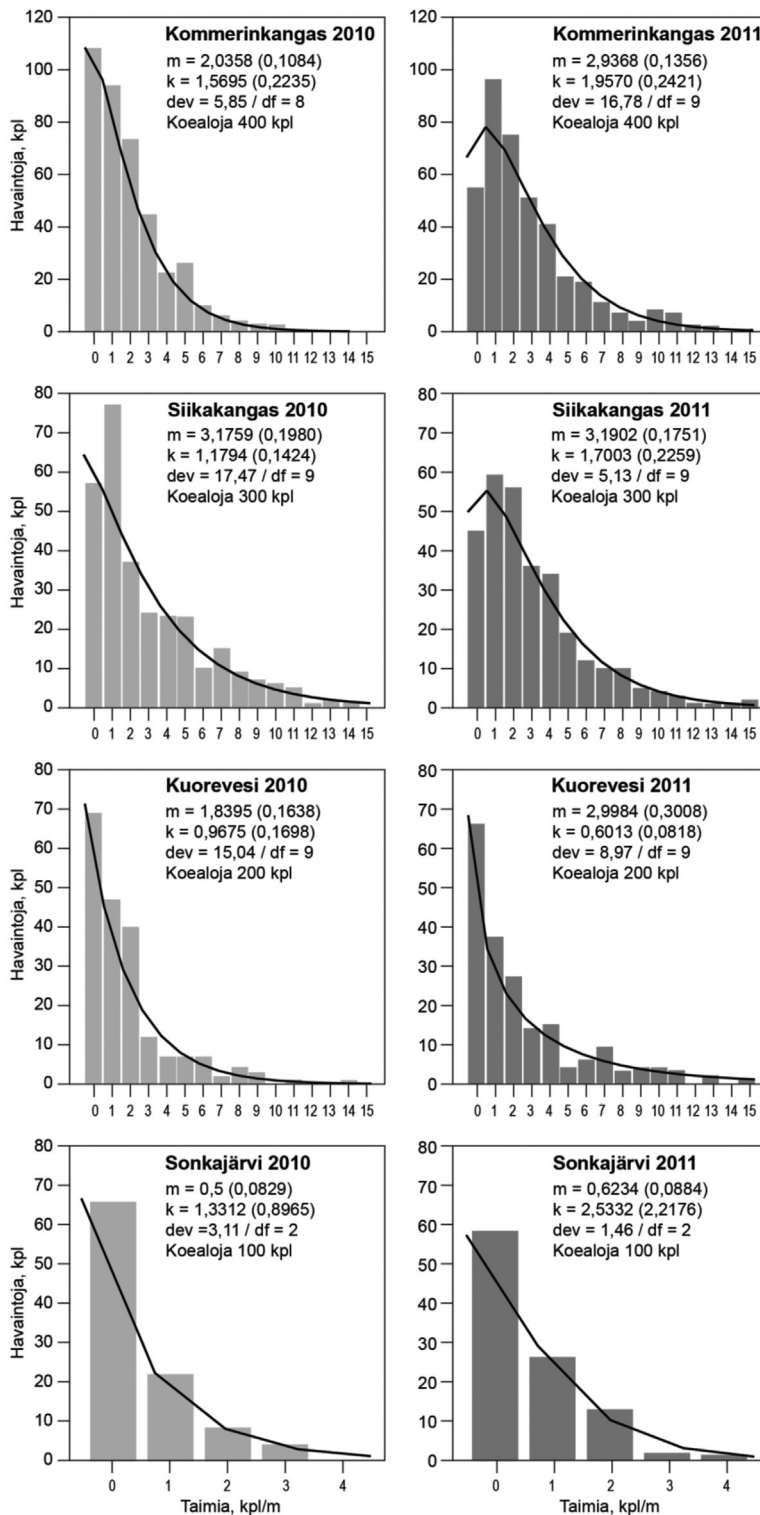
Kylvökesää seuraavan talven aikana tyhjien koealojen osuus lisääntyi, mutta muutos oli tilastollisesti merkitsevä vain Siikakankaalla ja melkein merkitsevä Kuorevedellä. Toisen kasvukauden aikana tyhjien koealojen osuus väheni tilastollisesti erittäin merkitsevästi Kommerinkankaalla ja Siikakankaalla ja melkein merkitsevästi Kuorevedellä ja Sonkajärvellä (taulukko 3).

Taimien frekvenssijakaumat olivat oikealle vino- ja kaikissa inventoinneissa (syyskuun 2010 ja 2011 tilanne, kuva 1). Taimien ryhmittäisyyttä kuvaava parametrin  $k$  arvo vaihteli syyskuun 2010 inventoinnissa Kuoreveden 0,968:sta Kommerinkankaan 1,57:ään. Vuoden kuluttua sekä Kommerinkankaan että Siikakankaan aineistoissa ryhmittäisyys oli vähentynyt ja jakaumat lähentyivät Poisson-jakautumaa. Kuorevedellä sitä vastoin ryhmittäisyys oli lisääntynyt, mitä osoittaa parametri  $k$ :n arvon pieneminen 0,601:een. Synä on taimitihentymien (yli 10 kpl/m) lukumäärän kasvu toisen vuoden syksyn aineistossa samalla kun tyhjien koealojen osuus on pysynyt likimain ennallaan. Enimmillään taimia löytyi syksyn 2011 loppuinventoinnissa yli 13 kappaletta äesmetrillä.

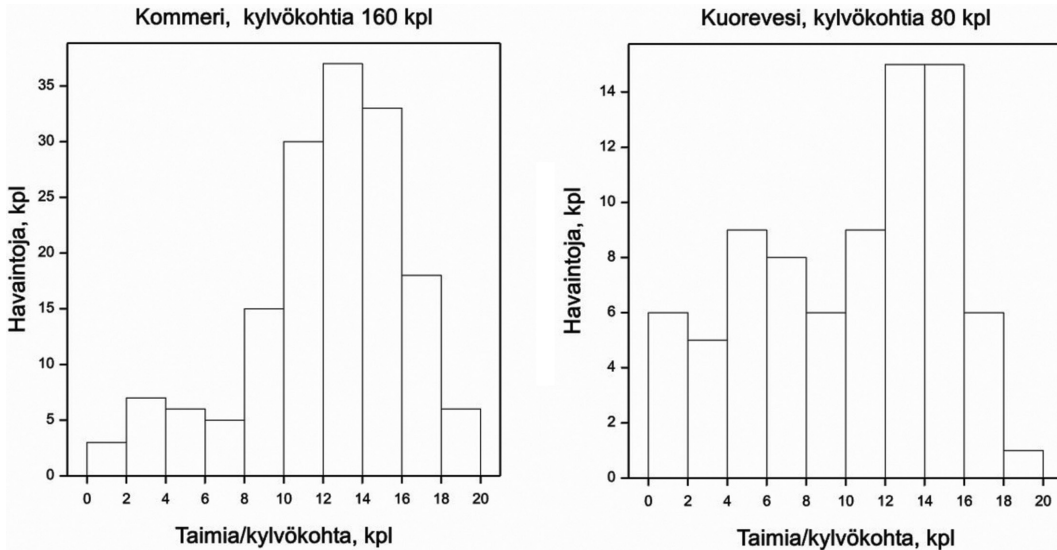
**Taulukko 3.** Taimilukumäärän keskiarvon ( $x$ , kpl/m) sekä tyhjien koealojen osuuden ( $y$ , %) ennusteet keskivirheineen inventointiajankohdittain.

	Kesäkuu 2010		Heinäkuu 2010		Syyskuu 2010		Toukokuu 2011		Syyskuu 2011	
	$x$ (SE)	$y$ (SE)	$x$ (SE)	$y$ (SE)	$x$ (SE)	$y$ (SE)	$x$ (SE)	$y$ (SE)	$x$ (SE)	$y$ (SE)
Kommerinkangas	1,90 (0,18)	37,8 (2,7)	2,13 (0,20)	32,0 (2,6)	2,03 (0,19)	27,3 (2,5)	2,16 (0,20)	31,8 (2,6)	2,93 (0,26)	13,8 (1,9)
Siikakangas	2,41 (0,23)	35,4 (3,1)	3,29 (0,30)	23,0 (2,7)	2,98 (0,27)	19,3 (2,6)	1,92 (0,19)	41,8 (3,2)	2,99 (0,27)	15,2 (2,3)
Kuorevesi	1,65 (0,19)	57,3 (3,9)	2,41 (0,25)	42,3 (3,9)	1,71 (0,20)	34,8 (3,9)	1,87 (0,21)	46,8 (4,0)	2,79 (0,28)	33,3 (3,7)
Sonkajärvi	0,18 (0,07)	85,4 (3,8)	0,55 (0,13)	59,8 (5,5)	0,44 (0,11)	66,7 (5,2)	0,32 (0,10)	75,6 (4,7)	0,56 (0,13)	58,8 (5,5)





**Kuva 1.** Koealueilla havaitut taimifrekvenssit ensimmäisen ja toisen kasvukauden lopulla ja havaintoaineistoon sovitetut negatiivisen binomijakauman kuvaajat. Jakaumien parametrit keskivirheeseen ( $m$ =keskiarvo ja  $k$ =aggregointiparametri) sekä sovitettun mallin devianssi ( $dev$ ) ja vapausasteet ( $df$ ).



**Kuva 2.** Taimilukumäärät Kommerinkankaan ja Kuoreveden käsinkylvöissä ensimmäisen kasvukauden lopulla. Siemeniä kylvetty 20 kpl/kylvökohta.

### 3.2 Tyhjen koealojen osuus, taimisaanto ja orastumisprosentti käsinkylvöissä

Käsinkylvöissä tyhjen kylvökohtien osuus oli Kommerinkankaalla 1,2 % ja Kuorevedellä 6,2 %. Kahdestakymmenestä kylvetystä siemenestä saatiin sirkkataimia Kommerinkankaalla keskimäärin 12,7 ( $\pm 0,3$ ) kappaletta ja Kuorevedellä 10,6 ( $\pm 0,6$ ) kappaletta (kuva 2). Kokonaissiemenmäärän perusteella laskettu orastumisprosentti kylvökesän syksyllä oli Kommerinkankaalla 64 % ( $\pm 2$ ) ja Kuoreveden Hallissa 51 % ( $\pm 3$ ).

### 3.3 Värjätyin siemenen äeskylvö

Kylvökoneen laskurin mukaan vasempaan äesjälkeen kylväytyi yhteensä 30 923 (17,2 kpl/m) siementä ja oikeaan 28 848 (16,0 kpl/m) siementä. Vasemmasta äesjäljestä kivennäismaapinnalta löytyi keskimäärin 4,64 ( $\pm 0,51$ ) kappaletta ja oikeasta 3,93 ( $\pm 0,44$ ) kappaletta siemeniä metriä kohden välittömästi kylvön jälkeen; varianssit olivat vastaavasti 15,96 ja 16,07. Keskiarvojen ero vasemman ja oikean jäljen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,288$ ). Frekvenssijakaumat olivat oikealle vinoja (kuva 3). Tyhjiä koealoja oli vasemmassa

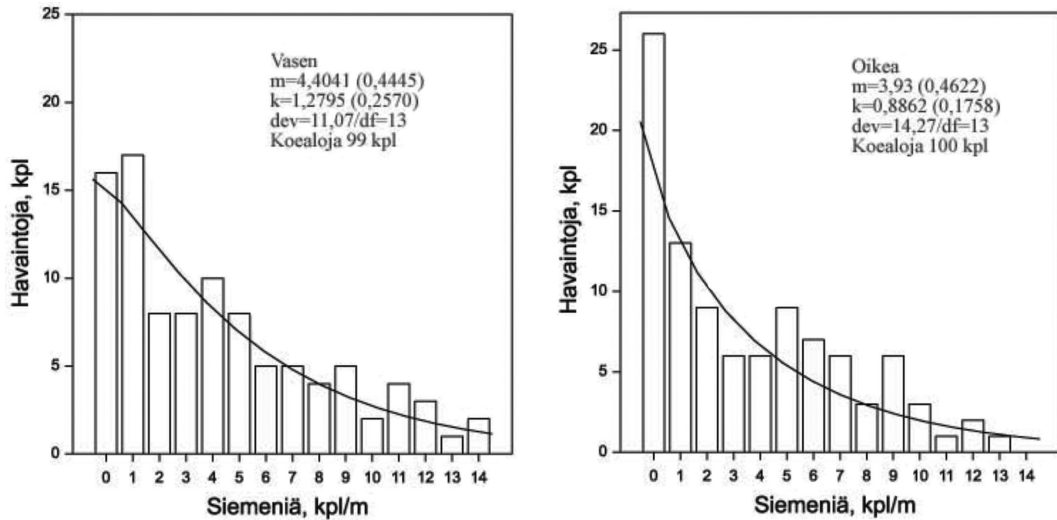
äesjäljessä 12,5 ( $\pm 3,4$ ) % ja oikeassa 24 ( $\pm 4,3$ ) % (erotuksen merkitsevyys  $p=0,089$ ). Enimmillään siemeniä löytyi vasemmasta äesjäljestä 14 kappaletta ja oikeasta jäljestä 13 kappaletta metrillä.

## 4 Tulosten tarkastelu

Kasvukauden alku vuonna 2010 oli suotuisa kylvösiementen itämiselle ja taimien orastumiselle. Toukokuu oli keskimääräistä sateisempi ja ajankohdan normaaliarvoja lämpimämpi. Todennäköisesti silloin tehdyt kylvöt (Kommerinkangas, Siikakangas ja Kuorevesi) pääsivät hyvin alkuun. Sonkajärvellä myöhään (viikko 24) tehty kylvö ja keskimääräistä viileämpi kesäkuu ovat mahdollisesti syynä heikkoon orastumiseen.

Kesäkuun lopun ja heinäkuun lopun välisenä aikana taimien määrä lisääntyi kaikilla kohteilla ja oli ensimmäisenä kesänä suurimmillaan heinäkuun lopun inventoinnissa. Näytti siltä, että ainakin Siikakankaalla, Kuorevedellä ja Sonkajärvellä orastuminen eteni vielä heinäkuun aikana. Kommerinkankaalla taimimäärän vaihtelu kesä-heinäkuussa mahtuu satunnaisvaihtelun piiriin. Aikainen kylvö sekä lämmin ja sateinen toukokuu ovat todennäköi-





**Kuva 3.** Vasemmasta ja oikeasta äesjäljestä, kivennäismaan pinnasta välittömästi konekylvön jälkeen löytyneet siemenet (kpl/m). Havaintojen frekvenssijakaumat ja aineistoon sovitetut negatiivisen binomijakauman kuvaajat parametreineen. Selitetiedot kuten kuvassa 1.

sesti syynä siihen, että siellä taimiluku vakiintui jo kesäkuun loppuun mennessä.

Yleisesti taimilukumäärät laskivat kylvökesän heinäkuusta syyskuuhun. Muutokset olivat satunnaisia muualla paitsi Kuorevedellä, missä hävikki oli 0,69 tainta metrillä. Syynä voi olla vähäsateinen heinäkuu ja uudistusalojen sijainti kallioisessa maastossa, mäen päällä, missä sirkkataimet saattoivat kärsiä kuivuudesta. Vaartajan (1954) havaintojen mukaan hyvin juurtuneet männyn yksivuotiset taimet kestävät jopa 70 vuorokauden poudan, mutta Kuorevedellä juurtuminen on voinut olla vielä heinäkuun poutakaudella kesken. Yksityiskohtaisia syitä muita alueita suurempaan hävikkiin ei tässä kertakoealoihin perustuvassa tutkimuksessa päästy selvittämään. Kuolleiden sirkkataimien löytäminen edellyttääkin intensiivistä seuranta orastumisvaiheessa (ks. Pitkänen ym. 2005).

Toisen vuoden keväällä tehdyissä inventoinneissa erityisesti Siikakankaan kohteelta löytyi silmävaraisen arvion mukaan runsaasti roudan vioittamia kuolleita taimia. Keskimääräinen taimiluku metriä kohden laski talven aikana 2,98:sta 1,92:een ja tyhjien mittaускаistojen osuus kasvoi noin 19 prosentista lähes 42 prosenttiin. Muilla alueilla taimiluku ei talven aikana muuttunut tilastollisesti merkittävästi. Siikakangas on vanhastaan tunnettu rouseherkkänä

alueena (Hertz 1926, Kangas 1937).

Myös kasvukausi 2011 oli suotuisa uusien taimien syntymiselle ja kehitykselle. Keskilämpötilat toukokuussa olivat noin 1–2 °C normaaliarvojen yläpuolella. Sademäärät itämisen kannalta kriittisenä aikana touko-kesäkuussa olivat lähellä ajankohdan normaaliarvoja (Kommerinkangas, Siikakangas, Sonkajärvi) tai ylittivät ne (Kuorevesi). Pitkiä poutakausia, kuten edellisvuoden heinäkuussa, ei esiintynyt.

Toisen kesän aikana taimilukumäärä kasvoi noin kolmanneksella Kommerinkankaalla, Siikakankaalla ja Kuorevedellä. Samalla tyhjien mittaускаistojen osuus väheni kahdella ensin mainitulla alueella kevään 30–40 prosentista viidentoista prosentin tuntumaan. Kuorevedellä tyhjien koealojen osuus väheni niin ikään, mutta jäi hieman yli 33 prosentin tasolle. Samaan aikaan keskimääräinen taimiluku lisääntyi siellä lähes yhdellä taimella per metri. Tulos osoittaa taimien voimakasta ryhmittäisyyttä; aggregointiparametrin  $k$  arvo on koko aineiston pienin (ks. kuva 1). Kuoreveden kohde oli pinnanmuodostukseltaan vaihteleva: uudistusaloilta löytyi sekä kuivia kalliopintoja että kosteita painanteita. Tämä voi olla osasy syy taimien ryhmittäiseen sijaintiin.

Sonkajärvellä taimilukumäärän muutokset kylvökesän heinäkuusta toisen vuoden loppuinventoryn

tiin mahtuvat satunnaisvaihtelun piiriin. Viimeisellä havaintokerralla taimia löytyi keskimäärin 0,55 kappaletta metrillä ja tyhjien koealojen osuus oli lähes 60%. Orastuminen näytti epäonnistuneen. Todennäköisin syy lienee myöhäinen kylvö ja sitä seurannut heinä-elokuun poutajakso. Osaltaan heikkoon tulokseen on voinut vaikuttaa Sonkajärvellä käytetty siemenen, jonka laboratorioitavuus oli hyvä, mutta joka oli suhteellisen vanhaa (tuleentumisvuosi 2002). Hussin (1956) mukaan verrattaessa laboratorioitavuudeltaan samanlaisia siemeneriä pisimpään varastoitujen erien taimettumistulos maastossa on heikoin.

Toisen vuoden syksyllä inventoitu taimiainen muodostui kahdesta ikäluokasta. Mukana oli sekä uusia sirkkataimia että vuotta aiemmin kylvökesänä syntyneitä kaksivuotisia taimia. Uudistusalojen täydentyminen kylvöä seuraavana kasvukautena johtuu joko luonnonsiemennyksestä tai mahdollisesti jälki-itämisestä. Keväällä 2011 männyn siemensato oli tämän tutkimuksen kattamalla maantieteellisellä alueella ennusteiden mukaan keskinkertaista heikompi (Metsäntutkimuslaitoksen ... 2010). Tällä perusteella voidaan olettaa, että havaittu taimimäärin lisääntyminen toisen kesän aikana olisi pääosin seurausta jälki-itämisestä. Poikkeuksellisen kuiva heinäkuu kylvökesänä on voinut osaltaan johtaa itämisen lykkääntymiseen seuraavalle kasvukaudelle. Yli-Vakkuri (1963) on osoittanut, että pieni osa männyn kylvösiemenestä voi kuivina kesinä säilyä itämiskykyisenä seuraavan kasvukauden alkuun saakka.

Käsinkylvössä orastumisprosentti oli 50–60 prosentin luokkaa ja kylvökohdissa oli keskimäärin 10–12 sirkkatainta elossa ensimmäisen kasvukauden lopulla. Korkeat orastumisprosentit osoittavat, että siementen kohdistaminen ”suotuisaan pisteeseen” sekä kylvövaon tai painaumien tekeminen ja siementen peittäminen parantavat ensimmäisen kesän kylvötulosta. Lukuisat tutkimukset osoittavat, että kylvöalustan pienmuokkaus nostaa kenttäitävyyttä 20–30 prosenttiyksikköä (Bergsten 1988, Kinnunen 1992, Winsa 1995a, Wennström 2001). Wennströmin ym. (1999) mukaan äesjälkeen tehdyllä pienmuokkauksella (ns. mikropreparaatio) voidaan siemenkulutusta alentaa tavanomaiseen koneelliseen kylvöön verrattuna noin 30%. Siementen peittäminen vähentää myös siemensyöntiä (Heikkilä 1974,

1977, Bergsten 1985).

Värjätyin siemenen koekylvö osoitti, että äeskylyssä suoraan kivennäismaapinnalle päätyi noin neljännes kokonaissiemenmäärästä. Osa siemenistä todennäköisesti hautautui eri syvyyksille kivennäismaahan äkeen liikuttaman maa-aineksen sekaan ja osa päätyi koskemattomaan kasvillisuuskerrokseen äesjäljen ulkopuolelle. Paljaassa kivennäismaassa siemenet peittyvät ja kulkeutuvat ajan myötä muokkauspuun syvennyksiin myös sade- ja tuulieroosion takia (Winsa 1995b). Maalajista riippuen ilmiöllä voi olla suuri merkitys orastumiselle, koska männyn siemenen optimaalinen peittosyvyys on vain noin 3–10 mm (Wiksten 1948, Arnborg 1950, Kinnunen 1992, Bergsten ym. 2003). Äeskylyjäjälki ei ole sellaisenaan optimaalinen itämisalusta, koska siementen peittyminen on kontrolloimatonta.

Tällä tutkimusasetelmalla ei saatu tietoja ”hävinneiden” siementen sijainnista. Konekylvön kehittämiseksi on tarkemmin analysoitava itse kylvötapahtumaa ja siemenen lentorataa syöttöputkesta kylvöalustaan. Rummukainen ym. (2011) havaitsivat merkittäviä eroja kylvölaitteen annostelussa siemenmäärissä ja annostelutarkkuutta voitaisiin heidän mukaansa edelleen kehittää. Lisäksi on tutkittava siementen kulkeutumista paljastetulla kivennäismaalla sade- ja tuulieroosion vaikutuksesta.

Tutkimuskohteissa käytetty siemenmäärä vaihteli 140–350 g/ha ja 5–15 kpl muokkausjälkimetrille. Yleisesti mitä enemmän siementä kylvetään pinta-alayksikköä kohti, sitä enemmän taimia syntyy (Heikinheimo 1932b, Kinnunen 1982, Saksa ja Lähde 1982, Pohtila ja Pohjola 1985). Selvää yhteyttä siemenmäärän ja orastumistuloksen välillä ei tässä tutkimuksessa havaittu. Aineisto on tällaiseen vertailuun liian suppea eikä luonnonsiemennyksen vaikutusta taimilukumääriin erikseen selvitetty.

Siemenviljelyssiementä käytettäessä kylvötaimikoista löytyy sekä jalostetusta siemenestä että luonnonsiemennyksestä syntyneitä taimia. Tämän tutkimuksen alueista ainakin Kommerinkankaan uudistusaloille on todennäköisesti tullut keväällä 2010 runsaasti luonnonsiemennystä. Mänty siemensi keväällä 2010 Etelä-Suomessa runsaasti. Keski-Suomen alueella sato vaihteli heikosta keskinkertaiseen (Metsäntutkimuslaitoksen ... 2010). Charlesworthin ym. (1995) selvityksessä luontaista mäntyä esiintyi äesjäljissä siemenpuuston alle kylvetyssä kohteessa.

sa taajuudella 0,5 tainta/metri. Tarkemmat tiedot siemenpuuston tiheydestä, mikä luonnollisesti vaikuttaa taimiaineksen määrään (ks. esim. Kinnunen 1993), valitettavasti puuttuvat selvityksestä.

Siemenviljelyssiemenestä syntyneet männyntaimet erottuvat jalostamattomista hyvän pituuskehityksensä perusteella jo noin 5–6 vuoden iässä (Wennström ym. 2001). Taimikon jälkihoidon ja kehittyvän puuston laadun kannalta on sitä parempi, mitä suurempi on jalostettujen taimien osuus. Tällöin voidaan taimikon harvennusvaiheessa valita mahdollisimman suuri osa kasvamaan jätettävistä yksilöistä jalostettujen joukosta.

Pitkälle meneviä johtopäätöksiä taimikoiden myöhemmästä kehityksestä ei voi vielä ensimmäisen ja toisen kasvukauden tulosten perusteella tehdä. Käytännössä kylvötaimikot inventoidaan ensimmäisen kerran 3–5 vuoden kuluttua kylvöstä (Saksa ja Kancaanhuhta 2007). Kuitenkin jo ensimmäisen syksyn taimimäärän perusteella voidaan ennustaa taimikon jatkokehitystä. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan keskimäärin puolet niistä taimista, jotka ovat elossa ensimmäisenä syksynä on hengissä vielä kymmenen vuoden kuluttua kylvöstä (Tiren 1952, Hagner ym. 1994, Wennström 2001). Tämä ”peukalosääntö” näyttää pitävän jokseenkin hyvin paikkansa myös Suomessa tehdyissä tutkimuksissa (ks. esim. Mäkitalo 1999). Em. säännön testausta riippumattomissa aineistoissa vaikeuttavat kuitenkin eri tutkimuksissa käytetyt erilaiset elossa olon ja kuolleisuuden mittarit (käsitteistöä ks. esim. Nygren 2011).

Muokkauskaistoihin perustuvaa inventointimenetelmää ovat aikaisemmin käyttäneet Charlesworth ym. (1995). Koealako (mittauskaistan pituus) ja koealojen lukumäärä valittiin tässä tutkimuksessa subjektiivisesti ilman etukäteen tehtyjä tarkasteluja. Perusteluna metrin pituiselle koealalle oli äeskylylaitteiden säätö: kylvettävä siemenmäärä annostellaan metriä kohden. Inventoinnissa voidaan tällöin suoraan verrata kylvö- ja taimitiheyttä. Sirkkataimien laskennassa on perusteltua käyttää pientä koealakoaa, jotta kaikki koealalle osuvat taimet varmasti löydetään. Uudistusalan taimettumisen kannalta metrin pituisella äesjäljen osalla voidaan odottaa kasvatettavan yhdestä kahteen männyn tainta ainakin taimikon varhaisperkausvaiheeseen saakka.

Negatiivinen binomijakauma osoittautui käyttökelpoiseksi teoreettiseksi malliksi taimien frekvens-

sijakaumien kuvaamiseen. Samaa lähestymistapaa ovat käyttäneet mm. Eneroth (1945), Tiren (1952), Yli-Vakkuri ja Räsänen (1971) sekä Bondesson (1988). Inventointimenetelmää voidaan kehittää seuraamalla yksityiskohtaisemmin kuolleiden taimien esiintymistä ja erottelemalla taimi-ikäluokat toisistaan. Luontaiset sirkkataimet pitäisi niin ikään pystyä erottelemaan kylvetyistä, jotta saadaan tarkempi kuva orastumisprosentista. Kylvöjäljen tassauteen ja siemenen peittymiseen äesurassa on jatkossa kiinnitettävä enemmän huomiota. Lisätutkimuksin on selvitettävä kylvökoneen toimintaa kenttäolosuhteissa sekä ratkaisuja, joilla siemen saadaan optimisyvyteen ja voidaan mahdollisesti peittää.

## Kiitokset

Tutkimus on tehty yhteistyössä Metsähallituksen ja Mikkelin ammattikorkeakoulun (Pieksämäki) kanssa. Kiitämme mainittuja organisaatioita hyvästä yhteistyöstä. Niina Ikonen laati ensimmäisen inventointikesän aineistosta opinnäytetyön; toisen kesän inventoinnit toteutettiin osana Metlan Metsäkylvöjen osaamiskeskittymä-hanketta (ESR). Keskustelut Jaakko Heinosen, Juha Lapin ja Jari Miinan kanssa auttoivat aineiston tilastollisessa analyysissä. Kiitokset menevät myös käsikirjoituksen kahdelle ennakkotarkastajalle hyödyllisistä kommentista ja korjausehdotuksista.

## Kirjallisuus

- Arnborg, T. 1950. Om sådd- och planteringsmetoder. *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1: 27–38.
- Bergsten, U. 1985. A study on the influence of seed predators at direct seeding of *Pinus sylvestris* L. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsskötsel, Rapport* 13. 15 s.
- 1988. Pyramidal indentations as a microsite preparation for direct seeding of *Pinus sylvestris* L. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 493–503.
- , Sahlen, K., Charlesworth, E., Fredriksson, M. & Wilhelmsson, O. 2003. Forest regeneration of pine and spruce from seeds. *Handbook. Sveriges Lantbruksuni-*

- versitet, Vindeln Forsökspark. ISBN 91-970985-4-X. 40 s.
- Bondesson, L. 1988. On the gain by spreading seeds; a statistical analysis of sowing experiments. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 3: 305–314.
- Charlesworth, E. & Horváth, B. 1994. Projekt “Mikro-preparering för maskinell sådd. Steg II”. Rapport. ForeCare AB, 1994-03-01. Moniste. 28 s.
- , Fredriksson, M., Horváth, B. & Wilhelmsson, O. 1995. Projekt “Mikro-preparering för maskinell sådd. Steg III”. Rapport. ForeCare AB, 1995-08-16. Moniste. 12 s.
- Eneroth, O. 1945. Om frömängden vid fläcksådd samt om sambandet mellan plantantal pr ha och slutenhetsgrad vid självsådd. *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6: 161–222.
- 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, Institutionen för skogsskötsel, Arbetsrapporter* 89. 40 s.
- Heikinheimo, O. 1932a. Vakoruutukylvö – suositeltava metsänkylvömenetelmä. *Metsätietoa I* (4): 45–56.
- 1932b. Tuloksia metsänviljelymenetelmiä koskevista kokeista. I. *Metsätietoa I* (4): 134–150.
- Heikkilä, R. 1974. Miten kylvösiementuhoilta voidaan välttyä? *Metsä ja Puu* (6–7): 28–29.
- 1977. Eläimet kylvetyin männyn ja kuusen siemenen tuhojina Pohjois-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 89(5). 35 s.
- Hertz (Tertti), M. 1926. Silmäys Siikakankaan metsänviljelyksiin. *Metsätaloudellinen Aikakauskirja* 6: 197–204.
- Huss, E. 1956. Om barrskogfröets kvalitet och andra på såddresultat inverkan faktorerna. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 46(9). 60 s.
- Hyppönen, M. & Karvonen, L. 2005. Kylvö. Teoksessa: Hyppönen, M., Hallikainen, V. & Jalkanen, R. (toim.). *Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa*. s. 74–81. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Kangas, E. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(1). 238 s.
- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. *Folia Forestalia* 531. 21 s. + 3 liites.
- 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. *Folia Forestalia* 785. 36 s. + 8 liites.
- 1993. Männyn kylvön ja luontaisen uudistamisen näkymät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 27–35.
- 2001. Viljely. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.). *Onnistunut metsänuudistaminen*. s. 139–147. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsälehti Kustannus*.
- 2003. Konekylvön käyttökelpoisuus männyn uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2003: 69–72.
- Korhonen, P. & Mänty, J. 1991. Koneellinen kylvö maanmuokkauksen yhteydessä. Konekylvöjen inventointitulokset ja kylvölaiteiden esittely. *Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tiedote* 3/1991. 6 s.
- Metsäntutkimuslaitoksen siemensatodotteet 2010–2011. Saatavissa: <<http://www.metla.fi/tiedotteet/2010/2010-03-22-siemensato.htm>> ja <<http://www.metla.fi/uutiskirje/fen/2011-02/uutinen-1.html>> [viitattu 15.1.2013].
- Metsätalostollinen vuosikirja 2010. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous.
- Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and reforestation method on survival and height growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 512–525.
- Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas. Kylvön biologiaa ja tekniikkaa. *Metsäntutkimuslaitos*. ISBN 978-951-40-2328-6. 83 s. + 2 liites.
- Peltola, J. 2010. Itä-Suomen konekylvön tulokset. Joensuu yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, metsätieteiden pro gradu-tutkielma. 49 s.
- Pitkänen, A., Järvinen, E., Turunen, J., Kolström, T. & Kouki, J. 2005. Kulotuksen ja maan muokkauksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja kylvötaimien varhaiseen eloonjääntiin. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2005: 387–397.
- Pohtila, E. & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- 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*.
- , Tervo, L., Kautto, K. & Pulkkinen, M. 2011. Maanmuokkaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männyn kylvössä Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011: 13–33.
- Saksa, T. & Lähde, E. 1982. Siemenen määrä männyn,

- kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä. *Folia Forestalia* 541. 16 s.
- & Kankaanhuhta, V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. Metsänuudistamisen laadun hallinta -hankkeen lopuraportti. ISBN 978-951-40-2040-7. 76 s. + 13 liites. Tapion siemenkeskuksen kylvöohjeet. 2013. Saatavissa: <http://www.tapio.fi/mannynjakuusensie> [viitattu 15.1.2013].
- 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. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 41(7). 97 s.
- Vaartaja, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Selostus. Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. *Acta Forestalia Fennica* 62(3). 31 s.
- Wall, A. & Kubin, E. 2000. Maanmuokkaustavan ja maa-lajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Met-sätieteen aikakauskirja* 1/2000: 5–17.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s. Väitöskirja, jossa 6 osajulkaisua.
- Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Pirinen, P. & Drebs, A. 2005. A basic Finnish climate data set 1961–2000 – description and illustrations. Reports 2005: 5 – Finnish Meteorological Institute.
- Wennström, U. 2001. Direct seeding of *Pinus sylvestris* (L.) in the boreal forest using orchard or stand seed. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Silvestria* 204. Väitöskirja, jossa 5 osajulkaisua.
- , 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.
- , Bergsten, U. & Nilsson, J.-E. 2001. Early seedling growth of *Pinus sylvestris* after sowing with a mixture of stand and orchard seed in dense spacing. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1184–1194.
- Wiksten, Å. 1948. Om några faktorer av betydelse för såddresultatet jämte preliminära resultat från några täcksåddförsök. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 37(4). 34 s.
- Winsa, H. 1995a. Effects of seed properties and environment on seedling emergence and early establishment of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. Avhandling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsskötsel. Väitöskirja, jossa 5 osajulkaisua.
- 1995b. Influence of rain shelter and site preparation on seedling emergence of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 167–175.
- Yli-Vakkuri, P. 1963. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensikehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.
- & Räsänen, P.K. 1971. Siementen peittämisen ja kylvökohdan polkaisun vaikutus männyn ruutukylvön tulokseen. *Silva Fennica* 5(1): 1–10.

#### 48 viitettä

**Liitetaulukko I.** Kylvökohteiden keskilämpötila- ja sademäärätiedot touko–syyskuussa 2010 ja 2011

Kuukausi	Keskilämpötila, °C			Kuukausisademäärä, mm		
	Normaalikausi (1971–2000)	2010	2011	Normaalikausi (1971–2000)	2010	2011
<b>Kommerinkangas</b>						
V	9,9	11,7	10,6	29,4	74,7	35,9
VI	14,9	14,5	17,0	50,1	46,8	62,3
VII	16,7	22,3	20,3	66,6	22,6	118,5
VIII	14,6	16,9	15,9	70,5	34,4	103,4
IX	9,2	10,5	11,8	55,7	62,0	113,5
<b>Siikakangas</b>						
V	8,8	10,7	9,5	33,0	80,1	44,8
VI	13,8	13,2	16,0	57,4	66,0	62,5
VII	15,7	20,5	18,5	81,9	36,5	62,7
VIII	13,6	15,5	15,2	75,9	95,2	73,6
IX	8,4	9,8	11,4	62,2	96,3	139,3
<b>Kuorevesi</b>						
V	9,1	11,0	9,8	28,8	74,8	36,7
VI	14,2	13,5	16,4	50,7	63,6	80,2
VII	16,2	21,1	18,9	71,7	39,6	115,7
VIII	14,1	15,9	15,3	70,7	80,8	52,9
IX	8,7	10,0	11,4	51,2	96,8	104,1
<b>Sonkajärvi</b>						
V	8,2	11,0	9,2	36,9	56,5	44,2
VI	13,9	12,4	15,8	63,9	72,3	61,5
VII	16,1	20,5	18,8	72,3	43,9	119,2
VIII	13,5	14,9	14,3	80,2	63,2	83,1
IX	8,2	9,3	10,3	55,9	75,8	95,7