



Antti Wall



Eero Kubin

Antti Wall ja Eero Kubin

## Maanmuokkaustavan ja maalajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen

**Wall, A. & Kubin, E.** 2000. Maanmuokkaustavan ja maalajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000: 5–17.

Tutkimuksessa selvitettiin männyn hajakylvöalojen taimettumista, taimien tilajärjestystä ja pituuskehitystä hieno- ja karkearakeisilla mailla. Maanmuokkaustavat olivat auraus ja äestys sekä näille vertailuna käsin tehty laikutus. Aurasaloilla siementä kylvettiin muokkauksen jälkeen 1 kg/ha ja äestysaloilla 0,5 kg/ha.

Aurasalojen taimitiheys oli kolmen vuoden ikäisissä kylvöissä keskimäärin 12 200 kpl/ha ja äestysalojen 6 300 kpl/ha. Taimien tilajärjestys oli muokkauksijäljessä ryhmittäinen, mutta taimettomien kohtien osuus oli yleensä vähäinen. Taimien tiheyden ja tilajärjestyksen perusteella arvioituna hajakylvö antoi hyvän uudistamistuloksen. Vertailuna käytetty ruutukylvö kuokkaiakuun sen sijaan yleensä epäonnistui. Taimien keskipituus oli aurausjäljessä 9 cm, äestysjäljessä 7 cm ja laikuissa 6 cm. Auraus ja äestys olivat uudistusalojen taimettumisen kannalta samanarvoisia. Maalajilla ei ollut merkittävää vaikutusta taimettumiseen. Tulokset ovat lupaavia ajatellen hajakylvön käyttämistä myös suhteellisen hienojakoisilla mailla.

Asiasanat: kylvö, metsänuudistaminen, tilajärjestys

Yhteystiedot: Wall, Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus; Kubin, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos. Puh. (06) 874 3211, sähköposti [antti.wall@metla.fi](mailto:antti.wall@metla.fi)

Hyväksytty 21.10.1999

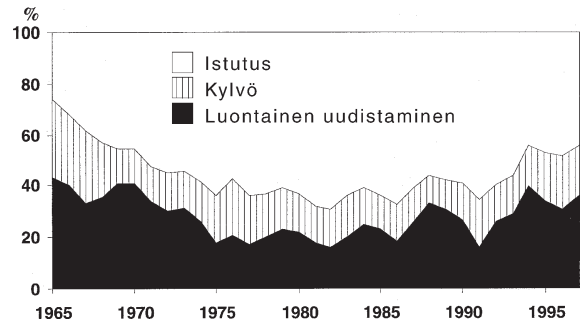
## I Johdanto

Hajakylvön käyttö metsänuudistamisessa on peräisin kaskikauden ajalta, jolloin kaskipeltoa viimeistä kertaa viljeltäessä saatettiin kaskeen kylvää havupuun siementä (Huuri 1969). Hajakylvön käyttö jäi kuitenkin vähäiseksi huolimatta lyhytaikaisesta innostuksesta hankikylvöihin 1920-luvulla alussa (Borg 1935). Kylvön suosio on yhdessä luontaisen uudistamisen kanssa viime vuosina taas lisääntynyt (kuva 1). Tähän on vaikuttanut laitekehitys kylvön toteuttamiseksi maanmuokkauksen yhteydessä. Pääosa tehdyistä kylvöistä on männyn kylvöä (Metsätilastollinen vuosikirja 1998).

Männyn kylvöön soveltuvia kohteita ovat kuivahkot kankaat. Näillä kasvupaikoilla kylvöä onkin usein käytetty luontaisen uudistamisen vaihtoehtona (Kinnunen 1992). Erityisesti se soveltuu aloille, joissa heikko siemensato estää luontaisen uudistamisen. Sen sijaan kasvillisuudeltaan suhteellisen rehevillä ja viljavilla mailla männyn kylvö on onnistunut usein epätydyttävästi (Yli-Vakkuri ym. 1969, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Kinnunen ja Nerg 1982). Kylvön käytön yleistyessä kylvölle sopivat kohteet tulisi kartoittaa nykyistä tarkemmin.

Hajakylvön käyttökelpoisuudesta metsän uudistamisessa on saatu vaihtelevia tuloksia (Borg 1935, Sirén 1954a, Sirén 1954b, Sirén 1957, Lähde ja Vartiainen 1980, Saraniemi 1980, Pohtila ja Pohjola 1985, Kubin 1990a, Tasanen 1990, Kinnunen 1992, 1993, Valtanen ja Tasanen 1996). Männyn hajakylvöä on tehty käsin sekä kylvölaitteilla hankikylvönä tai sulan maan aikana. Siemen on kylvetty koko uudistusalueelle tai muokkausjälkeen. Hajakylvön onnistumisen edellytyksenä on vanhastaan pidetty maanmuokkausta (Borg 1931, Borg 1935, Blomgren 1952). Koneellisesti muokatuilla aloilla taimettuminen on sitä parempi mitä enemmän kivennäismaata on paljastettu (Pohtila ja Pohjola 1985). Parhaiten taimettuvat muokkauspinnat ovat aurauspiennar ja äestysvako (Saraniemi 1980, Pohtila ja Pohjola 1985).

Hajakylvön paras ajankohta on Lapissa kesäkuu (Pohtila ja Pohjola 1985) ja Pohjois-Satakunnassa toukokuun puoliväli (Kinnunen 1992). Mäntyvaltaisten kuivahkojen kasvupaikkojen siementarpeeksi on arvioitu 0,5–1 kg/ha ja tuoreen kuusivaltaisen



Kuva 1. Istutuksen, kylvön ja luontaisen uudistamisen osuudet uudistusalan pinta-alasta.

kasvupaikan siementarpeeksi 2–6 kg/ha (Pohtila ja Pohjola 1985). Muokkausjälkeen suunnatussa hajakylvössä siemenmäärä 0,3 kg/ha riittää tyydyttävään uudistamistulokseen (Kinnunen 1992).

Hajakylvön onnistumisesta eri maalajeilla ja hajakylvöstä syntyneiden taimikoiden tilasta on varsin niukasti tutkittua tietoa, sillä tutkimukset ovat keskittyneet pääasiassa menetelmän tekniseen toteutukseen ja kylvöalustaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää männyn hajakylvön taimettumista, taimien tilajärjestystä ja pituuskehitystä sekä maanmuokkausmenetelmän ja maalajin vaikutusta taimettumiseen.

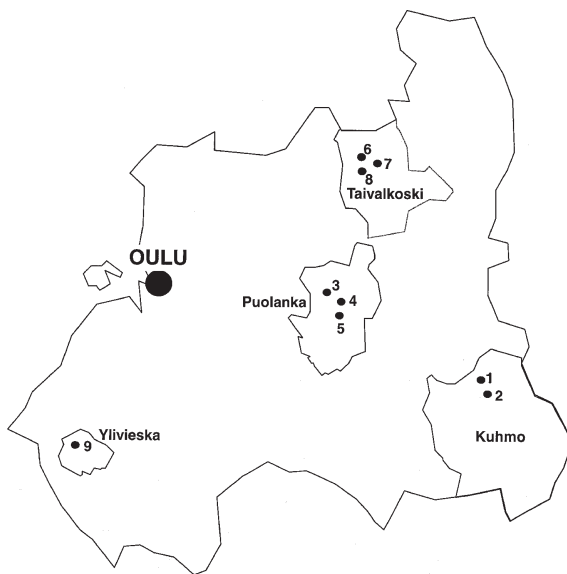
## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineisto kerättiin vuonna 1987 Pohjanmaalle ja Kainuuseen perustetulta yhdeksältä metsänuudistamisen koekentältä, kun kylvöt olivat neljän kasvukauden ikäisiä (kuva 2). Tutkimuskohteet olivat Viron (1952) luokituksen mukaan vähäkivisiä tai enintään kivisiä, joiden maalaji vaihteli hieksasta hiekkamoreeniin (taulukko 1). Lisäksi niitä oli sijoitettu topografiselta korkeudeltaan ja ilmastoltaan erilaisille alueille. Koekenttien kuukausikeskilämpötilat ja -sademäärät olivat kylvökesänä samankaltaisia (taulukko 2). Normaaliajaksoon verrattuna kesä oli kuitenkin keskimääräistä viileämpi ja sateisempi.

Koekentät perustettiin osaruutukokeena: koekenttä jaettiin lohkoihin, joiden sisään arvottiin

**Taulukko 1.** Koekenttien perustiedot ja kylvöön käytetyn siemenen itävyys.

Koekenttä	Lämpösumma, dd	Korkeus, m m.p.y.	Metsätyyppi	Maalaji	Siemenen itämis-%
1 Lipukka	936	210	VMT	Hiekkamoreeni	60
2 Viskaalinkangas	928	220	VMT	Hietamoreeni	60
3 Kalettomankangas A	966	170	EVT	Hiekkamoreeni	60
4 Kalettomankangas B	966	170	EVT	Hieta	60
5 Kanavaara	920	250	EVT	Hietamoreeni	60
6 Taivalvaara	866	235	VMT	Hiesu	73
7 Suvantovaara	822	295	VMT	Hiekkamoreeni	73
8 Väljänlammenkangas	866	235	VMT	Hieta	73
9 Karhunkämmenkangas	1103	105	EVT	Hiekkamoreeni	83

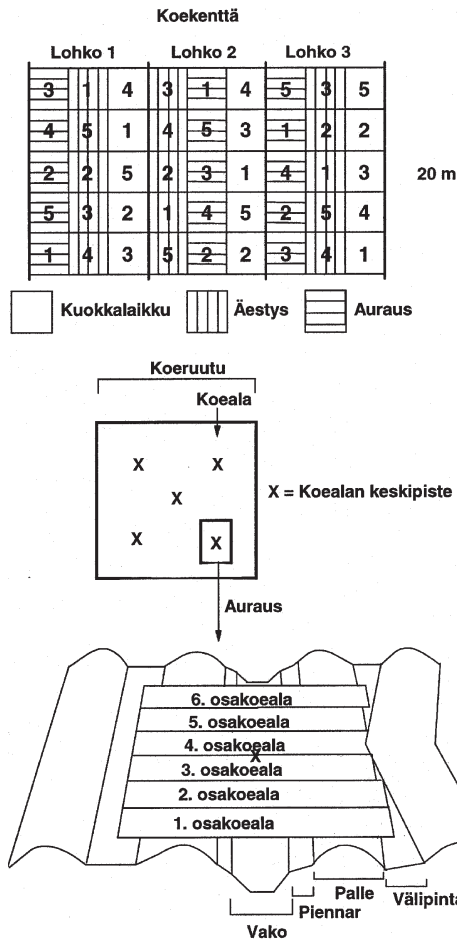
**Kuva 2.** Koekenttien sijainti.

maanmuokkauskaistat ja kunkin maanmuokkauskaistan sisään koeruutuihin eri koeyäsenet (kuva 3). Lohkojen (toistojen) lukumäärä oli seitsemällä koekentällä kolme ja kahdella kaksi. Maanmuokausmenetelmät olivat auraus, äestys ja kuokkalaikutus. Männyn hajakylvön lisäksi kokeessa tutkittiin eri taimilajien menestymistä ja juurten kehitystä (Rautiainen 1992, Rautiainen ja Kubin 1997). Koeruudun koko oli 20 × 20 m. Kylvö kuokkalaikkuun tehtiin ns. ruutukylvönä.

**Taulukko 2.** Kuukausikeskilämpötilat ja -sademäärät koekenttien lähimmillä Ilmatieteen laitoksen ilmastoasemilla vuonna 1987.

Ilmastoasema	Kuukausi				
	5	6	7	8	9
Lämpötila, °C					
Taivalkoski	5,7	11,0	12,6	9,7	6,5
Puolanka	6,5	12,1	13,3	10,3	7,2
Kuhmo	6,8	12,7	13,1	10,3	7,0
Oulainen	6,6	12,6	15,2	10,7	8,9
Jakso 1961–1990					
Taivalkoski	6,0	12,3	14,6	11,9	6,5
Oulainen	13,8	18,8	20,9	17,7	11,9
Sademäärä, mm					
Taivalkoski	42	104	91	91	43
Puolanka	58	93	107	124	44
Kuhmo	41	63	135	125	61
Oulainen	37	88	108	95	79
Jakso 1961–1990					
Taivalkoski	49	65	78	84	70
Oulainen	35	50	69	85	61

Hajakylvöä varten siemenet sekoitettiin hiekkaan ja sahanpuruun ja kylvettiin käsin muokattuun pintaan. Koekentät kylvettiin alkukesällä 17.5.–26.6. välisenä aikana, yleisimmin touko-kesäkuun vaihteissa. Kylvöissä käytettiin paikallista alkuperää olevaa siementä (B4), jonka tuhatjyvápaino oli 4 g



**Kuva 3.** Koekenttien rakenne, koealojen sijainti ja koealan leveyden määräytyminen auratuilla aloilla. Koeruutujen numerot 1–4 viittaavat eri taimilajiin ja numero 5 hajakylvöön.

ja itävyysprosentti 60–83. Aurasalojen kylvömäärä oli 1 kg/ha ja äestysalojen 0,5 kg/ha. Ruutukylvössä laikku kohti kylvettiin noin 10 siementä (0,150 kg/ha). Laikutusaloin viljelytiheys oli 3 750 laikku/ha ja laikun koko noin 30 × 40 cm.

Taimettuminen laskettiin jokaiselta koeruudulta viidestä systemaattisesti valitusta paikasta, jotka olivat lävistäjien leikkauspiste sekä tämän ja kulumien puoliväli. Jokaiseen näin määritettyyn paikkaan sijoitettiin muokkausjäljen päälle yksi kuuden metrin pituinen koeala, joka jaettiin kuuteen osa-

koelaan (kuva 3). Muokatun pinnan osuus riippui vakotiheydestä ja muokkausjäljen leveydestä. Koealan koko suhteutettiin muokatun pinnan alaan määrittämällä koealan leveydeksi inventoitavan muokkausjäljen ja sen viereisten muokkausjälkien muokkaamattoman pinnan puolivälin välinen alue (kuva 3). Auratuilla aloilla koealan leveys oli keskimäärin 4,3 m ja äestyksessä 4,1 m. Laikutettujen alojen koealan leveys oli kiinteästi 4 m.

Kylvötaimet inventoitiin osakoealoittain ja muokauspinnoittain. Taimien pituus mitattiin juureniskasta latvasilmun kärkeen. Kylvötaimiksi luettiin silmävaraisesti arvioituna korkeintaan kaksi vuotta kylvön jälkeen syntyneet taimet. Kasvuskelpoiseksi taimiksi luettiin kylvötaimi, jolla oli edellytykset elinvoimaisuutensa ja kasvutilansa puolesta kehittyä käyttöpuun mittoihin. Kasvuskelpoisten taimien minimietäisyys oli 80 cm (Poh-tila 1980).

Maalajin määrittämistä varten otettiin noin 1 dm<sup>3</sup> kokoinen maanäyte koeruudun kunkin koealan keskikohdasta muokkaamattomasta maasta humuksen alta. Koealojen näytteet sekoitettiin ja tasattiin yhdeksi 1 dm<sup>3</sup> kokoiseksi näytteeksi, josta tehtiin rakeisuusanalyysi pesuseulontaa ja pipetointimenetelmää käyttäen (Elonen 1971). Maalajit jaettiin karkeajakoisiin ja hienojakoisiin siten, että karkeajakoisten maalajien hienojakoisuus (raekoko < 0,06 mm) oli alle 30 % ja hienojakoisten yli 30 %.

Taimikon aukkoisuutta kuvattiin määrittämällä koeruuduittain taimettomien osakoealojen osuus inventoiduista osakoealoista. Tässä tutkimuksessa taimettomuus merkitsi sitä, että osakoealalla ei ollut kylvötaimia; luontaisia taimia ei hyväksytty täydennystaimiksi, koska tutkimuksessa keskityttiin nimenomaan kylvön onnistumiseen.

Yksittäisen osakoealan taimitiheyden vaihtelua tutkittiin lineaarisilla sekamalleilla. Malleissa koekentän vaikutus taimitiheyteen oli kiinteä ja koeruudun, koealan sekä osakoealan vaikutukset olivat satunnaisia. Osakoealan vaikutus taimitiheyteen sisältyi residuaalivaikutukseen. Osakoealan taimitiheyden kokonaisvaihtelu kuvattiin mallilla:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{(ij)} + \gamma_{(ij)k} + e_{(ijkl)} \quad (1)$$

jossa

$y_{ijkl}$  = yksittäisen osakoealan taimitiheys

- $\mu$  = yleiskeskisarvo  
 $\alpha_i$  = koekentän vaikutus  
 $\beta_{(ij)}$  = koeruudun satunnaisvaikutus koekentän sisällä  
 $\gamma_{(ijk)}$  = koealan satunnaisvaikutus koekentän ja koeruudun sisällä  
 $\epsilon_{(ijkl)}$  = satunnaisjäännösvaikutus koekentän, koeruudun ja koealan sisällä.

Satunnaisvaikutukset esitettiin keskiahajontoina. Koekentän kiinteä vaikutus taimitiheyteen esitettiin poikkeamana yleiskeskisarvosta kaavalla:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |a_i - \mu| \quad (2)$$

Maanmuokkausmenetelmän vaikutusta taimettumiseen ei voitu tutkia taimitiheyden perusteella eri kylvömääristä johtuen. Tätä varten laskettiin koekenttien taimettumisprosentit, jolla tarkoitetaan taimiksi kehittyneiden siementen osuutta itämiskykyisistä siemenistä. Itämiskykyisten siemenien määrä laskettiin kertomalla kylvettyjen siemenien määrä itävyysadanneksella.

Maanmuokkausmenetelmän vaikutusta taimettumisprosenttiin testattiin Friedmanin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Maalajin ja metsätyypin vaikutusta taimettumisprosenttiin testattiin kahden riippumattoman otoksen t-testillä. Maanmuokkauspinnan vaikutusta taimien pituuteen testattiin Tukeyn testillä. Taimikoiden tilajärjestystä tutkittiin varianssi/keskiarvo-suhteen avulla (Fisher ym. 1922). Suhdeluvun merkitsevyyden testisuure laskettiin kaavalla (Ripley 1981):

$$T = (n - 1) \text{ varianssi} / \text{keskiarvo} \quad (3)$$

Merkitsevyytaso laskettiin vertaamalla testisuuretta  $\chi^2$ -jakaumaan vapausasteella  $n - 1$ .

## 3 Tulokset

### 3.1 Taimien tiheys

Eniten taimia syntyi auratuille aloille, keskimäärin noin 12 200 kpl/ha koekenttien välisen vaihtelun

**Taulukko 3.** Koekenttien taimitiheyksien keskiarvot ja keskiahajonnat (kpl/ha) maanmuokkausmenetelmittäin.

Koekenttä	Auraus	Äestys	Laikutus
1	17639 ± 6892	8896 ± 1989	584 ± 250
2	20265 ± 4647	6977 ± 2496	1417 ± 662
3	10501 ± 8316	7388 ± 455	4629 ± 2771
4	4963 ± 483	6962 ± 19	1418 ± 825
5	4578 ± 1281	2567 ± 1066	834 ± 167
6	11002 ± 4074	5899 ± 2343	751 ± 363
7	11477 ± 6035	4318 ± 2224	472 ± 337
8	19478 ± 5827	9311 ± 980	9813 ± 6448
9	11801 ± 1896	4814 ± 1497	723 ± 556

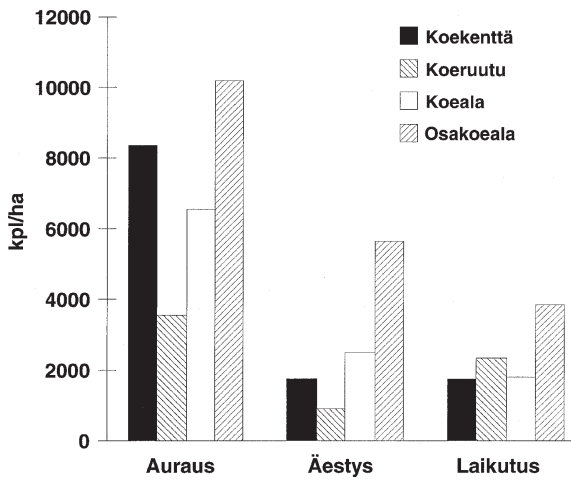
ollessa 4 600–20 300 kpl/ha (taulukko 3). Äestetyillä aloilla taimia oli keskimäärin noin puolet siitä mitä oli auratuilla aloilla, noin 6 300 kpl/ha. Myös äestyksessä koekenttien välinen vaihtelu oli suuri (2 600–9 300 kpl/ha. Koneellisesti muokattuihin aloihin verrattuna kylvö kuokkalaikkuun tuotti heikon tuloksen; keskimääräinen taimitiheys oli 2 200 kpl/ha ja seitsemällä koekentällä taimitiheys oli alle 1 500 kpl/ha. Taimettuneiden laikkujen osuus kaikista kylvetyistä laikuista oli keskimäärin vain 23 % (vaihteluväli 2–91 %).

Kasvatuskelpoisia taimia oli auratuilla aloilla keskimäärin noin 4 100 kpl/ha koekenttien välisen vaihtelun ollessa 2 100–6 200 kpl/ha. Äestetyillä aloilla kasvatuskelpoisia taimia oli keskimäärin 3 000 kpl/ha (800–4 400 kpl/ha). Laikutetuilla aloilla kasvatuskelpoisia taimia oli keskimäärin 1 000 kpl/ha (0–4 000 kpl/ha).

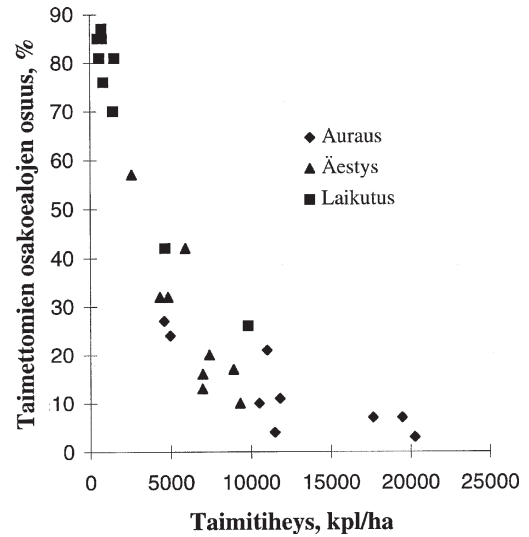
Taimitiheyden vaihtelusta suurin osa oli osakoealojen välistä eri tavoin muokatuilla aloilla (kuva 4). Auratuilla aloilla myös koekentän vaikutus taimitiheyden vaihteluun oli suuri. Koekenttien sisäinen koeruutujen hajonta oli pieni aurauksessa ja äestyksessä.

### 3.2 Taimien tilajärjestys

Auratuilla aloilla taimettomien osakoealojen osuus oli keskimäärin 13 % (vaihteluväli 3–27 %), äestyksessä vastaavasti 27 % (vaihteluväli 10–57 %) ja laikutuksessa 71 % (vaihteluväli 26–87 %). Taimet-



**Kuva 4.** Taimitiheyden hajonta koeruutujen välillä, koealojen välillä ja sisällä sekä koekentän keskimääräinen poikkeama yleiskeskivärtä.



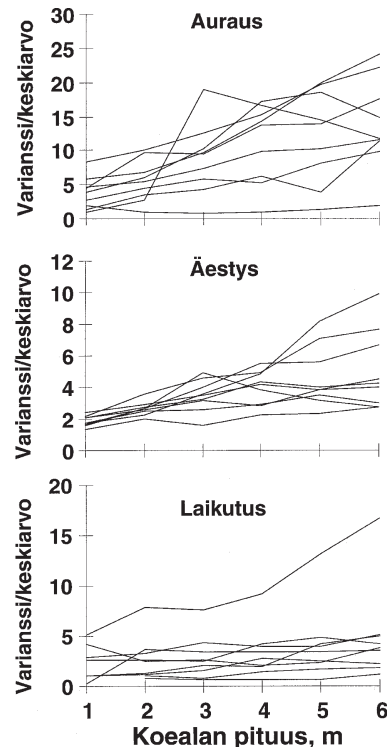
**Kuva 5.** Koeruudun taimettomien osakoealojen osuus suhteessa taimitiheyteen.

tomien osakoealojen osuus kasvoi jyrkästi, kun taimitiheys pieneni alle 5 000 kpl/ha (kuva 5). Aurattujen alojen kuudella ja äestettyjen alojen viidellä koekentällä taimettomien osakoealojen osuus oli alle 20 %. Laikutuksessa taimettomien osakoealojen osuus oli aina tätä suurempi.

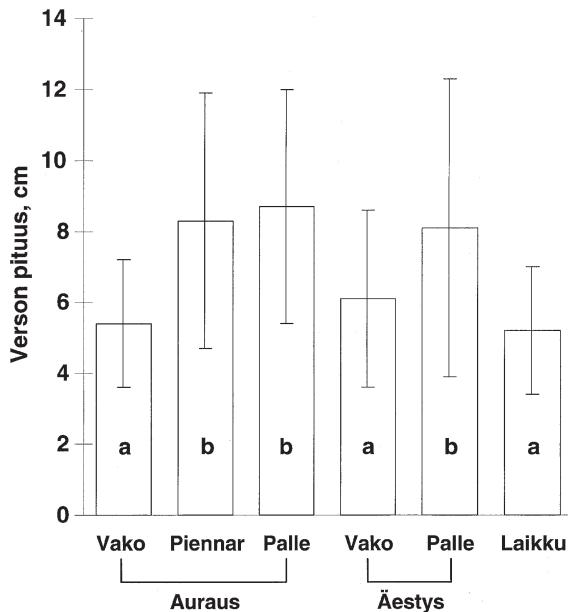
Aurattujen ja äestettyjen alojen tilajärjestysindeksi kasvoi koelakoon kasvaessa (kuva 6). Aurattujen alojen keskimääräinen tilajärjestysindeksi oli 2,7 käytettäessä yhden metrin pituista koelaa ja 8,3 käytettäessä kuuden metrin pituista koelaa. Äestettyjen alojen keskimääräinen tilajärjestysindeksi oli 1,9 käytettäessä yhden metrin pituista koelaa ja 4,5 käytettäessä kuuden metrin pituista koelaa. Käytettäessä yhden metrin pituista koelaa taimien tilajärjestys poikkesi satunnaisesta aurauksessa seitsemällä koekentällä, äestyksessä kuudella koekentällä ja laikutuksessa neljällä koekentällä ( $p < 0,05$ ). Koalan ollessa kuuden metrin pituinen kaikkien eri tavoin muokattujen alojen taimien tilajärjestys poikkesi satunnaisesta.

### 3.3 Pituuskasvu

Neljän kasvukauden jälkeen taimien keskipituus oli aurasjäljessä 9 cm, äestysjäljessä 7 cm ja kuok-



**Kuva 6.** Koekenttien tilajärjestysindeksit koalan pituuden funktiona.



**Kuva 7.** Taimien keskipituus muokkauspinnoittain. Eri kirjaimilla merkityt pylväät eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

kalakuissa 6 cm. Aurattujen alojen taimien keskipituus erosi tilastollisesti merkitsevästi äestettyjen ja laikutettujen alojen taimien keskipituudesta ( $p < 0,05$ ). Aorausjäljessä kasvaneista taimista piennar- ja palletaimet olivat pidempiä kuin vakotaimet (kuva 7). Äestysvaossa ja -palteessa kasvaneiden taimien pituudet eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Laikussa kasvaneiden taimien pituudet eivät eronneet aorausvaossa ja äestysvaossa kasvaneiden taimien pituudesta, mutta laikuttaimien pituus erosi tilastollisesti merkitsevästi muilla muokkauspinnoilla kasvaneiden taimien pituudesta.

### 3.4 Maanmuokkaustavan vaikutus taimettumiseen

Aurattujen alojen muokatun pinnan osuus oli keskimäärin 83 % (vaihteluväli 50–93 %). Muokkausjäljen leveys oli keskimäärin 370 cm. Muokkausjäljestä oli vakoa 22 %, piennarta 14 % ja palletta 64 %. Vakotiheys oli keskimäärin 25 kpl/100 m. Aorausvaossa kasvaneiden taimien osuus (21 %) oli

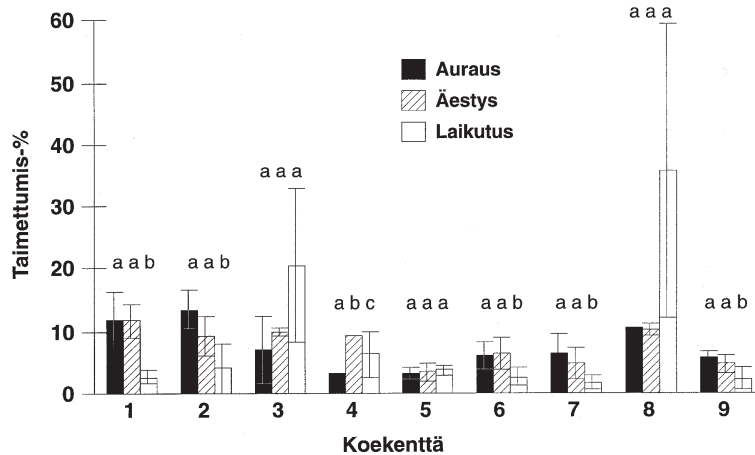
likimäärin yhtä suuri kuin vaon osuus muokkausjäljestä. Sitä vastoin aorauspientareissa kasvaneiden taimien osuus (34 %) oli suurempi kuin pientareen osuus muokkausjäljestä ja palteessa kasvaneiden taimien osuus (45 %) oli pienempi kuin palteen osuus muokkausjäljestä.

Äestyksessä syntyneen muokkausjäljen leveydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä muokkauslaitteen tekemää muokkausjälkeä, joka koostuu kahdesta äkeen tekemästä vaosta ja kahdesta palteesta. Äestettyjen alojen muokatun pinnan osuus oli keskimäärin 56 % (vaihteluväli 24–76 %). Äestysjäljen leveys oli keskimäärin 226 cm. Äestysvaon osuus muokatusta pinnasta oli keskimäärin 51 % ja äestyspalteen 49 %. Vakotiheys oli keskimäärin 51 kpl/100 m. Äestysvaossa kasvaneiden taimien osuus oli lähes kaksinkertainen (88 %) verrattuna vaon osuuteen muokkausjäljestä. Äestyspalteessa kasvaneiden taimien osuus oli lähes viisi kertaa pienempi (11 %) kuin palteen osuus muokkausjäljestä. Muokkaamattomalla pinnalla kasvaneiden taimien osuus oli 1 %.

Aurattujen alojen taimettumisprosentti eli taimiksi kehittyneiden siementen osuus oli keskimäärin 7,4 (vaihteluväli 2,3–16,9 %), äestettyjen alojen oli 7,6 (vaihteluväli 1,8–14,7) ja laikutettujen alojen 8,5 (vaihteluväli 0,3–52,1). Maanmuokkaustavalla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus taimettumisprosenttiin kuudella koekentällä (kuva 8, taulukko 4). Näistä koekentistä viidessä laikutusalojen taimettumisprosentti erosi aurattujen ja äestettyjen alojen taimettumisprosentista. Yhdellä koekentällä eri ta-

**Taulukko 4.** Varianssitaulu maanmuokkaustavan vaikutuksesta taimettumisprosenttiin.

Koekenttä	Vapausasteet		Keskineliö		F-arvo	p-arvo
	Malli	Jäännös	Malli	Jäännös		
1	2	6	2,3	0,2	10,5	0,0110
2	2	6	2,3	0,2	10,5	0,0110
3	2	3	1,5	0,3	4,5	0,1250
4	2	3	2,0	0,0	99999,9	0,0001
5	2	6	0,3	0,9	0,4	0,7023
6	2	6	2,3	0,2	10,5	0,0110
7	2	6	2,3	0,2	10,5	0,0110
8	2	6	0,4	0,7	0,6	0,6049
9	2	6	2,3	0,2	10,5	0,0110



**Kuva 8.** Koekenttien taimettumisprosentit eri tavoin muokatuilla aloilla. Pylväiden päälle piirretty jana kuvaa keskihajontaa. Saman koekentän eri kirjaimella merkityt pylväät eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ( $p < 0,05$ ).

**Taulukko 5.** Maalajitteiden keskimääräiset osuudet ja keskihajonnat (%) koekentittäin.

Koekenttä	Savi < 0,002 mm	Hiesu 0,002–0,02 mm	Hieno hietä 0,02–0,06 mm	Karkea hietä 0,06–0,2 mm	Hiekka 0,2–2 mm	Sora 2–20 mm
1	1,4 ± 0,2	7,5 ± 2,0	12,7 ± 2,8	20,9 ± 4,5	43,7 ± 5,3	13,8 ± 3,3
2	1,3 ± 0,4	13,2 ± 3,6	15,7 ± 4,3	19,3 ± 6,0	36,0 ± 4,5	14,5 ± 5,1
3	1,1 ± 0,2	2,8 ± 1,7	3,9 ± 2,6	9,3 ± 4,1	73,3 ± 8,9	9,6 ± 2,7
4	3,3 ± 1,3	25,3 ± 7,5	26,9 ± 4,4	31,3 ± 5,3	12,2 ± 6,9	1,0 ± 1,0
5	1,0 ± 0,3	12,8 ± 2,5	30,5 ± 4,2	29,4 ± 6,1	18,3 ± 5,6	8,0 ± 4,8
6	13,3 ± 3,3	59,5 ± 1,5	19,2 ± 1,9	2,6 ± 2,0	4,2 ± 1,4	1,2 ± 1,1
7	1,7 ± 0,6	9,2 ± 3,7	15,3 ± 2,8	19,5 ± 7,4	37,5 ± 3,5	16,8 ± 6,7
8	1,0 ± 0,3	3,9 ± 1,9	18,4 ± 11,4	47,7 ± 10,8	25,8 ± 12,9	3,8 ± 4,2
9	3,6 ± 1,0	7,7 ± 2,2	8,1 ± 2,3	14,8 ± 3,8	38,3 ± 8,3	27,5 ± 11,5

voin muokattujen alojen taimettumisprosentit erosivat kaikki toisistaan.

### 3.5 Maalajin ja metsätyyppin vaikutus taimettumiseen

Koekenttien yleisin maalaji oli hiekkamoreeni, jonka osuus koeruuduista oli 46 %. Hietamoreenin osuus oli 23 %, hiedan 19 % ja hiesun 12. Saven ja soran osuus maan lajitejakaumasta oli yleensä vä-

häinen (taulukko 5). Koeruutujen maan hienoainesosuus (raekoko alle 0,06 mm) vaihteli välillä 2–96 % ja oli keskimäärin 30 %. Hienoaines koostui pääasiassa hiesusta ja hienosta hiedasta saven osuuden ollessa yhtä koekenttää lukuunottamatta vähäinen. Tuoreiden kankaiden ja kuivahkojen kankaiden maan lajitejakauma oli samankaltainen lukuunottamatta hiesun osuutta. Hiesun osuus maan lajitejakaumasta oli tuoreella kankaalla keskimäärin 19 % ja kuivahkolla kankaalla 12 %.

Karkeajakoisten ja hienojakoisten maiden taimet-



**Taulukko 6.** Maalajin karkeusasteen ja metsätyyppin vaikutus taimettumisprosenttiin (taimiksi kehittyneiden siementen osuus itämiskelpoisista siemenistä) maanmuokkaustavoittain. Aurattujen ja laikutettujen alojen taimettumisprosenttien tilastollisessa testissä käytettiin logaritimuunnettuja arvoja.

	Keskimääräinen taimettumis-%		Testisuure	p-arvo
	Karkeajakoiset	Hienojakoiset		
Auraus	8,0 ± 4,0	6,7 ± 4,9	1,1	0,294
Äestys	8,1 ± 3,5	6,9 ± 3,2	0,9	0,386
Laikutus	12,0 ± 17,5	4,0 ± 2,6	0,6	0,584
	EVT	VMT		
Auraus	4,7 ± 2,6	9,5 ± 4,3	-3,5	0,002
Äestys	6,3 ± 3,1	8,5 ± 3,4	-1,7	0,101
Laikutus	7,2 ± 8,4	9,4 ± 16,5	0,4	0,710

tumisprosentit eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkittävästi eri tavoin muokatuilla aloilla (taulukko 6). Tuoreen kankaan taimettumisprosentit olivat korkeammat kuin kuivahkon kankaan auratuilla aloilla, mutta äestetyillä ja laikutetuilla aloilla tätä eroa ei ollut.

## 4 Tulosten tarkastelu

Kylvötuloksen on todettu vaihtelevan eri kylvövuosina ja eri koekentillä, mikä on ilmeisesti kylvöille ominainen piirre (Lähde 1979, Kinnunen 1982, 1992). Tässäkin tutkimuksessa koekenttien välinen taimitiheyden vaihtelu oli suurta. Hajakylvö osoittautui taimitiheyden vaihtelusta huolimatta kuitenkin varmaksi menetelmäksi sellaisen taimikon aikaansaamiseksi, jossa taimien tiheyden ja tilajärjestyksen voidaan olettaa luovan edellytykset tavoitteena olevan taimikon aikaansaamiseksi. Luontaisen taimiaineksen vaikutusta uudistamisen onnistumiseen ei arvioitu. Suunnilleen samanikäisten kylvötaimien ja luonnon taimien erottaminen katsottiin liian epävarmaksi eikä sitä tehty. Siksi luontaisia taimia saatettiin lukea kylvötaimiksi. Tästä johtuva taimitiheyden yliarvio lienee kuitenkin vähäinen, sillä reunametsän etäisyys oli yleensä suu-

rempi kuin männyn tehokkaana siemennysetäisyytenä pidetty 50–80 m (Heikinheimo 1944, Oinonen 1956, Valtanen 1984).

Tässä tutkimuksessa hajakylvö tehtiin kasvukauden alkupuolella lyhyen ajan kuluttua maanmuokkauksesta, mikä on hajakylvön onnistumisen edellytys (Pohtila ja Pohjola 1985, Kinnunen 1993). Valtasen ja Tasasen (1996) tutkimuksessa hajakylvö epäonnistui, mikä saattoi johtua kylvötyön tekemisestä hankikylvönä sekä maanmuokkauksen ja kylvön välisen ajan pituudesta. Ruutukylvö kuokkalaikkuun osoittautui erittäin epävarmaksi kylvömenetelmäksi. Ruutukylvön epäonnistumiseen lienee syynä nimenomaan kuokkalaikun epädullisuus taimettumisalustana, sillä ruutukylvöstä on yleensä saatu parempia tuloksia silloin, kun maa on muokattu (Kinnunen 1977, 1988, 1992). Tässä tutkimuksessa saatuun heikkoon tulokseen vaikutti luultavasti kuokkalaikkujen pienuus (Huss 1956), huomuksen huonous itämialustana (Sirén 1952, Yli-Vakkuri 1961, Pohtila ja Pohjola 1985) ja laikun kuoppamainen muoto, jolloin vesi voi jäädä laikuihin (Lähde 1974). Kylvetyn siemenmäärän pienuus saattoi osaltaan vaikuttaa huonoon tulokseen, joskin siemenmäärän lisäämisellä on havaittu olevan vain pieni vaikutus kylvön onnistumiseen (Kinnunen 1978, 1982).

Taimien tilajärjestys oli tässä tutkimuksessa selvästi ryhmittäinen, kuten luontaisesti syntyneissä männyn taimikoissa (Tiren 1950, Pohtila 1980). Taimien ryhmittäisyys ei kuitenkaan merkinnyt auratuilla ja äestetyillä aloilla taimikon suurta aukkoisuutta. Myös koealojen välinen ja sisäinen suuri taimitiheyden hajonta viittasi siihen, että muokkausjäljessä on ryhmittäisesti taimettumiselle suotuisia kohtia. Kylvösiemenen epätasainen jakautuminen muokkausjälkeen saattoi myös vaikuttaa taimien ryhmittäiseen tilajärjestykseen.

Auraus ja äestys osoittautuivat tässä tutkimuksessa taimettumisen kannalta samanarvoisiksi. Myös muissa tutkimuksissa maanmuokkaustavan vaikutus männyn kylvön onnistumiseen on ollut suhteellisen vähäinen (Kinnunen 1990, 1992). Taimiksi kehittyneiden siementen osuus itämiskelpoisista siemenistä oli tässä tutkimuksessa vain runsaat 7 %, kuten myös Pohtilan ja Pohjolan (1985) tutkimuksessa kesäkuussa tehdyissä kylvöissä. Taimettumista olisi luultavasti parantanut siementen suuntaaminen

auratuilla aloilla pientareeseen ja äestetyillä aloilla äestysvakoon. Auratuilla aloilla kylvötaimien taimettumisen kannalta edullisin muokkauspinta on ollut piennar, mihin viittaava tulos saatiin tässäkin tutkimuksessa (Pohtila 1972, Turtiainen ja Valtanen 1974, Savilampi 1977, Valtanen 1978, Lähde 1979, Pohtila ja Pohjola 1983, Mäkitalo 1983, Pohtila ja Pohjola 1985). Äestysvako oli edullisempi taimettumisalusta kuin äestyspalle, kuten aikaisemmin on todettu (Pohtila ja Pohjola 1985).

Männyn kylvölle paremmin sopivan maanmuokausmenetelmän kehittämiseksi olisi tarvetta, koska siementen taimettumisprosentti nykyisillä maanmuokausmenetelmillä on alhainen. Kylvösiementen taimettumista on parannettu tekemällä äestysvakoon pieniä painaumuksia, johon siemenet on kylvetty (Bergsten 1988, Winsa ja Bergsten 1994). Optimaalisen maanmuokausmenetelmän kehittäminen on kuitenkin ongelmallista, koska taimien itämiselle ja taimien pituuskasvulle suotuisat kasvualustan ominaisuudet ovat erilaiset. Itämisvaiheelle tärkeä kasvualustan ominaisuus on kapillaarisen veden saanti (Winsa 1995). Auraspiennar ja äestysvako ovat taimettumiselle edullisia kasvualustoja, mikä saattaa johtua suotuisasta kapillaariveden saatavuudesta. Myös maan lämpöolot ovat niissä samankaltaiset (Tolvanen ja Kubin 1990). Sen sijaan auraspalteella ja äestyspalteella kasvavien taimien pituuskehitys oli tässä tutkimuksessa nopeampaa kuin ja äestysvaossa. Palteen lämpö- ja kosteus-olot ovat äärevät (Kauppila ja Lähde 1975, Ritari ja Lähde 1978, Pohtila 1977, Mannerkoski ja Möttönen 1990, Kubin ja Kempainen 1994), mikä selittää palteen epäedullisuutta taimettumiselle. Palteen aikaisempi paljastuminen lumesta ja ravinteiden mineralisaation nopeus puolestaan edistävät taimien pituuskehitystä (Kauppila ja Lähde 1975, Pohtila 1977, Kubin ja Poikolainen 1982, Mälkönen 1983, Palmgren 1984, Kubin 1990b).

Hienolajitteisilla mailla männyn kylvö onnistuu usein huonosti (Pohtila ja Valkonen 1985, Hyppönen 1998). Tässä tutkimuksessa maan raekoostumuksella ja metsätyypillä ei ollut merkittävää vaikutusta taimettumiseen, vaan hajakylvö onnistui tuoreen kankaan hienojakoisillakin mailla. Tämä saattoi johtua tuoreen kankaan koekenttien maalajien vähäsavisuudesta sekä korkeasta topografisesta sijainnista. Kasvualustan laadun vähäinen vaikutus

taimettumiseen saattoi johtua myös osaltaan kylvövuoden alkukesän sateisuudesta, jolloin maassa oli riittävästi kosteutta taimettumista varten. Kasvualustan laadun vaikutus taimettumiseen häviää, kun kosteutta ja lämpöä on riittävästi (Yli-Vakkuri 1961). Tämän tutkimuksen tulokset olivat kuitenkin varsin lupaavia ajatellen hajakylvön käyttämistä totuttua hienojakoisemmilla ja viljavammilla mailla.

Hajakylvössä tarvittavan siemenmäärän tarkka mitoittaminen kylvöalan maalajin perusteella ei tämän tutkimuksen tulosten perusteella ole mahdollista. Jos hajakylvön onnistumiseksi asetetaan tavoitteeksi taimitiheys 5 000 kpl/ha, niin tässä tutkimuksessa tarvittava 100 %:sti itävä siemenmäärä oli taimettumisprosenttien perusteella laskien auratuilla aloilla keskimäärin 0,38 kg/ha (vaihteluväli 0,12–0,88 kg/ha), äestetyillä aloilla 0,35 kg/ha (vaihteluväli 0,14–1,11 kg/ha). Nämä kylvömäärät ovat lähellä Kinnusen (1993) tuloksia. Kylvömäärästä tinkiminen on riskialtista, sillä taimettumiseen vaikuttavat satunnaiset tekijät, kuten sääolot ja siemen- sekä taimituholaiset, saattavat karsia pienestä yksilömäärästä liian suuren osan uudistamistulosta silmillä pitäen. Hajakylvössä siemenet joutuvat erilaisille kasvualustoilla ja siemenmäärällä varmistetaan se, että riittävä osa siemenistä osuu kulloisenkin tilanteen mukaan suotuisalle taimettumisalustalle. Lisäksi riittävän suurella siemenmäärällä kylvettäessä siivilöityvät edulliset kasvukohtat esille (Pohtila 1980), jolloin kasvupaikan puuntuotoskyky tulee täysimääräisesti hyödynnettyksi.

## Kiitokset

Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen ja Kannuksen tutkimusasemilla. Antti Wall teki aiheesta metsänhoidon pro gradu -tutkielman ja laati julkaisun käsikirjoituksen, jonka molemmat tekijät ovat yhdessä viimeistelleet. Maanäytteiden raekokomääritykset teki Paula Kylmänen. MMT Annika Kangas neuvoi tilastomatemaattisissa kysymyksissä. MMT Jyrki Hytönen luki käsikirjoituksen tehden varteenotettuja korjausehdotuksia. Esitämme parhaat kiitokset kaikille tutkimuksessa avustaneille.

## Kirjallisuus

- Bergsten, U. 1988. Pyramidal indentations as a micro-site preparation for direct seeding of *Pinus sylvestris* L. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 493–503.
- Blomgren, Y. 1952. Tuomarniemen metsänviljelytöistä ja niiden tuloksista. Referat: Waldkulturarbeiten und ihre Erfolge im Revier Tuomarniemi. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 40(28). 15 s.
- Borg, A. 1931. Selostus omakohtaisista kokemuksista hankikylvöistä Tuomarniemellä. *Yksityismetsänhoitajayhdistyksen Vuosikirja* IV. s. 88–91.
- Borg, L.E.T. 1935. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa v.v. 1913–1930. *Silva Fennica* 38. 136 s.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Selostus: Maan raekoostumuksen määrittäminen. *Acta Agraria Fennica* 122. 122 s.
- Fisher, R., Thornton, H. & Mackenzie, W. 1922. The accuracy of the plating method of estimating the density of bacterial populations, with particular reference to the use of Thornton's agar medium with soil samples. *Annals of Applied Biology* 9: 325–359.
- Heikinheimo, O. 1944. Metsien luontainen uudistaminen. *Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia* 22. 2. painos. 96 s.
- Huss, E. 1956. Om barrskogsfröet kvalitet och andra på sädd resultatet inverkan faktorerna. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 46(9): 1–59.
- Huuri, O. 1969. Katsaus metsänviljelytekniikan kehitykseen. *Julkaisussa: Lehto, J. (toim.). Metsänviljely. Helsinki.* s. 325–370.
- Hypönen, M. 1998. Koneellisen männynkylvön onnistuminen Länsi-Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1/1998: 65–74.
- Kauppila, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 230. 29 s.
- Kinnunen, K. 1977. Männyn kylvömenetelmien vertailua. *Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja* 6: 1–13.
- 1978. Männyn kylvön onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä. *Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja* 7.2: 1–11.
- 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Summary: Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. *Folia Forestalia* 531. 24 s.
- 1988. Männyn kylvön onnistuminen eri menetelmin. *Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 300. s. 44–52.
- 1990. Ensituloksia rehevien kivennäismaiden kylvöistä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 369. s. 15–21.
- 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Summary: Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. *Folia Forestalia* 329. 32 s.
- & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Abstract: State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forests of western Finland. *Folia Forestalia* 535. 16 s.
- Kubin, E. 1990a. Pohjanmaan alavien kankaiden metsän uudistaminen. *Karhunkämmenkaan koekentän ja sen tulosten esittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 361. s. 67–80.
- 1990b. Lumi, routa- ja lämpöolot eri tavoin muokatussa metsämaassa Kuusamossa. Abstract: The effect of site preparation on snow, frost and temperature conditions at a site near Kuusamo. *Silva Fennica* 24(1): 35–45.
- & Kempainen, L. 1994. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. *Acta Forestalia Fennica* 244. 56 s.
- & Poikolainen, J. 1982. Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista. Summary: Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways. *Folia Forestalia* 518. 24 s.
- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. Seloste: maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luontaisten ja viljelytaimistojen kuntoon. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 84(3). 32 s.
- 1979. Männyn, kuusen ja lehtikuusen suoja- ja avokylvö aurauksen pientareessa ja palteessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 97(4). 45 s.
- & Vartiainen, T. 1980. Männyn hajakylvökoe helikopterilla. *Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja* 22. 18 s.

- Mannerkoski, H. & Möttönen, V. 1990. Maan vesitalous ja ilmatila metsäaeruaalueilla. Summary: Soil water conditions and air-filled porosity on ploughed reforestation areas. *Silva Fennica* 24(3): 279–301.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1998. SVT. Maa- ja metsätalous 1998:3. Metsäntutkimuslaitos. 344 s.
- Mäkitalo, K. 1983. Koetuloksia männyn viljelyn onnistumisesta eritavoin käsitellyllä paksusammaltypin maalla Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105. s. 98–110.
- Mälkönen, E. 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124. s. 6–16.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistumisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräiden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. Metsätaloudellinen aikakauslehti 73(6–7): 225–230.
- Palmgren, K. 1984. Muokkauksen ja kalkituksen aiheuttamia mikrobiologisia muutoksia metsämaassa. Summary: Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming. *Folia Forestalia* 603. 27 s.
- Pohtila, E. 1972. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa. Tulokset vuosina 1967–68 tehdyistä männyn kylvö- ja istutuskokeista. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos, Tiedonantoja 6. 97 s.
- 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(4). 98 s.
- 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(1). 35 s.
- & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970–1972 Lappiin perustetun aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970–1972. *Silva Fennica* 17(3): 201–224.
- 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 631. 19 s.
- Rautiainen, E. 1992. Maan fysikaalisista ominaisuuksista ja juuriston deformaatiosta männyn taimettumiseen vaikuttavina tekijöinä eri tavoin muokatulla metsämaalla. Pro gradu -tutkielma Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksessa. 118 s.
- & Kubin, E. 1997. Männyn paakkutaimien juuriston rakenne eri tavoin muokatussa metsämaassa Pohjois-Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 1/1997: 5–24.
- Ripley, B. 1981. *Spatial statistics*. John Wiley & Sons. 252 s.
- Ritari, A. & Lähde, E. 1978. Effect of site preparation on physical properties of the soil in a thick-humus spruce stand. Seloste: Muokkauksen vaikutus paksusammalkuusikon maan fysikaalisiin ominaisuuksiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(7). 37 s.
- Saraniemi, J. 1980. Männyn hajakylvön onnistumisen riippuvuus maankäsittelystä, kylvöajankohdasta ja käytetystä siemenmäärästä Lapissa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. 74 s.
- Savilampi, P. 1977. Tuloksia aerasalojen metsänviljelytutkimuksesta. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 16. 14 s.
- Sirén, G. 1952. Havaintoja Peräpohjolan valtion mailla vuosina 1948–50 suoritetuista männyn kylvöistä. Summary: Observations on pine sowing on state-owned land in Peräpohjola (Far North) in 1948–1950. *Silva Fennica* 78: 1–40.
- 1954a. Lentokone metsän uudistamistyössä. Summary: Forest sowing by airplane. Metsätaloudellinen aikakauslehti 71(1): 17–20.
- 1954b. Lentokonekylvön tähänastiset tulokset Lapissa. Summary: Results to date of aerial seeding in Lapland. Metsätaloudellinen aikakauslehti 10: 417–418.
- 1957. Lentokonekylvön tulokset. Summary: Results of broadcast sowing by airplane. Metsätaloudellinen aikakauslehti 73(10): 305–309.
- Tasanen, T. 1990. Maankäsittelymenetelmän ja viljelymenetelmän vaikutus männyntaimikon kehitykseen. Metsänhoitotieteen lisensiaatintutkimus. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 32 s.
- Tiren, L. 1950. Om den naturliga förnygringen på obrända hyggen i norrländs granskog. Summary: On natural regeneration in unburn cutting areas in Norrland spruce forests. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 38(9): 1–20.
- Tolvanen, A. & Kubin, E. 1990. The effect of clear felling and site preparation on microclimate, soil frost and forest regeneration at elevated sites in Kuusamo. Julkaisussa: Kubin, E. (toim.). *Proceedings of the SNS Seminar on "Stress in Nature"* held at Oulanka, Finland, on September 11–14, 1989. *Aquilo, Series Botanica*, Tom. 29. s. 77–86.
- Turtiainen, M. & Valtanen, J. 1974. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsä-

- aurausalueilla. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 8. 28 s.
- Valtanen, J. 1978. Tutkimustuloksia viljelymateriaalin ja viljely paikan valinnasta metsäaurausalueella. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 17. s. 77–83.
- 1984. Männyn luontaisen uudistamisen mahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 158. s. 37–50.
- & Tasanen, T. 1996. Männyn viljelytavan valinta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 608. 88 s.
- Viro, P.J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of the stoniness. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 40(3). 23 s.
- Winsa, H. 1995. Influence of rain shelter and site preparation on seedling emergence of *Pinus sylvestris* L. after direct seeding. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10(2): 167–175.
- & Bergsten, U. 1994. Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 77–86.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensikehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of the seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.
- , Räsänen, P.K. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos, Tiedonantoja 2. 92 s.

## 61 viitettä