

MAAN KUNNOSTUS MÄNNYN VILJELYSSÄ LAPISSA

ELJAS POHTILA & TAPANI POHJOLA

Summary

SOIL PREPARATION IN REFORESTATION OF SCOTS PINE IN LAPLAND

Saapunut toimitukselle 12. 4. 1985

Tutkimuksessa selvitettiin erilaisten maankunnostus- ja viljelytapojen yhteensopivuutta, hajakylvön sopivinta ajankohtaa ja muokkausjäljen tekeytymisen vaikutusta taimettumiseen. Viljelykokeita tehtiin 12:lla eri puolilla Lappia sijaitsevalla tutkimusalueella.

Kävi selville, ettei ole yhdentekevää, miten eri maankunnostus- ja viljelymenetelmiä yhdistellään. Kulotus, laikutus ja lautasauraus sopivat suhteellisesti paremmin kylvöön kuin istutukseen ja auras taas paremmin istutukseen kuin kylvöön. Kulotuksen negatiivinen vaikutus istutuksen onnistumiseen varmistui.

Tuloksiin vaikutti kasvupaikan laatu. Auras ja istutus yhdistelmä soveltui nimenomaan tuoreille, kuusivaltaisille kasvupaikoille. Kuivahkoilla mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla tuloserot menetelmäkombinaatioiden välillä olivat pienempiä kuin tuoreilla kasvupaikoilla.

Hajakylvö hangelle tuotti vaihtelevia tuloksia. Mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla taimia syntyi 2-3 kertaa enemmän kuin kuusivaltaisilla. Taimia syntyi eniten aurasvaon pientareeseen ja lautasauran vakoon. Paras taimettumisalusta oli kivennäismaa, huonoin humus. Pelkkä kulotus ei takaa riittävää taimettumista hajakylvössä.

Hajakylvön onnistumiseen voidaan vaikuttaa paljon kylvöajankohdan valinnalla. Runsain taimettuminen saatiin kylvettäessä kesäkuussa. Pyrittäessä täystiheisiin taimikoihin ja käytettäessä tavanomaisia maanmuokkausmenetelmiä sekä tehokkainta kylvöaikaa mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla tarvitaan siementä 0,5 - 1 kg/ha, kuusivaltaisilla 2 - 6 kg/ha. Täysmuokatuilla mailla siementarve on puolta pienempi.

Muokatun maan tekeytymisellä oli negatiivinen vaikutus viljelytulokseen. Varsinkin kylvösten taimettuminen oli selvästi sitä huonompi, mitä pitempi oli muokkauksen ja viljelyn välinen aika.

1. JOHDANTO

Vastoinkäymiset, joita Lapin metsänviljelyssä 1960-luvulla kohdattiin, synnyttivät monenlaista tutkimus- ja kehittämistoimintaa. Maankunnostusmenetelmistä yleistyi metsäauraus, sillä epäonnistumisten yhtenä syynä pidettiin riittämätöntä maan kunnostusta. Metsäntutkimuslaitos sai valtiovalalta tehtäväkseen selvittää lähemmin epäonnistumisten syitä ja uusien menetelmien käyttökelpoisuutta (Leikola 1979, Pohtila ja Pohjola 1983).

Uudet tutkimukset organisoitiin vuonna 1969 kahden päänimikkeen alla:

1. "taimien elinympäristön kartoitus" ja
2. "metsänviljelyn runkotutkimus".

Edellisessä paneuduttiin syysuhteiden selvittelyyn, jälkimmäisessä viljelymenetelmien kokeelliseen vertailuun. Kummastakin aihe ryhmästä on myöhemmin ilmestynyt useita tutkimusjulkaisuja (Kinnunen ja Lähde 1971, Lähde ja Siltanen 1973, Kinnunen ym. 1974, Leikola 1974, 1975, Lähde 1974 a,b, 1978, 1979, Lähde ja Kinnunen 1974, Lähde ja Mutka 1974 a, b, Kauppila ja Lähde 1975, Kinnunen 1976, Lähde ja Tuohisaari 1976,

Voss-Lagerlund 1976, Ferm ja Pohtila 1977, Lähde ja Raulo 1977, Pohtila 1977, Ritari ja Lähde 1978, Ferm ja Sepponen 1981, Heikkilä 1981, Lähde ym. 1981, Pohtila ja Pohjola 1983).

Aurauksen ollessa vallitseva uudistusalojen maan kunnostusmenetelmä useimmat viljelykokeista perustettiin auratuille aloille. Vertailuvia viljelykokeita, joissa olisivat mukana kaikki kysymykseen tulevat maan kunnostusmenetelmät, on työläs järjestää puhumattaan erilaisista maan kunnostuksen ja viljelytapojen yhdistelmistä.

Erityisen ongelmalliseksi on osoittautunut kulotuksen kokeellinen vertaaminen muihin menetelmiin. Kulotusta verrattiin auraukseen Sallan yhteismetsässä, mutta kun toistoja oli vain kolme, tulokset jäivät luonteeltaan suuntaa-antaviksi. Kulotuksen vaikutus näytti kytkeytyvän viljelytapaan: kylvössä se oli positiivinen ja istutuksessa negatiivinen (Pohtila 1974, 1977).

Kun männyllä saatiin Lapissa hyvä siemensato v. 1972 ja siitä onnistuttiin keräämään varastoihin niin paljon, että siementä riitti pitkältä aikaa myös maastokylvöihin, heräsi uudelleen kiinnostus hajakylvön mahdollisuuksiin. Uusien maanmuokkausmenetelmien avulla oli mahdollista parantaa taimettumisolosuhteita, pienentää siemenmenekkiä ja tehdä hajakylvöstä siten aikaisempaa tehokkaampi.

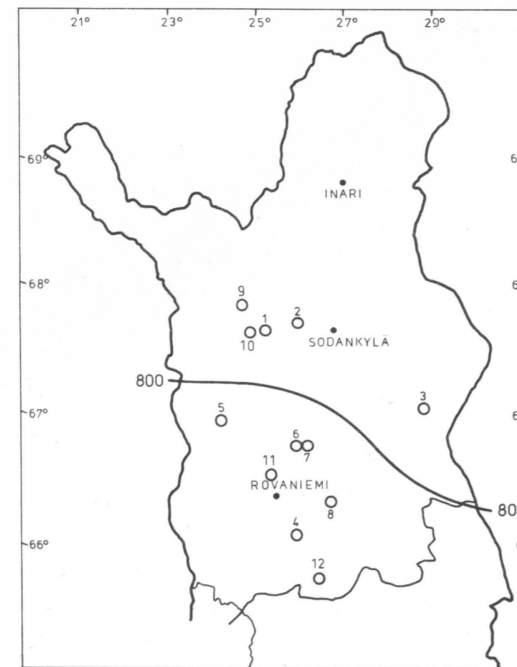
Aikaisempien, maankunnostukseltaan yksipuolisten viljelykokeiden täydentämiseksi Metsäntutkimuslaitos perusti vuosina 1974–1978 metsikkökoesarjan, jossa maankunnostusmenetelminä olivat: kulotus, laiku-

tus, lautasauraus ja auraus. Viljelyssä, joka tehtiin männyllä, käytettiin haja- ja vakoruutukylvöä sekä paljasjuuri- ja paakkutaimistutusta. Kautokotavoitteena oli saada selkoa eri tavoin perustettujen metsiköiden mahdollisista kasvu- ja tuotoseroista, mutta koejärjestely antoi harvinaisen mahdollisuuden tarkastella myös maankunnostus- ja viljelytapojen yhteensopivuutta.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on mainitun koesarjan tuottaman aineiston perusteella selvittää männyn viljelytuloksen riippuvuutta maan kunnostuksesta ja viljelytavasta. Aikaisempien tutkimusten perusteella (Pohtila 1974, 1977) maankunnostus- ja viljelytavan kesken oletettiin esiintyvän yhteisvaikutusta. Erityisongelmina on selvitetty hajakylvön sopivinta ajankohtaa ja muokkauksijäljen tekeytymisen vaikutusta taimettumiseen.

Tutkimus kuuluu prof. Risto Sarvaksen johdolla työskennelleen metsänviljelyn tutkijaryhmän alulle panemiin tutkimuksiin. Se on jatkoa ns. metsänviljelyn runkotutkimukselle Lapissa (Pohtila 1977, Pohtila ja Pohjola 1983). Tutkimuksen pohjana olevien kokeiden suunnittelu, perustaminen ja inventointi samoin kuin tulosten analysointi ovat olleet julkaisijoiden vastuulla. Useimmat tutkimusalueista ovat metsähallituksen mailla, jolloin metsähallitus on myös vastannut normaaleiksi katsottavista viljelykustannuksista. Hajakylvön ajankohtaa selvittävät koekentät ovat Veitsiluoto Oy:n mailla. Metsät. yo Jouko Saraniemi (1980) on laatinut aiemmin Pohtilan ohjaamana hajakylvökokeista metsänhoitotieteellisen laudaturtyön.

pinnasta vaihtelee välillä 150–290 m ja keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa välillä 710–912 d.d. Topografialtaan alueet ovat loivasti viettäviä vaaran rinteitä tai jonkin verran kumpuilevia kankaita. Humuksen paksuus vaihtelee 2–6 cm:n välillä ja kivien osuus moreenimaan tilavuudesta 13–63 %:n välillä. Tutkimusalue 12, jolla selvitettiin ha-



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti suhteessa kasvukauden lämpösunnan 800 d.d.:n isogrammiin.

Figure 1. Location of research areas with reference to the isogram of 800 d.d. for the growing season.

ajakylvön ajankohtaa, on hiekkamaata.

Kasvupaikkatyyppiltään alueet ovat joko tuoreita tai kuivahkoja kankaita. Alueista neljä luokiteltiin seinäsammal-mustikkatyyppiksi (HMT), kuusi variksenmarja-puolukka-tyypiksi (EVT). Useimmat tutkimusalueista hakattiin talvella 1974. Pelkosenniemen Jauratsinselkä (tutkimusalue 3) oli kuitenkin hakattu jo vuotta aikaisemmin. Tutkimusalueet 9–12, joilla selvitettiin hajakylvön ajankohtaa ja sienimäärää, hakattiin vuosina 1975–1977. Kuudella tutkimusalueista kasvoi ennen hakkuuta kuusivaltainen sekametsä, neljällä mäntyvaltainen sekametsä. Ranuan hajakylvöalueella (tutkimusalue 12) mäntyä ja kuusta oli ollut yhtä paljon. Rovaniemen Kilkanmaa (tutkimusalue 8) oli puhdasta männikköä. Alueet raivattiin ja tutkimusalueilla 1–8 lehtipuiden kannot käsiteltiin fenoksiherbisidillä.

22. Maan kunnostus

Tutkimusalueilla 1–8 koejärjestelyssä noudatettiin arvottujen lohkojen ja sisäkkäisten ruutujen periaatetta. Kesällä 1974 kullekin tutkimusalueelle rajattiin 4,8 ha:n lohko, joka jaettiin neljään 60 × 200 m:n ruutuun. Ruutuihin arvottiin maankunnostustavat kulotus, laikutus, lautasauraus ja auraus (kuva 2). Lautasauraus ja auraus toteutettiin kesällä 1974. Aurauksessa käytettiin yleensä ns. palleanauraa, tutkimusalueilla 2–3 kuitenkin ns. piennarauraa. Lautasauraus tehtiin TTS-35 metsä-äkeellä. Laikutus ja kulotus tehtiin keväällä 1975 muualla paitsi Pelkosenniemen Jauratsinselässä (tutkimusalue 3), jossa kulottamaan päästiin vasta vuotta myöhemmin. Laikutuksessa käytettiin International HD 15 telaketjutraktoria, joka oli varustettu etulaikurilla. Kulotuksessa noudatettiin vanhaa käytäntöä. Palokujat raivattiin ja niiltä poistettiin pintakasvillisuus ja humus kivennäismaata myöten. Sytytys aloitettiin tuulen alta käyttäen apuna erilaisia liekinheitimiä. Tuulen hallinnassa ja jälkisammutuksessa kokeiltiin kannettavia metsäpaloruiskuja hyvällä menestyksellä (Pohjola 1976).

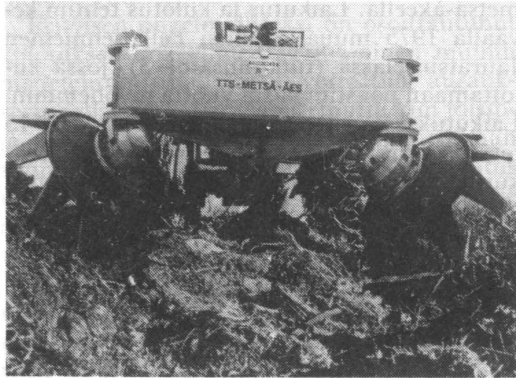
Kesällä 1978 tehdyn hajakylvöruutujen inventoinnin yhteydessä arvioitiin yksityiskohteisesti eri maankunnostusmenetelmillä aikaansaatua jälkeä (luku 24). Havaittavaa jälkeä maanpintaan oli syntynyt kunnostusmenetelmästä riippuen keskimäärin 50–87 % ruutujen kokonaispinta-alasta. Jälkeä oli peittäväntä kulotuksessa, jota kuitenkin haittasivat sateiset säät ja monilla alueilla myös hakkuuteiden vähäisyys. Parhaiten kulotus onnistui Rovaniemen Mukkanulkissa ja Kilkanmaassa (tutkimusalueet 6–8), joilla kulotettavien ruutujen pinta-alasta paloi 88–100 %. Kaikkiaan hyvin palaneeksi luokiteltiin 25 % ja huonosti palaneeksi 61 % kulotettujen ruutujen pinta-alasta.

Koneellisia maankunnostusmenetelmiä käytettäessä työjälkeä voidaan säädellä mm. ajovälillä. Koneen kuljettajalle annettiin ohje noudattaa vallitsevaa käytäntöä. Kivennäismaata paljastui eniten aurauksessa, keskimäärin n. 39 % pinta-alasta. Laikutuksessa vastaava luku oli 14 % ja lautasaurauksessa n. 10 %. Laikkujen keskikoko oli n. 1 m². Kivennäismaan ja humuksen sekoitusta oli kaikissa koneellisissa menetelmissä n. 10–15 %. Nurin kääntynyttä humusta oli eniten, n.

2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

21. Tutkimusalueet

Tutkimusalueet, yhteensä 12 kpl, valittiin eri puolilta Lappia silmällä pitäen männyn viljelyssä kysymykseen tulevaa kasvupaikkavaihtelua (kuva 1). Puolet alueista valittiin mäntyvaltaisilta, puolet kuusivaltaisilta kasvupaikoilta (liite 1). Alueiden korkeus meren-



Kuva 2. Vertailtavat maankunnostustavat: kulutus, laikutus, lautasauraus ja auraus.
Figure 2. Soil preparations: prescribed burning, scalping, disc ploughing and ploughing.

25 % lautasauran jäljiltä. Vähiten, n. 9 % sitä oli auratuilla ruuduilla.

Maan pintareliefiä muutti eniten auraus. Vakoa syntyi keskimäärin n. 8 % aurattujen ruutujen pinta-alasta, vaon luiskaa n. 16 %, piennarta n. 6 % ja palletta n. 30 %. Koskemattomaksi jäi n. 40 % pinta-alasta. Vastavasti lautasaurauksessa tuli vakoa n. 16 %, vaon reuna-alueita n. 10 %, ja palletta n. 25 % pinta-alasta. Koskemattomaksi jäi keskimäärin n. 50 %. Laikutuksessa varsinaisen laikun osuus oli keskimäärin n. 25 % ja mätäiden n. 24 % pinta-alasta. Koskemattomaksi laikutuksessa jäi 51 % pinta-alasta.

Tutkimusalueet 9–12, joilla tehtiin yksinomaan hajakylvökokeita, aurattiin vuosina 1976–1977. Niiltä ei ole yksityiskohtaisia havaintoja aurausjäljestä.

23. Koeviljelyt

Tutkimusalueilla 1–8 kukin maankunnostusruutu jaettiin neljään 50×60 m:n suuriseen osaruutuun, joihin arvottiin vertailtavat viljelytavat: hajakylvö, vakoruutukylvö, istutus 1M+1A-taimilla ja istutus 1Mk-taimilla. Viljelyt porrastettiin kolmelle vuodelle ja tätä varten osaruudut jaettiin vielä kolmeen osaan, joihin arvottiin viljelyvuodet: 1975, 1976 ja 1977. Pienin kerralla viljelty koeruutu oli siten 0,1 ha, johon viljeltiin 250 tainta tai kylvölaikkua. Hajakylvössä käytettiin 1,5 kg/ha 80 %-sesti itävää siementä. Kun itävyydessä oli vaihtelua, siemenmäärät suhteutettiin niin, että itävää siementä tuli kullekin alalle yhtä paljon. Vastavasti vakoruutukylvössä kuhunkin kylvöpisteeseen pyrittiin kylvämään 25 itävää siementä.

Taulukko 1. Kokeissa käytettyjen taimien keskimääräinen koko ja neulasten ravinnepitoisuus.
Table 1. Average size and needle nutrient content of the transplants used in the experiments.

Viljelyvuosi Year of reforestation	Taimilaji Type of stock	Verson pituus, cm Shoot height, cm	Juuren niskan paksuus, mm Root collar diameter, mm	Kuivapaino, g – Dry weight, g			Neulasten ravinnepitoisuus Needle nutrient contents				
				Verso Shoot	Juuristo Root system	Yhteensä Total	N %	P	K	Ca	Mg
1975	1M+1A	12,9	2,5	1,40	0,42	1,82	1,4	1,7	6,9	3,1	1,8
	1 Mk	7,3	1,1	0,20	0,10	0,30	0,8	1,4	6,9	2,5	1,6
1976	1M+1A	13,6	2,4	1,40	0,43	1,83	2,1	1,5	9,4	3,5	1,5
	1 Mk	11,8	1,4	0,46	0,08	0,54	1,3	1,6	6,0	2,6	1,6
1977	1M+1A	10,7	2,6	1,13	0,31	1,43	–	–	–	–	–
	1 Mk	10,2	1,3	0,37	0,10	0,47	–	–	–	–	–

Hajakylvön ajankohtakokeissa noudatettiin tutkimusalueilla 9 ja 12 täydellisesti arvotun kokeen periaatetta. 1,2 ha:n alueet jaettiin 12:een yhtä suureen ruutuun, joihin arvottiin kolme kylvöajankohtaa neljänä toistona. 80 %-sesti itävää siementä kylvettiin 1,5 kg/ha. Tutkimusalueilla 10 ja 11 noudatettiin arvottujen lohkojen ja sisäkkäisten ruutujen periaatetta. Lohkoja muodostettiin kolme, joihin kuhunkin arvottiin ensin neljä ajankohtaa. Kukin 0,2 ha:n ajankohtaruutu jaettiin vielä kahtia ja puoliskoihin arvottiin 1:n ja 3 kg:n siemenmäärät. Alueet 9 ja 12 kylvettiin vuonna 1977 ja 10 ja 11 vuonna 1978.

Sekä kylvössä että istutuksessa käytettiin mahdollisimman tarkoin paikallista alkupe- rää olevia siemeniä ja taimia. Siemen oli vuoden 1972 satoa ja laadultaan hyvää. Tutkimusalueittain siemenen alkuperä ja laboratorioitavuus olivat:

Tutkimus- alue, no	Siemenen alkuperä	Itävyy- s-%
1, 2 ja 9	Kittilä Polviselkä, 67°31'N, 25°15'E, 230 m	83
3	Salla Saija, 67°11'N, 28°50'E, 250 m	81
4, 8 ja 12	Rovaniemi Hietakangas, 66°14'N, 26°3'E, 140 m	88
5–7	Rovaniemi Meltaus, 66°50'N, 25°, 10'E, 180 m	93
10	Kittilä kirkonkylä, 67°37'N, 24°45'E, 200 m	80
11	Rovaniemi Autti, 66°16'N, 27°10'E, 190 m	85

Kustakin istutustaimierästä otettiin 20–30 näytettä laboratoriomittauksiin. Saman- kein taimilajin sisällä taimien koko vaihteli

vuosittain mutta selviä laadullisia heikkouksia niissä ei havaittu (taulukko 1). Ravin- määrytykset teetettiin Viljavuuspalvelu Oy:s- sä tavanomaisilla menetelmillä.

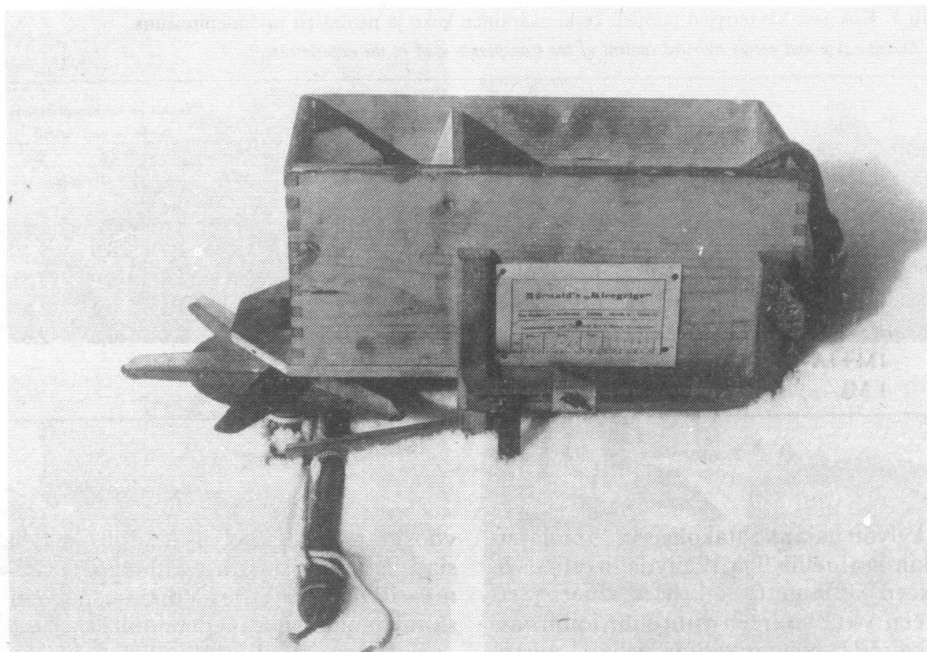
Tutkimusalueilla 1–8 viljelytyöt tehtiin kesäkuussa paitsi hajakylvö, joka tehtiin van- haan tapaan noudattaen huhtikuussa hankikyl- vönä. Hajakylvön ajankohtakokeissa tutki- musalueilla 9–12 kylvöajankohtia oli neljä ja- ettuna maaliskuulta heinäkuulle.

Viljelytyössä käytettiin eri menetelmille ke- hitettyjä välineitä. Paljasjuurisot taimet istu- tettiin kourukuokalla ja kennotaimet potti- putkella. Vakoruutukylvössä vako lyötiin eri- tyisellä raudalla, joka oli muunnos MEL- DERSin (1929) vanhasta vakoraudasta. Ku- kin työntekijä opastettiin valitsemaan muok- kausjäljestä sopivimmat viljelykohdat. Kulo- tetut ruudut laikutettiin suokuokalla välittö- mästi ennen vakoruutukylvöä ja istutusta. Kulotettuja hajakylvöruutuja ei laikutettu.

Hajakylvössä apuvälineenä oli saksalainen, apilan kylvöön suunniteltu puurakenteinen ”viulu”, Mörwald's ”Kleegeige” (kuva 3). Kylvö osoittautui kyseisellä laitteella nopeak- si ja levitystasaisuudeltaan paremmeksi kuin käsin kylvettäessä.

24. Tulosten inventointi

Muilla paitsi hajakylvöruuduilla kunkin ruudun keskelle rajattiin 50 tainta tai kylvö- laikkua sisältävä 200 m²:n ympyräkoela, jo- ka tarkastettiin vuosittain. Tällöin laskettiin



Kuva 3. Hajakylvössä käytetty kylvölaite.
Figure 3. Sowing machine used in broadcast sowings.



Kuva 4. Hajakylvöruutujen inventointia.
Figure 4. Surveing of broadcast sowings.

taimelliset kylvölaikut ja elossa pysyneet istutustaimet ja mitattiin elävien taimien pituuskasvu 1 cm:n tarkkuudella. Kylvötuppaista seurattiin vain valtataimen kasvua.

Hajakylvöruudut tarkastettiin vain kerran, loppukesällä 1978, käyttäen systemaattista ympyräkoeala-arviointia, jossa koealan koko oli 0,2 m² ja linja- ja koealaväli 2 m (kuva 4). Kahden metrin vaippa-alueetta lukuunottamatta koealoja sijoitettiin koko ruudun alueelle, jolloin niiden yhteismääräksi ruutua kohden tuli 214 kpl. Jokaiselta koealalta laskettiin syntyneiden taimien määrä, mitattiin valtataimien pituus 1 cm:n tarkkuudella sekä määritettiin kasvualustan laatu. Tutkimusalueilla 1-8 mitattiin vuoden 1975 hajakylvöruuduilla lisäksi kunkin ympyräkoealan keskipisteestä etäisyys lähimpään taimeen 1 dm:n tarkkuudella. Muokatuilla ruuduilla etäisyys mitattiin sekä mukaan että pois lukien muokkaamattomat välit. Käsittelemätön vertailuaineisto mitattiin laikutettujen ruutujen koskemattomista kohdista.

25. Tutkimusjakson sääolot

Kokeiden perustaminen osui keskimääräistä viileämpään ja vähäsateisempaan sääjaksoon (taulukko 2). Koko tutkimusjakson aikana kasvukauden lämpösummat vaihtelivat Rovaniemellä 741-1017:n ja Sodankylässä 647-891 d.d.:n välillä. Vastaavasti vuotuiset sademäärät vaihtelivat 404-634:n ja 391-632 mm:n välillä.

Kesä 1975, jolloin tehtiin ensimmäiset koeviljelyt, alkoi sateisena ja suhteellisen lämpimänä. Heinä-elokuussa sää viileni ja kävi kuivemmaksi. Syyskuussa satoi taas keski-

määräistä enemmän. Seuraavat kaksi viljelykesää olivat muutoin suuresti ensimmäisen kaltaisia, mutta vähäsateisempia. Kesät 1978-1980 olivat lämpötiloiltaan suhteellisen suotuisia. Kesä 1980 oli niukkasateinen. Kesä 1981 oli jälleen viileä ja poikkeuksellisen sateinen. Tutkimusjakso päättyi viileään kesään 1982.

Talvet olivat tutkimusjakson alkupuolisella keskimääräistä kylmempiä, keskivaiheilla suunnilleen "normaaleja" ja loppupuolella taas keskimääräistä kylmempiä ja runsaslumisempia.

Taulukko 2. Kasvukauden tehoisan lämpötilan summa kynnysarvolla +5° ja vuotuinen sademäärä Rovaniemellä ja Sodankylässä tutkimuskauden aikana.

Table 2. Number of degree days, threshold value +5°, for the growing season and annual precipitation during the study period in Rovaniemi and Sodankylä.

Vuosi Year	Rovaniemi, Apukka		Sodankylä	
	Keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa, d.d. Average number of degree days, d.d.	Sademäärä, mm Precipitation, mm	Keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa, d.d. Average number of degree days, d.d.	Sademäärä, mm Precipitation, mm
1975	776	604	678	494
1976	760	404	689	391
1977	696	532	612	512
1978	848	467	719	409
1979	962	535	874	544
1980	1017	415	891	414
1981	770	634	698	623
1982	741	505	647	459
Pitkän ajan keskiarvo Long-term average	896	506	795	492

3. MAANKUNNOSTUS VAKORUUTUKYLVÖSSÄ JA ISTUTUKSESSA

31. Taimettuminen ja taimien eloonjäädänti

Taimettumisen ja taimien eloonjäädäntien kokonaisvaihtelusta (liite 2) ei voitu erottaa maan kunnostukselle tilastollisesti merkitsevää päävaikutusta (taulukko 3). Tilastollisesti merkitsevä yhteisvaikutus maan kunnostuksen ja viljelytavan kesken aiheutui lähinnä siitä, että kylvö onnistui parhaiten kulotetuilla ruuduilla ja huonoimmin auratuilla, kun taas istutuksessa tulos oli päinvastainen. Kuuden kasvukauden kuluttua taimien keskimääräinen elossaoloprosentti ja Tukeyn "honestly significant difference" (HSD) menetelmäkombinaatioiden välisille eroille olivat:

	Vakoruutu- kylvö	Istutus 1M+1A	Istutus 1 Mk	
Kulotus	66	59	65	HSD = 13
Laikutus	63	66	73	
Lautasauraus	59	65	67	
Auraus	57	69	74	

Taulukko 3. Varianssianalyysi taimien elossaoloprosenteista kuuden kasvukauden jälkeen tutkimusalueilla 1-8. Prosentteihin on tehty muunnos $\arcsin \sqrt{y}$. Hajakylvöt eivät ole mukana.

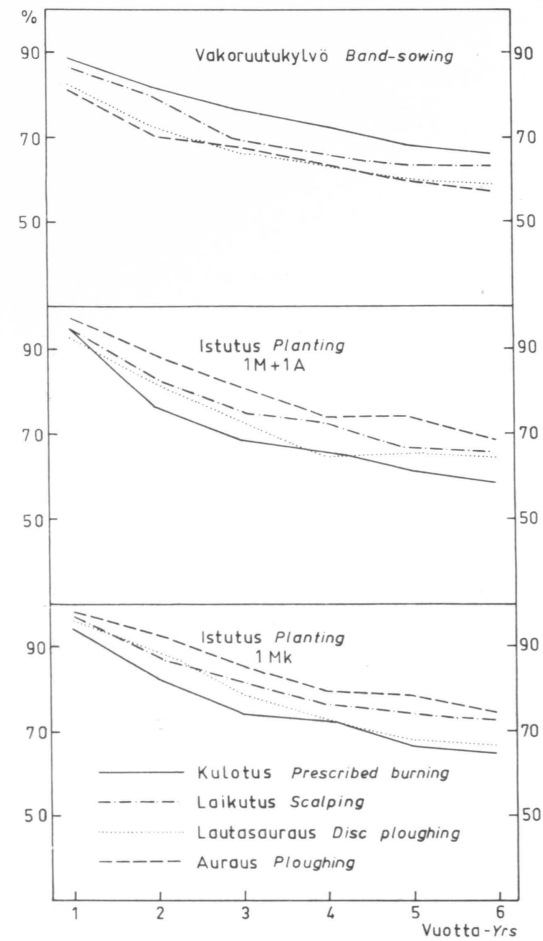
Table 3. Analysis of variance for the survival percentages of the sowed or planted seedlings after six growing seasons on research areas 1-8. Transformation $\arcsin \sqrt{y}$ was used. Broadcast sowing were not included in the analysis.

Vaihtelun lähde - Source of variation	Vapausasteet Degrees of freedom	Keskineliö Mean square	F-arvo F value
Tutkimusalueet - Research areas	7	2623,94	10,98 ***
Maan kunnostukset - Soil preparations	3	157,34	0,66
Jäännös - Error	21	238,87	
Viljelytavat - Methods of reforestation	2	841,74	14,35 ***
Maan kunnostukset × viljelytavat			
Soil preparations × methods of reforestation	6	218,14	3,72 **
Jäännös - Error	56	58,64	
Viljelyvuodet - Years of reforestation	2	4412,65	26,47 ***
Maan kunnostukset × viljelyvuodet			
Soil preparations × years of reforestation	6	144,81	0,87
Viljelytavat × viljelyvuodet			
Methods of reforestation × years of reforestation	4	539,99	3,24 *
Maan kunnostukset × viljelytavat × viljelyvuodet			
Soil preparations × methods of reforestation × years of reforestation	12	42,73	0,26
Jäännös - Error	168	166,72	

Erot syntyivät kahtena ensimmäisenä viljelyn jälkeisenä vuotena ja säilyivät yleensä muuttumattomina tutkimusjakson loppuun (kuva 5).

Jaettaessa aineisto entisen metsän puulajivaltaisuuden perusteella kahtia, kuusivaltaiseen (tutkimusalueet 1-4) ja mäntyvaltaiseen osaan (tutkimusalueet 5-8) havaittiin taimien pysyneen yleensä paremmin elossa mäntyvaltaisilla alueilla (kuva 6). Puulajivaltaisuuteen kytkeytyi tiettyjä kasvupaikkaeroja (liite 1). Mäntyvaltaiset tutkimusalueet sijaitsivat keskimäärin edullisemmissä ilmasto-oloissa kuin kuusivaltaiset. Elävien taimien lukumäärille lasketut heterogeeniteetti- χ^2 -testit viittasivat kasvupaikan, maankunnostuksen ja viljelytavan väliseen yhteisvaikutukseen ($P < 0,001$). Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla kulotus tuotti suhteellisesti paljon huonomman tuloksen kuin mäntyvaltaisilla. Parhaiten kuusivaltaisille alueille näytti soveltuvan auraus ja istutus, toiseksi parhaiten laikutus ja istutus.

Elossa Survival

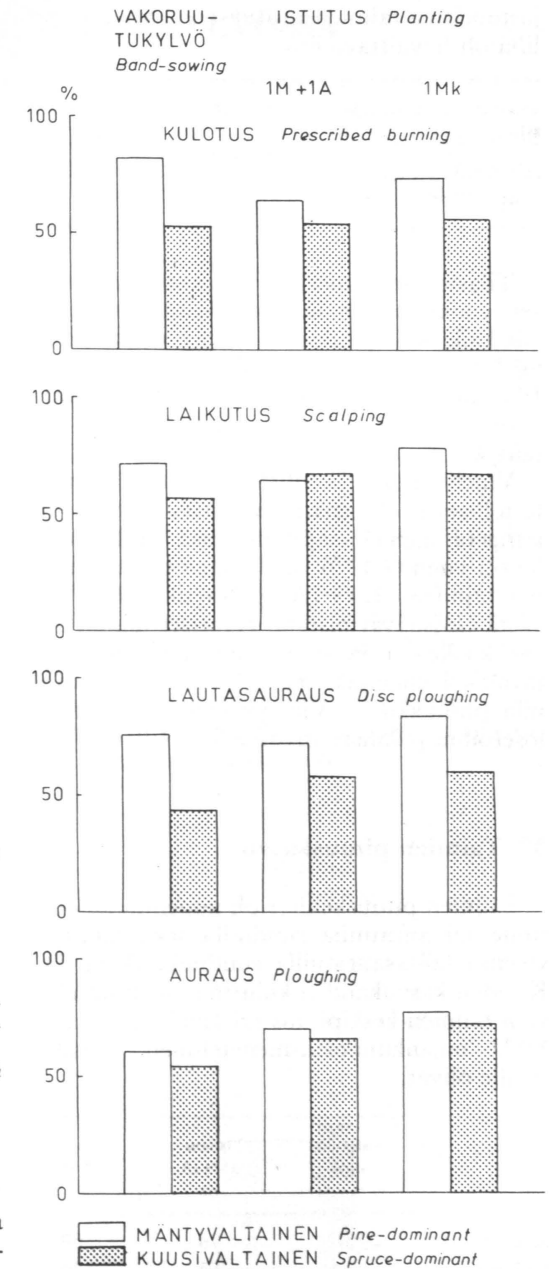


Kuva 5. Keskimääräinen taimettuminen ja taimien elossapysyminen eri maankunnostusmenetelmiä käytettäessä.

Figure 5. Average survival of sowed and planted seedlings with different soil preparation methods.

Mäntyvaltaisilla alueilla oli koneellisista maanmuokkausmenetelmistä taimien elossapysymisellä mitaten paras lautasauraus, joka kuusivaltaisilla kasvupaikoilla oli kaikkein huonoin. Yhdistelmien väliset erot olivat mäntyvaltaisilla alueilla pienempiä kuin kuusivaltaisilla.

Kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä elossa oli eniten istutettuja kennotaimia (1 Mk). Keskimääräinen ero muihin viljelytapoihin oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (taulukko 3). Myös vakoruutukylvön ja pal-



Kuva 6. Keskimääräinen taimien elossapysyminen mänty- ja kuusivaltaisilla kasvupaikoilla kuuden kasvukauden jälkeen.

Figure 6. Average survival of seedlings on the pine- and spruce-dominant sites after six growing seasons.

jasjuuristen taimien istutuksen (1M+1A) välillä oli havaittava ero:

Vakoruutu- kylvö	Istutus 1M+1A	Istutus 1 MK	HSD
61	65	70	5

Tilastollisesti merkitsevän yhteisvaikutuksen vuoksi keskimääräiset elossaololuvut eivät kaikissa tapauksissa anna oikeata kuvaa viljelytapojen keskinäisestä paremmuudesta. Elosaololukuja on tarkasteltava myös maankunnostusmenetelmittain, kuten edellä on tehtykin.

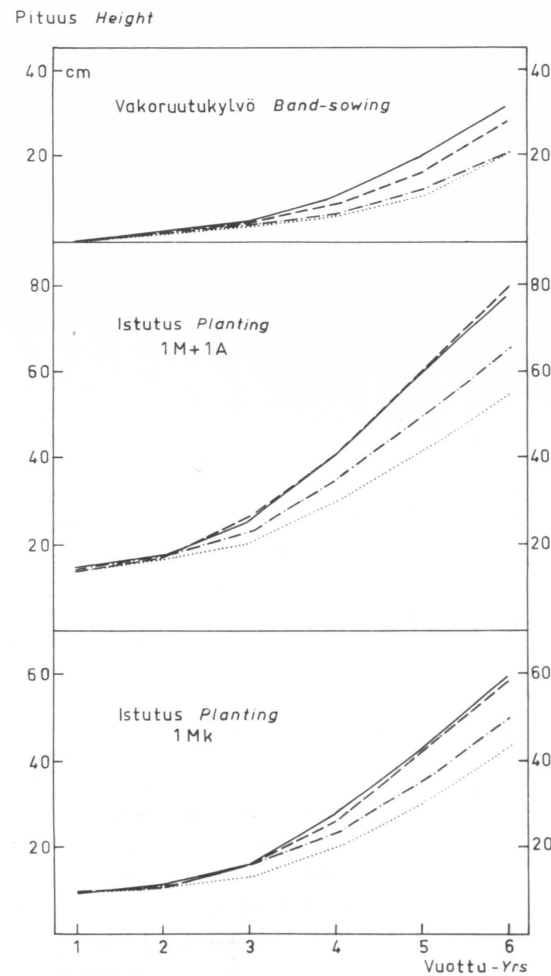
Viljelytapojen ja viljelyvuosien välinen tilastollisesti jokseenkin merkitsevä yhteisvaikutus taimien elossapysymisessä (taulukko 3) johtui vuonna 1976 istutettujen paljasjuuristen taimien (1M+1A) poikkeuksellisen hyvästä elossapysymisestä. Kyseiset taimet olivat kookkaita ja niiden neulaset sisälsivät tavallista enemmän tyyppiä, kalia ja kalsiumia (taulukko 1). Viljelyvuosien välisiin tuloseroihin palataan luvussa 5.

32. Taimien pituuskasvu

Taimien pituuskehitys oli nopeinta kuloteilla tai auratuilla ruuduilla sekä hitainta yleensä lautasauratuilla ruuduilla (kuva 7). Kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä elävien taimien keskipituus eri viljelytavoissa ja HSD maankunnostusmenetelmien välisille eroille olivat:

	Vakoruutu kylvö-	Istutus 1M+1A cm	Istutus 1 Mk
Kulotus	31	78	59
Laikutus	20	65	50
Lautasauraus	20	55	43
Auraus	28	79	59
HSD	7	14	10

Keskimääräisiä kasvueroja ei voitu selittää kuolleisuuseroilla. Taimet olivat kasvanneet pituutta kuusivaltaisilla ja mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla kuudessa vuodessa likimain yhtä paljon.



Kuva 7. Taimien keskimääräinen pituuskasvu eri maankunnostusmenetelmiä käytettäessä.
Figure 7. Average height growth of seedlings with different soil preparation methods.

Viljelytapojen väliset taimien keskipituuserot olivat kuuden kasvukauden kuluttua selvät:

Vakoruutu- kylvö	Istutus 1M+1A	Istutus 1 Mk	HSD
25	69	53	5

Paljasjuuriset (1M+1A) taimet olivat jo istutettaessa kookkaampia kuin kennotaimet (1 Mk).

4. MAAN KUNNOSTUS HAJAKYLVÖSSÄ

41. Taimettuminen hajakylvössä

Tutkimusalueilla 1-8 perinteinen hajakylvö hangelle tuotti hyvin vaihtelevia tuloksia. Syntyneiden taimien lukumäärien keskiarvoissa havaittiin kuitenkin maankunnostusmenetelmien välillä tilastollisesti merkitsevä ero. Syksyllä 1978 tehdyn inventoinnin mukaan taimia syntyi vähiten kulotetuille ja eniten auratuille ruuduille:

Kulotus	Laikutus	Lautasauraus kpl/ha	Auraus	HSD
835	2 773	3 167	5 330	2 814

Tutkimusalueitten välillä oli suuria eroja. Mäntyvaltaisille kasvupaikoille taimia syntyi keskimäärin 2-3 kertaa enemmän kuin kuusivaltaisille. Kylvövuosien välisiä eroja tarkastellaan lähemmin luvussa 5.

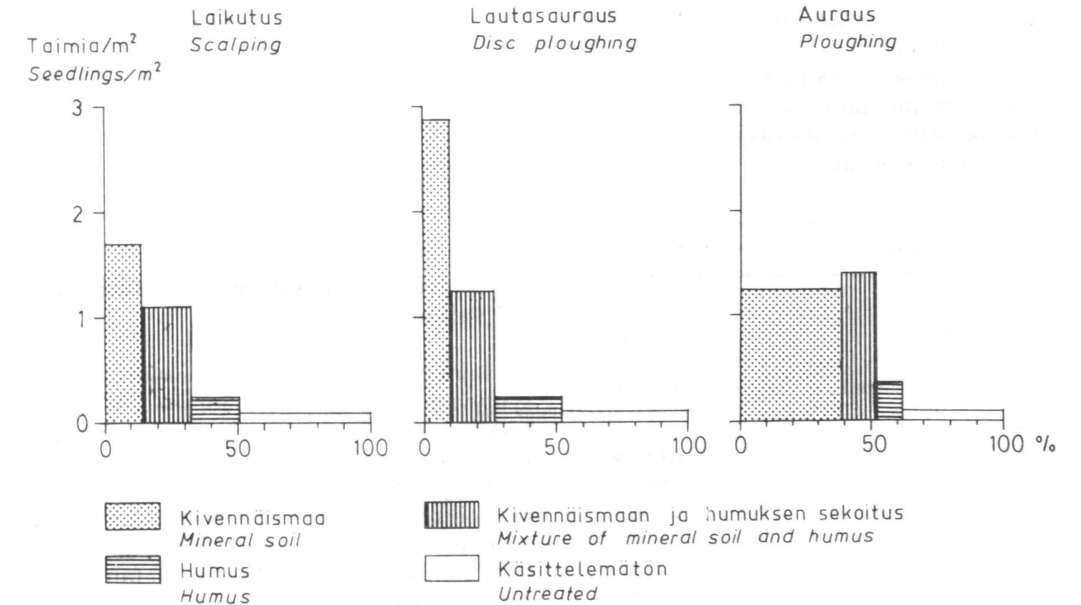
Aurauksessa paljastui kivennäismaata enemmän kuin muissa menetelmissä (luku

22), mikä oli ilmeinen syy aurattujen ruutujen muita korkeampiin taimimääriin.

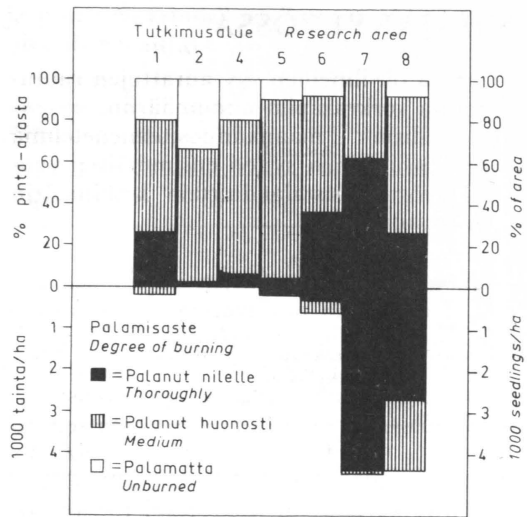
Koneellisia maankunnostusmenetelmiä käytettäessä taimia syntyi ensimmäisen vuoden kylvöstä alustalaaduittain keskimäärin seuraavasti:

Kivennäismaa	Kivennäismaan ja humuksen sekoitus kpl/m ²	Humus	HSD
2,0	1,3	0,3	1,2

Selvästi huonoin taimettumisalusta oli humus. Taimien lukumäärissä havaittiin myös maankunnostusmenetelmän ja alustalaadun kesken tilastollisesti jokseenkin merkitsevä yhteisvaikutus ($P < 0,05$), joka aiheutui siitä, että lautasaurauksessa paljastunut kivennäismaa oli yleensä parempi taimettumisalusta kuin laikutuksessa tai aurauksessa paljastunut kivennäismaa (kuva 8).



Kuva 8. Eri maankunnostusmenetelmillä syntyneiden alustalaatujen suhteelliset osuudet ja niille hajakylvöstä syntyneiden taimien määrä.
Figure 8. Proportions of different substrates in the compared soil preparations and the average number of seedlings on different substrates emerged from broadcast sowings.



Kuva 9. Alustan palamisaste ja hajakylvöstä syntyneiden taimien määrä eri tutkimusalueilla.

Figure 9. Degree of burning and average number of seedlings emerged from broadcast sowings in different research areas.

Kulotetuilla ruuduilla taimia syntyi eniten nilelle palaneisiin kohtiin (kuva 9). Sekä palamis- että taimettumistulos vaihteli alueittain hyvin paljon.

Taimettumiseen vaikutti myös mikrotopografia. Taimimäärien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet muokkausjäljen erilaisissa pienmuodoissa olivat:

Muokkaustapa ja pienmuoto	Taimia, kpl/m ²
Laikutus	
Laikun keskiosa	1,9±0,4
Laikun reuna	1,1±0,3
Nurinkääntynyt humus	0,3±0,1
Lautasauraus	
Vako	2,7±0,9
Vaon reuna	1,2±0,5
Palle	0,2±0,1
Auraus	
Vaon pohja	0,7±0,2
Vaon luiska	1,3±0,4
Piennar	2,3±0,5
Palle	1,0±0,2

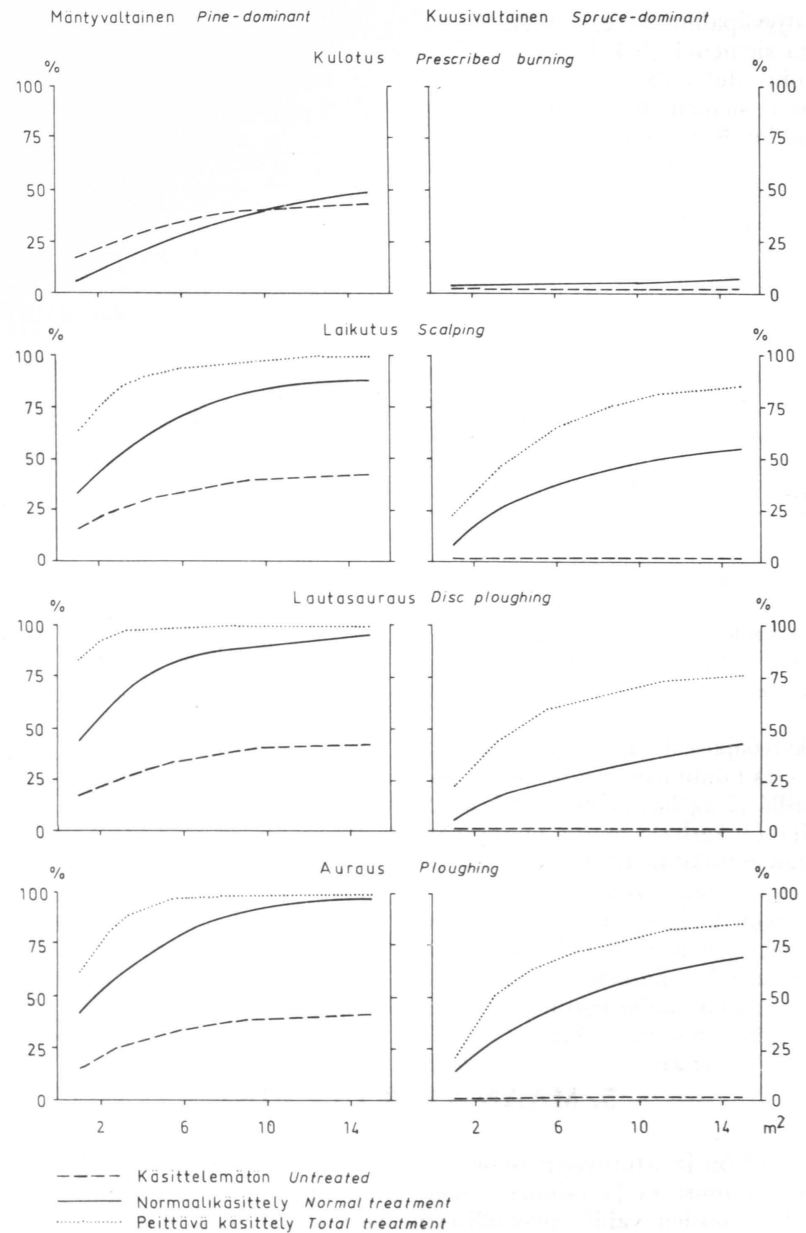
Suhteellisesti eniten taimia syntyi lautasaurauksen vakoon. Lähes yhtä hyvä taimettumisalusta oli aurausvaon piennar. Vähiten taimia syntyi lautasaurauksen palteeseen ja laikutuksessa nurin kääntyneeseen humukseen.

Etäisyysmittausten (luku 24) perusteella vanhimille hajakylvöruuduille laskettiin erikokoisten ympyräalojen taimettumissadannes (ks. Pohtila 1980) käsittelemättömälle, normaalisti käsitellylle ja 100 %:n peittävydellä käsitellylle alalle. Kulotuksessa viimeksimainittuja ei eritelty. Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla erikokoisten ympyräalojen taimettumissadannekset jäivät selvästi alhaisemmiksi kuin mäntyvaltaisilla (kuva 10). Prosenttiyksiköissä ilmaistu maanmuokkauksen vaikutus taimettumissadanneksiin oli kuitenkin kuusivaltaisilla kasvupaikoilla yleensä suurempi kuin mäntyvaltaisilla. Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla ei kuitenkaan päästy täysitiheisiin taimikoihin täysin peittävälläkään muokkauksella. Kulotus yksinään ei parantanut taimettumista havaittavasti enempää mänty- kuin kuusivaltaisillakaan kasvupaikoilla. Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla kulotetut ja käsittelemättömät alat jäivät käytännöllisesti katsoen taimettumatta.

Koneellisia maanmuokkausmenetelmiä käytettäessä ilmeni, että mitä peittävämpi oli käsittely, sitä korkeampi oli myös taimettumissadannes. Mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla korkeimmat taimettumissadannekset saatiin lautasaurauksella ja kuusivaltaisilla kasvupaikoilla aurauksella.

42. Kylvöajankohdan ja simenmäärän vaikutus

Hajakylvön ajankohdalla oli suuri vaikutus syntyvien taimien lukumäärään. Auratuilla tutkimusalueilla 9–12 syksyllä 1978 tehdyn taimi-inventoinnin mukaan tehokkainta kylvöaikaa oli kesäkuu (kuva 11). Sen taimimäärät poikkesivat yleensä tilastollisesti merkittävästi muiden kylvöajankohtien taimimääristä. Vuonna 1977 kaikkein vähiten taimia syntyi heinäkuun kylvöstä. Yleensä lumentomaan maahan tehdyt kylvöt tuottivat kuitenkin enemmän taimia kuin ns. hankikylvöt. Kun tiedettiin täysien siementen keskimää-



Kuva 10. Erikokoisten ympyräalojen taimettumissadannekset vuoden 1975 hajakylvöissä.

Figure 10. Stocking percentages of circles of different sizes in broadcast sowings of the year 1975.

räinen tuhatjyvápaino (5,0 g) ja paljonko itämiskelpoista siementä oli kylvetty pinta-alayksikköä kohti (luku 23), voitiin laskea itämiskelpoisten siementen taimimisprosentti eri ajankohdille. Keskiarvot olivat:

Maalis	Huhti	Touko %	Kesä	Heinä
2,4	4,1	5,5	7,1	3,7

Mitä enemmän siementä kylvettiin pinta-alayksikköä kohti, sitä enemmän syntyi yleensä taimia. Parhaana kylvöaikana, kesäkuussa kylvetyn siemenmäärän ja syntyneiden taimien määrän välillä vallitsi suoraviivainen riippuvuus:

$$y = 13\,670X \quad R^2 = 93\%$$

jossa

y = taimia, kpl/ha

x = siemeniä, kg/ha

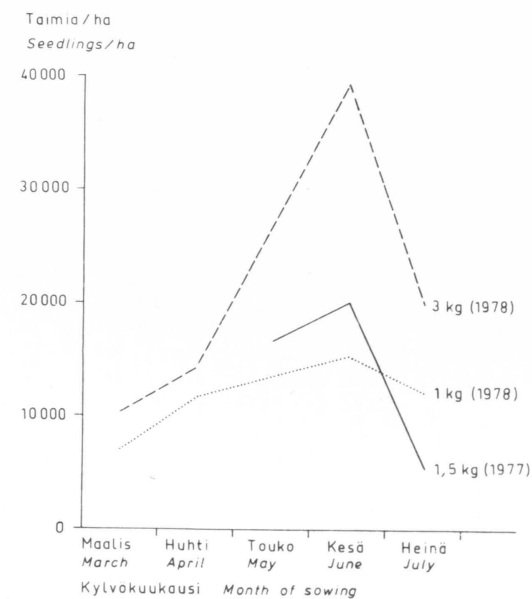
R^2 = selityssaste

Kaikki kylvöajankohdat mukaan lukien näytti siltä, että taimimisprosentti oli pienillä siemenmäärillä (1 kg/ha) hieman korkeampi kuin suurilla (3 kg/ha), mutta täyttä varmuutta asiaan ei tutkitun aineiston perusteella saatu.

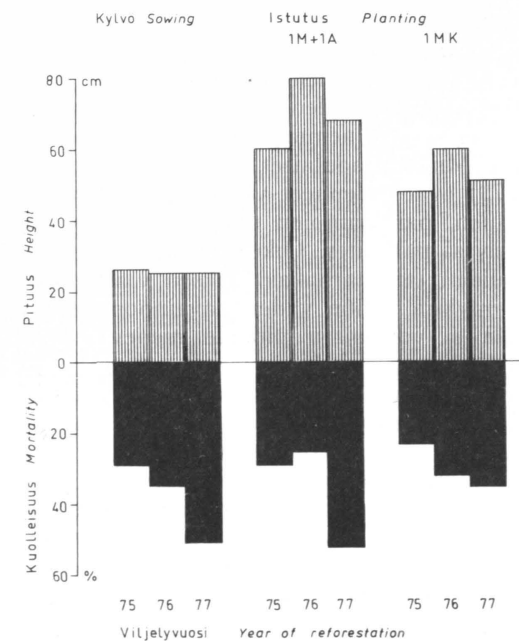
5. MAAN TEKEYTYMINEN

Vakoruutukylvön ja istutuksien tuloksissa todettiin taimettumisessa ja taimien eloonjäännissä viljelyvuosien välillä tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ja viljelyvuosien ja -tapojen välillä jokseenkin merkitsevä yhteisvaikutus (taulukko 3). Mitä pitempi oli maan kunnostuksen ja kylvön välinen aika, sitä enemmän oli taimettomia kylvöpisteitä (kuva 12). Tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,001$ ja $< 0,05$) poikkesivat muista nimenomaan kolmannen vuoden kylvötulokset.

Samansuuntainen tekeytymisen päävaikutus oli havaittavissa myös istutustaimien kuolleisuudessa. Suunnasta poikkesivat toise-



Kuva 11. Kylvöajankohdan ja siemenmäärän vaikutus taimettumiseen eri vuosien hajakylvöissä.
Figure 11. Effect of the sowing date and the amount of seeds on the stocking with seedlings in broadcast sowings.

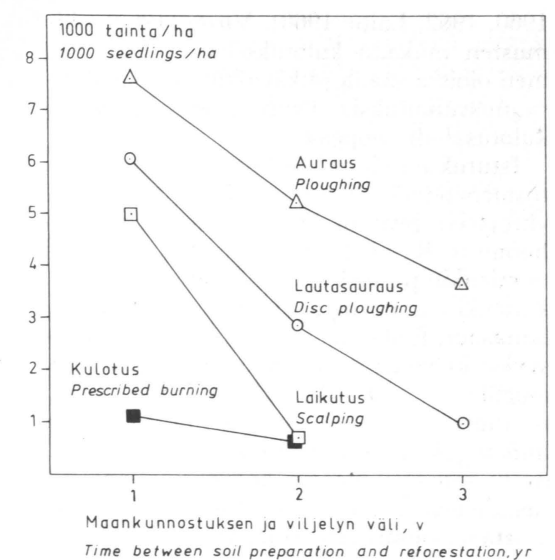


Kuva 12. Maan kunnostuksen ja viljelyn välisen ajan vaikutus taimien elossapysymiseen ja pituuskasvuun kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä.
Figure 12. Effect of the time lag between soil preparation and reforestation on the survival and height growth of seedlings after six growing seasons.

Toisena maankunnostuksen jälkeisenä vuotena istutetut taimet olivat kuuden kasvukauden jälkeen pitempiä kuin muut ($P < 0,01$ ja $< 0,05$), mutta ne olivat jo istutettaessa sekä paljasjuurisilla (1M+1A) että kennonotaimilla (1Mk) muita kookkaampia (taulukko 1).

6. TARKASTELU

Koetulokset vahvistivat aikaisempia viitteitä eri maankunnostus- ja viljelytapojen yhteensopivuudesta. Kulotus, kuokkalaikutus ja männyn kylvö osoittautuivat onnistuneeksi yhdistelmäksi kuten eräissä aikaisemmissakin viljelykokeissa (ks. Pohtila 1974, 1977). Istutustaimet menestyivät kulotetuilla aloilla suhteellisesti huonommin kuin kylvötaimet.



Kuva 13. Maan kunnostuksen ja hajakylvön välisen ajan vaikutus taimettumiseen.
Figure 13. Effect of the time lag between soil preparation and broadcast sowing on the stocking with the seedlings.

Myös hajakylvössä taimia syntyi sitä vähemmän, mitä pitempi oli maankunnostuksen ja hajakylvön välinen aika (kuva 13). Varsinkin muokatuilla aloilla muokkausjäljen tekeytymisen taimettumista alentava vaikutus oli selvä ja vuosien väliset erot vähintään tilastollisesti merkitseviä ($P < 0,01$).

1960, 1962, Laine 1968). Viron (1969) tutkimusten mukaan kulotuksella voidaan Suomen oloissa saada pitkävaikutteisia maanparannusvaikutuksia. Taimien pituuskehitys oli kulotusaloilla nopeaa.

Istutuksen yhteydessä paras maankunnostusmenetelmä oli auraus, joka taas kylvön yhteyteen soveltui keskimäärin suhteellisen huonosti. Kylvötaimien samoin kuin istutus-taimienkin pituuskehitys oli auratuilla aloilla kuitenkin nopeampaa kuin laikutetuilla tai lautasauratuilla aloilla. Erääksi tärkeäksi syyksi kylvöjen epäonnistumiseen auratuilla alueilla on aiemmin todettu maan herkkä routiminen (Pohtila emt.). Ohut pintaroutiminen, joka saattaa jo tuhota kylvötaimen, ei pysty samassa määrin kookkaampaan istutustaimiin. Mitä perusteellisemmin istutus-alusta on valmistettu, sitä parempi on yleensä istutustyön laatu. Istutuksessa on teknillisillä seikoilla ilmeisesti suurempi merkitys kuin kylvössä (vrt. Tiren 1958, Huuri 1972). Maanmuokkauksella on todettu olevan monia suotuisia ekologisia vaikutuksia, joilla myös voidaan selittää taimien menestymisessä havaittuja eroja (esim. Leikola 1974, Voss-Lagerlund 1976, Lähde 1978, Ritari ja Lähde 1978 ja Lähde ym. 1981).

Yleistäen voidaan sanoa, että kulotus, laikutus ja lautasauraus sopivat suhteellisesti paremmin kylvöön kuin istutukseen ja auraus taas paremmin istutukseen kuin kylvöön. Yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna kasvupaikan laatu osoittautui ilmeisen tärkeäksi tekijäksi. Auruksen ja istutuksen yhdistelmä soveltui nimenomaan tuoreille, kuusivaltaisille kasvupaikoille. Kuivahkoilla mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla valinnan varaa menetelmien suhteen on enemmän siitä päätellen, että taimien menestymiserot eri yhdistelmien välillä olivat pieniä. Merkillepantavaa oli, että lautasaurauksen käyttökelpoisuus rajoittui mäntyvaltaisille kasvupaikoille. Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla sillä saatiin olennaisesti huonompia tuloksia.

Vakoruutukylvön ja paljasjuuri- sekä paakkutaimi-istutuksen vertailun tulos oli samansuuntainen kuin aiemmissakin Lapissa tehdyissä viljelykokeissa (Pohtila ja Pohjola 1983). Keskimäärin paras viljelytulos saatiin kennotaimien istutuksella. Mitä suurempia taimia käytettiin, sitä nopeampaa oli myös taimien istutuksen jälkeinen pituuskehitys (vrt. myös Parviainen 1983). Paljasjuurisilla

taimilla saatiin viitteitä siitä, että myös taimien istutusaikainen ravinnepitoisuus vaikuttaa niiden myöhempään kehitykseen. Parhaiten menestyneiden taimien neulaset sisälsivät tavallista enemmän typpä, kaliumia ja fosforia. Mm. kanadalaiset Endean ja Hocking (1973) ovat todenneet voimakkaasti lannoitettujen, painavimpien taimien menestyvän viljelyssä parhaiten. Oikea lannoitus on metsäpuiden taimitarhakasvatuksen vaikeimpia kysymyksiä, johon yhden havainnon perusteella ei voi antaa pitkälle meneviä vastauksia.

Perinteinen hajakylvö hangelle tuotti hyvin vaihtelevia tuloksia. Mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla taimia syntyi keskimäärin enemmän kuin kuusivaltaisilla, joilla ei päästy täystiheisiin taimikoihin edes täysin peittävälläkään muokkauksella. Kuusivaltaiset alueet sijaitsivat sangen karuissa ilmasto-oloissa. Keskimäärin parhaiten taimettuivat auratut alat, joissa oli paljastunut eniten kivennäismaata. Kivennäismaan edullisuus taimettumisalustana muihin alustalaatuihin verrattuna on osoitettu monissa aikaisemmissa tutkimuksissa. (esim. Hertz 1934, Heikinheimo 1939, 1940, Sarvas 1937, Sirén 1952, Yli-Vakkuri 1961 b, Hagner 1962, Skoglefald 1965, Ferm ja Pohtila 1977). Se, että lautasaurauksessa paljastunut kivennäismaa oli suhteellisesti parempi taimettumisalusta kuin aurauksessa tai laikutuksessa paljastunut kivennäismaa, johtui ilmeisesti erilaisesta pientopografiasta. Keskimäärin eniten taimia syntyi aurauksen pientareeseen ja lautasaurauksen vakoon. Huonoin taimettumisalusta oli kaikissa maankunnostusmenetelmissä humus.

Taimettumisen ratkaisevat pääasiassa lämpö- ja kosteusolot. Alhainen lämpötila voi olla esteenä itämiselle (esim. Mork 1933, 1938) ja liian korkea lämpötila voi lakastuttaa taimet kuivuuteen (esim. Vaartaja 1954, Bjor 1971). Auraspalteet olivat ilmeisesti yleensä liian kuivia ja aurausvaot liian viileitä ja kosteita taimettumiskohtia (vrt. Leikola 1974, Kauppila ja Lähde 1975, Pohtila 1977, Lähde 1978, Ritari ja Lähde 1978, Lähde ym. 1981). Kivennäismaalaikku ja nimenomaan sen keskiosa oli suhteellisen hyvä taimettumiskohta. Suurten laikkujen käyttökelpoisuuden ovat todenneet mm. Hagner (1962), Mork (1949) ja Söderström ym. (1979). Suotuista reunavaikutusta laikkujen taimettumiseen, joka ilmenisi taimien syntymisenä ni-

menomaan laikun reunoihin tai routimisvahinkojen vähäisyytenä laikun reunassa, ei havaittu (vrt. Wibeck 1920, Heikinheimo 1932, Sirén 1952, Yli-Vakkuri 1961b). Laikut olivat suuria konelaikkuja, joita ei ehkä voi sellaisenaan verrata kuokittuihin laikkuihin.

Hajakylvökset taimettuivat kulotetuilla aloilla selvästi muita huonommin. Kun maata ei oltu muokattu, taimia syntyi merkittävästi vain nilelle palaneisiin kohtiin. Vastavaanlaisia tuloksia on saatu aikaisemminkin (Eneroth 1931, Borg 1935, Sarvas 1937, Heikinheimo 1939, Räsänen 1939, Kolehmainen 1955, Yli-Vakkuri 1961 a). Yli-Vakkuri (emt.) on todennut siemenen itämiskyvyn alenevan kulotetulla humuspinnalla jyrkkien kosteus- ja lämpötilavaihtelujen vuoksi. Pelkkä kulotus ei takaa riittävää taimettumista hajakylvössä.

Mitä enemmän maata muokattiin ja mitä enemmän siemeniä kylvettiin, sitä enemmän saatiin taimia (vrt. Heikinheimo 1932, Eneroth 1945, Tirén 1952, 1953, Arnott 1973). Sirén (1952) on esittänyt arvioita tietyn taimitiheyden saavuttamiseen eri alustalaatuihin tarvittavista siemenmääristä ja Appelroth (1978) on tarkastellut ilma-aluksista tapahtuvaa kylvöä silmällä pitäen maanmuokkauksen ja siemenmäärän yhteisvaikutusta. Empiirinen aineisto asiasta on ollut kuitenkin niukkaa. Saatujen tulosten avulla on entistä paremmat mahdollisuudet optimoida hajakylvön toimenpideketjua. Voidaan asettaa ja tulevaisuudessa ehkä ratkaista laajempikin kysymys siemenmäärän, sen levitystavan ja maanmuokkauksen tarkoituksenmukaisimmasta yhdistämisestä.

Kylvön teknillisiä toteutusvaihtoehtoja on paljon. Maasta tehtävään kylvöön soveltuvat monet muutkin peltoviljelyssä käytetyt kylvölaitteet kuin ”apilaviulu”, jolla hajakylvöt tehtiin (Kinnunen 1977). Kylvökokeet lentokoneella aloitettiin USA:ssa ja Neuvostoliitossa noin 40 vuotta sitten ja kaikkiaan maailmassa arvioidaan ilma-aluksista kylvetyn metsää noin miljoona hehtaaria (Appelroth 1978). Sirén (1954 a, b, 1957) kokeili Suomen Lapissa lentokonekylvöä 1950-luvun alussa ja sittemmin eräät metsäteollisuusyhtiöt ovat tehneet maillaan Etelä-Suomessa kylvöjä ilma-aluksista. Siemenen levityksen teknilliset ongelmat näyttävät ratkaistuilta.

Hajakylvön onnistumiseen voidaan vaikuttaa paljon kylvöajankohdan valinnalla. Oppi-

kirjoissa esitetty käsitys hankikylvön paremmasta taimettumisesta sulan maan kylvöön verrattuna (esim. Kalela 1961, Antola ja Leh-to 1969) osoittautui ilmeisen virheelliseksi. Selvästi runsain taimettuminen saatiin kylvettäessä kesäkuussa, joka on yleensä todettu parhaaksi ajankohdaksi muissakin kylvömenetelmissä (vrt. Wibeck 1927, Wiksten 1949, Arnborg 1959, Sirén 1952, Cayford 1961, Mork 1965, Arnott 1973, Kaunisto 1974, Pohtila 1977). Hajakylvössäkin näyttää pätevän sääntö: mitä pitempi on kylvön ja siementen itämisen välinen aika, sitä vähemmän syntyy taimia (Yli-Vakkuri 1961 b). Männyn siemen varisee myös luonnon oloissa Lapissa pääasiassa kesäkuussa (Heikinheimo 1937).

Pyrittäessä täystiheään taimikkoon ja käytettäessä normaalia maanmuokkausta sekä tehokkainta kylvöaikaa tarvittava minimisiemenmäärä (laboratorioitävyyks 80 %) näyttäisi olevan kuivahkoilla mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla n. 0,5–1 kg/ha. Tuoreilla, kuusivaltaisilla kasvupaikoilla siementarve on koetulosten mukaan paljon suurempi, n. 2–6 kg/ha sen mukaan mitä muokkausmenetelmää käytetään. Peittävästi muokatuilla vastaava siementarve on ilmeisesti noin puolta pienempi.

Muokatun maan tekeytymisellä oli yleensä negatiivinen vaikutus viljelyn tuloksiin. Varsinkin kylvösten taimettuminen oli selvästi sitä huonompi, mitä pitempi oli maanmuokkauksen ja viljelyn välinen aika. Aikaisemmin pidettiin mahdollisena, että tekeytymisen vaikutus olisi suotuisa mm. routimisvahinkojen vähenemisen vuoksi (esim. Pohtila 1977). Saatujen tulosten mukaan olisi kuitenkin pyrittävä siihen, ettei muokkauksen ja viljelyn välissä olisi ainakaan enempää kuin yksi vuosi (vrt. Rudolph 1973). Olisiko pyrittävä viljelemään välittömästi muokkauksen jälkeen, siihen ei koetuloksista saada vastausta.

Tuoreen muokkausjäljen edullisuus taimettumisalustana selittynee maanpinnan kuohkeudella. Mm. sateet tiivistävät paljastunutta kivennäismaan pintakerrosta (Kauppila ja Lähde 1975) vähentäen siementen itämiselle suotuisia kohtia. Mikäli siemen ei multaudu, vaan jää tiivistyneen kivennäismaan pinnalle, se on altis monenlaisille tuhoille.

Tekeytymisen vaikutus oli kulotetuilla aloilla samansuuntainen kuin muokatuilla

aloilla. Aiemmat havainnot ja koetulokset kulotusaloilta ovat olleet jossakin määrin risti-riittäisiä. Borg (1931) suositteli 1–2 vuotta kulotuksen ja hajakylvön välille Etelä-Suomen oloissa. Myös Sarvas (1937) havaitsi Pohjois-Suomen kuivien kankaiden taimettumisen olevan niukkaa kuloa välittömästi seuraavina vuosina. Oinosen (1956) mukaan kunntaisille maille on kuitenkin ominaista, että taimettumista tapahtuu heti kulon jälkeen runsaasti, mutta myöhemmin vain vähän. Yli-Vakkurin (1961a) mukaan taas parhaat uudistumisolosuhteet ovat 3–5 vuotta vanhoilla kulotusaloilla. Huss ja Sinko (1969) ovat Norrlannissa tehtyjen viljelykokeiden avulla osoittaneet, että viljavuuden heikkene- misen välttämiseksi kulotetut alat pitäisi viljellä mahdollisimman pian (vrt. myös Skogselefeld 1973). Maanmuokkaus lisää ravinteiden huuhtoutumista (Mälkönen 1983). Maan tuottamattomana pitämiseen, jota maan tekeytymisen odottelu aina merkitsee, ei näytä olevan järjeviä perusteita.

Hajakylvökokeiden tulokset antavat viitteitä myös maan kunnostuksen käyttömahdollisuuksista luontaisen uudistamisen yhteydes- sä. Käytetyt siemenmäärät ilmeisesti vastasi- vat Lapissa luontaisen uudistamisen aloilla parhaina vuosina varisevia siemenmääriä (Sarvas 1962). Ongelmia aiheutuu siitä, että itävää siementä ei tule Lapin luonnonoloissa suinkaan joka vuosi. Rajoittava tekijä on il- masto. Jotta männyn kukkiminen olisi Lapis-

sa runsasta, tulisi kukkimista edeltävän kesän lämpösumman Sarvaksen (1970) mukaan olla vähintään 910 d.d. Kukkimista ja pölytystä seuraavan siemenen tuleentumiskesän läm- pösumma taas pitäisi olla 845 d.d., jotta sie- men olisi vähintään 50-prosenttisesti tuleen- tunutta. Jos lämpimien kesien esiintyminen noudattaa normaalijakaumaa, runsaan kuk- kimisen todennäköinen frekvenssi esim. So- dankylässä on säätilastojen perusteella n. 0,18 ja riittävän tuleentumisen frekvenssi 0,33 sekä molempien yhteinen todennäköinen frekvenssi 0,06. Tällä vuosisadalla lienee ollut vain pari kolme sellaista vuosisikermää, jol- loin männyllä on tullut Lapissa metsänrajalle saakka hyvä, tuleentunut siemensato.

Saatujen tulosten mukaan täyden hyödyn saaminen maan muokkauksesta edellyttää uudistusalan välitöntä siementymistä. Luon- taisessa uudistamisessa siemensädon valmis- tuminen on loppuun saakka epävarmaa, min- kä vuoksi muokkauksen oikea ajoittaminen on vaikeaa. Lapissa maan muokkauksesta luontaiseen siementymiseen saattaa kulu- a niin kauan, että muokkauksessa tehty inves- tointi menee pahimmassa tapauksessa huk- kaan. Niillä uudistusaloilla, joilla syystä tai toisesta päädytään maan muokkaukseen, luontaisen siementymisen odottelu olisi ilmei- sesti usein järjevää korvata kylvöllä. Asiaan tietenkin vaikuttaa käytettävissä olevien sie- menten määrä.

KIRJALLISUUS

- Antola, A & Lehto, J. 1969. Metsänkylvö. Metsänviljely. (toim. J. Lehto). Helsinki. Kirjayhtymä. 376 s.
 Appelroth, S-V. 1978. Ilma-alusten käyttö metsän kyl- vössä. Metsä ja Puu 95 (1): 6–9.
 Arnborg, T. 1950. Om sädd- och planteringsmetoder. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 1: 27–38.
 Arnott, J. 1973. Germination and seedling establish- ment. Direct seeding symposium Timmins, Onta- rio September, 11, 12, 13, 1973. Ottawa 1974.
 Björ, K. 1971. Forstmeteorologiske, jordbunns- klimatiska og spireøkologiske undersøkelser. Summary: For- est meteorological, soil climatological and germina- tion investigations. Medd. Norske skogforsøksv. 28: 430–526.
 Borg, A. 1931. Selostus omakohtaisista kokemuksista

- hankikylvöistä Tuomarniemellä. Yksityismetsän- hoitajayhdistyksen Vuosikirja IV s. 88–91. Hel- sinki.
 Borg, L. 1935. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoaluees- sa vv. 1913–1930. Referat: Die 1913–1930 ausge- führten Schneesaaten im Revier Tuomarniemi. Silva Fenn. 38: 1–136.
 Cayford, J. 1961. Broadcast seeding jack pine at weekly intervals in Manitoba. Dep. of Forestry, Research Br., Technical Note 106: 1–12.
 Edean, F. & Hocking, D. 1973. Performance after planting of four types of container-grown lodge- pole pine seedlings. Can. J. For. Res. 3(2): 185–195.
 Eronth, O. 1931. Försök rörande hyggesaskans inver-

kan på barrträdsfröets groning och plantornas första utveckling. Referat: Versuche über die Ein- wirkung der Asche von Schlagabbrennen auf das Keimen des Nadelbaumsamens und die erste Entwicklung der Pflanzen. Comment. For. 5: 1–61.

- 1945. Om frömängden vid fläcksädd samt om sambandet mellan plantantal pr ha och slutenen- hetsgrad vid självsädd. Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr. 161–222.
 Ferm, A. & Pohtila, E. 1977. Pintakasvillisuuden kehityminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auruilla metsänuudistusaloilla Lapissa. Abstract: Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland. Folia For. 319: 1–34.
 — & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistus- aloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Summary: Deve- lopment of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years. Folia For. 493: 1–19.
 Hagner, M. 1960. Rotmurklan (*Rhizina inflata*) – en aktuell skadegörare på brända hyggen. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 1960: 81–96.
 — 1962. Några faktorer av betydelse för rotmurklans skadegörelse. Summary: Some factors of impor- tance for damage caused by *Rhizina undulata*. Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr. 1962: 245–270.
 Hagner, S. 1962. Ett exempel på beståndstätthets bety- delse för den naturliga förnyringens uppkomst och utveckling på god granmark i Skåne. Skogen 49(2): 50–52.
 Heikinheimo, O. 1932. Vakoruutukylvö, suositeltava metsänkylvömenetelmä. Metsätietoa 1(2): 45–56.
 — 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbä- ume II. Commun. Inst. For. Fenn. 24(4): 1–67.
 — 1939. Kokemuksia paksusammaltyypin metsien käsittelystä. Referat: Erfahrungen betreffend die Behandlung der Wälder vom Dickmoostyp. Silva Fenn. 52: 121–139, 292.
 — 1940. Uudistusalojen maanpinnan käsittely ja tai- mettuminen. Metsätal. Aikak. 1. 57(12): 195–202.
 Heikkilä, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Summary: Damage in Scots pine plantations in northern Finland. Folia For. 497: 1–22.
 Hertz, M. 1934. Kasvualustan merkitys männyn uudi- stumiselle. Referat: Über die Bedeutung der Unterlage für die Verjüngung der Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 20(2): 1–98.
 Huss, E. & Sinko, M. 1969. Effekt av hyggesbränning Skogshögs. Instn. Skogsförnygr. Rapp. Uppsats. 17: 385–424.
 Huuri, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus män- nyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summa- ry: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 75(6): 1–92.
 Kalela, E. 1961. Metsät ja metsien hoito. Porvoo. WSOY. 367 s.
 Kaunisto, S. 1974. Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Summary: Date of direct seeding on drained peatlands. Folia For. 203: 1–28.
 Kauppila, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloa maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Summary: On the effect of soil treatments on forest soil properties in North- Finland. Folia For. 230: 1–29.
 Kinnunen, K. 1976. The effect of sowing date on the initial development of paperpot seedlings in plas- tic greenhouse. Selostus: Kylvöajankohdan vai- kutus kennotaimien alkukehitykseen muovihuo- neessa. Commun. Inst. For. Fenn. 88(5): 1–31.
 — 1977. Männyn kylvömenetelmien vertailua. Met- säntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tie- donantoja 6: 1–13.
 — & Lähde, E. 1971. Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvu- kauden aikana. Summary: The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. Folia For. 158: 1–23.
 — , Lind, J. & Lähde, E. 1974. Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: Initial develop- ment of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. Folia For. 212: 1–26.
 Kolehmainen, V. 1955. Havaintoja kulotuksen merkityk- sestä metsiemme uudistamisessa. Referat: Be- obachtungen über die Bedeutung des Abschwen- dens bei Verjüngung von finnischen Wäldern. Silva Fenn. 85: 1–32.
 Laine, L. 1968. Kuplamörsky (*Rhizina undulata* Fr.), uusi metsän tuhosiainen maassamme. Summary: *Rhizina undulata* Fr., a new forest disease in Finland. Folia For. 44: 1–11.
 Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84 (2): 1–64.
 — 1975. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpö- oloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influ- ence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 85 (7): 1–33.
 — 1979. Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forest- ry research in guiding policy and management in Finnish Lapland. Silva Fenn. 13 (1A): 1–50.
 Lähde, E. 1974 a. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. Selostus: Maan lajitekoostu- muksen vaikutus männyn luontaisten ja viljely- taimistojen kuntoon. Commun. Inst. For. Fenn. 84 (3): 1–23.
 — 1974 b. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of pine (*Pinus silvest- ris* L.) seed. Selostus: kylvösuojan ja kylmästrati- fioinnin vaikutus männyn siemenen itämiseen. Folia For. 196: 1–16.
 — 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on develop- ment of Scots pine and Norway spruce seedlings. Commun. Inst. For. Fenn. 94 (5): 1–59.
 — 1979. Männyn, kuusen ja lehtikuusen suoja- ja avokylvö auruksen pientareissa ja palteissa.

- Summary: Shelter and open sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch on the shoulder and tilt of ploughing. *Commun. Inst. For. Fenn.* 97 (4): 1–45.
- & Kinnunen, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in northern Finland. *Folia For. (Inst. For. Fenn.)* 197: 1–19.
- , Manninen, S. & Tervonen, M. 1981. Ojituksen ja muokkauksen vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä havupuiden taimien kehitykseen. Summary: The effect of drainage and cultivation on the physical properties of the soil and the development of conifers seedlings. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98 (7): 1–43.
- & Mutka, K. 1974 a. Kylvösuojan ja raakafosfaattilannoituksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen ojitetulla avosuolla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of sowing shelters and rock phosphate on germination of pine (*Pinus silvestris* L.) seeds and development of the germlings on a drained open swamp in Northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 82 (3): 1–36.
- 1974 b. Luontaisesti syntyneiden ja istutettujen kuusentaimien kehitys ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of root system and development of volunteer and planted Norway spruce transplants in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 83 (3): 1–43.
- & Raulo, J. 1977. Eri kehitysvaiheissa istutettujen rauduskoivun taimien viljelyn onnistuminen auratuilla uudistusaloilla Pohjois-Suomessa. Summary: Development of Silver birch (*Betula pendula* Roth) seedlings outplanted at different developmental stages on plowed reforestation areas in North Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91 (6): 1–30.
- & Siltanen, S. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78 (7): 1–31.
- & Tuohisaari, O. 1976. An ecological study of effects of shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Selostus: Ekologinen tutkimus suojakylvön vaikutuksesta männyn, kuusen ja lehtikuusen itämiseen ja sirkkataimien alkukehitykseen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88 (1): 1–37.
- Melders, K. 1929. Neue Walddsaatmethode. Selostus: Uusi metsänkylvömenetelmä. *Comment. For.* 3: 1–13.
- Mork, E. 1933. Temperaturen som foryngelsefaktor i de Nord-Trøndeske granskoger. Referat: Über die Bedeutung der Temperatur für Verjüngung in den Fichtenwäldern von Nord-Trøndelag. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 5 (16–19): 1–156.
- 1938. Gran- og furufroets spiring ved forskjellig temperatur og fuktighet. Summary: Germination of spruce and pine seed at various temperature and degrees of moisture. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 6: 225–249.
- 1949. Forsøk med markberedning og såing i Ljor-
- dalen statsskog. Summary: Experiments on screening and sowing in Ljordalen state forest. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 10: 225–304.
- 1965. Såforsøk med furu til forskjellige tider i vegetasjonsperioden. Summary: Sowing experiment with seed from Scots pine at different time during the growing season. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 74 (3): 174–201.
- Mälkönen, E. 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124: 6–16.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistamisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräiden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. *Metsätal. Aikak.* 1. 72(6–7): 225–230.
- Parviainen, J. 1983. Männyn eri taimilajien menestymisen eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla – ennakkotuloksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124: 27–39.
- Pohjola, T. 1976. Rohkeasti kulottamaan. *Metsä ja Puu* (93.) 8 (4): 4–6.
- Pohtila, E. 1974. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa II. Auruksen ja kuloutuksen vaikutus männyn viljelyn onnistumiseen vuosina 1968–70 perustetuissa kokeissa. Helsingin yliop. metsänhoito. laitoksen tied. 11: 1–65.
- 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden viljely Lapissa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91 (4): 1–98.
- & 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 Fenn.* 17 (3): 201–224.
- 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. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92 (7): 1–37.
- Rudolph, J. 1973. Direct seeding versus other regeneration techniques: Silvicultural aspects. Direct seeding symposium. Timmins, Ontario, September, 11, 12, 13, 1973. Ottawa 1974.
- Räsänen, A. 1939. Metsien uudistamisesta Perä-Pohjossa. *Silva Fenn.* 52: 140–150.
- Saraniemi, J. 1980. Männyn hajakylvön onnistumisen riippuvuus maankäsittelystä, kylvöajankohdasta ja käytetystä siemenmäärästä Lapissa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. 74 s.
- Sarvas, R. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands. *Acta For. Fenn.* 46 (1): 1–146.
- 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 53 (4): 1–198.
- 1970. Männyn siementarpeen tyydyttäminen Pohjois-Suomessa. Moniste. 4 s.
- Sirén, G. 1952. Havaintoja Perä-Pohjolan valtion mailla

- 1948–50 suoritetuista männyn kylvöistä. Summary: Observations on pine sowings on state-owned lands in Peräpohjola (Far North) in 1948–1950. *Silva Fenn.* 78: 1–40.
- 1954 a. Lentokone metsän uudistamistyössä. Summary: Forest sowing by airplane. *Metsätal. Aikak.* 1. 71 (1): 17–20.
- 1954 b. Lentokonekylvön tähänastiset tulokset Lapissa. Summary: Results to date of aerial seeding in Lapland. *Metsätal. Aikak.* 1. 71 (10): 417–418.
- 1957. Lentokonekylvön tulokset. Summary: Results of broadcast sowing by airplane. *Metsätal. Aikak.* 1. 73 (10): 305–309.
- Skoglefald, S. 1965. Forsøk med ulike spireleiebehandlinger i samband med direkte såing av gran- og furufro. Summary: Experiments with various seedbed treatments in connection with direct seeding of Norway spruce and Scots pine. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 23: 381–409.
- 1973. Virkning av flatebrenning på en den humusegenskaper og på etablering og høydevekst hos gran og furu. Summary: Effect of controlled burning on some humus properties and on the establishment and height growth of Norway spruce and Scots pine. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 125 (7): 471–504.
- Söderström, V., Jonsson, C. & Byfalk, R. 1979 Optimal fläckstorlek vid markberedning för plantering. Ett principförsök. Sveriges Lantbr. Univ., Inst. Skogsskötsel, Intern. Rapp. 2: 1–13.
- Tirén, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrö i Norrland. Summary: On experiments in sowing pine and spruce seed in Northern Sweden. *Medd. Statens Skogsforskn. Inst.* 41 (7): 1–110.
- 1953. Jämförelser mellan olika såddmetoder. Summary: Comparisons between different sowing methods. *Medd. Statens Skogsforskn. Inst.* 43 (9): 1–83.
- 1958. Om försök med plantering av tall och gran i Norrland. Summary: Planting of pine and spruce in Norrland. *Medd. Skogsforskn. Inst.* 47 (5): 1–93.
- Vaartaja, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. *Acta For. Fenn.* 62 (3) 1–29.
- Viro, P. J. 1969. Prescribed burning in forestry. *Commun. Inst. For. Fenn.* 67 (7): 1–49.
- Voss-Lagerlund, K. 1976. Effects of soil preparation on the bacterial population in forest soil. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86 (7): 1–35.
- Wibeck, E. 1920. Om olika skogsodlingsmetoders förhållande till uppfrysningsskolan i Norrland. Resumé: Über die Gefahr des Auffrierens bei verschiedenen Forstkulturmethoden in Norrland. *Medd. Stat. Skogsforsöksanst.* 17: 329–347.
- 1927. Vår- eller höstsådd. Redogörelse för jämförande såddförsök, utförda av Statens skogsforsöksanstalt under tidsperioden 1912–1921. Summary: Spring or autumn sowing. *Medd. Stat. Skogsforsöksanst.* 23: 217–294.
- Wiksten, Å. 1949. Om några faktorer av betydelse för såddresultatet jämte preliminära resultat av några täcksåddförsök. Summary: On some factors of importance for the sowing result and preliminary results from some experiments with covered patch sowing. *Medd. Stat. Skogsforsöksanst.* 37 (4): 1–34.
- Yli-Vakkuri, P. 1961 a. Emergence and initial development of tree seedlings on burnt-over forest land. Selostus: Taimien syntymisestä ja alkukehityksestä kulotetuilla alueilla. *Acta For. Fenn.* 74 (1): 1–51.
- 1961 b. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja alkukehityksestä 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): 1–122.

Total of 84 references

SUMMARY

SOIL PREPARATION IN REFORESTATION OF SCOTS PINE IN LAPLAND

Introduction

The purpose of the research was to find out a favourable combination of various soil preparation and reforestation methods in Lapland. The most favourable time of the year for broadcast sowing and the effect of stabilization after soil preparation on restocking were studied as special problems.

Research areas

Research areas, twelve in all, were chosen all over Lapland (Figure 1). The variety of sites connected to reforestation of Scots pine was taken into consideration. There were six pine-dominant and six spruce-dominant sites (Appendix 1). Most research areas were clear cutted in the winter of 1974. The areas where the date of broadcast sowing was studied were cutted in the years of 1975–1977. The areas were cleared and on most areas the stubs of hardwood trees were treated with phenoxy-herbicides.

Experimental design

The experimental design was randomized block, with the details corresponding to a split-plot design. In the summer of 1974 blocks of 4,8 hectares were marked on the experimental areas. The blocks were divided into four plots of 60 × 200 meters. The main treatments, prescribed burning, scalping, disc ploughing and ploughing (Figure 2) were randomized among the plots in each block. Soil preparation was done in the summer of 1974 with the exception of scalping and prescribed burning which were done in the following spring. One area (research area 3) could not be burned until the spring of 1976. The areas where the date of broadcast sowing was studied were just ploughed in the years 1976–1977.

Soil preparation methods

When surveying the broadcast sowings in the summer of 1978 the effect of the different soil preparations was studied in detail. The treatments covered 50–87 per cent of the total area of the plots depending on the preparation method. The percentage was highest in the prescribed burning which, however, suffered from rainy weather and in many areas the lack of logging residue. 25 per cent of the area of the plots was thoroughly burned and 61 per cent poorly burned.

The mechanical soil preparation methods were used according to prevailing practice. Most mineral soil was exposed on the ploughed plots, on an average 39 per cent of the area. On the scalped plots the corresponding number was 14 per cent and on the disc ploughed ones 10 per cent. There was a 10–15 per cent mixture of mineral soil and humus in all mechanical methods. The humus layer was most turned upside-down by disc ploughing, 25 per cent, and least, 9 per cent, on the ploughed plots.

The relief of the soil surface was most affected by ploughing. Ploughing produced furrow 8 per cent, slope of the furrow 16 per cent, shoulder 6 per cent and tilt 30 per cent on an average of the total area of the ploughed plots. On an average 40 per cent of the total area on the ploughed plots was untouched. Disc ploughing produced furrow 16 per cent, shoulder 10 per cent and tilt 25 per cent. 50 per cent was untouched on an average. In scalping mineral patches covered on an average 25 per cent and hummocks 24 per cent of the area. 51 per cent of the area was untouched in scalping.

Reforestation methods

The soil preparation plots were usually divided into four sub plots of 50 × 60 meters, among which the reforestation methods: broadcast sowing, band sowing, planting with 1M + 1A bare-rooted transplants and planting with 1 MK paper-pot seedlings were randomized.

The reforestation was spaced over a three-year period and for this the sub plots were divided into three sections, among which the years of reforestation: 1975, 1976 and 1977 were randomized. Seeds and nursery stock for sowing and planting were as strictly as possible local in origin. From each batch of stock a sample of 20–30 seedlings was taken to the laboratory for detailed studies (Table 1).

25 germinating seeds were sown per sowing spot in band sowing. 1,5 kilos of seed of 80 per cent germination were used per hectare in general in broadcast sowing. The experimental design of the date of broadcast sowing was either total randomization or randomized blocks, with the details corresponding to a split-plot design. The amount of seeds varied from one to three kilos per hectare. These broadcast sowings were carried out in the years of 1977–1978. In general the broadcast sowing was done according to old traditions on snow in April, but for the experiments of the date of reforestation it was spaced over from March to July.

Different techniques were used in sowing. Bare-rooted transplants were planted with a semicircular planting hoe and paper-pot seedlings with a planting tube. A drill punch first presented by Melders was used in band sowing. The scalping of the burned plots was done with a peat hoe immediately before band sowing and planting. The burned broadcast sowing plots were not scalped. A special device designed for trefoil sowing, Mörwald's "Kleegeige" (Figure 3) was used in broadcast sowing.

Seedling inventories

A circular sample plot of 200 m² with 50 seedlings or sowing spots was marked in the middle of every plot with the exception of broadcast sowing. An inventory of the sample plots was done annually. On the broadcast sowing plots the systematic circular plot survey method with sample plots of 0,2 m² and sample plot interval of 2 meters was used. Besides the number of seedlings also the distance from the central point of the sample plot to the nearest seedling was measured in some of the broadcast sowing plots. On the scalped, disc-ploughed and ploughed plots the distance was measured both including and excluding the disturbed areas in between. The un-

disturbed area on the the scalped plots was used as control.

The weather during the research period was variable as usual in Lapland (Table 2).

Interaction of soil preparation and reforestation

It was not without importance how the different soil preparation and reforestation methods were combined (Appendix 2, Table 3). Prescribed burning, scalping with hoe and sowing proved to be a favourable combination, which was also found out in some previous experiments (Figure 5). Planted seedlings succeeded worse than sowed ones on burned areas. The evident cause of the difference was thoroughly discussed in previous researches (e. g. Pohtila 1977). Planted seedlings dry up more easily than sowed ones, which probably is the main reason for the difference. There is no evidence than Rhizina root rot (*Rhizina undulata* Fr.) has contributed to the results.

The best soil preparation method with planting was ploughing, which on the other hand proved to be relatively poor with sowing. One important cause for the failure of sowings on the ploughed plots seems to be frost heaving. The height growth of both sowed and planted seedlings was, however, faster in these areas than on the scalped or disc-ploughed plots.

A general conclusion was that prescribed burning, scalping and disc ploughing made a better combination with sowing than planting, and ploughing on the other hand a better combination with planting than sowing. In closer study the quality of the site proved to be an important factor (Figure 6). The combination of ploughing and planting was favourable for moist spruce-dominant sites. On sub-dry pine-dominant sites there was more choice of methods because there were only minor differences in success between the different combination of methods.

On an average the best results was reached with planted paper-pot seedlings. The bigger seedlings or transplants were the faster the height growth after planting was (Figure 7).

Bare-rooted transplants seemed to suggest that the nutrient content of seedlings at the moment of planting had an effect on their later development. The needles of the most successful transplants had higher nitrogen, potassium and phosphorus contents than usual (Table 1).

Soil preparation in broadcast sowing

Broadcast sowing on snow gave inconsistent results. There emerged on pine-dominant sites on an average 2–3 times more seedlings than on spruce-dominant ones. On an average restocking was best on ploughed plots with the most of mineral soil (Figure 8). Seedlings were recorded most of all on the shoulder of the ploughed ditch and in the furrow of the disc plough. The poorest substrate for restocking in all soil preparation methods was humus.

Prescribed burning alone does not guarantee adequate restocking in broadcast sowing. On the noncultivated plots seedlings did not emerge but on thoroughly burnt spots with mineral soil (Figure 10).

The results of broadcast sowing can be affected by the choice of sowing date. The longer the period was between sowing and germination the fewer seedlings emerged. The best restocking was clearly resulted from sowings in June which also is the peak for the natural seed fall of Scots pine in Lapland (Figure 11). Aiming at a fully stocked stands using normal soil preparation and the most efficient sowing date, the minimum amount of seeds needed (laboratory germination 80 per cent) seems to be 0,5–1,0 kilos per hectare on sub-dry pine-dominant sites in Lapland. On moist spruce-dominant sites the need of seeds is higher, 2–6 kilos per hectare depending on the soil preparation methods. On completely cultivated soils the corresponding need of seeds is probably about half of the amounts mentioned above.

Stabilization of soil

Stabilization of the soil after preparation had a negative effect on reforestation results (Figure 12). Especially stocking with sowed seedlings was clearly the poorer the longer the time lapse between soil preparation and sowing was. E. g. rain makes the upper mineral soil layer condense thus decreasing the number of spots favourable for the germination of seeds. Earlier the stabilization of the soil was considered to be favourable because of diminished frost heaving damages. Not to lose the productivity cultivated areas should be sown as soon as possible.

The results of the broadcast sowing experiments can be extended to natural regeneration. Only immediate germination assures the best possible result (Figure 13). In natural regeneration there is no certainty about the seed crop in Lapland and therefore it is difficult to choose the optimal date for preparation. The time lag between soil preparation and natural seeding may be so long that the investment on soil preparation will be misspent. Regeneration areas with soil preparation should in general be sowed instead of waiting for natural seeding.

Liite 1. Tutkimusalueiden yleiskuvaus.
Appendix 1. General description of the research areas.

Havainnon laatu Type of observation	Tutkimusalue - Research area											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Korkeus merenpinnasta Elevation	240	290	240	195	190	180	180	190	210	205	190	150
Keskimääräinen tehoisan lämpötilan summa, d.d. Average number of degree days, d.d.	744	710	777	862	831	823	823	857	753	757	858	912
Metsätyyppi Forest site type	HMT	EMT	HMT	HMT	EMT	EVT	EVT	EMT	HMT	EMT	EMT	EMT
Humuskerros, cm Humus layer, cm	3	4	5	4	4	5	4	3	2	4	6	3
A-horisontti, cm A-horizon, cm	6	9	7	15	8	12	10	12	5	7	7	10
B-horisontti, cm B-horizon, cm	17	12	15	9	24	16	13	17	25	19	22	27
Kivisyys, % Stoniness, %	53	63	27	47	46	35	33	60	13	23	37	27
Maalaji Soil class	HtMr	HtMr	HtMr	HkMr	HkMr	HkMr	HkMr	HkMr	HkMr	HtMr	HkMr	HK
<0.02 mm fraktiilien osuus, % Proportion of particles <0.02 mm, %	39	32	39	15	21	26	29	9	18	23	7	5
Kaltevuus ja suunta Inclination and exposition	2S	2E	2E	2SW	7NE	2SW	2S	1S	0	1S	2E	1SE
Puulajisuhteet, % Tree species composition, %												
Mänty Pine	0	10	0	5	80	50	50	100	10	70	20	40
Kuusi Spruce	75	80	60	75	10	30	30	0	60	10	60	40
Lehtipuut Harwoods	25	10	40	20	10	20	20	0	30	20	20	20

Metsätyypit: HMT-Hylocomium-Myrtillus
Forest site types: EMT-Empetrum-Myrtillus
EVT-Empetrum-Vaccinium

Maalajit: HtMr = Fine-sand moraine
Soil classes: HkMr = Sandy moraine
Hk = Sand

Liite 2 a. Taimien elossaolo (%) tutkimusalueilla 1-8 kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä.
Appendix 2 a. Survival (%) of seedlings on research areas 1-8 after six growing season from reforestation.

Maan kunnostus Soil preparation	Viljely- tapa Way of refores- tation	Viljely- vuosi Year of reforestation	Tutkimusalue - Research area								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Kulotus Prescribed burning	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	52	72	62	92	88	84	62	94	
		1976	72	72	32	40	68	94	82	80	
		1977	52	40	4	30	88	80	80	70	
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	68	72	74	18	76	60	24	94	
		1976	90	52	66	39	96	62	42	90	
		1977	36	48	26	62	56	52	24	82	
3. Istutus 1Mk Planting	1975	76	62	35	80	72	84	84	94		
	1976	70	78	12	48	94	20	44	94		
	1977	54	68	8	88	70	78	56	92		
Laikutus Scalping	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	70	76	46	64	98	70	88	74	
		1976	76	60	78	76	90	71	76	8	
		1977	20	62	20	24	78	56	62	80	
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	82	74	56	98	90	56	44	96	
		1976	76	94	64	88	72	50	74	86	
		1977	38	54	8	74	46	48	40	68	
	3. Istutus 1Mk Planting	1975	80	80	60	80	98	50	76	96	
		1976	70	100	78	58	94	54	68	92	
		1977	58	38	30	76	86	68	56	96	
	Lautas- aurus Disc ploughing	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	58	74	64	32	76	78	96	82
			1976	50	62	8	96	84	78	76	90
			1977	2	48	6	12	62	64	40	74
2. Istutus 1M+1A Planting		1975	52	52	76	84	86	70	76	96	
		1976	80	80	64	66	94	72	72	92	
		1977	38	56	22	24	66	46	10	76	
3. Istutus 1Mk Planting	1975	56	88	40	52	96	88	90	94		
	1976	84	80	10	16	90	78	66	96		
	1977	66	54	12	46	76	62	66	94		
Aurus Ploughing	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	60	28	22	80	80	90	90	78	
		1976	58	68	50	82	62	78	32	24	
		1977	54	80	6	60	76	42	52	22	
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	86	60	78	72	88	64	58	94	
		1976	76	85	77	92	88	70	64	90	
		1977	38	40	36	68	60	44	62	72	
3. Istutus 1Mk Planting	1975	72	58	90	90	82*	92	40	94		
	1976	54	86	58	82	86	54	68	90		
	1977	58	68	44	98	88	70	58	96		

Liite 2 b. Taimien keskipituus (cm) tutkimusalueilla 1–8 kuuden kasvukauden jälkeen viljelystä.
 Appendix 2 b. Average height (cm) of seedlings on research areas 1–8 after six growing seasons.

Maan kunnostus Soil preparation	Viljely- tapa Way of refores- tation	Viljely- vuosi Year of reforestation	Tutkimusalue – Research area							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Kulotus Prescribed burning	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	27	20	20	53	28	36	18	32
		1976	30	23	34	36	32	43	28	35
		1977	32	21	35	38	27	33	26	38
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	67	46	90	72	58	52	50	64
		1976	96	73	87	97	80	96	76	100
		1977	79	65	80	109	63	75	104	83
	3. Istutus 1Mk Planting	1975	52	45	40	65	57	49	40	51
		1976	74	62	66	56	89	74	71	65
		1977	40	54	20	74	51	74	77	62
Laikutus Scalping	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	23	21	14	24	21	31	25	17
		1976	17	9	22	33	22	16	26	10
		1977	17	15	17	30	18	19	25	18
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	53	50	75	67	49	80	55	42
		1976	68	76	88	94	76	79	72	57
		1977	59	58	38	95	60	66	59	48
	3. Istutus 1Mk Planting	1975	46	55	44	45	50	63	39	37
		1976	51	57	59	57	50	56	57	45
		1977	48	30	37	58	43	81	57	32
Lautas- auraus Disc ploughing	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	10	24	12	25	23	34	26	13
		1976	10	21	18	31	18	29	11	19
		1977	10	13	17	22	20	41	14	19
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	41	48	56	49	56	54	45	39
		1976	67	76	69	62	58	71	63	65
		1977	63	51	51	57	36	54	36	48
	3. Istutus 1Mk Planting	1975	38	46	29	31	47	43	44	41
		1976	57	50	34	40	50	64	54	43
		1977	47	27	35	41	36	47	43	41
Auras Ploughing	1. Vakoruutu- kylvö Band sowing	1975	20	42	30	41	30	35	23	28
		1976	25	31	25	48	19	24	18	21
		1977	17	22	43	43	21	23	19	18
	2. Istutus 1M+1A Planting	1975	77	60	102	56	70	64	67	68
		1976	95	87	103	98	77	67	96	85
		1977	64	79	96	109	57	73	84	72
	3. Istutus 1Mk Planting	1975	33	51	68	55	63	62	34	58
		1976	52	72	85	81	62	51	73	50
		1977	53	48	46	78	49	71	71	49