

Männyn viljelytavan valinta

Jukka Valtanen
Tapani Tasanen



Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto

MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

Kansikuva: Kuhmon VMT-kankaan koekentän metsää ennen hakkuuta. Puusto on ns. ilotonta kuusikkoa, jossa vielä on muutamia mäntyjä elossa tai jo keloittuneina. Kuva Jukka Valtanen.

Männyn viljelytavan valinta

Jukka Valtanen
Tapani Tasanen

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto

Valtanen, J. ja Tasanen, T. 1996. Männyn viljelytavan valinta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 608. 77 s. + liitteet. ISBN 951-40-1524-X.

Kainuuseen ja Pohjois-Pohjanmaalle vuosina 1975–77 perustetuilla koealoilla etsittiin vastausta jo vuosikymmenien ajan esitettyyn kysymykseen männyn kylvön ja istutuksen paremmuudesta. Koealat perustettiin puolukkamustikkatyypin ja variksenmarjapuolukkatyypin kankaalle. Kylvötapoja olivat vakokylvö ja hajakylvö. Istutuksessa käytettiin koulittuja kaksivuotiaita paljasjuuritaimia ja yksivuotiaita paperikennotaimia. Muokkaukset – konelaikutus, äestys ja metsäauraus – tehtiin syksyllä 1974. Siten muokkauksesta kulunut aika kasvoi yhdestä kolmeen talvikauteen eri vuosien viljelyissä. Koealat inventoitiin viidesti vuosina 1978–90.

Hajakylvö epäonnistui lähes kaikilla koeruuduilla. Muihin viljelytapoihin vertailukelpoisella tavalla laskettuna sen elossaolosadannes oli 22. Vain muutamalle ruudulle syntyi riittävä taimikko. Myös vakokylvö antoi heikon tuloksen. Syksyn 1990 inventoinnissa, jolloin viljelystä oli kulunut 14–16 vuotta, kylvökohdista oli taimellisia vain 36 prosenttia. Parhaiten olivat menestyneet paljasjuuritaimet. Niiden elossaolosadannes oli 63. Kennotaimista oli kahden ensimmäisen vuoden koeruuduilla elossa 50 %, mutta viimeisen viljelyvuoden taimista niihin taimitarhassa tulleen versosurmataudin takia vain 28 %. Pisimpiä olivat paljasjuuritaimet, joiden keskipituus oli vuonna 1990 viljelyvuodesta ja muokkauksesta riippuen 2,6–3,7 m. Kennotaimet olivat 2,3–3,0 m:n ja kylvötaimet 1,3–3,0 m:n pituisia. Koko aineistossa keskimääräinen elossaolosadannes oli 41 ja pituus 2,4 m.

Maankäsittelyn vaikutus jäi pieneksi, koska esimerkiksi varsinaisia märkyyso ongelmia ei koealoilla ollut. Samoin metsätyypillä oli keskimäärin vain vähän vaikutusta. Kuitenkin aurauksella oli selvästi myönteinen vaikutus taimien elossaoloon tuoreella maalla. Myös puiden pituus, kunto ja tekninen laatu olivat aurasaloilla parhaat. – Muokkauksen ja viljelyn välisen ajan kasvaessa kylvötulos heikkeni, mutta istukseen ei vaikutusta ollut paitsi eräissä kosteissa kohdissa, missä vain paljasjuuritaimet selvisivät muokkauksen jälkeen korkeaksi kasvaneesta karhunsammalmatosta.

Tutkimus osoittaa, että männylle viljeltäville maille metsäauraus ja istutus olisi paras menetelmä. Myös muut Pohjois-Suomessa tehdyt tutkimukset, joita tässä työssä tarkastellaan, johtavat samaan päätelmään. Aurauksesta on käytännössä kuitenkin lähes kokonaan luovuttu luonnonsuojelullisten – lähinnä esteettisten – näkökohtien takia. Varmin muokkaustapa ei siten enää ole käytettävissä. Ojitusmätästys, jota pidetään korvaavana menetelmänä, ei ollut mukana vertailussa. Aurauksen hyvää viljelytulosta ei mätästyksessä välttämättä saavuteta mm. istutuspaiikkojen rajoitetumman valintamahdollisuuden takia - ainakaan samalla kustannuksella.

Avainsanat: Mänty, kylvö, istutus, maanmuokkaus, kasvupaikkatyypit.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Hanke 3024. Hyväksynyt Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 11.9.1996.

Kirjoittajien yhteystiedot: Jukka Valtanen, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos. Puh. (08) 531 2272. Tapani Tasanen, Metsäntutkimuslaitos, Kolarin tutkimusasema, 95900 Kolari. Puh. (016) 561 401.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki. Puh. (09) 857 051.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	1
2 Aineisto ja tutkimusmenetelmä	7
2.1 Tutkimusongelma ja sen raja	7
2.2 Kokeiden sijainti ja perustaminen	8
2.3 Viljelymateriaali	11
2.4 Mittaukset ja laskenta	11
3 Koekenttien kuvaus	13
4 Alueen luonnonolot	15
4.1 Ilmasto	15
4.2 Maaperä	17
5 Tulokset	23
5.1 Taimien elossaolosadannes	23
5.2 Pituuskehitys	31
5.3 Runkosumma	36
6 Taimikoiden tuhot, kunto ja tekninen laatu	38
7 Metsänviljelyn tulokseen vaikuttavat kasvupaikkatekijät	52
8 Koealojen kasvillisuus	53
9 Tulosten tarkastelu	55
9.1 Maankäsittelyn vaikutus taimikoiden kehitykseen	55
9.2 Viljelytavan vaikutus taimikoiden kehitykseen	58
9.3 Muokkauksen vanhenemisen vaikutus	62
9.4 Luontainen taimiaines	62
9.5 Taimikoiden kunto ja tuhot	63
9.6 Kasvupaikkatekijöiden merkitys	64
9.7 Muokkausjäljen tasoittuminen ja kasvillisuuden kehitys	67
9.8 Taimikon kehityksen vertailu muissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin	68
10 Tiivistelmä ja päätelmät	70
KIRJALLISUUS	73
LIITTEET 1–10	77

Käytetyt lyhenteet sekä viljelymateriaalin ja taimitunnusten selitys:

dd	=	degree day, vuorokausiaste. Lämpösumman yksikkö.
H-k	=	hajakylvö, männyn siementä 1,5 kg/ha
V-k	=	vakokylvö, siemen peitettiin ohuella kivennäismaakerroksella.
Kenno	=	kennotaimi Fh 408 1 Mk. Kennon läpimitta 4 cm ja korkeus 8 cm. Yksi kesä muovihuoneessa. Istutus yksivuotisena. Taimen pituus noin 8 cm. Paakun ympärillä paperi.
Paljasj	=	paljasjuurinen taimi 1M+1A. Ensimmäinen kesä muovihuoneessa, toinen kesä koulittuna avomaalla. Istutus kaksivuotisena. Pituus 10–15 cm.

Testitulosten merkitsevyydet:

**	=	1 %:n riskitaso
*	=	5 %:n riskitaso
°	=	10 %:n riskitaso

1 Johdanto

Metsien uudistaminen lisääntyi Pohjois-Suomessa 1940-luvun loppupuolella aloitettujen laaja-alaisten avohakkuitten seurauksena jyrkästi sen jälkeen, kun metsähallitus alkoi 50-luvun alkupuolella saada budjetissa riittävästi ns. metsänhoitorahaa. Maaperän yleisen karuuden takia ja metsikköhistoriallisista syistä – yleisesti vanhoja harsittuja kuusivaltaisia metsiä – uudeksi puulajiksi valittiin lähes yksinomaan mänty. Kuusen viljely rajoittui Etelä-Suomeen hakamaiden ja hylättyjen peltojen metsittämiseen. Myös ns. luonnonnormaalien metsien kehitystaulukot osoittivat männyn kuusta edullisemmaksi tavanomaisilla kangasmaitten kasvu- paikoilla (Ilvessalo 1938 ja 1967). Siksi uudistamisratkaisujen puulajivalinta oli Pohjois-Suomessa yleensä selvä: vain mänty oli mahdollinen.

Ennen toista maailmansotaa oli yleisohjeena, että mänty kylvetään ja kuusi istutetaan. Sen takia männyn kylvö oli vielä 1950-luvulla uudistamisen valtamenetelmä. Koska siemenvarastojen arvioitiin ehtyvän muutamassa vuodessa, jos hyviä siemenvuosia ei tule, valmistauduttiin myös männyn istutukseen perustamalla taimitarhoja. Pohjanmaan piirikunnan aluetta varten metsähallitus perusti Oulujärven länsipuolelle Vaalaan Nuojuan keskustaimitarhan, joka tuotti ensimmäiset taimensa vuonna 1957. Myös Imarin taimitarhalla Rovaniemellä ja Pakatin taimitarhalla Kittilässä metsähallitus alkoi tuottaa taimia. Ensimmäiset taimet lähetettiin niiltä istutuksiin vuosina 1957 ja 1965. Yksityismetsätaloudessa laajennettiin Rovaniemen Taimelaa ja Sotkamon Naapurivaaran taimitarhaa sekä perustettiin Kemijärvelle Ketolan taimitarha. Siellä ensimmäiset taimet valmistuivat vuonna 1969. Taimitarhojen perustaminen osoittautui 1960-luvun alusta alkaen oikeaan osuneeksi toimenpiteeksi, sillä siemenvarastot ehtyivät. Yhdellä siemenkilolla saadaan kylvetyksi 2,5–3 hehtaaria, mutta taimet siitä saadaan 50 hehtaarille. Vain istuttaen oli mahdollista uudistaa yhä lisääntyvien avohakkuiden jäljet.

Taimituotantomenetelmiä kehitettiin. 1950-luvun loppupuolella käyttöön tulleen muovisen kasvihuoneen – muovihuoneen – avulla taimien kaksi ensimmäistä kasvukautta saatiin supistetuksi yhteen kasvukauteen. Koulitut männyn taimet olivat ennen olleet 2 + 1-vuotiaita. Nyt niistä tuli 1 + 1-vuotiaita, eli “kaksplusykkösten” sijaan tulivat “yksplusykköset”. 1960-luvun alussa kaikki taimet olivat vielä paljasjuurisia, joko koulimattomia kaksivuotiaita tai em. koulittuja taimia.

Paljasjuuristen taimien oheen ryhdyttiin 1960-luvun alussa kehittämään erilaisia paakkutaimia. Ne arvioitiin metsänviljelyssä paljasjuuritaimia luotettavammiksi. Vuosikymmenen alussa tulivat norjalaiset Jiffy-potit ja heti sen jälkeen kotimaiset Finn-pot-turveruukut. Vuonna 1965 tuli markkinoille Pentti Nisulan kehittämä rullataimimenetelmä (Nisula 1978). Siinä taimet kasvoivat toisen kesänsä spiraaliksi kierretyn muovinauhan raoissa nauhan pituisessa turvelevyssä. Tuote oli maanpinnalle asetettuna noin 20 cm korkea ja samanpaksuinen lieriöpakkaus, jonka päällä olivat tiheänä ryhmänä 25–50 taimen verso-osat. Alkukokemusten jälkeen turpeensyöttökoneen annostelua muutettiin siten, että jokainen juuristo sai oman erillisen turveannoksensa. Vuodesta 1968 alkaen yleistyi japanilaisen idean mukaan kehitetty paperpot- eli kennotaimimenetelmä. Esimerkiksi Imarin ja Pakatin

taimitarhoissa tuotettiin vuoteen 1963 asti vain paljasjuurisia taimia. Siitä alkaen kasvatettiin yhä lisääntyvästi myös paakkutaimia. Vuonna 1974 loppui paljasjuuristen taimien tuottaminen näillä taimitarhoilla kokonaan. Pääosa taimista oli nyt kennotaimia. Turveruukkujen osuus jäi pienemmäksi.

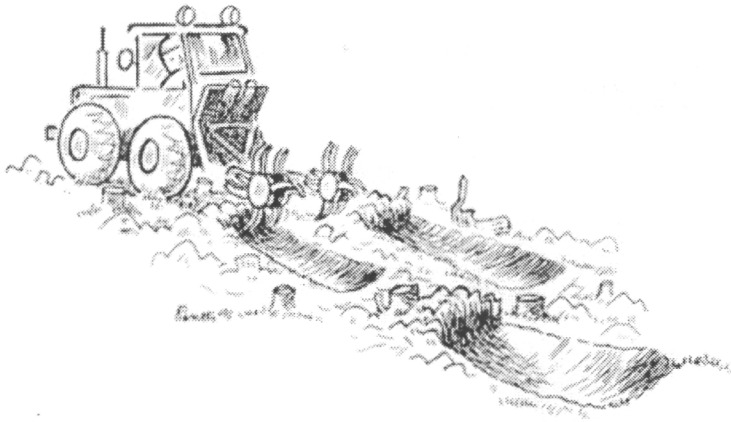
Metsien uudistamisessa luontainen uudistaminen todettiin liian hitaaksi ja epävarmaksi. Monin paikoin se ei olisi ollut mahdollistakaan, koska siemenpuiksi kelpaavat männyt oli harsintahakkuissa poistettu jo kenties vuosikymmeniä sitten. Sielläkin, missä mäntyjä vielä oli jäljellä, viljely arvioitiin edullisemmaksi. Etenkin istutukseen suhtauduttiin optimistisesti. Esimerkkeinä pidettiin monia ennen sotaa perustettuja metsiköitä, mm. Rovaniemen Hirvaalla olevaa vuosina 1908–09 perustettua Kurkikankaan männikköä ja monia muita nuorempia istutusmetsiä, joita oli nimenomaan metsäkoulujen lähellä, mutta myös muualla metsähallinnon mailla. Kuitenkin jo 1950-luvun lopulla jouduttiin toteamaan, että viljelyt eivät onnistu toivotulla tavalla. Alueita jouduttiin täydentämään tai viljelemään kokonaan uudelleen. Ennen sotaa olleelle tasolle ei yletty.

Hakkuualojen kulottaminen oli 1940-luvulta alkaen yleinen tapa. Sekään ei paljon auttanut viljelyjen onnistumista. Todettiin, että Aaltosen (1938, s. 52) korostama kivennäismaan paljastaminen oli ainoa ratkaisu. Uudistamisen vaikeudet keskittyivät kuntaantuneille ja kosteille maille, ja Pohjois-Suomen metsämaat olivat juuri sellaisia. Kun vielä ennen sotaa ihminen ja kuokka (kuva 1) tai kulon polttamalla mailla hevonen ja risukarhi olivat ainoat mahdollisuudet kivennäismaan paljastamiseen, voitiin jo 1950-luvun alkupuolelta lähtien käyttää traktoreita ja laikkureita. Pohjoisessa käytettiin suuria telatraktoreita, joiden perässä oli vahvat repijäkoukut (scarifier-laikkurit). 1950-luvun lopulla laikkuri siirrettiin traktorin eteen, mihin tehtiin vahvaan vaakapuomiin lujat piikkiparit. Paksukunttaisilla mailla syntyi yhtenäisiä jopa 20–50 m²:n suuruisia laikkuja.



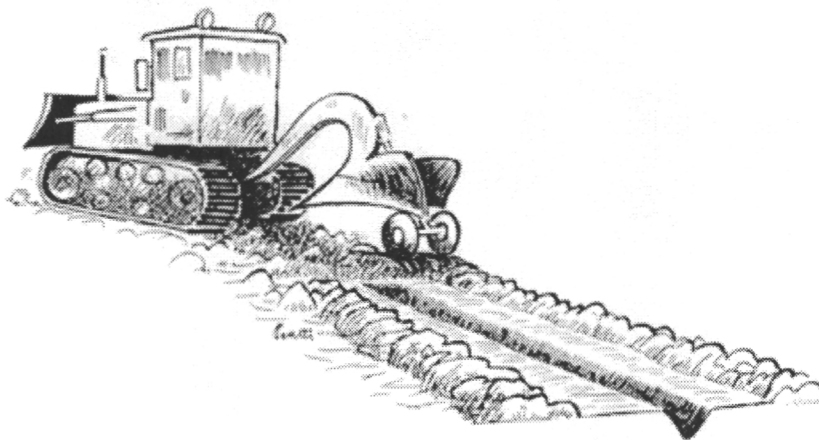
Kuva 1. Muokkaustapoja oli neljä. Tässä kuvassa esitetään vanha "perustapa", kuokkatyö. Istutuksessa laikku ja taimen istuttaminen tehtiin kourukuokalla (kuvassa). Kylvössä laikku tehtiin perinteisellä Billnäsin suokuokalla. Piirtänyt Pentti Puputti.

Laikutuksesta tuli uudistusalojen maanmuokkauksen yleisratkaisu 1950-luvun loppupuolelle ja 60-luvun alkupuoliskolle. Yksityismailla yleisin laikkuri oli suunnittelijansa mukaan nimetty Sinkkilän laikkuri (kuva 2), missä pariipiikit tekivät puolen metrin levyisiä laikkuja, joiden pituus vaihteli sen mukaan, miten tiukaksi hydraulipaineella toimiva laukaisin oli asetettu. Laukaisun jälkeen uusi piikkipari alkoi tehdä seuraavaa laikkua. Yleensä laikun pituus oli 0,5–1,5 metriä. Laikutuksesta jouduttiin pian toteamaan, että siitä ei ole apua alaville kosteille maille, vaa-rojen helmoille ja soistumille eli keskimäärin viljavuudeltaan parhaille maille. Niissä laikut olivat keväin syksyin ja runsaitten kesäsateitten jälkeen veden peittä-miä, ja taimet hukkuivat umpiveteen tai niiden juuret tukehtuivat vesimärässä maassa. Niille maille tarvittiin vettä pois johtava, vaottava muokkaus.

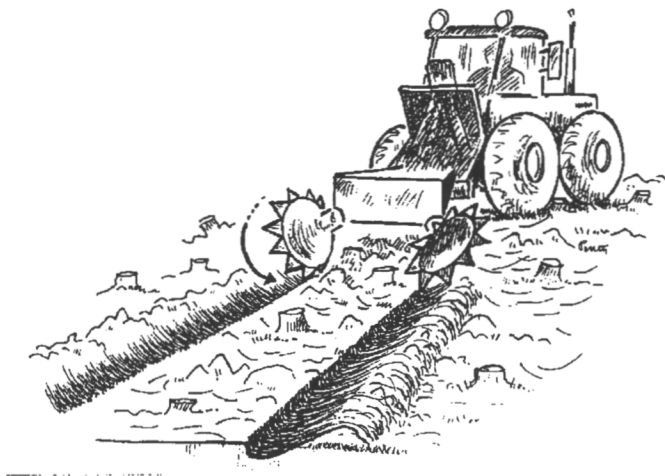


Kuva 2. Konelaikkuri malli Sinkkilä yleistyi 1950-luvun lopulta alkaen. Vetokonee-na on metsäpyörätraktori tai vähintään 70 hv:n maataloustraktori. Piikkipa-rin vastuksen noustessa ison kiven, kannon tai lujan juuren takia riittävän suureksi hydrauliläppä aukeaa ja seuraava piikkipari kääntyy työasentoon. Jarrun vastusta voidaan säätää. Laikun leveys on yli 50 cm ja pituus yleensä puolesta metristä 1,5–2 metriin. Helpossa maastossa laikun pituus voi olla "loputon". Laikkurivien väli on 180 cm. Piirtänyt Pentti Puputti.

Märkien maiden muokkaamiseen kehitettiin 1960-luvun alkupuolella metsäau-ra. Rovaniemeläinen Marttiinin konepaja, metsähallinnon Hirvaan varikko ja met-sähallinnon Perä-Pohjolan piirikuntakonttori suunnittelivat sen yhteistyönä (kuva 3). Myös Kajaani Oy ja Lokomo suunnittelivat omat auramallinsa. Ensimmäiset aurokset tehtiin vuonna 1964 Peräpohjolassa. Kaksi vuotta myöhemmin auras levisi Oulun läänin puolelle ja seuraavina vuosina myös Keski- ja Etelä-Suomeen. Metsäauraukseen verrattavaa vaotusta oli kevyellä metsäoja-auralla tehty näyt-teeksi Loimaalla jo vuonna 1951, runsaammin Hirvaalla ja vuodesta 1962 alkaen Kuusamossa, mutta vasta auran kehittäminen tarkoitukseen sopivaksi avasi mene-telmälle tien.



Kuva 3. Metsäaura KLM-170 tuli käyttöön vuonna 1964 Perä-Pohjolassa ja v. 1966 Oulun läänin puolella. Vetokoneeksi riitti helpossa maastossa 80 hv:n metsäpyörätraktori, mutta yleensä käytettiin telatraktoria. Siirtoja varten auran kumipyörät painettiin hydraulisylinterillä alas, jolloin aura sopi maantiekuljettukseen. Aura teki puoli metriä leveän ja 30 cm syvän vaon ja sen sivuille 50–60 cm leveän paljaan kivennäismaapientareen, "jätkepolun". Aurasta kehitettiin pian useita malleja, joiden muokkausjälki oli suurempaa ja palteet paremmin istutukseen sopivia. Piirtänyt Pentti Puputti.



Kuva 4. Maanviljelyksessä käytetystä lautasaurasta kehitetty TTS metsä-äes (TTS = Työtehoseura) tuli 1970-luvulta alkaen eniten käytetyksi metsämaan muokauskoneeksi. Se on kaksirivinen kuten Sinkkilän laikkuri. Vetokoneena on vähintään 80 hv:n metsäpyörätraktori. Lautasten oikean kulman ansiosta syntyy jatkuva noin 50 cm leveä matala vako. Lautasten läpimitta on yksi metri. Vakoväli on 180 cm. 1980-luvulla lisättiin lautasiin hydraulipainotus ja hydraulinen pakkopyöritys, ja siten muokkausjälki saatiin kannokossa ja tuoreellakin hakkuualalla tyydyttäväksi. Piirtänyt Pentti Puputti.

Metsäauration sai Pohjois-Suomessa suuren suosion. Alusta pitäen sen käyttöala laajeni märiltä mailta kuivillekin maille. Istutus sen muokkausjälkeen oli vaivatonta ja työn suunnittelu ja valvonta helppoa. Aurauksesta tuli muokkauksen valtamenetelmä. Etelässä menetelmä ei yleistynyt, koska uudistusalat siellä olivat pienempiä ja koneen kuljetus lavettiautolla alalta toiselle nosti kustannukset liian korkeiksi. Pohjoisessa valtion uudistusalat olivat laajoja ja kerralla muokattavat alat kymmeniä hehtaareja.

Etelä-Suomen yksityismaille tarvittiin kevyt ja helposti liikuteltava muokkaus-kone. Laikkureita kehitettiin, mutta niiden jälki oli kunnallisilla mailloilla huono. Työteho-seura kehitti 1960-luvun alkupuolella maataloudessa vanhastaan käytetyn lautasauran toimintaperiaatteen mukaisen muokkuskoneen, jolle tuli käyttönimeksi metsä-äes tai kehittäjänsä mukaan TTS-äes tai lyhyesti TTS (kuva 4). Se tuli markkinoille v. 1965. Koska vetokoneeksi riitti raskas maataloustraktori eikä koneen siirtämiseen tarvittu lavettiautoa, äestys levisi nopeasti muokkauksen päämenetelmäksi maan etelä- ja keskiosassa sekä luontaisesti että viljellen uudistettavilla mailloilla. Märille maille sen jälki ei ollut sopiva. Vaikka vako on matala – oikeastaan vain kunnatkerros poistetaan – oli vakojen maa alavilla paikoilla taimille liian märkää.

Etelä-Suomen märille maille kehitettiin ratkaisuksi kaivurimätästys. Aluksi sen nimi oli möykytys. Ensimmäisen kerran mätästystä tehtiin Saarijärvellä vuonna 1964. Myllykoski Oy:n piiriesimies Antti Seppänen teki ns. kuoppamätästystä omalla suolla osallistuessaan Keskusmetsäseura Tapion ja Kansallis-Osake-Pankin järjestämään suometsäkilpailuun. Mätästys jäi sillä kerralla yksittäiseksi työksi. Vasta kolme vuotta myöhemmin metsänhoitaja Väinö Ranta teetti Eurajoella urpasavisuon mätästyksen ennen männynistutusta. Sen jälkeen menetelmä tuli yleiseen käyttöön Porin metsänparannuspiirissä. Samalla nimi muuttui möykytyksestä mätästykseksi ja menetelmä kuoppamätästyksestä ojitusmätästykseksi. Se sopi korpijuotteihin, merkkiin kangaslaiteisiin ja tuoreisiin notkelmiin. Vaikka työtapaa oli tarvittavan kaluston yleisyyden takia – maataloustraktori ja kaivukauha – käytäntöön hyvin sopiva, menetelmä levisi hitaasti. Vielä vuonna 1985 oli metsälautakunta-alueita, joissa mätästystä ei juuri tunnettu. Vasta vuonna 1988 voidaan mätästyksen katsoa yleistyneen koko maahan märkien paikkojen maankunnostusmenetelmäksi.

Metsäntutkimuslaitoksen metsänuudistamisen tutkijat joutuivat keskelle suurta ongelmakimppua 1969–70, jolloin metsänuudistamisen tutkimus Pohjois-Suomessa pääsi alkuun maatalousministeriön myöntäessä silloisiin tarpeisiin nähden riittävän rahoituksen. Muokkaustapamahdollisuuksia ja taimilajeja oli useita, ja käytännön työt olivat jo monia vuosia olleet käynnissä ennennäkemättömän laajassa mitassa – kuitenkin ilman riittävää tutkimuksen luomaa perustietoa. Kysymyksiä oli paljon ja vastauksia tuskin yhtäkään. Vuosikymmen aikaisemmin maankunnostukseen oli ollut käytettävissä vain mies ja kuokka sekä laikutuskone. Metsäaura oli tutkijoille uutena tulokkaana jokseenkin outo. Metsä-äes teki vähitellen tuloaan, mutta sen käyttöraja oli vasta Keski-Suomessa. Mätästys oli pohjoisessa täysin tuntematon asia. Taimilajit olivat paremmin tuttuja, ja niiden kohdalla tuli

ongelmaksi tutkimuksen oikea rajoittaminen. Lisäksi metsäaurausalojen viljelyssä oli epätietoisuus siitä, pitääkö auraspalteen painua ja yleensäkin muokkausjäljen tekeytyä vuoden parin ajan ennen viljelyä. Tutkittavaa oli siis paljon. Kaikkea ei voinut kuitenkaan ottaa yhdellä kertaa tutkittavaksi.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkijaryhmä professori Risto Sarvaksen johdolla päätti rajoittaa työn metsäaurausalojen oikean viljelytavan ratkaisemiseen. Mikä on oikea viljelypaikka muokkausjäljessä, mikä on oikea puulaji, onko kylvöllä ja istutuksella eroa ja mikä on oikea taimilaji. Kaikki koealat perustettiin sekä kuivahkolle että tuoreelle ja soistuneelle tuoreelle kankaalle. Näin syntyi Metsänviljelyn runkotutkimus 1, jonka koealat perustettiin vuosina 1970–72 Pohjois-Suomeen ja 1973–75 Etelä-Suomeen. Nimi “runkotutkimus” johtuu siitä, että sen ohessa toteutettiin useita muita pienempiä töitä erilliskysymysten selvittämiseksi.

Runkotutkimus 1:n perustamisen jälkeen ja mittausten päästyä alkuun päätettiin uudesta mittavasta Pohjois-Suomen työstä. Siinä pyrittiin selvittämään useiden eri muokkausmenetelmien ja viljelytapojen vaikutus uudistamistulokseen sekä etsimään näiden menetelmien edullisimmat yhdistelmät. Syntyi tässä julkaisussa esiteltävä Metsänviljelyn runkotutkimus 2. Oulun läänin osalta tutkimuksesta on jo julkaistu kolme esiraporttia (Valtanen 1983, Tasanen 1988 ja 1990).

Tutkimuksen suunnittelu Oulun läänin alueella oli MML Jukka Valtasen tehtävä. Mti Markku Turtiainen suunnitteli maastokokeet. Mti Pentti Savilampi vastasi viljelytöistä ja varhaisimmista mittauksista. Mittaustyöt jatkuivat mtt Jukka Pohjolan johdolla. Laskentatehtäviä hoitivat mm. Luk Jouni Karhu, operaattori Pirjo Tuisku ja LuK Jussi Oksanen. Kuvat 1–4 ovat ylimetsänhoitaja Pentti Puputin ja kuva 28 Esa Jäälinojan piirtämiä. Tekstin viimeistelystä ja julkaisun taitosta ovat huolehtineet tutkimusavustaja Tuula Väärä ja MMK Marja Saarela. Kiitämme kaikkia tutkimuksen eri vaiheisiin osallistuneita sekä Suomen Akatemiaa ja Paimion metsäoppilaitosta, jotka edistivät tutkimusta tukemalla Mh Tapani Tasasen liseniaattitutkimuksen tekoa.

2 Aineisto ja tutkimusmenetelmä

2.1 Tutkimusongelma ja sen rajaus

Tutkittavaksi puulajiksi valittiin pelkästään mänty, koska se on tutkimusalueella metsänuudistamisen ehdoton pääpuulaji. Ensimmäiseksi tutkittavaksi asiaksi otettiin vuosikymmeniä vanha ja jatkuvasti toistettu kysymys, kylvö vai istutus. Kylvöstä otettiin mukaan kaksi tapaa, hajakylvö ja vakokylvö, jossa siemenet peitettiin ohuesti kivennäismaalla. Yleisintä kylvötapaa, kylvöä laikkuun siementä peittämättä, ei otettu tutkittavaksi, koska vakokylvön arvioitiin olevan riskittömämpi ja sen kuitenkin antavan myös laikkukylvöön tarvittavat vastaukset. Istutukseen otettiin vastaavasti kaksi taimilajia, vanhastaan tunnettuna koulittu paljasjuurinen ja uudehkona tulokkaana kennotaimi.

Muokkaustavat – toinen tutkittava asia – olivat kuokkalaikutus, konelaikutus, äestys ja auraus. Hajakylvössä ei kuokkalaikkuja tehty, vaan siemen levitettiin muokkaamattomalle maanpinnalle.

Kolmas tutkittava asia oli muokkauksen vanhenemisen vaikutus. Sitä selvitettiin muokkaamalla koealat jo syksyllä 1974, jolloin ns. muokkausikä oli yksi, kaksi tai kolme talvikautta. Etenkin metsäaurauksen tultua käyttöön 1960-luvun puolivälissä ja vielä 1970-luvun alkupuolella keskusteltiin usein viljelykohdan – piennar vai palle – valinnasta ja siitä, pitääkö palteen antaa painua ja tiivistyä parin kolmen vuoden ajan, jonka jälkeen se vasta olisi taimelle sopiva kasvupaikka eikä kuivumisen vaaraa olisi.

Kasvupaikan ominaisuuksien vaikutuksen selvittäminen oli neljäs kysymys. Sitä varten koekentät perustettiin VMT- ja EVT-kankaille, koska ne ovat tutkimusalueella vallitsevia. Soistuneille ja karuille maille työtä ei laajennettu, sillä niillä ongelmat ovat erilaiset ja mm. muokkaustapojen valintaan tulee siellä eri perusteita. Esimerkiksi laikutus ja äestys ovat märille maille kelpaamattomia muokkaustapoja. Työ olisi laajentunut ja sillä saatavien tulosten merkitys olisi ollut käytännön metsätaloutta ajatellen vähemmän hyödyllinen kuin keskittämällä työ valitulla tavalla vain vallitseville tyypeille.

Viides kysymys oli ilmasto. Sen merkityksen selvittämiseksi etsittiin eri puolilta Oulun lääniä neljä paikkakuntaa, missä lämpösumman erilaisuuden arvioitiin tulevan esiin tuloksissa. Koekenttiä perustettiin tutkimustulosten mukaan mälle suotuisalle ilmastoalueelle, vaikealle alueelle ja näiden raja-alueelle.

Tiivistettynä vertailtavat asiat olivat:

Viljelytapa

- hajakylvö
- vakokylvö
- istutus paljasjuurisilla taimilla (1M+1A)
- istutus Fh 408 -kennotaimilla (1Mk)

Maanmuokkaustapa

- kuokkalaikutus
- konelaikutus

- lautasauraus eli metsä-äestys (TTS-äes)
- metsäauraus piennarauralla

Muokkausjäljen vanheneminen

- yksi, kaksi tai kolme talvikautta

Kasvupaikan viljavuus

- VMT ja EVT

Lämpöilmasto

- Lämmin alue, rajavyöhyke ja kylmä alue

Metsänviljelyn runkotutkimus 2:n koealat perustettiin kolmena vuositona vuosina 1975–77. Tähän julkaisuun on koottu Kainuun ja Pohjanmaan alueille sijoitetun tutkimuksen tulokset viljelytaimikoiden kehityksestä 14–16 viljelyä seuraavan kasvukauden ajalta. Metsänviljelyn onnistumista on pyritty selvittämään lähinnä taimien elossaolosadanneksen kehitystä ja pituuskasvua seuraamalla. Myös pintakasvillisuuden kehitystä muokkausjäljissä on tarkasteltu; samoin taimissa esiintyneitä tuhoja ja taimien vikaisuutta.

Sekä metsäntutkijat että jotkut muutkin luontoa ja ympäristöä tarkkailevat ja etenkin luonnonsuojelusta kiinnostuneet ovat kiinnittäneet huomiota maanmuokkauksesta aiheutuviin ongelmiin, kuten esimerkiksi:

- muokatuilla viljelyaloilla esiintyviin taimien kasvuhäiriöihin
- muokkauksesta mahdollisesti aiheutuneisiin maan ravinnehäiriöihin
- maanmuokkausaloilla esiintyviin taimien kallistumisiin ym. puun laatua heikentäviin tekijöihin

Tässä työssä näitä ongelmia tarkastellaan osaksi myös muiden tutkimusten tulosten valossa.

2.2 Kokeiden sijainti ja perustaminen

Kokeet perustettiin metsähallinnon maille seuraaville paikkakunnille (kuva 5):

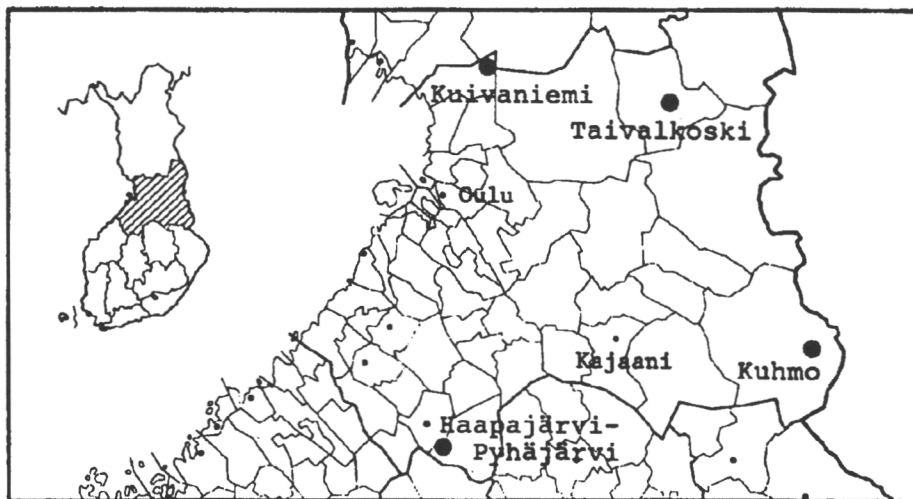
- Haapajärvi (VMT) ja Pyhäjärvi (EVT), Keski-Pohjan hoitoalue; näitä 12 km:n päässä toisistaan sijaitsevia koealoja nimitetään jäljempänä Haapajärven koealoiksi
- Kuhmon itäosa, Kuhmon hoitoalue
- Kuivaniemen koillisosa, Iin hoitoalue
- Taivalkosken eteläosa, Taivalkosken hoitoalue

Eteläisin leveysaste – Haapajärven EVT-koekenttä – oli 63°35' ja pohjoisin – Kuivaniemen EVT-koekenttä – 65°32'.

Kullekin paikkakunnalle perustettiin viljelykoe, johon kuului kaksi koekenttää, yksi VMT-kankaalle ja toinen EVT-kankaalle. Koekentän peruskoko oli 4,8 hehtaaria. Se jaettiin kaistoittain neljäksi muokkauskaistaksi á 1,2 ha, joille kullekin tuli oma muokkauksensa, kuokkalaikutus, konelaikutus, äestys tai auras (kuva 6). Muokkauskaista koostui neljästä eri tavoin viljellystä koealasta. Niiden koko oli 50 m x 60 m = 0,3 ha. Koealat jaettiin kolmeksi kymmenen aarin suuruisiksi koeruuduksi. Ne olivat vuositajoista 1975–77. Koeruutujen kokonaismäärä tutki-

muksessa oli 384. Tämän mukaan koekenttien yhteispinta-ala oli 38,4 ha. Koska Haapajärvellä, Kuhmossa ja Taivalkoskella kuviot olivat laajoja, laajennettiin siellä myös koeruutuja jonkin verran. Kokeiden kokonaispinta-ala kasvoi siten 42,6 hehtaariksi.

Viljelytavat olivat hajakylvö, vakokylvö, kennotaimi-istutus ja paljasjuuritaimien istutus. Istutus- ja kylvökohtia normaalissa koeruudussa oli 250 kpl eli viljelytiheys oli 2500 kpl/ha. Kaikkiaan viljeltiin 26 625 kylvövakoa ja saman verran kumpaakin taimilajia. Hajakylvöä tehtiin 10,65 ha.

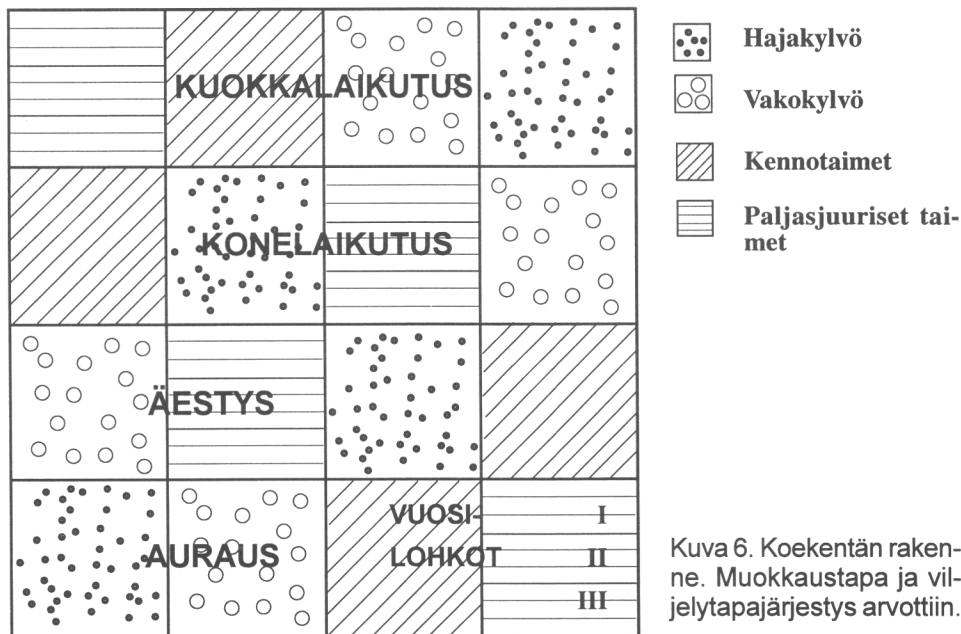


Kuva 5. Koekenttien sijaintipaikkakunnat.

Samanlaisen muokkausjäljen aikaansaamiseksi muokattiin neljä peräkkäistä koealaa ja kaikki kolme koeruutua eli vuositoistoa yhdellä kertaa. Työ tehtiin heinä-lokakuussa 1974. Siten muokkausjäljen ikä oli vuositoistoissa yksi, kaksi tai kolme talvikautta. Poikkeuksena oli Kuivaniemen koealojen äestys, joka tehtiin vasta toukokuussa 1975 eli ensimmäisen viljelyn kynnyksellä. Metsäaura oli ns. iso piennaraura KLM 240 ja äes mekaaninen malli TTS-35 ilman muokkauslautsiin kytkettyä hydrauliiikkaa. Laikkuri oli Sinkkilän kaksoislaikkuri. Koealojen eli viljelytapojen järjestys arvottiin (split-plot design, Snedecor & Cochran 1980). Hajakylvöt tehtiin yleensä lumen aikana. Vakokylvö ja istutukset tehtiin toukokuussa. Varhaisin viljelypäivä oli 16.5.(1977) Haapajärvellä ja myöhäisin 9.6.(1977) Taivalkoskella.

Kun maanmuokkauksen ja eri vuositoistojen viljelyn välinen aika vaihteli 1–3 vuoteen, oli muokkausjälkeen ilmestynyt pintakasvillisuus viljelyhetkellä erilainen eri vuositoistoissa. Erityisesti kylvön vuositoistot eivät sen takia ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Tutkimuksen tuloksia käsittelevässä luvussa arvioidaan muokkauksen ja viljelyn välisen viiveen merkitystä taimikoiden kehitykselle. Kuokkalaikutus tehtiin kunakin vuonna viljelyn yhteydessä, joten sen kohdalla kaikki kolme vuositoistoa ovat muokkausiältään keskenään samanarvoiset.

Hajakylvöt tehtiin useimmilla koeruuduilla hangen päälle huhti-toukokuussa. Joskus ja paikoin lunta oli 50–60 cm, joskus oli jo päiviä. Paksuin lumikerros, 70 cm paikoin upottavaa lunta, oli Taivalkoskella 26.4.1976. Aurinkoisella ja lämpimällä säällä siemen upposi lumeen nopeasti. Joillakin koeruuduilla hajakylvö päästiin tekemään vasta välittömästi lumen sulamisen jälkeen märkään maahan. Aurausaloilla kylvettiin lumenkin aikana auran paljastaman kivennäismaan alueelle eli palteisiin, pientareelle ja vakoon, palteet nimittäin näkyivät paksunkin lumipeitteen alta. Tämä oli ns. suunnattua hajakylvöä. Muissa koeruuduissa hajakylvö tehtiin koko ruudun alueelle, paitsi keväällä 1975, jolloin kylvettiin heti lumen suluttua laikkuihin ja äestysjälkeen. Tällöin muokkausjälkeen osui enemmän siementä kuin muina vuosina. Hajakylvöt tehtiin kullekin neljälle koeruudulle eli kaikille muokkauksialueille erikseen siemenen tasaisen käytön varmistamiseksi. Kerralla kylvettiin siis 0,1 ha:n ala. Siementä käytettiin itävyydestä riippuen 1,5–1,6 kg/ha. Kylvöä varten tehtiin seos, jossa sankoon pantiin 150–160 g siementä, 2,5 litraa sahanpurua ja 2,5 litraa hiekkaa. Sen levitys tasaisesti opeteltiin. – Vakoruutukylvössä käytettiin vakorautaa, jolla tehtiin muokkausjälkeen ja kuokkalaikkuun kylvövako. Siihen kylvettiin itävyydestä riippuen noin 30 siementä eli itäviä siementä 25 kpl. Hehtaarille siemenmenekki oli noin 350 g. Paljasjuuriset taimet istutettiin kourukuokalla ja kennotaimet istutusputkella. Aurausruuduilla taimet istutettiin palteeseen. Palteen huonouden takia osa taimista istutettiin pientareeseen.



Kuva 6. Koekentän rakenne. Muokkaustapa ja viljelytapajärjestys arvottiin.

Vesakontorjuntaa tehtiin koealoilla 3–4 kertaa vuosina 1977–86. Pyrkimyksenä oli, ettei vesakko millään koealalla mainittavasti häiritsisi männyntaimien kehitystä ja heikentäisi koeviljelysten vertailukelpoisuutta. Käytännön metsänhoitoon verrattuna vesakontorjunta oli tavanomaista tehokkaampaa. Kahdella ensimmäisellä kerralla kannot siveltiin vesurityön jälkeen vesakontorjunta-aineella, joko 20-prosenttisella MCPA:lla, 25-prosenttisella Tordon 101:llä tai 10-prosenttisella Roundupilla. Joskus liuokseen lisättiin pintajännityksen poistavaa Solu-nimistä nestettä. Kuivaniemen VMT-koekentällä oli hoitoalueen työn yhteydessä lentoruiskutus 12.8.1979 alkuillasta. Hehtaarille levitettiin 1,5 litraa Roundupia ja 80 litraa vettä. Viskoosiaineena oli Nalcotrol II, jota pantiin 0,4 litraa 6000 litraan vettä. Lentoruiskutus oli männyn kasvainten kannalta vähän liian aikainen, sillä jonkin verran kasvaimia käyristyi. Varsinaista tuhoa ei tullut. Lehtipuuaines tuhoutui paitsi yhdeltä kiilamaiselta kaistalta, johon torjunta-ainetta ei tullut. Työ ei siis ollut aivan tarkkaa.

2.3 Viljelymateriaali

Tutkimuksessa käytetyn viljelymateriaalin alkuperä oli koealapitäjistä tai läheltä naapuripitäjistä. Kylvösiemenen itävyys oli 80–85 %. Istutustaimet kasvatettiin metsähallinnon Nuojuan taimitarhalla. Kennotaimia ei taimitarhassa harvennettu, vaan kennossa saattoi olla 2–3 tainta.

Keväällä 1977 kennotaimissa oli orastava sairaus, mutta sitä ei vielä istutuksen aikaan voitu havaita. Kun syksyllä tarkastettiin kevään viljelyitä, todettiin kennotaimien olevan yleisesti sairaita tai jo kuolleita. Syynä oli “sateenvarjotauti” eli versosurma, silloiselta nimeltään männynversosyöpä (*Gremmeniella abietina*). Keväällä 1977 se oli Suomen taimitarhoilla ensimmäistä kertaa yleinen taimi-infektio, eikä sitä osattu varoa. Sitä ei oikeastaan tunnettu. Jos taimitarhalla olisi otettu taimia lämpöhuonekasvatukseen 2–3 viikkoa ennen istutustöiden alkua, olisi tauti ehditty todeta ja sairaat erät olisi voitu hävittää. Jäljempänä tuloksia esitellessä nähdään, että kevään 1977 kennotaimiviljelyjen elossaolosadannes on noin 20 prosenttiyksikköä alempi kuin edellisten vuosien istutuserien. Paljasjuuritaimissa tautia ei ollut.

2.4 Mittaukset ja laskenta

Välittömästi viljelytöiden jälkeen kunkin koeruudun keskipisteeseen asetettiin muovipaalu ja merkittiin 50 sitä lähinnä olevaa kylvölaikkua ja tainta muovituikuilla hajakylvöruutuja lukuunottamatta. Kaikki inventoinnit ja mittaukset kohdistettiin näihin merkittyihin taimiin. Hajakylvöruuduissa inventointi ja mittaus tehtiin rajaamalla 25 x 50 cm:n suuruisella kehikolla tasaisesti kunkin koeruudun alueelle 20 pysyvää näytepaikkaa, jotka merkittiin muovituikuilla. Menetelmää jouduttiin muuttamaan viimeisessä inventoinnissa v. 1990. Se olisi ollut käyttökelpoinen tapa, jos taimikko olisi syntynyt tiheänä, mutta taimettumisen epäonnistumisen takia sillä ei saatu riittävää näytettä. Siksi hajakylvöt inventoitiin vuonna 1990 kullakin osaruudulla eli vuositoistolla laskemalla taimet kolmesta 50 m²:n

koeympyrästä. Näin näyte saatiin riittäväksi. Tässä inventoinnissa hajakylvötaimet luokiteltiin kasvatettaviksi ja ylimääräisiksi eli ei-kasvatettaviksi taimiksi. Jälkimmäisetkin olivat yleensä sinänsä kasvatuskelpoisia, mutta pääasiassa ryhmittäisen ylitheyden eli kasvutilan puutteen takia ne eivät mahtuneet kasvatettavien luokkaan.

Taimikoiden elossaolosadanneksen kehitystä ja taimien pituuskasvua seurattiin kolmen vuoden välein tapahtuvilla mittauksilla ja inventoinneilla vuosina 1978, 1981, 1984, 1987 ja 1990. Mittaukset ja inventoinnit tehtiin loppukesällä ja syksyllä pituuskasvun päätyttyä. Vuonna 1986 tehtiin erillinen kasvillisuuskartoitus arvioimalla pensas-, kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuuden peittävyys sekä kasvilajien runsaussuhteet. Samalla määritettiin taimien kuntoluokka, taimissa esiintyvät tuhonaiheuttajat ja kuolleista taimista kuolinsyy, mikäli se oli mahdollista.

Loppuinventoinnissa vuonna 1990 mitattiin merkityistä taimista kahden viimeisen vuoden latvakasvainten pituudet sekä määritettiin tuhonaiheuttajat, tuhoaste, viat ja tekninen laatu. Teknisen laadun kehityksen arvioimiseksi mitattiin paksuimman elävän oksan paksuus ja rungon lenkous tyvipisteen ja (arvioitun) kolmen metrin korkeuden väliltä. Vikaisuus ja rungon laatu – haaraisuus, poikaoкса, runkomutka, koro, halkeama, kallistuma ja katkeama – arvioitiin silmävaraisesti. Loppuinventoinnissa tiedot tallennettiin maastotallentimeen. Aikaisemmin käytettiin paperilomakkeita.

Aineiston laskenta tehtiin pääasiassa BMDP-ohjelmaa käyttäen. Numerolliset tulokset on jäljempänä pyöristetty täysille prosenteille ja desimetreille. Taimimäärät ilmoitetaan hehtaaria kohden laskettuina ja kymmeniin tai satoihin pyöristettyinä. Vakokylvön ja istutusten elossaolosadannes laskettiin viljelyn yhteydessä kullakin koeruudulla merkityistä 50 taimesta. Hajakylvön elossaolosadannes laskettiin siten, että kasvatettaviksi hyväksytyjen taimien enin määrä oli 4000 kpl/ha. Tämä oli sadan prosentin tulos. Perusteena oli hajakylvöruutujen taimettumisen epätasaisuus ja liian suurien aukkojen yleensä suuri osuus. Muut viljelyt oli tehty tiheyteen 2500 kpl/ha. Kasvatettavan metsän tasaisuutta ajatellen hajakylvötaimikoitten suurempi tiheysvaatimus on perusteltu. Kaikki tilastolliset testit tehtiin vuoden 1987 inventointituloksista. Hajakylvö jätettiin testeistä pois inventointitavan erilaisuuden takia.

3 Koekenttien kuvaus

Taivalkosken koekentät ovat pohjoisboreaalisen havumetsävyöhykkeen etelälaidalla ja Haapajärven, Kuhmon ja Kuivaniemen koekentät keskiborealisella vyöhykkeellä, viimeksimainittu tosin aivan sen pohjoisrajan tuntumassa (Suomen kartasto 1988, vihko 141). Metsämaat ovat tässä osassa Suomea valtaosaltaan kuivahkoja ja tuoreita kankaita. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnan alueella kasvullisen metsämaan kivennäismaa-alasta 81 % kuuluu mustikka- ja puolukkatyypin ryhmään. Kainuussa luku on 90 % (Ilvessalo 1957).

Koekenttien paikat etsittiin normaaleilta moreenimailta, joiden vanhat metsät oli hakkuukypsinä ja yli-ikäisyyden takia vajaatuottoisina hakattu. Hakkuu oli tehty muokkaussyksyä edeltäneenä talvikautena paitsi Kuhmossa EVT-koekentällä yksi vuosi aikaisemmin. Pintakasvillisuuden muuttuminen kuivemmalle kasvupaikalle tunnusomaiseksi oli siellä jo alullaan. Metsätyypin oikea määrittäminen maaperän silmä- ja käsivaraisen tutkimisen, reunametsän metsätyypin ja koealan topografisten piirteitten avulla. Näitä tunnuksia tarvittiin harvoin.

Tuore kangas on Pohjanmaan – Kainuun metsäkasvillisuusvyöhykkeessä yleensä puolukkamustikkatyyppiä, VMT. Kuivahko kangas on variksenmarjapuolukkatyyppejä, EVT. Usein EVT on sillä tavoin soistunut, että nimitys kuivahko kangas on harhaanjohtava. Vaikka kosteat maat ovat yleensä kuivia maita viljavampia, ei EVT silti soistuessaan muutu viljavuudeltaan VMT:n arvoiseksi kasvupaikaksi. Vasta riittävän pitkälle jatkuva soistuminen ja sen jälkeinen ojitus ja sitä seuraava ravinteiden mobilisoituminen voivat nostaa viljavuutta, senkin vain tilapäisesti, ehkä muutamaksi vuosikymmeneksi. - VMT:llä samanasteinen soistuminen ei muuta kasvupaikan ominaisuuksia yhtä paljon kuin kuivahkon kankaan soistuminen.

Taulukko 1. Yleistietoja koekentistä.

Paikkakunta	Metsä- tyyppi	Pinta-ala ha	Korkeus m mpy.	Lämpösumma dd	Entisen metsän puulajit
Haapajärvi	VMT	5,4	140	990	kuusi, koivu
	EVT	4,8	160	975	kuusi, koivu, mänty
Kuhmo	VMT	6,4	240	890	kuusi, mänty, koivu
	EVT	5,5	240	890	mänty, kuusi, koivu
Kuivaniemi	VMT	4,8	90	970	kuusi, koivu
	EVT	4,8	130	940	kuusi, mänty, koivu
Taivalkoski	VMT	5,1	240	855	kuusi, mänty, koivu
	EVT	5,8	260	850	mänty, kuusi, koivu

Tätä tutkimusta suunniteltaessa käytettiin valittavista koekentistä kasvupaik-
katyyppinimiä, siis tuoretta ja kuivahkoa kasvupaikkaa. Suunnittelun edetessä ja
koepaikkoja määritettäessä päädyttiin käyttämään metsätyypinimiä VMT ja EVT.

Ne kuvaavat paikan ravinteisuutta paremmin kuin tuore ja kuivahko kangas. Pohjanmaalla ja Koillismaalla kuivahkojen kankaiden eriasteinen soistuminen on ollut yleistä viljavuuden silti paljon paranematta. Esimerkiksi soistunut (märkä) kuivahko kangas ei ole käyttökelpoinen nimitys. Siksi tässä tutkimuksessa käytetään koekenttiä kuvattaessa metsätyyppinimiä VMT ja EVT.

4 Alueen luonnonolot

4.1 Ilmasto

Sarvaksen (1965) mukaan mänty on sopeutunut lämpösumman alenemiseen eteläiseltä levinneisyysrajaltaan Välimeren maista suunnilleen 950 dd:n linjalle eli Suomessa linjalle Karunki–Tervola–Pudasjärvi–Puolanka–Kuhmon pohjoisosaa. Tämän ns. Pudasjärven linjan pohjoispuolella mänty tuottaa runsaan ja hyvälaatuaisen siemensadon vain normaalia lämpimämpinä kesinä. Myös viljellen uudistettaessa on todettu tuloksen huononevan lämpösumman pienentyessä. Tutkimuksen paikkakunnista Haapajärvi on mainitun karttalinjan eteläpuolella ja Taivalkoski linjan pohjoispuolella. Kuhmon ja Kuivaniemen koekentät sijaitsevat jokseenkin tarkoin tällä linjalla. Koillis-lounaissuunnassa Taivalkosken ja Haapajärven koekenttien väli oli 250 km ja luoteis-kaakkoissuunnassa Kuivaniemen ja Kuhmon koekenttien väli samoin 250 km. Männyn uudistamisen kannalta näinkin lyhyet välimatkat ovat merkitseviä. Ilmastollisesti suotuisimmilla koekentillä – Haapajärvellä – lämpösumma on lähes 1000 dd (taulukko 1), mutta Taivalkoskella vain 850 dd. Edellinen on männylle turvallinen ja riittävä. Taivalkosken koekentillä epäonnistumisen riski on suuri.

Koealapaikkojen lämpösummaan vaikuttaa pohjoisuuden lisäksi mm. paikan topografinen korkeus. Korkealla sijaitsevan paikan lämpösumma voi jäädä alle 950 dd:n melko kaukanakin Pudasjärven linjan eteläpuolella. Tässä tutkimuksessa topografisesti alin koekenttä oli Kuivaniemen VMT-koekenttä (90 m) ja korkein jokseenkin samalla leveysasteella oleva Taivalkosken EVT-koekenttä (260 m). Niiden korkeusero 170 m vaikuttaa lämpösummaan 120 dd:n eron. Se on kriittisissä oloissa ilmeisesti ratkaiseva männyn uudistumiselle. Kuhmon koekentät ovat 170 km etelämpänä kuin Kuivaniemen koekentät, mutta 110–150 m suuremman korkeuden takia Kuhmossa lämpösumma on 50–80 dd alempi.

Kokonaisuutena tutkimusalue on männyn sopeutumista ajatellen kriittistä aluetta ja siten tutkimukselle otollista. Maantieteellisesti suppeillakin Pohjois- ja Itä-Suomen alueilla, joiden ulottuvuus on esimerkiksi 100–200 km, topografinen korkeusero voi vaikuttaa lämpösummaan enemmän kuin etäisyys vaakatasossa. Niinpä esimerkiksi Pudasjärvellä Oulun läänin pohjoisosassa metsänuudistusalat voivat olla lähietäisyydelläkin uudistamisen onnistumismahdollisuuksia ajatellen ratkaisevasti eriarvoiset. Uudistusala voi olla laaksossa 200 metrin korkeudessa tai vaaralla 350 metrin korkeudessa. Lämpösummaero on 110–120 dd. Pohjois-eteläsuunnassa samalla topografisella korkeudella pitää siirtyä noin 150 km, ennenkuin lämpösumma muuttuu yhtä paljon. Niinpä Kainuussa ja Koillismaalla männyn uudistamista suunniteltaessa paikan lämpösumman laskenta etukäteen on tarpeellista, jotta valinta luontaisen uudistamisen, kylvön ja istutuksen välillä on perusteiltaan oikea. Vaarojen ylävillä osilla ratkaisuna voi olla myös uudistushakuusta ja kalliista uudistamistoimenpiteestä luopuminen.

Seuraavat lämpö- ja sadeoloja kuvaavat luvut on otettu Suomen Kartaston (1987) vihkosta 131. Vuoden keskilämpötila tutkimusalueella on 2,5–0,5 (Haapajärvi–

Taivalkoski). Talven kylmin aika on tammikuun lopulla; tammikuun keskilämpötila on -9 - -12 . Lämpimintä on heinäkuun puolenvälin jälkeen; kuukauden keskilämpötila on 15 – $16,5$. Lämpötilan keskimääräinen vuosiminimi on -32 - -38 ja vuosimaksimi 28 . Terminen talvi (vuorokauden keskilämpötila alle 0) alkaa 5 .– 10 . lokakuuta ja päättyy 13 .– 20 . toukokuuta. Termisen talven pituus on siten 210 – 225 päivää. Termisen kesän (lämpötila yli 10) rajakohdat ovat keväällä 30.5 .– 5.6 . ja syksyllä 3.9 .– 10.9 . eli termisen kesän pituus on 90 – 100 päivää. Termisen kasvukauden pituus eli sen jakson pituus, jolloin vuorokauden keskilämpötila on yli 5 astetta, on 134 – 152 päivää.

Perämeren rannikkoseudun vähäsateinen vyöhyke ulottuu Haapajärvelle asti. Siellä vuoden sademäärä on 560 mm. Muilla koepaikkakunnilla sataa noin 650 mm. Pysyvä lumipeite tulee 25.10 .– 7.11 . Aukeilta se häviää 25.4 .– 15.5 . Lumipeiteaika on siten 160 – 190 päivää. Metsissä lumipeite pysyy 5 – 10 päivää pitempään. Lumensyvyys maaliskuun puolivälissä on 50 – 70 cm.



Kuva 7. Hakkuussa pystyyn jäänyt alamittainen koivu on ennen muokkausta tehdyssä uudistusalan raivauksessa kaadettu maahan. Kolme vuotta sitten kuokkalaikkuun istutetut paljasjuuritaimet ovat pääosaksi kuolleet. Etualalla näkyy myyrien juuri päättyneenä talvikautena kuorimia haavan vesoja. Alueelle tuli lentoruiskutus runsaan vuoden kuluttua. Kuivaniemi, VMT, 2.6.1978. Jukka Valtanen.

Vuoden kesäpuoliskon lämpöilmastoa kuvaavat luvut – aikaisemmin mainittujen lämpösummalukujen ohessa – osoittavat, että Taivalkoskella metsän uudistamisen ja kasvun edellytykset ovat selvästi huonommat kuin Haapajärvellä. Kuh-

mon ja Kuivaniemen koekentät asettuvat keskenään tasavartaisina niiden välille. Talvella lumipeite suojaa pieniä taimia eikä pakkasen erilaisuudella ole samaa merkitystä kuin kesäajan lämpötilaeroilla.

Edellä mainitut lumensyvyysluvut eivät välttämättä ole oikeat Kuhmon ja Taivalkosken koealoilla. Ilmatieteen laitoksen mittausasemat ovat yleensä kirkonkylissä, jotka ovat koealaseutuja topografisesti alempana. Niissä lunta on yleensä vähemmän kuin vaaraseuduilla. Esimerkiksi Puolangalla Metsäntutkimuslaitoksen Paljakan tutkimusalueen kautta kulkee kartalla 70 cm:n lumensyvyyskäyrä (Suomen Kartasto 1986, vihko 131). Kuitenkin siellä on vaaran kupeella 320 metrin korkeudessa mitattu 20 vuoden lumensyvyyskeskiarvoksi 135 cm. Runsaslumisina talvina on lunta ollut jopa 170 cm huhtikuun loppupuolelle asti (Valtanen 1988), vaaran lakiosalla enemmänkin.

Myös ilmaston humidisuus vaikuttaa metsänuudistamisratkaisuihin. Mitä viileämpi kesäilmasto on, sitä niukempaa on haihtuminen. Humidisuus lisääntyy lounaasta koilliseen. Siksi Koillismaalla – mm. Taivalkoskella – soistuminen on voimakasta. Vielä enemmän koillisessa sijaitseva Kuusamo on usein mainittu esimerkkinä rinnesoiden esiintymisestä. Niitä on vielä 100–150 km etelämpänä ja lännempänä, mutta ei juurikaan enää Sotkamosta etelään, vaikka maaston topografia olisi samanlainen kuin Kuusamossa. Varsinaisella Pohjanmaalla ei vaaroja ole, mutta missä on Kuusamon vaaroihin verrattuna pieniä mäkiä, ei niiden kupeilla tapaa rinnesoistumia. Humidisuus on alempi. Tässä suhteessa Haapajärven koealat olivat muita selvästi vähemmän humidisella seudulla ja Taivalkosken koealat korkeimman humidisuuden alueella.

Oman rajoituksensa metsänviljelyyn ja sen toteuttamisaikatauluun sekä taimien mahdollisuuksiin käyttää hyväkseen kevään ja alkukesän päivien pitkää valoisaa aikaa asettaa mm. lumen hidas sulaminen korkeilla mailla ja etenkin vaarojen pohjoisrinteillä. Männyntalvihomeella on pitkälle kevääseen suotuisat olot levitä taimikossa. Sen takia männyn viljelyt yleensä epäonnistuvat näillä lumenviipymäalueilla. Vaikka routaa on yleensä varhaisen lumentulon takia vähän, pysyy maa kuitenkin kylmänä pitkälle kesään hidastaen juurten kehitystä. Alavampiin ja eteläisempiin seutuihin verraten elossasäilymisen ja kasvun edellytykset ovat heikot.

4.2 Maaperä

Maaperästä tutkittiin kivisyys, humuksen paksuus ja raekokojakauma sekä joitakin ravinteita vuonna 1978 eli neljä vuotta – Kuhmon EVT-koekentällä viisi vuotta – hakkuun jälkeen. Kivisyys ja humuksen paksuus mitattiin kultakin koealalta viidestä lävistäjän haaran pisteestä eli 20 kohdasta. Muokkauksalta tuli siten 80 havaintoa ja koekentältä 320. Kaikkiaan kivisyys- ja humushavaintoja tuli 2560.

Humuksen paksuus mitattiin painamalla sammal tiukkaan eli painamattoman sammalen elävän ja kuolleen osan rajan tasalle ja mittaamalla siitä etäisyys humuksen ja kivennäismaan rajaan. Kivisyys mitattiin siitä alaspäin 10 mm:n paksuisella pyöreällä teräspuikolla. Suurimmaksi painumaksi hyväksyttiin Viron

(1952) menetelmän mukaisesti 30 cm. Taivalkoskella ja Kuhmossa rassi painui joskus 50–60 cm.

Taulukko 2. Koekenttien maan kivisyysindeksi eli puikon painuma ja humuksen paksuus. Luvut senttimetrejä.

Paikkakunta	Metsätyyppi	Kivisyysindeksi	Humuksen paksuus
Haapajärvi	VMT	3	3
	EVT	7	3
Kuhmo	VMT	13	5
	EVT	11	2
Kuivaniemi	VMT	3	3
	EVT	3	7
Taivalkoski	VMT	21	3
	EVT	22	2
Keskiarvo	VMT	10	4
	EVT	11	3



Kuva 8. Neljän talvikauden ikäinen konelaitusala Kuivaniemen VMT-koekentällä. Hajakylvö kaksi vuotta sitten. Humuksen paksuus laikutuskoealalla oli 2 (0–4) cm ja kivrassin painuma 4 (0–12) cm. 2.6.1978 Jukka Valtanen.

Maa luokitellaan erittäin kiviseksi, jos rassin painuma on 0–12 cm (Viro 1952). Jos painuma on 12,1–21 cm, maa on kivistä ja painumalla 21,1–30 cm vähäkivistä. Tämän luokituksen mukaan maaperä oli Taivalkoskella vähäkivistä, Haapajärvellä ja Kuivaniemellä erittäin kivistä ja Kuhmossa erittäin kivisen ja kivisen ra-

jalla (taulukko 2). Haapajärvellä kivet olivat keskimäärin isompia kuin Kuivaniemellä, jopa louhikkoa. Metsätyyppien, muokkauskaistojen ja viljelykoealojen välillä ei ollut eroa.

Humuksen mittaaminen 4–5 vuotta avohakkuun jälkeen ei anna oikeata kuvaa metsän humuksesta. Se ehtii tänä aikana jo ohentua. Niinpä koekenttien humuskerrokset olivat keskimäärin vain 3–4 sentin paksuisia siitä huolimatta, että metsät ennen hakkuuta olivat olleet kuusivaltaisia sekametsiä. Vain Kuhmon ja Taivalkosken EVT-koekentillä mänty oli ollut pääpuulaji, ja se näkyy siten, että juuri näillä koekentillä humus oli ohuin (2 cm). Kuivaniemen EVT-koekentällä humus oli selvästi paksuinta, keskimäärin seitsemän senttiä. Siellä alavan sijainnin takia oli soistumisen merkinä yleisesti karhunsammalta ja jonkin verran rahkasammalta. Enimmillään humusta oli siellä 10–15 cm. – Metsätyyppien välinen ero oli pieni. VMT:llä humusta oli 3,5 cm ja EVT:llä 3,3 cm. Aurasaloilla keskiarvo oli 4,6 cm ja muilla 2,7–3,3 cm. Eri tavoin viljeltyjen koealojen välillä eroa ei ollut.

Koekentän maalaji ja raesuuruusjakaantuma selvitettiin kunkin koealan keskeltä otetuista noin litran suuruisista maanäytteistä. Näyte otettiin humuksen poistamisen jälkeen puhtaan kivennäismaan pintaosasta muokkauskaistojen välistä häiriintymättömästä maasta. Tavoitteena oli tasapaksu 10 cm korkea lieriömäinen maamassa. Yli kaksisentiset kivet eroteltiin heti pois. Yksi maanäyte koostui neljästä erillisestä yhden neliömetrin alalta otetusta yhden litran osanäytteestä. Nämä neljä osanäytettä sekoitettiin ja seoksesta otettiin lopulliseksi näytteeksi yhden litran maa-annos. Kultakin muokkauskaistalta kerättiin samalla tavalla neljä analysoitavaa näytettä. Koekentältä näytteitä tuli 16 ja koko aineistoksi 128 maanäytettä. 16 näytteen arvioitiin riittävän, sillä koekentät oli valittu silmävaraisesti topografialtaan ja maaperältään homogeenisilta paikoilta. Rakeisuusanalyysi tehtiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa.

Koekenttien maa oli hiekkamoreenia (taulukko 3). Taivalkoskella hiedan osuus oli yli 30 %. Hienoainesosuus (alle 0,06 mm) oli enimmilläänkin alle 20 %, eli rousteesta ei liene ollut haittaa ainakaan yleisesti (Repo & Valtanen 1994, s 39). Sekä Haapajärvellä että Kuivaniemellä osalla aloja oli soraa yli 30 %. Maaston alavuuden takia viljavuus oli kuitenkin hyvä. Hienoainesosuudet olivat siellä alemmat kuin Kuhmossa ja Taivalkoskella. Kuitenkin viimeksimainituissa pitäjissä koekentät olivat kuivempaa maata kuin Haapajärvellä ja Kuivaniemellä. Näissä koekentät olivat ympäristöönsä verrattuna alavia ja pohjavesi oli lähempänä maanpintaa kuin Kuhmossa ja Taivalkoskella. Haapajärven seudulla maaperät ovat hyvin yleisesti tuoreita ja märkiä (Valtanen 1994), ja se näkyi tässäkin tutkimuksessa mm. voimakkaana vesottumisena. Osalla Kuivaniemen EVT-koealaa maa oli kosteata, ja pintakasvillisuudessa oli soistumisen piirteitä. Viljelyn jälkeen karhunsammal kasvoi paikoin rehevästi ja tukahdutti pieniä taimia.

Taulukko 3. Koekenttien maalaji.

Paikkakunta	Metsätyyppi	Näytteitä	Maalaji	Siltti-%
Haapajarvi	VMT	3	HkMr	12 - 15
	VMT	1	srHkMr	11
	EVT	4	srHkMr	7 - 11
Kuhmo	VMT	4	HkMr	14 - 17
	EVT	4	HkMr	12 - 13
Kuivaniemi	VMT	2	HkMr	7 - 10
	VMT	2	srHkMr	7 - 8
	EVT	4	HkMr	7 - 12
Taivalkoski	VMT	4	htHkMr	16 - 17
	EVT	4	htHkMr	13 - 17

Ravinnemääritykset tehtiin raesuuruusmäärittystä varten otetuista maanäytteistä. Muokkauksesta oli aikaa neljä vuotta. Näytteitä oli 16 kpl jokaiselta koekentältä ja yhteensä 128. Niistä tutkittiin tyyppi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium ja rauta. Tulokset ovat vaihtelevia. Keskiarvoissa VMT osoittautui yleensä ravinne-rikkaammaksi kuin EVT, mutta pitäjittäin vaihtelua oli molempiin suuntiin.

Typpeä oli näytteiden maassa 0,05–0,20 %. Aineiston keskiarvo oli 0,09 % (kuva 10). Alimmillaan määrä oli Kuhmon EVT-koekentällä. Korkein havainto 0,20 % oli Haapajarven VMT:n muokkaamattomalta koealalta. Muilla sen koekentän koealoilla typpeä oli 0,11–0,12 %. Kuhmossa VMT:llä oli typpeä kaikilla koealoilla enemmän kuin EVT:llä, mutta muissa pitäjissä tulokset vaihtelivat. Keskimäärin typpeä oli eniten Haapajarvellä ja vähiten Kuhmossa. Kokonaisuutena typen määrä kasvoi muokkauksen voimistuessa EVT:llä, mutta VMT:llä typpeä oli eniten muokkaamattomalla ja auratulla koealalla (kuva 10).

Fosforia oli 0,8–2,6 mg grammassa maata. Vain Haapajarvellä sen määrä kaikilla koealoilla oli suurempi VMT:llä kuin EVT:llä. Ainoa koko aineistossa näkyvä piirre on se, että aurausaloilla fosforia oli vähemmän kuin äestysaloilla. Määrä oli suurin Taivalkoskella ja toiseksi suurin Haapajarvellä. Niilläkin oli se ero, että edellisellä fosforia oli paljon EVT:llä ja jälkimmäisellä VMT:llä.

Kaliumin määrä vaihteli välillä 0,24–1,0 mg/g. Minimi oli Kuhmon ja Taivalkosken EVT-koekentillä ja maksimi Kuivaniemen VMT-koekentän äestyskoealalla. Keskimäärin VMT oli vähän ravinteikkaampi (kuva 10). Muokkaustapa ei vaikuttanut kaliumin määrään.

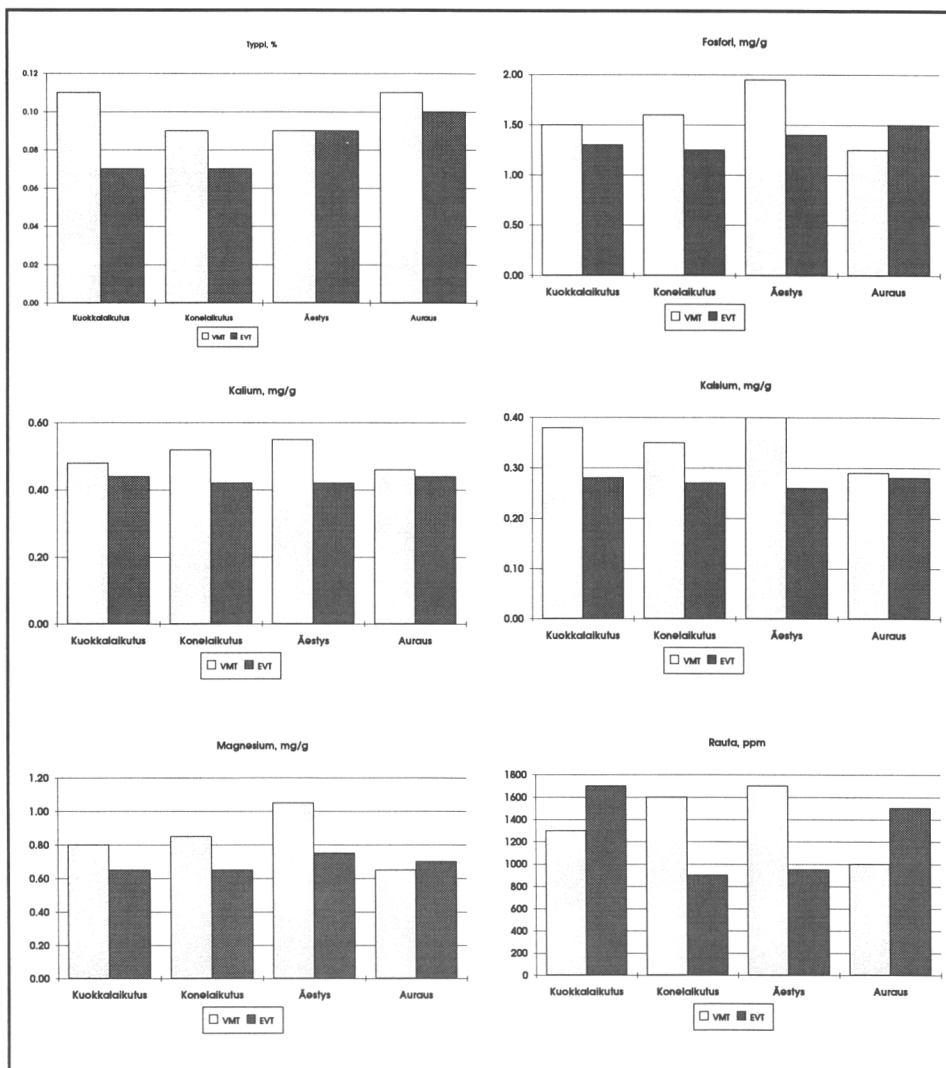
Kalsiumin määrä ja vaihtelu pitäjittäin, metsätyypeittäin ja muokkaustavoittain on melkein yhteneväinen kaliumin kanssa. Vain tasossa on ero. Kun kaliumin keskiarvo oli 0,46 mg/g, oli se kalsiumilla 0,28. Eniten kalsiumia oli Kuivaniemen VMT:n muokkaamattomalla koealalla (0,68) ja vähiten Kuhmon EVT:n aurausalalla (0,16).

Magnesiumin määrä vaihteli hyvin samanlaisesti kuin kaliumin ja kalsiumin. VMT:llä sitä oli keskimäärin 0,9 ja EVT:llä 0,7 mg/g. Maksimi oli Kuivaniemen VMT:llä (1,7) ja minimi Kuhmon EVT:llä (0,3). Kumpikin tulos oli äestysalalta. Keskimäärin muokkaustapa vaikutti magnesiumin määrään vain vähän.



Kuva 9. Haapajärvi, VMT-koekenttä 8.5.1978. Yläkuvassa edessä on kuokalla vuosi sitten laikutettu ja kylvetty vakokylvöala. Keskimmaisessa kuvassa on neljän talvikauden ikäinen konelaikutusala, joka on hajakylvetty kolme vuotta sitten. 10–15 cm pitkiä taimia on runsaasti. Myöhemmin pääosa niistä tukehtui heinä. Alakuva on neljän talven ikäiseltä aurasalalta, johon on istutettu kennotaimia vuosi sitten. Aurauksesta ja maan pahasta kivisyydestä huolimatta pintakasvillisuus kehittyi niin voimakkaaksi, että suuri osa taimista tuhoutui jo ensimmäisenä kesänä. Tuho jatkuu.

Raudan määrä vaihteli edellisiä enemmän. On mahdollista, että joissakin maanäytteissä rautapitoista rikastumiskerroksen maata on suhteellisen paljon, ja se luonnollisesti näkyy analyysituloksissa. Keskiarvo on 1300 ppm. Korkein havainto on Taivalkosken EVT:n muokkaamattomalta koealalta (4400 ppm) ja alin Haapajärven samalta koealalta (400 ppm).



Kuva 10. Maan kemiallisen analyysin tulokset. Paikkakuntien keskiarvo.

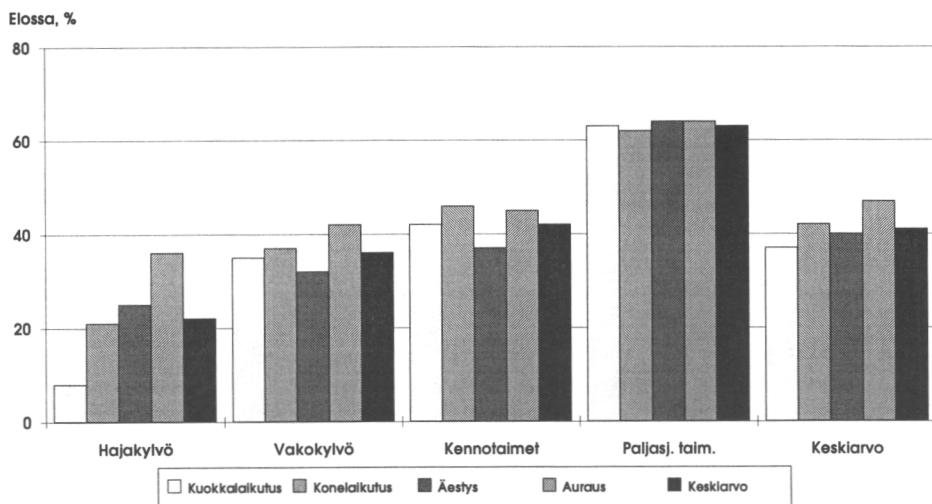
Muokkauksen vaikutus tuloksissa näkyy kokonaiskeskiarvoissa siten, että typpeä lukuunottamatta kaikkien aineitten määrä vähenee VMT-koekentillä siirryttäessä äestysalalta auralalalle. EVT-aloilla taas magnesiumia lukuunottamatta konsentraatio kasvaa äestyksestä auralukseen.

5 Tulokset

5.1 Taimien elossaolosadannes

Vakokylvö ja istutukset onnistuivat keskimäärin tyydyttävästi tai heikosti. Niiden elossaolosadanneksen keskiarvo syksyllä 1987 eli 11–13 kasvukautta viljelystä oli 51 % (liite 1). Kolme vuotta myöhemmin syksyllä 1990 prosenttiluku oli 47. Ottamalla mukaan hajakylvö jälkimmäinen luku aleni 41 %:iin (kuva 11, liite 2), sillä hajakylvöt epäonnistuivat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta.

Viljelyvuosittain hajakylvön elossaolosadannes laski 34:stä 13:een ja vakokylvön 44:stä 28:aan. Kennotaimet menestyivät kahdessa ensimmäisessä viljelyssä tasaveroisesti (50 %), mutta viimeisessä versosurmainfektion takia tulos oli vain 28 %. Paljasjuuritainten elossaolo pysyi tasaisesti yli 60 %:ssa. Kaikkien viljelysten elossaolosadannes eri viljelyvuosilta oli 47, 43 ja 32.



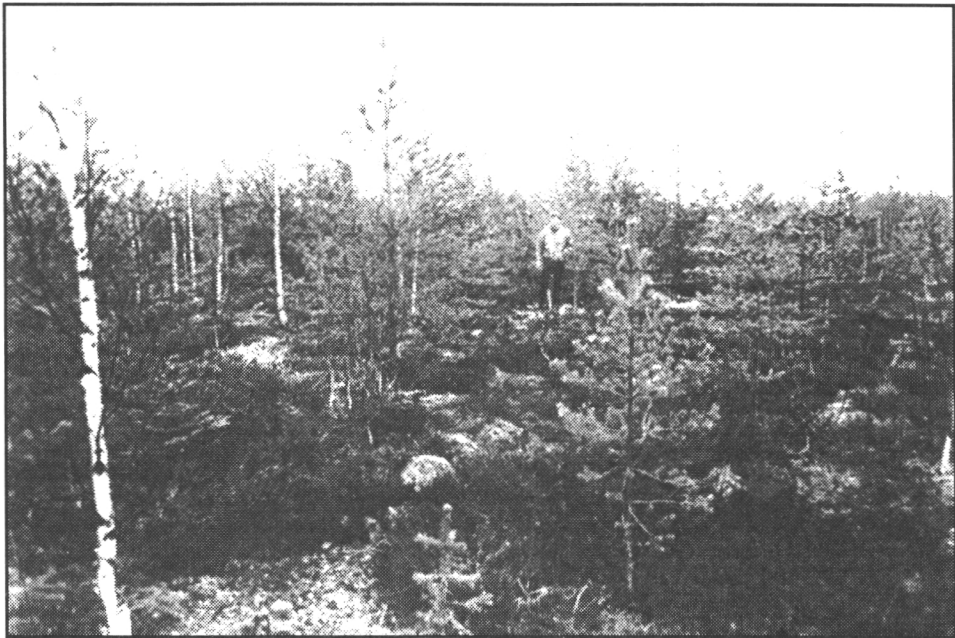
Kuva 11. Elosaolosadannekset 14–16 vuoden iässä syksyllä 1990.

Hajakylvö

Kasvatettaviksi hyväksytyjen taimien tavoitemäärä oli hajakylvössä 4000 tainta/ha. Tällä korkealla lukumäärällä kompensoitiin kaikkialla yleistä asennon epätaisaisuutta. Taimikon myöhempää kasvatusta varten sen arvioitiin vastaavan 2500 taimen tiheyttä muilla tavoin viljellyillä koelaitteilla. Ylimääräisistä eli ei-kasvatettavista taimista suuri osa oli muuten kasvatuskelpoisia ja laadullisesti moitteettomia, mutta asennon ryhmittäisyyden ja ylitheyden takia niitä ei voitu valita kasvatettaviksi.

Hajakylvölle tyypillistä oli niukka taimettuminen ja taimien ryhmittäisyys. Taimia oli tiheässä pienellä osalla koeruutua suuren osan ollessa tyhjää. Myös

täysin taimettomia ruutuja oli. Vuonna 1990 kasvatettavaksi luokiteltuja taimia oli hajakylvöruuduilla keskimäärin 890 kpl/ha. Sadannes oli siten 22 (kuva 11). Useimmiten taimet olivat riittävän tiheässä vain osalla koeruutua. Kasvatettavien lisäksi muita männyntaimia oli 860. Kasvatettavia taimia oli VMT-koealoilla 680 ja EVT-koealoilla 1100 kpl/ha. Ero johtui lähinnä Haapajärven EVT:n aurausalan muita paremmasta tuloksesta (2 640 tainta). Sillä koealalla oli hajakylvön paras osaruutu (3 300 kpl). Se oli vuoden 1975 kylvöä ja hajakylvön 96 osaruudusta ainoa, missä tulos oli lähes hyvä. Muualla EVT oli vain vähän parempi kuin VMT. Muokkaamattomilla aloilla kasvatettavia taimia oli 310, konelaikutusaloiilla 830, äestysaloilla 990 ja aurausaloiilla 1420. Aurauksen paremmuuteen vaikutti kylvötapa: aurausaloiilla hajakylvö suunnattiin nimenomaan muokatulle pinnalle, jonka sijainti voitiin lumenkin aikana todeta, kun taas muilla muokkauksilla sama siemenmäärä levitettiin koeruudun koko pinta-alalle. Siementiheys oli siten aurausalojen kivennäismaapinnalla noin kaksinkertainen äestykseen ja neljän-viisinkertainen konelaikutukseen verrattuna. On huomattava, että muokkaamattomilla ruuduilla ei hajakylvölle tehty edes kuokkalaikkuja, vaikka ne vakokylvössä ja istutuksissa tehtiin.



Kuva 12. Tyydyttävästi onnistunut 20-vuotias hajakylvö äestetyllä EVT-koealalla Haapajärvellä. Mäntyjä on 2550 kpl/ha ja lisäksi 500 koivua. Aukkoisuus aiheuttaa vajaatuottoisuutta ja estää teknisen laadun kehittymistä hyväksi. Tapani Tasanen.

Tuoreeseen muokkausjälkeen kylväminen antoi myöhempiä paremman tuloksen. Vuoden 1975 kylvöksillä kasvatettavia taimia oli 1370 ja seuraavien vuosien kylvöksillä 760 ja 530. Ensimmäisen vuoden hyvään tulokseen on osasyynä se,

että kylvö tehtiin vasta lumen sulamisen jälkeen ja siemeniä levitettiin muokatulle pinnalle suhteellisesti enemmän kuin myöhemmin vuosina. Kuitenkin hajakylvön tulokset osoittavat, että kivennäismaapinta on taimettumisalustana huonontunut 2–3 talven odotusaikana. Tilajärjestyksen epätasaisuuden vuoksi vain Haapajärven kuivan maan aurasalan em. vuosilohko 1975 täytti tyydyttävän tiheyden ja tasa-asentoisuuden vaatimuksen. Kaikki muut 95 osaruutua olivat epätydyttävästi taimettuneita tai kokonaan epäonnistuneita. Täysin taimettomia koeruutuja oli kuusi.

Hajakylvöaloille reunametsän siemennyksestä syntyneitä luontaisia taimia ei voitu erottaa viljelytaimista. Reunametsä oli kuitenkin yleensä niin kaukana tai sen siemenniskyky puuston nuoruuden tai vähäisyyden takia niin heikko, että koealoille on todennäköisesti syntynyt luontaisia männyntaimia istutus- ja vakokylvöaloilla tehtyjen havaintojen mukaan enintään muutama. Jos niitä hajakylvöruuduilla oli, ne luettiin viljelytaimiksi. Tästä aiheutuvalle virheellä ei ole merkitystä.



Kuva 13. Muokkaamattoman koealan hajakylvön tulos 20 vuoden iällä. Viljely on täydellisesti epäonnistunut. Taivalkoski, EVT. Jukka Valtanen.

Vakokylvö

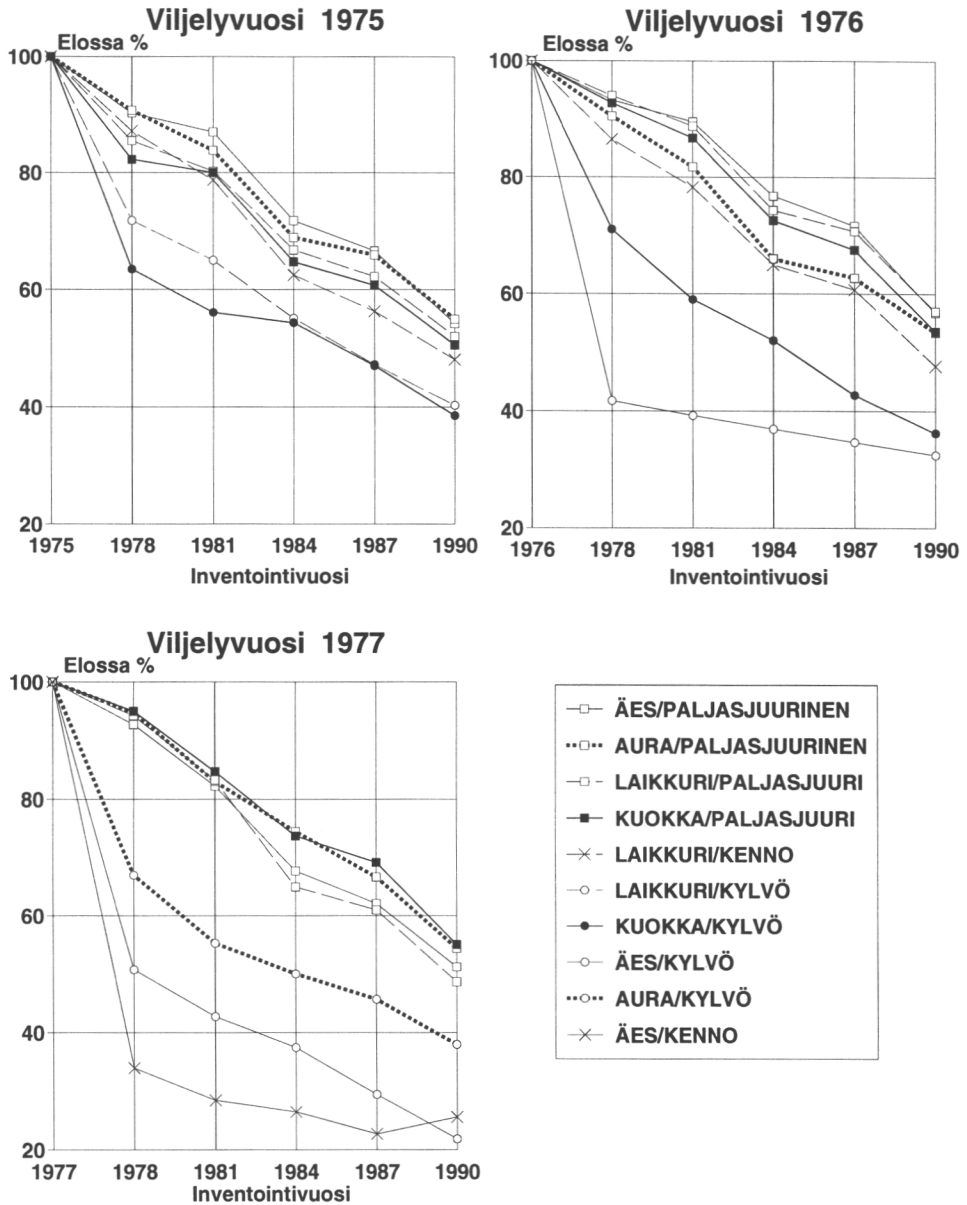
Vakokylvö onnistui hajakylvöä paremmin ja istutuksia heikommin. Vuoden 1987 inventoinnissa taimellisia laikkuja oli 43 %. Ensimmäisenä vuonna viljeltyjen kylvöruutujen keskimääräinen elossaolosadannes oli 49 (liite 1). Muokkauksen ja viljelyn aikavälin kasvu huononsi kylvön tulosta: vuoden 1976 kylvötaimista oli elossa 43 % ja seuraavan vuoden kylvöistä 37 %. Vuoteen 1990 mennessä sadan-

neksen keskiarvoluku aleni pääasiassa talvihomeen takia 36:een (kuva 11, taulukko 5, liite 2). Se tuhosi eniten lyhimpiä eli nuorimman ikäluokan taimia. Haapajärvellä VMT oli selvästi huonompi kasvupaikka kuin EVT ja Kuhmossa päinvas-toin. Keskimäärin metsätyypit olivat samanarvoiset.

Viivadiagrammeista (kuva 14) on todettavissa, että suurin osa kylvötaimien kuolleisuudesta ajoittuu viljelyn ja ensimmäisen, vuonna 1978 tehdyn inventoinnin välille. Kaikki vakokylvön elossaolosadannekset on laskettu vertaamalla eläviä taimia sisältävien kylvökohtien määrää alkuperäisten kylvökohtien määrään. Elosaolosadannesta alentavat myös ne kylvökohdat, joissa taimettumista ei ole tapahtunut lainkaan. Taimettumatta jääneiden laikkujen ja niiden kuolleiden taimien osuutta, jotka ovat ehtineet sirkkataimivaiheeseen tai pitemmälle ja kuitenkin menehtyneet ennen ensimmäistä inventointia vuonna 1978, ei pystytty erikseen selvittämään. Viljelyvuosina olisi ollut mahdollista tehdä taimettumisinventointi, mutta sekään ei olisi lisännyt luotettavuutta olennaisesti, koska itämistä voi tapahtua usean vuoden aikana. Kylvön tulosten mitattavuutta heikentää aina myös se mahdollisuus, että kylvösiemenen jäädessä itämättä kylvökohtiin voi syntyä luonnon-taimia. Se mahdollisuus oli tässä tutkimuksessa erittäin pieni.

Maankäsittelymenetelmä vaikutti vakokylvön onnistumiseen vain vähän. Tu-los v. 1990 oli aurausaloiilla 42 % ja muualla 32–37 % (liite 2). Koealojen välinen vaihtelu oli laajaa eikä mitään säännönmukaisuutta havaittu.

ELOSSAOLOSADANNESTEN KEHITYS



Kuva 14. Vakokylvöjen ja istutusten elossaolon kehitys.



Kuva 15. 20-vuotias vakokylvö Haapajärven EVT-koekentän aurasalueella. Viljelykohtia oli 2 500 kpl/ha ja elossa 1 565 tainta/ha eli 63 %. Taimikkoa ei ole harvennettu. Tapani Tasanen.

Kennotaimet

Kennotaimet menestyivät kylvöksiä paremmin. Vuonna 1987 elossa oli 45 % ja kolme vuotta myöhemmin 42 %. Kuolleisuus oli siten viimeisellä mittausjaksolla pienempää kuin vakokylvössä. Haapajärvellä ja Kuhmossa viljelyt menestyivät EVT:llä selvästi paremmin kuin VMT:llä ja Kuivaniemellä päinvastoin. Keskiarvo v. 1990 oli VMT:llä 40 ja EVT:llä 45 %. Vanhimman vuositoiston kennotaimista oli elossa 50 %, vuotta nuoremmista samoin 50 % ja nuorimmasta vuositoistosta 28 %. Kahden ensimmäisen vuoden istutusten sadannekset olivat 5-10 %-yksikköä suuremmat kuin vakokylvöllä. Koeruutujen ja koealojen kesken näiden viljelytapojen paremmuus vaihteli kuitenkin runsaasti. Muokkaus vaikutti kennotaimien menestymiseen vain vähän. Äestys oli huonoin, konelaitutus ja auraus parhaat.

Vuonna 1977 istutetut kennotaimet todettiin pian viljelyn jälkeen versosurman vaivaamiksi. Kahden kasvukauden jälkeen tehdyssä ensimmäisessä inventoinnissa syksyllä 1978 näistä taimista todettiin kuolleiksi yli puolet. Infektion elossaoloa alentanut vaikutus voidaan edellisten vuosikertojen onnistuneisuuden mukaisesti verrattaessa arvioida 22 prosenttiyksiköksi, eli ilman infektiota kennotaimiviljelysten sadannes nousisi siten 42 %:sta 50 %:iin.

Kuva 16. 20-vuotias kennotaimiviljely Haapajärvellä EVT-koekentän konelaikutusallalla. 1970-luvun puolivälissä kennokylvöksiä ei aina harvennettu taimitarhalla, ja siksi taimikko näyttää ruutukylvötaimikolta. Tekninen laatu on hyvä. Tapani Tasanen.



Paljasjuuriset taimet

Paljasjuurisilla taimilla tehty istutus onnistui parhaiten. Niiden elossaolosadannes pysyi säännöllisesti muita viljelytapoja korkeampana koko tarkastelujakson ajan. Sadanneksen keskiarvo v. 1987 oli 66 ja kolme vuotta myöhemmin 63. Taimikato oli siten viimeisellä jaksolla yhtä suurta kuin kennotaimiviljelyksillä ja puolet vakokylvösten kuolleisuudesta. Vuositoistoilla ei ollut mainittavaa eroa. Myös paljasjuuristen taimien kohdalla esiintyi laajaa vaihtelua koealojen ja koeruutujen kesken. Paras tulos – 91 % – oli Haapajärven auratulla VMT-koekentällä ja huonoin – 43 % – Kuivaniemen EVT-koekentän kuokkalaikutusallalla. Metsätyyppi ja muokkaustapa eivät kuitenkaan keskimäärin vaikuttaneet paljasjuuritainten menestymiseen eli ne olivat luotettavuudeltaan vakaampia kuin vakokylvö- ja kennotaimet.

Sekä osina että kokonaisuutena tarkastellen elävien taimien määrä aleni jatkuvasti (kuva 14). Liitteessä 3 esitetään varianssianalyysien tulokset kasvupaikan, muokkausmenetelmän ja viljelytavan vaikutuksesta sekä yhdysvaikutuksista elossaolosadanneksiin. Kahden jälkimmäisen vaikutusta on tarkasteltu edellä. Kasvupaikkaa tarkastellaan jäljempänä. Liitteessä 4 esitetään tulokset Tukeyn testillä tehdystä elossaolosadannesten vertailusta maankäsittely- ja viljelytaparuudut-tain. Analyysit perustuvat vuonna 1987 tehtyyn inventointiin, jossa VMT:n ja EVT:n aineistot on yhdistetty.



Kuva 17. 20-vuotias paljasjuuritaimilla perustettu taimikko Haapajärven EVT-koekentän aurasalalla. Maa on louhikkoista. Vaossa on vielä sulamisvettä. 17.5.1995 Tapani Tasanen.

Kasvupaikan vaikutus viljelyn onnistumiseen

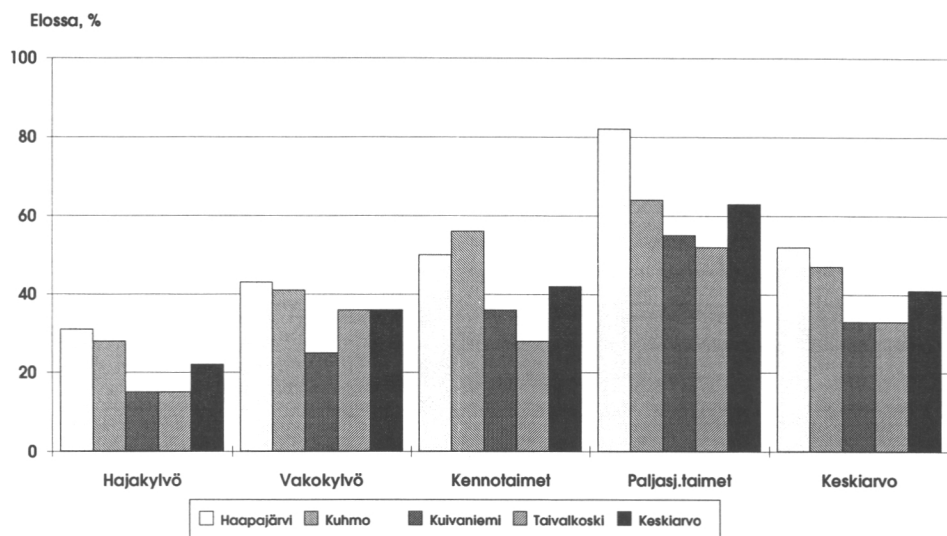
Viivadiagrammeihin (kuva 14) on VMT ja EVT yhdistetty esityksen selkeyttämiseksi. Yhdistämiseen päädyttiin myös siksi, että erot taimien elossasäilymiskehityksessä metsätyyppien välillä olivat keskimäärin pienet. Vakokylvössä ero vuonna 1990 oli kaksi, kennotaimilla neljä, paljasjuuritaimilla yksi ja keskimäärin 1,7 prosenttiyksikköä EVT:n hyväksi. Hajakylvössä eroa oli 10 yksikköä, sekin EVT:n hyväksi. Seuraavat havainnot on kuitenkin syytä tuoda esiin:

- auratuilla aloilla kaikkien viljelytapojen tulos oli parempi VMT:llä kuin EVT:llä
- useimmilla kone- ja kuokkalaikutusruduilla sekä äestetyillä ruuduilla saatiin EVT:llä parempi tulos kuin VMT:llä; poikkeamat olivat epäsäännöllisiä.

Paikkakuntien väliset erot

Tulos huononi selvästi siirryttäessä Haapajärven – Kuhmon tasalta pohjoiseen Kuivaniemen - Taivalkosken korkeudelle (kuva 18). Vm. pitäjissä viljelyt voidaan luokitella epäonnistuneiksi Kuivaniemen aurasalojen paljasjuuriviljelyjä lukuunottamatta. Etenkin hajakylvön tulos oli pohjoisilla koealoilla heikko, vain 15 %. Muitten materiaalien kohdalla pohjoisen ja etelän ero ei ole yhtä jyrkkä. Haapajärvellä oli ongelmana VMT:n runsas heinittyminen (metsäkastikka ja metsälauha), joka näkyi eritoten kylvötuloksissa. Muualla ei metsätyypeillä ollut mainittavaa

eroa. Muokkaustavan valinnan tarvetta lämpösumman mukaan eivät tulokset osoita. Auraus oli paras Haapajärvellä ja Kuivaniemellä, konelaikutus taas Kuhmossa ja Taivalkoskella.



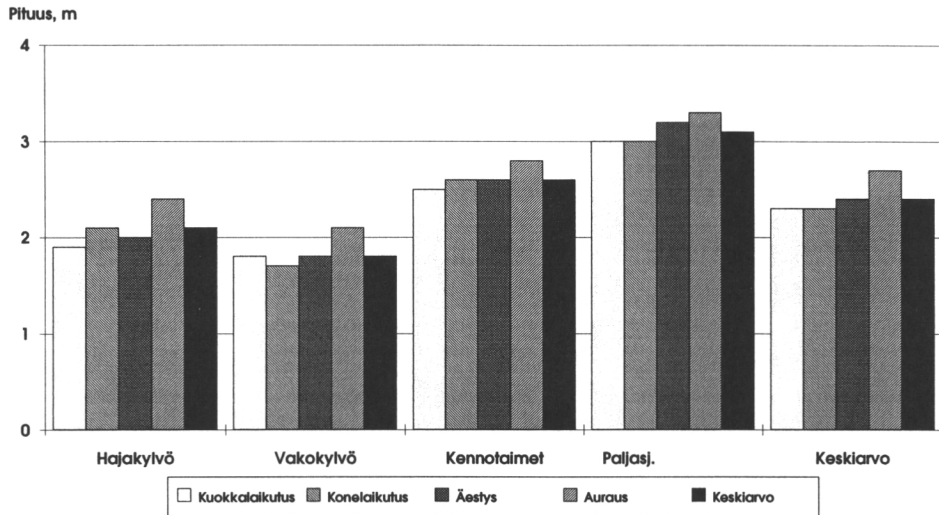
Kuva 18. Viljelysten elossaolo paikkakunnittain v. 1990.

5.2 Pituuskehitys

Syksyllä 1987 taimien ollessa 11–13 kasvukauden ikäisiä niiden pituus oli 0,8–2,7 m (liite 7). Lyhimpiä olivat kylvötaimet ja pisimpiä aurausruutujen paljasjuuritaimet. Pituuskehitystä havainnollistavat viivadiagrammit kuvassa 20. Esityksen selkeyttämiseksi niihin on poimittu vain viisi parhaiten ja kaksi heikoimmin kasvanutta maankäsittelyn ja viljelyn yhdistelmää. Kunkin vuositoiston pituuskehitys esitetään erikseen. Tuoreen ja kuivahkon kankaan aineistot on yhdistetty.

Viimeisessä inventoinnissa kolme vuotta myöhemmin keskipituus oli kasvanut 60–80 cm ja oli nyt taimilajista, muokkaustavasta, paikkakunnasta ja viljelyvuodesta riippuen 1,3–3,5 m (kuva 19, liite 5). Kokonaiskeskiarvo oli 2,4 m. Paljasjuuritaimet olivat runsaan kasvaimen verran pitempiä kuin kennotaimet. Nämä taas olivat kahden vuoden kasvun verran pitempiä kuin kylvötaimet. Kylvötaimet ovat siis biologista ikää ajatellen vuoden kasvun verran istutustaimista jäljessä. Myös aurausaloiilla pituus oli kasvaimen verran suurempi kuin muilla konemuokausaloiilla. Hajakylvöt olivat menestyneet suhteellisesti muita paremmin aurausaloiilla. Kuokkalaikutusaloiilla kasvu oli ollut hitainta. Pituuskehityksen erot sekä materiaalien välillä että muokkausten välillä viittaavat siihen, että taimikoitten pituuserot tulevat lisääntymään nykyisestä. – Koekenttien maantieteellinen sijainti vaikutti ratkaisevasti. Lämpimän ilmaston alueella Haapajärvellä taimikoitten keskipituus oli 2,9 m ja kylmimmällä alueella eli Taivalkoskella 2,2 m. Kuhmon ja

Kuivaniemen taimikoiden pituusjärjestys ei noudattanut lämpösummaa, sillä Kuhmossa taimet olivat runsaan desimetrin pitempiä kuin Kuivaniemellä. – Vanhimman viljelyvuosikerran tainten keskipituus oli 2,8 m, seuraavan 2,5 m ja nuorimman vuositoiston 2,0 m.

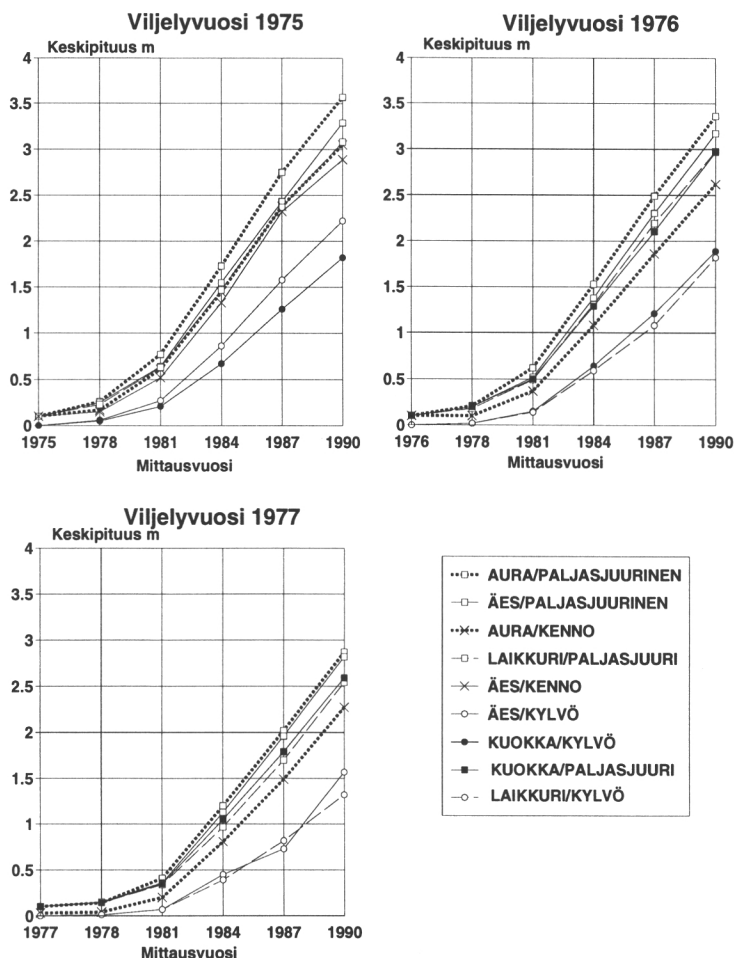


Kuva 19. Taimien keskimääräiset pituudet 14–16 vuoden iässä.

Maankäsittely- ja viljelytavoittain lasketut keskipituudet vuodelta 1987 testattiin Tukeyn testillä (liite 7). Kasvupaikan, maankäsittelymenetelmän ja viljelytavan vaikutusta pituuskehitykseen kuvaavat tunnusluvut esitetään liitteen 6 varianssitauluissa. Maankäsittelyn vaikutus keskipituuteen oli pieni. Tukeyn testissä maankäsittelymenetelmällä ei useimmilla koelajoilla ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta minkään taimilajin pituuskehitykseen.

Istutus- ja kylvötaimien keskipituuksien erot olivat tilastollisesti merkitseviä useimmilla koelajoilla (liite 7). Myös paljasjuuristen ja kennotaimien keskipituuksien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja. Viljelytilanteessa vallinnut pituusjärjestys paljasjuurinen – kenno – kylvö säilyi lähes poikkeuksetta viimeisimpään mittaukseen saakka, jolloin taimikot olivat 14–16 kasvukauden ikäisiä. Kaikilta koelajoilta yhdistetyssä aineistossa, jossa ovat mukana molemmat kasvupaikkatyypit ja kaikki paikkakunnat, oli ainoastaan vanhimman vuositoiston kuokkalaitutetuissa ruuduissa kennotaimien keskipituus paljasjuuristen keskipituutta suurempi.

PITUUSKEHITYS



Kuva 20. Taimikoiden pituuden kehitys. VMT ja EVT yhdistetty.

Hajakylvö

Kasvatettaviksi luokitellut hajakylvötaimet olivat vuonna 1990 keskimäärin 2,1 metrin pituisia (kuva 19). Muut hajakylvötaimet olivat 1,7 metriä pitkiä. Aurasaloilla kasvatettavien taimien keskipituus oli 2,4 m ja muualla 1,9–2,1 m. VMT-taimien pituus oli 2,2 m ja EVT-taimien 2,1 m. Etelästä pohjoiseen – Haapajärveltä Taivalkoskelle – mentäessä pituus aleni 2,4 metristä 2,0 metriin. Pohjoisuus alensi hajakylvötaimien pituutta selvästi vähemmän kuin muiden taimilajien.

Vakokylvö

Vakokylvön taimituppaiden valtataimien keskipituus oli 1,8 m (kuva 19) eli ne olivat 10 % lyhyempiä kuin hajakylvön kasvatettavat taimet. Maankäsittelymenetelmän vaikutus vakokylvötaimien pituuskehitykseen oli samansuuntainen mutta pienempi kuin hajakylvöissä. Pohjoisuuden vaikutus oli jyrkempi kuin hajakylvöissä.

Kuokkalaikkuihin tehdyn vakokylvön pituuskehitys suhteessa muihin maankäsittelyihin parani vuositoiston nuorentuessa. VMT-koelaloilla nuorimman ikäluokan kylvötaimien keskipituus oli suurin kuokkalaikutetuilla ruuduilla. Eri vuositoistojen ja viljelytapojen tuloksia vertailtaessa on syytä huomata se seikka, että kaikkien vuositoistojen koneelliset maanmuokkaukset tehtiin yhdellä kertaa vuonna 1974, kun taas kuokkalaikutukset tehtiin kunakin vuonna viljelyn yhteydessä.

Kennotaimet

Kennotaimien keskipituus v. 1990 oli 2,6 m (kuva 19). Muokkaustapa vaikutti pituuseroihin vähemmän kuin kylvöissä. Taivalkoskella kennotaimet olivat kolmanneksen lyhyempiä kuin Haapajärvellä (2,1 ja 3,3 m). Muilla taimilajeilla ero ei ollut näin suuri. Kennotaimien ja paljasjuuristen taimien keskipituuksien ero oli pienin - 40 cm eli runsas vuoden kasvu - vanhimmassa ja suurin - 58 cm - nuorimmassa vuositoistossa. Muokkauksen ja viljelyn välinen viive saattaa olla syynä kyseiseen ilmiöön. Nuorempien vuositoistojen koneellisesti muokatuille ruuduille ehti muodostua jo ennen viljelyä kilpailevaa kasvillisuutta, joka on haitannut kennotaimia enemmän kuin isompia paljasjuurisia taimia. Kennotaimien todettiin kasvaneen muita taimilajeja pitemmiksi 12:ssa tutkimuksen 96:sta muokkauslohkosta vuonna 1987 tehdyissä mittauksissa. Kyseessä oli useimmiten vanhin vuositoisto ja kuokkalaikutus.

Paljasjuuriset taimet

Keskipituus oli 3,1 m (kuva 19). Se oli 49 cm (19 %) enemmän kuin kennotaimilla. Paljasjuuriset taimet olivat kenno- ja kylvötaimia pitempiä 84:ssä tutkimuksen 96:sta muokkauslohkosta. Pituusero oli suurin Taivalkosken koelaloilla. Maankäsittelymenetelmä vaikutti paljasjuuristen mäntyjen pituuskehitykseen vähemmän kuin muiden taimilajien. Pituusjärjestys oli kuitenkin säännöllinen kaikilla vuositoistoilla. Paljasjuuriset taimet ovat kasvaneet pisimmiksi auratuilla ruuduilla. Näitä seurasivat järjestyksessä äestetyt, konelaikutetut ja kuokalla laikutetut ruudut. Poikkeuksena oli nuorin vuositoisto, jossa paljasjuuristen taimien keskipituus oli suurempi kuokalla laikutetuissa ruuduissa kuin konelaikutetuissa. Syynä voi olla kuokkalaikutuksen tuoreus konelaikutuksen ollessa kolmen talven ikäinen. – Kun mittausaineistoa tarkastellaan paikkakunnittain ja metsätyypeittäin, on vaihtelu maankäsittelyruutujen välillä suurempaa kuin yhdistetyssä aineistossa.

Kasvupaikan vaikutus pituuskehitykseen

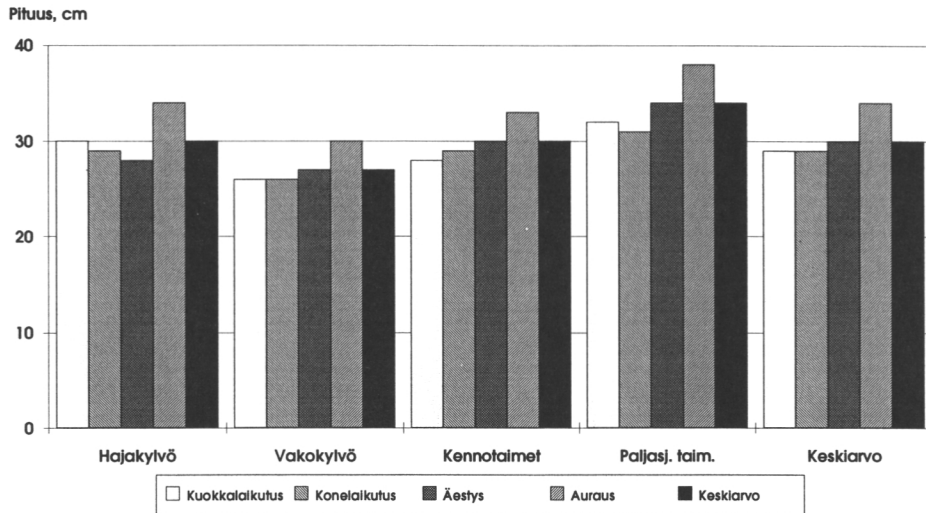
Vuosina 1975 ja 1976 viljellyissä taimikoissa ei ollut vuonna 1987 tilastollisesti merkitsevää eroa keskipituudessa VMT:n ja EVT:n koealojen välillä. VMT-kan-kaan koealoilta mitatut keskipituudet olivat useimmissa tapauksissa hieman suurempia kuin EVT-koealoilla mitatut. Poikkeuksia oli eniten konelaikutus- ja äestysruuduilla. Selvää mittauskerrasta toiseen toistuvaa säännönmukaisuutta, joka osoittaisi pituuskasvun paremmuutta metsätyypillä toiseen tyyppiin verrattuna, ei tutkimuksen 14–16 kasvukauden tarkastelujakson puitteissa tullut ilmi.

Viimeksi eli vuonna 1977 viljellyissä koeruuduissa kasvupaikkojen välinen ero oli merkitsevä (liite 6). Taimien keskipituus oli säännöllisesti suurempi VMT-kan-kaalla lukuunottamatta konelaikkurilla käsiteltyjä ruutuja. Näissä ruuduissa paljasjuuriset ja kennotaimet olivat kasvaneet pisimmiksi EVT-kankaalla. Kuokkailakutusalojen vakokylvötaimien keskipituus oli säännöllisesti suurempi VMT:llä kaikissa vuositoistoissa. Vuonna 1984 tehtyjen pituusmittausten tulokset olivat samansuuntaisia; vain nuorimman vuositoiston pituuskehityksessä oli kasvupaikkojen välillä selvä ero. Aiemmissa, vuosien 1978 ja 1981 mittaustuloksissa on kasvupaikkojen välisiä eroja erityisesti kahdessa vanhimmassa vuositoistossa. Viimeiseen inventointiin mennessä erot olivat tasaantuneet, ja VMT:llä taimet olivat vuonna 1990 keskimäärin vain 9 cm pitempiä kuin EVT:llä (247 ja 238 cm).

Latvakasvaimen pituus

Pituuden lisääntymistä selvitettiin myös mittaamalla vuosien 1989 ja 1990 latvakasvainten pituudet. Ne olivat lähes samat; jälkimmäisen vuoden pituuskeskiarvo oli vajaan sentin suurempi. Kasvu ei ole vielä kulminaatiopisteessään, ja se näkyy myös eri ikäluokkien kasvussa. Vanhimman ikäluokan kasvain oli 3 cm pitempi kuin nuorimman ikäluokan kasvain kumpanakin vuotena. Paljasjuuriset taimet ja aurasalojen taimet kasvoivat edelleen parhaiten, ja se viittaa pituuserojen lisääntymiseen vielä lähivuosina.

Latvakasvain vuonna 1990 oli keskimäärin 30 cm:n pituinen (kuva 21). Kasvatettavat hajakylvötaimet kasvoivat kennotaimien veroisesti. Paljasjuuritaimet kasvoivat niihin verrattuna 10 % paremmin ja vakokylvötaimet 10 % huonommin. Aurasalueella kasvu oli paras ja laikutusaloiilla huonoin. VMT:llä taimet kasvoivat 16 % paremmin kuin EVT:llä. Pohjoisuuden vaikutus ei kasvaimen pituudessa ole sama kuin taimien koko pituudessa. Haapajärvellä kasvaimen pituus oli 40 cm, Kuivaniemellä ja Taivalkoskella 29 cm ja Kuhmossa vain 26 cm. Jo edellisenä vuonna pituuskasvu Kuhmossa jäi pohjoisempien koekenttien tasalle. Syynä voi olla taimikoita vaivaavien tuhojen yleisyys Kuhmossa (katso luku 6, Tuhot).

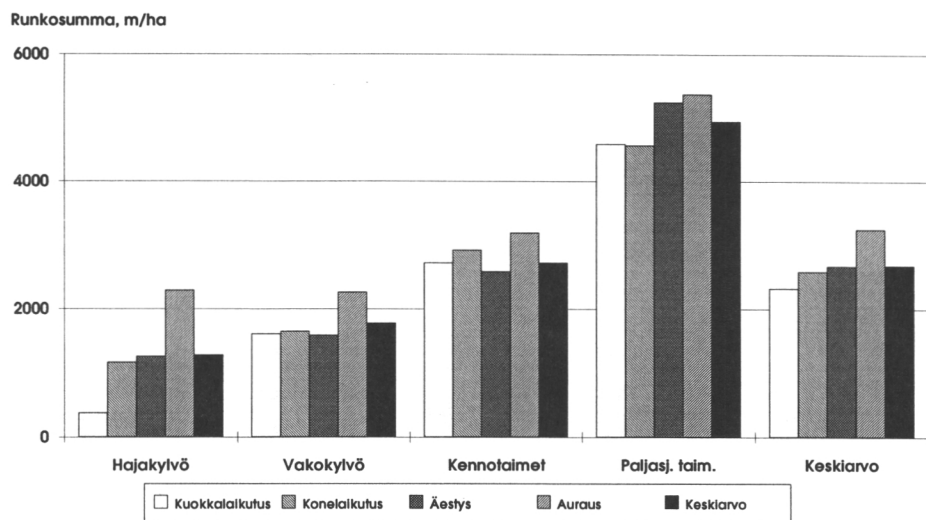


Kuva 21. Vuoden 1990 latvakasvaimen keskimääräinen pituus (cm).

5.3 Runkosumma

Runkosumma on hehtaarilla kasvavien puuyksilöiden yhteispituus, hehtaarin “puumasto”. Se laskettiin 2500 taimen viljelytiheyden mukaan. Hajakylvöissä täystiheysvaatimuksen 4000 kpl/ha arvioitiin vastaavan muiden viljelytapojen täyttä onnistumista 2500 kpl/ha. Vuonna 1990 runkosumma oli keskimäärin 2700 m (kuva 22, liite 8). Viljelytapa vaikutti enemmän kuin muokkaustapa. Runkosummien suhde järjestyksessä hajakylvö : vakokylvö : kennotaimet : paljasjuuritaimet oli 100 : 139 : 212 : 387. Muokkaustavoittain suhde kuokkalaikutus : konelaikutus : äestys : auraus oli 100 : 111 : 115 : 140. Jos verrataan esimerkiksi männynviljelyn vanhaa perustapaa kuokkalaikutusta + vakokylvöä auraukseen ja paljasjuuritaimien istutukseen, saadaan suhteeksi 100 : 334. Vanhimman ikäluokan taimikossa runkosumma oli keskimäärin 3410 m, vuotta nuoremmassa 2860 m ja nuorimassa 1780 m. Suhteet ovat 192 : 161 : 100. Tämäkin korostaa viljelyn toteuttamisen välttämättömyyttä heti muokkauksen jälkeen.

Ilmaston merkitys taimikon kehitykselle näkyy runkosummissa selvemmin kuin pelkästään elossaolosadanneksessa tai pituudessa yksinään. Haapajärvellä runkosumma oli 3980, Kuhmossa 2930, Kuivaniemellä 1940 ja Taivalkoskella 1890 m/ha. Suhdeluvut ovat 210 : 155 : 103 : 100.



Kuva 22. Taimikoiden runkosumma.

6 Taimikoiden tuhot, kunto ja tekninen laatu

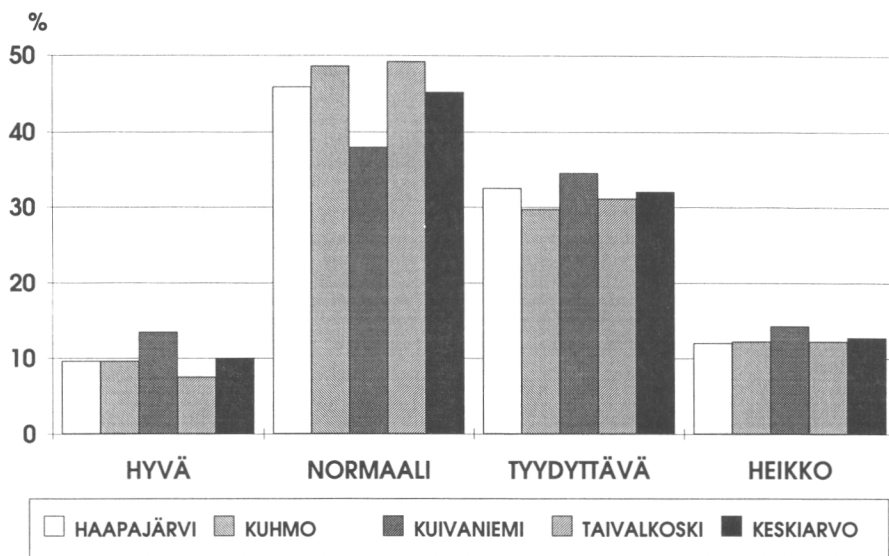
Koekentillä tehtiin kaksi taimien tuhoja, kuntoa ja laatua koskevaa kartoitusta vuosina 1986 ja 1990. Nämä poikkesivat toisistaan sekä otannan että luokituksen osalta. Olennaisin ero oli se, että vuoden 1986 kartoituksessa oli mukana vain vanhin eli vuonna 1975 viljelty vuositousto. Mainituista menetelmäeroista huolimatta molempien kartoitusten tulokset esitetään yksityiskohtaisesti, koska niistä tulee varsin selvästi ilmi eri tuhoniheuttajien merkityksen huomattava ero taimikon eri kehitysvaiheissa. Esimerkkinä mainittakoon, että vuonna 1986 suurin osa taimista kärsi sekä männynlumihomeen että versoruosteen tuhoista, kun taas versosurmasta oli havaittavissa vain merkkejä useiden vuosien takaisista infektoista. Vuoden 1990 kartoituksessa mainittujen tuhojen merkitys oli kääntynyt päinvastaiseksi.

Tuhokartoitus vuonna 1986

Syksyllä 1986 kerättiin koeruuduista vanhimman, vuonna 1975 viljellyn vuositouston keskeltä valitusta 10 taimen otoksesta tiedot taimissa esiintyvistä vioista ja tuhoista. Koetaimikot olivat mittaushetkellä 12-vuotiaita. Samassa yhteydessä määritettiin silmävaraisesti kullekin otokseen valitulle taimelle kuntoluokka (taulukko 4).

Taulukko 4. Kuntoluokat ja niiden tunnuksset.

Kuntoluokka	Kuntoluokan tunnuksset
1. Hyvä, terve	Taimen pituuskasvu on keskimääräistä suurempi. Neulaset ovat pitkiä ja voimakkaan vihreitä. Taimessa ei havaita tuhoja tai tuhoniheuttajia, jotka voisivat haitata taimen kasvua.
2. Normaali	Taimi on elinvoimainen. Pituuskasvu, neulasten pituus ja väri ovat normaaleja. Taimessa saattaa esiintyä tuhoja tai tuhoniheuttajia, jotka eivät toistaiseksi ole heikentäneet taimen kasvua.
3. Tyydyttävä	Pituuskasvu tai neulasten koko ovat keskimääräistä pienemmät. Neulasten väri saattaa poiketa normaalista (on kellertävä, harmahtava jne.). Taimessa saattaa esiintyä yksi tai useampia kasvua tai yleiskuntoa heikentäviä tuhoniheuttajia, jotka eivät kuitenkaan uhkaa taimen elossapysymistä.
4. Heikko, kituva	Taimen pituuskasvu on pysähtynyt tai selvästi normaalia heikompaa. Neulaset ovat silmiinpistävän lyhyitä tai poikkeavan värisiä. Taimessa esiintyy yksi tai useampia tuhoja tai tuhoniheuttajia; taimen elossapysyminen on epävarmaa.



Kuva 23. Taimikoiden kunto paikkakunnittain.

Taimikoiden jakautuminen kuntoluokkiin paikkakunnittain prosenttisina frekvenssijakaumina esitetään kuvassa 23. Kasvupaikkojen aineistot on yhdistetty, koska metsätyypin merkitys todettiin vähäiseksi. Hyväkuntoisten terveiden taimien osuus oli hieman suurempi VMT-kankaalla ja heikkojen taimien osuus puolestaan EVT-kankaalla. Normaali- ja tyydyttävien taimien osuuksissa metsätyyppien välillä oli vain muutaman kymmenesosaprocentin suuruinen ero.

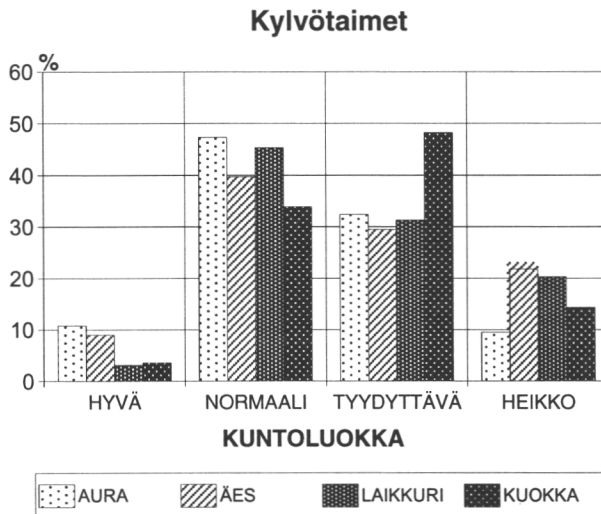
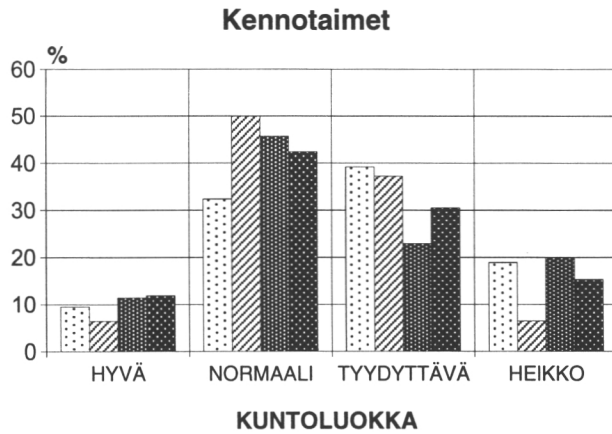
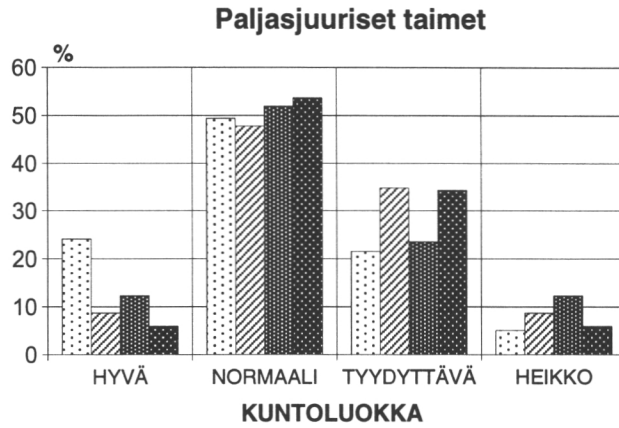
Suurimmat poikkeamat metsätyyppien välillä mitattiin Kuivaniemen koelaloilta. EVT-kankaalla taimien moodiluokaksi tuli tyydyttävä. Siihen sijoittui 15–20 %-yksikköä enemmän taimia kuin muilla paikkakunnilla. Myös heikkojen taimien osuus todettiin suuremmaksi kuin muiden paikkakuntien EVT-koekentillä. VMT-kankaan taimien kuntoluokkajakauma on Kuivaniemellä muita paikkakuntia parempi; hyväkuntoisten ja normaali- taimien osuus on suurempi ja tyydyttävien sekä heikkojen taimien osuus pienempi kuin muilla VMT-koekentillä. EVT-kankaalla taimien kuntoa ovat heikentäneet useat tuhonaiheuttajat, erityisesti männyntalvihome (*Phacidium infestans*).

Myös taimilajeittaisissa kuntoluokkajakaumissa oli eroja (kuva 24). Kullekin maankäsittelymenetelmälle laskettiin oma jakaumansa. Jakaumat perustuivat kaikilta koelaloilta yhdistettyyn aineistoon. Kuntoluokkaan normaali sijoittui useimilla koeruuduilla eniten taimia. Maankäsittelymenetelmällä ei näytä olevan vaikutusta taimien kuntoon. Viljelymenetelmien välillä voidaan havaita säännönmukaisia eroja. Paljasjuuristen taimien jakauma painottui luokkiin hyvä ja normaali. Kennotaimet jakautuivat tasan kahden parhaan ja kahden heikoimman luokan välillä. Kylvötaimista yli puolet tuli luokkiin tyydyttävä ja heikko.

Taimikoissa esiintyvät tuhot ja viat

Syksyllä 1986 tehdyssä tuho- ja vikakartoituksessa määritettiin vanhimman vuositoukon taimista niissä sillä hetkellä esiintyvät tuhot ja tuhonaiheuttajat sekä tärkeimmät puiden tulevaa laatua heikentävät viat. Taimikot olivat tuolloin 12 kasvukauden ikäisiä. Maankäsittelymenetelmien ja viljelytapojen ei havaittu vaikuttavan tuhojen esiintymisrunsauteen (taulukko 5).

Yleisimmät ja samalla taimikoiden kehityksen kannalta haitallisimmat tuhonaiheuttajat olivat männynversoruoste (*Melampsora pinitorqua*) ja männyntalvihome (*Phacidium infestans*). Yli puolet taimista oli kummankin mainitun sienitaudin saastuttamia. Nämä taudit olivat vaivanneet taimia useiden vuosien ajan (kuvat 25 ja 26). Suurin osa taimikoissa esiintyneistä vioista (monilatvaisuus, mutkat, poikaoksat) lienee männynversoruosteen aiheuttamia. Männyntalvihome oli suurin yksittäinen taimien tuhoaja. Sen todettiin tappaneen myös yli 10-vuotiaita taimia, vaikka niiden pituus oli jo yli lumenpaksuuden. Ilmeisesti ne olivat talvella olleet lumen taivuttamina alttiina taudille. Muista neulastaudeista tavattiin männynkariste (*Lophodermium seditiosum*) ja harmaakariste (*Lophodermella sulgicena*). Näiden esiintyminen oli satunnaista. Versosurmaa (*Gremmeniella abietina*) ei taimikoissa esiintynyt kyseisenä ajankohtana. Sitä tavattiin koealoilta taimikoiden ensimmäisten kehitysvuosien aikana, jolloin sen vaikutus taimikuolleisuuteen oli merkittävä.



Kuva 24. Taimien kuntoluokkajakaumat viljelytavoittain. Kaikilta koealoilta yhdistetty aineisto.

Taulukko 5. Taimikoiden tuhot ja viat.

Tuhonaiheuttaja/ vika	Esiintymistiheys (% taimista)	Merkitys taimille
Tuhonaiheuttaja		
Männynversoruoste (<i>Melampsora pinitorqua</i>)	VMT 50 EVT 48	pahoja laatuvikoja, heikentää taimia
Männynthalvihome (<i>Phacidium infestans</i>) ja muut neulastaudit	VMT 66 EVT 76	tappavat ja heikentävät taimia
Versosurma (<i>Gremmeniella abietina</i>)	v. 1986	on tappanut taimia
Hyönteistuhot	satunnaisia	ei todettu haittoja
Hirvituhot	VMT 4 EVT -	satunnaisia, paikallisesti merkittäviä
Vesakko	vähän, perattu	merkitys säännöllisesti vähäinen
Pintakasvillisuus	VMT kylvötai- mista 6	merkitys vähäinen, EVT:llä ei haittoja
Taimien välinen kilpailu (liika- tiheys)	paljasj. 2 kenno 16 kylvö 24	heikentää taimia, hidastaa kasvua
Kosteus, soistuminen	satunnaista	joillakin ruuduilla 50 - 60 % taimista kärsii
Tunnistamattomat	satunnaishavaintoja	merkitys vähäinen
Ei tuhoja	VMT 20 EVT 20	
Vika		
Monilatvaisuus, latvanvaihto	VMT 10 EVT 10	usein este tukkipuun kasvatukselle
Poikaoksa	VMT 7 EVT 8	”-
Mutkat	VMT 3 EVT 8	”-
Kallistumat, kaatumiset	satunnaisia	merkitys pieni vähäisen esiintymisen takia, estävät tukkipuiksi kehittymisen (ainakin tyviosalta)
Ei tukkipuuta	VMT 20 EVT 20	vikojen vuoksi taimista ei kehity tukkipuita (ainakaan tyviosalta)

Hyönteistuhojen merkitys taimikoille todettiin tarkasteluajankohtana vähäiseksi. Toistuvia havaintoja tehtiin vain pihkakääriäisen (*Retinia resinella*) aiheuttamista vioituksista männyntaimien kasvaimissa. Hirvet olivat vioittaneet taimia kaikilla paikkakunnilla VMT-koelaloilla. Tuhot olivat vähäisiä; joistakin ruuduista löytyi 10–20 %:ssa taimista jälkiä hirvien aiheuttamista vaurioista. EVT-koelaloilla todettiin vain yhdessä ruudussa Kuivaniemellä hirvituho. Muiden eläinten, esimerkiksi myyrien, aiheuttamia tuhoja ei kyseisessä tuhokartoituksessa havaittu.

Tuho- ja kuntoarviointi tehtiin vain vanhimmissa eli vuoden 1975 viljelyruuduilla. Siten ei saatu selvyyttä siitä, oliko viimeisen viljelyvuoden 1977 kennotaimiruuduilla taimissa jotakin sellaista heikkoutta, teknistä vikaa tai muuta kuntoa ja laatua alentavaa tekijää, jonka olisi voitu arvioida johtuvan taimissa istutettaessa olleesta versosurmainfektiosta. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että eloon jääneet taimet ovat olleet infektoitumattomia tai enintään lievästi infektoituneita, sillä niiden pituuskehitys on ollut muiden veroinen, eikä suhteellinen kuolleisuuskään ole ollut ensimmäisen inventoinnin jälkeen muista poikkeava.

Tuhokartoitus vuonna 1990

Tuhot rekisteröitiin uudelleen vuoden 1990 inventoinnissa. Tällä kertaa tuhokartoituksessa olivat mukana kaikki vuositoistot. Joka viidennestä mitatusta taimesta – yhteensä 1906 taimesta – määritettiin silmävaraisesti tuhon aiheuttaja, tuhon aste, viat ja tekninen laatu (taulukot 6, 7 ja 8). Epävarmin määritettävä oli haitta-aste, jossa mukaan otettiin arvio haitan merkityksestä puun tulevalle kaupparvolle. Tuhoasteen määrite ”paha haitta” nimittäin tarkoittaa rungon sellaista vikaa, että tulevan tukkipuun tyvestä osa ei kelpaa sahapuuksi. Yleensä runko oli silloin niin mutkainen, että siitä ei kehity koskaan tyvestä asti riittävän suoraa puuta.

Taulukko 6. Taimikoitten tuhot vuonna 1990. Luvut prosentteja kaikista elävistä taimista.

<i>Tuhonaiheuttaja</i>			
Ei tuhoa	60	Pistiäinen	0
Pintakasvillisuus	0	Muu hyönteinen	1
Vesat	–	Myyrä	–
Muu kasvillisuus	–	Hirvi	4
Männyntalvihome	2	Mekaaninen vika	–
Karisteet	–	Märkyys	0
Männynversoruoste	10	Lumi	3
Versosurma	20	Ravinnepuutos	–
Muu sienitauti	–	Huono istutus	–
Kääriäinen	0	Muu tuho	–
<i>Tuhoaste</i>			
Ei tuhoa	60	Tuhoa on, lievä haitta	17
Tuho esiintyy, ei haittaa	6	Tuhoa on, paha haitta	16

Metsätyyppi ei vaikuttanut vikaisuusjakaumaan, mutta tuhojen määrään ja haitta-asteeseen vaikutus oli selvä. Tuhonalaisia taimia oli VMT:llä 49 % ja EVT:llä 32 %. Esimerkiksi pahiten vaivanneitten versosurman (kuva 26), versoruosteen (kuva 25) ja hirven tuhot painottuivat selvästi tuoreelle maalle (taulukko 7).

Taulukko 7. Tärkeimpien tuhonaiheuttajien esiintymistiheys ja tuhojen aiheuttamat haitta-asteet vuonna 1990. Luvut prosentteja kaikista elävistä taimista.

	VMT	EVT	Kuokka- laikutus	Kone- laikutus	Äestys	Auraus
<i>Tuhonaiheuttaja</i>						
Tuhoa ei ole	51	68	54	52	66	66
Versosurma	29	15	24	22	19	15
Versoruoste	11	8	11	11	11	8
Hirvi	7	1	3	5	3	4
Muut	3	8	8	9	2	7
<i>Tuhoaste</i>						
Tuho ei haittaa	8	5	5	8	3	8
Lievä haitta	21	14	21	22	13	12
Paha haitta	21	12	19	18	17	12



Kuva 25. Versoruosteen kolmena peräkkäisenä vuotena kiusaama taimi. Jo harvennushakkuuvaiheessa rungon mutkaisuus ja paksut oksat ovat hävinneet. Ylemmästä oksakimpusta voi syntyä yksi poikaoksa. Myös vasemmalla näkyvissä taimissa on versoruosteen jälkeä. Oikeanpuoleisen taimen mutkaisuus on lumen aiheuttamaa. Sen mutkat oikeavat vuosilustoon syntyvän lylysolkun ja paksuuskasvun säätelyn ansiosta muutamassa vuodessa. Jukka Valtanen.

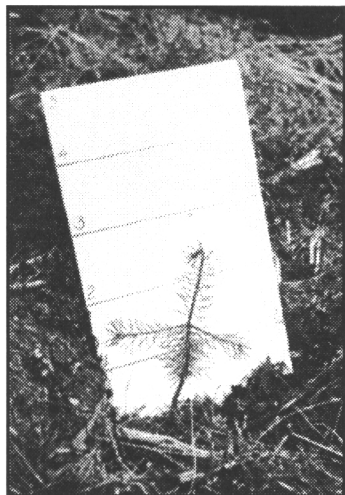
Versosurman esiintymistiheys VMT:llä – 29 % – merkitsee vakavaa uhkaa taimikon kehitykselle. Taudin leviämislle suotuisa kasvukausi voi 1960-luvun lopulta alkaen saatujen kokemusten mukaan aiheuttaa vielä tässä kehitysvaiheessa (pituus 1–3 m) jo valmiiksi harvoissa taimikoissa lopulliseen epäonnistumiseen johtavan epidemian. Versoruoste yleisyydestään huolimatta ei ole samanlainen uhka, sillä se ei enää tässä kehitysvaiheessa ole ainakaan primäärinen syy taimien kuolemiseen. Myös pahan haitta-asteen korkea luku (21 %) VMT:llä merkitsee myöhemmissä hakkuissa taloudellista menetystä, sillä taimikon jäätyä harvaksi ei kaikkia tyvivikaisia puita voida poistaa kasvatushakkuissa, vaan osa niistä vietiin päätehakkuuseen asti. Osasta tukkimitan täyttävistä puista joudutaan aikanaan leikkaamaan pois tyveys.

Myös muokkaustapa vaikutti tuhoihin (taulukko 8). Aurausaloilla tuhoja oli vähiten ja niiden haitta-aste oli pienin. Kuokka- ja konelaikutusalat olivat heikoimmat. Niillä myös versosurmaa esiintyi runsaasti.

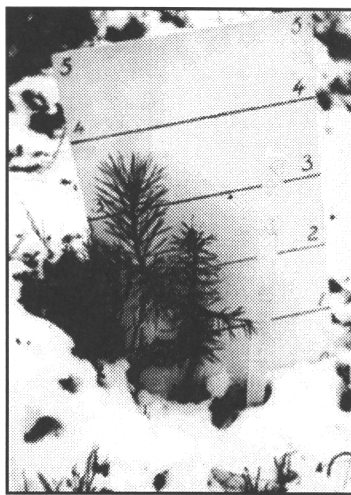


Kuva 26. Vasemmassa kuvassa männyn talvihome on tappanut kylvötuppaasta muut paitsi valtataimen, jossa on versosurma. Se näkyy tupsumaisista kasvaimista ja lyhyiksi jääneistä neulasista. Oikealla taimi vuotta myöhemmin kuolmaisillaan. Seuraavana keväänä neulasto oli kokonaan ruskea. Kuolinsyy oli versosurma, *Gremmeniella abietina*.

A



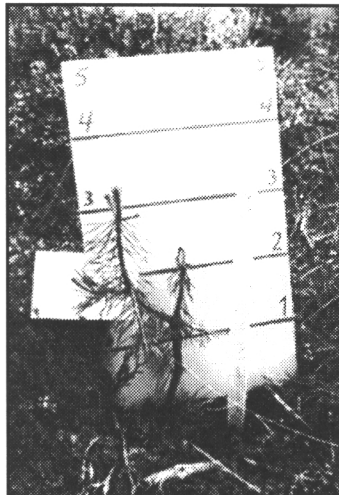
B



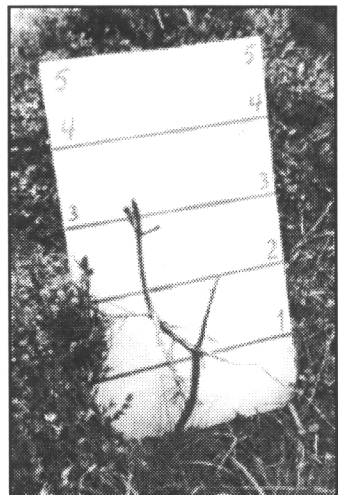
C



D



E



Kuva 27. A. Paljasjuurinen taimi keväällä tasan kaksi vuotta istuttamisen jälkeen eli "vuoden 3" alussa. Vuoden 2 alkukesällä männynversoruoste, *Melampsora pinitorqua*, on iskeytynyt latvakasvaimen yläosaan. Kasvain on talvella murtunut, ja sen seurauksena normaali pituuskasvu estyy. B. Vuoden 3 kesällä sivuoksa on vahvistunut ja kääntynyt ylös ottaakseen latvan tehtävän vastuulleen. C. Vuonna 4 heinäkuun puolenvälin jälkeen latvakasvain on vasta kasvunsa alussa taimeen tulleen versosurman takia. D. Juhannuskesällä vuonna 5 taimi on jo silminnähden riutunut. E. Syyskuussa vuonna 5 taimi oli kuollut. Jukka Valtanen.

Myös ikäluokka vaikutti tuhoihin. Terveitten taimien määrä aleni vuosiluokit-
tain 64 % – 60 % – 56 %. Tähän eivät enää vaikuttaneet ainakaan merkittävästi
esimerkiksi viimeisen vuosikerran kennotaimien istutuksenaikainen sairaus eivät-
kä alkuvuosien pintakasvillisuushaitat. Sen sijaan lukusarja voi kertoa siitä, että
taimet ovat paraikaa voittamassa kehityksensä vaikean ajan ja vakiintumisvaihe
on alkanut. Siihen viittaa mm. männyntalvihomeen osuuden aleneminen ikäluo-
kan vanhentuessa.

Taulukko 8. Vikaisuus ja tekninen laatu. Luvut prosentteja.

	Keskiarvo	VMT	EVT	Kuokka- laikutus	Kone- laikutus	Äestys	Auraus
<i>Vikaisuus</i>							
Ei vikaa	41	34	46	36	38	44	45
Haaroittunut	21	27	16	23	25	20	18
Poikaoksa	8	8	8	8	8	10	7
Runkomutka	22	22	22	24	19	21	22
Koro ja kolouma	8	9	7	9	9	7	7
Kallistunut	0	0	0	0	0	-	-
Muu vika	0	0	0	-	0	0	-
<i>Tekninen laatu</i>							
Normaali	12	10	15	11	15	8	15
Paksuoksainen	37	34	41	34	30	43	41
Mutkainen	2	2	3	2	3	2	2
Haarainen	0	0	1	0	1	0	0
Oksainen ja mutkainen	24	26	23	28	24	24	22
Oksainen ja haarainen	13	15	10	11	14	12	12
Mutkainen ja haarainen	0	-	1	-	0	0	0
Oksainen, mutkainen ja haarainen	10	14	7	13	12	10	7
Runko katkennut (elävä)	0	0	0	-	-	0	0
Paksuin oksa, mm	19	20	17	19	19	19	18
Lenkous, cm / 3 m	5	5	5	7	5	5	4

Vikaisuus on jonkin tuhon aiheuttama poikkeama normaalista, epämuodostuma
tai vamma puun rungossa. Tuho on jo ollut ja sen jälki näkyy. Vikaisuutta oli
59 %:ssa puista (taulukko 8). Se oli yleisempää VMT:llä (66 %) kuin EVT:llä
(54 %). Ero oli haaraisuudessa, joka lienee versoruosteen aiheuttamaa. Muut viat
olivat yhtä yleisiä molemmilla tyypeillä. Vikaisuutta oli kuokka- ja konelaikutus-
aloilla 20 % enemmän kuin äestys- ja aurausaloilla. Nuorimmassa ikäluokassa
vikaisuutta (poikaoksa, koro) oli vähän enemmän kuin muissa ikäluokissa.

Teknisen laadun silmävaraisen arvioinnin ohjeeksi sovellettiin normaaleja sa-
hapuun luokitusohjeita. Kokoerosta huolimatta arviointitapa oli käyttökelpoinen.
Normaaliksi luokiteltiin puu, jossa ei ollut selvää paksuoksaisuutta eikä muita sa-

hapuulle haitallisia ominaisuuksia. Niitä oli vain 12 %, eli 88 %:ssa oli vikaa. Hyvin todennäköistä on, että ennen päätehakkuuta luvut muuttuvat ratkaisevasti, ehkä jopa päinvastaisiksi. Tuloksissa korostuvat oksaisuuden, mutkaisuuden ja haaraisuuden runsaus. Paksuoksaisiksi luokitettiin 37 % puista. VMT oli tässä kohden parempi kasvupaikka kuin EVT, mikä poikkeaa yleisesti todetusta viljavuuden oksien paksuutta lisäävästä vaikutuksesta. Kone- ja kuokkalaikutusaloiilla oksaisuus oli selvästi vähemmän haitallista kuin äestetyillä ja auratuilla aloilla.

Paksuimman oksan paksuuden mittaaminen antoi metsätyypeille paksuoksaisuuden silmävaraisarviosta poikkeavan tuloksen. VMT:llä mitattu oksan paksuus oli 20 mm ja EVT:llä 17 mm. Mittausta ei kuitenkaan tehty samasta asiasta, sillä silmävaraisesti arvioitiin kaikkien oksien paksuus koko puun mitalta. Hajakylvöissä paksuin oksa (mitattu) oli keskimäärin 18 mm, vakokylvössä 15 mm, kennotaimilla 20 mm ja paljasjuuritaimilla 22 mm. Aurasaloilla paksuin oksa oli vähän ohuempi kuin muualla. Täällä oli merkitystä. Paksuin oksa oli nuorimmissa taimikoissa 18 mm, vuotta vanhemmissa 19 mm ja vielä vuotta vanhemmissa 20 mm.

Oksan paksuuden suureen keskiarvoon vaikutti se, että oksaksi luettiin myös poikaoksat ja haarat, joita oli 29 %:ssa taimia aikaisempien vuosien versoruosteen ja muitten tuhojen jäljiltä. Yli 25 mm:n paksuisia oksia oli 20 %:ssa puita. On todennäköistä, että mikään niistä ei ole normaali oksa, vaan nimenomaan poika-oksia tai haara. Ilman niitä paksuimpien oksien keskipaksuus on 16 mm.

Lenkous mitattiin rungon suurimpana etäisyytenä tyvipisteen ja kolmen metrin korkeuden välisestä suorasta. Koska pääosa puista oli vielä alle kolmimetrisiä, arvioitiin niiden rungon kasvavan viimeisten latvakasvainten suuntaan eli yleensä pystyyn. Puista oli suoria 83 %. Lopuissa 17 %:ssa keskimääräinen lenkous oli 5 cm. Seuraavat luvut koskevat näitä lenkoja puita. Metsätyypeillä ei ollut eroa. Hajakylvötaimet olivat suorimpia (lenkous 3 cm), sitten tulivat vakokylvötaimet (4 cm), paljasjuuritaimet (5,5 cm) ja kennotaimet (6 cm). Muokkauksista kuokkalaikutus oli huonoin (7 cm) ja auraus vähän muita parempi (4 cm). Vuosiluokilla oli noin puolen sentin ero. Nuorin oli lengointa. Mikään näistä keskimääräisistä lenkouksista ei estä puun kehittymistä sahapuukelpoiseksi tyvestä alkaen. Kuitenkin lengoimmat puut tulevat aikanaan olemaan tyviosaltaan sahapuuksi kelpaamattomia, sillä joissakin puissa lenkoutta oli jopa yli 20 cm. Jos arvioidaan, että yli kymmenen sentin lenkous ei enää oikene riittävästi siitä huolimatta, että puu keskittää paksuuskasvuun koveralle puolelle, menetetään tutkimuksen aineistossa 1,9 %:ssa puista jonkin verran sahatukin paksuista puuta tyveyksinä kuitupuun luokkaan. Koska lengoimmat puut pyritään poistamaan harvennushakkuissa, voidaan lenkouden taloudellinen merkitys unohtaa.

Muokkaustavalla oli lievä vaikutus tuhoihin ja rungon teknisiin ominaisuuksiin. Metsäauraus osoittautui parhaaksi ja laikutukset keskimäärin heikoimmiksi. Vaikka auraus lisää typen mobilisoitumista ja siten rehevöittää kasvua, oli auraus-alueitten taimikoissa vähiten tuhoja ja vikaisuutta, tekninen laatu yleensä oli paras ja lenkous lievintä. Myös paksuin oksa oli keskimäärin ohuempi kuin muilla muokauskaistoilla. Mitään ravinnehäiriöitä ei myöskään havaittu. Kallistuneita puita aurasaloilla ei ollut yhtään.

Taimilajien väliset erot

Taulukko 9. Tuhot ja viat taimilajeittain vuonna 1990.

	Hajakylvö	Vakokylvö	Kennotaimet	Paljasj. taimet
<i>Tuhonaiheuttaja</i>				
Ei tuhoja	70	57	55	59
Versoruoste	7	16	10	7
Versosurma	17	17	23	21
Hirvi	2	4	5	5
Muut	4	6	7	8
<i>Tuhoaste</i>				
Tuho on, ei haittaa	4	8	5	7
Lievä haitta	12	20	19	18
Paha haitta	14	15	20	16
<i>Vikaisuus</i>				
Ei vikoja	57	46	35	30
Haarainen	17	18	25	24
Poikaoksa	6	4	9	12
Mutkainen	12	22	24	26
Koroinen	8	9	7	8
Muu	-	1	0	0
<i>Tekninen laatu</i>				
Normaali	25	17	7	5
Oksainen	41	38	37	36
Oksainen ja mutkainen	15	21	26	31
Oksainen ja haarainen	13	8	15	13
Oksainen, mutkainen ja haarainen	6	11	11	13
Muu	1	5	4	3

Hajakylvötaimissa oli vähiten tuhoja ja vikoja (taulukko 9). Toiselle sijalle tulivat vakokylvötaimet. Kennotaimilla ja paljasjuuritaimilla ei ollut mainittavaa eroa. Versoruostetta oli eniten vakokylvöruuduilla, versosurmaa istutusaloilla ja hirvi-tuhoja samoin istutusaloilla. Pahinta tuhoastetta (mutka) oli eniten kennotaimissa. Haaraisuutta, poikaoksia ja mutkaisuutta oli hajakylvöillä yhteensä 35, vakokylvöillä 44, kennotaimiruuduilla 58 ja paljasjuuritainten ruuduilla 62 prosentissa taimia. Tekninen laatu oli hajakylvöksillä selvästi paras ja vakokylvöksillä yhtä selvästi toiseksi paras. Normaaleiksi luokiteltuja oli vain 13 % koko aineistosta. Lukujen mukaan onkin normaalia, että taimissa on vikoja ja vaivoja.

Alueelliset erot

Tuhoja oli 40 %:ssa taimia. Joillakin tuhonaiheuttajilla oli selvä alueellinen painottuminen (taulukko 10). Niiden erilaisista prosenttiluvuista riippumatta vain versosurma oli kaikilla paikkakunnilla ainoa todellinen riski. Kuhmossa 54 %:ssa VMT:n taimia oli versosurmaa, EVT:llä 22 %:ssa. Kuhmossa lopullinen metsitty-

minen on siis vielä hyvin epävarmaa. Muita tuhoja Kuhmossa oli vain neljännes siitä mitä muualla. Versoruosteen yleisyys Haapajärvellä johtuu haavan korkeasta osuudesta metsissä ja – perkauksista huolimatta – sen yleisyydestä koekentillä. Metsätyypeillä ei tässä asiassa ollut eroa. Hirven runtelemlia oli VMT:n taimista Haapajärvellä 10 % ja Kuivaniemellä 16 %. Muuallakin vähät hirvituhot kohdistuivat VMT-taimiin. Syynä lienee hirviä houkuttelevan vesakon enemmyys tuoreella maalla.

Taulukko 10. Tuhot eri paikkakunnilla vuonna 1990. Luvut prosentteja paitsi alinna oksan paksuus ja puun lenkous ovat mitattuja arvoja.

	Haapajärvi	Kuhmo	Kuivaniemi	Taivalkoski
<i>Tuhonaiheuttaja</i>				
Tuhoa ei ole	61	56	61	63
Versosurma	9	38	17	15
Versoruoste	18	4	5	10
Hirvi	5	1	11	0
Muut	7	1	7	12
<i>Tuhoaste</i>				
Tuho ei haittaa	4	11	5	4
Lievä haitta	18	17	15	19
Paha haitta	16	16	19	14
<i>Vikaisuus</i>				
Ei vikaa	35	43	43	43
Haaroittunut	30	19	21	18
Poikaoksa	12	4	6	10
Runkomutka	21	21	21	19
Koro ja kolouma	2	12	8	10
Muut	0	0	0	-
<i>Tekninen laatu</i>				
Normaali	15	17	5	9
Paksuoksainen	28	35	48	45
Oksainen ja mutkainen	20	23	25	32
Oksainen ja haarainen	15	13	15	6
Oksainen, mutkainen ja haarainen	17	8	6	8
Muu	7	4	-	1
Paksuin oksa, mm	22	16	19	17
Lenkous, cm / 3 m	6	4	5	6

Puut olivat vikaisimpia Haapajärvellä (65 %, taulukko 10). Haaroittuminen ja poikaokset olivat siellä haitallisimmat. Syynä on haavan levittämä versoruoste 1980-luvulla.

Teknisen laadun luokituksessa vain 5 % Kuivaniemen taimista sai arvosanan normaali. Taimikko oli siellä keskimäärin paksuoksisempaa kuin muualla. Muuallakaan tulos ei yltänyt edes tyydyttävälle tasolle. Yleinen haaraus ja mutkaisuus osoittavat sen, että taimilla on alkuvuosina voitettavanaan monia haittatekijöitä, ja eri tuhonaiheuttajat estävät merkittävästi taimikoiden tervettä kehitystä.

Maantieteellisen sijainnin vaikutus ei ole tuhoissa, vikaisuudessa ja laadussa nähtävissä siitä huolimatta, että Taivalkosken koekentät ovat männyn sopeutumisrajan kylmemmällä puolella. Elossaoloon sijainti vaikutti selvästi. On ilmeistä, että pohjoisessa taimet ovat pahemman stressin alaisia kuin etelämpänä, ja niitä kuolee runsaammin, mutta eloon jääneissä ei sen jälkeen voi silmävaraisesti havaita terveys-, vikaisuus-, kunto- ja laatueroja eri paikkakuntien välillä. Tiedetyt tuhot ovat yleisiä niille soveliaassa ilmastossa ja niiden osuus taimikuolleisuudessa ja vaurioissa on suurempi kuin niille vähemmän soveltuvalla vyöhykkeellä. Ilmeisesti tämän tutkimuksen koekentät ovat ilmastollisesti niin yhtenäistä boreaalisen havumetsävyöhykkeen osaa, että mitään ratkaisevia eroja tuhonaiheuttajien yleisyydessä ja tuhoissa ei ole.

7 Metsänviljelyn tulokseen vaikuttavat kasvupaikkatekijät

Koetaimikoiden kasvuun ja elossapysymiseen vaikuttavia tekijöitä ja niiden merkitystä eri maankäsittelymenetelmin ja viljelytavoin käsitellyillä koeruuduilla pyrittiin selvittämään regressio- ja korrelaatioanalyysien avulla. Analyyseissa tarkasteltiin seuraavien tekijöiden yhteyttä taimikoiden eloonjäämiseen ja pituuskehitykseen:

- lämpösummat viljelyvuonna ja seuraavana vuonna touko- ja kesäkuulta sekä koko kasvukaudelta lähimmän säähavaintoaseman mittausten mukaan
- viljelyvuoden sademäärä touko- ja kesäkuulta sekä koko kasvukaudelta
- koealan korkeusasema merenpinnasta lukien.

Liitteessä 9 olevassa korrelaatiomatriisissa esitetään mainittujen kasvupaikkatekijöiden ja vuonna 1987 mitattujen koetaimikoiden elossaolosadannesten sekä keskipituuksien väliset korrelaatiot. Kasvupaikkatekijöiden merkitystä testattiin myös askeltavalla regressioanalyysillä, jonka tulokset esitetään liitteessä 10.

Tarkasteltaviksi valituista taimikoiden eloonjäämistä ja pituuskehitystä selittävästä muuttujista todettiin tärkeimmäksi viljelyvuoden lämpösumma. Muiden selittävien muuttujien korrelaatiot ja vaikutus selitysasteeseen olivat selvästi pienempiä.

8 Koealojen kasvillisuus

Kultakin vuonna 1976 viljellyltä koeruudulta arvioitiin syksyllä 1986 silmävaraisesti pensas-, kenttä- ja pohjakerroksen peittävyys sekä määritettiin niissä esiintyvät lajit ja arvioitiin näiden runsaussuhteet. Arvioinnin karkeuden vuoksi kasvilajien runsaussuhteita ei esitetä numeerisessa muodossa.

Pensaskerroksen peittävin laji oli hieskoivu (*Betula pubescens*). Haapajärven koekentillä esiintyi myös runsaasti rauduskoivua (*Betula pendula*). Harmaaleppää (*Alnus incana*) tavattiin vain Haapajärvellä, missä sitä oli VMT:llä yleisenä ja EVT:llä niukkana. Haapaa (*Populus tremula*) esiintyi kaikilla paikkakunnilla molemmilla metsätyypeillä paikoin runsaastikin. Sitä oli vähiten auratuilla koealoilla, joilta se puuttui joskus kokonaan. Pajuja (*Salix* sp.) oli satunnaisesti, mutta niitä tavattiin jokseenkin yhtä usein kummallakin tyyppillä. Maankäsittelyllä ei havaittu olevan vaikutusta pajujen esiintymiseen. Runsaimmin niitä oli Haapajärven VMT-kankaan koekentällä. Pihlajan (*Sorbus aucuparia*) esiintyminen oli niin ikään satunnaista. Kuhmon koekentiltä sitä ei tavattu lainkaan. Yleisiä kaikilla paikkakunnilla ja molemmilla metsätyypeillä, mutta useimmiten peittävyydeltään vähäisiä, olivat myös kataja (*Juniperus communis*) ja kuusi (*Picea abies*). Pensaskerroksen keskipituus vaihteli ruuduittain 0,5–2,5 m:n välillä ja tiheys 0–4 000 kpl/ha. Runsaslajisin ja elinvoimaisin pensaskerros tavattiin Haapajärven koealoilta. Taimikonhoito on vaikuttanut pensaskerroksen lajien menestymiseen ja runsaussuhteisiin. Mekaanis-kemiallista ja kemiallista taimikonhoitoa on toteutettu kaikilla koealoilla; menetelmä ja ajankohta ovat vaihdelleet vesakon haittaavuuden mukaan (luku 2.2).

Silmävaraisesti arvioitu kenttäkerroksen kasvillisuuden peittävyys vaihteli välillä 50–90 %. VMT-koekentillä peittävyys oli lievästi suurempi kuin EVT-kankaalla. Paikkakuntien välillä havaittiin selvä ero peittävydessä; järjestys peittävimmästä harvimpaan oli Haapajärvi–Kuivaniemi–Kuhmo–Taivalkoski. Pohjoisuuden ohella myös pohjaveden pinnan läheisyys ja maaston korkeus vaikuttavat pintakasvillisuuden runsauteen. Maankäsittelykaistojen väliset erot eivät olleet aivan säännönmukaisia. Useimmiten aurattujen alojen kenttäkerroksen peittävyys oli pienin ja kuokkalaikutettujen suurin. Maankäsittelyllä ei havaittu olevan tiettyjä kasvilajeja suosivaa tai rajaavaa vaikutusta.

Ylivoimaisesti peittävin kenttäkerroksen laji oli metsälauha (*Deschampsia flexuosa*). Se esiintyi kenttäkerroksen valtalajina useimmilla ruuduilla sekä VMT-että EVT-kankaalla. Muita heiniä ei juuri tavattu, lukuunottamatta Haapajärvellä paikoin runsaakin esiintyvää metsäkastikkaa (*Calamagrostis arundinacea*). Sen peittävyys oli suurempi VMT-kankaalla. Maitohorsma (*Chamaenerion angustifolium*) oli yleinen kaikilla paikkakunnilla. VMT-koekentillä se oli joillakin ruuduilla valtalajina, erityisesti Haapajärvellä.

Varpujen merkitys kasvoi selvästi tuoreelta kuivahkolle kankaalle siirryttäessä. Yleisimmät ja peittävimmat niistä olivat puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*) ja mustikka (*Vaccinium myrtillus*), jotka saavuttivat muutamilla EVT-kankaan koeruu-

duilla valtalajin aseman. Juolukan (*Vaccinium uliginosum*), kanervan (*Calluna vulgaris*) ja suopursun (*Ledum palustre*) sekä variksenmarjan (*Empetrum sp.*) esiintyminen ja peittävyys vaihtelivat laajemmin. Kuhmon koekentiltä ei tavattu juolukkaa, mutta kanerva oli siellä erittäin yleinen. Se oli useilla ruuduilla valtalajina sekä VMT- että EVT-kankaalla. Saroja (*Carex sp.*) tavattiin muutamilla ruuduilla kaikilla paikkakunnilla molemmilta metsätyypeiltä. Ne saattoivat esiintyä pienialaisesti peittävimpanä lajina. Kevätippiä (*Luzula pilosa*) oli harvakseltaan useimilla koeruuduilla. Tässä mainitsematta jääviä muitakin lajeja esiintyi satunnaisina joissakin ruuduissa.

Pohjakerroksen kasvillisuuden peittävyys vaihteli useimmilla koeruuduilla välillä 70–100 %. Aurauspalteilla peittävyys olivat pienimmät. Auranvaoissa pohjakerroksen kasvillisuuden peittävyys oli selvästi em. lukuja pienempi, mutta paikkakuntien välinen vaihtelu oli vakojen osalta huomattava. Pohjakerroksen valtalajeina vuorottelivat karhunsammalet (*Polytrichum sp.*) ja seinäsammal (*Pleurozium schreberi*).

Karhunsammalet muodostivat paikoin laajan patjamaisen kasvuston, joka tukahdutti kaikki muut kasvit sisäänsä, männyntaimet mukaanluettuina. Eniten tätä tuhoa oli Kuivaniemen EVT-koealan alavissa osissa. Kynsisammalia (*Dicranum sp.*) esiintyi yleisesti, mutta ei säännöllisesti. Kosteimmissa kohdissa saattoivat rahkasammalet (*Spaghnum sp.*) peittää suurehkon osan tietystä ruudusta. Jäkälää (*Cladonia sp.*) tavattiin säännöllisesti kaikilla paikkakunnilla. Niiden peittävyys kasvoi VMT-kankaalta EVT-kankaalle siirryttäessä.

9 Tulosten tarkastelu

9.1 Maankäsittelyn vaikutus taimikoiden kehitykseen

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan maankäsittelymenetelmän voimakkuuden vaikutus metsänviljelyn onnistumiseen on vähäinen ja taimien pituuskasvuun selvempi. Muissa kotimaisissa tutkimuksissa on tässä asiassa saatu vaihtelevia tuloksia. Useimpien selvitysten mukaan tehokkaalla maanmuokkauksella on saavutettu parempia tuloksia sekä eloonjäämisessä että pituuskehityksessä kuin kevyemmällä, lähinnä kivennäismaan paljastamiseen pyrkivillä menetelmillä (Tasanen 1981 ja 1982, Parviainen 1984, Valtanen & Engberg 1987, Kinnunen 1989, Valtanen ja Lehtosaari 1991). Lapissa tehdyissä metsänviljelykokeissa auraus vaikutti suotuisasti istutuksen onnistumiseen, mutta kylvön menestyminen auraisaloilla oli selvästi heikompi mm. rousteen ja kuivuuden takia. Kylvö onnistui istutusta paremmin kulotetuilla, laikutetuilla ja äestetyillä uudistusaloilla (Pohtila 1977, Pohtila & Pohjola 1985). Kainuun ja Koillismaan korkeilla mailla tehdyssä 13 ikävuoteen asti seuratussa kokeessa olivat kuusen, lehtikuusen ja rauduskoivun taimet menestyneet keskimäärin paremmin auratuilla kuin äestetyillä koealoilla. Männyllä tulokset olivat huonot muokkaustavasta riippumatta (Valtanen 1992). Kokeen mukaan mänty ei ole korkeitten maitten puulaji.

Saksan (1986, 1987, 1989) inventointitutkimusten mukaan voimakkaalla maanmuokkauksella ei saavuteta selvästi parempaa männyn eloonjäämistä kuin kevyemmällä menetelmillä. Taimikoiden pituuskehitys on puolestaan nopeampaa voimakkaasti muokatuilla kohteilla. Muokkauksen peittävyys on muokkausmenetelmää tärkeämpi tekijä. Peittävästi muokatuilla aloilla on helpompi löytää riittävästi kunnollisia viljelykohtia. Taimikon viljelytiheys muodostuu yleensä suuremmaksi kuin vähemmän peittävästi muokatuilla aloilla. Samaten luontaisten taimien määrä kasvaa muokkauksen peiton kasvaessa. Valtasen ja Lehtosaaren (1991) mitausten mukaan männyn viljelytiheys, elossaolosadannes, luontaisen aineksen määrä ja taimien pituus ovat sitä suuremmat mitä voimakkaampaa muokkausta on käytetty.

Myös ulkomaisissa tutkimuksissa on saatu vaihtelevia tuloksia maankäsittelyn voimakkuuden vaikutuksesta viljelytulokseen. Pohjois-Ruotsiin, Lyckseleen, sijoitetussa maankäsittelymenetelmien vertailukokeessa todettiin menetelmän vaikuttavan selvästi enemmän männynntaimien pituuskasvuun kuin eloonjäämiseen. Koejäseninä olivat piennarauraus, laikkuihin ja humuksen päälle tehty mättäät, lautasauraus ja konelaikutus sekä istutus käsittelemättömään maahan. Vertailu tehtiin tarkastelemalla taimien eloonjäämistä, pituuskasvua ja niissä esiintyviä tuhoja neljän viljelyä seuraavan kasvukauden ajan. Kaikki nämä tekijät huomioonottaen laikkuihin tehty mättäät havaittiin parhaaksi kasvualustaksi, joskin ero aurauksen palteeseen ja pientareeseen oli hyvin pieni. Taimien eloonjäämisessä eivät erilaisille muokkausaloille perustetut taimikot poikenneet toisistaan merkitsevästi 1 %:n riskillä. Sen sijaan kokonaan käsittelemättömille aloille ja muokatuille kohteille istutettujen taimikoiden välillä oli ratkaiseva ero eloonjäämiskehityksessä.

Pituuskehitys oli nopeinta voimakkaimmin muokatuilla aloilla ja hitainta käsittelemättömillä. Savimailla mättäiden käyttöä ei suositella kuivumisriskin vuoksi (Söderström ym. 1978).

Örlander (1986) on vertaillut männyntaimien vesitaloutta eri maankäsittelymenetelmiä käytettäessä. Hänen selvitystensä mukaan taimien vedenotto-kyky heikenee useiksi vuosiksi istutuksesta lukien, mikä saattaa olla selitys lukuisille käytännössä esiintyneille istutusten epäonnistumisille. Paras vedenotto-kyky saavutettiin laikkuihin (ja yleensä kivennäismaan päälle) tehdyissä mättäissä. Sitä vastoin käännetyn humuksen päälle tehtyt mättäät – jotka vastaavat aurauksen palleita – osoittautuivat epäedullisiksi kasvualustoiksi kuivina kausina (Söderström ym. 1978).

Baijerissa Saksan liittotasavallassa tehty maankäsittelytutkimus (Burschel ym. 1977) osoittaa myös, että käsittelyn voimakkuuden kasvu parantaa männyntaimien pituuskasvua ja biomassan kasvua taimikoiden alkukehitysvaiheessa. Tutkijat suosittelevat kuitenkin avohakkuiden välttämistä ja kehottavat käyttämään uudistamismenetelmiä, jotka eivät edellytä voimakasta maankäsittelyä. He perustelevat kantaansa kokeissaan havaitsemillaan maan ravinnetasapainon ja vesitalouden häiriöillä, sekä orgaanisen hiilen ja typen menetyksillä.

Brittein saarten ja Suomen olosuhteet ovat metsän kasvatuksen kannalta tärkeiden ekologisten tekijöiden osalta varsin erilaiset. Siksi englantilaisten maanmuokaus- ja kaustutkimusten tulosten soveltamiseen Suomessa on suhtauduttava varauksella. Wilsonin ja Pyattin (1984) viljelykoe on kuitenkin maininnan arvoinen epätavallisen pitkän seurantajaksonsa vuoksi. Erilaisilla, meillä käytettävistä jonkin verran poikkeavilla menetelmillä muokattuja koealoja seurattiin 30 vuoden ajan. Ensimmäiseltä toiselle vuosikymmenelle siirryttäessä muokkausmenetelmien paremmuusjärjestys taimikoiden kasvun suhteen muuttui alkuvuosiin nähden päinvastaiseksi. Kolmannella vuosikymmenellä taimikoiden pituuserot olivat tasoittuneet merkityksettömiksi, mutta kuutiokasvussa oli parhaan ja heikoimman menetelmän välillä 20 %:n ero. Tutkijat tulivat siihen tulokseen, että johtopäätöksiä metsänviljelykokeiden tuloksista on järkevää tehdä aikaisintaan, kun taimikoiden kasvua on seurattu 20 vuotta.

Useimmissa kotimaisissa viljelykokeisiin perustuvissa tutkimuksissa johtopäätökset maankäsittelyn voimakkuuden vaikutuksesta viljelyn tulokseen on tehty lyhyehkön, yleensä alle 10 vuoden seurantajakson tuottamien havaintojen pohjalta. Näin lyhyt seurantajakso on riittävä ainoastaan taimikoiden alkukehitykseen liittyvien ilmiöiden selvittämiseen. Kun viljely- ja kasvatusketjujen tavoitteena on viime kädessä tukkipuun tuottaminen, on perusteltua seurata koemetsiköiden kehitystä taimikkovaihetta pitemmälle. Jos toisaalta jotakin menetelmää käytettäessä tulos on huono alusta alkaen, se ei voi myöhemmin muuttua hyväksi.

Tässä tutkimuksessa saatu tulos, männyn viljelytaimikoiden yhtäläinen menestys eri menetelmillä käsitellyillä uudistusaloilla, on osittain perusteltavissa seuraavilla seikoilla:

- Kuokkalaikutus tehtiin vasta viljeltäessä, kaikki konemuokkaukset sen sijaan ennen ensimmäistä viljelyä. Tästä on voinut olla etua kuokkalaikutusruutujen taimille.
- Taimikonhoitotöitä on tehty koealoilla selvästi tavanomaista useammin ja huolellisemmin. Myös tällä tekijällä on mahdollisesti maankäsittelyruutujen eroja tasoittava vaikutus.

Mainitut tekijät selittävät vain osittain maankäsittelyruutujen yhtäläisyyttä. On todettava, että taimikoiden kehitykseen vaikuttavat muut kasvupaikkatekijät – maaperä, ilmasto ym. – vaikuttavat niin voimakkaasti, että mikrotopografian muutoksiin johtavilla maankäsittelymenetelmillä ei ole syntynyt tilastollisesti merkitseviä eroja taimikoista mitattuihin eloonjäämis- ja kasvutunnuksiin.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyistä havainnoista ja muiden tutkimusten tuloksista voidaan todeta seuraavaa:

- Taimien eloonjäämiseen ja kasvuun vaikuttaa runsaslukuinen joukko ekologisia tekijöitä, joiden merkitys vaihtelee laajoissa puitteissa ajankohdan ja paikan muuttuessa. Tästä syystä maankäsittelymenetelmän, viljelymateriaalin tms. muuttujan merkitystä taimikoiden kehitykselle on erittäin vaikeata selvittää luotettavasti ja yleispätevästi (Huss & Scherer 1988).
- Kasvupaikkatekijöitä ja taimien fysiologista tilaa on mahdotonta vakiodia riittävästi maankäsittelymenetelmien ja viljelymateriaalien ja -tapojen vertailua varten. Sen sijaan niitä voidaan mitata maastossa yhä luotettavammin ja mittausaineiston avulla voidaan arvioida niiden merkitys laskennallisesti.
- Ekofysiologisen tutkimuksen edistyminen tuo jatkuvasti uusia menetelmiä kasvupaikan ja taimien tilan tutkimiseen; näiden menetelmien liittäminen tämän kaltaiseen vertailututkimukseen mahdollistaa nykyistä luotettavamman metsänviljelyn vaihtoehtojen vertailun (Larcher 1984).

Ruotsissa on tehty lukuisia kokeita maankäsittelymenetelmien vaikutuksesta metsänviljelyn onnistumiseen. Metsänviljelyn runkotutkimuksen kaltaista laajaa ohjelmaa ei siellä ole, mutta erillisiä kokeita koskevista selvityksistä voi tehdä sen johtopäätöksen, että ruotsalaisten tutkijoiden havainnot pääsääntöisesti tukevat tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia.

Örlander ym. (1990) vertailivat männyn ja kuusen eloonjäämistä ja kasvua 23 vuoden ikään saakka täyskynnetyllä ja kulotetulla viljelyalalla. Kasvupaikka oli kuiva jäkälätyyppi (torr lavtyp). Maalaji koealueella oli hiekkaa ja humuskerros ohut. Kyntö oli tehty 20 cm:n syvyyteen maatalousauroilla. Tämä muokkaus poikkeaa huomattavasti metsäauran työjäljestä. Se vastaa paremmin tässä tutkimuksessa mukana olleita lautasaurausta ja konelaikutusta, mutta on peittävämpi. Tutkimukseen liittyi myös vertailu käsittelemättömällä vertailualalla kasvaneeseen taimikkoon. Sekä eloonjääminen että kasvu olivat kynnetyllä alalla selvästi parempia kuin kulotetulla ja muokkaamattomalla viljelyalalla. Kulotusalalla taimet säilyivät elossa paremmin kuin muokkaamattomalla maalla. Pituus- ja tilavuuskasvu jäivät useimpien taimilajien ja alkuperien kohdalla heikoimmiksi kulotetulla alalla.

Tässä tutkimuksessa ei tarkastella maankäsittelymenetelmien ja viljelytapojen vaikutusta metsänviljelyn kokonaiskustannuksiin. Metsätehossa tehtiin tällainen vertailu maankäsittelymenetelmien osalta 1980-luvun lopulla (Hämäläinen 1990). Aineistona käytettiin Etelä-Suomeen sijoitettujen viljelykokeiden mittaustuloksia. Selvitys rajattiin männyn ja kuusen paljasjuurisiin taimiin, joista on olemassa eniten tietoa. Tavanomaisissa olosuhteissa lautasauraus todettiin lievästi edullisemmaksi kuin mätästys tai auraus. Vaikeissa olosuhteissa (rehevä tai veden vaivaama kasvupaikka) taimikon jälkihoitokustannukset erityisesti lautasaurauksessa lisääntyivät, jolloin auraus ja mätästys olivat selvästi edullisempia.

9.2 Viljelytavan vaikutus taimikoiden kehitykseen

Sekä elossaolosadannes että pituuskehitys olivat koulituilla kaksivuotisilla paljasjuuritaimilla (1M + 1A) parhaat. Yksivuotiset kennotaimet (1Mk) olivat selvästi heikompia, mutta menestyivät kylvöjä paremmin. Kylvömenetelmistä hajakylvö epäonnistui valtaosalla ruuduista täydellisesti. Tämä poikkeaa Wallin (1993) samalla maantieteellisellä alueella saamista tuloksista selvästi. Myös vakokylvön tulos oli heikko. Kun keskimääräisiä elossaolosadanneksia verrataan Metsähallituksen omille metsilleen Kainuussa ja Pohjanmaalla antamiin kasvatuskelpoisten taimikoiden tiheysvaatimukseen, todetaan täydennyksen tai viljelyn uusiminen valtaosalla koeruutuja tarpeelliseksi. Metsähallituksen (1990) metsien hoito-ohjeen mukaan täydennysraja on 70 %:n tiheydessä ja uusimisraja 40 %:n tiheydessä (1800 ja 1000 tainta/ha). Vain Haapajärven paljasjuuritaimet yltyvät keskimäärin täydennysrajan paremmalle puolelle. Metsäkeskus Tapion (1994) metsänhoitosuosituksissa rajat ovat alempana (1500 ja 500). – Kennotaimi- ja vakokylvöviljelyt ovat Metsähallituksen ohjeen mukaan täydennettäviä, ja hajakylvöt joudutaan uusimaan. Yksittäisillä osaruuduilla – yleensä vanhimmalla vuositoistolla – nämä kynnukset ylitetään.

Kylvön ja istutuksen vertailu

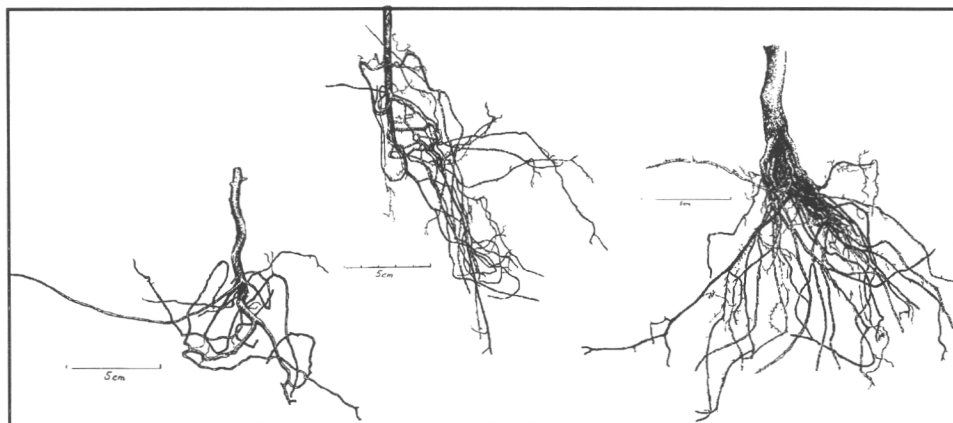
Useat muut tutkimukset tukevat saatuja tuloksia erityisesti istutuksen ja kylvön välisestä erosta (Tasanen 1982, Pohtila & Pohjola 1983, Valtanen & Engberg 1987). Vastakkaisiakin tuloksia on saatu eräistä Pohjanmaan–Kainuun -vyöhykkeelle sijoitetuista kokeista (Kubin 1989, Valtanen 1983).

Wall (1993) on tutkinut vuosien 1975–90 hajakylvöjen onnistumista Oulun läänissä 32 uudistusalalla. Tulokset ovat yleensä hyvät tai kiitettävät. Taimimäärä on lähes poikkeuksetta riittävä ja myös tilajärjestys on useimmiten vähintään tyydyttävä. Muokkauksen tehokkuus vaikutti taimimäärään siten, että taimia oli eniten aurasaloilla ja vähiten kuokkalaikutusaloilla. Pelkkä kulutus johti täydelliseen epäonnistumiseen. Näihin tuloksiin verrattuna hajakylvö tässä työssä epäonnistui täydellisesti. Eron syytä ei ole pystytty selvittämään. Esimerkiksi kylvöajan ja kasvukausien sääolot ovat sekä Wallin mittaamissa tapauksissa että tässä tutkimuksessa olleet tavanomaiset.

Lapissa tehdyissä viljelykokeissa saatiin tämän tutkimuksen kanssa yhtäpitävä tulos muokkauksen ja viljelyn välisen ajan vaikutuksesta. Varsinkin kylvösten taimettuminen heikkeni selvästi muokkauksen ja viljelyn välisen ajan pidentyessä (Pohtila & Pohjola 1985). Kyseisessä tutkimuksessa tarkasteltiin myös kylvön ajan kohdan, kasvupaikkatyypin sekä siemenmäärän vaikutusta hajakylvön onnistumiseen. Runsain taimettuminen saatiin kesäkuussa tehdyillä kylvöillä. Siementarpeen todettiin olevan kuivahkoilla, mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla 0,5–1 kg/ha ja kuusivaltaista metsää kasvaneilla tuoreilla kasvupaikoilla 2–6 kg/ha muokkausmenetelmästä riippuen.

Kinnunen (1977) pitää epävarmana riittävän tiheän taimikon syntymistä tavanomaisilla 2 000–2 500 kylvöpisteen hehtaari tiheyksillä. Edelleen hän toteaa kylvön olevan istutusta epävarmempi viljelymenetelmä suuremman hajontansa ja keskimääräisesti alemman onnistumissadanneksensa vuoksi. Kylvömenetelmien kehittämisellä on Kinnusen mielestä mahdollisuus parantaa kylvön kilpailukykyä istutuksen ja luontaisen uudistamisen rinnalla.

Kylvö- ja istutustaimien pituusero on säilynyt useimpien edellä mainittujen tutkimusten koealoilla selvästi havaittavana koko seurantajakson ajan. Uudistamisen lopputuloksen kannalta kylvön onnistumisen epävarmuutta on kuitenkin pidettävä istutus- ja kylvötainten pituuseroa tärkeämpänä seikkana.



Kuva 28. Taimen juuriston rakenne alkuvuosina riippuu taimen kasvatustavasta. Vasemmalla on 25 cm korkean kylvötaimen juuristo. Keskellä on japanilaisessa Fh 408 kennossa kasvaneen 20 cm korkean taimen juuristo. Taimitarhassa juuriston kasvu on pysähtynyt kennon seinään, ja sen aiheuttama juuriston muoto näkyy vielä kolme vuotta istutuksen jälkeen. Mainittavaa haittaa se ei aiheuta. Oikeassa kuvassa on 40 cm korkean paljasjuuritaimen juuristo neljä vuotta istutuksen jälkeen. Juuret on istutettu suppuun ahtaaseen kuokanrakoon. Haaroittuminen sivullepäin on hidasta. Kallistumisen vaara on suurempi kuin muilla taimilla. Piirtänyt Esa Jäälinoja.

Taimilajien vertailu

Männyn istutustaimilajien eloonjäämistä, pituuskasvua ja kuntoa sekä tuhonkestävyyttä on verrattu lukuisissa kotimaisissa ja ulkomaisissa tutkimuksissa. Eloonjäämisen suhteen tutkijat ovat saaneet vaihtelevia tuloksia eri taimilajeilla – sekä paljasjuurisilla että paakkutaimilla. Taimen koko on usein, mutta ei kaikissa olosuhteissa ratkaiseva tekijä eloonjäämisen kannalta. Erilaisia tuloksia saaneet tutkijat korostavat mm. seuraavia taimien eloonjäämiseen vaikuttavia tekijöitä, joihin tulee kiinnittää huomiota: taimien fysiologinen kunto (johon vaikuttaa niiden käsittely sekä taimitarhalla että kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana), istutustyön huolellisuus, version ja juuriston kasvun alkaminen suhteessa istutusaikankohtaan sekä kasvupaikan lämpö- ja vesiolot viljelyhetkellä ja viljelyä seuraavina ensimmäisinä kasvukausina (Pohtila & Pohjola 1983, Huss & Scherer 1988).

Tässä tutkimuksessa havaittiin paljasjuuriset koulitut taimet sekä eloonjäämisessä että pituudessa selvästi yksivuotisia kennotaimia paremmiksi. Tulosta voidaan pitää yleisestikin pätevänä, jos vertaillaan viljelyn onnistumista isoilla kouluilla taimilla ja pienillä kennotaimilla. Suuria paakkutaimia ei kokeessa ollut, koska niitä ei vielä tuotettu kaupallisesti 1970-luvun puolivälissä. Isojen paakkutainten menestymisestä on melko vähän tutkimustietoa. Saadut tulokset osoittavat niiden olevan yhtä luotettavia ja pituuskasvultaan samaa luokkaa kuin paljasjuuriset männyntaimet. Esimerkiksi Nisula-rullataimilla, joiden kaupallinen tuotanto jäi lyhytaikaiseksi, on saavutettu hyviä viljelytuloksia useissa kokeissa (Tasanen 1982, Valtanen & Engberg 1987, Huss & Scherer 1988). Pohtilan ja Pohjolan (1983) kokeissa Lapissa rullataimet olivat mukana ensimmäisessä kolmesta vuositoistosta. Niiden pituuskasvu oli männyn taimilajeista paras, mutta kuolleisuus oli suurempi kuin kylvö- ja kennotaimilla. Suuremman koon lisäksi rullataimien menestyminen muihin paakkutaimiin verrattuna saattaa johtua myös kuoren puuttumisesta paakun ympäriltä. Tällä on merkityksensä juuriston mahdollisuuksille levittäytyä tainta ympäröivään maahan. Juuriston kehitykseen vaikuttanee myös muista taimilajeista poikkeava tekniikka paakkujen käsittelyssä. Rullataimet kasvatettiin koulinnan jälkeen turverullissa, jotka käärittiin auki maastossa ja kullekin taimelle kuuluva paakkuosuus leikattiin tai revittiin irti yhtenäisestä turvenauhasta. Tämän seurauksena paakuissa oli kahdella sivulla runsaasti katkaistuja juurenkärkiä, jotka edistivät juurten haaroittumista (Nisula 1978). Alkuvuosien jälkeen menetelmää muutettiin siten, että jokainen juuristo sai oman erillisen turveannoksensa, jolloin juurten kasvu viereisen taimen juurten sekaan estyi.

Pelkästään pituuskehitystä tarkasteltaessa tämän ja useimpien muiden tutkimusten tulokset ovat yhdenmukaisia: istutushetkellä vallinneet taimilajien väliset pituuserot ovat yleensä säilyneet tutkimusten koko tarkastelujakson ajan (Tasanen 1982, Pohtila & Pohjola 1983, Parviainen 1984, Valtanen & Engberg 1987, Huss & Scherer 1988).



Kuva 29. Kylvö- ja istutustaimien ulkoinen laatu on ensiharvennukseen asti erilainen. Yläkuvassa on 20-vuotias hajakylvötaimikko kuokkalaikutusrudulla ja alakuvassa samanikäinen kennotaimiviljely aurausalalla. Istutustaimet ovat rungoltaan tyvekkäämpiä kuin kylvötaimet. Ero tasaantuu yleensä ensiharvennukseen mennessä. Kennotaimipuitten oksikkuus johtuu sekä istutuksesta että aurauksesta, jonka takia maassa on ollut runsaasti typpeä. Taivalkoski, EVT. Jukka Valtanen.

9.3 Muokkauksen vanhenemisen vaikutus

Koealat viljeltiin 1–3 talvea muokkauksen jälkeen, joka tehtiin syksyllä 1974. Poikkeuksena oli Kuivaniemen koekenttien äestys, joka tehtiin vasta keväällä 1975 juuri ennen viljelyä. Toinen poikkeus oli kuokkalaikutus eli muokkaamaton koejäsen, jossa kuokkalaikut tehtiin vasta viljeltäessä. Hajakylvöruuduilla ei tehty edes kuokkalaikutusta.

Muokkauksen vanhentamisen ja viljelyn lykkäämisen tarve tuli esille metsäaurauksen yleistessä 1960-luvun loppupuolella. Arvioitiin, että eritoten palteen tiivistyminen humuksen maatuessa on tarpeellista, koska palteesta häviää silloin liika ilmavuus ja samalla syntyy kapillaariyhteys pohjamaahan. Taimien vedensaan- nin otaksuttiin näin tulevan turvatuksi. Tämä asia otettiin tutkittavaksi nyt esillä olevaa tutkimusta viisi vuotta aikaisemmin perustetussa Metsänviljelyn runkotutkimus 1:ssä, jossa maankäsittelynä kaikilla koealoilla oli metsäauraus. Koska sen tuloksia ei vielä ollut käytettävissä, otettiin asia uudestaan selvitettäväksi tässä työssä.

Metsänviljelyn runkotutkimus 1:ssä odotusaika vaikutti kylvöön, mutta ei kennotaimien ja paljasjuuristen tainten istutustulokseen. Kylvön tulos aleni 50 %:sta 40:een (Valtanen & Engberg 1987). Nyt esillä olevassa työssä tulos oli samansuuntainen. Hajakylvön tulos aleni vuosisarjana 34 – 19 – 13 % ja vakokylvön 44 – 38 – 28 %. Hajakylvön tulos aleni jyrkästi myös muokkaamattomilla osaruuduilla, missä mitään muokkauksen vanhenemista ei tapahtunut. Samoin oli vakokylvön laita kuokkalaikutuksen osaruuduissa. Niissä kylvö tehtiin aina tuoreeseen muokkausjälkeen, mutta silti tulos huononi viljelyvuosittain sarjana 40 – 36 – 28 % eli hyvin samaan tapaan kuin konemuokkausten yhdellä kerralla muokatuilla ruuduilla. – Istutustulokseen odotusajalla ei kummassakaan tutkimuksessa ollut vaikutusta.

Koealojen perkaus oli normaalia intensiivisempää. Sillä ilmeisesti autettiin eniten nuorimman ikäluokan viljelyä. Heinästä oli haittaa vain Haapajärven VMT-koekentällä. Heinikko oli siellä korkeata ja tiheää lähes ensimmäisestä kesästä alkaen eikä sitä torjuttu mitenkään. Ensimmäisen vuoden viljelyt saivat muihin verrattuna kuitenkin pienen edun. Kuivaniemen EVT-koekentällä maan alavuuden takia karhunsammal kasvoi paikoin voimakkaana ja hukutti kylvötaimia vuosi vuodelta enemmän ja vähän myös nuorimman ikäluokan kennotaimia.

Viljelyn siirtämisestä ensimmäistä kevättä myöhemmäksi ei ollut siis mitään hyötyä, mutta kylvöille siitä oli ratkaiseva haitta. Käytännössä sama asia on todettu uudistusalojen nopean heinittymisen ja vesottumisen aiheuttamana haittana. Heti hakkuun jälkeen tehdyllä viljelyllä on parhaat onnistumisen mahdollisuudet.

9.4 Luontainen taimiaines

Koealoja hoidettiin normaaliin metsänhoitoon verrattuna tehokkaammin. Kaikille viljelytaimille pyrittiin varaamaan riittävä kasvutila, jossa ei ole häiritseviä luontaisia taimia. Toistuvissa perkauksissa poistettiin sen tähden kaikki viljelytaimien välittömässä läheisyydessä kasvavat luonnontaimet ja myös kauempana olevat etukasvuiset taimet, jotka yleensä olivat lehtipuita. Viljelytaimien kuollessa saat-

toi taimikkoon syntyä aukkoisuutta, jota ei olisi tullut ns. normaalissa metsänhoidossa.

Tehokkaasta perkauksesta huolimatta luontaista ainesta oli ja tuli jatkuvasti lisää. Niinpä kehityskelpoisuuden edellyttämät taimikkotiheydet täyttyivät viljelytaimien kuolemista huolimatta joillakin ruuduilla hyvin luontaisen taimiaineksen avulla. Silmävaraisesti arvioiden muokkauksessa paljastuneen kivennäismaapinnan ja siemensyntyisen luontaisen aineksen määrä olivat vahvassa riippuvuussuhteessa keskenään. Luonnontaimien määrässä oli kuitenkin laajaa vaihtelua, varsinkin havupuuntaimilla. Lehtipuiden, erityisesti hieskoivun, taimia esiintyi useimmilla koeruuduilla runsaasti. Niiden hyödyntäminen männyn viljelytaimikon täydentäjinä tulee kyseeseen lähinnä tuoreella kankaalla. Useissa inventoinneissa on havaittu luontaisten taimien muodostavan merkittävän osan käytännön metsänviljelyalojen kasvatuskelpoisista taimista (Leikola ym. 1977, Oikarinen ja Norokorpi 1986, Rautiainen ja Räsänen 1980, Räsänen ym. 1985, Valtanen ja Lehtosaari 1991).

9.5 Taimikoiden kunto ja tuhot

Parhaaseen eloonjäämiseen ja pituuskasvuun yltäneet paljasjuuriset taimet olivat parempikuntoisia verrattuna kennotaimiin ja erityisesti kylvötaimiin. Maankäsitelyn ei havaittu vaikuttaneen taimien kuntoon tai tuhojen esiintymisrunsauteen. Kunto- ja tuhokartoitukset tehtiin vuosina 1986 ja 1990. Vakavimmat tuhot olivat männynthalvihomeen ja männynversoruosteen aiheuttamia. Kylvötaimet ja paikoin myös kennotaimet kärsivät myös viereisten taimien aiheuttamasta kilpailusta. Eläintuhoja esiintyi hyvin vähän. Koetaimikoiden varhaiskehitysvaiheessa ei tehty järjestelmällistä tuhokartoitusta. Ensimmäisten inventointi- ja mittauskertojen yhteydessä todettiin taimikoissa esiintyvän myös versosurmaa, jota ei havaittu vuonna 1986 tehdyssä tuhokartoituksessa. Loppuinventoinnissa vuonna 1990 sitä oli taas paikoin runsaasti. Todennäköisesti myös taimien kuivumista aurasjäljen palteilla ja roustetuhoja on alkuvuosina esiintynyt. Erityisesti kylvötaimien kuoleminen merkittävin vaihe sijoittuu taimikoiden ensimmäisiin elinvuosiin.

Tämän tutkimuksen kanssa samalle alueelle sekä Lappiin sijoitettuun metsänviljelyn runkotutkimuksen ensimmäiseen vaiheeseen liittyi perusteellinen, viljelystä yhdeksän kasvukauden päähän yltävä kunto- ja tuhokartoitus (Heikkilä 1981, Valtanen & Engberg 1987). Kyseisissä kokeissa kylvötaimia kuoli alkuvuosina runsaasti kuivuuteen auran palteissa. Myös tukkikärsäkkäät, myyrät, rouste ja veden aiheuttama eroosio heikensivät ja tappoivat taimia ensimmäisinä vuosina. Erityisesti soistuneiden kankaiden auraspienareissa kylvötaimien menestymistä haittasivat märkyys sekä rahka-, seinä- ja karhunsammalet. Männynthalvihome oli nimenaan kylvöksille tyypillinen tuhonaiheuttaja.

Tämän ja edellä mainittujen tutkimusten tulokset taimikoiden kunnosta ja tuhoista ovat samansuuntaiset. Sienitaudit, erityisesti versosurma, männynthalvihome ja männynversoruoste, osoittautuivat pahimmiksi tuhonaiheuttajiksi. Näiden sieni-

tautien esiintyminen ja vaikutus jatkuvat varsin pitkään. Maankäsittelymenetelmien väliset erot tulivat esiin ensimmäisten viljelyä seuraavien kasvukausien aikana. Muokkaamattomia uudistusaloja vaivaavat usein hyönteistuhot, kun taas muokatuilla, erityisesti auratuilla aloilla esiintyy nimenomaan kylvötaimille koh- talokkaita abioottisia tuhoja. Istutustaimilajien välillä ei mainituissa tutkimuksis- sa todettu mainittavia eroja tuhoalttiuden suhteen. Tässä tutkimuksessa versosur- man merkitys etenkin varttuneissa taimikoissa osoittautui vuonna 1986 vähäisem- mäksi kuin mainituissa aikaisemmissa selvityksissä. Neljä vuotta myöhemmin sitä oli taas runsaasti etenkin Kuhmossa. Ero selittyy versosurman epidemialuontei- suudella.

Etelä-Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on yleisimmiksi männynntaimikkojen tu- honaiheuttajiksi todettu männynversoruoste, hirvi ja vesakon aiheuttama kilpailu. Näistä aiheutuvia vikoja ovat tavallisimmin mutkat ja ranganvaihdot (Rautiai- nen & Räsänen 1980, Räsänen ym. 1985).

9.6 Kasvupaikkatekijöiden merkitys

Taimien menestyminen riippuu ensi sijassa ilmastosta ja maaperästä. Ilmaston läm- pötila on tutkimuksen koekentillä vaikuttavampi tekijä kuin esimerkiksi sademää- rä, sillä Taivalkosken koekentät ovat männyn sopeutumisrajan eli ns. Pudasjärven linjan pohjoispuolella. Kuhmo ja Kuivaniemi ovat tällä linjalla ja Haapajärvi sen eteläpuolella. Kasvukautisessa sadannassa vastaavaa kynnysarvoa tutkimusalueella ei ole.

Ilmaston lämpötilan merkitys on tuloksista osaksi vaikeasti tulkittavissa. Haa- pajärvellä tosin taimikot ovat pisimmät, mutta muiden pitäjien välillä eroa ei juuri ole. Samoin elossaolo on Haapajärvellä korkein, mutta Kuhmossa se on lähes sama. Syynä eron pienuuteen lienee Haapajärven vaikeampi maaperä (kivisyys ja pohja- veden läheisyys) ja runsaampi heinäisyys. Toisaalta Kuivaniemellä ja Taivalkos- kella kuolleisuus on sama, vaikka lämpösummissa on 100 dd:n ero. Myös kasvain on Haapajärvellä pisin, mutta Taivalkoskella se on 13 % pitempi kuin Kuhmossa. Esimerkiksi maa-analyysin mukaan tämänsuuntaista eroa ei voida pe- rustella.

Maaperän vaikutusta voidaan tarkastella parhaiten silmävaraisen arvion perus- teella. Haapajärvellä VMT-koekenttä on muista poiketen keskimäärin isokivistä ja paikoin alavaa, ja vesi pysyy aurasvakojen pohjalla jopa yli kesän. EVT-koekent- tä oli istuttajan ja ilmeisesti nuoren taimenkin kannalta helpompaa maata. Ero näkyy myös tuloksissa. Loppuinventoinnissa vakokylvö- ja istutustaimia oli VMT:llä elossa 50 % ja EVT:llä 67 %. VMT:n vaikeat ominaisuudet tulevat esiin myös taimien pituudessa: VMT:n ja EVT:n taimet olivat jokseenkin samanpituisia (3,0 ja 2,9 m). Sen sijaan latvakasvaimen pituus osoittaa taimien VMT:llä pääs- seen alkuvaikeuksista eroon eli kasvupaikan perusviljavuus pääsee jo esiin taimi- en kasvussa. Kasvain on siellä 45 cm ja EVT:llä vain 36 cm. Alunperin arvioitu viljavuusero on tullut siis näkyviin 2,5–3 metrin pituusvaiheessa. Myös Kuiva- niemellä ja Taivalkoskella VMT:n edullisuus näkyy vuotuisessa pituuskasvussa.

Sen sijaan Kuhmossa tuhojen painottuminen VMT:lle on hidastanut sen koekentän taimien kehitystä, eivätkä EVT:n ja VMT:n taimikkojen tunnusluvut poikkea siellä toisistaan.

Ilvessalon (1967) mukaan Kainuussa luonnonnormaalin mäntymetsän valtipituus on EVT:llä 100 vuoden iässä 21 m. Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan Pohjanmaan–Kainuun alueella vastaava luku on 18 m ja VMT:llä 21. Varmola (1993) on selvittänyt viljelymänniköitten alkukehitystä luokittaen maan boniteetin H_{100} -menetelmällä. Varmolan mukaan männyn viljelytaimikoitten valtipituus on 10 vuoden iässä (biologinen ikä) 1,8 m, jos pituusboniteetti on 21, ja 1,4 m, jos pituusboniteetti on 18. Varmolan taulukot perustuvat taimikoihin, missä ei ole ollut pituuskehitystä hidastavia tuhoja. Ottaen huomioon Runkotutkimus 2:n koealoilla taimikoita vaivanneet runsaat tuhot näyttää Vuokilan & Väliahon pituusboniteettiluokitus $H_{100} = 18$ m olevan sovellettavissa EVT-koekenttien tuloksiin. VMT-koekenttien taimikoiitten parempi pituuskasvu tutkimusjakson lopulla viittaa siihen, että kasvupaikkojen valinta ja tyyppimääritys ovat tutkimusta perustettaessa olleet oikeat.

Korrelaatio- ja regressioanalyyseissä (v. 1987) ei minkään selittävän muuttujan vaikutus taimikoiden elossaolosuhteisiin ja keskipituuksiin korostunut erityisen voimakkaasti (liitteet 9 ja 10). Voimakkaimmat korrelaatiot kyseisten selitettyjen muuttujien kanssa sekä suurin regressioanalyysin selitysaste niiden suhteen oli viljelyvuoden lämpösummalla. Tässä tutkimuksessa käytetyt lämpösumma- ja sademäärähavainnot ovat peräisin lähimmiltä säähavaintoasemilta. Ne antavat varsin karkean, suuntaa-antavan kuvan koealojen lämpö- ja kosteusoloista. Aikaisemmissa selvityksissä, joissa näitä tekijöitä on mitattu suoraan koealoilta, on suurimmat lämpösummat mitattu tehokkaan maanmuokkauksen jäljestä, aurauspalteesta tai vastaavista kohoumista (Turtiainen & Valtanen 1970, Leikola 1974, Lähde 1978, Lähde ym. 1981). Kahteen viimeksimainittuun tutkimukseen liittyi viljelykoe, joissa havaittiin maan lämpötila parhaaksi taimien elossapysymistä ja kasvua selittäväksi tekijäksi.

Taimien vedensaantiin liittyvistä tunnuksista tarkasteltiin tässä tutkimuksessa ainoastaan viljelyvuosien sademääriä. Niiden korrelaatiot ja selitysasteet elossaolosuhteiden ja keskipituuksien suhteen osoittautuivat pieniksi, sillä vettä on yleensä Pohjois-Suomen metsänviljelyaloilla riittävästi taimien juuristojen tavoitettavissa maassa pitkälle kesään ulottuvan kevätkesteyden takia. Kylvötaimet ja pienikoiset istutustaimet saattavat kuitenkin kärsiä veden puutteesta aurauspalteissa tai mättäillä pitkinä poutakausina (Pohtila 1977, Heikkilä 1981, Valtanen & Engberg 1987, Repo & Valtanen 1994). Taimien mahdollisuus hyödyntää maassa olevaa vettä on yhteydessä maan huokostilaan, joka puolestaan on riippuvainen maalajista (Lähde ym. 1981). Taimien vedenotto-kyky on em. tekijöiden lisäksi riippuvainen myös maan lämpötilasta (Larcher 1984). Taimet pystyvät saamaan vettä helpommin lämpimästä kuin kylmästä maasta. Monimutkaiset yhteydet maan vesitalouden, lämpöolojen ja muiden maaperä- ja ilmastotekijöiden välillä eivät toistaiseksi ole riittävästi tunnettuja, jotta voitaisiin maankäsittelyn avulla taata taimille

optimaalinen vedensaanti erilaisilla kasvupaikoilla. Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu maankäsittelyllä olevan merkittävä vaikutus taimien vedensaan-
tiin uudistusaloilla, joilla on selvä kuivumisriski. Parhaiten taimet menestyivät
kohoumissa, jotka oli tehty kivennäismaalaikkuihin. Sen sijaan käännetty humus-
kerros kivennäismaakohouman alla heikensi ratkaisevasti taimien vedensaintia
(Söderström ym. 1978, Örlander 1986).

Rouste on hienojakoisilla mailla etenkin kylvöksillä paha tuhonaiheuttaja (Repo
& Valtanen 1994). Taimet nousevat maasta ensimmäisenä kylvön jäkeisenä syk-
synä tai seuraavana keväänä maanpinnan toistuvasti jäätyessä yöllä ja sulaessa
päivällä. Myös kennotaimet ovat sille alttiita, mutta paljasjuurisia taimia rouste
tuhooa harvoin. Tuho tapahtuu pääosaksi ensimmäisen talvikauden aikana. Toise-
na kesänä eloon jääneet taimet juurtuvat yleensä jo niin hyvin, että ne selviävät
seuraavan talven rousteesta. 20 %:n silttiosuus on jo riski kylvöksille. Tässä tutki-
muksessa maanäytteiden silttiosuus oli keskimäärin 10–15 %:n luokkaa ja vain
muutamassa nousi 17 %:iin. Siltti on mahdollista, että joillakin – etenkin alavilla –
kohdilla on tullut roustetuhoja. Niitä ei käytetyllä inventointitavalla voitu selvit-
tää, koska koealoja ei tarkastettu viljelyn jälkeen ensimmäisenä syysmyöhänä ja
seuraavana keväänä.

Kasvupaikan lämpösumman ja topografisen korkeuden vaikutus eivät tule tämän
tutkimuksen tuloksissa esille muuten kuin siten, että Haapajärvellä sekä elossaolo
että pituus ovat selvästi parhaat. Muut paikkakunnat ovat 950 dd:n linjalla tai sen
kylmemmällä puolella, ja niillä koekentillä taimien säilyminen ei enää välttämättä
seuraa lämpösummaa. Useissa muissa tutkimuksissa – käytännön metsänhoidon
työnä syntyneitten taimikoitten inventoinneissa – Kainuussa ja Koillismaalla sekä
taimien elossapysymisen että pituuden riippuvuus viljelykohteen korkeudesta on
ollut voimakkaan negatiivinen (Haverinen 1982, Pelkonen ym. 1982, Moilanen
1986 ja Hiltunen 1987). Lapissa tehdyssä viljelykokeessa saatiin samanlainen tu-
los (Pohtila & Pohjola 1983). Osa koekentistä oli sijoitettu erittäin ääreviin olo-
suhteisiin.

Pohjois-Suomen aurasaloilla on paikoin havaittu suotuisan alkukehityksen jäl-
keen, 10–15 vuoden kuluttua viljelystä, voimakasta taimien pituuskasvun ja kun-
non heikkenemistä sekä niiden nopeaa kuolemista. (Tikkanen & Raitio 1984). Il-
miön syyksi tutkijat olettavat ravinnetasapainon häiriön, fosforin ja typen puutok-
sen. Heikentyneiden taimien tuhoutumista nopeuttavat lumituhot ja erilaiset tau-
dit. Auraspalteiden ravinnetaloutta tutkittaessa on havaittu selviä eroja verrattu-
na käsittelemättömään metsämaahan fosforin ja sitä sitovien rauta- ja alumiiniyh-
disteiden esiintymisessä ja käyttäytymisessä (Tikkanen 1985). Nämä havainnot
eivät kuitenkaan vielä ole riittäviä vahvistamaan maassa tapahtuvien ravinnetasa-
painon muutosten ja taimissa esiintyvien kasvuhäiriöiden yhteyttä. Taimien kuo-
leminen on nimittäin ollut vähintään yhtä runsasta myös lievemmin muokatuilla
uudistusaloilla.

Tässä tutkimuksessa ei analysoitu ravinteita auraspalteesta tai muista muokkaus-
jäljistä. Maanäytteet otettiin koskemattomasta maasta muokkausjälkien välistä
vuonna 1978, neljä vuotta muokkausten jälkeen. Niistä tehdyt ravinneanalyysit

(luku 4.2) kuvaavat koeruutujen kivennäismaan pintakerroksen ravinnepitoisuuksia käsittelemättömässä maassa viljelyn jo tapahduttua. Tulosten perusteella ei voida tulkita elossaolosadanneksen tai pituuskehityksen eroja paitsi siten, että VMT:n korkeampi ravinteisuus näkyy viimeisessä inventoinnissa parempana pituuskasvuna. Analyysien tuloksia voidaan käyttää myös vertailuaineistona, jos muokkausjäljistä tehdään ravinneanalyyssejä myöhemmin. Toistaiseksi koealoilta ei ole löydetty viitteitä esimerkiksi ravinnepuutosten aiheuttamista kasvun taantumisista tai taimikuolemista. Kokonaan pois suljettu ravinnepuutosten mahdollisuus ei kuitenkaan ole. Sienitautien, erityisesti männynaltavhomeen, heikentämistä ja tappamista taimista on erittäin vaikea havaita muiden tekijöiden osuutta. Taimien kuolemista tapahtuu koealoilla edelleen, eli lopullista vakiintumisen astetta ei vielä 15 vuoden iässä ollut saavutettu.

Ruotsalaiset tutkijat (Bäcke ym. 1986) ovat laatineet perusteellisen teoreettisen analyysin erilaisten maankäsittelyjen soveltuvuudesta erilaisille kasvupaikkatyypeille. Analyysissa tarkastellaan kuutta periaatetta, ja ne peittävät myös yleisimmät Suomessa käytetyt menetelmät. Menetelmien sopivuuden kriteereinä ovat vaikutus taimikon perustamisvaiheessa ja myöhempi puuntuotoskyky. Avaintekijöitä ovat maan kosteus ja lämpötila sekä ravinteiden vapautuminen taimien käyttöön. Analyysin pohjana on useita tutkimuksia kenttäkokeineen. Tulokset ovat samansuuntaisia käsillä olevan ja muiden suomalaisten selvitysten kanssa. Tutkijat toteavat yleisesti: "Jos maankäsittely sovitetaan oikealla tavalla kasvupaikan ominaisuuksiin, on täysin mahdollista, että tietyillä kasvupaikkatyypeillä saavutetaan pysyvä boniteetin kohoaminen. Samalla tavoin voi virheellisesti valittu menetelmä aiheuttaa kasvupaikan tuotoskyvyn alenemisen". Analyysiin liittyy arvio siitä, kuinka suurilla aloilla eri osissa Ruotsia kutakin maankäsittelyperiaatetta voidaan käyttää. Tämä tarkastelu on Suomessa jäänyt pääsääntöisesti käytännön metsänhoito-organisaatioiden huoleksi. Se voitaisiin tehdä myös valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä. Kasvupaikkaluokitukseen liittyvä virheriski on VMI:ssä pieni. Kertaluonteisella inventoinnilla saataisiin selvitettyä – ottamalla mukaan kehitysluokkatiedot – vuosikymmeniksi eteenpäin varsin tarkka arvio erilaisten maankäsittelymenetelmien tarpeesta eri alueilla. Suhteellisen tarkkaan arvioon päästäisiin jo nykyisistä VMI-tiedoista. Luotettavuus lisääntyisi kuitenkin ratkaisevasti, jos kasvupaikalle sopivaa maankäsittelymenetelmää arvioitaisiin paikan päällä VMI-koealoilla.

9.7 Muokkausjäljen tasoittuminen ja kasvillisuuden kehitys

Tässä tutkimuksessa ei mitattu muokkausjäljessä tapahtuvia muutoksia. Silmäva-raishavaintojen mukaan laikutuksen ja äestyksen jälki hävisi kymmenessä vuodessa lähes kokonaan. Auraus oli tehty piennarauralla, joten kivennäismaan osuus palteissa oli pieni. Siksi palteet tasaantuivat yleensä noin puoleen alkuperäisestä korkeudesta ja joillakin paikoilla hävisivät 15 vuodessa kokonaan. Myös pienet kivet painuivat näkyvistä ja kasvillisuus peitti ne. Haapajärvellä aurauksessa nousi maan pinnalle jonkin verran isoja kiviä ja lohkareita, jotka eivät maan kivisyy-

den takia koskaan pääse painumaan maahan. Aurauksen osalta viitataan Pohjois-Suomen aurasaloja koskeviin aiempiin tutkimuksiin (Kellomäki 1972, Ferm & Sepponen 1981), joissa on kuvattu maan ja kasvillisuuden muuttumista muokkauksen jälkeen.

Pintakasvillisuuden kehitys ja muutokset olivat kasvupaikasta riippuvaisia. Haapajärven VMT-koekentällä heinän kasvu oli voimakasta 6–7 vuoden ajan ja se tukahdutti suuren osan taimista. EVT:llä heinikko kehittyi heikosti, vaikka pohjavesi oli monin paikoin lähellä maanpintaa ja aurasvaot siten enemmän tai vähemmän veden täyttämät. Kuhmossa pintakasvillisuushaittaa ei ollut, mutta Kuivaniemellä paikoittaisen soistumisen takia voimakkaaksi kasvanut karhunsammal tukahdutti kylvö- ja kennonaimia. Taivalkoskella näkyi jo ilmaston karuus. Pintakasvillisuudesta ei ollut mainittavaa haittaa edes VMT-koekentän tuoreimmalla osalla.

Runsas kasvillisuuden vaihtelu on ollut tyypillistä myös muualla Pohjois-Suomessa tehdyissä selvityksissä (Heikkinen 1982). Yleisesti oli muutaman neliömetrin laajuisia reheviä laikkuja ja vastaavasti karuja kohtia. Edellä mainittu Haapajärven VMT-koekenttä oli muista poiketen jokseenkin kauttaaltaan vahvaa heinikkoa (metsäkastikkaa ja metsälauhaa). Myöhempinä vuosina taimikon tiheyden lisääntyessä kasvustot alkoivat heiketä useilla koeruuduilla, mutta sillä ei enää ollut merkitystä uudistamistuloksen kannalta. Tutkimuksen loppuvaiheessa tehdyssä kasvillisuuskartoituksessa ei voitu enää luotettavasti päätellä kasvillisuuden voimakkuutta alkuvuosina ja sukkession tarkkaa kehitystä. Havainnot ja mittaus tulokset viittaavat siihen, että kasvillisuuden kehitys on ollut samansuuntainen mainittujen tutkimusten tulosten kanssa (Kellomäki 1972, Ferm & Sepponen 1981 ja Heikkinen 1982)

9.8 Taimikon kehityksen vertailu muissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin

Pohjois-Suomessa kerätyistä tutkimusaineistoista on 1980-luvulla valmistunut useita julkaisuja, joista voidaan yleispiirteenä todeta viljelyjen epätydyttävä onnistuminen (taulukko 11). Elossaolosadannes asettuu keskimäärin 40–50 tienoille paitsi Oulun läänin eteläosassa (Kälviä), missä tulos on parempi. Pituus 10 vuoden iässä on keskimäärin 1,1–1,3 m. Tämän tutkimuksen tulokset ovat niiden kanssa yhdenmukaiset ottaen huomioon 15 vuoden ikä. Ensimmäisellä kymmenvuotijaksolla ja metrin pituusvaiheeseen mennessä tuhoutuu yleensä jo pääosa viljelystä taimista. Vakiintuminen on vielä silloinkin kyseenalaista, ja tuhot voivat jatkua, yleensä kuitenkin vähemmän merkittävänä. Taivalkoskella, Ristijärvellä Kainuussa ja Lapissa tehdyissä töissä korostuu topografisen korkeuden vaikutus. Myös muokkauksen vaikutus on ollut kiistaton. Taimikot ovat lähes poikkeuksetta kehittyneet selvästi paremmin aurasaloilla kuin lievästi muokatuilla uudistusaloilla.

Taulukko 11. Männyn viljelyjen tulos Pohjois-Suomessa eri tutkimusten mukaan.
Kaikissa sekä kylvö että istutus.

Tutkimus	Alue	Ikä, v.	Elossa, %		Pituus, m	
			Kylvö	Istutus	Kylvö	Istutus
Tämä tutkimus	Oulun lääni	15	29	53	2,0	2,8
Savilampi 1983	Muhos	10	40	52	0,8	1,4
“	Kärsämäki	10	44	59	0,8	1,2
“	Kälviä	10	79	85	1,4	1,7
Pelkonen ym. 1982	Taivalkoski	10	19	31	0,5	1,3
Haverinen 1982	Ristijärvi	10	33	41	0,9	1,5
Pohtila & Pohjola 1983	Lappi	10	39	46	0,6	1,4
Moilanen 1984	Taivalkoski	10	33	31	1,0	1,7
Hiltunen 1985	Ristijärvi	10	43	39	1,0	1,6
Valtanen & Engberg 1987	Oulun lääni	11	41	67	1,0	1,8
Valtanen 1988	Kainuu	10	50	47	0,7	1,2

Etelä-Suomessa viljelytaimikoitten kehitys on ollut parempi. Kuuden eteläisen metsälautakunnan alueella tehdyssä inventoinnissa oli sekä kylvö- että istutusaloilla viljelytaimia elossa 1 300 kpl/ha eli 2 000 taimen viljelytiheyden mukaan 65 %. Pituus 10 vuoden iässä oli kylvöksillä 1,7 ja istutusaloilla 2,7 m (Räsänen ym. 1985).

Paljasjuurisiet taimet ovat Pohjois-Suomessa tehdyissä tutkimuksissa osoittautuneet keskimäärin vähän luotettavammiksi kuin kennotaimet. Toisenlaisiakin tuloksia on. Pituuskasvussa ne ovat kaikkialla osoittautuneet parhaiksi.

10 Tiivistelmä ja päätelmät

Esitelty tutkimus on 1975–77 perustettu Metsänviljelyn runkotutkimus 2. Vuosina 1970–72 oli perustettu sen edeltäjä Metsänviljelyn runkotutkimus 1. Tutkimusten aloittaminen johtui metsänviljelyn lisäämistarpeesta etenkin Pohjois-Suomessa sekä uusien taimilajien ja maanmuokkaustapojen käyttöönotosta. Paakkutaimet ja metsäauraus olivat 1960-luvun lopulta alkaen uutta metsänviljelyssä.

Runkotutkimus 2:ssa rajoituttiin mäntyyn. Päätehtävä oli vanhan kysymyksen – kylvö vai istutus – ratkaiseminen. Lisäksi selvitettiin eri muokkaustapojen ja muokkauksen vanhettamisen vaikutusta viljelytulokseen. Koekentät perustettiin Oulun läänissä neljälle ilmastollisesti erilaiselle seudulle ja niillä sekä VMT- että EVT-kankaille. Taimikoiden kehitystä mitattiin toistuvasti 13–15 ikävuoteen asti.

Viljelyjen tulos oli epätydyttävä. Elossaolosadannes oli koko aineistossa 41 ja keskipituus 2,4 m. Etelässä tulos oli parempi kuin pohjoisilla koekentillä. Hajakylvö epäonnistui lähes kaikkialla (tulos 22 %). Myös normaali vakokylvö antoi huonon tuloksen (36 %). Kennotaimilla tulos oli parempi (42 %) ja paljasjuuritaimilla paras (63 %). Kennotaimien tulosta alensi viimeisenä viljelyvuotena taimitarhalta lähtenyt versosurmainfektio. Kokonaisuutena vastaus pääkysymykseen oli selvä: istutus on kylvöä luotettavampi.

Muokkauksista voimakkain, metsäauraus, antoi parhaan tuloksen sekä ellossäilymisessä että pituuskehityksessä. Myös rungon tekninen laatu oli aurasaloilla paras. Viljely tuoreeseen muokkausjälkeen oli parempi kuin odottaminen kahden tai kolmen talven yli.

Tutkimuksen tulos – ellossaolosadannes vain 41 – ei tee tyhjäksi viljelyn tarpeellisuutta ja välttämättömyyttä niillä uudistusaloilla, missä luontaisen uudistamisen edellytykset eivät ole riittävät. Sen sijaan se korostaa oikean tavan valinnan tärkeyttä ja luontaisen aineksen hyväksikäytön merkitystä. Uudistamista suunniteltaessa ei voida olla varmoja viljelyn onnistumisesta jollakin tietyllä tasolla, mutta on todennäköistä, että jonkinlainen peruspuusto sillä saadaan syntymään. Sen ohessa luontainen aines tuo yleensä riittävän lisän yksilömäärään ja turvaa oikein toimien niin puuston määrällisen kuin teknisen laadun tavoitteen saavuttamisen. Mitä vaikeammat ovat olosuhteet, sitä tärkeämpää on kivennäismaapinnan runsas paljastaminen luontaisen aineksen syntymisen turvaamiseksi.

Sekä tämän tutkimuksen että muiden Pohjois-Suomea koskevien tutkimusten perusteella männylle viljellen uudistettavilla mailla paras menetelmä on metsäauraus ja istutus. Viljelyn onnistuessa huonosti kivennäismaapintaan syntyvä luontainen aines turvaa riittävän taimettumisen ja aikanaan mahdollisuuden metsän puulajivaihtoehtojen valintaan metsänomistajan haluamalla tavalla. Metsäauraus on lähinnä luonnonsuojelu- ja esteettisten näkökohtien perusteella jäämässä pois käytöstä, ja sen korvaajaksi on tullut ojitusmätästys. Mätästys ei kuitenkaan luo samoja edellytyksiä viljelyn onnistumiselle eikä paljasta maata samassa määrin luontaisen aineksen taimettumisalustaksi. Voidaan olettaa, että metsänviljelyn tulos Pohjois-Suomessa heikkenee aurauksen poisjäännin takia jonkin verran siltä osin, mikä riippuu uudistusalan maanmuokkaustavasta.



Kuva 30. Metsäurausyksikkö tiensä päässä. Vetokone on 15 tonnin telatraktori Caterpillar D6C ja aura Metsähallituksen viimeinen, kokemusten mukaan kehitetty malli. Vuonna 1964 alkanut metsäauraus väheni 1990-luvun alkupuolella jyrkästi ja loppui lähes kokonaan vuoteen 1996 mennessä. Metsien uudistamisessa auraus todettiin keskimäärin parhaaksi menetelmäksi, mutta työjäljen rumuus ja ravinteitten huuhtoutuminen vesiin välittömästi aurausta seuranneina vuosina saivat aikaan sen, että menetelmästä luovuttiin.



Kuva 31. Kivisillä mailla aurausjälki ei ole siisti. Palle on paikoin niin huono, että taimia on istutettava myös pientareeseen eli jätkänpolkuun, joka yleensä on taimelle palletta huonompi kasvupaikka.



Kuva 32. Kivettömällä maalla aurausjälki on siisti. Auran pyörien tiivistämään palteeseen on hyvä istuttaa. Juurten hapen- ja vedensaanti on hyvä, ja mikrobi-toiminnan elpymisen tuloksena ravinteita vapautuu runsaasti.

KIRJALLISUUS

- Aaltonen, V.T. 1938. Maa ja metsän uudistaminen. Metsänhoitajien jatkokurssit 1937 III. *Silva Fennica* 46: 25–42.
- Burschel, P., Eder, R., Kantarci, D. & Rehfuß, K.E. 1977. Wirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf Wachstum, Phytomasseaccumulation und Nährelementvorräte junger Kiefernwaldökosysteme (*Pinus sylv. L.*) Summary: Effects of different cultivation procedures on growth, phytomass accumulation and nutrient amounts of young pine forest ecosystems (*Pinus sylv. L.*). *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 96(6): 321–338.
- Bäcke, J., Larsson, M., Lundmark, J-E. & Örlander, G. 1986. Ståndortsanpassad markberedning - teoretisk analys av några markberedningsprinciper. Forsknings-tiftelsen Skogarbeten, redogörelse Nr 3. 48 s.
- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehityminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana *Folia Forestalia* 493. 19 s.
- Haverinen, R. 1982. Kymmenen vuotta vanhojen viljelytaimikoiden menestymisen Ristijärven pitäjässä. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin Yliopisto. 87 s.
- Heikkilä, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 497. 22 s.
- Heikkinen, A. 1982. Avohakkuun, kulituksen ja männynviljelyn vaikutuksista aluskasvillisuuteen ja eräisiin maaperän ominaisuuksiin Metsäntutkimuslaitoksen Luiron, Pudasjärven ja Valtimon koealoilla. Pro gradu-työ. Oulun Yliopisto. 136 s.
- Hiltunen, S. 1987. Ristijärvellä vuonna 1975 viljeltyjen taimikoiden tila vuonna 1985. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin Yliopisto. 87 s.
- Huss, J. & Scherer, A. 1988. Zur Eignung verschiedenartiger Pflanzensortimente für Kiefernkulturen. Summary: The suitability of various nursery stock grades for pine plantations. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 107(1): 46–59.
- Hämäläinen, J. 1990. Eri maanmuokkausmenetelmien edullisuus männyn ja kuusen viljelyssä Etelä-Suomessa. Summary: Advantages of different site preparation methods on planting results and costs in Southern Finland. *Metsätehon tiedotus* 402. 16 s.
- Ilvessalo, Y. 1938. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of Natural Normal Stands in Central North-Suomi (Finland). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(3). 168 s.
- 1957. Suomen metsät metsänhoitolautakuntien toiminta-alueittain. Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia. Summary: The forests of Finland by forestry board districts. Results of the national forest inventory. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(3). 128 s.
- 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. Summary: On the development of the natural normal forest stands in south-eastern North-Finland. *Acta Forestalia Fennica* 81(5). 85 s.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä aurauksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 8. 55 s.

- Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: The survival and initial development of plants in private forests in western Finland. *Folia Forestalia* 318. 25 s.
- 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway Spruce seedlings. *Folia Forestalia* 727. 23 s.
- Kubin, E. 1989. Pohjanmaan alavien kankaiden metsän uudistaminen. Karhunkämmenkankaan koekentän ja tulosten esittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 361: 67–80.
- Larcher, W. 1984. *Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 403 s.
- 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. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(2). 64 s.
- , Metsämuuronen, M., Räsänen, P.K., & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967-1975. Summary: The development of Scots pine plantations in southwestern Finland in 1967-1975. *Folia Forestalia* 312. 27 s.
- Lähde, E. 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 development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(5). 59 s.
- , Manninen, S & Tervonen, M. 1981. Ojituksen ja muokkauksen vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä havupuiden taimien kehitykseen. Summary: The effect of drainage and cultivation on soil physical properties and the development of conifer seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(7). 43 s.
- Metsähallitus. 1990. Metsien hoito. Pohjanmaa - Kainuu. 76 s.
- Metsäkeskus Tapio. 1994. Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksset. Helsinki. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6. 71 s.
- Moilanen, H. 1986. Kevään 1974 männyn viljelyalojen tila v. 1984 Taivalkoskella. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin Yliopisto. 85 s.
- Nisula, P. 1978. Rullataimimenetelmä taimitarhalla ja metsänviljelyn toimenpiteketjussa. Koulitut männyn taimet. Summary: The roll transplant method in the nursery and in the forestation work chain. The pine transplants. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93(5). 112 s.
- Oikarinen, M. & Norokorpi, Y. 1986. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 222. 46 s.
- Parviainen, J. 1984. Männyn taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. *Folia Forestalia* 593. 35 s.
- Pelkonen, H., Tuomi, P. & Valtanen, J. 1982. Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella. Summary: Survival of pine on reforested sites in northern Finland. *Folia Forestalia* 511. 23 s.

- Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alojen metsänviljely Lapissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(4). 98 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.
 - & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- Rautiainen, O. & Räsänen, P.K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968-1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968-1976. *Folia Forestalia* 426. 26 s.
- Repo, R. & Valtanen, J. 1994. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mätästyksen perusteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 520. 52 s.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978-1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. Summary: The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in Northern Karelia in Finland. *Folia Forestalia* 644. 60 s.
- 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaluilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. *Folia Forestalia* 702. 39s.
 - 1989. Männyn taimikoiden tila auraus- ja äestysaloilla Etelä-Savossa. Summary: State of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. *Folia Forestalia* 733. 32 s.
- Sarvas, R. 1965. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Esitelmä Suomalaisessa Tiedeakatemiassa 8.10.1965. Suomalainen Tiedeakatemia, Esitelmät ja Pöytäkirjat 1965: 239–259.
- Savilampi, P. 1983. Kuntakohtaisten viljelyinventointien yhdistelmä vuosilta 1977 - 82. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 40–52.
- Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. 1980. Statistical Methods, 7th ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Suomen Kartasto. 1987. Vihko 131. 32 s.
- Suomen Kartasto. 1988. Vihko 141. 10 s.
- Söderström, V., Bäcké, J., Byfalk, R. & Jonsson, C. 1978. Jämförelse mellan plantering i jordrabatter och efter andra markberedningsmetoder. Summary: Comparison between planting in mineral soil heaps and after some other soil treatment methods. Skogshögskolan. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter och uppsatser nr 11. 177 s.
- Tasanen, T. 1981. Plogning av skogsmark i södra Finland. Årsskrift för Nordiske Skogplanteskoler 1981. s. 97–107.
- 1982. Männyn viljelyn onnistuminen eteläsuomalaisilla aurausaloilla. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

- 1988. Metsänviljelyn runkotutkimus 2:n tuloksia Oulun läänissä. Teoksessa: Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 295: 64–75.
- 1990. Maanmuokkauksen ja viljelytavan vaikutus männynviljelyn tulokseen. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 361: 47–58.
- Tikkanen, E. 1985. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Summary: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 186. 23 s.
- ja Raitio, H. 1984. Pohjois-Suomen aurasalueiden männyntaimien epänormaali kehitys ja oletamus sen syystä. Summary: A hypothesis on the cause of abnormal development of Scots pine saplings on ploughed sites in Northern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 165. 27 s.
- Turtiainen, M. ja Valtanen, J. 1970. Metsäaurauksen vaikutus maan lämpötilaan. Metsä ja Puu 1970(12): 10–13.
- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamisen tulos. Teoksessa: Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 63–72.
- 1988. Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä. Summary: Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland. Folia Forestalia 718. 41 s.
- 1992. Vaarametsien uudistaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 419: 86–95.
- 1994. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 503. 65 s.
- & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970–72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970 - 72. Folia Forestalia 686. 42 s.
- & Lehtosaari, A. 1991. Männyn uudistumiseen vaikuttavista tekijöistä Siikalatvan alueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 388. 127 s.
- Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. Folia Forestalia 813. 43 s.
- Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2). 271 s.
- Wall, A. 1993. Männyn suunnatun hajakylvön onnistuminen eri tavoin muokatulla metsämaalla. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ. Helsingin yliopisto.
- Wilson, K. & Pyatt, D.G. 1984. An Experiment in Intensive Cultivation of an Upland Heath. Forestry 57(2): 117–141.
- Viro, P. J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stones. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40(3). 23 s.
- Örlander, G. 1986. Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. Studia Forestalia Suecica 173. 17 s.
- , Hallsby, G. & Sundkvist, H. 1990. Överlevnad och tillväxt hos tall (*Pinus sylvestris* (L.) och gran (*Picea abies* (L.) Karst) samt näringsförhållanden 23 år efter plantering på helpjöld respektive bränd hedmark. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapporter och uppsatser nr 26.

Liite 1

Viljelysten elossaolosadannes syksyllä 1987. Ikä 11–13 kasvukautta. Kasvupaikat yhdistetty.

Muokkaus- tapa	Viljely- vuosi	V-k	Viljelymateriaali		Keskiarvo
			Kenno	Paljasj	
Kuokka- laikutus	1975	47	49	61	52
	1976	43	53	68	54
	1977	38	34	69	47
	Keskiarvo	43	45	66	51
Kone- laikutus	1975	47	56	62	55
	1976	48	61	71	60
	1977	35	31	61	42
	Keskiarvo	44	49	65	52
Äestys	1975	54	50	67	57
	1976	35	46	72	51
	1977	30	23	62	38
	Keskiarvo	40	40	67	49
Aurus	1975	47	53	66	55
	1976	48	52	63	54
	1977	48	35	67	49
	Keskiarvo	47	47	65	53
Kaikki muokka- ukset	1975	49	52	64	55
	1976	43	53	68	55
	1977	37	31	65	44
Kaikki	1975 - 77	43	45	66	51

Liite 2

Elossaolosadannekset vuonna 1990. Viljelysten ikä 14–16 kasvukautta.

Muokkaus- tapa	Viljelyvuosi	Viljelytapa				Keskiarvo
		H-k	V-k	Kenno	Paljasj	
Kuokka- laikutus	1975	11	40	47	58	39
	1976	8	36	49	64	39
	1977	5	28	30	66	32
	Keskiarvo	8	35	42	63	37
Kone- laikutus	1975	38	42	52	60	48
	1976	14	41	54	68	44
	1977	11	28	30	56	31
	Keskiarvo	21	37	46	61	41
Äestys	1975	36	49	48	64	49
	1976	21	30	44	68	39
	1977	17	16	20	60	30
	Keskiarvo	25	32	37	64	40
Auraus	1975	53	43	51	65	53
	1976	34	44	52	62	48
	1977	19	39	32	65	39
	Keskiarvo	35	42	45	64	46
Kaikki	1975	34	44	50	62	48
	1976	19	38	50	66	43
	1977	13	28	28	62	33
	Keskiarvo	22	36	42	63	41

Liite 3

Elossaolosadannesten testaus varianssianalyysillä (BMDP 2V). Source = vaihtelun lähde, Sum of squares = neliösummat, D.F. = vapausasteet, Mean square = keskineliö, F = F-arvo, Tail prob.= p-arvo, 1 Error = virhetermi.

ANOVA-taulu 1. Vuonna 1975 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	225197.163	1	225197.163	787.79	0.00
kasvupaikka	345.581	1	345.581	1.21	0.28
muokkaus	129.526	3	43.175	0.15	0.93
viljelytapa	1594.146	2	797.073	2.79	0.07
kasvupaikka/muokkaus	281.080	3	93.693	0.33	0.81
kasvupaikka/viljelytapa	7.093	2	3.546	0.01	0.99
muokkaus/viljelytapa	239.188	6	39.865	0.14	0.99
kasvup/muokkaus/viljtapa	322.948	6	53.825	0.19	0.98
1 ERROR	20581.778	72	285.858		

ANOVA-taulu 2. Vuonna 1976 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	222028.377	1	222028.377	2198.10	0.00
kasvupaikka	58.172	1	58.172	0.58	0.45
muokkaus	375.081	3	125.027	1.24	0.30
viljelytapa	3931.499	2	1965.750	19.46	0.00
kasvupaikka/muokkaus	644.512	3	214.837	2.13	0.10
kasvupaikka/viljelytapa	186.276	2	93.138	0.92	0.40
muokkaus/viljelytapa	420.490	6	70.082	0.69	0.66
kasvup/muokkaus/viljtapa	752.615	6	125.436	1.24	0.30
1 ERROR	7272.659	72	101.009		

ANOVA-taulu 3. Vuonna 1977 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	162850.411	1	162850.411	1329.20	0.00
kasvupaikka	386.290	1	386.290	3.15	0.08
muokkaus	854.373	3	284.791	2.32	0.08
viljelytapa	8280.260	2	4140.130	33.79	0.00
kasvupaikka/muokkaus	358.451	3	119.484	0.98	0.41
kasvupaikka/viljelytapa	725.950	2	362.975	2.96	0.06
muokkaus/viljelytapa	248.859	6	41.476	0.34	0.91
kasvup/muokkaus/viljtapa	569.583	6	94.930	0.77	0.59
1 ERROR	8821.256	72	122.517		

Liite 4

Vuonna 1987 mitattujen elossaolosadannesten testaus Tukeyn testillä (BMDP 7D).

1975 vuoden viljelyt

	%	Aurus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
		Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	60.7												
2. Kenno	48.7												
3. V-k	47.0												
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	62.2												
5. Kenno	56.2												
6. V-k	47.2												
EI MERKITSEVIÄ EROJA													
Äestys													
7. Paljasj	66.6												
8. Kenno	49.5												
9. V-k	54.5												
Aurus													
10. Paljasj	65.9												
11. Kenno	53.1												
12. V-k	47.0												

1976 vuoden viljelyt

	%	Aurus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
		Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	67.5						**						
2. Kenno	53.2												
3. V-k	42.7				o			o					
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	70.7						**						o
5. Kenno	60.7												
6. V-k	48.0												
Äestys													
7. Paljasj	71.6						**						o
8. Kenno	46.2												
9. V-k	34.7	o			o			**			*		
Aurus													
10. Paljasj	62.7						o						
11. Kenno	52.5												
12. V-k	47.5												

1977 vuoden viljelyt

		Auraus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
		Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k
	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	69.2		*			**	**		**	*		*	o
2. Kenno	34.0	o									*		
3. V-k	38.0										o		
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	61.0					**	*						
5. Kenno	31.2	*			o						**		
6. V-k	35.2	o									*		
Äestys													
7. Paljasj	62.1					**	*			o			
8. Kenno	22.7	**			**			**			**		
9. V-k	29.5	**			*			*			**		
Auraus													
10. Paljasj	66.7		o			**	**		*	o		o	
11. Kenno	34.7	o					o				*		
12. V-k	45.7												

Liite 5

Taimien pituus vuonna 1990. Luvut desimetrejä.

Muokkaustapa	Viljelyvuosi	Viljelytapa				
		H-k	V-k	Kenno	Paljasj	Keskiarvo
Kuokkalaikutus	1975	19	19	30	30	24
	1976	21	20	25	31	24
	1977	17	16	21	27	20
	Keskiarvo	19	18	25	30	23
Konelaikutus	1975	24	21	30	32	27
	1976	22	18	25	31	24
	1977	17	13	21	26	19
	Keskiarvo	21	17	26	30	23
Äestys	1975	22	23	32	34	28
	1976	20	19	26	33	24
	1977	18	13	21	29	20
	Keskiarvo	20	18	26	32	24
Aurous	1975	30	26	33	37	32
	1976	24	21	27	35	27
	1977	18	17	23	29	22
	Keskiarvo	24	21	28	33	27
Kaikki	1975	24	22	31	33	28
	1976	21	19	26	32	25
	1977	17	15	22	28	20
	Keskiarvo	21	18	26	31	24

Liite 6

Keskipituuksien testaus varianssianalyysillä (BMDP 2V). Source = vaihtelun lähde, Sum of Squares = neliösummat, D.F. = vapausasteet, Mean square = keskineliö, F = F-arvo, Tail prob. = p-arvo, 1 Error = virhetermi.

ANOVA-taulu 1. Vuonna 1975 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	1074696.622	1	1074696.622	2263.18	0.00
kasvupaikka	110.100	1	110.100	0.23	0.63
muokkaus	6541.371	3	2180.457	4.59	0.05
viljelytapa	37082.660	2	18541.330	39.05	0.00
kasvupaikka/muokkaus	889.331	3	296.444	0.62	0.60
kasvupaikka/viljelytapa	1426.664	2	713.332	1.50	0.23
muokkaus/viljelytapa	1169.828	6	194.971	0.41	0.87
kasvup/muokkaus/viljtapa	3143.593	6	523.932	1.10	0.37
1 ERROR	34189.989	72	474.861		

ANOVA-taulu 2. Vuonna 1976 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	750985.787	1	750985.787	1356.98	0.00
kasvupaikka	259.626	1	259.626	0.47	0.50
muokkaus	1660.143	3	553.381	1.00	0.40
viljelytapa	48712.446	2	24356.223	44.01	0.00
kasvupaikka/muokkaus	257.710	3	85.903	0.16	0.93
kasvupaikka/viljelytapa	303.201	2	151.600	0.27	0.76
muokkaus/viljelytapa	929.134	6	154.856	0.28	0.94
kasvup/muokkaus/viljtapa	788.379	6	131.396	0.24	0.96
1 ERROR	39846.585	72	553.425		

ANOVA-taulu 3. Vuonna 1977 viljellyt taimikot.

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	TAIL PROB.
MEAN	350049.259	1	350049.259	1638.18	0.00
kasvupaikka	2252.823	1	2252.823	10.54	0.00
muokkaus	852.045	3	284.015	1.33	0.27
viljelytapa	33443.981	2	16721.990	78.26	0.00
kasvupaikka/muokkaus	1065.459	3	355.153	1.66	0.18
kasvupaikka/viljelytapa	40.310	2	20.155	0.09	0.91
muokkaus/viljelytapa	1283.005	6	213.834	1.00	0.43
kasvup/muokkaus/viljtapa	1035.994	6	172.666	0.81	0.57
1 ERROR	15385.122	72	213.682		

Liite 7

Vuonna 1987 mitattujen keskipituuksien (dm) testaus Tukeyn testillä (BMDP 7D).

1975 vuoden viljelyt

		Auraus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
	dm	Paljasj 1	Kenno 2	V-k 3	Paljasj 4	Kenno 5	V-k 6	Paljasj 7	Kenno 8	V-k 9	Paljasj 10	Kenno 11	V-k 12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	20.5												*
2. Kenno	19.8												*
3. V-k	12.5	**	**		**	**		**	*		*	*	
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	22.5						*			*			**
5. Kenno	20.7												*
6. V-k	15.0	**	o		**			*					
Äestys													
7. Paljasj	23.8			o			**			**			**
8. Kenno	21.0												**
9. V-k	15.2	**	o		**			*					
Auraus													
1. Paljasj	26.4			**			**			**			**
2. Kenno	22.1						o			o			o
3. V-k	16.5	**			o								

1976 vuoden viljelyt

		Auraus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
	dm	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k	Paljasj	Kenno	V-k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	20.7			**			**			**			**
2. Kenno	17.8									o			
3. V-k	11.9	**			**			**			**		
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	21.3			**			**			**			**
5. Kenno	16.6	*											
6. V-k	11.4	**	o		**			**			**	o	
Äestys													
7. Paljasj	22.5			**			**			**			**
8. Kenno	16.9	o											
9. V-k	11.8	**			**			**			**		
Auraus													
10. Paljasj	23.7			**		o	**		*	**			**
11. Kenno	18.2									o			
12. V-k	12.3	**			**			**			**		

1977 vuoden viljelyt

		Auraus			Äestys			Konelaikutus			Kuokkalaikutus		
	dm	Paljasj 1	Kenno 2	V-k 3	Paljasj 4	Kenno 5	V-k 6	Paljasj 7	Kenno 8	V-k 9	Paljasj 10	Kenno 11	V-k 12
Kuokka-													
laikutus													
1. Paljasj	17.6			**			**			**			**
2. Kenno	15.0			o			*			**			
3. V-k	9.8	**			**			**			**		
Kone-													
laikutus													
4. Paljasj	16.7			**			**			**			**
5. Kenno	13.8	*			o					o			
6. V-k	8.1	**	*		**			**	o		**	**	
Äestys													
7. Paljasj	19.4			**		*	**		o	**			**
8. Kenno	13.2	**			*								
9. V-k	9.1	**	o		**			**			**	*	
Auraus													
10. Paljasj	20.0			**		**	**		*	**			**
11. Kenno	14.8						o			*			
12. V-k	9.6	**			**			**			**		

Liite 8

Runkosummat vuonna 1990. Luvut m/ha.

Muokkaustapa	Viljelyvuosi	Viljelytapa				Keskiarvo
		H-k	V-k	Kenno	Paljasj	
Kuokkalaikutus	1975	520	1900	3520	4350	2570
	1976	420	1800	3060	4960	2560
	1977	210	1120	1580	4460	1840
	Keskiarvo	380	1610	2720	4590	2320
Konelaikutus	1975	2280	2200	3900	4800	3300
	1976	770	1840	3380	5270	2820
	1977	470	910	1470	3640	1620
	Keskiarvo	1170	1650	2920	4570	2580
Äestys	1975	1980	2820	3840	5440	3520
	1976	1050	1420	2860	5610	2740
	1977	760	520	1050	4710	1760
	Keskiarvo	1260	1590	2580	5250	2670
Aurus	1975	3980	2800	4210	6010	4250
	1976	2040	2310	3510	5420	3240
	1977	860	1660	1840	4710	2270
	Keskiarvo	2290	2260	3190	5380	3250
Kaikki	1975	2190	2430	3870	5150	3410
	1976	1070	1840	3200	5320	2860
	1977	580	1050	1090	4380	1780
	Keskiarvo	1280	1780	2720	4950	2680

Liite 9

Eräiden kasvupaikkatekijöiden ja vuonna 1987 mitattujen elossaolosadannesten sekä keskipituuksien väliset korrelaatiot. Seloste: dd1vuosi = viljelyvuoden lämpösumma(dd), dd2vuosi = seuraavan vuoden lämpösumma, sadevuosi = viljelyvuoden sademäärä (mm), hienorae = alle 0.06 mm maa-aineksen %-osuus, korkeus = koealan korkeusasema (m m.p.y.). Korrelaatiomatriisi on laskettu BMDP 1R -ohjelmalla.

		elossa87 1	keskipit 2	dd1vuosi 3	dd2vuosi 4	sadevuosi 5
elossa87	1	1.0000				
keskipit	2	0.5200	1.0000			
dd1vuosi	3	0.3763	0.4115	1.0000		
dd2vuosi	4	-0.1659	-0.1287	-0.3483	1.0000	
sadevuosi	5	0.0041	0.0629	0.3038	0.0627	1.0000
hienorae	6	-0.0722	-0.1816	-0.0213	-0.0905	0.1439
korkeus	7	0.0749	-0.1955	-0.0070	-0.1410	0.2657
N	8	-0.0254	0.0944	-0.0018	0.0799	-0.1597
P	9	-0.0390	0.0712	-0.0417	0.0370	-0.1390
K	10	-0.1184	-0.0055	-0.0669	0.0055	-0.1175
Ca	11	0.0195	0.0802	-0.0335	0.0057	-0.0645
Mg	12	-0.0640	0.0438	-0.0274	0.0337	-0.1098
Fe	13	-0.1887	-0.0587	-0.1923	-0.1177	-0.0752

		hienorae 6	korkeus 7	N 8	P 9	K 10
hienorae	6	1.0000				
korkeus	7	0.7165	1.0000			
N	8	0.1196	-0.0928	1.0000		
P	9	0.3713	0.1338	0.3334	1.0000	
K	10	-0.4908	-0.6085	0.0258	0.0149	1.0000
Ca	11	-0.3121	-0.3725	0.0418	0.2185	0.6007
Mg	12	-0.3012	-0.4425	0.0287	0.2887	0.8418
Fe	13	-0.1782	-0.3229	-0.0892	0.2075	0.5539

		Ca 11	Mg 12	Fe 13
Ca	11	1.0000		
Mg	12	0.6794	1.0000	
Fe	13	0.4849	0.5869	1.0000

Liite 10

Eloojäämisen ja pituuskehityksen riippuvuus kasvupaikkatekijöistä. Askeltavan regressioanalyysin (BMDP 2R) yhdistelmätaulukot. Seloste: variable entered = malliin lisätty muuttuja, multiple R = yhteiskorrelaatiokerroin, multiple RSQ = selitysaste, change in RSQ = selitysasteen muutos, F to enter = F-testisuure, no. of var. included = malliin lisättyjen muuttujien lukumäärä, dd viljvuosi = viljelyvuoden lämpösumma (dd), Fe = maan rautapitoisuus (ppm), sademäärä = viljelyvuoden sademäärä (mm), korkeus = koealan korkeusasema (m m.p.y.), K = maan kaliumpitoisuus (mg/g), P = maan fosforipitoisuus (mg/g), hienorae = alle 0.06 mm läpimittaisen maa-aineksen osuus (%).

Yhdistelmätaulukko 1. Elossaolosadannes selitettävänä muuttujana.

STEP NO.	VARIABLE ENTERED	MULTIPLE R	RSQ	CHANGE IN RSQ	F TO ENTER	NO. OF VAR. INCLUDED
1	dd viljvuosi	0.3763	0.1416	0.1416	47.18	1
2	Fe	0.3945	0.1557	0.0141	4.75	2
3	sademäärä	0.4117	0.1695	0.0139	4.75	3

Yhdistelmätaulukko 2. Keskipituus selitettävänä muuttujana.

STEP NO.	VARIABLE ENTERED	MULTIPLE R	RSQ	CHANGE IN RSQ	F TO ENTER	NO. OF VAR. INCLUDED
1	dd viljvuosi	0.4115	0.1694	0.1694	58.31	1
2	korkeus	0.4544	0.2065	0.0371	13.33	2
3	K	0.4701	0.2210	0.0145	5.30	3
4	P	0.4879	0.2380	0.0170	6.33	4
5	hienorae	0.5045	0.2545	0.0164	6.22	5

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot

- Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
- Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- Nro 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita tyypilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen tyypilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaaressa 1977.
- Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot (Muhoksen tutkimusasema):

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.

- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimusasemien yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätö metsässä kerättävän tiedon tallennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tutkimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
- Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
- Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 23.11.1993. 1994.
- Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mätästyksen perusteet. 1994.
- Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth increase of tree stands on pine mires. 1994.
- Nro 533. Jukka Valtanen. Pohjois-Suomen suuret avohakkuut 1946-70. Yhteiskunnallinen tausta, toteutus ja vaikutukset. 1994.
- Nro 550. Jukka Valtanen. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969-94. 1995.
- Nro 551. Jukka Valtanen (toim.). The natural regeneration of forests in Finland and Russian Karelia. 1995.
- Nro 552. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. 1995.
- Nro 598. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995. 1996.