

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA**

**389**



**Muhoksen tutkimusasema**



**Matti Oikarinen**

**SUOMUSSALMEN  
MÄNNYVILJELYINVENTOINTI**

**Muhos 1991**

Kansikuva: Kylvömännikkö aurausalueella  
Suomussalmen Näljängässä.  
Valokuvannut Pentti Savilampi.

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 389**

**Muhoksen tutkimusasema**

**METSÄNTUTKIMUSLAITOS**  
Jalostusosasto



**Matti Oikarinen**

**SUOMUSSALMEN MÄNNYNVILJELYINVENTOINTI**

**Muhos 1991**

**ISBN 951-40-1172-4**

**Mattilan kirjapaino**

**Oulu 1991**



## SISÄLLYS

Tiivistelmä .....	1
1. Alkusanat .....	2
2. Johdanto .....	3
3. Aineisto ja menetelmät .....	6
31. Otoksen poiminta .....	6
32. Inventointimenetelmä .....	9
33. Aineiston käsittely ja analysointi .....	11
4. Tulokset .....	12
41. Viljelytulokseen vaikuttaneet tekijät .....	12
411. Kylä .....	12
412. Viljelymenetelmä .....	16
413. Maanmuokkaus .....	18
414. Lämpösumma .....	23
415. Muut tekijät .....	27
416. Yhteenveto .....	30
42. Tuhoista ja niiden syistä .....	33
421. Sienitaudit .....	36
422. Hirvituhot .....	38
43. Uudistamistulos .....	39
431. Taimimäärät ja pituus .....	41
432. Taimien terveydentila ja tekninen laatu .....	44
433. Taimikoiden kehityskelpoisuus .....	46
5. Tulosten tarkastelu .....	48
Kirjallisuus .....	56



**Tiivistelmä**

Kesällä 1988 inventoitiin 118 männyn viljelytaimikkoa Suomussalmen yksityismailla tarkoituksena selvittää 60- ja 70-luvun viljelyiden onnistumista ja viljelymenetelmän, maanpinnan käsittelyn sekä kasvupaikkaa, ilmastoja ja metsikköä kuvaavien tunnusten vaikutusta siihen.

Kehityskelpoisia viljelytaimia oli keskimäärin 961 kpl/ha ja vastaava onnistumisprosentti oli 45. Luontaisesti syntyneitä männyntaimia oli keskimäärin 75, kuusia 107, rauduskoivuja 14 ja hieskoivuja 1316 kpl/ha. Kylvöt olivat tilastollisesti merkitsevästi istutuksia parempia lämpösummakorjauksen jälkeen. Koneellisesti muokatut uudistusalat olivat onnistuneet muokkaamattomia paremmin. Koskemattomaan maanpintaan tehdyt hajakylvöt olivat onnistuneet erittäin huonosti, kulotus ja kuokkalaikutus paransivat onnistumista. Koneellisten muokkausten välillä ei ollut selviä tilastollisia eroja.

Taimikoiden kehityskelpoisuus oli viljelytaimien ja luontaisten havupuiden ja rauduskoivun tainten perusteella huono. Hieskoivun hyväksyminen täydentäväksi puulajiksi paransi kehityskelpoisuutta ratkaisevasti.

## 1. Alkusanat

Oheisen Suomussalmen männynviljelyiden inventoinnin toteutumiseen on ratkaisevalla tavalla myötävaikuttanut Kainuun metsälautakunta. Itse tutkimusidea keskeisimpine kysymyksenasetteluineen on metsälautakunnan aloitteesta syntynyt. Piirimetsänhoitaja Pentti Tuovisen johdolla on kerätty männyn viljelyiden perusaineisto ja poimittu siitä ositetulla otannalla näyte maastoinventointia varten. Tuovinen on osallistunut aktiivisesti tutkimuksen yleissuunnitteluun ja kaikin tavoin auttanut maastotöiden suorittamisessa. Lisäksi metsälautakunta on ratkaisevalla panoksella osallistunut maastotöiden rahoitukseen.

Maastotyöt on tehty tutkija Matti Oikarisen johdolla hänen laatimiensa maastotyöohjeiden mukaan. Mittausryhmien johtajina ovat toimineet metsätalousteknikko Kauko Mykkänen ja metsäylioppilas Eero Forss. Aineiston tallennuksen on tehnyt atk-kirjoittaja Pirjo Tuisku ja esikäsitteilyn metsätalousteknikko Jorma Pasanen. Atk-käsittelystä, tilastollisista laskelmista ja analyyseista ovat vastanneet LuK Petri Lavander ja LuK Ari Sarpola Oulun yliopistosta. Heidän kauttaan analyysiongelmista on voitu keskustella Oulun yliopiston sovelletun matematiikan ja tilastotieteen laitoksen asiantuntijoiden kanssa. Ilman näitä yhteyksiä aineiston analyysit olisivat jääneet huomattavasti nykyistä pinnallisemmiksi. Julkaisun kuvat on laatinut toimistos sihteeri Irene Murtovaara ja Matti Oikarisen laatiman käsikirjoituksen on viimeistellyt painoasuun toimistos sihteeri Merja Moilanen.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Erkki Lähde ja LuK Ari Sarpola tehden varteenotettuja korjausesityksiä.

Kiitän lämpimästi kaikkia edellä mainittuja sekä muita tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä hyvästä yhteistyöstä.



## 2. Johdanto

Metsien uudistamista on tutkittu kahta lähestymistapaa käyttäen: taimikon inventoinneilla ja uudistamiskokeilla. Taimikon inventoinneilla on selvitetty käytännön uudistamistoimenpiteiden tuloksia ajallisesti, paikallisesti, omistajaryhmittäin jne. vaihtelevien näytteiden l. otosten avulla. Muhoksen tutkimusaseman varsinaisella toiminta-alueella Oulun läänissä taimikon inventointeja on tehty lukuisia, joissa Kainuu lähialueineen on ollut hyvin edustettuna (Haverinen 1982, Pelkonen ym. 1982, Moilanen 1985, Oikarinen ja Norokorpi 1986, Hiltunen 1987) ja uusia töitä on valmisteilla. Vastaavia töitä 60-luvulta lähtien on runsaasti sekä Lapista (Pohtila ja Valkonen 1985, Saarenmaa 1990) että Etelä-Suomesta (Räsänen ym. 1985, Saksa 1986, 1987, 1989).

Taimikon inventoinneilla pyritään ensisijaisesti selvittämään uudistamisen alueellinen kokonaistilanne ja siihen vaikuttaneet tekijät, joista uudistamismenetelmä ja siihen liittyvät toimenpiteet, kuten maanpinnan valmistaminen ja taimikon hoito, ovat keskeisimpiä. Tämän lisäksi pyritään mahdollisuuksien mukaan selvittämään kasvupaikan, ilmaston ja erilaisten tuhojen vaikutusta uudistamistulokseen.

Uudistamiskoe puolestaan perustetaan mahdollisimman homogeeniseen metsikköön, jossa ilmastosta, maaperästä ja bioottisista tekijöistä johtuvat erot ovat minimaalisen pienet eivätkä siten häiritse menetelmävertailuja. Vierekkäisillä ruuduilla käytetään vaihtoehtoisia maanpinnan valmistus-, uudistamis-, ja taimikonhoitomenetelmiä tarkoituksena selvittämään eri vaihtoehtojen vaikutukset lopputulokseen.

Tällainen tutkimusote on inventointia huomattavasti tehokkaampi menetelmävertailuissa, mutta ilmaston, maaperän ja bioottisten tekijöiden vaikutus jää hämäräksi,

vaikka kokeita perustettaisiinkin erilaisiin olosuhteisiin. Lisäksi tulokset eivät ole suoraan rinnastettavissa käytäntöön, missä olosuhteet ja niiden vaihtelu ovat aivan toiset. Tätä tutkimusotetta edustavat Kainuuta sivuavat runkotutkimus 1 (Valtanen ja Engberg 1987), ja 2 (Tasanen 1990). Runkotutkimukset olivat valtakunnallisia, joten niitä koskevia tuloksia on julkaistu myös sekä Etelä- että Pohjois-Suomesta. Samaan ryhmään kuuluu mm. Valtasen (1988) korkeiden maiden metsien uudistamistutkimus. Lapista ovat vastaaventyyppisistä tutkimuksista raportoineet mm. Lähde ja Pohjola (1975), Pohtila (1977a), Lähde (1978), Lähde ym.(1981), Mäkitalo (1983) ja Etelä-Suomesta Parviainen (1984), Kinnunen (1989) ja Kubin (1990).

Molempia tutkimusotteita tarvitaan, sillä ne täydentävät toisiaan ja niillä kummallakin on omat rajoituksensa ja vahvat puolensa, joiden pitäminen selkeänä mielessä on ratkaiseva sen hämmennyksen selvittämiseksi, joka helposti syntyy, kun yrittää keskenään ristiriitaisten tutkimustulosten tulvasta löytää sen olennaisen.

Edellä mainituissa tutkimuksissa on vakuuttavasti osoitettu, että lämpösumma ja kasvupaikan korkeus merenpinnasta vaikuttaa uudistamistulokseen. Sama koskee myös maanpinnan käsittelyä verrattuna täysin koskemattomaan maahan. Mutta jo kuokkalaikutus on usein sekoittanut kuvioita ja varsinaiset tulkintaongelmat alkavat, kun siirrytään koneellisiin maanpinnan käsittelymenetelmiin. Niiden samoin kuin useimpien maaperää, kasvupaikkaa ja metsikköä kuvaavien tunnusten kohdalla tulokset ovat hyvin vaihtelevat.

Vakuuttavana ja objektiivisena näyttönä jonkin tekijän vaikutuksesta on pidettävä tilastollista merkitsevyyttä. Suuretkaan keskiarvojen väliset erot eivät riitä objektiiviseksi näytöksi, jos vertailtavien ryhmien sisäiset selittämättömät hajonnat ovat niin suuret, että tilastol-

lista merkitsevyyttä ei saavuteta. Tällöin joudutaan toteamaan, että keskiarvojen ero johtui sattumasta, otoksen poimintaan tai mittauksiin liittyvistä virheistä tai tutkimusaineistoon sisältyvistä tuntemattomista vaikuttavista tekijöistä. Uudistamiskokeiden luonteen vuoksi niissä saadaan helposti merkitseviä eroja, mutta tavallisesti jää huomiotta se, että ne pystyvät selittämään vain pienen osan kokonaisvaihtelusta.

Aineistojen vaihtelevuuden ja tilastollisten analyysien kirjavuuden vuoksi aikaisempien tutkimusten tuloksia on hyvin vaikea verrata toisiinsa ja tulkita tekemättä vääryyttä todellisuutta kohtaan. Joka tapauksessa on selvää, että ilman tilastollista merkitsevyyttä eri menetelmien välisiä keskiarvoeroja on pidettävä vain viittauksena tiettyyn suuntaan, joka on hyvin arvokas lähtökohta uusille tutkimushypoteeseille ja niitä testaaville tutkimuksille, mutta se sopii huonosti käytännön ohjeeksi tai käytäntöön tarkoitettujen menetelmien perusteluksi.

Tämän tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli istutuksen ja kylvön vertailu toisiinsa erilaisten maanpinnan käsittelytapojen yhteydessä. Lisäksi tutkittiin ilmasto-, maaperä- ja metsikkötunnusten sekä erilaisten tuhotekijäin vaikutusta viljelytulokseen. Lopuksi pyrittiin saamaan yleiskuva Suomussalmen yksityismetsien männynviljelyiden onnistumisesta 60- ja 70-luvuilla. Koska tutkimuksen aikana kävi ilmi, että tilastollisella analyysillä on ratkaiseva merkitys inventointitulosten tulkinnassa ja soveltamisessa, tuli välttämättömäksi kuvata sitä pääpiirteissään, jotta lukijalle tarjoutuu mahdollisuus saada käsitys sen merkityksestä ja siihen liittyvistä vaikeuksista.

### 3. Aineisto ja menetelmät

#### 31. Otoksen poiminta

Kainuun metsälautakunnassa on vuodesta 1956 lähtien metsänhoitolain 2 § mukaisten uudistamishankkeiden asiapapereista laadittu tiedosto, mistä voidaan tulostaa tilastoja eri tarkoituksia varten. Suomussalmen männynviljelyiden inventoinnin suunnittelun alussa oli käytettävissä suunnitelmatilasto, josta ilmenivät vuosittaiset uudistamishankkeet viljelytavoittain ja maanpinnan käsittelytavoittain eriteltyinä. Sen perusteella tutkimuksen otos päätettiin poimia vuosien 1963, -64, -65 sekä 1973, -74 ja -75 viljelysuunnitelmista.

Näin saataisiin käsitys kahden vuosikymmenen kolmen peräkkäisen vuoden viljelyistä, joiden viljely - ja maanpinnan käsittelymenetelmät ovat vaihdelleet. Sitä paitsi 60-luvun alkupuolella Suomussalmella käytettiin yleisesti kulotusta maanpinnan käsittelymenetelmänä, mistä haluttiin näytteitä. Pitkä ajallinen leikkaus on perusteltu, koska se antaa mahdollisuuden saada tuntuma ajan mukana viljelytaimikoissa tapahtuviin muutoksiin.

Kokonaisaineistosta, yhteensä 1598 uudistusala, poimittiin ositettu otos tasaisella kiintiöinnillä ositteina viljelymenetelmä (istutus tai kylvö) ja muokkaus (muokkaamaton = kuokkatyö, kulotus, koneellinen laikutus, äestys ja auraus). Aineisto oli lisäksi ryhmitelty kylittäin, mikä takasi otoksen tasaisen jakaantumisen kunnan eri osiin. Otos poimittiin tasaotoksena niin, että kustakin luokasta saataisiin jos mahdollista sama määrä taimikoita. Otoksen lopulliseksi kooksi pyrittiin saamaan n. 120 taimikkoa. Etukäteen oli tiedossa, että suunnitelma-asiakirjat poikkeavat monin tavoin toteutuksesta ja että maastotöiden aikana törmätään moniin tapauksiin, joissa epäselvyyksien vuoksi taimikoita joudutaan hylkäämään,

minkä perusteella otos poimittiin kaksi kertaa suurempana. Tällä tavoin maastotöiden pohjana olevan otoksen kooksi saatiin 198 uudistusala.

Maastotarkistuksessa jouduttiin tämän lisäksi erilaisten epäselvyyksien vuoksi hylkäämään 33 uudistusala. Hylkäämiseen päädyttiin, jos taimikkoa ei voitu ollenkaan paikallistaa maastossa, jos se oli mahdoton rajoittaa, sijaitti erittäin kallioisella alueella, taimikon päällä oli siemenpuita tai se oli iältään tai rakenteeltaan täysin perustamistietoihin sopimaton tai pinta-alaltaan niin pieni, ettei sen mittaaminen ollut mielekäs. Tähän ryhmään sisältyi myös 6 turvemaille tehtyä hankikylvöä. Korviksi luettavissa kohteissa ei yleensä löytynyt ainutakaan viljelymäntyä ja rämeillä puusto muodostui perustamistietoja selvästi vanhemmasta, eri-ikäisestä männiköstä. Lähtöaineistoon sisältyi vielä 8 uudistusala, jotka hylättiin asiakirjojen perusteella ilman maastokäyntiä. Hylkäämisen syynä oli tällöin joko ratkaisevat puutteet perustamisasiakirjoissa tai kartoissa, ylivoimaisen pitkä tai hankala kulkumatka tai kuuluminen sellaiseen ositteeseen, josta taimikoita oli mitattu jo täysi kiintiö (viimeksi mainittuja oli 2 kpl). Alkuperäisestä 198 uudistusalan otoksesta jäi siten 39 kpl lähemmän tarkastelun ulkopuolelle.

Maastossa lopullisesti mitatun aineiston muodostaa 118 uudistusala, mikä tekee otantasuhteeksi 7,4 %. Taulukossa 1 on esitetty aineiston jakaantuminen kylittäin.

Taulukko 1. Aineisto.

Kylä	Istutetut		Kylvetyt		Taimikoita Yhteensä	
	kpl	ha	kpl	ha	kpl	ha
Alanäljänkä	2	1,3	.	.	2	1,3
Alavuokki	11	16,1	2	2,5	13	18,6
Kerälä	3	5,0	.	.	3	5,0
Kianta	10	17,2	12	30,5	22	47,7
Kirkonkylä	7	9,3	6	10,5	13	19,8
Pesiö	5	4,0	4	3,0	9	7,0
Piispajärvi	3	3,0	6	12,3	9	15,3
Ruhtinansalmi	4	6,7	3	4,5	7	11,2
Yli-Näljänkä	13	34,7	21	60,6	34	95,3
Ylivuokki	6	15,7	.	.	6	15,7
Yhteensä	64	113,0	54	123,9	118	236,9

Lopullisen aineiston kylittäisen jakautumisen tasaisuudessa on paljon toivomisen varaa. Maastotyövaiheessa jakaumia olisi voitu vielä jonkin verran tasata, mikäli siihen olisi kiinnitetty riittävästi huomiota, sillä n. 20 % (39 kpl) alkuperäisestä 198 kpl:een otoksesta jäi maastossa tarkastamatta. Se ei kuitenkaan olisi ratkaisevasti parantanut tilannetta, sillä suunnitelmätiedot poikkesivat yleisesti lopullisesta toteutuksesta. Jakaumien ratkaiseva parantaminen olisi edellyttänyt huomattavasti suurempaa alkuperäistä otosta. Sekään ei olisi riittänyt täysin korjaamaan tilannetta, sillä sen perimmäinen syy on kylien pinta-alojen huomattava vaihtelu ja erilaisten metsänviljelymenetelmien epätasainen jakaantuminen eripuolilla Suomussalmea. Joka tapauksessa otannan kylittäisellä ryhmittelyllä pyrittiin parantamaan otoksen alueellisen jakautumisen tasaisuutta, mikä on omiaan parantamaan tulosten yleistettävyyttä. Viljely- ja maanpinnan käsittelymenetelmien vertailuun aineisto sopii hyvin. Edustamiltaan vuosilta aineisto antaa myös suhteellisen luotettavan kuvan Suomussalmen männyn viljelyiden onnistumisesta, vaikka otos onkin valittu tasakiintiöin-

nin perusteella eikä siten ole paras mahdollinen ko. tarkoitukseen. Sen antamien tulosten mukaan voidaan tehdä perusteltuja johtopäätöksiä 60- ja 70- luvun viljely-alueiden kehityksestä aina viime vuosiin saakka.

### 32. Inventointimenetelmä

Suunnitelmakarttojen perusteella viljelytaimikot merkittiin peruskartalle, jonka avulla ne paikallistettiin maastossa. Ennen varsinaisen mittauksen aloittamista taimikko tarkastettiin pinta-alan ja mittauskelpoisuuden toteamiseksi. Taimikon mittaus aloitettiin siitä kohdasta, mihin mittausryhmä ensiksi osui. Systemaattisesti tasaisin koeala- ja linjaväleihin sijoitettujen ympyräkoealojen lukumäärä saatiin taimikon pinta-alan mukaan taulukosta, joka oli laadittu aikaisemmista vertailukelpoisten alueiden inventoinneista laskettujen hajontatulosten perusteella siten, että mittausteho saatiin maksimoiduksi.

Ympyräkoealojen säde määritettiin erikseen havupuille ja lehtipuille siten, että koealalle saatiin 5 - 10 viljelytainta (kylvötupas = yksi taimi). Kuitenkaan taimikosta mitattujen viljelytainten yhteismäärä ei saanut alittaa 30 kpl paitsi silloin, kun taimikko oli niin harva, että maksimisädettä (9,9 m) ja ympyräkoealojen taimikon pinta-alasta riippuvaa ohjelukumäärää käyttäen ei päästy 30:een. Sädettä kasvatettiin 50 cm pätkissä. Tällä ns. joustavan säteen menetelmällä jokaisen ympyräkoealan koko määräytyy siten, että se edustaa hyvin kutakin mittauspistettä riippumatta siitä, sattuuko taimikko sillä paikalla olemaan harva vai tiheä. Samalla maastotyö optimoituu ja tulosten tulkinta helpottuu vaikeasti tulkittavien tyhjien ympyröiden eliminoituessa pois (Pohtila 1977b, 1980, Gustavsen ym. 1988).

Lehtipuukoealojen säde valittiin siten, että lehtipuiden valtataimia (valtataimet ovat kehityskelpoisia ja niiden tilajärjestys on sellainen, että ne sopivat kasvamaan ensiharvennukseen saakka, korkeintaan 5000 tainta/ha) tuli koealalle 5 - 15 kpl. Vesatuppaasta lukuun otettiin 1 - 3 valtavesaa. Suurin ympyrän säde oli 9,9 m eli sama kuin havupuilla.

Taimikosta kirjattiin yleislomakkeelle pinta-ala 0,1 ha tarkkuudella ja määritettiin kasvupaikkaluokka, maalaji, korkeus merenpinnasta, edellisen puuston tilavuus ja puulajisuhteet. Asiakirjojen ja maastohavaintojen perusteella määritettiin avohakkuuvuosi, muokkausmenetelmä ja vuosi, viljelymenetelmä ja vuosi, taimikonhoitomenetelmä ja vuosi sekä arvioitiin uudistumisen onnistuminen, taimikon terveys, elinvoimaisuus ja kehityskelpoisuus, muokatun pinnan suhteellinen osuus ja ehdotettiin hoito-toimenpiteet. Sijainnin ja korkeuden perusteella määritettiin myöhemmin sisätöinä viljelypaikan lämpösumma. Viljelysiemenen alkuperä selvitettiin toteuttamisasiakirjoista. Yleislomake täytettiin heti taimikkoon tulon jälkeen niin pitkälle kuin mahdollista sekä täydennettiin ja tarkastettiin ympyräkoealojen mittaamisen jälkeen, jolloin taimikosta oli syntynyt hyvä yleiskuva.

Jokaisella ympyräkoealalla täytettiin koealalomake, jolle kirjattiin havu- ja lehtipuukoealojen säteet, reunametsän etäisyys, puulajisuhteet ja puulajeittain siemennyskyky sekä pinnan muodot, kaltevuus, kivisyys ja kallioisuus tai soistuneisuus. Ympyräkoealan jokaisesta taimesta merkittiin ylös puulaji, synty tapa, ikä, pituus ja läpimitta, terveys, tekninen laatu ja kehityskelpoisuus, kasvualustan laatu (koskematon/muokattu pinta), ja kaksi tärkeintä tuhotekijää. Lisäksi luettiin ympyräkoealan vesat sekä alikasvostaimet puulajeittain ja määritettiin alikasvoksen terveys, tekninen laatu ja kehityskelpoisuus. Alikasvokseksi katsottiin taimet, jotka olivat yli puolta lyhyempiä kuin vallitsevan taimijakson keskipi-



tuus. Alikasvos määritettiin havu- ja lehtipuille erikseen. Viljelytaimia ei koskaan luettu alikasvokseksi.

### 33. Aineiston käsittely ja analysointi

Maastolomakkeilta taimikoita koskevat tiedot tallennettiin Muhoksen tutkimusasemalla tiedostoksi, jonka tietojen loogisuus testattiin ja ilmenneet virheet korjattiin ja epäselvyydet tarkistettiin. Korjattu tiedosto siirrettiin Oulun yliopiston IBM 2083 tietokoneelle, jolla peruslaskelmat ja analyysit suoritettiin SAS-, BMDP- ja GLIM-ohjelmistoja käyttäen. Varianssianalyysi ja regressioanalyysi muunnoksineen ovat olleet tärkeimmät käytetyt menetelmät (Vasama & Vartia 1980, Ranta ym. 1989). Ne asettavat ankaria ehtoja tutkittavien jakaumien normaalisuudelle, havaintojen riippumattomuudelle ja varianssien yhtäsuuruudelle. Käytetty aineisto on ollut luonteeltaan sellainen, että ehtoihin on voitu vain empien vastata myöntävästi. Tämän vuoksi on pyritty kokeilemaan myös parametrittomia analyysimenetelmiä, jotka asettavat hyvin vähän ehtoja jakaumien laadulle, ja vertaamaan saatuja tuloksia toisiinsa. Eri ryhmien välisten erojen testaamisessa on kiinnitetty erityistä huomiota luotettavien testimenetelmien etsimiseen ja kokeilemiseen (Hochberg & Tanhane 1987). Näin on pyritty varmistamaan analyysitulosten luotettavuutta ja samalla saamaan mahdollisimman monipuolinen käsitys aineistosta ja sen ominaisuuksista.

Maastotöissä kirjattiin huolellisesti erilaisten tuhojen esiintyminen taimikoissa. Tuhojen esiintymiseen vaikuttavien tekijöiden analyysissä käytettiin kontingenssitaulukointia ja X<sup>2</sup>-riippumattomuustestiä (Vasama & Vartia. 1980, Ranta ym. 1989). Kokonaiskäsitykseen eri tuhotekijöiden esiintymisen ja metsikkötunnusten välisistä suhteista pyrittiin logistista regressioanalyysiä käyttäen (McCullagh & Nelder 1983).

#### 4. Tulokset

##### 41. Viljelytulokseen vaikuttaneet tekijät

##### 411. Kylä

Taulukossa 2 on esitetty kylittäisessä tarkastelussa kehityskelpoiset hehtaariohtaiset taimimäärät viljelyn ja luontaisen täydennyksen osalta puulajeittain eriteltyinä. Viljelyn onnistumis-% on laskettu Kainuun metsälautakunnan soveltamasta viljelytiheydestä, joka on ollut 60-luvulla 2500 ja 70-luvulla 2000 tainta/ha.

Taulukko 2. Kehityskelpoiset taimet kpl/ha.

Kylä	Viljely- taimet		Luontaiset taimet				haa	havu	lehti	yht.
	mä	onn-%	mä	ku	rko	hko				
Alanäljänkä	801	40	22	22	0	1210	0	845	1210	2055
Alavuokki	1742	81	202	43	0	1801	80	1986	1932	3919
Kerälä	1093	55	174	42	5	1725	0	1309	1905	3214
Kianta	866	40	52	123	45	1201	48	1041	1341	2382
Kirkonkylä	738	34	82	81	19	1440	19	901	1502	2403
Pesiö	783	36	55	45	18	1139	240	883	1414	2297
Piispajärvi	574	28	104	136	0	640	68	814	728	1542
Ruhtinansalmi	693	32	23	49	27	455	2	764	492	1256
Yli-Näljänkä	936	44	35	175	0	1295	83	1146	1412	2558
Ylivuokki	1398	68	113	38	0	2648	35	1548	2685	4233
Keskimäärin	961	45,2	75	107	14	1316	69	1143	1433	2577

Taimikoissa oli keskimäärin 961 viljelytainta/ha, joka vaihteli kylittäin Piispajärven 574:stä Alavuokin 1742:een. Vastaavat viljelyn onnistumisprosentit olivat 45, 28 ja 81. Luontaisia männyn ja kuusen taimia löytyi niukasti, keskimäärin 75 ja 107 kpl/ha, ja kylittäinen vaihtelu oli pientä. Rauduskoivua oli keskimäärin vain 14 kpl/ha ja puolet kylistä oli sellaisia, joissa ei ollut

yhtään raudusta. Hieskoivua sen sijaan esiintyi runsaasti, keskimäärin 1316 kpl/ha. Kylittäinen vaihtelu oli suhteellisen pientä.

Taimikot olivat sen ikäisiä ja kokoisia, että niissä oli suoritettu ainakin yksi perkaus. Perkauksissa oli aina jätetty elinvoimaisia hieskoivuja varsinkin taimikon aukkoihin. Ruhtinansalmen ja Piispajärven muista kylistä poikkeavan alhaiset hieskoivumäärät selittynevät perkausilla, joissa koivua on jätetty toisia kyliä vähemmän taimikkoa täydentämään. Haapaa, leppää ym. lehtipuita esiintyi myös niukasti. Havu- ja lehtipuiden yhteissummasta, 2577 kpl/ha, 56 % on lehti- ja 44 % havupuita. Lehtipuista hieskoivun osuus on 92 %. Kylittäiset taimimäärät ovat hyvin tasaiset vaihdellen 2000 ja 4000 välillä. Poikkeuksen muodostavat Ruhtinansalmi ja Piispajärvi, joissa kehityskelpoisten tainten yhteismäärä jää 1200 - 1600 kpl/ha tuntumaan. Näissä kylissä männyn viljelyt ovat onnistuneet huonosti ja luontaista hieskoivuakin on niukasti.

Seuraavaksi ryhdyttiin tilastollisesti analysoimaan, millä tekijöillä on ollut vaikutusta viljelytulokseen. Luontevinta oli aloittaa kyläjaon pohjalta ja selvittää oliko kylien välillä eroja viljelyn onnistumisessa. Tehtiin yksisuuntainen varianssianalyysi, joka antoi tulokseksi, että kylät erosivat merkitsevästi toisistaan. Tulos ei kerro tarkemmin, mitkä kylät eroavat toisistaan, vaan ainoastaan sen, että ainakin yksi kylä poikkeaa toisista. Niinpä analyysiä jatkettiin kylien parittaisilla vertailuilla. Ennen sitä oli kuitenkin selvitettävä, kuinka hyvin varianssianalyysin oletukset havaintoaineistojen jakaumien normaalisuudesta ja varianssien yhtäsuuruudesta toteutuvat tarkasteltavassa aineistossa. Sillä jos aineisto ei täytä varianssianalyysin perusoletuksia, sen antamat tulokset voivat olla täysin harhaanjohtavia.

Jakaumien normaalisuuden selvittämiseksi tutkittiin residuaalien 1. jäännöshajontojen normaalisuutta. Kolmogorov-Smirnov:in testisuureen perusteella residuaalien normalisuutta voi jonkun verran epäillä ja residuaalikuviosta ilmeni, että jakaumat olivat hiukan vinot, mutta muuten kunnossa. Näillä perusteilla varianssianalyysiin on suhdaututtava varauksellisesti.

Seuraavaksi tutkittiin muuttujain muunnosten kykyä parantaa residuaalien normaalisuutta. Sellaista muunnosta ei kuitenkaan onnistuttu löytämään. Viime vaiheessa katsottiin, millaisia tuloksia saadaan parametrittomilla menetelmillä, jotka eivät edellytä jakaumien normaalisuutta. Niiden antamat tulokset olivat mediaanitestin, Wilcoxon-, van der Waerden- ja savage-testin mukaan samanlaiset kuin normaalin varianssianalyysin. Koska parametrittomilla menetelmillä yhdysvaikutusten ja eri ryhmien välisten erojen tarkempi tutkiminen on vaikeaa, katsottiin tavanomainen varianssianalyysi parhaaksi menetelmäksi. Tuloksiin pitää vain varsinkin rajatapauksissa suhtautua varauksellisesti. Kun vielä todettiin, että kylien varianssit poikkesivat toisistaan, on testien yhteydessä käytetty muunnoksia, jotka ottavat sen huomioon. Kaikki nämä varaukset heikentävät menetelmän luotettavuutta ja edellyttävät varovaisuutta tulosten tulkinnassa ja johtopäätösten teossa (esim. Vasama & Vartia 1980, Ranta ym. 1989).

Jatkoselvittelyn lähtökohdaksi hyväksyttiin varianssianalyysin tulos, että kylien välillä on eroja viljelyiden onnistumisessa ja ryhdyttiin tutkimaan eroja yksityiskohdaisesti. Tutkittiin tilastollisissa ohjelmissa käytettävissä olevia testejä. Tarkasteltiin lähinnä neljää testiä nm. t-testiä, Tukey'n testiä, Student-Newman-Keuls'in ja Bonferronin testiä. T-testi on vanha testi, joka antaa runsaasti merkitseviä eroja. Niin myös tässä tapauksessa. Tukeyn-testi taas antaa niukasti merkitseviä eroja ja Student-Newnam-Keuls'in testi on hyvin lähellä t-testiä.

Koska taimikoiden lukumäärä eri luokissa oli vaihteleva Student-Newman-Keuls jouduttiin hylkäämään. T-testiä ei ole tarkoitettu monien keskiarvoparien testaamiseen, minkä vuoksi monivertailuissa aiheutuu ongelmia merkitsevyytason määrittelyssä. Tämä virhemahdollisuus on korjattu Bonferronin ja Tukeyn testeissä. Koska Bonferronin menetelmä toimii paremmin kuin Tukeyn menetelmä, kun ollaan kiinnostuneita vain osasta mahdollisia vertailuja, katsottiin Bonferroni tällä perusteella tarkoitukseen sopivimmaksi. Sitä käytettiin myös jatkossa ryhmien välisten erojen testaamisessa. Bonferronin testin mukaan Alavuokki eroaa merkitsevästi Piispajärvestä, mutta muiden kylien välillä erot eivät ole merkitseviä (asetelma 1).

#### Asetelma 1.

Ryhmitys	Kylä	Kpl/ha	N
a	Alavuokki	1741	13
b	Ylivuokki	1397	6
b	Kerälä	1093	3
b	Ylinäljänkä	936	34
b	Kianta	865	22
b	Alanäljänkä	800	2
b	Pesiö	783	9
b	Kirkonkylä	738	13
b	Ruhtinansalmi	693	7
b	Piispajärvi	573	9

#### Selitykset:

- Sama kirjain ryhmityssarakkeella kahden kylän kohdalla merkitsee sitä, ettei niiden välillä ole tilastollisesti merkitsevää eroa.
- Kpl/ha = kehityskelpoisten viljelytaimien määrä/ha.
- N = inventoitujen taimikoiden lukumäärä.

Bonferronin testi asettaa kylät suuruusjärjestykseen taimimäärien mukaan ja alkaa testata kylien välisiä eroja suurimman taimimäärän omaavasta kylästä alaspäin siihen saakka, kunnes vastaan tulee kylä, joka eroaa merkitse-

västi edellisistä. Se on tässä tapauksessa Piispajärvi. Seuraavassa vaiheessa testi ottaa lähtökohdaksi seuraavaksi suurimman taimimäärän omaavan kylän, Ylivuokin, ja alkaa testata alaspäin, missä on seuraava merkitsevästi heikompi kylä. Sellaista ei enää löytynyt ja testaus päättyi.

Kun lisäksi todetaan, että Alavuokki on Suomussalmen kunnan eteläisintä ja alavinta aluetta ja Piispajärvi kunnan pohjoisin kylä ja korkealla merenpinnan yläpuolella, erot voivat huomattavalta osin aiheutua mm. ilmastollisista tekijöistä. Niinpä kylien välisiä eroja voidaan pitää pieninä. Kun vielä otettiin huomioon aineiston kylittäisen jakautumisen puutteet, ei kyläjakoa voitu pitää perusteltuna jatkoanalyysien lähtökohtana.

#### 412. Viljelymenetelmä

Kylvön ja istutuksen välisiä eroja tutkittiin varianssianalyysillä. Kylvön keskimääräinen taimimäärä oli 1016 ja istutuksen 914 tainta/ha. Viljelymenetelmien välinen ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä.

Taimikoista pyrittiin määrittämään myös viljelytapa. Istutuksessa oli käytetty vain paljasjuuritaimia, mutta kylvössä esiintyi vakoruutu-, haja-, hanki- ja viirukylvöä. Varianssianalyysin mukaan viljelytavalla oli merkitsevä vaikutus kehityskelpoisten viljelytaimien määriin. Niinpä siirryttiin tutkimaan, mitkä viljelytavat poikkeavat toisistaan (asetelma 2).

**Asetelma 2.**

Ryhmitys	Vilj.tapa	Kpl/ha	N
a	Viirukylvö	1356	1
a	Vakor.kylvö	1163	42
a	Palj.juuritaimi	914	63
a	Hankikylvö	410	5
a	Hajakylvö	359	5

(Selitykset asetelmassa 1. s. 15).

Kävi ilmi, että tarkempi ryhmien testaaminen ei löytänyt-kään merkitseviä eroja, vaikka varianssianalyysi oli sel-laista osoittanut. Vaikka eri viljelytapojen keskiarvojen erot ovat suuret, ryhmien sisäiset hajonnat ovat niin isot, että tilastollisesti merkitseviä eroja ei löydy-kään. Asetelmasta selviää lisäksi se, että hanki- ja hajakylvöt ovat onnistuneet huonosti. Suurin osa niistä oli tehty käsittelemättömään maahan. Hankikylvöistä yksi oli tehty kulotusalalle ja hajakylvöistä yksi äestettyyn maahan. Nämä olivat myös ryhmissään parhaiten onnistu-neita. Viirukylvö oli tehty kylvöraudalla.

Aineistoa lähemmin tarkasteltaessa kävi ilmi, että istu-tukset olivat korkeamman lämpösummam alueella kuin kyl-vöt. Niinpä oli asiallista selvittää vaikuttaisiko lämpö-summakorjaus viljelymenetelmien välisiin eroihin. Kova-rianssianalyysi antaa tähän mahdollisuuden (esim. Vasama & Vartia 1980, Ranta ym. 1989). Asetelmassa 3 esitetään vertailun tulokset.

**Asetelma 3.**

Viljely- menetelmä	Taimikoita kpl	Korjaamaton keskiarvo kpl/ha	Lämpösummakorjattu keskiarvo kpl/ha
Istutus	64	914	840
Kylvö	54	1016	1105

Lämpösummakorjaus osoitti, että istutukset ovat selvästi keskimääräistä edullisemmissa lämpöoloissa kuin kylvöt. Lisäksi lämpösummakorjaus vaikutti tuloksiin, sillä kovarianssianalyysin mukaan kylvö on istutusta merkitsevästi parempi, vaikka edellä korjaamattoman aineiston varianssianalyysi ei merkitseviä eroja löytänytkään. Jos vielä kylvöstä poistettaisiin menetelmänä selvästi epäonnistuneet hanki- ja hajakylvöt muokkaamattomaan maahan, kylvön asema vahvistuisi entisestään.

#### 413. Maanmuokkaus

Kun aineisto jaettiin koneellisesti muokattuihin ja muokkaamattomiin, muokatut olivat tilastollisesti merkitsevästi paremmin onnistuneita.

Varianssianalyysi osoitti niinkään muokkaustapojen välillä olevan eroja. Bonferronin monivertailutestillä tutkittiin sitten tarkemmin, mitkä muokkausmenetelmät erosivat toisistaan (asetelma 4).

#### Asetelma 4.

Ryhmitys	Muokkaustapa	Kpl/ha	N
a	Laikutus	1584	15
b a	Piennarauraus	1339	10
b a	Palleauraus	1206	13
b c	Äestys	1047	28
c	d Kulotus	745	17
	d Käsittelemätön	531	35

(Selitykset asetelmassa 1. s. 15).

Bonferronin testi osoitti, että laikutus ei eroa merkitsevästi aurauksista, mutta äestys, kulotus ja käsittelemätön ovat merkitsevästi heikompia (a). Vastaavasti auraukset eivät eroa äestyksestä, mutta kylläkin kulotuk-



sesta ja käsittelemättömästä (b). Äestys ei eroa kulotuksesta eikä aurauksista, mutta kylläkin käsittelemättömästä ja laikutuksesta. Kulotus ei eroa äestyksestä ja käsittelemättömästä, mutta laikutus ja auraukset ovat merkitsevästi parempia. Ryhmitystä osoittavat kirjaimet menevät kuitenkin limittäin, mikä tekee muokkaustapojen väliset erot epäselviksi. Kun lähdetään heikoimmin onnistuneesta käsittelemättömästä kulotuksen kautta koneellisiin menetelmiin, selkeää rajaa ei voida vetää esim. koneellisesti muokattujen ja muiden välille, vaan erot ovat liukuvia.

Viljelytulos keskiarvojen tasolla paranee siirryttäessä käsittelemättömästä kulotuksen kautta koneellisiin muokkaustapoihin. Parhaan menetelmän eli laikutuksen tulokseen on kuitenkin suhtauduttava varauksellisesti kahdesta eri syystä. Ensiksi laikutusta on suoritettu kantokoukulla ja Sinkkilän laikkurilla ja ehkä muillakin välineillä. Uudistamisasiakirjoissa laikutus on ilmaistu niin epämääräisesti, että laitetta ei ole voitu jälkikäteen tarkasti määritellä. Lisäksi laikutus painottuu vahvasti Alavuokin kylälle, missä viljelyt ovat onnistuneet kaikista kylistä parhaiten (taulukko 2 ja asetelma 1). Tästä syystä laikutuksen paremmuutta äestykseen varrattuna on pidettävä kyseenalaisena ja koneellisia menetelmiä hyvin tasavertaisina.

Koska istutuksen ja kylvön tuloksissa oli lämpösummakorjauksen jälkeen merkitsevä ero, oli johdonmukaista tarkastella niitä myös erikseen. Suoritettu varianssianalyysi osoitti, että sekä istutus- että kylvötulokseen maanpinnan käsittely vaikutti merkitsevästi. Istutuksen osalta muokkausmenetelmien vertailussa monivertailutesti antoi asetelma 5. osoittaman tuloksen.

**Asetelma 5.**

Ryhmitys	Muokkaustapa	Kpl/ha	N
a	Palleauraus	2090	2
a	Laikutus	1770	9
b	Äestys	905	14
b	Piennarauraus	903	5
b	Käsittelemätön	637	26
b	Kulotus	582	8

(Selitykset asetelmassa 1. s. 15).

Istutustaimikot jakaantuvat selkeästi kahteen ryhmään. Palleauraus ja laikutus ovat äestystä, piennarauraus, käsittelemätöntä ja kulotusta merkitsevästi parempia. Keskiarvojen tasolla kulotus ja käsittelemätön ovat omilla lukemillaan, piennarauraus ja äestys ovat keskimäinen aisapari ja laikutus ja palleauraus ovat sitten omissa huippulukemissaan.

Kylvössä monivertailutesti antoi asetelman 6.

**Asetelma 6.**

Ryhmitys	Muokkaustapa	Kpl/ha	N
a	Piennarauraus	1776	5
b	a Laikutus	1305	6
b	a Äestys	1189	14
b	c a Palleauraus	1045	11
b	c Kulotus	890	9
c	Käsittelemätön	226	9

(Selitykset asetelmassa 1. s. 15)

Piennarauraus ei eroa laikutuksesta, äestyksestä ja palleaurauksesta, mutta kylläkin kulotuksesta ja käsittelemättömästä. Laikutus ja äestys eroavat merkitsevästi vain käsittelemättömästä, mutta palleauraus ei enää siitäkään. Ryhmitystä osoittavat kirjaimet menevät tässäkin

asetelmassa limittäin, joten selkeästi toisistaan eroavia ryhmiä on vaikea nimetä.

Lämpösummakorjaus ei muuttanut edellisiä asetelmia. Viljelymenetelmän sisällä maanmuokkaukset olivat siten ja kaantuneet tasaisesti eri lämpösummavyöhykkeille.

Muokkaustapojen analysointia vaikeuttaa huomattavasti se, että kulotusta esiintyy vain 60-luvun viljelyissä ja samoin käsittelemätön vaihtoehto kahta poikkeusta lukuunottamatta. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että taimikoiden vanhetessa ne myös harvenevat (esim. Valtanen 1974, 1977, 1986, Valtanen & Engberg 1986). Tämän tutkimuksen aineisto ei ole siten paras mahdollinen kulotuksen ja käsittelemättömän vertailuun koneellisten menetelmien kanssa. Toinen vaikeus piilee siinä, että muokkausmenetelmät ovat valikoituneet kasvupaikan mukaan. Au-rauksista 78 % on tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla, äestykset, kulotukset ja käsittelemättömät ovat tasapuolisesti tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla ja laikutusten painopiste on kuivahkoilla kankailla. Tämä haitta pyrittiin eliminoimaan tarkastelemalla tuoreen ja kuivahkon kankaan muokkauksia omina ryhminään.

Sekä tuoreella kankaalla että kuivahkolla kankaalla vari-anssianalyysi osoitti muokkauksella olevan tilastollisesti merkitsevän vaikutuksen viljelyn onnistumiseen. Kuivahkolla kankaalla Bonferronin monivertailutesti ei löytänyt merkitseviä eroja eri muokkausten välillä. Tuoreella kankaalla kulotus ja käsittelemätön olivat merkitsevästi koneellisia muokkausmenetelmiä huonompia. Molemmissa kasvupaikkaluokissa saatiin sen sijaan selkeät erot, jos aineisto jaettiin vain kahteen muokattujen ja muokkaamattomien ryhmään. Tähän vaikutti ilmeisesti havaintojen lukumäärän lisääntyminen (aineisto jaettiin vain kahteen osaan) ja vuosikymmenen ikäero ryhmien välillä.

Mielenkiintoinen havainto on myös se, että verrattaessa tuoreen ja kuivahkon kankaan viljelytulosta keskiarvojen tasolla, voimakkaat maanpinnan käsittelyt eli auraukset ovat onnistuneet keskimäärin paremmin tuoreilla kuin kuivahkoilla kankailla. Vastaavasti kaikki muut menetelmät 0-käsittelyä myöten ovat onnistuneet kuivahkoilla kankailla tuoreita paremmin. Kuitenkaan erot eivät olleet millään maanpinnan käsittelytavalla merkitseviä ja laikutus oli kummallakin kasvupaikkatyypillä johtanut parhaaseen viljelytulokseen.

Silmiin pistävää on se, että vaikka aineistosta pyrittiin kaikin keinoin eliminoimaan analyysiä häiritsevät virhelähteet, selkeitä tilastollisesti merkitseviä eroja oli vaikea osoittaa koneellisten maanmuokkausmenetelmien välille. Muokattujen ja muokkaamattomien tasolla näyttö oli selvä, vaikka sekin hämärtyi tarkempaa alajakoa käytettäessä.

Vaikka jatkossa katsottiin tarkoituksenmukaiseksi aineiston jako muokattuihin ja muokkaamattomiin, on muistettava, että se ei ole tilastollisesti kovin selkeä. Ongelmaan palataan vielä askeltavan regressioanalyysin yhteydessä.

Seuraavaksi testattiin istutuksen ja kylvön välisiä eroja lämpösummakorjatuille istutus- ja kylvötaimimäärille muokkaustavoittain, mistä yhteenveto asetelmassa 7.

#### Asetelma 7.

Muokkaus	Istutetut		Kylvetyt		Eron merk. (t-testi)
	Kpl/ha	N	Kpl/ha	N	
Palleauraus	1778	2	1101	11	-
Piennarauraus	810	5	1868	5	*
Äestys	882	14	1212	14	-
Laikutus	1696	9	1416	6	-
Kulotus	597	8	876	9	-
Käsittelemätön	582	26	386	9	-

Kovarianssikorjaus muutti keskiarvoja siten, että kylvöjen keskiarvot nousivat ja istutuksen laskivat paitsi kulotuksen kohdalla, missä muutos oli hyvin pieni ja toisin päin. Piennaraurauksessa kylvön merkitsevä paremmuus vahvistui hiukan.

Käsittelemättömään maahan tehdyt kylvöt ovat onnistuneet istutukseen verrattuna heikosti. Yhdeksästä kylvötaimikosta kuusi on haja- tai hankikylvöjä koskemattomaan maahan. Ne eivät ole siten vertailukelpoisia muokkaamattomaan maahan tehtyihin istutuksiin, joissa on aina tehty kuokkatyönä jonkinlainen laikku. Kulotuksen kohdalla tilanne on toisin päin ts. kylvö on onnistunut istutusta paremmin. Kulotetuista kylvöaloista (9 kpl) kolme on niin ikään haja- tai hankikylvöjä, jotka ovat onnistuneet keskimäärin huonommin kuin loput kuokanjälkeen ruutukylvetyt. Tämä viittaa siihen suuntaan, että kulotus yksin on puutteellinen käsittelymenetelmä, jonka jälkeisellä kuokkalaikutuksella on pystytty parantamaan kylvön onnistumista. Palleaurauksessa istutus näyttää erittäin korkeaa onnistumista. Tosin havaintoja on vain kaksi ja ne sijaitsevat suotuisissa olosuhteissa kunnan eteläosassa. Toisessa Ylivuokissa mitatussa taimikossa on ollut keskimäärin 2360 tainta/ha, mikä vahvistaa sen, että viljelytiheys on ollut 70-luvun tavoitettiheyttä, 2000 t/ha, suurempi. Vain piennaraurauksella kylvö on ollut istutusta tilastollisesti merkitsevästi parempi, vaikka keskiarvojen tasolla erot ryhmien välillä ovat huomattavat puoleen ja toiseen. Laikutus on johtanut tasaisen hyvään tulokseen molemmilla viljelymenetelmillä.

Tämän jälkeen istutus- ja kylvötaimikot jaettiin muokattuihin ja muokkaamattomiin, joita verrattiin toisiinsa kovarianssianalyysillä kovarianttina lämpösumma. Kummasakaan ryhmässä istutuksen ja kylvön välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta keskiarvojen tasolla kylvö oli molemmissa tapauksissa parempi ja muokat-

tujen ryhmässä ero oli huomattavasti suurempi kuin muok-  
kaamattomissa.

Oleellista on se, että istutuksen ja kylvön väliset erot olivat merkitseviä vain piennarauratussa maassa. Kun edellä kylvö saatiin viljelymenetelmänä lämpösummakorjauksen jälkeen tilastollisesti merkitsevästi istutusta paremmaksi, niin ratkaiseva vaikutus oli koneellisesti muokatuilla alueilla. Kylvön ja koneellisen maanpinnan käsittelyn voidaan tämän tutkimuksen tulosten mukaan katsoa sopivan Suomussalmen olosuhteissa hyvin yhteen.

#### 414. Lämpösumma

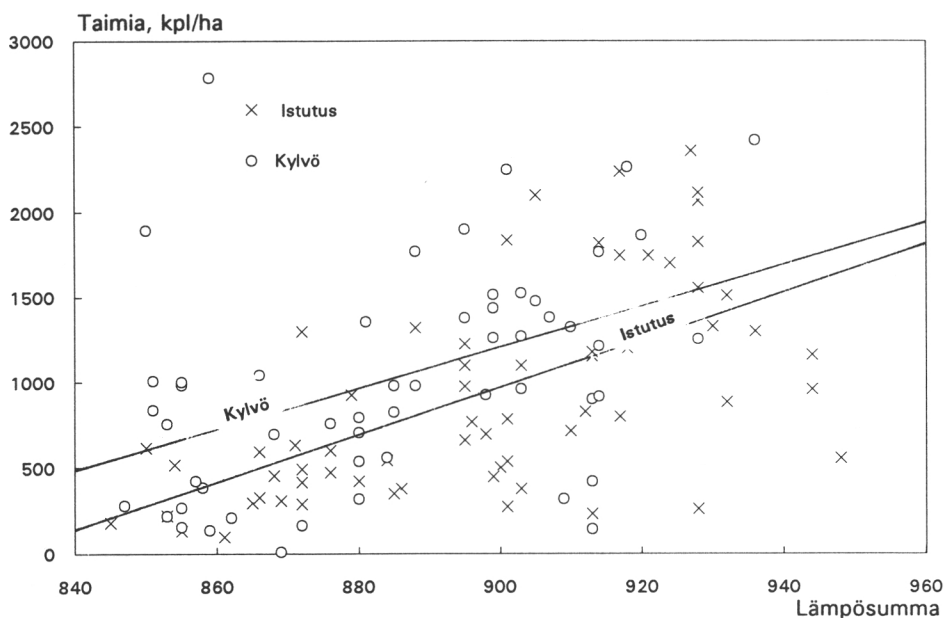
Tämän tutkimuksen aineisto poimittiin ryhmiteltynä otoksesta ryhmittelytekijöinä viljelymenetelmä, maanmuokkaus ja kylä. Kylittäisellä ryhmittelyllä pyrittiin takaamaan se, että aineisto jakaantuisi tasaisesti koko kunnan alueelle. Tämän toivottiin takaavan sen, että aineisto jakaantuisi edustavasti myös korkeuden ja lämpösumman suhteen. Siinä myöskin onnistuttiin, sillä suurimmasta mahdollisesta korkeuserosta, Emäjoen alimmasta rannasta korkeimman vaaran huipulle lasketusta korkeuserosta ja vastaavasta lämpösummasta aineisto peittää 70 %, ja jakaantuu regressioanalyysin kannalta hyvin koko vaihteluvälille.

Suoritettussa regressioanalyysissä sekä korkeus merenpinnasta että lämpösumma olivat molemmat tilastollisesti erittäin merkitseviä viljelyn onnistumisen selittäjiä. Lämpösumman selitysstaste oli hiukan parempi, 23,5 %, korkeuden 22 % vastaan. Jatkoanalyysissä käytetään tämän vuoksi pääasiassa lämpösummaa. Koko aineistosta lasketut vastaavat regressiosuorat saivat seuraavat muodot:

$$Y = 3624,87 - 11,22 (\text{korkeus})$$

$$Y = -9411,17 + 11,62 (\text{lämpösumma}),$$

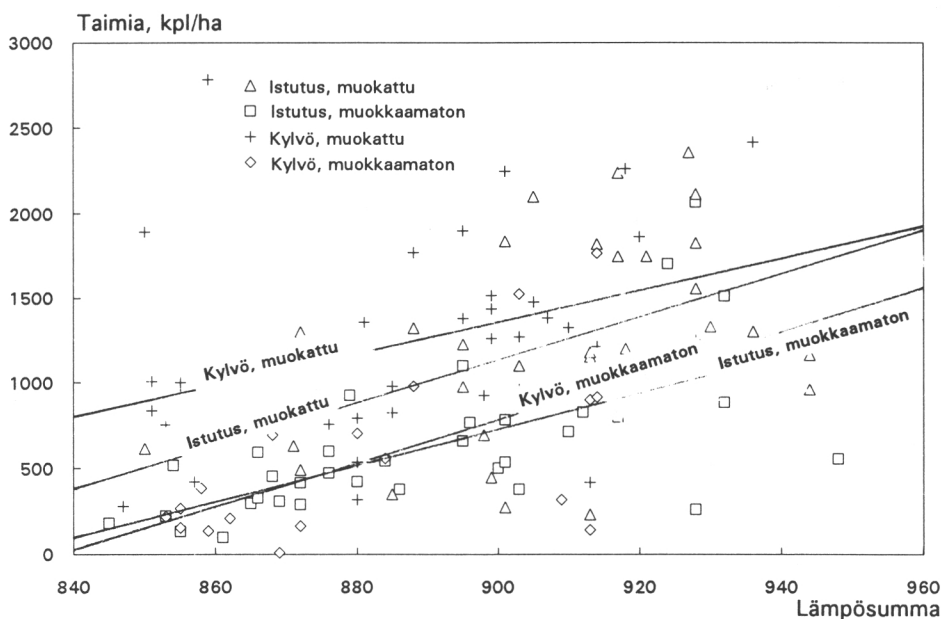
missä Y on kehityskelpoisten viljelytaimien lukumäärä hehtaarilla. Tarkkaan ottaen kylvöllä ja istutuksella tulisi olla oma mallinsa. Edellä viljelymenetelmän yhteydessä kävi ilmi, että varianssianalyysi ei osoittanut eroa kylvön ja istutuksen välillä, mutta kovarianssianalyysi, jossa lämpösunnan vaikutus otetaan huomioon, antoikin tilastollisesti merkitsevän eron. Kuva 1 havainnollistaa asiaa.



Kuva 1. Lämpösunnan ja syntytävän vaikutus viljeltyjen taimien määrään. Istutus ja kylvö.

Kylvön regressiosuora on koko ajan istutuksen suoraa ylempänä ja pienten lämpösunnien alueella enemmän kuin suurten. Havaintojen suuresta hajonnasta johtuu yllä mainitun selitysasteen pienuus. Suurtakaan virhettä tekemättä voidaan käyttää koko aineistolle yhteistä regressiosuoraa, joka kulkee suurinpiirtein kuvan suorien keskiväliltä. Kuvasta ilmenee, että kylvön suoraa kohottavat pienen lämpösunnan päästä kaksi poikkeuksellisen korkeaa kylvöhavaintoa. Niistä korkeampi on piennaraurattu ja alempi palleaurattu.

Tilannetta selventää vielä kuva 2:n asetelma, jossa havainnot on viljelymenetelmän lisäksi jaettu kahteen muokkausluokkaan: 0-muokkaukseen on luettu käsittelemätön ja kulotus ja muokattuihin vastaavasti auratut, äestetyt ja laikutetut taimikot.



Kuva 2. Lämpösomman ja syntyvän vaikutus viljeltyjen taimien määrään. Istutus ja kylvö muokkaustavoittein.

Muokkaamattomalla alustalla kylvö ja istutus ovat hyvin tasaveroisia. Niiden regressiosuorat leikkaavat toisensa 875 d.d:n tienoilla siten, että sitä pienemmällä lämpösomman arvoilla kylvö on istutusta huonompi ja suuremmilla parempi. Koneellinen muokkaus parantaa selvästi molempien viljelymenetelmien tulosta kuitenkin siten, että kylvö paranee pienen lämpösomman alueella suhteellisesti enemmän kuin istutus. Juuri äsken mainitut poikkeuksellisen hyvät aurattuun maahan tehdyt kylvöt aiheuttavat tämän. (Tässä on kuitenkin syytä palauttaa mieliin ne ai-



neiston puutteista johtuvat varaukset, jotka esitettiin muokattujen ja muokkaamattomien alojen vertailuista s. 10).

Tulokset voidaan selittää hyvin johdonmukaisella tavalla. Kylvöt hyötyvät istutusta enemmän koneellisesta muokkauksesta korkeiden vaarojen paksukunntaisilla, hienojakoisilla, ravinteikkailla ja humidisilla mailla, joilla isommat istutustaimet selviävät kylvötaimia paremmin muokkaamattomassakin maassa.

#### 415. Muut tekijät

Tähän saakka tarkasteltavana ovat olleet sellaiset tekijät, jotka on otettu huomioon lähtöaineiston ryhmitelyssä ja otoksen poiminnassa. Jatkossa tutkitaan sellaisia tunnuksia, joita ei ole voitu ottaa huomioon inventointia suunniteltaessa, mutta jotka on maastossa kuitenkin mitattu, koska niillä on voitu olettaa olevan merkitystä. Tämän seurauksena otos voikin olla tutkittavan tekijän suhteen sellainen, että jotkut harvinaiset yhdistelmät ovat vahvasti esillä samaan aikaan, kun hyvinkin yleiset ja kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta olennaiset yhdistelmät loistavat poissaolollaan. Niinpä aineiston tarkastelussa ja johtopäätösten teossa pitää olla entistä varovaisempi.

Eri tekijöiden vaikutusta viljelytulokseen analysoitiin kolmessa vaiheessa. Ensiksi analysoitiin koko aineistoa ja sen jälkeen aineisto jaettiin kahteen osaan: muokattuihin ja muokkaamattomiin taimikoihin. Muokattuihin luettiin kaikki taimikot, joissa oli suoritettu koneellinen maanpinnan käsittely eli laikutetut, äestetyt ja auratut. Muokkaamattomiin puolestaan luettiin kulotetut ja käsittelemättömät. Tämä jako katsottiin tarkoituksenmukaiseksi maanpinnan käsittelymenetelmien perusteellisen analysoinnin jälkeen (katso 413. Maanmuokkaus s.17).

Viljelyvuodella ei ollut merkitsevää vaikutusta viljelytulokseen. Mutta kun tarkasteltiin 60- ja 70-lukuja erikseen, niiden välillä todettiin merkitsevä ero. Sen selittää kaksi seikkaa. Aineiston kulotusalat olivat kaikki peräisin 60-luvulta ja kolme äestettyä lukuunottamatta loput 60-luvun taimikoista olivat käsittelemättömiä. Kolmen äestetyt taimikon viljelyt ovat onnistuneet keskimäärin selvästi edellisiä paremmin. Vastaavasti 70-luvun kaksi muokkaamatonta taimikkoa ovat onnistuneet muokattuja huonommin. Huonoimmat maankäsittelymenetelmät ovat siten voimakkaasti keskittyneet 60-luvulle. Toisaalta vuosikymmenen ikäero merkitsee aikaisempien tutkimusten mukaan sitä, että vanhemmat taimikot ovat ajan kuluessa ehtineet harventua nuorempia enemmän ja ovat sen vuoksi alemmalla tasolla (esim. Valtanen 1974, 1977, 1986, Valtanen & Engberg 1986).

Hakkuun ja viljelyn sekä muokkauksen ja viljelyn välillä kuluneella ajalla ei ollut merkitystä viljelyn onnistumiseen. Edellisen tekijän osalta aineisto ulottui 0 - 10 vuoteen ja jälkimmäisen osalta 0 - 3 vuoteen. Kummassakaan ei havaittu mitään johdonmukaista suuntaa eri-ikäisten toimenpiteiden suhteen.

Taimikon pinta-alan ja maalajin ei todettu vaikuttavan viljelytulokseen. Pinta-alan osalta tulos on ymmärrettävä, sillä taimikoiden koko oli yleisesti vain muutaman hehtaarin luokkaa. Maalajin tulos on hienoinen pettymys. Aineistossa on hyvin edustettuna moreenit hiesu-savimoreenista hiekkamoreeniin ja hajatapauksia savesta, hiesusta ja hiedasta. Moreeneista hiesu-savimoreenit ovat keskiarvojen tasolla onnistuneet parhaiten ja hiekkamoreenit heikoimmin. Tulosta voidaan pitää aika luotettava, sillä havaintoja on eri moreeneista runsaasti ja ne jakaantuvat tasaisesti ja tulos on sama koneellisesti muokatuilla ja muokkaamattomilla aloilla.

Selitys on ilmeisesti siinä, että maalaji on liian epämääräinen muuttuja tällaiseen tarkoitukseen. Ilmeisesti siltin ja sitä hienompien lajitteiden (alle 0,06 mm rae-koko) suhteellinen osuus olisi hyvä muuttuja (Lähde 1974, Jääskeläinen 1990). Se edellyttäisi kuitenkin maanäytteiden ottaamista ja niiden laboratorioanalyysiä, mihin ei kustannussyistä ole voitu tässä mennä. Jos jatkossa halutaan paneutua uudistamisen problematiikkaan, tämä on varteenotettava näkökohta. Kasvupaikkatyypillä ei ollut merkitystä koko aineistossa eikä muokatuilla aloilla. Muokkaamattomien kohdalla kuiva kangas oli kuivahkoa ja tuoretta kangasta merkitsevästi parempi. Tosin aineisto on tältä osin puutteellinen, mikä heikentää tuloksen luotettavuutta.

Inventoinnissa selvitettiin kasvupaikan edellisen puuston määrää ja puulajijakaumaa suunnitelmätietojen pohjalta sekä tekemällä havaintoja taimikossa esiintyvistä kannoista. Tekijät osoittautuivat merkitseviksi siten, että tilavuuden ja männyn osuuden kasvaessa ja kuusen osuuden pienetessä viljelyvarmuus parani. Muokatuissa taimikoissa oli kuitenkin vain männyn osuudella merkitystä.

Jokaiselta ympyräkoealalta mitattiin etäisyys lähimpään reunametsään ja selvitettiin reunametsän puulajisuhteet. Reunametsän etäisyydellä ei ollut vaikutusta viljelyn onnistumiseen, mutta reunametsän puulajisuhteilla ja puulajien siemennyskyvyllä vaikutus oli merkitsevä. Männyn osuuden kasvaessa viljelyn onnistuminen paranee ja vastaavasti kuusen ja koivun osuuden kasvu heikentää viljelytulosta. Reunametsän puulajeittaisen siemennyskyvyn, joka kuvaa kunkin puulajin elinvoimaa, varttuneisuutta ja keskinäistä vallitsevuutta, vaikutus on puulajisuhteiden kaltainen: männyn siemennyskyvyn kasvaessa viljelyn onnistuminen paranee ja vastaavasti kuusen ja varsinkin koivun siemennyskyvyn kasvu heikentää sitä.

Kasvupaikan kaltevuudella ei ollut merkitystä. Pinnanmuodoista painanne osoittautui heikoimmaksi. Painanteet ovat vedenvaivaamia, maaperältään hienojakoisia ja ravinteikkaita, kuntaantumiselle ja vesakoitumiselle alttiita sekä hallaöiden kylmän ilman kerääntymispaikkoja, minkä vuoksi tulos on ymmärrettävä. Rungas kivisyys tai kalliisuus heikensi myös tulosta. Ilmeisesti näissä tapauksissa on vaikeuksia löytää kunnollista viljelyalustaa, mikä lisää mm. kuivumisalttiutta.

Siemenen alkuperä vaihteli Ylä-Savosta Posiolle ja Kuusamoon. Alkuperätiedoissa oli yleensä mainittu vain keräyspaikkakunta tai maakunta ja vain muutamissa tapauksissa oli käytettävissä tarkempaa tietoa. Näillä edellytyksillä alkuperien ryhmittelystä tuli pakosta hyvin suurpiirteinen. Ilman muokkausryhmittelyä Posion alkuperä erottui edukseen Ylä-Savosta, mutta kun tarkasteltiin erikseen muokattuja ja muokkaamattomia taimikoita, erot hävisivät. Lopputuloksena on vain todettava, että aineisto ei anna mahdollisuuksia johtopäätösten tekoon mihinkään suuntaan.

#### 416. Yhteenveto

Aineiston tähänastinen käsittely on ollut pääasiassa varianssianalyysiin perustuvaa, missä aineistoa on ryhmitelty eri tekijöiden suhteen ja yritetty löytää ryhmien välisiä eroja ja niiden johdonmukaisia syitä. Askelta-valla regressioanalyysillä on mahdollisuus suorittaa eräänlainen yhteenveto viljelyn onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä ja niiden tärkeysjärjestyksestä. Askeltava regressioanalyysi suoritettiin kahdessa vaiheessa siten, että ensiksi mukana olivat kaikki taimikot ja toisessa vaiheessa muokatut ja muokkaamattomat taimikot erikseen. Tulokseksi saatiin seuraavat viljelytaimien lukumäärää hehtaarilla selittävät mallit.

- Kaikki taimikot (T) = -6353,7 + 7,7 (Ls) - 511,0 (Mu) + 50,6 (Mä)
- Muokatut (T) = -6539,9 + 8,7 (Ls),
- Muokkaamattomat (T) = 2244,8 + 93,3 (Mä), - 7,4 (K), missä

T = viljelytaimien lukumäärä hehtaarilla,

Ls = lämpösumma, dd,

Mu = muokkausmenetelmä (palleauraus = 1, piennarauraus = 2, äestys = 3, laikutus = 4, kulotus = 6 ja käsittelemätön = 7)

Mä = männyn osuus edellisen puuston tilavuudesta,

K = korkeus merenpinnasta metreinä.

Mallien vastaavat selitysasteet ovat 45,0, 13,8 ja 56,6 %.

Residuaalien ja mallien hyvyttä kuvaavien tunnuslukujen tarkastelu osoitti, että mallit kuvaavat aineistoa hyvin ja ilman vääristymiä, mutta hajonta on suuri. Selitysasteet antavat oikean kuvan todellisuudesta. Niiden alhaisiksi jäävä lukuarvo viittaa vahvasti siihen, että viljelyn tulokseen ratkaisevasti vaikuttavista tekijöistä ainoastaan pieni osa tunnetaan. Mallien kyky ennustaa viljelytulosta missä tahansa yksittäisessä tapauksessa on siten heikko.

Kun aineisto jaetaan koneellisen muokkauksen mukaan kahteen ryhmään, putoaa selitysaste kaikkien taimikoiden 46,2:sta muokattujen 13,8:aan. Koneellinen muokkaus osoittautuu tässä ratkaisevaksi tekijäksi, minkä eliminoinnin jälkeen malliin jää vain lämpösumma hyvin alhaisella selitysvoimalla. Muokkaamattomien kohdalla selitysaste kohoaa 56,6 %:iin ja lämpösumma korvautuu korkeudella ja edellisen puuston männyn osuus tulee voimakkaimaksi selittäväksi tekijäksi.

Tulokset viittaavat siihen suuntaan, että koneellinen maanpinnan käsittely tavasta riippumatta on niin voimakas toimenpide, että se peittää alleen männyn osuuden vaikutuksen, mikä muokkaamattomalla maalla on vahva selittäjä. Männyn osuus kuvaa ilmeisen hyvin kasvupaikan ilmastollisia, maaperällisiä ja biologisia olosuhteita, jotka ovat määränneet sen puulajisuhteet edellisessä luontaisesti syntyneessä metsässä, jossa ihmisen vaikutus on ulottunut

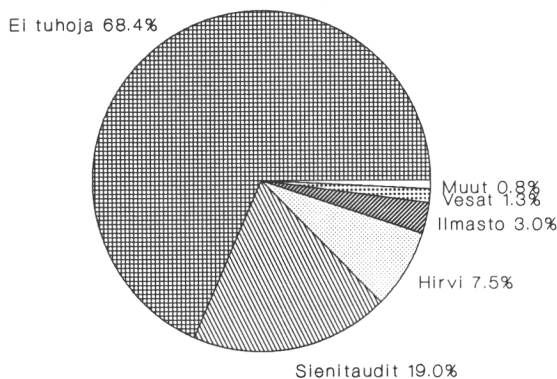
vain hakkuisiin, mutta ei uudistumisvaiheen puulajivalintoihin. Kuitenkin on ilmeistä, että muokkauksen vaikutukset tulevat tässä aineistossa kärjistettyinä esille sen vuoksi, että muokkaamattomat taimikot painottuvat vahvasti 60-luvulle ja ovat siten 10 vuotta vanhempia kuin muokattu vertailuryhmä (katso Maanmuokkaus s. 18).

Kun eri ryhmille (koko aineisto, muokatut, muokkaamattomat) laskettiin viljelytaimien elossaolomäärien keskihajonnat, todettiin hajonnan pysyvän entisellään siirryttäessä koko aineistosta muokattuihin ja pienenevän muokkaamattomiin mentäessä 27 %. Aineiston ryhmittelyllä pyritään ryhmien sisäisen keskihajonnan pienentämiseen. Muokattujen kohdalla tässä ei ole onnistuttu ja muokkaamattomienkin ryhmässä heikosti, sillä keskihajonnan pieneneminen johtuu suurelta osin siitä, että ne ovat onnistuneet niin huonosti, että havainnot keskittyvät voimakkaasti asteikon alapäähän. Maanmuokkauksen perusteella tehty ryhmittely ei ole kovinkaan hyvä ja koneellisen muokkauksen arvo viljelyn onnistumista selittävänä tekijänä heikkenee. Samaan viittasivat maanmuokkaus-kappaleen varianssianalyysit ja monivertailutestit. Maanmuokkauksen ongelmallisuus selittävänä tekijänä johtunee aineiston rakenteesta: muokkaamattomat keskittyvät 60-luvulle ja niistä osa on lähes täysin epäonnistuneita hajakylvöjä koskemattomaan maahan. Jo kuokkalaikutus on parantanut onnistumista siinä määrin, että yksiselitteisiä tilastollisia eroja huonoimpiin koneellisiin menetelmiin on vaikea osoittaa.

Lopputuloksena voidaan todeta, että vaikka maanpinnan koneellinen käsittely parantaa keskimääräistä viljelyn onnistumista, se ei ole pystynyt pienentämään viljelytuloksen keskihajontaa, vaan onnistuminen vaihtelee entisessä laajuudessaan tekijöiden vaikutuksesta, joita ei ole osattu ottaa mittauksissa huomioon ja jotka ovat enemmän tai vähemmän arvailujen varassa.

## 42. Tuhoista ja niiden syistä

Inventoinnissa kirjattiin jokaista tainta kohdanneet tuhot sekä pyrittiin huolellisesti määrittelemään tuhonaiheuttaja. Viljelymännyn taimista 68,4 prosentilla ei havaittu tuhon merkkejä (kuva 3). Taimista 19 % oli näkyvästi sienitaudin vikuuttamia. Sienitaudeista versosyöpä oli yleisin (10,4 %), toisena olivat karisteet (4,9 %) ja kolmantena versoruoste (2,7 %). Hirvi oli vikuuttanut 7,5 % taimista, ilmaston aiheuttamia vaurioita, jotka olivat suurimmaksi osaksi lumen aiheuttamia, oli 3,0 %, vesat tai muut taimet olivat syynä 1,3 %:ssa loppujen 0,8 % jäädessä lukuisien muiden pikkutekijöiden osalle.



Kuva 3. Viljelytaimien tuhot, %.

Erilaisia tuhonmerkkejä havaittiin luontaisesti syntyneissä männyntaimissa 18,7 prosentissa kun vastaava luku viljelytaimilla oli 31,6 %. Hirvituhojen osuus luontaisissa taimissa oli selvästi viljelytaimia pienempi (1,6 vastaan 7,5 %). Sienitaudit ja vesat sen sijaan olivat vioittaneet hiukan enemmän luonnon- kuin viljelytaimia. Luontaisesti syntyneissä kuusissa ja koivuissa tuhoja esiintyi hyvin vähän.

Yleensä taimikot olivat hyväkuntoisia ja tuhoja esiintyi niin vähän, että niiden tulevaisuuden näkymät olivat hyvät. Kuitenkin sienitauteja esiintyi lievänä hyvin yleisesti. Kooltaan taimikot olivat sellaisia, että lumikaristeella ei ollut enää suurta merkitystä. Luultavasti se on näytellyt ratkaisevaa osaa männyn taimikoiden harventajana aikaisempina vuosina, jolloin taimet olivat lumen alla tuhojaan tekevän lumikaristesienen ulottuvilla. Versosyövän merkkejä esiintyi taimikoissa niin yleisesti, että laajojen epidemioiden esiintymisen edellytykset ovat tartuntalähteen osalta olemassa. Jatkokehityksen kannalta keskeisiksi muodostuvat taimikoiden kunto ja ilmastolliset olosuhteet, jotka ovat ratkaisevia tekijöitä sienien leviämislle.

Tulokset viittaavat siihen suuntaan, että luontaiset taimet ovat viljelytaimia vastustuskykyisempiä tuhojen suhteen. Viitteen painoarvo on kuitenkin pieni sen vuoksi, että luontaisia taimia tuli tutkimukseen mukaan vain 12 % viljelytaimien määrästä ja ne ovat pienempikokoisina viljelytaimien suhteen vallitussa asemassa, minkä vuoksi niiden suora vertaaminen viljelytaimiin on kyseenalaista. Kuitenkin tuhotekijöiden suhteellisten osuuksien vertailu antaa hyvin loogisia tuloksia. Luontaiset taimet ovat kärsineet pienempinä ja nuorempina viljelytaimia enemmän sienitaudeista ja vesakon kilpailusta, mutta kokonsa ja alistetun asemansa vuoksi ne ovat kiinnostaneet vain vähän hirviä.

Seuraavaksi ryhdyttiin jäljittämään tuhotekijöiden esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä. Ristiintaulukoinnilla ja X2-riippumattomuustestillä tutkittiin eri metsikkötunusten vaikutusta tuhojen esiintymiseen. Aivan ensimmäiseksi huomattiin, että viljelyvuosikymmenellä oli ratkaiseva merkitys. 70-luvun viljelyissä esiintyi lumituhoja lukuunottamatta kaikkia muita tuhoja enemmän kuin 60-luvun viljelyissä. Tämä on selvästi taimikon kokokysymys. Lumikariste on ongelma vain pienissä taimi-



koissa, joissa huomattava osa vihreästä latvuksesta on talvella lumen alla. Vastaavasti hirvi suosii sopivan kokoisia taimikoita ruokapaikkanaan. Versösyövän osalta voidaan ajatella, että vanhempi taimikko on suhteellisesti vakiintuneempi, jolloin siellä esiintyy vähemmän versösyöpäkin. Lumituhoja, jotka liittyvät tykkyongelmaan, esiintyy puolestaan varttuneemmissa 60-luvun taimikoissa runsaammin. Kun lisäksi maanpinnan käsittely jakaantui hyvin epätasaisesti siten, että kuokkalaikutus yhdessä kulotuksen kanssa painottui 60-luvulle ja koneelliset menetelmät vastaavasti 70-luvulle, oli luontevaa tarkastella vuosikymmeniä erikseen.

Kun vuosikymmeniä tarkasteltiin erikseen voitiin todeta, että versösyöpää lukuunottamatta muita tuhoja esiintyi 60-luvulla niin vähän, että X2-riippumattomuustestin käyttö tuli kyseenalaiseksi. Samasta syystä tuhotarkastelu 70-luvulla rajoitettiin yleisimpiin tuhotekijöihin: hirven, versösyövän, lumikaristeen ja männynversoruosteen aiheuttamiin tuhoihin.

Ristiintaulukointi ja X2-riippumattomuustesti antaa mahdollisuuden analysoida yhden muuttujan esim. viljelytai maanmuokkaustavan vaikutusta tietyn tuhon esiintymiseen. Logistisella regressioanalyysillä voidaan tehdä yhteenveto kaikista tuhon esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä ja panna ne tärkeysjärjestykseen. Tuhoanalyysin viimevaiheessa suoritettiin logistinen regressioanalyysi tulosten kokoamiseksi ratkaisevaa yhteenvetoa varten.

Tuhot juotuivat näin minitasoisen tilastollisen tarkastelun ja testaamisen kohteeksi, mikä antaa tuloksille ja niistä tehtäville johtopäätöksille objektiivisen perustan.

## 421. Sienitaudit

X2-riippumattomuustestin mukaan versosyövän tuhot 60-luvulla lisääntyivät lämpösumman ja reunametsän männyn osuuden kasvaessa ja männyn siemennyskyvyn parantuessa ja uudistusalan edellisen puuston männyn osuuden kasvaessa. Vastaavasti kuusen osuuden kasvaessa versosyöpätuhot vähenivät. Kasvupaikoista tuoreella kankaalla tuhoja oli vähiten.

Versosyövän tuhot 70-luvulla lisääntyivät lämpösumman kasvaessa, reunametsän männyn siemennyskyvyn parantuessa ja männyn osuuden lisääntyessä. Istutusalueilla versosyöpää oli enemmän kuin kylvöalueilla, mutta aurasalueilla vähemmän kuin kevyemmin muokatuilla.

Lumikaristeen esiintymiselle 70-luvulla ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta minkään määrätyn metsikkötunnuksen suhteen, vaikka sitä esiintyi lähes yhtä runsaasti kuin versosyöpää.

Männynversoruosteen tuhot olivat yleisiä silloin, kun lämpösumma oli alhainen, maalaji lajittunut hienojakoinen ja reunametsän männyn osuus pieni. Laikutetulla maalla versoruostetta oli vähän ja istutetuissa taimikoissa vähemmän kuin kylvetyissä. Sienen väli-isännän, haavan, esiintymisellä taimikossa ei ollut vaikutusta tuhon yleisyyteen. Pienialaisilla uudistusaloilla reunametsällä on ilmeisesti ratkaisevampi merkitys kuin haavan esiintymisellä itse taimikossa.

Logistisen regressioanalyysi koko aineistolle osoitti versosyövän tuhojen todennäköisyyden kasvua, kun viljely oli tehty 70-luvulla, maalaji oli karkeahko, lämpösumma korkea, taimet istutettu, reunametsän männyn osuus suuri ja reunametsän etäisyys alle 50 m. Kun vuosikymmeniä tarkasteltiin erikseen, kävi ilmi, että 60-luvun viljelyiden alttius versosyöpätuhoille lisääntyi lämpösumman kasva-

essa, kasvupaikan ollessa kuivahko tai kuiva kangas ja viljelymenetelmän ollessa istutus. 70-luvulla tuhon lisääntymistä selittävät tekijät tärkeysjärjestyksessä olivat istutus, karkeahko maalaji, reunametsän etäisyys alle 50 m sekä lisäämääre soistunut tai kuntaantunut.

Tulokset viittaavat siihen suuntaan, että viljelyvuosikymmen on keskeinen tuhoalttiutta selittävä tekijä. Vanhemmat taimikot ovat ilmeisesti jo ohittaneet vaikeimman vaiheen ja selvästi kasvaneet lumirajan yläpuolelle sekä harventuneet siten, että voimakkaimmat taimet parhailla paikoilla ovat jäljellä. Lämpösumma on 60-luvun tärkein selittävä tekijä, mutta merkillistä kyllä niin päin, että korkea lämpösumma lisää tuhoriskiä. (Selitys ehkä Ls & viljelymenetelmän yhdysvaikutus). Mutta 70-luvun viljelyissä lämpösumma putoaa pois ja viljelymenetelmä, maalaji, reunametsän läheisyys sekä soistuneisuus ja kuntaantuneisuus tulevat merkitseviksi selittäjiksi. Maalajeista hietaiset ja sitä karkeammat ovat hienompia maalajeja alttiimpia versosyövän tuhoille vastoin ennakko-odotuksia.

60-luvun viljelyt ovat kokonsa puolesta lumikaristeen ulottumattomissa, mutta 70-luvulla lumikaristetuhon todennäköisyys lisääntyi logistisen regressioanalyysin mukaan lämpösumman pienetessä ja reunametsän siemennyskyvyn ollessa hyvä. Lämpösumman vaikutus on selvä. Kuten korkeammalle noustaankin, sitä pienempi se on ja sitä paksumpi lumipeite ja suurempi tuhoalttius. Reunametsän hyvä siemennyskyky viittaa ilmeisesti mäntymetsien sellaiseen läheisyyteen, että sienen tartuntalähteitä esiintyy.

Männynversoruosteen tuhot keskittyvät niinikään 70-luvulle. Logistisen regressioanalyysin mukaan versoruosteen tuhoriski lisääntyy, jos reunametsässä männyn osuus on alle 50 %, viljelymenetelmä on kylvö, reunametsän mäntyjien siemennyskyky on hyvä, taimikko on harva ja alikasvosta on keskinkertaisesti. Tulokset voisi tulkita siten,

että tuhoriski on suurempi taimikoissa, joita reunustavat runsaasti kuusta ja lehtipuita sisältävät metsiköt, joissa on kuitenkin varttuneita mäntyjä, mikä viittaa sienien tartuntalähteen läheisyyteen. Kylvötuppaat ovat tuholla alttiita ja taimikoiden harvuus viittaa muihinkin vaikeuksiin. Alikasvoksen runsaahko esiintyminen, seassa myöskin ruosteen väli-isäntää haapaa, takaa leviämislle suotuisan kosteuden.

#### 422. Hirvituhot

Ristiintaulukointi ja X2-riippumattomuustesti osoittivat, että 70-luvun viljelyissä esiintyi merkitsevästi enemmän hirvituhoja kuin 60-luvun viljelyissä. Selitys on aivan selvä. Viljelymäntyjen keskipituus 60-luvun viljelyissä oli yli 4,5 m, joten ne olivat liian kookkaita hirven ravintokohteeksi. Vastaavasti 70-luvun viljelymäntyjen keskipituus oli välillä 1,0 - 3,5 m, mikä on hirvituhoille kaikkein alttein pituusvaihe.

Hirvituhoja oli 60-luvulla niin vähän, että riippumattomuustesti ei anna luotettavaa kuvaa tuhon esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä.

Lämpösumman pienetessä ja kasvupaikan parantuessa lisääntyivät 70-luvun hirvituhot. Istutustaimikoissa tuhoja oli kylvötaimikoita vähemmän ja maanpinnan käsittelyistä laikutuksella tuhoja oli vähiten. Reunametsän ja edellisen puuston männyn osuuden väheneminen lisäsi tuhonalttiutta.

Koko aineistolle tehty logistinen regressioanalyysi osoitti hirvituhojen riskin kasvavan 70-luvulla, lämpösumman ollessa alle 900 dd. ja kun taimikot ovat harvoja. Tarkasteltaessa eri kymmenlukujen viljelyitä erikseen todettiin 60-luvulla hirvituhoja niin vähän, että analyysi ei enää ole luotettava. 70-luvun viljelyissä lämpösumman alhaisuus oli merkittävin tuhoalttiuden selittäjä. Samaan

suuntaan vaikuttivat kuokkalaikutus ja reunametsän heikko siemennyskyky.

Hirvituhoista voidaan tehdä sellainen yhteenveto, että se on ollut yleistä 70-luvun taimikoissa niiden tuhoille alttiin koon vuoksi. Alhainen lämpösumma, kuokkalaikutus ja reunametsän heikko siemennyskyky viittaavat taimikoihin, jotka sijaitsevat korkeahkoilla vaaramailla, joissa reunametsissä on niukasti varttunutta mäntyä ja taimikot ovat harvoja. Kuitenkin näiden tekijöiden selityskyky on vaatimaton. Sen vuoksi analyysimenetelmä ja aineiston ryhmittely herkästi muutti selittävien tekijöiden painoarvoja malleissa. Yleinen suunta on kuitenkin selvä.

#### 43. Uudistamistulos

Tämän tutkimuksen aineisto on ositettu otos tasaisella kiintiöinnillä, jonka ositteina ovat viljelymenetelmä ja maanmuokkaus. Istutuksesta ja kylvöstä samoin kuin maanmuokkausmenetelmistä - kuokkatyö, kulotus, koneellinen laikutus, äestys ja auraus - on pyritty saamaan samaa suuruusluokkaa oleva otos eri menetelmien luotettavan keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi. Lisäksi otoksen alueellisen peittävyuden parantamiseksi käytettiin hyväksi kyläjakoa. Näin poimittu otos ei anna oikeaa kuvaa koko aineistosta eli 60- ja 70-luvun männyn viljelyistä, vaan tänä aikana vähän käytetyt menetelmät saavat otoksessa paljon suuremman painon, kuin niiden suhteellinen osuus kaikista viljelyistä edellyttäisi. Niinpä esim. kulotus on ollut tarkasteltavana ajanjaksona niin harvinaisen, että aineistoon ovat seuloituneet lähes kaikki toteutetut kulotukset, joita on lisäksi tehty vain 60-luvulla. Myös kuokkatyö painottuu 60-luvulle ja koneelliset menetelmät hallitsevat 70-lukua. Tämän seurauksena otossuhde eri menetelmien välillä vaihtelee ääritapauksissa hyvinkin voimakkaasti. Eikä täsmällisen otossuhteen selvittäminenkään ole mahdollista, sillä suunnitelma-asiapapereiden tiedot, jotka olivat otannan lähtökohta,

poikkeavat suuresti ja sattumanvaraisesti siitä, mikä on lopullisesti toteutunut käytännössä.

Näistä varauksista huolimatta on aineistosta kuitenkin laskettu sellaisia keskimääräisiä taimikkotunnuksia (taimimäärä/ha, viljelyn onnistumis-%, taimien terveydentila ja tekninen laatu jne.), joita taimikon inventointien yhteydessä esitetään. Perusteluna esitetään seuraavat näkökohdat. Ilman tätä tarkastelua tärkeä osa tutkimusaineiston antamasta informaatiosta olisi jäänyt huomiotta ja ollut omiaan vaikeuttamaan tulosten asettamista oikeisiin viitekehyksiin käytännön viljelytoiminnassa. Metsänviljelyn problematiikka on niin monitahoista ja -tasoista, että kaikkien tilastotieteen sääntöjen mukaisen otoksen poimiminen esim. tämän tutkimuksen puitteissa on sula mahdottomuus. Parhaassakin tapauksessa eri tekijöiden riippumattomuusvaatimuksista ja perusaineiston ja otoksen yhteensopivuudesta joudutaan aina tinkimään, mikä asettaa rajoituksia tulosten tulkinnalle.

Tässä tilanteessa on pyritty tarkastelemaan tutkimusaineiston puutteita ja heikkouksia yksityiskohtaisesti ja niiden asettamien varausten puitteissa tyydytty lopullisen totuuden esittämisen sijaan löytämään ne yleiset suuntaviivat, joihin tutkimus rajoituksistaan huolimatta antaa viitteitä. Lisäksi uudistamistulosta kuvaavia tunnuksia esitetään siten ryhmiteltynä, että tutkimusaineiston puutteita on voitu pienentää ja niiden vaikutuksesta saada käsitys. Esim. muokattujen ja muokkaamattomien taimikoiden tarkastelu omana ryhmänään antaa tähän mahdollisuuden. Tässä on tärkeä huomata, että jako on lähes täsmälleen identtinen viljelyvuosikymmenen perusteella tehdyn jaon kanssa.

70-luvun viljelyissä istutuksen ja kylvön samoin kuin koneellisten maanmuokkausmenetelmien suhteelliset osuudet ovat olleet niin tasapainoiset, että niiden perusteella ositetun otannan menetelmä antaa tutkimusaineiston, joka

sopii hyvin myös kokonaistilanteen kuvaamiseen. Tällä vuosikymmenellä käytetyt menetelmät ovat olleet jo niin nykyaikaisia, että ne ovat pääpiirteissään vieläkin käytössä. 60-luvun menetelmät, joiden osalta otos on vahvasti tasapainoton, ovat keskeisiltä osin vanhentuneina poistuneet käytännöstä. Tällä perusteella tämän tutkimuksen antamaa yleiskuvaa koneellisen maanmuokkauksen yhteydessä 70-luvulla tehdyistä viljelyistä voidaan pitää oikeana ja esittämiskelpoisena.

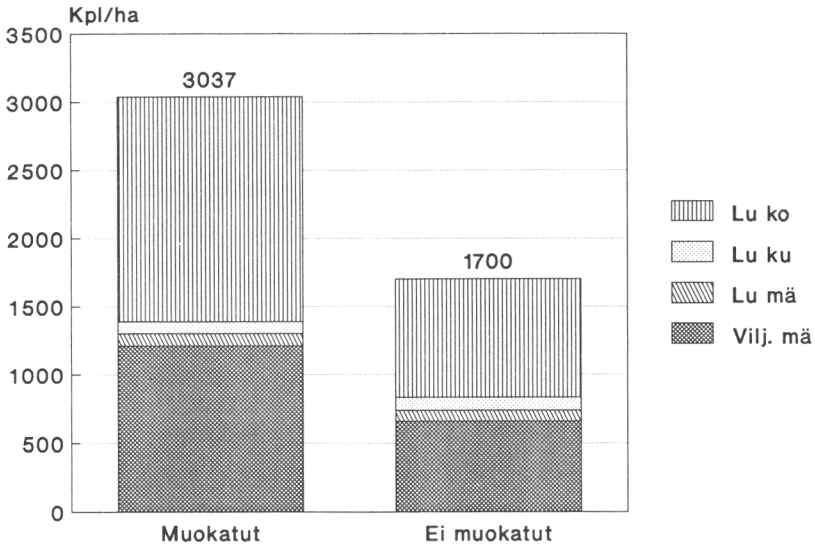
#### 431. Taimimäärät ja pituus

Taulukossa 3 on esitetty tutkimusaineistosta samat tiedot kuin taulukossa 2 (s. 12) sillä erolla, että kyläjako on korvattu jaolla muokattuihin ja muokkaamattomiin.

Taulukosta ilmenee, että koneellinen maanmuokkaus on ratkaisevasti parantanut viljelyn onnistumista ja lisännyt luontaisen hieskoivun määrää. Kuva 4 havainnollistaa samaa asiaa. Ero tulee kuitenkin tässä esiin korostuneena, sillä muokkaamattomat alueet ovat 10 vuotta vanhempia, joten taimikoiden harveneminen on niissä tietenkin ehtinyt pitemmälle.

Taulukko 3. Kehityskelpoiset taimet kpl/ha.

Muokkaustapa	Viljely- taimet		Luontaiset taimet							yht.
	mä	onn-%	mä	ku	rko	hko	haapa	havu	lehti	
Muokattu	1210	58,8	89	89	31	1618	98	1387	1805	3192
Muokkaamaton	658	27,2	81	93	27	841	90	832	987	1820
Keskimäärin	934	43,0	85	91	29	1230	94	1110	1396	2506



Kuva 4. Kehityskelpoiset taimet, kpl/ha.

Luontaisia havupuun taimia on yleensä vähän eikä muokkaus ole vaikuttanut luontaisten männyn, kuusen, rauduskoivun eikä haavan määrään. Luontaisista havupuun taimista n. kolmasosa on ollut paikalla jo ennen maanmuokkausta. Hieskoivujen määrän muokkaus on n. kaksinkertaistanut. Muokkaamattomissa taimet jakaantuvat tasan siemen- ja vesasyntyisiin, mutta muokatuilla siementaimia oli 60 % enemmän. Tilanteesta on vaikea tehdä luotettavia johtopäätöksiä, sillä taimikon perkaukset vaikuttavat siihen voimakkaasti ja vanhemmat 60-luvun muokkaamattomat taimikot ovat tässä suhteessa eri asemassa nuorempiin 70-luvun muokattuihin taimikoihin verrattaessa.

Alikasvoksen, jolla tarkoitetaan valtataimia puolta lyhyempiä taimia, määrään muokkaus vaikutti voimakkaasti. Muokkaamattomissa taimikoissa luontaisten männyn ja kuusen alikasvostainten keskimääräinen hehtaarikohtainen lukumäärä oli 192 ja 422, kun vastaavat luvut muokatuilla olivat 456 ja 1124. Luontaisia havupuun taimia on siis



syntynyt vuosien kuluessa muokatuille alueille siinä määrin, että varsinkin kuusella, joka kestää hyvin alistettua asemaa, on paikoin huomattava viljelyä varmistava ja täydentävä vaikutus etenkin tuoreilla kasvupaikoilla. Hieskoivun alikasvosta esiintyi hyvin runsaasti maanpinnan käsittelystä riippumatta.

Luontaisten havupuun taimien ja alikasvoksen esiintymisestä huomataan, että muokkaus on vaikuttanut hyvin vähän varsinaisten taimien, mutta sen sijaan merkittävästi alikasvotaimien määrään. Tämä viittaa siihen, että itävää siementä on tullut niukasti muokkausta välittömästi seuranneina vuosina, jolloin itämisalusta on ollut parhaimmillaan, ja että luontaiset taimet ovat syntyneet hitaasti vuosien varrella alikasvoksena.

Viljelytaimien keskipituus vaihteli 70-luvun viljelyissä 100-350 cm ja 60-luvulla 460-760 cm välillä. Valtapituudet olivat keskimäärin 50-100 cm suuremmat. Koivujen pituudet olivat keskimäärin viljelymäntyjen tasolla, mikä osoitti taimikoiden olleen hyvän ja huolellisen hoidon kohteena.

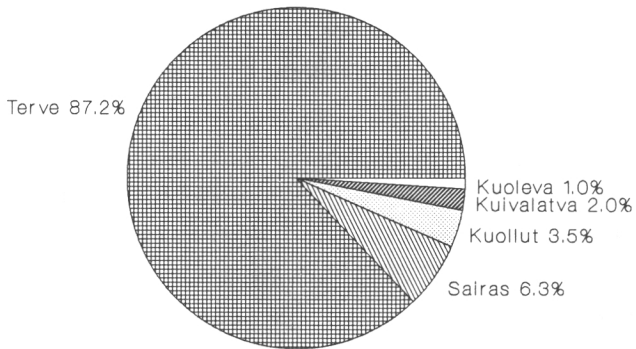
Viljelytaimien pituuskehitys on riippuvainen monista tekijöistä kuten ikä, viljelytapa, maanmuokkaus, kasvupaikka, lämpösumma, erilaiset tuhot jne., mikä tulisi ottaa huomioon jo tutkimuksen suunnittelu- ja aineiston keräysvaiheessa. Tämän tutkimuksen aineisto sopi huonosti pituuskehityksen tarkasteluun, sillä se on suunniteltu viljelyn onnistumisen kuvaamiseen ja pituus on jäänyt pakosta sivuseikaksi.

Istutustaimet olivat saman vuoden kylvötaimia tilastollisesti merkitsevästi pitempiä. Maanpinnan käsittelyn vaikutusta ei saatu esille monien aineiston puutteiden vuoksi. Toisaalta tutkimus ei tuonut esiin mitään selaista, joka olisi ristiriidassa aikaisempien tutkimustulosten kanssa: istutustaimikon alkukehitys on kylvötai-

mikkoa nopeampaa ja kuta voimakkaampi maanpinnan käsittely, sitä ripeämpää on pituuskasvu (esim. Raulo ja Rikala 1981, Mälkönen 1983, Parviainen 1984).

#### 432. Taimien terveydentila ja tekninen laatu

Viljellyistä männyntaimista 87,2 % luokiteltiin terveiksi loppujen 12,8 %:n ollessa eri asteisesti sairaita tai äskettäin kuolleita (kuva 5).

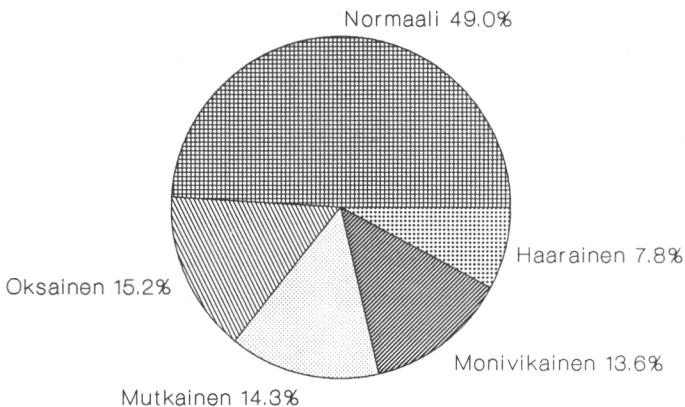


Kuva 5. Viljelytaimien terveys, %.

Kun sitä verrataan kuvaan 3, joka kuvaa tuhojen esiintymissadannesta viljelymännyissä, havaitaan tuhoja kirjatun yli kaksinkertainen määrä. Se osoittaa tuhojen olleen yli puolessa tapauksista niin pieniä, että tainta ei sen perusteella katsottu voitavan lukea sairaaksi, vaikka tuho oli selvästi havaittavissa. Esim. hirven tai versosyövä vikuuttamaa tainta ei luettu sairaaksi, jos se oli ulkoiselta olemukseltaan niin elinvoimainen, että sen mahdollisuudet selvitä hengissä ensiharvennukseen saakka eivät olleet merkittävästi heikentyneet havaittavissa olevan tuhon vuoksi.

Viljelytaimien terveystilanne oli niin hyvä, että taimikoiden tulevaan kehitykseen voidaan suhtautua luottavaisesti. Luontaisten havupuun taimien ja varsinkin koivun osalta tilanne oli vielä parempi.

Kehityskelpoisten viljelytaimien teknistä laatua ilmentää kuva 6. Normaaleiksi luokiteltuja taimia oli 49 %, oksaisia 15,2 %, mutkaisia 14,3 %, haaraisia 7,8 % ja monivikaisia 13,6 %, joihin on luettu kaikki taimet, joissa on vähintään kaksi erilaista vikaa, esim. oksainen ja mutkainen, oksainen ja haarainen, mutkainen ja haarainen jne.



Kuva 6. Kehityskelpoisten viljelytaimien tekninen laatu, %.

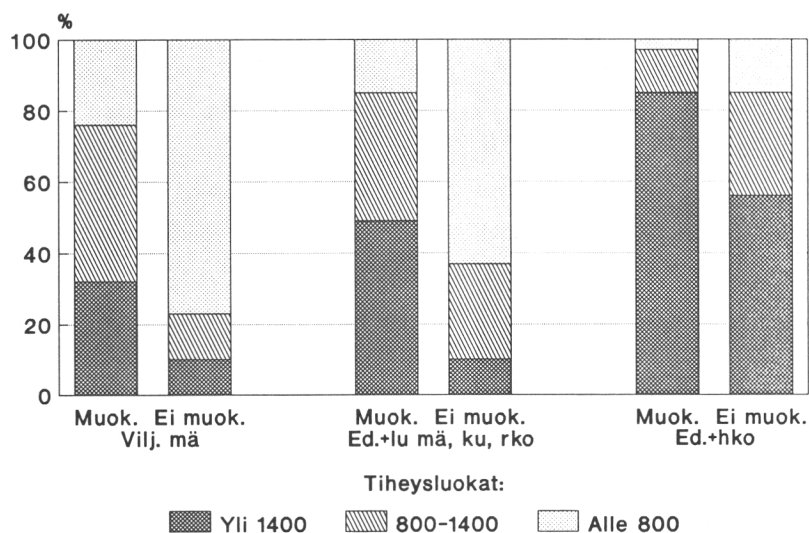
Kun lähdetään taulukon 3 (s. 41) viljeltyjen ja luontaisten männyntaimien määrästä, mitkä ovat 1300 ja 740 kpl/ha muokatulla ja muokkaamattomalla alustalla, ja kun otetaan huomioon se seikka, että tekniseltä laadultaan normaalien prosenttiosuudet ovat vastaavasti 53 ja 46,4 %, on normaalien männyntaimien keskimääräinen lukumäärä 690 ja 343 kpl/ha. Muokatuissa taimikoissa suurinpiirtein kaikki tukkipuut voivat siten olla laadultaan normaaleita mäntyjä. Muokkaamattomissa taimikoissa normaalien taimien

määrä on vain noin puolet kasvupaikalla kasvatettavaksi mahdollisista tukkipuista. Näissä taimikoissa lähtökohta on jo sellainen, että huomattava osa tukkipuun kokoluokkaan kasvatettavaksi mahdollisesta puustosta tuottaa heikkolaatuista tukkipuuta tai tukkipuiksi kelpaamatonta puuta. Pahimmissa tapauksissa voitaneen puhua taimikon vajaatuottoisuudesta.

#### 433. Taimikoiden kehityskelpoisuus

Uudistamistuloksesta on lopuksi tehty yhteenveto jakamalla taimikot kehityskelpoisuusluokkiin kehittämiskelpoisten hehtaarikohtaisten taimimäärien perusteella. Taimikot on jaettu kolmeen luokkaan: alle 800, 800 - 1400 ja yli 1400 tainta/ha. Luokkarajat ovat keskimäärin vuoden 1987 Tapion yksityismetsien käsittelyohjeiden mukaiset ja osoittavat uusintaviljeltävien, täydentäen kehityskelpoisten ja sellaisenaan kehityskelpoisten taimikoiden rajoja (Yksityismetsien ... 1987). Nämä ohjeet olivat voimassa inventointihetkellä ja ne ovat olleet pohjana mm. uudistamisen onnistumisen ja taimikon kehityskelpoisuuden silmävaraisessa arvioinnissa, minkä vuoksi niistä ei ole luovuttu, vaikka Tapion uusimmat ohjeet hiukan niistä poikkeavatkin.

Kuvassa 7 on esitetty taimikoiden suhteellinen jakaantuminen kehityskelpoisuusluokkiin muokkauksen mukaan eriteltyinä. Tilanne on kuvattu kolmessa vaiheessa siten, että ensiksi on otettu huomioon ainoastaan viljelymännyt, sitten viljelymäntyjen lisäksi luontaiset männyt, kuuset ja rauduskoivut sekä lopuksi edellisten lisäksi myös hieskoivut.



Kuva 7. Taimikoiden kehityskelpoisuusluokat, %.

Kuvasta havaitaan, että muokkaus on selvästi parantanut taimikoiden kehityskelpoisuutta. (Jälleen pitää muistaa, että muokkaamattomat taimikot ovat keskimäärin 10 vuotta vanhempia). Luontaisen männyn, kuusen ja rauduskoivun mukaan ottaminen parantaa hiukan tilannetta, mutta ratkaiseva vaikutus on vasta hieskoivun hyväksymisellä täydentäväksi puulajiksi. Ellei hieskoivua haluta hyväksyä, odottaa Suomussalmen metsissä mittava täydennys- ja uusintaviljelyiden urakka.

Uudistaminen koneellisen maanpinnan käsittelyn yhteydessä, mikä on sääntönä nykykäytännössä, on menetelmästä riippumatta johtanut suhteellisen hyvään tulokseen.

Mittausryhmän johtaja on maastossa ehdottanut jokaiselle taimikolle hoitotoimenpidettä. Yli 60 % taimikoista ei kaivannut mitään hoitotoimia. Perkausta kaipasi vajaa

20 %. Hyvin mielenkiintoinen oli arvio täydennys- ja uusintaviljelyn tarpeesta. Se oli muokattujen taimikoiden osalta miltei täsmälleen sama kuin runkolukujen perusteella laskettu, mutta muokkaamattomissa vain kolmasosa lasketusta. Ryhmänjohtaja teki arvionsa silmävaraisesti taimikon mittauksen päätteeksi ja otti arviossaan huomioon kaikki täydentävät puulajit. Muokatuissa taimikoissa, jotka olivat peräisin 70-luvulta, maastossa arvioitu ja taimikon tiheyden perusteella laskettu täydennys- ja uusintaviljelyn tarve vastasivat toisiaan, mutta varttuneempien 60-luvun taimikoiden kohdalla maastoarvio päättyi paljon pienempään osuuteen. Ryhmänjohtaja on maastoarviossaan katsonut monet harvat taimikot, joissa on ehkä ollut täydentävänä puulajina myös haapaa ja leppää, sellaisenaan kasvatuskelpoisiksi, vaikka laskennassa huomioon otettu runkoluku ei ole yltänyt vastaavaan luokkaan. Maastoarviossa on siis punnittu taimikon kasvupaikanmuokaista tilankäyttöä täydennys- ja uusintaviljelyn vaikeuteen, riskialttiuteen, kustannuksiin ja hukkaantuvaan aikaan ja vaivaan ja päädytty lievempään luokitteluun.

## 5. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen ensisijainen tarkoitus oli selvittää viljelymenetelmän, maanpinnan käsittelyn sekä korkeuden ja lämpösumman ym. tekijöiden vaikutusta uudistamisen onnistumiseen käytännön viljelyaloilla.

Maanpinnan käsittely osoittautui keskeiseksi viljelytulosta selittäväksi tekijäksi. Käsittelemättömään tai kulotettuun maahan tehdyt viljelyt onnistuivat yleensä heikommin kuin koneellisen maanmuokkauksen jälkeeseen. Selkeitten ja yksiselitteisten tilastollisten erojen osoittaminen eri maanpinnan käsittelymenetelmien välillä ei kuitenkaan onnistunut, sillä ryhmittelytesteissä erilaisten alaryhmien erot jäivät epäselviksi. Tulos on muokattu/muokkaamaton vertailun osalta sopusoinnussa lu-

kuisten aikaisempien tutkimustulosten kanssa (esim. Mälkönen 1976, Pohtila 1977a, Lähde 1978, Raulo ja Rikala 1981, Valtanen 1983). Se on myös ymmärrettävää, sillä maanmuokkaus parantaa kasvupaikan lämpö-, vesi- ja ravinnesuhteita, heikentää pintakasvillisuuden ja vesakon kilpailua, pienentää hallan, tukkimiehentäin ja lumikaristeen tuhojen todennäköisyyttä. Koneellisten menetelmien välillä ei ollut selviä eroja. Tämän johtopäätöksen painoarvoa heikentää kuitenkin se tosiasia, että muokkausmenetelmät ovat valikoituneet siten, että voimakkaimmat ovat sijoittuneet keskimäärin enemmän tuoreille ja kunntaisille kasvupaikoille kuin kevyemmät.

Monissa inventointitutkimuksissa on raportoitu tuloksista, joissa maanpinnan käsittelyn ei ole todettu vaikuttaneen viljelyn onnistumiseen (Oikarinen & Norokorpi 1986, Saksa 1986, 1987, 1989). Merkittävää on se, että uudistamistutkimuksissa, joissa muokkausmenetelmiä voidaan tutkia homogeenisissä olosuhteissa, joissa muut häiritsevät tekijät on minimoitu, on saatu samansuuntaisia tuloksia (Mäkitalo 1983, Pohtila & Pohjola 1985, Kinnunen 1989, Tasanen 1990), joissa jopa kuokkalaikkutus on ollut kilpailukykyinen koneellisten menetelmien kanssa.

Tämä viittaa siihen suuntaan, että maanpinnan käsittelyssä on useita vaihtoehtoisia menetelmiä, joista voidaan valita suhteellisen vapaasti kasvupaikan ja paikalliset olosuhteet huomioon ottaen uudistamistuloksen kärsimättä. Samalla voitaisiin haluttaessa pienentää ravinnehuuhtoutumien tai -tasapainottomuuden, maisemahaittojen ja kulkemisvaikeuksien jne. muodossa mahdollisesti esiintyviä haittoja (Mälkönen 1983, Tikkanen 1985, Rosen och Lundmark-Thelin 1986). Menetelmävalinta vaikuttaa myös vesottumiseen ja perkaustarpeeseen (esim. Saksa 1986, Lehtosaari 1987).

Kasvupaikan lämpösumma, jonka vaikutus on pohjois-eteläsuunnassa suppeilla alueilla kuten Suomussalmella lähes identtinen merenpinnasta lasketun korkeuden kanssa, osoittautui myös tilastollisesti merkitseväksi selittäjäksi, mikä sekin on vanhastaan tunnettu asia. Sitä on aikaisemmin selvitetty myös tämän tutkimuksen lähi-alueilla Taivalkoskella (Pelkonen ym. 1981, Moilanen 1986), Ristijärvellä (Haverinen 1982, Hiltunen 1987) ja Kuusamossa (Otsamo 1986) yhtäpitävin tuloksin.

Kainuun vaaroilla korkeuden mukaan määräytyvällä tykkyrajalla on ratkaiseva merkitys männyn uudistamiselle. Solantien (1974) mukaan tykkyraja kulkee Suomussalmen länsiosissa 250 metrin korkeudella ja kohoaa siitä itään-päin 300:n metriin kunnan keskiosissa. Tämän tutkimuksen aineistossa on kunnan länsiosissa muutamia taimikoita, jotka ovat tykkyrajan tuntumassa osin jopa sen ylikin. Lumituoja esiintyi kuitenkin vain 3 %:lla tutkituista taimista (kuva 3), mikä osoittaa pääosan taimikoista olleen tykyltä suojassa. Kuitenkin tuhot selvästi lisääntyvät siirryttäessä epäedullisempiin olosuhteisiin.

Tämän tutkimuksen päätarkoituksia oli viljelymenetelmien vertailu. Varianssianalyysi ei osoittanut merkitsevää eroa istutuksen ja kylvön välillä. Mutta kun aineistolle tehtiin kovarianssianalyysi, jossa korjaustekijänä käytettiin lämpösummaa, kylvö tuli istutusta tilastollisesti merkitsevästi paremmaksi (asetelmat 2 ja 3).

Asetelmasta 2 ilmenee, että hanki- ja hajakylvöt ovat onnistuneet hyvin heikosti. Suurin osa niistä oli tehty muokkaamattomaan maahan, missä tapauksissa tulos oli erityisen huono. Kulotus ja äestys paransivat onnistumista voimakkaasti, vaikka muutaman harvan havainnon perusteella kovin merkittäviä johtopäätöksiä ei voi tehdä. Kun tähän lisätään kappaleessa otoksen poiminta (s. 4) mainitut 6 turvemaille tehtyä hankikylvöä, jotka olivat surkeasti epäonnistuneet, todistusaineisto



muokkaamattomaan maahan tehtyjä hajakylvöjä vastaan tulee hyvin vaikuttavaksi.

Kun istutusta ja kylvöä tarkastellaan erikseen maanmuok-  
kaustavoittain todetaan, että molemmilla menetelmillä  
käsittelemätön ja kulotus ovat huonoimpia  
(asetelmat 4 ja 5). Tilastollisesti merkitsevien erojen  
osoittaminen ei kuitenkaan ole helppoa. Tilannetta vai-  
keuttaa vielä se, että kylvössä käsittelemättömien ryhmän  
9:stä taimikosta 6 on hajakylvöjä täysin koskemattomaan  
maahan, kun taas istutuksen käsittelemättömät ovat  
poikkeuksetta kuokkalaikutettuja. Kylvössäkin siirtyminen  
koskemattoman maan kylvöstä kuokkalaikkuun tehtyyn ruutu-  
kylvöön 2,3-kertaistaa taimimäärän.

Loppujen lopuksi kylvön tilastollisesti merkitsevä parem-  
uus sijoittuu koneellisesti muokattujen ryhmään  
(asetelma 6). Kylvön hyvät puolet on siten voitu menes-  
tyksellisesti yhdistää nykyaikaisiin koneellisiin maan-  
pinnan käsittelymenetelmiin Suomussalmen olosuhteissa.

Muista tekijöistä kasvupaikalla uudistamishakkuussa ol-  
leen puuston sekä reunametsän männyn suhteellinen osuus  
osoittautuivat yllättäen tilastollisesti merkitseviksi  
tekijöiksi siten, että männyn runsauden lisääntyminen  
parantaa männyn viljelyn onnistumistodennäköisyyttä. Män-  
nyn osuus kuvaa ilmeisesti hyvin kasvupaikan ominaisuuks-  
sia, jotka ovat määränneet edellisen puuston puulajisuh-  
teet tilanteessa, jossa ihmisen vaikutus on ulottunut  
vain hakkuisiin, mutta ei uudistamisvaiheen puulaji-  
valintoihin.

Painanne osoittautui viljelyn onnistumisen kannalta kaik-  
kein huonoimmaksi paikaksi. Painanteet ovat herkästi  
vedenvaivaamia, maaperältään hienojakoisia ja ravinteik-  
kaita, kuntaantumiselle ja vesakoitumiselle alttiita  
sekä hallaöiden kylmän ilman kerääntymispaikkoja. Runsas  
kivisyys tai kallioisuus heikensi myös tulosta. Tällöin

on ilmeisesti vaikeuksia löytää riittävästi hyviä viljelykohtia ja kuivumisvaara kasvaa.

Viljelyvuodella ei ollut merkitsevää vaikutusta viljelyn onnistumiseen, mutta viljelyvuosikymmenellä sen sijaan oli. Tämä on seurausta lähinnä kahdesta tekijästä. Huonosti onnistuneet kulotus, kuokkalaikutus ja hajakylvöt koskemattomaan maahan ovat voimakkaasti keskittyneet 60-luvulle. Lisäksi 10 vuoden ikäisiä merkitsee sitä, että taimikot ovat ehtineet harventua nuorempia enemmän.

Viljelyn ja muokkauksen välillä kuluneella ajalla ei ollut merkitystä. Sama päti reunametsän etäisyyteen ja taimikon pinta-alaan, mikä on ymmärrettävää, sillä keskipinta-ala oli vain 2 ha ja keskihajonta 2,4. Kaltevuuden suunnalla ja määrällä, kasvupaikkatyypillä, maalajilla ja siemenen alkuperällä ei myöskään ollut vaikutusta viljelyn onnistumiseen. Suomussalmella korkeuserot ovat suhteellisen pieniä, eikä jyrkkiä rinteitä juurikaan esiinny, joissa kaltevuuden vaikutus voisi tulla esille. Kasvupaikkatyypin puolestaan edustaa niin karkeata jaottelua, että sen suhteen on vaikea saada eroja. Maastossa määritetty maalaji on aivan ilmeisesti myös niin suurpiirteinen, että eroja on vaikea saada. Männyn menestymisen kannalta siltin ja sitä hienompien (raekoko 0,06 mm) lajitteiden osuus on ilmeisesti ratkaiseva. Sen luotettava määrittäminen edellyttää laboratoriomäärittystä. Siemenen alkuperätiedot puolestaan olivat sen varran suurpiirteiset, että merkitsevien erojen löytyminen voi kompastua siihen.

Askeltavalla regressioanalyysillä laskettiin yhteenvetomalli kehityskelpoisten viljelytaimien määrälle kaikille taimikoille sekä muokatuille ja muokkaamattomille erikseen. Kaikilla taimikoilla tilastollisesti merkitseviksi tekijöiksi tuli tärkeysjärjestyksessä lämpösusma, muokaus ja männyn osuus edellisen puuston tilavuudesta mallin selityksasteen ollessa 45 %. Muokatuissa taimikoissa

jäljelle jäi vain lämpösumma erittäin alhaisella 13,8 %:n selitysasteella. Tulos osoittaa, että muokkaus on hyvin voimakas toimenpide, joka edustaa suurinta osaa selityksasteesta. Muokkaamattomien kohdalla männyn osuus edellisen puuston tilavuudesta oli tärkein tekijä ja lämpösumma korvautui korkeudella merenpinnasta 56,6 %:n selityksasteella. Tässä näkyy kuinka monipuolisesti männyn osuus kuvaa kasvupaikan ominaisuuksia tapauksissa, joissa maanmuokkaus ei ole vaikuttamassa.

Kun siirrytään koko aineistosta muokattujen ja muokkaamattomien ryhmiin, selitysaste putoaa koko aineiston 45:stä muokattujen 13,8:aan kohotakseen muokkaamattomilla 56,6 %: iin. Koska muokkauksen vaikutus on kahdessa jälkimmäisessä tapauksessa ryhmittelyllä eliminoitu pois, luulisi aineistojen hajonnan ratkaisevasti pienentyneen ja että se olisi pienin muokatuilla, joiden selitysaste muokkauksen eliminoimisen jälkeen on hyvin alhainen ts. muokkaus on selittänyt suurimman osan sisäisestä hajonnasta, niin että jäljelle jäänyt hajonta on hyvin pieni osa alkuperäisestä. Siirryttäessä koko aineistosta muokattuihin keskihajonta pienenee vain 2,6 % ja muokkaamattomissakin vaatimattomat 27 %, joka lisäksi aiheutuu huomattavalta osin siitä, että muokkaamattomien ryhmän havainnot painottuvat voimakkaasti asteikon alapäähän eli ovat onnistuneet tasaisen huonosti.

Muokkausryhmittely ei ole siten pienentänyt merkittävästi ryhmien sisäistä hajontaa, jota ei enää voida tyydyttävästi selittää millään mitatulla tekijällä. Vaikka maanpinnan koneellinen käsittely parantaa viljelyn keskimääräistä onnistumista, se ei ole pystynyt pienentämään viljelytuloksen keskihajontaa, vaan onnistuminen vaihtelee entisessä laajuudessaan. Muokkaus on siten osoittautunut muuttujaksi, joka ei ratkaisevasti selitä viljelyn onnistumista, vaan sen lisäksi on olemassa voimakkaita tekijöitä, jotka edelleen ylläpitävät entisenlaista epävarmuutta viljelytuloksesta. Näistä tekijöistä voidaan

esittää vain arvailuja ja niiden paljastaminen jää tulevien tutkimusten tehtäväksi.

Männyn viljelytaimista 31,6 %:lla esiintyi tuhoja. Suurimman 19 %:n ryhmän muodostivat sienitaudit suuruusjärjestyksessä versosyöpä, lumikariste ja versoruoste. Hirvituhoja oli 7,5 %:lla taimista, lumituhoja 3 %:lla loppujen jäädessä vesojen ym. pikkutekijöiden kontolle.

Luontaisesti syntyneissä männyntaimissa tuhoja oli viljelytaimia vähemmän eli 18,7 %:lla taimista. Hirvituhoja niissä oli viljelytaimia vähemmän, mutta sienituhoja hiukan enemmän. Luontaisissa kuusissa ja koivuissa tuhoja esiintyi hyvin vähän.

Yleensä taimikot olivat hyväkuntoisia ja tuhoja esiintyi niin vähän, että niiden tulevaisuuden näkymiä voidaan pitää hyvinä. Sienituhojen ennen kaikkea versosyövän merkkejä esiintyi kuitenkin yleisesti. Epäedullisten ilmasto- ja sääolojen yhteydessä laajojen epidemioiden mahdollisuus on olemassa.

Tuhot painottuivat vahvasti 70-luvun viljelyihin, jotka kokonsa puolesta olivat vielä lumikaristeen ja hirven ulottuvissa. Kymmenen vuotta vanhemmat 60-luvun viljelyt ovat myös ilmeisesti nuorempia vakiintuneempina vähemmän tuhoalttiita.

Tuhojen tilastolliset analyysit eivät tuoneet esiin mitään erikoista. Sitäpaitsi tuloksen olivat vaikeaselkoinen ja usein epämääräisiä. Aineistossa oli monia puutteita ja esim. saatujen logististen mallien selitysvoima tunnuslukujenkin valossa jäi niin vaatimattomaksi, että tuloksia on pidettävä vain suuntaa antavina. Kaikesta päätellen tuhojen esiintymiseen vaikuttavat niin monitahoiset, ratkaisevilta osin ehkä vielä tuntemattomatkin tekijät, että toimivien mallien aikaansaaminen on monien löytöjen, oivallusten ja kovan työn takana.

Taulukosta 3 (s. 41) ilmenevä viljelytulos vastaa hyvin Kainuusta ja sen lähialueilta aikaisemmin raportoituja tuloksia (Yli-Vakkuri ym. 1969, Pelkonen ym. 1982, Haverinen 1982, Moilanen 1985, Oikarinen ja Norokorpi 1985, Hiltunen 1986 jne.). Siinä tulee korostuneena esille muokattujen ja muokkaamattomien välinen ero. Muokkaamattomat taimikot ovat kahta poikkeusta lukuunottamatta peräisin 60-luvulta ja siten vanhempina 10 vuotta nuorempia 70-luvun viljelyitä keskimäärin harvempia. Niissä on vielä 6 taimikkoa, joilla on suoritettu hajakylvö täysin koskemattomaan maahan ja ne ovat onnistuneet todella huonosti. Kuitenkin kappaleista maanmuokkaus ja askeltava regressioanalyysi käy ilmi, että maanmuokkauksen vaikutukset eivät oli aivan yksiselitteisiä ja että sen selitysvoima viljelyn onnistumisen suhteen on yllättävän ongelmallinen. Luontaisesti syntyneiden havupuun taimien määrät ovat taulukon mukaan vaatimattomat painon ollessa hieskoivussa. Alikasvoksena muokatuissa taimikoissa havupuita ja etenkin kuusta esiintyi sen sijaan runsaasti.

Taimikoiden terveydellinen tila oli hyvä (kuva 5). Muokattujen taimikoiden osalta tekniseltä laadultaan normaaleita männyn taimia oli riittävästi hyvälaatuisen tukkipuusadon turvaamiseksi. Muokkaamattomien kohdalla tätä tavoitetta ei saavuteta, vaan laadukkaan tukkipuun tuotoksesta joudutaan tinkimään (kuva 6).

Taimikoiden kehityskelpoisuus jää viljeltyjen ja luontaisten havupuun taimien osalta huonoksi varsinkin muokkaamattomien taimikoiden osalta. Rauduskoivuja taimikoissa oli hyvin vähän. Hieskoivun rooli täydentävänä lehtipuuna tulee siten keskeiseksi, ellei haluta turvautua laaja-alaisiin täydennys- ja uusintaviljelyihin, jotka ovat kalliita ja epävarmoja. Hieskoivun täysi hyväksyminen täydentäväksi puulajiksi merkitsee ääritapauksissa tuntevia kasvatappiota ja taloudellisia menetyksiä verrattaessa teoreettiseen saman kasvupaikan

täystuottoiseen havupuumetsikköön. Jos hieskoivun osuus runkoluvusta jää kohtuulliseksi ja se ajoitetaan metsikön nuoruusvaiheeseen, kasvutappiot ovat marginaalisia (Mielikäinen 1980). Mikäli koivukuitupuulla on jatkossakin kysyntää ja hinta lähentelee männyn vastaavaa, myös rahalliset menetykset tulevat pieniksi. Kun tähän lisätään koivun myönteiset ekologiset pitkäntähtäimen vaikutukset kasvupaikan puuntuotoskykyyn, metsikön terveyteen ja elinvoimaisuuteen, ravinnekiertoon, maaperän happamoitumiseen jne., koivusekoitus voi osoittautua positiiviseksi jopa toivottavaksi tilaksi (Saramäki 1979, Karjula ym. 1982, Huhta ym. 1989).

### **Kirjallisuus**

- Gustavsen, H.G., Roiko-Jokela, P. & Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 292. 212 s. ISBN 951-40-0818-9, ISSN 0358-4283.
- Haverinen, R. 1982. Kymmenen vuotta vanhojen viljelytaimikoiden menestyminen Ristijärven pitäjässä. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 79 s.
- Hicks, Ch. R. 1973. Fundamental concepts in the design of experiments. Holt, Rinehart and Winston. New York. 349 s. ISBN 0-03-080123-X.
- Hiltunen, S. 1987. Ristijärvellä vuonna 1975 viljeltyjen taimikoiden tila vuonna 1985. Metsänhoitotieteen laudaturtyö MMK:n tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 84 s.
- Hochberg, Y. & Tanhane, A.C. 1987. Multiple comparison procedures. John Wiley. New York.
- Huhta, V., Haimi, J., Setälä, H., Boucelham, M., Martikainen, E. ja Tyynismaa, M. 1989. Maaperäeläinten merkitys tuoreen kangasmetsän hajotuksessa, ravinnekierrossa ja maannostumisessa. Suomen Akatemian tutkimussopimuksen loppuraportti. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 56. 36 s. ISBN 951-680-187-0, ISSN 0357-5535.
- Jääskeläinen, T. 1990. Kuusen viljelyn onnistuminen Kainuussa. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta. 85 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. ja Räsänen, P. K. 1982. Metsänviljelyn valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 56. 103 s. Joensuun tutkimusasema. ISSN 0358-4283.

- Kauppi, P. 1984. Stress, strain and injury: Scots pine transplants from lifting to acclimation on the planting site. Tiivistelmä: Metsänviljelytaimien vaurioituminen noston ja istutuksen välillä. Acta Forestalia Fennica 185. 49 s. ISBN 951-651-062-0.
- Kinnunen, K. 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 p. ISBN 951-40-1040-x. ISSN 0015-5543.
- Kubin, E. 1990. Pohjanmaan alavien kankaiden metsän uudistaminen. Karhunkämmenkankaan koekentän ja sen tulosten esittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 361:67-80. ISBN 951-40-1115-5.
- Lehtosaari, A. 1987. Metsänviljelyn onnistuminen Oulun läänin alavilla kankailla. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ MMK:n tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 85 s.
- Lähde, E. 1974. Männyntaimistojen kunto ja maan lajitekoostumus Pohjois-Suomessa. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 7. 19 s.
- 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. ISBN 951-40-0350-0, ISSN 0026-1610.
  - & Pohjola, T. 1975. Maan käsittelyn vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Metsäntutkimuslaitos. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 8. 29 s.
  - Manninen, S. ja 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. ISBN 951-40-0516-3, ISSN 0026-1610
- McCullagh, P. & Nelder, J.A. 1983. Generalized linear models. Chapman and Hall. London. 511 s. ISBN 0-521-31830-0.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(3). 82 s. ISBN 951-40-0472-8, ISSN 0026-1610.
- Moilanen, H. 1986. Kevään 1974 männyn viljelyalojen tila v. 1984 Taivalkoskella. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ MMK:n tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 81 s.
- Mäkitalo, K. 1983. Koetuloksia männyn viljelyn onnistumisesta eri tavoin käsitellyllä paksusammaltyypin maalla Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 105:98-106. ISSN 0358-4283.
- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Folia Forestalia 137. 11 s. ODC 232.216.

- Mälkönen, E. 1976. Markberedningens ekologi och inverkan på planteringsresultatet. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse 6:11-15.
- 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124:6-16. Joensuu tutkimusasema. ISSN 0358-4283.
- Oikarinen, M ja Norokorpi, Y. 1986. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 222. 46 s. ISBN 851-40-0886-3. ISSN 0358-4283.
- Otsamo, A. 1986. Maaston korkeuden vaikutus metsänviljelyn onnistumiseen ja taimien kehitykseen Kuusamossa. Metsänhoitotieteen pro gradu-työ MMK:n tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 88 s.
- Parviainen, J. 1984. Männyn taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. Folia Forestalia 593. 35 s. ISBN 951-40-0666-6, ISSN 0015-5543.
- 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. ISBN 951-40-0563-5, ISSN 0015-5543.
- Pohtila, E. 1977a. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden metsänviljely Lapissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(4). 100 s. ISBN 951-40-0261-x, ISSN 0026-1610.
- 1977b. Taimiston inventoinnin tarkkuus. Summary: Accuracy of regeneration surveys. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 92(2). 43 s. ISBN 951-40-0433-7, ISSN 0026-1610.
- 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(1). 35 s. ISBN 951-40-0433-7, ISSN 0026-1610.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. Silva Fennica 19(3):245-270. ISSN 0037-5330.
- & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. Folia Forestalia. 631. 19 s. ISBN 951-40-0714-x, ISSN 0015-5543.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s. ISBN 951-570-032-9.



- Raulo, J. ja Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. *Folia Forestalia* 462. 12 s. ISBN 951-40-0507-4, ISSN 0015-5543.
- Rosen, K. och Lundmark-Thelin, A. 1986. Hyggesbruket och markvården. *Skogsfakta* 9:42-48. ISSN 0282-7360.
- Räsänen, P. K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 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 1978-1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s. ISBN 951-40-0730-1, ISSN 0015-5543.
- Saarenmaa, L. 1990. Viljelyketjun valinta asiantuntija-järjestelmän avulla Lapissa. Summary: Choice of reforestation method based on an expert system in Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 762. 49 s. ISBN 951-40-1131-7, ISSN 0015-5543.
- Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. *Folia Forestalia* 644. 60 s. ISBN 951-40-0725-5, ISSN 0015-5543.
- 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. *Folia Forestalia* 702. 39 s. ISBN 951-40-0797-2, ISSN 0015-5543.
  - 1989. Männyn taimikoiden tila auras- ja äestysaloilla Etelä-Savossa. Summary: State of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. *Folia Forestalia* 733. 32 s. ISBN 951-40-1059-0, ISSN 0015-5543.
- Saramäki, J. 1979. Hieskoivikoiden kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsänhoitotieteen progradutyö MML:n sivuarvosanaa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 50 s.
- Solantie, R. 1974. Pohjois-Suomen lumipeitteestä. Lapin ilmestokirja. Lapin tutkimusseura, Rovaniemi. s. 74-89.
- Tasanen, T. 1990. Maanmuokkauksen ja viljelytavan vaikutus männynviljelyn tulokseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 361: 47-58. ISBN 951-40-1115-5.
- Tikkanen, E. 1985. Aurasalueen heikkokuntoisten männyn-taimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 186. 23 s. ISBN 951-40-0919-3, ISSN 0358-4283.
- Valtanen, J. 1974. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 9. 8 s.
- 1977. Tutkimustuloksia suurten avoalojen metsittymisestä Pohjois-Suomessa. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 16. 8 s.

- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamisen tulos. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 63-72. ISSN 0358-4283.
- 1986. Ennakkotuloksia avoalan suuruutta koskevasta tutkimuksesta. Käsikirjoitus Muhoksen tutkimusasemalla.
  - 1988. Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä. Summary: Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland. Folia Forestalia 718. 41 p. ISBN 951-40-1010-8. ISSN 0015-5543.
  - & Engberg, M. 1986. Vuosina 1970-72 perustetun aurausalueiden 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 p. ISBN 951-40-0779-4, ISSN 0015-5543
- Vasama, P.M. & Vartiija, Y. 1980. Johdatus tilastotieteen, osa 2. Helsinki. 2. painos. 725 s. ISBN 951-662-040-X.
- Yksityismetsien käsittelyohjeet. Keskusmetsälautakunta Tapio. 1987. ISSN 0357-7090.
- Yli-Vakkuri, P., Räsänen, P.K., & Sulin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piiri-metsälautakuntien alueella. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 2. 92 s.

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 fosforilannoitelajikoista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen 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 metsän lannoitteena. 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 kasvatusta 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. Metsämattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysaikankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-  
asemien 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 tiedonkeruupääte 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 tutkimus-  
osastolla. 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 Arne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.