

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
JALUSTUS-
OESID MITEKALP



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1990

762

Liisa Saarenmaa

VILJELYKETJUN VALINTA ASIAANTUNTIJAJÄRJESTELMÄN
AVULLA LAPISSA

Choice of reforestation method based on an expert system in
Finnish Lapland

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 762

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Liisa Saarenmaa

VILJELYKETJUN VALINTA ASiantuntijajärjestelmän AVULLA LAPISSA

Choice of reforestation method based on an expert system in
Finnish Lapland

Approved on 26.10.1990

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	5
21. Metsänviljelyn tietokanta	5
22. Laskennalliset menetelmät	7
23. Asiantuntijajärjestelmä	7
3. METSÄNVILJELY VALTION MAILLA LAPISSA	8
31. Viljelyalat	8
32. Puulajit	8
33. Maankunnostus	8
34. Viljelytavat	10
35. Taimilajit	11
36. Siemen- ja taimimäärät	11
4. UUDISTUMISTULOS	12
41. Uudistumisen onnistuminen	12
42. Epäonnistumisen syyt ja ehdotetut toimenpiteet	12
5. PÄÄTÖKSENTEKOMALLI	13
51. Viljelyketjut	13
52. Todennäköisyysjakaumat	13
53. Runkolukuennuste	13
54. Asiantuntijajärjestelmä	24
6. TARKASTELU	26
KIRJALLISUUS — REFERENCES	28
SUMMARY	30
LIITTEET — APPENDICES	32

Saarenmaa, L. 1990. Viljelyketjun valinta asiantuntijajärjestelmän avulla Lapissa. Summary: Choice of reforestation method based on an expert system in Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 762. 49 p.

Tutkimus perustuu metsähallituksen 15 vuoden aikana keräämään aineistoon omista metsänviljelyalueistaan Lapissa. Metsänviljelyn tietokanta sisältää tiedot lähes 13 000 uudistusosalasta. Uudistusalat ryhmiteltiin ympäristöolojen ja toimenpiteiden perusteella viljelyketjuiksi, joita käytettiin laskentayksikköinä metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmässä. Metsähallitus oli vuosien 1972 ja 1987 välisenä aikana käyttänyt Lapissa 441 erilaista viljelyketjua. Viljelyketjuille laskettiin uudistamisen onnistumistodennäköisyydet taimikontarkastustietojen perusteella. Niille laadittiin myös regressiomallit, joissa syntävän taimikon runkolukua ennustettiin viljelytiheyden, uudistusalan pinta-alan, korkeuden ja lämpösunnan sekä taimikon iän perusteella. Keskimäärin uudistusaloilla kasvoi 1500 tainta hehtaaria kohden. Metsänviljely oli kuitenkin johtanut epätydyttävään tulokseen joka toisella uudistusosalalla, kun vähimmäisvaatimuksena pidettiin 1400 tainta hehtaarilla. Viljelyketjuittain uudistamistuloksessa oli suurta vaihtelua. Tulosten perusteella näyttää siltä, ettei pelkkä viljelytiheyden lisääminen johda parempaan uudistamistulokseen. Uudistusalan pinta-alalla ei näyttänyt olevan merkitystä uudistamistulokseen. Korkeudella oli yleensä kielteinen ja lämpösunnalla myönteinen vaikutus runkolukuennusteeseen. Uudistamistulos yleensä parani ajan mittaan luontaisen taimiaineen syntymisen ansiosta.

The environment for forest growth in Lapland is adverse, and artificial regeneration has led to failure on half of the renewal areas. Forest regeneration is a multifaceted decision process. In order to help the forest manager make better decisions, a forest regeneration expert support system was built. The National Board of Forestry (Forest Service) has artificially regenerated more than 13 000 stands on forest land in Lapland since 1972. The procedures include recording the variables describing the characteristics of the site and the inventories of regeneration results. According to the database, there were 441 different combinations of site characteristics and regeneration procedures. To find out the outcomes of forest regeneration frequency distributions for the inventory results were calculated. To estimate the role of the continuous variables, such as the amount of planting material, temperature sum, age of the stand, size of the stand, and elevation in the density of a stand, regression analyses were computed for each case provided that the number of observations was at least 5. Frequency distributions and regression coefficients with their tail probability values were tabulated for 130 cases. The analysis table that was formed this way serves as an internal database for the expert support system. Sensitivity analysis built into the system helps the forest manager to compare the outcomes of different alternatives. According to the expert support system the use of larger amount of planting material does not necessarily improve the regeneration result. The size of the renewal has no effect on the regeneration results. There is a positive correlation between the age and the density of the stand because of the natural seeding. The correlation between the regeneration results and temperature is positive too.

Keywords: artificial regeneration, expert support systems. ODC 232 + 63 + (480.99).

Correspondence: Liisa Saarenmaa, The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Inventory and Yield, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1131-7
ISSN 0015-5543
Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

1. Johdanto

Metsänuudistamisen ongelmat kärjistyvät Lapissa, missä karut luonnonolot vaikeuttavat siementen ja taimien syntymistä ja elossaoloa. Leikolan (1974) mukaan tärkein uudistumista rajoittava tekijä on ilmaston kylmyys ja siitä johtuva maan alhainen lämpötila.

Metsänuudistamiseen kuuluu sarja toimenpiteitä, joista on valittava yhdistelmä, joka nopeimmin, varmimmin ja taloudellisesti tuottaa uudistusalan täystiheän taimikon. Päätöksenteon helpottamiseksi käytännön metsätalousorganisaatiot ovat laatineet metsänuudistamisen ohjeita, joissa uudistamistapahtuma on kuvattu ns. toimenpide- eli viljelyketjuina (Räsänen ym. 1979, Ohjekirje ... 1981). Uudistusalan ominaisuudet määräävät, minkälaisiksi toimenpiteet uudistushakkuun ja taimikon vakiintumisen välillä muodostuvat.

Uudistusalan ominaisuuksien, kuten kasvupaikkatyypin, maan laadun ja maalajin sekä toimenpiteiden, kuten viljelytavan, puulajin, maanmuokkauksen ja taimilajin yhdistelmiä on teoriassa useita tuhansia. Vaihtoehdot eivät kuitenkaan ole vapaasti yhdisteltävissä, sillä kaikkia yhdistelmiä ei voi toteuttaa, minkä lisäksi jokainen valinta supistaa seuraavia valintoja.

Viljelyketjujen kustannusvertailua varten on laadittu tietokonepohjaisia päätöksenteon tukijärjestelmiä (Parviainen & Lappi 1983, Hämäläinen ym. 1985, Parviainen ym. 1985). Niihin on koottu metsänuudistamista koskevia tutkimustuloksia lähinnä Etelä-Suomen osalta, minkä vuoksi ne eivät sovellu sellaisinaan Pohjois-Suomen oloihin.

Käytännön metsätalouden organisaatiot ovat viime aikoina muuttaneet metsänkäsittelyohjeitaan sekä Lapissa että muualla Suomessa mm. pienentämällä suurinta sallittua uudistusalan kokoa, lisäämällä kuusen osuutta männyn kustannuksella, lisäämällä kulutusta ja äestystä aurauksen kustannuksella ja nostamalla viljelytiheyksiä (Ohjekirje... 1985, Yksityismetsien käsittelyohjeet 1987).

Metsähallituksen vuonna 1985 uusimien metsänkäsittelyohjeiden mukaan istutusalojen viljelytiheys vaihtelee 1600 ja 3000 taimen

välillä hehtaaria kohden puulajista ja kasvupaikasta riippuen. Eniten taimia (3 000/ha) istutetaan männyn viljelyaloille ja vähiten (1 600/ha) koivun ja lehtikuusen viljelyaloille. Kylvö suoritetaan siten, että kehityskelpoisia taimia saadaan syntymään tasaisesti viljelyalalle yli 5000 kpl/ha (Ohjekirje ... 1985).

Metsänuudistuksessa joudutaan ottamaan kantaa moniin merkittäviin taloudellisiin kysymyksiin, jotka liittyvät uudistusalan valmistamiseen ja metsänuudistukseen. Eniten kustannuksiin vaikuttaa viljelytiheys. Perä-Pohjolan piirikunnassa istutus maksoi vuonna 1987 keskimäärin 1 875 mk/ha, kylvö 391 mk/ha, raivaus 175 mk/ha, maankunnostus 625 mk/ha ja täydennysistutus 1 086 mk/ha. Vuonna 1988 istutetun taimen hinta oli 70 penniä ensikertaisessa ja 100 penniä täydennysistutuksessa.

Nykyiset viljelytiheysuudistukset perustuvat vaatimukseen, että jokaisen istutetun puun tulee tuottaa ensiharvennuksessa käyttöpuuta ja kasvupaikan tuottokyky tulee käyttää tarkoin hyväksi (Vuokila 1972). Ongelmia aiheutuu siitä, että viljelytaimien kuolee, jolloin ensimmäinen ehto ei täyty. Joudutaan turvautumaan täydennysviljelyyn, jotta toinen ehto tulisi täytettyä. Miten täydennysviljely vaikuttaa lopulliseen taimikon tiheyteen, on huonosti tunnettu.

Taimikon tarkastusten perusteella tehdään päätös, jonka mukaan taimikko joko hyväksytään kasvatettavaksi, täydennetään tai uusitaan. Jos inventoidulta alalta löytyy vähemmän kuin 70 prosenttia ohjetiheiden mukaisesta taimimäärästä, tehdään päätös täydennysviljelystä. Uudelleenviljelypäättös tehdään, jos alalta löytyy vähemmän kuin 40 prosenttia vastaavasta taimimäärästä (Ohjekirje taimikon tarkastuksesta 1982).

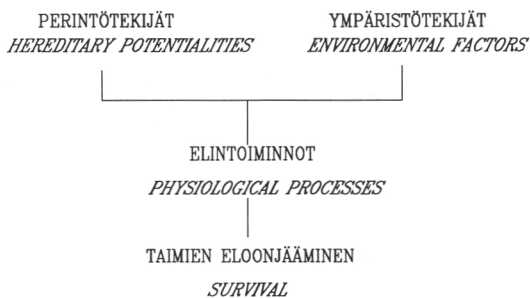
Jotta uudistamismenetelmiä voidaan vertailla, pitää niiden antamia tuloksia voida ennustaa. Päätöksentekotilanteet voidaan luokitella sen mukaan, miten paljon tietoa päätöksentekijällä on päätöksensä tuloksesta:

- * päätöksenteko varmuuden vallitessa
- * päätöksenteko riskin vallitessa
- * päätöksenteko epävarmuuden vallitessa

Päätös voidaan tehdä varmuuden vallitessa silloin, kun kaikki päätöksen kannalta oleellinen tunnetaan, jolloin päätöksentekijä tietää, mitä päätöksestä seuraa. Päätös tehdään riskin vallitessa silloin, kun se voi johtaa useaan erilaiseen lopputulokseen, joiden tapahtumisen todennäköisyys tunnetaan. Päätös joudutaan tekemään epävarmuuden vallitessa silloin, kun se voi johtaa useaan erilaiseen lopputulokseen, joiden todennäköisyyttä ei tunneta (Turban 1988).

Päätöksenteon onnistumista voidaan mitata sen perusteella, kuinka hyvän lopputuloksen se antaa. Analyyttisen lähestymistavan avulla tutkitaan päätöksentekijän hallinnassa olevien ratkaisujen ja häntä kiinnostavan lopputuloksen välistä suhdetta, jolle halutaan löytää täsmällinen kvantitatiivinen mittari. Se voi olla malli, jota käytetään erilaisista päätöksistä seuraavien tulosten arviointiin (Holloway 1979).

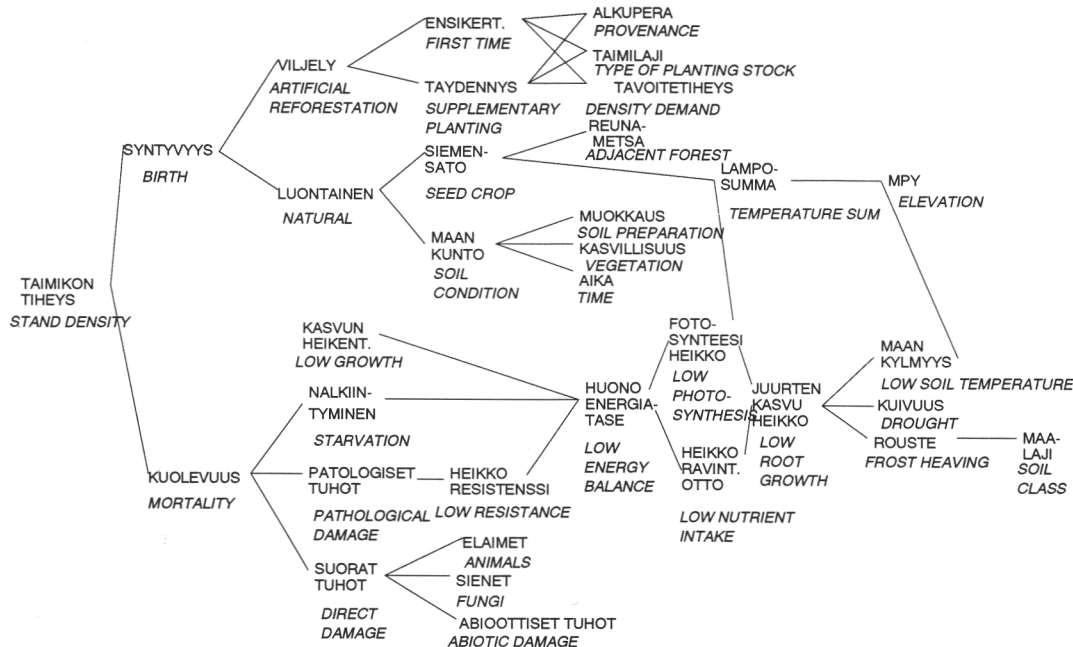
Vaihtoehtojen arviointi ja lopullinen valinta riippuvat siitä, minkälaista lopputulosta tavoitellaan. Pyritäänkö maksimaaliseen tulokseen kustannuksista välittämättä, pyritäänkö parhaaseen tulokseen kustannustietoisesti vai tyydytäänkö ”riittävän hyvään” tulokseen.



Kuva 1. Klebsin mallin (1913) mukaan puun kasvu ja eloonjääminen riippuvat perinnöllisistä tekijöistä ja ympäristöoloista, jotka välittyvät elintoimintojen kautta.

Figure 1. According to Kleb's concept (1913) growth and survival are depending on genotype and environmental factors, which affect the physiological processes.

Optimiratkaisu on kaikista mahdollisuuksista paras. Määritelmän mukaan optimoinnin edellytyksenä on, että päätöksentekijä tuntee kaikkien vaihtoehtojen vaikutukset koko järjestelmässä (Turban 1988). Turbanin (1988) mukaan vain rakenteellisesti selkeät ongelmat on ratkaistavissa optimoinnin avul-



Kuva 2. Tärkeimpien taimikoiden tiheyden vaikuttavien tekijöiden riippuvuussuhteet Lapissa.
Figure 2. Conceptual analysis of the most important factors affecting the density of young stands in Lapland.

la. Metsätalouden ongelmat ovat yleensä enemmän käsitteellisiä kuin matemaattisia (Jeffers 1989).

Matemaattisten mallien käyttökelpoisuutta metsätaloudessa rajoittaa sekin, että ongelma joudutaan usein esittämään liioitellun yksinkertaisessa muodossa, jotta se voitaisiin matemaattisesti ratkaista (Matérn 1960). Metsänviljelyssä, jossa investointi tuottaa tulosta vasta vuosikymmenten kuluttua, joiden aikana epävarmuustekijöiden vaikutus kumuloituu, optimiratkaisu jää aina teoreettiseksi (vrt. Holloway 1979).

Metsätalouden päätöksenteolle on tyypillistä, että tyydytään vähempään kuin parhaaseen ratkaisuun. Tavoite asetetaan tietyllä tasolle, minkä jälkeen etsitään ratkaisu, jolla siihen päästään (Simon 1977).

Metsänviljelyssä tavoite on asetettu koko maassa siten, että uudistusosalalle on saatava syntymään vähintään 2000 kasvatuskelpoista taimea/ha. Ratkaisua, jolla tavoite saavutettaisiin myös Pohjois-Suomen karuissa oloissa etsitään yhä (Lind 1987).

Klebsiä (1913) mukailten voidaan sanoa, että taimien eloonjääminen riippuu elintoinnoista, jotka puolestaan ovat perinnöllisten ominaisuuksien ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksen tulos (kuva 1). Taimien alkuperä eli niiden perinnölliset ominaisuudet ja kasvupaikka eli ympäristötekijät vaikuttavat taimien elossaoloon. Elintoinnointoi-

hin voidaan vaikuttaa epäsuorasti ympäristötekijöitä muuttamalla, esimerkiksi maanmuokkauksella.

Taimia syntyy uudistusosalalle sekä metsänviljelyn että luontaisen uudistumisen kautta. Niihin molempiin vaikuttaa puolestaan joukko taustamuuttujia, jotka riippuvat ekologisista perustekijöistä ja metsäalouden toimenpiteistä. Taimien syntyminen ja kuoleminen ja sen seurauksena taimikon tiheys voidaan selittää taustamuuttujien funktiona (kuva 2).

Voidaan esittää hypoteesi (H_0), että on olemassa viljelyketjujen ja taustamuuttujien yhdistelmiä, joista seuraa hyväksyttävä taimikon tiheys. Vaihtoehtoinen hypoteesi (H_1) on, että nykyiset tavoitetiheydet on asetettu olosuhteisiin nähden liian korkeiksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on laatia päätöksentekomallit viljelytiheyden ja -ketjujen valinnalle. Sitä varten viljelytiheyden vaikutusta taimikon tiheyteen selvitetään ennustemallin avulla. Käytettävissä olevan aineiston perusteella ei ole mahdollista päästää elävyyteen ja kuolleisuuteen vaikuttavien mekanismien tasolle, vaan malleissa on tyydyttävä uudistusalaan ja valittuihin toimenpiteisiin liittyviin muuttujiin. Päätöksentekomallin avulla voidaan tarkastella uudistumisen onnistumisen todennäköisyyttä ja runkolukuennustetta viljelyketjuittain.

2. Tutkimusaineisto ja menetelmät

21. Metsänviljelyn tietokanta

Tutkimusaineistona oli metsähallinnon valtion mailla Lapissa vuosina 1972–87 perustamat metsänuudistusalat ja niillä tehdyt taimikon tarkastukset. Siihen kuuluivat kaikki mainittuina vuosina Perä-Pohjolan piirikunnan alueella toteutetut metsänviljelyhankkeet, yhteensä lähes 13 000 uudistusalaa. Uudistusaloista 6 327:lla oli tehty ensimmäinen, 4 656:lla toinen ja 885:lla kolmas taimikontarkastus, joiden tiedot oli kirjattu metsänhoitotöiden kirjanpidon tietokonekisteriin MEKlin. Täydennysviljelyhankkeet eivät kuuluneet aineistoon, koska niistä ei ennen vuotta 1987 pidetty tietokonekisteriä.

Metsänhoitotöiden kirjanpitoa ylläpidetään metsähallituksessa APL-ohjelmointikielellä tehdyllä tietokoneohjelmalla. Tätä tutkimusta varten tiedot muutettiin ASCII-koodille, niihin tehtiin loogisuustarkistuksia ja ne vietiin R:BASE 5000-tiedonhallintajärjestelmällä toteutettuun tietokantaan. Tietokannasta poistettiin kaksoishavainnot siten, että täysin samanlaisista tietueista jätettiin tietokantaan vain yksi. Sen sijaan sama kuvionumero saattoi esiintyä useaan kertaan, koska kuvioita oli jaettu muuttamatta niiden numeroa.

Metsähallituksen ohjelmassa uudistumista tarkastellaan tarkastuskerroittain. Tässä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita uudistumisen onnistumisesta myös taimikon iän funktiona, joten tietokantaan luotiin uusi muuttuja taimikon iälle. Se saatiin vähentämällä taimikon tarkastusvuodesta sen perustamisvuosi.

Joissakin tapauksissa sama taimikko oli ehditty tarkastaa kahteen tai jopa kolmeen kertaan. Analyseissä kutakin tarkastuskertaa käsiteltiin itsenäisenä havaintona. Regressiomallien laskennassa sama kuvio ei kuitenkaan voinut olla mukana kuin kerran, koska malleihin käytetyn aineiston mittaustulokset olivat peräisin vuodelta 1987, jolloin taimikon tarkastuksissa ensimmäistä kertaa arvioitiin runkoluku.

Taimikon tarkastukset kuuluvat metsähallinnon hoitoalueiden jokavuotisiin tehtäviin, jotka tehdään pääasiassa vakinaisen työvoiman avulla. Tarkastuksissa noudatetaan metsähallituksen antamia ohjeita, jotka on koottu ohjekirjeisiin (Ohjekirje taimikon tarkastuksesta 1982, Taimikon tarkastuksen työohje 1982, Ohjekirje metsänhoitotöiden kirjanpidosta 1983, Taimikon tarkastusta koskevien ohjeiden tarkentaminen 1987, Taimikon tarkastusohjeen tarkennus 1988).

HOITOAALUE 486 SAVONLINNA
 KARTTATIEDOT 486 74 01 (HA,VUOSI,LEHTI)
 TYÖMAATIEDOT 401 01 83 (SUUN.NO,TOIM.PIIRI,VUOSI)

Y L E I S - J Ä T O I M E N P I D E T I E D O T											T A R K A S T U S T I E D O T						
OS.	KUVIO	KP- TYYPPI	MAAN LAATU	MAA- LAJI	TYÖ- LAJI	AL- (HA)	PL M A T E R I A A L I	M P Y	VUO- SI	VUOSI	R/HA	ONN	SY	PIT (M)	TPI- DE	LTAIM (%)	
002	0032D	TRK	1	22	461	001.0 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0041B	TRK	1	22	461	000.2 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0043B2	K		31	461	000.1 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0077	KVK	1	22	361	001.6 1	0800	B41002		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0078B2	LMK	1	22	461	001.0 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0082 2	LMK	1	22	461	000.1 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
002	0090D2	KVK	1	22	361	000.1 1	0800	B41002		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
009	0466 1	K		31	416	000.8 2 16	2000	B20006		1.TARK: 86		1	0		0		
				EHD.1:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	2.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			
				EHD.2:	! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !	3.TARK: ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !				! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !			

Kuva 3. MEKI-systeemi tulostaa esitäytetyt kuviolomakkeen taimikontarkastusta varten.
 Figure 3. Pre-filled forms for regeneration surveys are printed automatically.

Taimikot on ohjeiden mukaan tarkastettava ensimmäisen kerran 2—3 vuoden kuluttua, toisen kerran 7 vuoden ja kolmannen kerran 12 vuoden kuluttua viljelystä. Käytännössä ajankohta vaihtelee jonkin verran.

Metsänuudistamisen yhteydessä kustakin uudistus- alasta täytetään viljelykortti, johon kartta- ja työmaati- etojen lisäksi merkitään:

- kasvupaikkatyyppi
- maan laatu
- maalaji
- viljelytapa
- maanmuokausmenetelmä
- toteutusala
- pääpuulaji
- taimilaji
- viljelymäärä
- viljelymateriaalin alkuperä
- uudistusalan korkeus

Kuvioluettelot tallennetaan tietokoneelle, joka automaattisesti antaa tarkastuskehotouksen määrävuosittain.

Tarkastusten yhteydessä uudistusala mitataan:

- tarkastusvuosi
- runkoluku hehtaarilla
- uudistumisen onnistuminen
- epäonnistumisen syy
- valtipaisuus (vain kolmannessa tarkastuksessa)
- luonnontaimien osuus kaikista taimista

Lisäksi voidaan tehdä kuviokohtaisia toimenpide- ehdo- tuksia.

Päätös uudistusalan hyväksymisestä kasvatettavaksi tehdään vertaamalla sekvenssiotannon antamaa tulosta ohjetiheuteen. Jos alalta löytyy taimia vähintään 70 prosenttia ohjetihedestä, se hyväksytään kasvatettavaksi. Jos taimia on vähemmän kuin 40 prosenttia oh- jearvosta, ala on viljeltävä uudelleen. Täydennysvilje- lyyn päädytään niillä uudistusaloilla, joilla taimia on enemmän kuin 40 ja vähemmän kuin 70 prosenttia oh- jetiheydestä.

Vuodesta 1987 alkaen uudistusaloilta on mitattu taimikon tarkastusten yhteydessä myös taimien määrä. Ohjekirjeen mukaan (Taimikon tarkastusta koske- vien...1987) taimien lukumäärän arvioinnissa voidaan tukeutua sekvenssiotannon koeloihin, jolloin koeloi- ta luetaan kaikki kehityskelpoiset taimet.

Taimimäärä voidaan arvioida vaihtoehtoisesti ympy- räkoealoja käyttäen, jolloin koealan koko on 25 m². Kolmannessa tarkastuksessa käytetään aina linjoitaista ympyräkoeala-arviointia, jos taimikko on valtipituu- deltaan yli 1,5 metriä.

Uudistusalojen välinen taimimäärän varianssi lasket- tiin metsänviljelyketjuille. Sen sijaan uudistusalojen sisäisestä varianssista ei ollut aineistoa metsänhoitotöiden kirjanpidossa.

Luonnontaimien osuus uudistusalalle syntyneestä taimimäärästä on arvioitu vuodesta 1987 alkaen. Tä- män tutkimuksen aineistossa taimimäärät ja luonnontaimien osuudet on arvioitu niillä uudistusaloilla, jotka olivat tarkastusvuorossa vuonna 1987, jolloin ensiker- tainen tarkastus koski pääasiassa vuonna 1984 perustet- tuja, toinen tarkastus vuonna 1980 ja kolmas tarkastus vuonna 1975 perustettuina taimikoita.

22. Laskennalliset menetelmät

Kuvio-, toimenpide- ja inventointitietojen perusteella laadittiin mallit, jotka ennustavat tunnetuissa oloissa metsänviljelyllä aikaansaataavaa runkolukua ja uudistumisen onnistumista nykyisiä kriteerejä käyttäen. Aineiston perusteella voitiin laskea uudistumistodennäköisyydet metsänviljelyketjuille.

Olosuhde- ja menetelmäyhdistelmät haettiin tietokannasta käyttämällä kasvupaikkatyyppiä, maan laatua, puulajia, viljelytapaa, muokkausmenetelmää ja taimilajia ryhmiä muodostavina muuttujina. Maalajia ei hyväksytty luokittelijaksi, koska se oli arvioitu maaperää tutkimatta.

Uudistumista kuvasi inventointituloksena saatu ja-kauma kolmeen uudistumisloukkaan: hyväksyttäviin, täydennettäviin ja uusittaviin taimikoihin. Toisaalta uudistumisen onnistumisen kriteerinä pidettiin uudistus- alalle saatua runkolukua, jolle laskettiin ryhmittäiset keskiarvot ja hajonnat.

Viljelyketjuittain laskettiin lisäksi regressioanalyysillä ennustemallit, joissa selitettävänä olivat erikseen sekä kokonaisrunkoluku että luonnontaimien osuus runkoluvusta. Selittäjinä käytettiin viljelytiheyttä, keskimääräistä normaaliarvon (1931—1960) lämpösummaa toimintapiiriin tarkkuudella, viljelystä kulunutta aikaa, uudistusalan pinta-alaa ja sijaintia meren pinnan yläpuolella. Käytettyjen selittäjien laatu ja määrä mallissa riippuivat ryhmän havaintojen määrästä (taulukko 1).

Selittäjien määrä mallissa saatiin ottamalla ryhmään kuuluvien havaintojen määrästä kuutiojuuri. Yhden selittäjän malleihin tarvittiin kuitenkin vähintään viisi havaintoa. Malleihin lisättiin selittäjiä yksi kerrallaan havaintojen määrän saavuttaessa vähimmäisvaatimuksen.

Selittäjien järjestys arvioitiin tekemällä yhden selittäjän regressiomallit kullekin viidelle selittäjälle käyttämällä ryhmittelijöinä viljelytapaa, puulajia ja kasvupaikkatyyppiä. Runkolukua selitti yleensä (useimmissa ryhmissä) parhaiten uudistusalan korkeus. Se päätettiin kuitenkin lisätä malleihin vasta viimeisenä, koska sitä koskeva tieto puuttui usein. Korkeus korreloi negatiivisesti lämpösumman kanssa.

Toiseksi parhaiten runkolukua selitti yleensä viljelytiheys. Koska tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään nimenomaan viljelytiheyden vaikutusta uudistumisen onnistumiseen, se otettiin kaikkiin malleihin ensimmäiseksi selittäjäksi.

Muut selittäjät lisättiin malleihin yhden selittäjän regressiomallien mukaisessa paremmuusjärjestyksessä. Regressiomallit olisi voitu laatia kullekin ryhmälle kaikille selittäjien kombinaatioille tai vaihtoehtoisesti askelta-vaan regressioanalyysia käyttäen. Tässä tutkimuksessa haluttiin kuitenkin selvittää tiettyjen tekijöiden vaikutusta taimikon runkolukuun, joten selittäjät valittiin subjektiivisesti.

Regressiomallien laskentaan käytettiin SYSTAT-ti- lasto-ohjelmaa, johon syöttötiedosto haettiin R:BASE 5000:lla ylläpidetystä tietokannasta. Tietokantaan tehtiin toinen haku, josta C-kielisen ohjelman avulla saa-

Taulukko 1. Regressiomallissa käytettyjen selittäjien riippuvuus havaintojen lukumäärästä.

Table 1. The dependence of independent variables on the number of observations.

Ryhmän suuruus	Selittäjien lkm	Selittäjät
<i>Number of observations</i>	<i>Number of independent variables</i>	<i>Independent variables</i>
5—12	1	Viljelytiheys <i>Amount of seed or seedlings</i>
13—26	2	Lämpösumma <i>Temperature sum</i>
27—63	3	Taimikon ikä <i>Age of stand</i>
64—124	4	Uudistusalan pinta-ala <i>Area of stand</i>
125—	5	Uudistusalan korkeus <i>Elevation of stand</i>

dulla aineistolla muodostettiin viljelyketjut järjestettyinä viljelytavan, puulajin, kasvupaikkatyyppin, maan laadun, muokkausmenetelmän ja taimilajin mukaan.

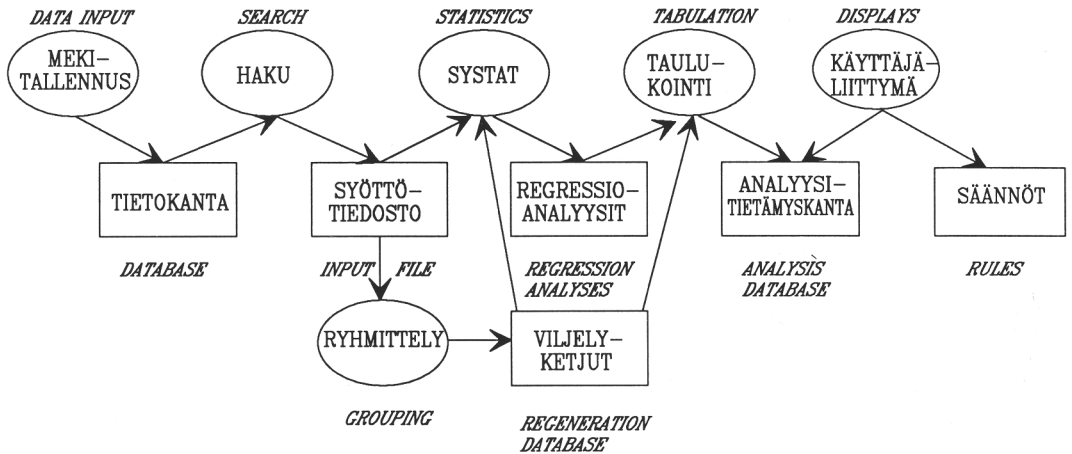
Sama ohjelma laski viljelyketjuittain havaintojen lukumäärän, tarkastettujen uudistusalojen lukumäärän, runkolukuhavaintojen lukumäärän, keskimääräisen taimiluvun hehtaarilla, sen hajonnat, uudistumisen onnistumisen jakautuneena kolmeen luokkaan, viljelymateriaalin määrän, taimikon iän, uudistusalan pinta-alan, korkeuden ja lämpösumman sekä luonnontaimien osuuden minimi- ja maksimi- arvot. Regressioanalyysin tulokset ohjattiin tulostustiedostoon, joka yhdistettiin yhdessä C-kielillä taulukoidun tiedoston kanssa analyysitauluksi.

23. Asiantuntijajärjestelmä

Analyysitauluun taulukoitiin sellaiset viljelyketjut, joissa runkolukuhavaintoja oli vähintään viisi. Kutakin viljelyketjua, joita oli yhteensä 130, kuvailee 56 eri muututtajaa. Tietojen suuresta määrästä johtuen analyysitaulun tulkinta olisi ollut vaikeaa ilman älykästä käyttöliittymää. Käyttöliittymäksi päätettiin rakentaa asiantuntijajärjestelmä (AJ).

AJ-kehittimeksi valittiin ProGenesis-ympäristö (Genesis Environment 1988), joka tiedossa olleista ohjelmistoista parhaiten vastasi tutkimuksen tarpeita. Gene- siksien erikoisominaisuuksiin kuuluvat sisäinen ja ulkoinen tietokanta sekä monipuolinen grafiikka.

Analyysitaulusta muodostettiin asiantuntijajärjestelmän sisäinen tietokanta, johon järjestelmä tekee hakuja käyttäjän antaman kuvauksen perusteella. Tietämyksen siirto tietokannasta asiantuntijajärjestelmään on pyritty automatisoimaan (kuva 4).



Kuva 4. MEKI-aineiston sisältämän tiedon jalostaminen asiantuntijajärjestelmän käyttöön.
 Figure 4. Knowledge acquisition from the forest regeneration database to the expert support system.

3. Metsänviljely valtion mailla Lapissa

31. Viljelyalat

Tietokonepohjaisen metsänhoitotöiden kirjjanpidon (MEKI) mukaan Perä-Pohjolan valtion mailla viljeltiin metsää vuosien 1972 ja 1987 välillä yhteensä 161 358 hehtaaria. Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikuntakonttorin käsikirjanpidon mukaan kokonaisviljelyala oli vuosien 1972 ja 1984 välisenä aikana 150 774 hehtaaria, joista 13 159 hehtaaria tehtiin täydennysviljelyä.

MEKI:n mukaan saman aikajakson viljelyala oli 129 505 hehtaaria. Tietokonerekisteriin täydennysviljelyt on koodattu omaksi ryhmäkseen vasta vuodesta 1987. Kun täydennysviljely otetaan huomioon, käsikirjanpidon mukaan viljeltiin metsää vuosien 1972—84 aikana noin 8 000 hehtaaria enemmän kuin MEKI:n mukaan.

32. Puulajit

Mänty oli viljeltävä puulaji yli 90 prosentilla kokonaisviljelyalasta. Mäntyä viljeltiin 151 588 hehtaaria, kun muiden puulajien yhteenlasketuksi osuudeksi jäi 9 770 hehtaaria (kuva 5).

Kuusta viljeltiin 15-vuotiskautena yhteensä 8 162 hehtaaria. Lehtikuusen kokonaisviljelyala oli 1 393 hehtaaria. Eniten eli 369

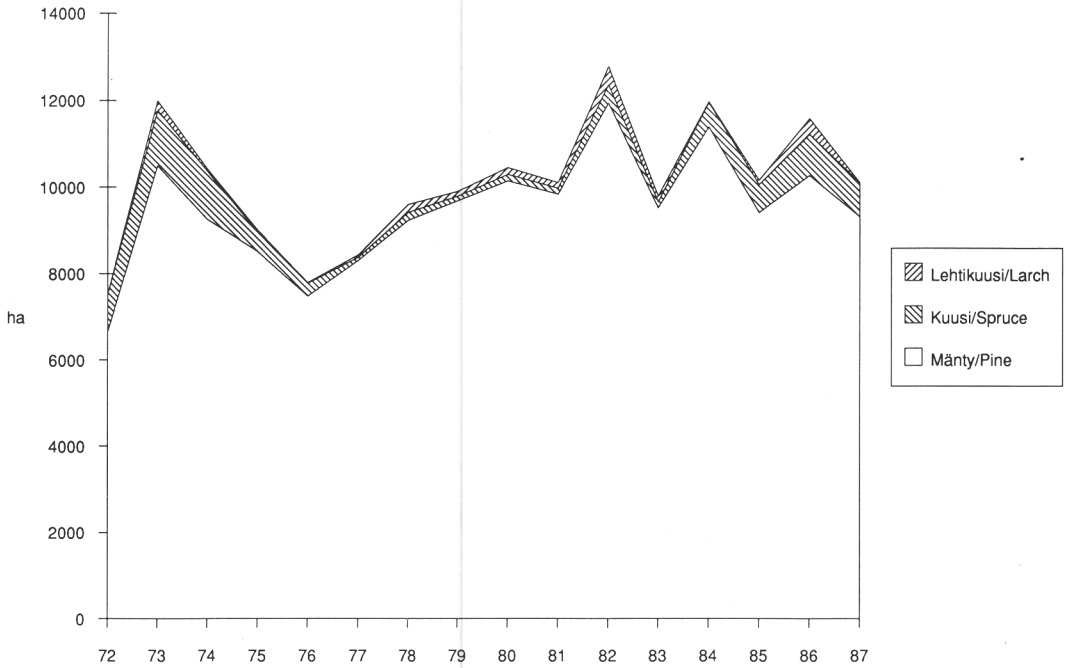
hehtaaria sitä viljeltiin vuonna 1986. Koivua samoin kuin ryhmää ”muut havupuut”, mikä yleensä tarkoittaa kontortamäntyä, viljeltiin keskimäärin alle prosentti vuotuisesta viljelyalasta. Koivua viljeltiin yhteensä 57 hehtaaria.

33. Maankunnostus

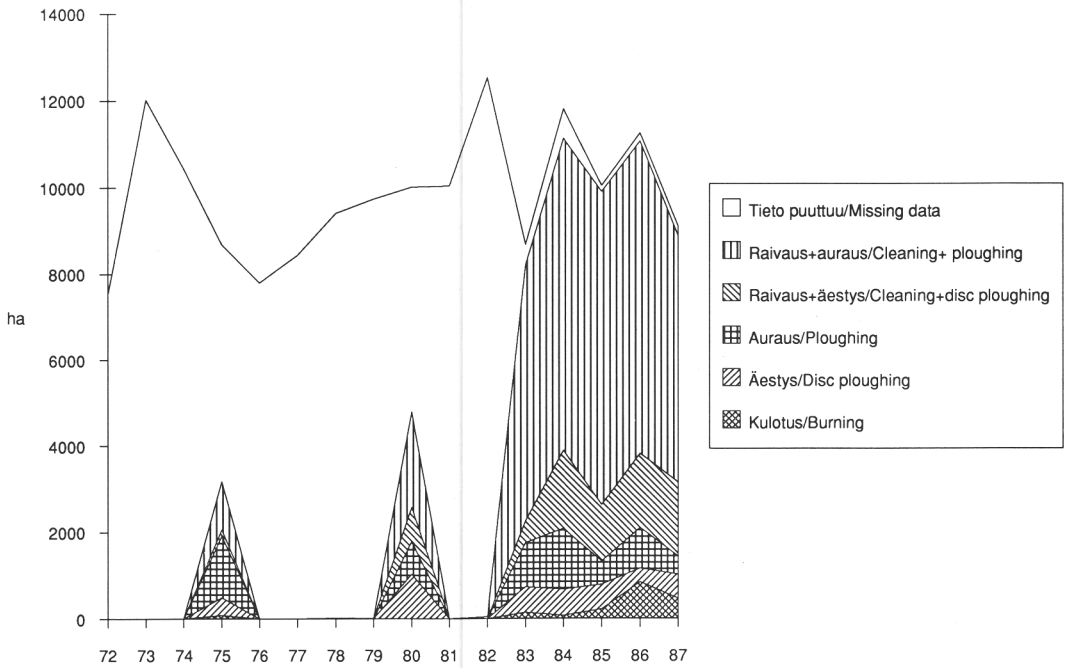
Maankunnostusmenetelmää koskevat tiedot ovat MEKI:ssä puutteelliset. Käytetty muokausmenetelmä on tiedossa runsaalta 60 000 hehtaarialta (kuva 6). MEKI:n mukaan vain 170 hehtaaria ei ole tehty maankunnostusta lainkaan. Lähes 100 000 hehtaarialta maanmuokkaustieto puuttuu kokonaan.

Maankunnostustavoista aurauus oli yleisin koko tarkastelujakson ajan. Yhteensä aurattiin MEKI:n mukaan runsaat 44 000 hehtaaria, joista suurin osa myös raivattiin. Toiseksi yleisin maanmuokausmenetelmä oli äestys, jota tehtiin noin 12 000 hehtaaria. Siihen yhdistettiin raivaus yli 8 000 hehtaaria.

Viljelyaloja kulotettiin MEKI:n mukaan yhteensä 1928 hehtaaria, joista suurin osa 1980-luvulla. Muita maankunnostusmenetelmiä käytettiin noin 1 000 hehtaaria, joista hieman yli puolet myös raivattiin. Pelkkä raivaus tehtiin noin 300 hehtaaria.



Kuva 5. Metsänviljelyalat puulajeittain Perä-Pohjolan valtion mailla vuosina 1972—1987.
 Figure 5. Reforestation areas according to the tree species in state owned land in Lapland in 1972–1987.

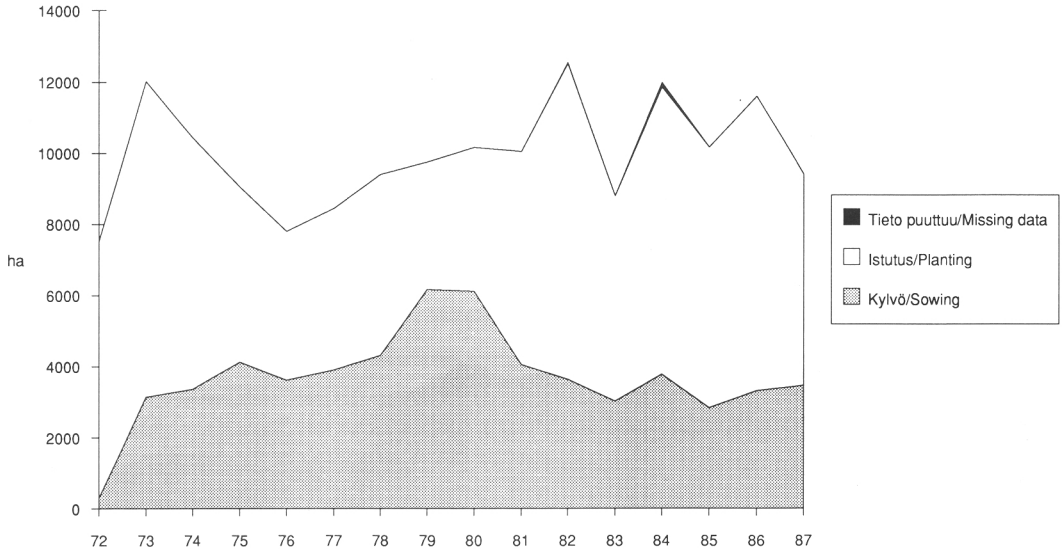


Kuva 6. Metsänviljelyalat maanmuokkausmenetelmittäin Perä-Pohjolan valtion mailla 1972—1987.
 Figure 6. Reforestation areas according to the soil preparation method in state owned land in Lapland 1972–1987.

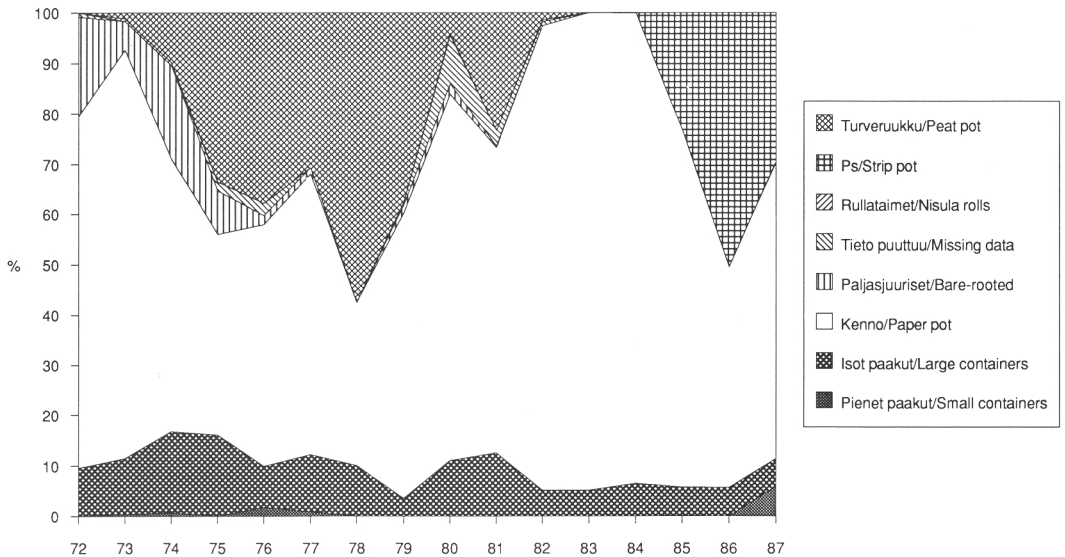
34. Viljelytavat

Kokonaisviljelyalasta 63 % istutettiin ja 37 % kylvettiin. Istutuksen ja kylvön osuudet vaihtelivat vuosittain paljon. Pienimmillään kylvöt olivat vuonna 1972, jolloin niiden osuus

oli vain neljä prosenttia viljelyalasta. Samana vuonna kypsytettiin Lapissa runsas männyn ja kuusen siemensato, minkä seurauksena metsänkylvöt yleistyivät. Sekä suhteellisesti (63 %) että absoluuttisesti (6258 ha) eniten kylvettiin vuonna 1979 (kuva 7).



Kuva 7. Kylvetyt ja istutetut metsänviljelyalat Perä-Pohjolan valtion mailla vuosina 1972—1987.
 Kuva 7. Reforestation areas according to the regeneration method in state owned land in Lapland in 1972–1987.



Kuva 8. Metsänistutusalat taimilajeittain Perä-Pohjolan valtion mailla vuosina 1972—1987.
 Figure 8. Planting areas according to the planting stock in state owned land in Lapland in 1972–1987.

Taulukko 2. Käytetyt siemen- ja taimimäärät puulajeittain eri aikoina.
 Table 2. The amount of seed or seedlings at different times.

Vuosi Year	Siemeniä Seed g/ha		Istutettuja taimia keskimäärin Seedlings/ha			
	Mänty Pine	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Leku Larch	Kontorta Lodgepole	Koivu Birch
1969	300	1900	1900	1300	2300	1500
1976	400	2100	1900	1400	1700	1000
1981	600	2300	2000	1800		
1985	500	2600	2100	1700	2300	

35. Taimilajit

Pienet paakkutaimet (1Mt, 1Mr, 1Mk) olivat yleisimmin käytetty taimilaji. Niillä viljeltiin yhteensä 87 874 hehtaaria eli 55 prosenttia kokonaisviljelyalasta. Isoja paakkutaimia (2Mt, 2Mk, 1M + 1Ar, 1Mt + 1At, 1Mk + 1Ak) käytettiin kuudella prosentilla ja paljasjuuritaimia kahdella prosentilla uudistusalojen pinta-alasta.

Paljasjuuritaimia ei käytetty lainkaan vuoden 1981 jälkeen, vaikka niiden osuus vielä 1970-luvun alussa oli lähes 20 prosenttia pinta-alasta. Isojen paakkutaimien osuus laski 1970-luvun alun noin 10 prosentista 1980-luvulle tultaessa 3—4 prosenttiin. Tieto käytetystä taimilajista puuttui 37 prosentilla pinta-alasta (kuva 8).

36. Siemen- ja taimimäärät

Viljelytiheys määräytyy voimassa olevan ohjekirjeen mukaan. Ensimmäiset metsänkäsittelyohjeet Perä-Pohjolaan annettiin vuonna 1969 ja niitä seuraavat vuosina 1976, 1981 ja 1985, joista jälkimmäisiä vielä tarkistettiin taimikontarkastuksen osalta 1987. Vuonna 1981 annetuissa metsänkäsittelyohjeissa oli ensimmäistä kertaa viljelytiheysuositukset. Vuoden 1985 ohjeissa männyn ja kuusen viljelytiheyttä nostettiin. Ohjeissa sallitaan 10 %:n poikkeama ohjetheydestä. Käytetty siementai taimimäärä merkitään toteutustietona kuvioittain viljelykorttiin.

Viljelykorteista laskettiin ohjekirjeiden voimassaolokausittain toteutuneet keskimääräiset viljelytiheydet. Tärkeimpien puulajien keskimääräiset viljelytiheydet näyttivät ajan mittaan lisääntyneen. Vieraspuulajien ja koivun kohdalla kehitys ei ollut niin selvää (taulukko 2).

4. Uudistumistulos

41. Uudistumisen onnistuminen

Inventoinnit osoittivat, että uudistusalojen kokonaispinta-alasta hieman yli puolet oli hyväksytty ensimmäisessä taimikon tarkastuksessa. Yleensä mitä pohjoisemmassa hoitoalue sijaitsi, sitä helpommin taimikot oli hyväksytty kasvatettaviksi (kuvat 9, 10a, 10b, 10c). Ero johtui osaksi siitä, että etelässä hyväksytään vähemmän luonnontaimia kasvatettaviksi kuin pohjoisessa. Käytännössä hyväksymiskriteerit ovat viime vuosina lieventyneet, mikä tekee vuosien välisen vertailun epävarmaksi (Päivi Hänninen, Perä-Pohjolan piirikuntakonttori, suull.).

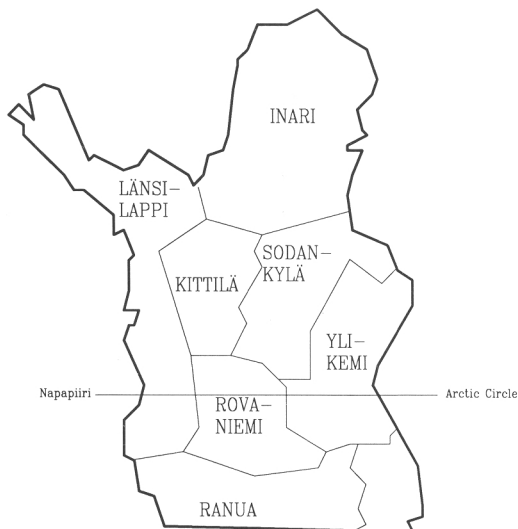
Uudistumistulosta arvioitaessa onnistumislukuitusta parempi kriteeri on uudistusaloille syntyneiden taimien määrä. Keskimäärin uudistusaloille syntyi 1500 tainta hehtaarille, mikä ylitti selvästi täydennysistutusrajan.

Kokonaisrunkoluku ei kuvaa istutustaimien elossaoloa, sillä siihen lasketaan mukaan paitsi kaikki istutettavan puulajin kanssa samaa lajia olevat myös ohjekirjeen mukaiset osuudet muita luontaisesti syntyneitä puulajeja, mikäli taimet ovat kasvatuskelpoisia. Kasvatuskelpoisuutta määritettäessä otetaan huomioon taimien kunto, puulajien soveltuvuus kasvupaikalle ja taimien koko ja asema ympäröiviin taimiin nähden (Metsähallituksen ohjekirje 1987). Perä-Pohjolassa kasvatuskelpoisiin taimiin voidaan hyväksyä myös siemensyntyisiä hieskoivuja.

Istutustaimien elossaoloa olisi ollut mahdollista arvioida vähentämällä havaitusta taimien määrästä luonnontaimien osuus. Niin menetellen kuolleisuudeksi saataisiin kuitenkin myös negatiivisia arvoja, mikä osoittaa, ettei taimikon tarkastaja ollut aina pystynyt luotettavasti erottamaan luonnontaimia viljelytaimista.

Tässä tutkimuksessa ei voitu arvioida eri kasvupaikkojen ja tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta pelkästään viljelytaimien elossaoloon, vaan uudistumista tarkasteltiin kaikkien uudistusaloille syntyneiden taimien määränä.

Tutkimuksen kannalta olisi ollut tärkeää voida erottaa viljelytaimet luonnontaimista, koska se olisi auttanut määrittämään järke-



Kuva 9. Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunnan hoitoalueet.

Figure 9. The National Board of Forestry has seven districts in Lapland.

vää viljelytiheyttä. Viljelytiheyden vaikutusta kokonaisuudistamistulokseen voitiin arvioida regressiomalleilla, joissa siemen- ja taimimäärää käytettiin selittämään saatuja hehtaarikohtaisia runkolukuja.

42. Epäonnistumisen syyt ja ehdotetut toimenpiteet

Taimikon tarkastusten yhteydessä pyritään arvioimaan tärkein uudistamisen epäonnistumiseen johtanut syy (Taimikon tarkastusta... 1987). Niissä taimikoissa, joissa tuhoutumisen syy oli tutkittu, yleisimmäksi tuhoaiheuttajaksi oli merkitty ryhmä "muut syyt tai syy tuntematon". Toiseksi yleisimmäksi tuhon syyksi oli arvioitu "routa tai vesitalous". Kolmas merkittävä ryhmä oli "viljelyvirheet tai viljelymateriaali". Vesoittuminen, ruohottuminen sekä sieni- ja eläintuhot oli harvoin arvioitu tärkeimmäksi tuhon syyksi (taulukko 3).

Tarkastuksen yhteydessä tehtiin myös taimikon kasvatusta (taulukko 4) ja täydennystä ja uusimista koskevia toimenpide-ehdotuksia (taulukko 5).

5. Päätöksentekomalli

51. Viljelyketjut

Tutkimuksessa haluttiin testata hypoteesia (H_0), että on olemassa viljelyketjujen ja taustamuuttujien välisiä yhdistelmiä, joista seuraa hyväksyttävä taimikon tiheys. Vastakkainen hypoteesi (H_1) oli, että tavoitetiheydet ovat osuuteisiin nähden epärealistisia.

Hypoteesien testausta varten aineistosta täytyi etsiä toteutuneet viljelyketjut. Se tapahtui jakamalla aineisto viljelytavan, puulajin, kasvupaikkatyyppin, tuottokyvyn, muokautuvan ja taimilajin perusteella ryhmiin. Teoriassa taustamuuttujien erilaisia yhdistelmiä on kymmeniä tuhansia. Tosiasiassa yhdistelmämahdollisuudet supistuivat muutama sataan, sillä monia vaihtoehtoja ei esiinny luonnossa tai viljelyohjeissa (kuva 11). Aineistosta löytyi 441 erilaista viljelyketjua. Jos ryhmittelijäksi olisi hyväksytty myös maalaji, viljelyketjuja olisi ollut yli 700.

Viljelyketjuja käytettiin laskennan perusyksikköinä laadittaessa uudistumisen todennäköisyysjakaumia ja runkoluvun ennustemalleja. Jos viljelyketjuun kuului vähintään viisi uudistusala, sitä koskevat tulokset taulukoitiin ns. analyysitauluun. Ehdon täytti yhteensä 130 viljelyketjua. Taulukko lajiteltiin keskimääräisen kokonaisrunkoluvun perusteella, jolloin viljelyketjut tulostuivat paremmuusjärjestyksessä (liite 1a).

Kun hyväksyttävän taimikon runkoluvun kriteerinä pidetään 1400 tainta/ha, männyn viljelyketjuista 93 tuotti keskimäärin hyväksyttävän tuloksen ja 27 johti täydennysviljelyyn. Sen sijaan kaikki kuusen viljelyketjut tuottivat selvästi hyväksymisrajan paremman tuloksen.

Hajonta oli parhaimpiin uudistamistuloksiin johtaneissa viljelyketjuissa yleensä suurempi kuin alhaisemman runkoluvun tuottaneissa viljelyketjuissa. Se merkitsee sitä, että keskimäärin hyvissäkin viljelyketjuissa oli sellaisia tapauksia, jotka alittivat hyväksymisrajan.

Viljelyketjujen vertailemista varten rakennettiin asiantuntijajärjestelmä, joka ottaa huomioon ympäristötekijät ja viljelytoimenpiteet.

52. Todennäköisyysjakaumat

Empiirisiä aineistoja käytetään yleisesti todennäköisyysjakaumien pohjana esimerkiksi laskemalla suotuisien tapahtumien suhteelliset osuudet (Holloway 1979).

Taimikontarkastusten tuloksista laskettiin viljelyketjuittain frekvenssit hyväksytyille, täydennettävälle ja uusittaville taimikoille. Niiden perusteella laadittiin uudistamistuloksen prosenttijakaumat, joita sellaisinaan käytettiin uudistumisen onnistumistodennäköisyyksinä. Niitä voidaan käyttää suoraan uudistamistuloksen ennustamiseen, elleivät hyväksymiskriteerit muutu.

53. Runkolukuennuste

Uudistusosalalle syntyvän taimikon tiheyden arvioimiseksi laadittiin regressioanalyysiä käyttäen ennustemallit erikseen sekä kokonaisrunkoluvulle että luonnontaimien osuudelle. Mallit laadittiin sellaisille viljelyketjuille, joissa havaintojen lukumäärä oli vähintään viisi. Selittäjinä käytettiin viljelytiheyttä, lämpösulmaa, taimikon ikää, uudistusalan pinta-alaa ja korkeutta.

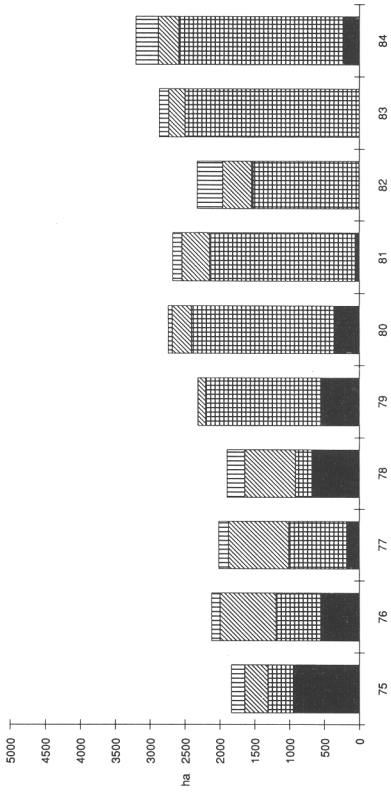
Mallien selitysasteet (R^2) vaihtelivat suuresti. Kokonaisrunkoluvulle laadituista 130 mallista vain 27 oli sellaista, joissa selitysaste oli suurempi kuin 30 prosenttia. Luonnontaimien osuudelle laadituissa malleissa vastaava luku oli 38.

Regressiokertoimia ja niiden tilastollisia merkitsevyyksiä tutkittiin viljelyketjuittain. Laskennassa mukana olleiden havaintojen lukumäärä, hajonta, selittäjien regressiokertoimet ja niiden merkitsevyydet sekä selitysasteet taulukoitiin (liitteet 1b ja 1c). Laskennassa mukana olleista 130 viljelyketjusta 15 jäi kokonaan ilman mallia puuttuvien tietojen takia.

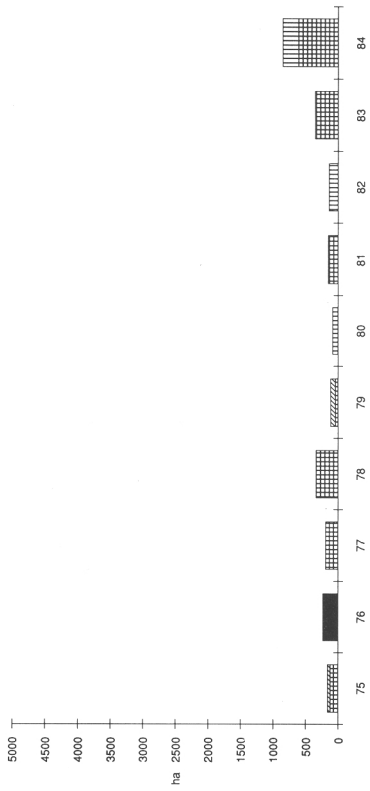
Malleja ei voi käyttää muuttujien vaihtelun ulkopuolisiin arvoihin liittyviin ennusteisiin (Ranta ym. 1989). Siksi taulukoitiin myös kunkin muuttujan minimi- ja maksimiarvot viljelyketjuittain (liite 1 a).

Selittäjien väliset korrelaatiot tutkittiin. Yleensä korrelaatiokertoimet olivat lähellä

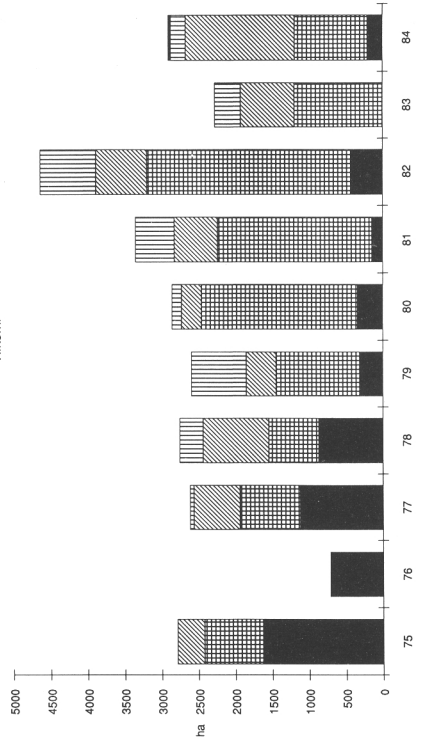
Sodankylä



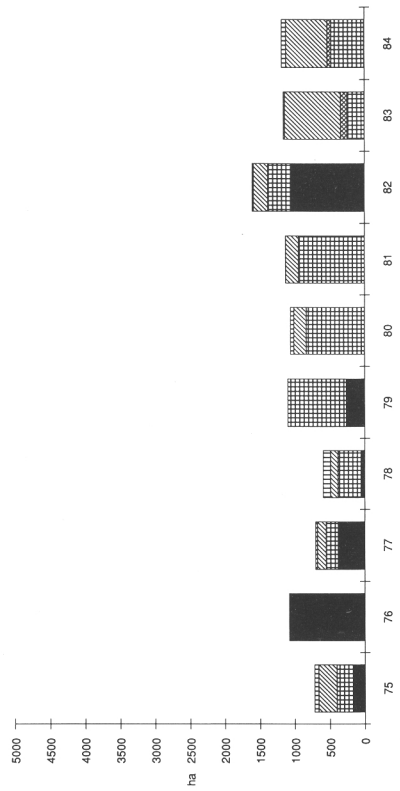
Inari

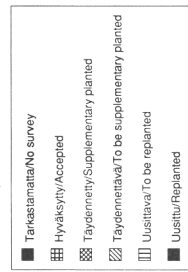
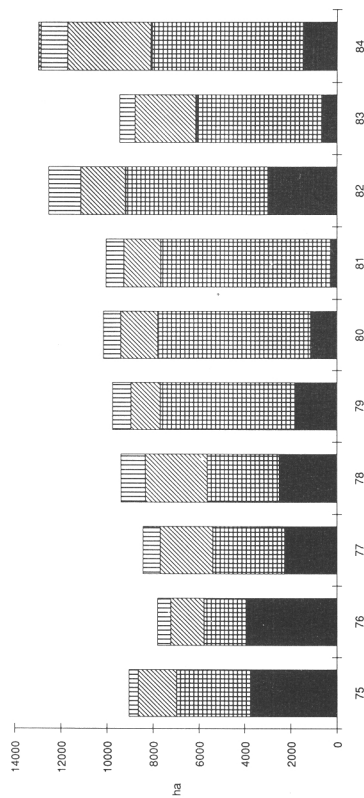
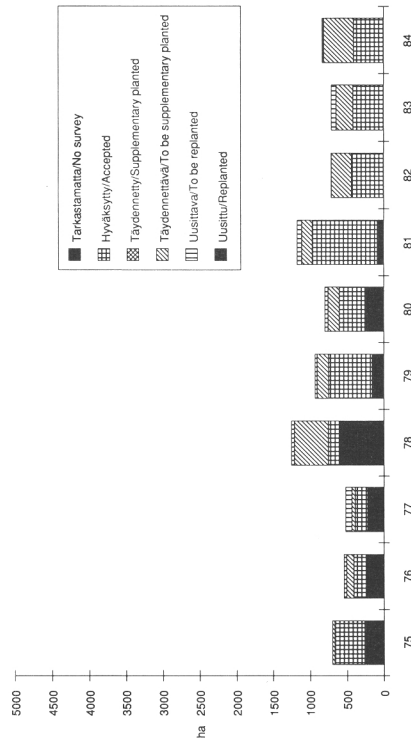
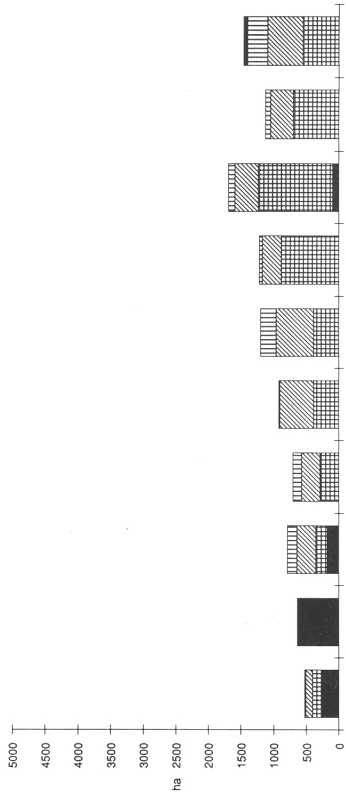
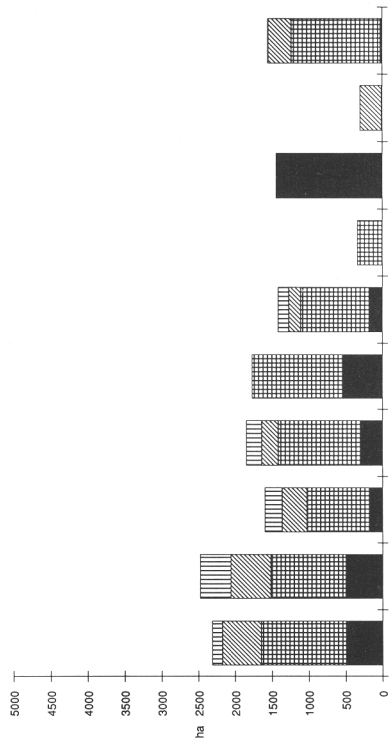


Ylikemi



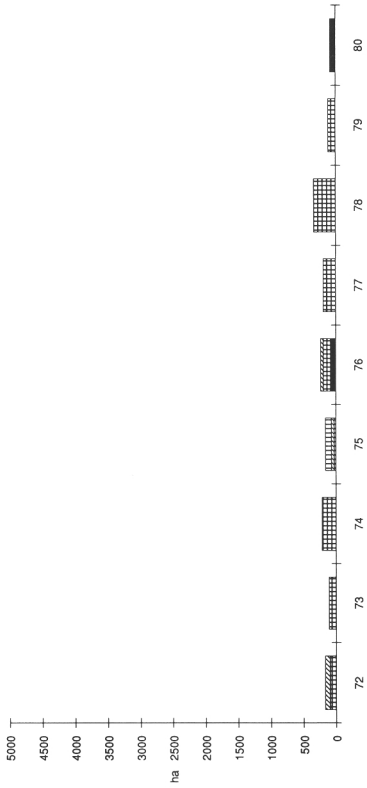
Rovaniemi



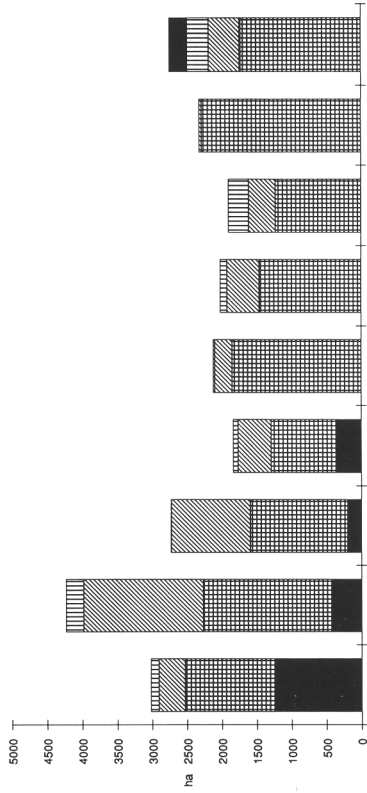


Kuva 10a. Uudistamistulos 1. tarkastuksessa hoitoalueittain Perä-Pohjan piirikunnassa vuosina 1975—84.
 Figure 10a. The result of regeneration in the districts in Lapland in 1975—84.

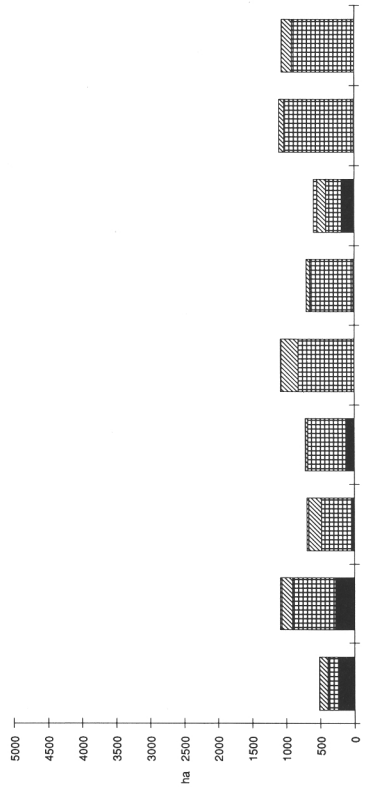
Inari



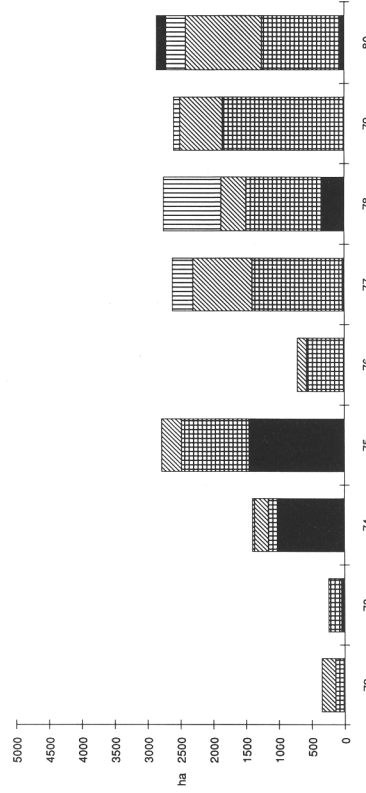
Sodankylä



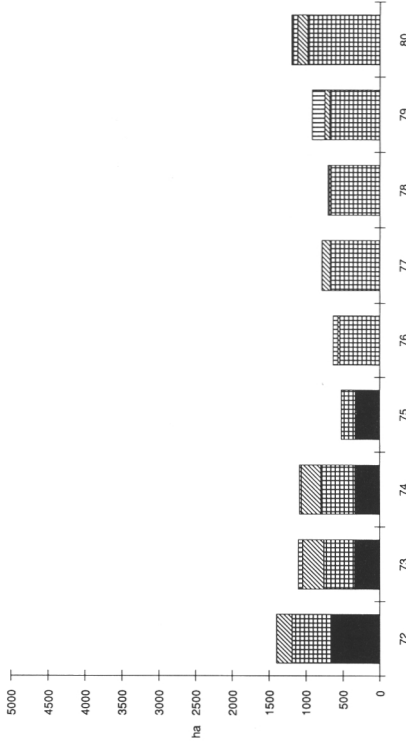
Rovaniemi



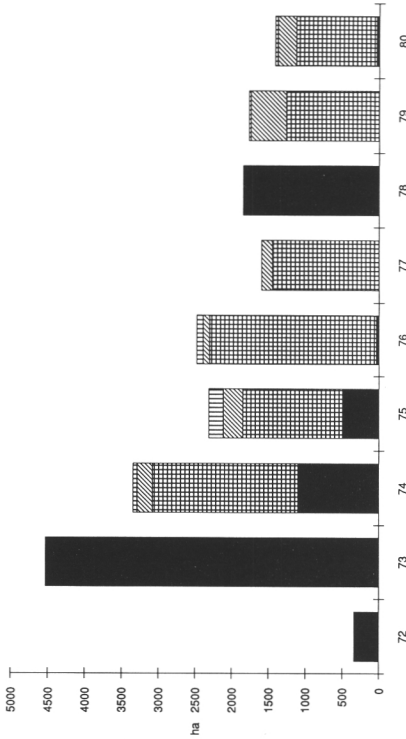
Ylikemi



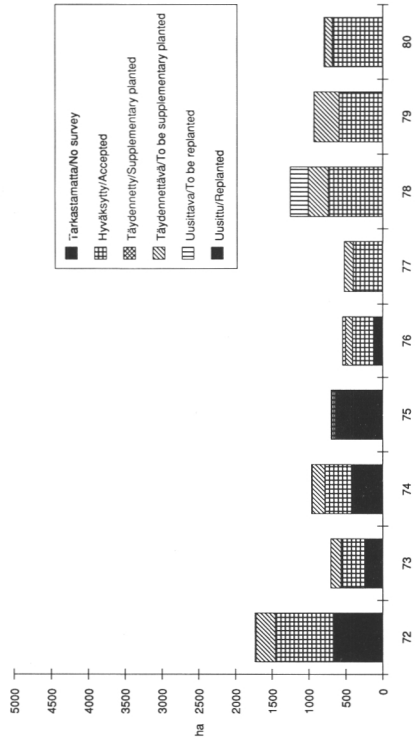
Länsi-Lappi



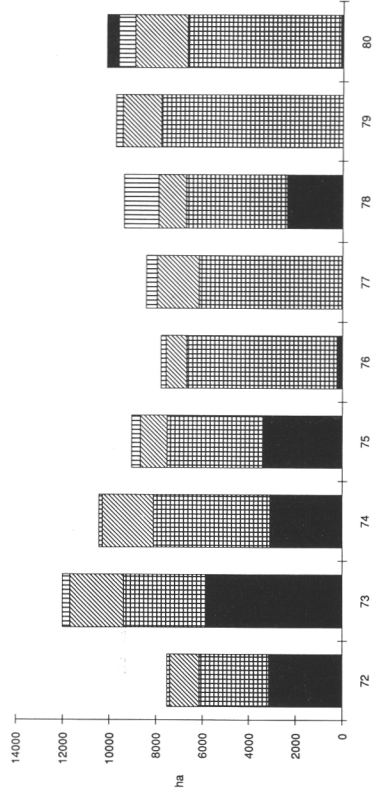
Kittilä



Ranua

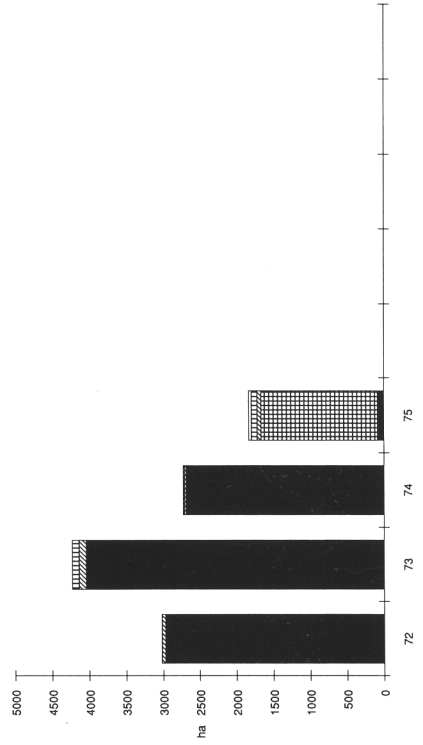


Kaikki/Total

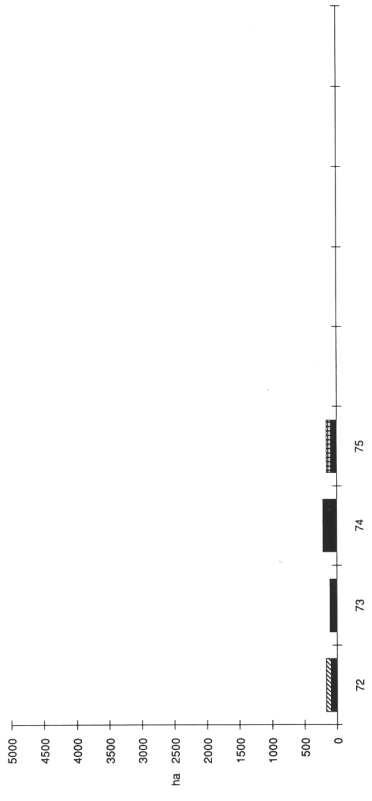


Kuva 10b. Uudistamistulos 2. tarkastuksessa hoitoalueittain Perä-Pohjolan piirikunnassa vuosina 1972–80.
Figure 10b. The result of regeneration in the districts in Lapland in 1972–1980.

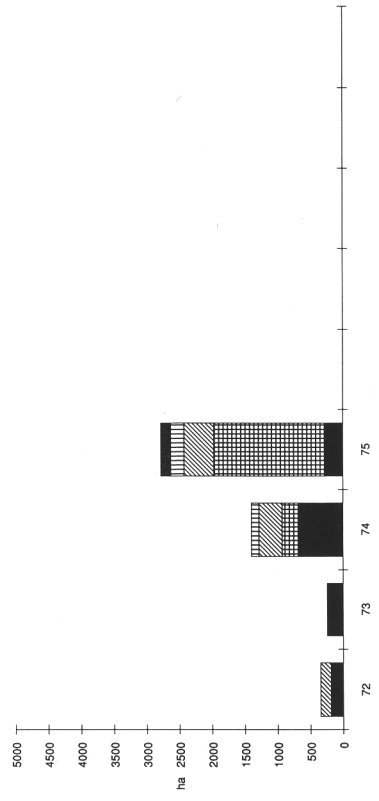
Sodankylä



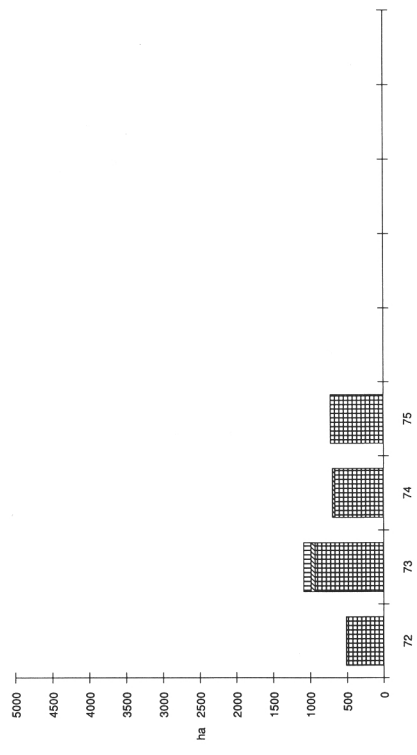
Inari

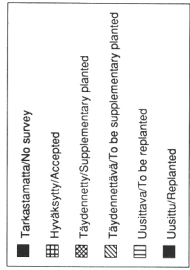
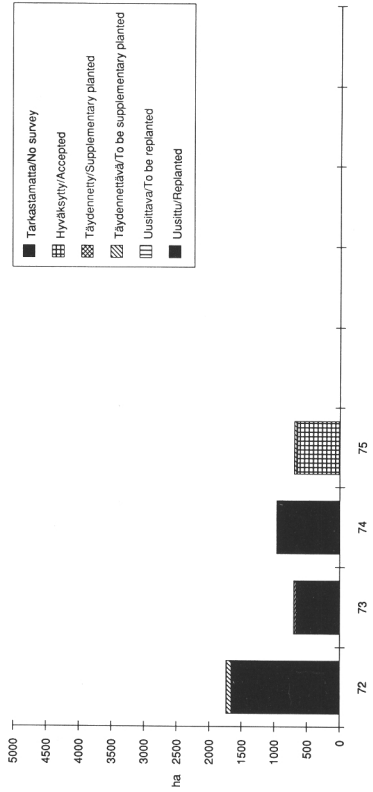
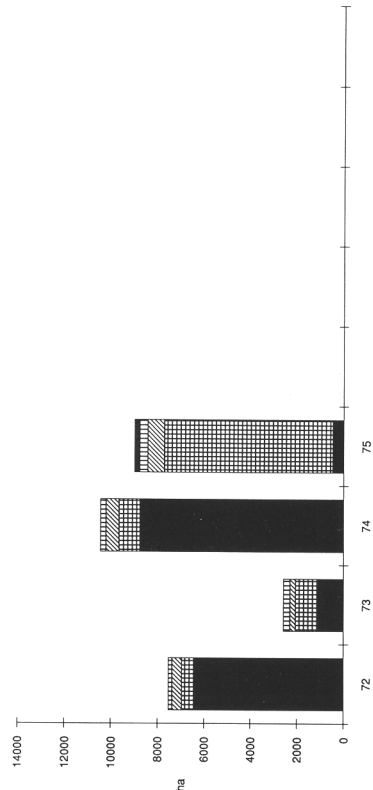
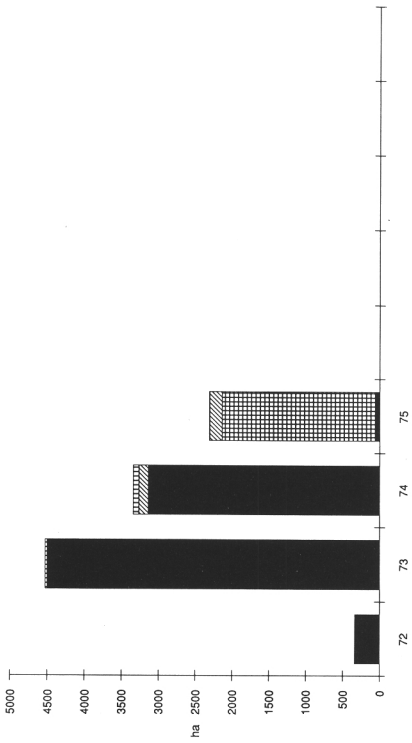
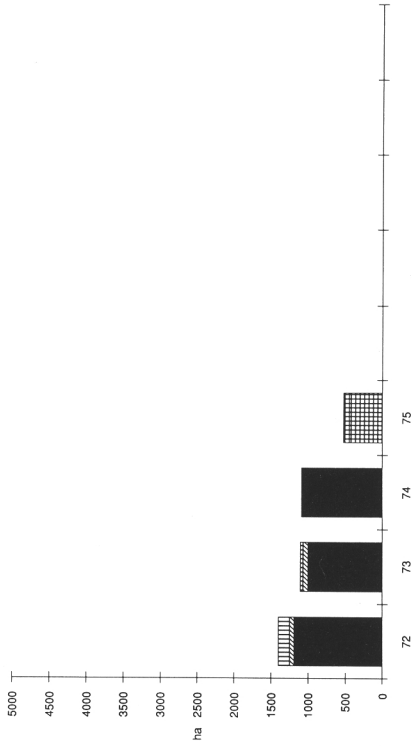


Ylikemi



Rovaniemi





Kuva 10c. Uudistamistulos 3. tarkastuksessa hoitoalueittain vuosina 1972—1975. Figure 10c. The result of regeneration in the districts in Lapland in 1972—1975.

Taulukko 3. Tarkastusten yhteydessä arvioidut täydennettävien ja uusittavien kivioiden tärkeimmät epäonnistumisen syyt.

Table 3. The main causes of failure in regeneration.

Syy Cause of failure	Tark. Survey	Täydennettävät To be supplementary planted		Uusittavat To be replanted		Yhteensä Total	
		kpl observations	%	kpl observations	%	kpl observations	%
Routa, vesitalous	1.	261	16,1	74	11,7	336	14,9
Frost heaving,	2.	88	11,0	17	8,6	105	10,6
excess water	3.	1	5,0	1	5,6	2	5,3
Maankäsittely- tai uudistamismenetelmä	1.	65	4,0	85	13,4	150	6,6
Soil preparation or reforestation method	2.	34	4,3	20	10,2	54	5,4
	3.	1	5,0	1	5,6	2	5,3
Viljelyvirheet, vil- jelymateriaali	1.	245	15,1	69	10,9	314	13,9
Failure in planting, planting stock	2.	59	7,4	44	22,3	103	10,4
	3.	3	15,0	4	22,2	7	18,4
Vesottuminen, ruohottuminen	1.	77	4,7	20	3,2	97	4,3
Sprouting, grasses	2.	16	2,0	16	8,1	32	3,2
	3.	1	5,0	0	0,0	1	2,6
Halla	1.	4	0,2	0	0,0	4	0,2
Frost	2.	4	0,5	0	0,0	4	0,4
	3.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Hyönteis- ja sieni- tuho	1.	19	1,2	23	3,6	42	1,9
Insects and fungi	2.	18	2,3	3	1,5	21	2,1
	3.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Hirvituhot	1.	2	0,1	3	0,5	5	0,2
Moose	2.	4	0,5	3	1,5	7	0,7
	3.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Myyrätuhot	1.	16	1,0	0	0,0	16	0,7
Vole	2.	6	0,8	0	0,0	6	0,6
	3.	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Muut syyt tai syy tuntematon	1.	407	25,1	176	27,8	583	25,8
Others or unknown	2.	168	21,1	38	19,3	206	20,7
	3.	14	70,0	11	61,1	25	65,8
Arvio puuttuu	1.	528	32,5	183	28,9	712	31,5
Missing data	2.	410	51,4	56	28,4	457	45,9
	3.	0	0,0	1	5,6	1	2,6
Yhteensä	1.	1624	100,0	633	100,0	2259	100,0
Total	2.	798	100,0	197	100,0	995	100,0
	3.	20	100,0	18	100,0	38	100,0

nollaa, mutta korkeus ja lämpösumma korreloivat negatiivisesti keskenään (korrelaatiokerroin -0.741). Kysymyksessä on kausaalisuhte: korkeus vaikuttaa lämpösummaan, muttei päinvastoin. Multikollineaarisuudesta johtuvia ongelmia ei kuitenkaan esiintynyt niissä 21 viljelyketjussa, joissa korkeus oli selettäjänä.

Viljelytiheyden regressiokerroin sai kokonaisrunkoluvulle laadituissa regressiomalleis-

sa sekä positiivisia että negatiivisia arvoja. Merkittävästi positiivisen kertoimen sai 15 ja merkittävästi negatiivisen kertoimen 9 viljelyketjua. Lopuissa 91 mallissa viljelytiheyden regressiokerroin ei poikennut merkittävästi nolasta.

Viljelytiheydet vaihtelivat 1500—3500 kpl/ha istutuksissa ja 60—1000 g/ha kylvöissä. Niissä rajoissa viljelytiheydellä ei näyttänyt varsinkaan istutuksissa olevan merkitystä uudis-

Taulukko 4. Tärkeimmäksi katsottu toimenpide tarkastuksittain.
Table 4. The most important silvicultural treatment suggested.

Tarkastuskerta <i>Surveys</i>	1.		2.		3.	
	lkm <i>observ.</i>	% %	lkm <i>observ.</i>	% %	lkm <i>observ.</i>	% %
Ei toimenpiteitä <i>No treatments</i>	3890	61,5	2033	43,7	518	58,5
Ruohon torjunta <i>Grass control</i>	479	7,6	384	8,2	20	2,3
Mekaaninen taimikonhoito <i>Mec. tending of young stands</i>	11	0,2	497	10,7	130	14,7
Mekaanis-kem. taimikonhoito <i>Mec.chem tending of young stands</i>	111	1,8	173	3,7	1	0,1
Kem. taimikonhoito <i>Chem.tending of young stands</i>	173	2,7	59	1,3	13	1,5
Ylispuiden poisto <i>Cutting of upper trees</i>	6	0,1	45	1,0	13	1,5
Vesitalouden järjestely <i>Ditching</i>	115	1,8	40	0,9	8	0,9
Taimituppaiden harvennus <i>Thinning of seedlings</i>	1	0,0	24	0,5	30	3,4
Maanpinnan käsittely <i>Soil preparation</i>	2	0,0	2	0,0	3	0,3
Muu toimenpide <i>Other treatment</i>	22	0,3	25	0,5	2	0,2
Puuttuva tieto <i>Missing data</i>	1393	22,0	1374	29,5	147	16,6
Yhteensä <i>Total</i>	6327	100,0	4656	100,0	885	100,0

tamistuloksen kannalta, koska suurin osa regressiokertoimista ei ollut tilastollisesti merkitseviä.

Positiivisen regressiokertoimen saaneista malleista 10 oli männyn kylvöä, kolme männyn istutusta ja kaksi kuusen istutusta. Männyn kylvö kuivahkoille kankaille tuotti kaikissa viljelyketjuissa sitä paremman tuloksen, mitä suurempaa viljelytiheyttä oli käytetty lukuunottamatta soistuneita kasvupaikkoja.

Männyn istutuksessa kaikki merkitsevästi positiivisen regressiokertoimen tuottaneet viljelyketjut oli viljelty isoilla kennotaimilla. Kasvupaikkatyypillä ei näyttänyt olevan merkitystä: viljelytiheyden nostaminen paransi tulosta sekä rämeillä että kuivilla ja tuoreilla kankailla. Kuitenkaan kaikki sellaiset viljelyketjut, joissa oli käytetty isoja kennotaimia eivät tuottaneet merkitsevästi positiivista reg-

ressiokerrointa.

Kuusen istutuksessa viljelytiheyden nostaminen paransi tulosta kahdessa viljelyketjussa. Molemmat oli toteutettu istuttamalla tuoreelle kankaalle isoja paakkutaimia.

Männyn kylvö kuiville ja karuille kankaille tuotti aina viljelytiheydelle negatiivisen regressiokertoimen, joka neljässä tapauksessa viidestä oli tilastollisesti merkitsevä. Myös männyn kylvö tuoreille kankaille yhdistettynä raivaukseen ja auraukseen tuotti viljelytiheydelle tilastollisesti merkitsevästi negatiivisen regressiokertoimen.

Pohtilan & Pohjolan (1985) mukaan auraukseen soveltuu männyn kylvöön suhteellisen huonosti. Samassa tutkimuksessa on tarkasteltu myös siemenmäärän ja syntyneiden taimien lukumäärän riippuvuutta. Kun kaikki kylvöajankohdat otettiin huomioon näytti

Taulukko 5. Tarkastuksessa tehdyt toimenpide-ehdotukset.
Table 5. The silvicultural treatments suggested by surveys.

	Taimi- konhoito <i>Tending of young stands</i>	Täyd- istutus <i>Suppl. planting</i>	Täyd- kylvö <i>Suppl. sowing</i>	Istutus <i>Planting</i>	Kylvö <i>Sowing</i>	Maan- kunnostus <i>Soil prepara- tion</i>	
	Hehtaaria/Hectares						
1. TARKASTUS							1. SURVEY
Hyväksytyt	58	0	6	0	0	16	<i>Accepted</i>
Täydennettävät	0	1486	124	8	37	1021	<i>To be supplementary planted</i>
Uusittavat	0	89	598	453	4	24	<i>To be replanted</i>
Yhteensä	58	1575	728	461	41	1061	<i>Total</i>
2. TARKASTUS							2. SURVEY
Hyväksytyt	423	2	0	0	0	0	<i>Accepted</i>
Täydennettävät	3	563	107	33	102	932	<i>To be supplementary planted</i>
Uusittavat	0	8	39	313	75	0	<i>To be replanted</i>
Yhteensä	246	573	146	346	177	932	<i>Total</i>
3. TARKASTUS							3. SURVEY
Hyväksytyt	577	0	0	0	0	0	<i>Accepted</i>
Täydennettävät	0	186	60	28	16	147	<i>To be supplementary planted</i>
Uusittavat	0	0	81	110	81	4	<i>To be replanted</i>
Yhteensä	577	186	577	138	97	151	<i>Total</i>
YHTEENSÄ	1061	2338	955	945	315	2144	<i>TOTAL</i>

siltä, että pienillä siemenmäärillä (1 kg/ha) saatiin hieman korkeampi taimimisprosentti kuin suurilla (3 kg/ha).

Kaikki männyn istutuksessa viljelytiheydelle tilastollisesti merkitsevästi negatiivisen regressiokertoimen tuottaneet viljelytjetjut olivat sellaisia, joissa esiintyi paksukuntaisuutta. Kasvupaikkatyyppi oli kahdessa tapauksessa tuore kangas ja kahdessa muussa kuivahko kangas. Maanmuokkausmenetelmä oli käytetty aurausta.

Negatiivinen kerroin viljelytiheyden yhteydessä merkitsee sitä, että mitä enemmän viljellään sitä vähemmän taimia saadaan. Tilastollisesti merkitsevät regressiokertoimet kasautuivat toisaalta karujen maiden männyn kylvöihin ja toisaalta männyn istutuksiin paksukunttaisilla mailla.

Karuilla männyn kylvöaloilla on Lapissa joskus tapana jättää uudistusaloille myös nk. ”jättöpuita” varmistamaan uudistustulosta (vrt. Pohjois-Suomen metsien käsittelyohjeet 1981), jolloin siementä on saatettu käyttää vähemmän kuin normaaleilla kylvöaloilla. Siementävien puiden avulla taimia on saatu runsaammin kuin tavallisilla kylvöaloilla, jolloin näyttää siltä, että suuret kylvömäärät huonontavat tulosta.

Kylvöissä käytettiin vuonna 1972—73 ke-

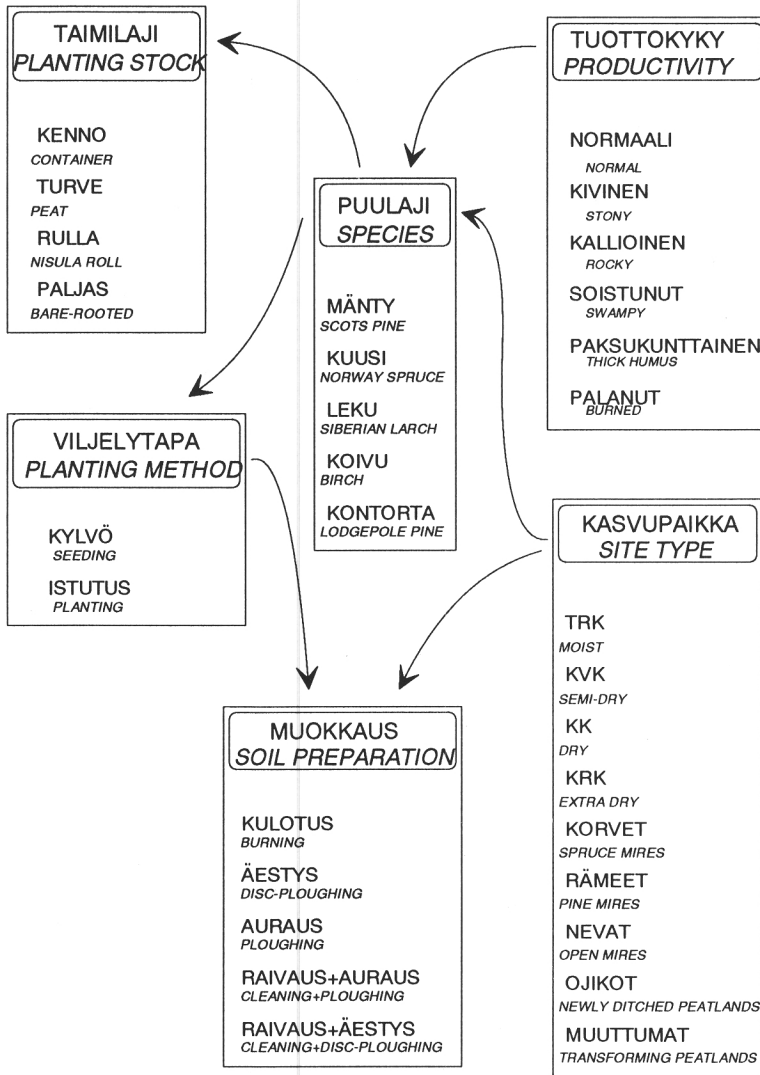
rättyä männyn siementä, jonka itävyys 1980-luvulla alkoi laskea (Päivi Hänninen, Perä-Pohjolan piirikuntakonttori, suull.). Huonon itävyyden takia jouduttiin siemenmääriä lisäämään, mikä osaltaan voi selittää viljelytiheyden saamia negatiivisia regressiokertoimia.

Mikä aiheutti viljelytiheyden negatiivisen kertoimen paksukunttaisilla männyn istutusaloilla, on epäselvempää. Ilmiö ei kuitenkaan johdu esimerkiksi mallissa esiintyvistä multikollineaarisuudesta, sillä viljelytiheys ei korreloinut minkään toisen selittäjän kanssa merkittävästi.

Negatiivisen kertoimen todellinen syy saattaa olla kunnan paksuus, joka toimii piilomuuttujana, vaikkei se ole mallissa mukana. Asiaa pitäisi tutkia tarkemmin mittaamalla kunnan paksuus ja lisäämällä se selittäjäksi malliin.

Viljelytiheyden saamille negatiivisille regressiokertoimille on olemassa toinenkin looginen selitys. Vaikeiksi tiedetyillä uudistusaloilla käytetään suurta viljelytiheyttä. Kun taimia on paljon, hyvän viljelykohdan löytäminen vaikeutuu ja lopputulos saattaa olla huono.

Sekä viljelytaimien että istutustyön laatu vaikuttaa viljelytulokseen. Niiden mallitta-



Kuva 11. Viljelyketju on sarja etukäteen tehtyjä päätöksiä, joiden lähtökohtana ovat uudistusalan ominaisuudet.

Figure 11. The silvicultural treatment frame is a sequence of decisions depending on the characteristics of the renewal area.

minen matemaattisesti on kuitenkin työlästä. Sen sijaan sumean logiikan teorian (Gupta ym. 1977) avulla on mahdollista liittää epä-täsmällistä tietoa esimerkiksi asiantuntijajär-jestelmiin.

Negatiivisen kertoimen saaneita malleja ei ole syytä käyttää sellaisenaan käytännön päätöksenteossa. Ne kuitenkin osoittavat, että metsänviljelyyn vaikuttaa joukko tuntemattomia muuttujia, joiden vaikutus metsänviljelyn toimenpiteisiin saattaa olla arvaamaton. Siten esimerkiksi viljelytiheyden

nostamisella ei kaikin paikoin kannata odottaa parempaa tulosta.

Viljelytiheyden selitysarvoa vähensi se, että sillä selitettiin uudistusaloille syntyneitä kokonaisrunkolukua viljelytaimien elossaolon sijasta. Luonnontaimien osuus vaihteli nollan ja 90 prosentin välillä ja yleensä niillä oli suuri merkitys taimikon tiheyden lisääjinä.

Luonnontaimien osuudelle laadituissa ennustemalleissa viljelytiheys sai merkitsevän positiivisen kertoimen viidessä, positiivisen

muttei merkitsevän kertoimen 51, merkitsevän negatiivisen kertoimen 26 ja negatiivisen muttei merkitsevän 44 viljelyketjussa.

Etholénin (1972) tutkimusten mukaan viljelytaimikoista vain 7 prosenttia oli hyväksyttäviä, kun aloilta laskettiin pelkästään viljelytaimet ja hyväksymisraja oli 1400 kpl/ha. Jos kaikkien puulajien luonnontaimet hyväksyttiin kasvatettaviksi, viljelyalojen taimimäärä kasvoi yli 40 prosentilla.

Lapissa metsänviljelytulos jää huonoksi ilman taimikkoa täydentäviä luonnontaimia. Tämän tutkimuksen perusteella näyttää siltä, ettei pelkästään viljelymateriaalin määrää lisäämällä päästä tavoiteltuihin. Samanlaisen tulokseen ovat päätyneet myös Solin (1970) ja Räsänen ym. (1979).

Jos havaintojen lukumäärä viljelyketjussa oli vähintään 13, viljelytiheyden lisäksi saatua runkolukua selitettiin lämpösummalla. Sellaisia viljelyketjuja aineistosta löytyi 89.

Kokonaisrunkoluvulle laadituista ennustemalleista yksi sai merkitsevästi negatiivisen regressiokertoimen lämpösummalle. Se oli sama tuoreiden kankaiden männyn kylvöä kuvavaa viljelyketju, jossa myös viljelytiheys sai negatiivisen kertoimen. Merkitsevästi positiivisen kertoimen puolestaan sai 17 viljelyketjua.

Luonnontaimien osuudelle laadituista malleista 16 sai lämpösummalle merkitsevästi negatiivisen ja 9 merkitsevästi positiivisen kertoimen.

Lämpösumma vaikutti positiivisesti taimien syntymiseen ja elossaoloon, joskin korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa kuivuutta ja siten myös vahinkoa taimille (Pohtila 1977). Lämpösumman positiivinen vaikutus luonnontaimien osuuden ennusteessa ei ollut yhtä selvä kuin kokonaisrunkoluvulle laadituissa malleissa. Kun lämpösumma on suuri, viljelytaimien elossaolo paranee, jolloin luonnontaimien osuus kokonaisrunkoluvusta pienee.

Jos runkolukuhavaintoja oli vähintään 27, lisättiin malliin selittäjäksi taimikon ikä. Se tuli mukaan 71 malliin. Männyn kylvö kuiville kankaille sai kahdessa viljelyketjussa merkitsevästi negatiivisen kertoimen, mikä merkitsee sitä, että taimikko harvenee ajan mittaan. 19 viljelyketjua sai iälle merkitsevästi positiivisen kertoimen. Männyn kylvötulos tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla parani taimikon ikääntyessä. Myös männyn istutus-tulos soistuneilla ja paksukunttaisilla tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla sekä korvissa

näytti paranevan iän mukana.

Luonnontaimien osuudelle laadituissa ennustemalleissa iän positiivinen vaikutus oli erittäin selvä. Laadituista 73 mallista peräti 59 tuotti iälle merkitsevästi positiivisen regressiokertoimen. Yhdessä viljelyketjussa ikä aiheutti merkitsevän negatiivisen kertoimen. Tulosten perusteella näyttää siltä, että ajan mittaan luonnon taimien osuus kasvaa, mikä johtuu siitä, että kuolleet viljelytaimet korvautuvat ainakin osittain luonnontaimilla.

Uudistusalan pinta-ala lisättiin selittäjäksi malliin, mikäli viljelyketjussa oli havaintoja vähintään 64. Sellaisia malleja oli yhteensä 36. Pinta-ala ei vaikuttanut merkitsevästi negatiivisesti missään mallissa. Se sai merkitsevästi positiivisen kertoimen viidessä männyn istutukselle laadituissa malleissa, joissa kasvu-paikkatyyppi oli joko kuiva, kuivahko tai tuore kangas.

Luonnontaimien osuudelle laadituista malleista neljä sai pinta-alalle merkitsevästi negatiivisen ja yksi merkitsevästi positiivisen kertoimen. Pinta-alalla ei juuri näyttänyt olevan vaikutusta uudistamistulokseen, mikä on sopusoinnussa myös aikaisempien tutkimustulosten (mm. Valtanen 1974) kanssa.

Maanpinnan korkeus lisättiin malliin, jos havaintoja oli vähintään 125 uudistusosalta. Vaatimuksen täytti 21 viljelyketjua. Niistä kolme sai merkitsevästi negatiivisen kertoimen. Korkeuden negatiivinen vaikutus taimien syntyyn ja elossaoloon on entuudestaan hyvin tunnettua (esimerkiksi Heikinheimo 1921, Roiko-Jokela 1980, Pohtila & Pohjola 1983).

Luonnontaimien osuudelle laadituissa malleissa maanpinnan korkeus sai neljässä viljelyketjussa merkitsevästi negatiivisen ja viidessä merkitsevästi positiivisen kertoimen. Korkeilla alueilla viljelytaimia kuolee paljon, jolloin luonnontaimien osuus kokonaistaimimäärästä kasvaa.

Kuusi uudistuu korkeilla alueilla luontaisesti melko helposti, jolloin kuolevat männyn taimet korvautuvat luontaisilla kuusen taimilla. Aineistosta ei saatu kuitenkaan vahvistusta tälle olettamukselle, koska luonnontaimien puulajista ei ollut tietoa.

54. Asiantuntijajärjestelmä

Viljelyketjuittaiset todennäköisyysjakaumat ja runkolukuennusteet koottiin päätöksentekomalliksi, jonka käyttäjälähtymäksi ra-

kennettiin asiantuntijajärjestelmä. Tarkoituksena oli luoda systeemi, joka kertoo päätöksentekijälle, minkälaisen riskin hän ottaa toettaessaan metsänviljelyhankkeen tietyissä olosuhteissa tietyllä tavalla.

Erään määritelmän mukaan asiantuntijajärjestelmä on väline, jolla päätöksentekoon liittyvää epävarmuutta pienennetään (Graham & Jones 1988). Toisen määritelmän mukaan asiantuntijajärjestelmillä pyritään ratkomaan tiettyyn, yleensä melko suppeaan kokonaisuuteen liittyviä ongelmia, joiden ratkaisuun tarvittaisiin asiantuntijaa (Turban 1988).

Oikea asiantuntija päätyy ratkaisuun saatavilla olevan tiedon ja oman tietämyksensä perusteella. Tietämys syntyy siten, että ongelmaa koskeva tieto yhdistetään siihen liittyvän aikaisemman tiedon ja kokemuksen kanssa, jolloin saattaa syntyä uusi ja ennalta arvaamaton ratkaisu (Clancey 1989).

Asiantuntijajärjestelmiin liittyvät seuraavat käsitteet: asiantuntemus, asiantuntijat, asiantuntemuksen siirto, päättely, säännöt ja perustelut (Turban 1988). Tämän tutkimuksen tuloksena syntyneen asiantuntijajärjestelmän asiantuntemus on peräisin viljelyketjuittain lasketuista analyyseistä. MEKI-tietokannan sisältämä data on tiivistetty laskennallisilla menetelmillä informaatioksi, jota on muokattu kokemuksen ja aikaisemman tutkimuksen perusteella.

Asiantuntemuksen siirto tapahtui C-kielillä ohjelmoidun tiedonsiirtomekanismin välityksellä alkuperäisen datan sisältävästä tietokannasta tilastollisten analyysien kautta ASCII-koodiseen analyysitauluun, joka edelleen on muutettu AJ-kehittimeksi valitun Genesis-ohjelmiston vaatimaan muotoon (Saarenmaa 1989). Analyysitaulu on tallennettu Genesisin sisäiseen relaatiotietokantaan (Genesis Environment 1988).

AJ:n tietämuskanta muodostuu tosiasioista ja säännöistä. Tosiasioita ovat analyysitaulun sisältämät viljelyketjuja kuvaavat muutajat, esimerkiksi regressiokertoimet. Sääntöjen avulla systeemi ohjataan hakemaan viljelyketjulle uudistumisen onnistumistodennäköisyys tai laskemaan regressiokertoimia hyväksikäyttäen runkolukuennuste.

Analyysitaulu muodostaa asiantuntijajärjestelmän sisäisen tietokannan. Sitä voidaan pitää otosavaruutena, johon järjestelmä tekee hakuja. Systeemiin rakennetut säännöt ohjaavat hakuja ilman että käyttäjä joutuu ohjelmoimaan tietokonetta.

Käyttäjä kommunikoi systeemin kanssa nk. input-näytön (kuva 12) välityksellä. Siinä hän antaa systeemin tarvitsemat tiedot ja saa samaan näyttöön myös vastaukset. Käyttäjä valitsee haluamansa viljelyketjun, minkä jälkeen systeemi kertoo sen uudistumisen todennäköisyysjakauman aikaisempien inventointien perusteella.

Todennäköisyysjakauman lisäksi metsänviljelijää kiinnostaa, minkälainen runkoluku on odotettavissa juuri sellaisissa oloissa, joissa hän on oikeissa viljellä. Runkolukuennusteen laskemista varten hän antaa tiedot viljelytiheydestä, lämpösummasta, uudistusalan pinta-alasta ja korkeudesta sekä taimikon iästä.

Taimikon iän perusteella nähdään kannattaako taimikko täydentää heti ensimmäisen taimikontarkastuksen jälkeen, jolloin se on kolmevuotiasta vai kannattaako odottaa muutamia vuosia, jolloin luonnontaimet täydentävät taimikon riittävän tiheäksi. Tilanne vaihtelee viljelyketjujen välillä.

Systeemi hakee analyysitaulusta input-taulussa annetun viljelyketjun. Sen jälkeen se laskee regressiokertoimia ja input-taulussa annettuja jatkuvien muuttujien arvoja käyttäen runkolukuennusteen säännöllä, joka on muotoa

$$y = \text{vakio} + x_1 \cdot a_1 + \dots + x_n \cdot a_n, \quad (1)$$

jossa $x_1 \dots x_n$ ovat selittäjien regressiokertoimia
 $a_1 \dots a_n$ ovat annettuja selittäjien arvoja ja
 y on runkolukuennuste

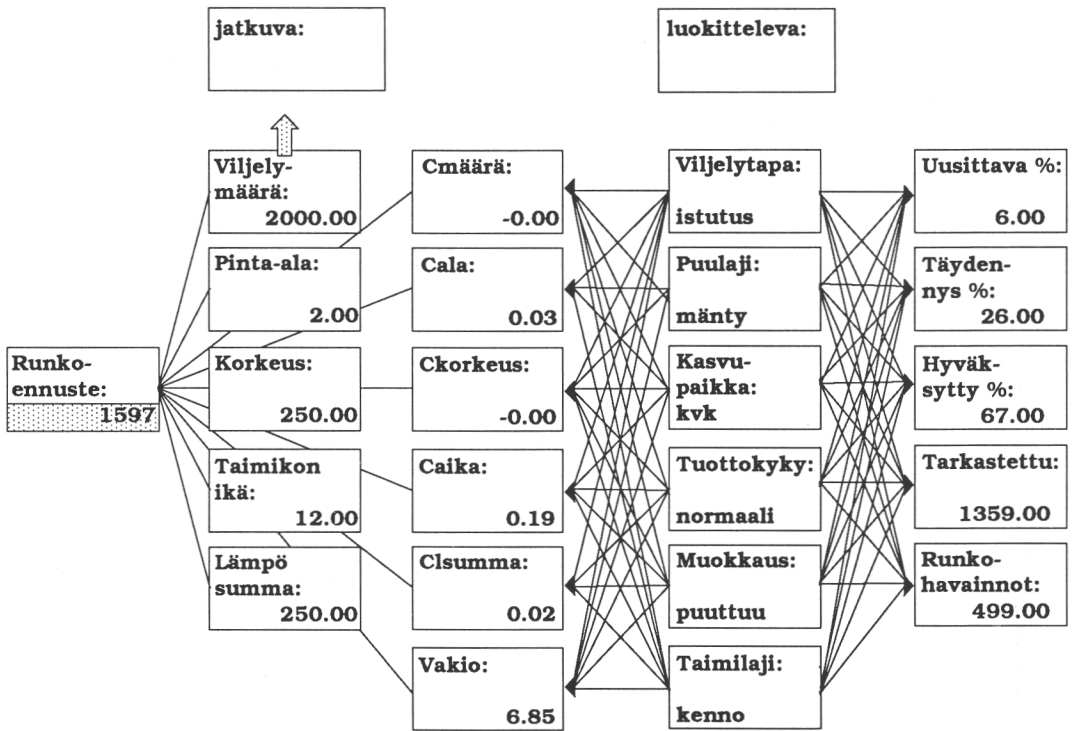
Viljelytiheys ja uudistusalan pinta-ala ovat tekijöitä, joihin viljelijä voi vaikuttaa. Taimikon iällä on usein ratkaiseva merkitys saatavaan runkolukuun. Lämpösummaan ja uudistusalan korkeuteen metsänviljelijä ei voi vaikuttaa, mutta hänen on päätettävä, kuinka karuissa oloissa metsänviljelyyn on järkevää turvautua.

Päätöksentekoon liittyviä ratkaisuvaihtoehtoja voidaan tarkastella systeemiin rakennetulla herkkyyksianalyyseillä, jolloin halutun muuttujan vaikutus runkolukuennusteeseen nähdään graafisena esityksenä asiantuntijajärjestelmässä.

Herkkyyksianalyysi voidaan tehdä myös luokitteleville muuttujille. Yhtä viljelyketjuun kuuluvaa muuttujaa voidaan tarkastella kerrallaan muiden pysyessä muuttumattomina. Siten voidaan vertailla esimerkiksi viljelytapoja, puulajeja, maanmuokkausmenetelmiä tai taimilajeja. Myös kasvuapaikkatyypin ja

maan laadun vaikutusta runkolukuennusteseen voidaan tutkia herkkyyssanalyysin avulla. Käytännön päätöksenteon kannalta sillä

ei ole kuitenkaan suurta merkitystä, koska kasvupaikkatyyppi ja maan laatu eivät ole valittavissa.



Kuva 12. Metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmä rakentuu erilaisista tauluista. Kuvassa näkyvän *input-taulun* välityksellä käyttäjä saa näkyville analyysitaulusta haluamaansa tietoa valmiiksi laskettuna ja analysoituna.
 Figure 12. Forest regeneration expert system consists of different tables. Input table is used as the interface between the user and analysis table.

6. Tarkastelu

Tutkimustulokset perustuvat lähes 13 000 uudistusalaan. Inventointiluontoinen aineisto on kerätty käytännön metsätalouden tarpeisiin uudistumisen onnistumisen arvioimiseksi ja täydennys- ja uusintaviljelytarpeen toteamiseksi.

Aineiston kelpoisuus tutkimustyöhön voidaan asettaa kyseenalaiseksi. Aineisto ei täytä mittaustarkkuudeltaan läheskään niitä vaatimuksia, mitä esimerkiksi viljelykokeille asetetaan. Toisaalta tässä tutkimuksessa ei pyrittykään ratkaisemaan viljelykokeilla tyyppisesti selvitettäviä kysymyksiä.

Metsänviljelykokeita on tehty Lapissa run-

saasti (esimerkiksi Heikinheimo 1921, Solin 1970, Etholén 1972, Lähde & Siltanen 1973, Kauppila & Lähde 1975, Pohtila 1977, Lähde 1973, Pohtila & Pohjola 1983, 1985) ja niistä on saatu paljon käytännön metsätaloudelle arvokasta tietoa.

Metsänuudistamisessa on tärkeää tuntea uudistamisen onnistumisen todennäköisyys. Paitsi että metsänviljelijä tietää, millaisella riskillä hän toimii, hän voi myös helpommin arvioida, kuinka paljon vaikeisiin kohteisiin on järkevää uhrata työtä ja rahaa.

Ikä vaikuttaa saatuihin runkolukuihin; mitä pitempi aika uudistamisesta on kulunut,

sitä enemmän on yleensä taimia. Luonnon-
taimien määrä ja osuus kasvavat iän muka-
na, mikä on syytä ottaa huomioon täyden-
nys- ja uusintaviljelypäätöksiä tehtäessä.

Täydennys- ja uusintaviljelyyn turvaudu-
taan silloin, kun uudistusosalta ei löydy riit-
tävästi taimia ohjeltiheyteen verrattuna. Kun
täydennysviljely päätös nykyisin tehdään käy-
tännössä kolmen kasvukauden jälkeen uudis-
tamisesta, ei kasvupaikalle ole ehtinyt syntyä
vielä kaikkia niitä luonnotaimia, jotka
muutamaa vuotta myöhemmin saattaisivat
nostaa uudistusalan kokonaisrunkoluvun
hyväksytyksi.

Täydennys- ja uusintaviljelyyn kannattaa
ryhtyä vain silloin, kun selvästi tiedetään tu-
houtumisen syy ja se osataan poistaa. Toi-
saalta kokeelliset tutkimukset täydennysistu-
tuksista osoittavat, että vain hyvin pieni osa
täydennystaimista saavuttaa myyntipuun mit-
tat (vrt. Gemmel 1987). Jotta täydennysvilje-
lystä olisi hyötyä, se pitäisi tehdä viimeistään
alkuperäistä viljelyä seuraavana vuonna.

Vanhastaan uudistumisaika on pyritty
saattamaan mahdollisimman lyhyeksi. Siten
on haluttu välttää maan tuottamattomana
pitäminen. Koska kuitenkin näyttää siltä, et-
teivät ponnistelut korkeista kustannuksista
huolimatta aina johda haluttuun tulokseen,
pitäisi uudistamiskohteet asettaa intensiivi-
suysjärjestykseen.

Asiantuntijajärjestelmän avulla voidaan
tunnistaa ne kohteet, joilla uudistaminen on
yleensä onnistunut. Intensiivisimmät met-
sänhoitotoimet, kuten istutus, pitäisi kohdis-
taa helpoimpiin kohteisiin, joilla investointien
kannattavuus on varmintä. Vaikeimmat
kohteet voidaan uudistaa ekstensiivisemmin,
joko luontaisesti tai kylväen, ja sallia niillä
sekä pitempi uudistumisaika että alhaisempi
taimikon tiheys.

Uudistumisaikaa pitäisi tarkastella koko
kiertoajan puitteissa sen sijaan, että sitä tar-
kastellaan erillisenä tapahtumana. Koska
pitkän uudistusajan pelätään vaikuttavan
epäsuotuisasti metsänkasvatuksen taloudelli-
seen kannattavuuteen, sitä pyritään lyhentä-
mään. Lapin ilmastollisesti karuissa oloissa
uudistusajan lyhentämiseen tähtäävät toi-
met saattavat kuitenkin muodostua kohtuut-
toman kalliiksi.

Runkoluvun ennustamiseen laadittuihin
regressiomalleihin liittyy paljon epävarmuut-
ta. Selitysasteet jäivät tässä tutkimuksessa
yleensä niin alhaisiksi, ettei runkolukuennus-
teita sellaisenaan kannata käyttää päätöksen-

teossa. Metsänviljelyn asiantuntijajärjestel-
mää voidaan kuitenkin vielä parantaa käyt-
tämällä aineistoa tehokkaammin hyväksi.
Viljelyketjuittaiset ennustemallit lasketaan
erikseen kullakin selittäjällä ja lisäksi niin
monella selittäjien yhdistelmällä kuin viljely-
ketjuun kuuluvien havaintojen lukumäärän
perusteella on mahdollista. Asiantuntijajär-
jestelmä voidaan ohjelmoida valitsemaan
malleista paras ennustetta tehtäessä. Tällai-
nen malli toimii bayesilaisen logiikan avulla.

Koska asiantuntijajärjestelmä voi korkein-
taan olla yhtä hyvä kuin siihen sisältyvä tie-
to, täytyy tietokantaan kerättävään tietoon
kiinnittää erityistä huomiota. Mittaustark-
kuutta kannattaa MEKI-aineiston osalta pa-
rantaa ainakin viljelytiheyden ja luonnon-
taimien osalta. MEKI-rekisteriin pitää merki-
tää se taimimäärä, josta istuttajalle on makset-
tu palkka. Luonnotaimista tulee kirjata
myös puulaji.

Kun MEKI-systeemiä kehitetään edelleen
metsähallituksessa, kannattaa huomiota
kiinnittää sen käyttötarkoitukseen. Nykyises-
sä muodossaan se ei palvele sen enempää
käytännön kuin tutkimuksen tarpeita par-
haalla tavalla. Käytännön kannalta siihen
kerätään liikaa ja tutkimuksen kannalta liian
vähän tietoa. Tätä tutkimusta varten joudut-
tiin aineistoon lisäämään mm. taimikon ikä
ja lämpösumma. Tietojen käytön kannalta
oleellisen tärkeää on se, että ne voidaan yh-
distää kuvio- ja paikkatietoihin (Paikkatieto-
järjestelmien... 1989).

Menestyksekkäimmät asiantuntijajärjes-
telmät ovat nykyisin sellaisia, joihin on yh-
distetty tavanomaista tietojenkäsittelyä, eri-
tyisesti tietokantoja (esim. Kerschberg 1986,
Schorr & Rappaport 1989). Käytännön met-
sätalouden organisaatioiden metsänviljelyn
seurantajärjestelmät muodostavat tietopan-
kin, jonka sisältämää tietämystä voidaan te-
koälytekniikan avulla käyttää metsänviljelyä
koskevassa päätöksenteossa.

Tässä tutkimuksessa tietämys eristettiin
tietokannasta tilastollisin menetelmin. Muita
mahdollisuuksia tarjoavat esimerkiksi kone-
oppimisalgoritmit (Saarenmaa & Saarenmaa
1990).

Käytännön toiminnan tuloksena syntyvät
tietokannat kasvavat helposti niin suuriksi,
että niiden käyttö tietämyslähteenä ilman
erikoisjärjestelyjä on lähes mahdotonta.
Vaikka käytännön metsätalouden organisaa-
tiot keräävät metsänuudistamista koskevia
tietoja järjestelmällisesti, niiden käyttö met-

sänuudistamista koskevassa suunnittelussa ja päätöksenteossa on vähäistä.

Kuitenkin ne edustavat organisaation ”muistia”, joka voisi auttaa tekemään parempia päätöksiä. Useimmat organisaatiot eivät ole tietoisia tietokantoihinsa sisältyvän tietämyksen arvosta (Keynes 1989).

Suomessa metsäorganisaatioiden tietokantoja käytetään päätöksentekotukijärjestelmissä. VILJO-ohjelmistossa on vuodesta 1989 asti käytetty Keskusmetsälautakunta Tapion Hanke-systeemin tietoja viljelyketjujen kustannusvertailuihin (Jari Parviainen, Metsäntutkimuslaitos, suull.).

Tämä tutkimus on todennäköisesti kuitenkin ensimmäinen yritys koko maailmassa rakentaa käytännön metsätaloudesta peräisin olevaan tietokantaan älykäs käyttöliittymä (vrt. Rauscher & Hacker 1989). Tietokanto-

jen sisältämän tietämyksen käyttö päätöksenteon tukena on vasta alussa, mutta uusia tutkimushankkeita on jo vireillä (esim. Kajanus 1990).

Tässä tutkimuksessa kehitettyä metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmä on asennettavissa mihin tahansa IBM-yhteensopivaan mikrotietokoneeseen. Toimiakseen se vaatii ProGenesis-ohjelmistosta nk. ajonaikaisen ohjelman.

Regressiomallien parantamisen jälkeen systeemi on sellaisenaan käytettävissä käytännön metsätalouden päätöksenteossa. Tietokantaliittännän ansiosta asiantuntijajärjestelmä voidaan panna ”oppimaan” tietokantasta, jolloin se tuo jatkuvasti karttuvat taimikon tarkastustiedot päätöksentekijän käyttöön.

Kirjallisuus — References

- Clancey, W. 1989. Qualitative modelling and the metaphysics of knowledge engineering. Expert systems and their applications conference. Avignon, France, May 29—June 2 1989. 2 s.
- Etholén, K. 1972. Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä. Summary: The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed. *Folia Forestalia* 160. 27 s.
- Gemmel, P. 1987. Development of beeted seedlings in stands of *Picea abies* (L.) Karst. in southern Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Umeå. Dissertation. 110 s.
- Genesis Environment. 1988. ProGenesis developer's manual. Quantum InKNOWvations Corporation, Santa Clara, California.
- Graham, I. & P.L. Jones. 1988. Expert systems. Knowledge, uncertainty and decision. Chapman and Hall, London — New York. 363 s.
- Gupta, M.M., Saridis, G.N. & Gaines, B.R. (toim.) 1977. Fuzzy automata and decision processes. Elsevier North-Holland, New York — Amsterdam — Oxford. 496 s.
- Holloway, C.A. 1979. Decision making under uncertainty. Models and choices. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 522 s.
- Hämäläinen, J., Kaila, S. & Keskinen, S. 1985. Laskentajärjestelmä metsänviljelyn menetelmien vertailuun. Metsätalon katsaus 18. 4 s.
- Jeffers, J.N.R. 1989. Decision support systems for forestry. Julkaisussa: Burkhart, H., Rauscher, H.M. & Johann, K. (toim.) Artificial intelligence and growth models for forest management decisions. School of Forestry and Wildlife Resources. Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication FWS—1—89: 181—189.
- Kajanus, M. 1990. Metsänuudistamisen suunnittelu- ja seurantajärjestelmän sekä vertailumallin kehittämisen yksityismetsätalouteen. Metsäntutkimuslaitos. Tutkimussuunnitelma. 11+2 s.
- Kauppi, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maankäsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Summary: On the effects of soil treatment on forest soil properties in North-Finland. *Folia Forestalia* 230. 23 s.
- Keynes, J. 1989. Expert systems and corporate databases. *AI Expert* 4(5): 60—65.
- Kerschberg, L. (toim.) 1986. Expert database systems. Proceedings from the first international workshop. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, California. 701 s.
- Klebs, G. 1913. Über das Verhältnis der Aussenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Eine theoretische Betrachtung. *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Abteilung B* 5. 47 s.
- Leikola, M. 1974. Maanmuokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 85(7). 33 s.
- Lind, J. 1987. Luontainen uudistaminen viljelyn tueksi Lapissa. *Metsä ja Puu* 9: 30—31.
- Lähde, E. 1973. Metsämaan kunto ja männyntaimistojen kunto Pohjois-Suomessa. Summary: The qualities of forest soil and condition of pine plantations in northern Finland. *Lapin tutkimus-seuran vuosikirja* 14. 10 s.
- & Siltanen, S. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. *Communications Instituti Forestalis*

- Fenniae 78(7). 31 s.
- Matérn, B. 1960. Spatial variation. Stochastic models and their application to some problems in forest surveys and other sampling investigations. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut. Band 49(5). 144 s.
- Ohjekirje metsien käsittelyn periaatteesta Perä-Pohjolan piirikunnassa. 1976. Ohjekirje Mh. 167. Metsähallitus. 21 s.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa. 1981. Ohjekirje Mh. 307. Metsähallitus. 33 s.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa. 1985. Ohjekirje Mh. 110. Metsähallitus. 47 s.
- Ohjekirje metsänhoitotöiden kirjanpidosta. 1983. Ohjekirje Mh. 716. Metsähallitus. 16 s.
- Ohjekirje taimikon tarkastuksesta. 1982. Ohjekirje Mh. 514. Metsähallitus. 9 s.
- Olsson, H. 1982. Skogsodlingsresultat i Övre Norrland. Beskrivning och analys av 24 skogsodlingsobjekt. Summary: Results of artificial regeneration in northern Sweden. Description and analysis of 24 regeneration areas. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel 7. 100 s.
- Paikkatietojärjestelmien kehittämissuorituksen loppuraportti. 1989. Metsähallitus, tuotanto-osasto. 16 s., liitt.
- Parviainen, J. & Lappi, J. 1983. Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi. Summary: A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains. Folia Forestalia 549. 24 s.
- Parviainen, J., Sokkanen, S. & Ruotsalainen, M. 1985. Metsänuudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "Viljo". Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantaja 179.
- Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden viljely Lapissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(4). 98 s.
- & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970—72 Lappiin perustettujen aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970—72. Silva Fennica 17(3): 201—224.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. Silva Fennica 19(3): 245—270.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Helsinki. 569 s.
- Rauscher, H.M. & Hacker, R. 1989. Overview of artificial intelligence applications in natural resource management. 20 pp. Julkaisussa: Burkhart, H., Rauscher, H.M. & Johann, K. (toim.). Artificial intelligence and growth models for forest management decisions. School of Forestry and Wildlife Resources. Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication FWS—1—89.
- Roiko-Jokela, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. Folia Forestalia 52. 21 s.
- Räsänen, P.K., Kaila, S., Lappi, J., Parviainen, J. & Päivänen, J. 1979. Metsänuudistamisen vaihtoehtot. Esitutkimusraportti. Metsäntutkimuslaitos. Metsäteho. Suonenjoki, Helsinki. Moniste. 60 s.
- Saarenmaa, H. & Saarenmaa, L. 1990. Knowledge discovery from a forestry database into an expert system. 6 s. 3rd International conference on computers in ag extension programs. January 31 — February 1, 1990. Lake Buena Vista, Florida.
- Saarenmaa, L. 1989. Extracting forest regeneration knowledge out of the corporate forest database into a silvicultural expert support system. Julkaisussa: Burkhart, H., Rauscher, H.M. & Johann, K. (toim.). Artificial intelligence and growth models for forest management decisions. School of Forestry and Wildlife Resources. Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication FWS—1—89 s. 251—259.
- Schorr, H. & Rappaport, A. (toim.) 1989. Proceedings. Conference on innovative applications of artificial intelligence, Stanford University, March 28—30, 1989. American Association for Artificial Intelligence, Menlo Park, California. 185 s.
- Simon, H. 1977. The new science of management decision. Harper & Row, New York.
- Solin, P. 1970. Männyn istutuksen antamista tuloksista Lapin piirimetsälautakunnan eteläosissa. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantaja 3. 69 s.
- Taimikon tarkastuksen työohje. 1982. Ohjekirje Mh. 515. Metsähallitus. 5 s.
- Taimikon tarkastusta koskevien ohjeiden tarkentaminen 1987. Ohjekirje Tmh. 310. Metsähallitus. 6 s.
- Taimikon tarkastusohjeen tarkennus. 1988. Ohjekirje Tmh. 320. Metsähallitus. 1 s.
- Turban, E. 1988. Decision support and expert systems. Managerial perspectives. Macmillan Publishing Company, New York. 697 s.
- Valtananen, J. 1974. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. Selostus vuodelta 1973. Metsäntutkimuslaitos, Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantaja 9. 11 s.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. Folia Forestalia 141. 36 s.
- Yksityismetsien käsittelyohjeet. 1987. Kml Tapio. 24 s.
- Örlander, G. 1987. Effects of site preparation on the development of planted seedlings in Northern Sweden. Northern forest silviculture and management. IUFRO S.1.05—12 Symposium in Lapland, Finland. August 16—22, 1987. Preprint. 7 s.

Total of 48 references

Summary

Choice of reforestation method based on an expert system in Finnish Lapland

Forest regeneration is a multifaceted decision process. The relationships between survival of seedlings and environmental factors are complicated. The conceptual analysis (Fig. 2) shows that the survival of seedlings in northern conditions is mainly dependent on the temperature sum.

The National Board of Forestry (Forest Service) artificially regenerates about 10 000 hectares of forest land annually in Lapland. The success of regeneration is surveyed by inventories. Results of the inventories have been recorded into a database since 1972. In order to make it easier to the forest manager to use all the information embedded in the database, an expert system front-end for it was built.

The forest regeneration database was implemented as an R:BASE 5000 application. It includes all the stands artificially regenerated in Lapland by the National Board of Forestry since 1972. In addition to the identification data

- site type
- productivity of site
- tree species
- method of reforestation
- soil preparation method
- type of planting stock
- size of renewal area
- amount of seed sowed or seedlings planted/hectare
- elevation

are recorded.

Success of regeneration is controlled by inventories. Every stand is surveyed 3, 7, and 12 years after the regeneration and the results:

- density
- ratio of natural seedlings
- dominant height
- success of regeneration
- cause of failure

are recorded into the database.

Success of regeneration is classified in one of three groups: (1) fully stocked and accepted, (2) partially stocked and to be supplementary planted, (3) insufficiently stocked and to be replanted. The National Board of Forestry demands 2000 seedlings capable of further development per hectare. If less than 70 % of that is found, supplementary planting is necessary, and if less than 40 % of the demand is found, replanting is suggested. The amount of seedlings is estimated by sequential sampling.

The National Board of Forestry artificially regenerated more than 13 000 stands on 160 000 hectares on forest land in Lapland during 1972—1987. The main tree species was Scots pine (90 % of the total regeneration area). Norway spruce, Siberian larch and lodgepole pine were planted in smaller amounts. Birch was not planted in the 1980's.

According to the regeneration database soil preparation was used on more than 60 000 hectares. Probably the actual number is even higher, and some data concerning the soil preparation method are missing.

The main soil preparation methods were ploughing (44 000 hectares) and disc ploughing (12 000 hectares). Also burning, scalping, and cleaning were used.

The regeneration method was planting on 63 % of the total regeneration area; the rest (37 %) was sowed. One-year-old container plants were the main plant type used (55 %). Two-year-old container plants and bare-rooted plants were used as well, the latter up to 1980.

According to the regeneration database artificial regeneration fails on half of the renewal areas.

To improve the results of forest regeneration the forest manager should find out what kind of combinations of environmental factors and silvicultural treatments fulfil the density demands. To find out the outcomes of forest regeneration in different conditions, the data in the database was organized according to the discrete variables. 441 different cases were found and frequency distributions for the three subgroups of inventory results were calculated.

To estimate the role of the continuous variables such as the amount of planting material, temperature sum, age of the stand, size of the stand, and elevation, regression analyses were computed for each case provided that the number of observations was at least 5.

Some other characteristics relevant for the decision support system, such as minima and maxima of the continuous variables, regression coefficients and their tail probability values were tabulated for each case. The whole process was automated by a computer program written in C. The analysis table that was formed this way serves as an internal database for the expert system. The expert system was implemented as a ProGenesis knowledge-based software application. The purpose of the system is to reduce uncertainty in forest regeneration. The forest regeneration database offered two ways to do it. Because the database includes all the results concerning the regeneration inventories, expected distributions for success and failure were calculated for different combinations of site type characteristics and regenerations methods. The regression analyses predict the outcome of artificial regeneration under given circumstances. The granularity of the expert system corresponds that in the real world, because the data comes from there.

According to the expert support system the use of larger amount of planting material does not necessarily improve the regeneration result. The size of the renewal has no effect on the regeneration results. There is a positive correlation between the age and the density of the stand because of the natural seeding. The correlation between the regeneration results and temperature is positive too.

Liite 1a. Viljelyketjut keskimääräisen runkoluvun mukaisessa järjestyksessä. Tarkastustiedot ja jatkuvien muuttujien minimi- ja maksimi-arvot.

Appendix 1a. Silvicultural treatment frames by the average stand density. Results of the surveys and minima and maxima of the continuous variables.

VILJELY-PUU- TAPA	LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	HAVAINTOJA			RUNKOJA		HYV %
						TOT	TAR	RUN	X	SD	
REFOR.	TREE	SITE	PRODUC	SOIL	PLANT	OBSERVATIONS			DENSITY		ACC
METHOD	SPEC.	TYPE	TIVITY	PREP	TYPE	TOT	SUR	DEN	X	SD	%
kylvo	manty	kvk	kivinen	aestys+r	puuttuu	29	29	8	3750	1733	65
kylvo	manty	kk	normaali	aestys+r	puuttuu	9	9	7	2571	1715	85
kylvo	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	106	106	29	2397	1718	55
kylvo	manty	kvk	puuttuu	aestys+r	puuttuu	163	163	85	2341	1264	71
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	117	117	68	2306	1137	71
kylvo	puuttuu	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	121	121	70	2304	1121	70
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	kenno	36	36	11	2264	988	52
kylvo	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	305	305	33	2188	1087	75
kylvo	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	96	91	24	2183	2019	71
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	puuttuu	40	40	13	2146	950	52
istutus	manty	trk	paksukun	aestys+r	kenno	30	30	14	2143	619	96
kylvo	manty	kvk	kivinen	puuttuu	puuttuu	170	170	35	2100	1254	60
kylvo	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	126	120	24	2025	976	59
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	turve	48	43	8	1950	93	95
istutus	kuusi	trk	paksukun	auraus+r	ipaakut	16	16	11	1936	320	100
kylvo	manty	kk	normaali	aestys	puuttuu	19	19	11	1918	1027	81
istutus	kuusi	trk	normaali	auraus+r	ipaakut	19	19	12	1917	361	84
kylvo	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	416	409	70	1910	1043	75
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus	puuttuu	89	88	33	1909	756	51
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	243	235	54	1907	729	76
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	auraus+r	ipaakut	17	17	10	1890	325	88
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	kenno	154	148	35	1889	660	74
istutus	kuusi	ojikot	puuttuu	puuttuu	ipaakut	17	17	8	1888	181	100
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	107	89	36	1872	256	83
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ppaakut	15	15	10	1870	638	66
istutus	kuusi	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	12	12	7	1857	496	66
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	272	236	94	1840	455	84
istutus	kuusi	turvekan	puuttuu	puuttuu	ipaakut	25	22	9	1811	348	59
kylvo	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	2867	2738	644	1801	825	64
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	152	126	50	1800	301	85
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys	puuttuu	96	96	38	1782	756	74
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	31	30	11	1773	756	93
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	turve	238	218	47	1770	420	80
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	149	137	51	1763	555	85
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	turve	129	127	12	1758	399	79
kylvo	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	2223	2097	542	1754	755	61
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	turve	437	415	60	1747	441	80
istutus	manty	trk	normaali	auraus	kenno	56	56	29	1745	448	92
istutus	kuusi	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	124	100	51	1741	399	83
kylvo	manty	trk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	1492	1397	367	1741	867	65
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	21	14	9	1733	300	71
istutus	manty	trk	puuttuu	auraus	kenno	97	97	43	1723	428	86
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	kenno	51	27	28	1718	458	85
kylvo	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	229	208	61	1715	944	59
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	405	405	173	1706	1138	51
istutus	puuttuu	kvk	normaali	auraus+r	kenno	413	413	176	1705	1129	51
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	98	74	42	1691	423	78
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	107	94	37	1684	580	85
kylvo	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	43	43	6	1683	821	77
istutus	puuttuu	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	1079	1018	253	1682	413	77
kylvo	manty	trk	normaali	auraus	puuttuu	21	21	9	1678	1177	66
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	ipaakut	25	22	8	1675	282	90
kylvo	manty	kk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	249	228	65	1672	935	60
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	puuttuu	480	480	215	1671	1046	55
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	kenno	693	669	164	1670	419	77
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	72	67	25	1660	681	86
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ppaakut	30	26	18	1656	656	65

TÄY %	UUS %	IKÄ (V)		LSUMMA		PINTA-ALA		VTIHEYS		KORKEUS		LTAIMET	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
		AGE(YR)		TEMP.SUM		AREA		AMOUNT		ELEVATION		NSEEDLINGS	
SUP %	REP %	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
30	3	3	7	700	950	1	73	300	550	160	340	0	9
0	14	3	7	700	800	3	55	325	400	200	240	0	2
17	26	1	7	700	900	0	61	150	550	210	290	0	7
17	11	3	12	650	950	0	123	60	1000	120	340	0	9
15	12	3	12	650	950	0	123	60	1000	120	290	0	8
16	12	3	12	650	950	0	123	60	1000	120	290	0	8
44	2	2	7	700	950	0	16	2000	2500	90	280	0	4
8	15	2	7	600	950	0	153	60	770	130	310	0	8
18	9	2	12	700	950	1	40	30	500	140	300	0	8
42	5	2	7	700	950	0	16	2000	2500	90	280	0	4
0	3	3	7	700	750	1	16	2200	2600	9999	-999	0	5
22	16	2	8	700	950	1	93	80	550	150	340	0	9
31	8	2	12	700	900	0	121	110	500	150	300	0	9
2	2	2	12	600	900	2	48	1600	2500	160	230	0	4
0	0	3	3	700	950	1	40	1400	3000	45	290	0	2
18	0	3	12	700	750	1	125	200	500	220	320	0	9
15	0	2	12	650	900	2	22	1730	2565	250	250	0	6
15	8	2	12	650	950	0	160	30	500	120	300	0	9
32	15	3	12	700	800	0	278	70	1000	210	340	0	9
20	3	2	13	650	950	0	103	1000	2800	90	300	0	9
11	0	2	7	750	950	0	22	2000	3000	80	280	0	4
23	2	2	13	700	950	0	72	1000	2800	90	300	0	9
0	0	3	4	750	950	0	28	2000	2100	100	220	0	2
15	1	2	12	700	950	0	40	1400	3000	45	290	0	9
26	6	2	12	700	950	1	24	1800	2500	80	255	0	2
25	8	2	12	750	950	2	10	2000	2100	90	250	0	5
13	2	2	12	650	950	0	75	630	3000	45	290	0	9
40	0	2	12	800	950	1	21	1400	2500	160	160	2	9
21	14	-2	13	600	950	0	278	50	1000	90	380	0	9
13	0	2	12	700	950	0	40	1300	3000	45	290	0	9
21	4	3	12	700	950	0	121	200	1000	140	340	0	5
3	3	2	12	750	950	0	13	1800	2423	90	90	1	6
15	3	2	12	650	950	1	154	800	3600	160	320	0	9
11	2	2	12	650	900	0	75	630	2565	160	280	0	9
16	3	2	12	700	950	1	75	1000	2500	230	360	0	6
24	14	-2	13	600	950	0	278	50	1000	90	340	0	9
15	3	2	12	650	950	0	154	800	3600	160	360	0	9
7	0	2	12	700	800	0	69	1971	2540	220	320	0	6
15	2	2	12	750	950	0	69	1000	2200	90	350	0	9
22	12	1	12	650	950	0	164	30	1000	90	340	0	9
28	0	3	13	750	900	2	38	1400	2500	9999	-999	0	6
11	2	2	12	700	900	0	238	1971	2540	220	320	0	6
3	11	2	12	700	950	1	98	1500	2500	140	140	0	8
24	15	2	13	600	900	1	423	90	510	200	330	0	9
40	8	1	12	650	950	0	86	1700	3100	90	310	0	9
39	8	1	12	650	950	0	86	1600	3500	90	310	0	9
18	2	2	12	750	950	0	69	1000	2200	90	290	0	9
10	4	2	13	700	950	0	38	1000	3000	80	280	0	9
10	12	2	12	600	950	1	47	150	500	140	280	0	6
18	3	1	12	650	950	0	238	400	3300	45	360	0	9
19	14	3	12	750	800	0	107	70	500	200	330	0	9
9	0	2	13	650	900	1	46	1800	2500	9999	-999	1	8
24	14	2	13	600	900	1	423	90	510	200	400	0	9
36	8	1	12	650	950	0	86	1300	3100	80	310	0	9
17	4	1	12	650	950	0	238	1000	3300	90	360	0	7
8	4	2	12	700	950	0	22	1000	3000	80	280	0	9
23	11	2	12	700	950	1	39	1800	2500	80	255	0	5

VILJELY- TAPA REFOR. METHOD	PUU- LAJI TREE SPEC.	KASVU- PAIKKA SITE TYPE	MAAN LAATU PRODUC TIVITY	MUOK- KAUS SOIL PREP	TAIMI- LAJI PLANT TYPE	HAVAINTOJA			RUNKOJA		HYV % ACC %
						TOT	TAR	RUN	X	SD	
						TOT	SUR	DEN	X	SD	
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	913	878	202	1652	432	76
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	178	147	72	1647	483	78
istutus	manty	trk	paksukun	auraus	kenno	32	32	12	1642	417	75
istutus	manty	kvk	kivinen	auraus+r	kenno	16	16	7	1629	256	43
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	1565	1376	504	1625	770	67
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	kenno	272	272	47	1623	386	66
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	239	205	91	1620	462	78
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	paljas	22	13	11	1618	363	84
puuttuu	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	1575	1386	511	1617	770	67
istutus	manty	kvk	normaali	auraus	kenno	68	68	25	1616	668	79
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	2080	1896	649	1613	461	74
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	908	820	258	1608	591	60
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	304	212	144	1601	471	79
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	345	345	48	1600	415	69
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	2283	1967	728	1591	696	70
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	kenno	1050	894	419	1589	481	74
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	211	180	62	1586	436	81
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	1566	1331	568	1578	480	74
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	kenno	2158	1958	635	1576	737	68
istutus	manty	kvk	puuttuu	auraus+r	kenno	592	592	254	1572	997	48
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	paljas	26	19	11	1564	356	94
istutus	manty	kvk	kivinen	puuttuu	kenno	29	29	8	1550	325	68
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	84	46	47	1545	384	52
istutus	kuusi	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	64	64	25	1544	462	70
istutus	manty	trk	soistunu	auraus+r	kenno	133	133	32	1541	411	57
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	turve	315	305	25	1540	563	80
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	turve	409	399	26	1539	551	79
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	138	122	35	1537	547	71
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	228	228	83	1535	436	64
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	kenno	71	33	44	1527	388	39
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	234	234	146	1523	465	52
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	kenno	219	219	138	1523	468	51
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	kenno	208	208	76	1520	423	62
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	367	355	79	1519	571	66
istutus	kuusi	trk	paksukun	aestys	puuttuu	16	16	7	1500	523	56
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	244	237	61	1498	451	66
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	188	169	46	1498	576	68
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	paljas	82	41	48	1492	401	92
istutus	manty	ojikot	puuttuu	puuttuu	kenno	66	66	10	1490	428	69
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	ipaakut	22	22	6	1467	327	72
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	136	136	37	1465	855	64
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	kenno	115	101	34	1462	492	72
istutus	manty	ojikot	puuttuu	puuttuu	puuttuu	69	69	11	1446	432	69
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	514	496	104	1443	593	71
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	18	13	7	1443	439	45
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	39	35	14	1443	874	80
istutus	manty	kk	puuttuu	puuttuu	kenno	132	118	36	1442	499	72
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	turve	25	25	9	1433	343	84
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	kenno	400	389	86	1431	613	69
istutus	kuusi	trk	kivinen	aestys	puuttuu	9	9	7	1429	368	44
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	paljas	13	6	7	1429	180	100
istutus	kuusi	trk	normaali	muu	puuttuu	14	14	13	1423	60	100
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	paljas	23	17	10	1420	253	70
istutus	manty	ojikot	puuttuu	auraus+r	kenno	26	26	8	1413	436	53
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	paljas	126	85	62	1411	434	72
istutus	manty	trk	normaali	auraus	paljas	27	27	11	1400	344	85
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	27	27	19	1379	369	74
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	paljas	163	84	94	1375	369	64
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	paljas	146	74	87	1370	380	59
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	puuttuu	128	128	49	1339	570	49
istutus	kuusi	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	115	115	48	1304	907	48
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	45	43	10	1290	647	57

TÄY	UUS	IKÄ (V)		LSUMMA		PINTA-ALA		VTIHEYS		KORKEUS		LTAIMET	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
%	%	AGE(YR)		TEMP.SUM		AREA		AMOUNT		ELEVATION		NSEEDLINGS	
SUP	REP	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
%	%	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
19	4	1	12	650	950	0	238	400	3300	90	360	0	8
18	2	2	13	600	950	0	93	500	2500	120	290	0	9
18	6	2	7	700	850	1	238	2000	2500	230	320	0	4
56	0	2	7	700	950	0	36	2000	2569	160	270	0	4
25	6	1	13	650	950	0	142	1000	3100	90	310	0	9
26	7	2	12	700	950	0	137	2000	2650	90	300	0	9
19	2	2	13	600	950	0	93	500	2500	120	320	0	9
15	0	2	12	650	750	0	60	2000	2600	270	270	1	6
25	6	1	13	650	950	0	142	100	3100	90	310	0	9
17	2	2	12	700	850	0	63	1947	2600	190	310	0	8
20	5	1	14	650	950	0	238	600	3300	90	360	0	9
27	12	2	12	700	950	0	164	50	1000	90	330	0	9
17	3	2	13	650	900	0	75	630	2565	160	280	0	9
23	6	2	12	700	950	0	137	800	2650	90	300	0	9
23	6	1	13	600	950	0	142	400	3100	80	320	0	9
20	5	1	14	650	950	0	158	600	3000	90	320	0	9
16	2	2	13	600	900	0	75	1000	2600	150	300	0	9
20	5	1	14	650	950	0	184	600	3600	80	320	0	9
24	7	1	13	600	950	0	142	670	3300	90	340	0	9
39	11	1	12	650	950	0	94	1000	3300	90	340	0	9
5	0	2	12	700	800	1	32	1400	2000	270	270	0	6
31	0	2	7	700	950	0	36	1000	2569	160	270	0	4
41	6	2	13	700	950	1	75	1300	2500	280	280	0	9
11	18	2	7	700	800	1	82	300	430	220	280	0	3
30	12	2	7	700	950	0	137	2000	2650	90	300	0	8
15	3	2	12	600	950	1	133	1000	2500	220	320	0	9
17	3	2	12	600	950	1	133	1000	2500	220	320	0	9
27	1	2	12	700	950	1	78	1100	2500	160	160	0	9
29	6	1	12	650	950	0	87	400	3300	90	360	0	5
51	9	2	13	700	900	1	75	1700	2500	9999	-999	0	9
34	12	1	12	650	950	0	184	600	3000	80	290	0	6
36	12	1	12	700	950	0	128	600	3000	90	290	0	5
30	7	1	7	650	950	0	87	1000	3300	90	360	0	4
27	5	1	14	700	950	0	109	1600	3300	110	290	0	9
37	6	3	7	700	750	2	30	330	400	210	300	0	3
28	5	1	12	700	950	0	109	1700	3300	110	290	0	9
29	1	2	12	700	950	1	78	1100	2500	160	300	0	9
7	0	2	12	650	900	0	65	800	2000	280	280	0	7
24	6	2	7	700	950	0	36	2000	2600	90	260	0	8
22	4	2	12	700	950	1	21	600	2500	120	320	0	5
26	8	1	7	700	950	0	102	2000	3000	85	290	0	9
23	3	2	12	650	900	0	75	1000	2550	200	300	0	9
24	5	2	12	700	950	0	36	2000	2600	90	260	0	8
18	10	1	13	600	950	0	120	400	3300	120	340	0	6
36	18	3	12	700	800	5	45	190	400	260	300	0	3
17	2	2	14	750	950	0	20	1800	2500	120	120	1	7
23	4	2	12	650	900	0	75	1000	2553	200	310	0	9
16	0	2	12	650	700	2	51	1800	2000	250	250	1	8
17	13	1	13	650	950	0	94	670	3300	150	340	0	6
55	0	3	7	700	750	1	21	330	400	210	300	0	3
0	0	6	12	750	750	18	90	2000	2000	9999	-999	3	3
0	0	2	12	750	800	1	11	400	400	180	270	0	4
29	0	2	12	700	900	0	36	1600	2000	260	290	0	8
30	15	3	7	750	950	0	8	2000	2600	90	95	0	8
21	5	2	12	700	900	0	184	1600	2500	140	300	0	5
11	3	2	12	700	750	1	29	2000	2200	230	300	0	5
11	14	2	12	700	950	0	56	1300	2500	120	240	0	5
22	13	2	12	700	900	0	90	1400	2700	230	270	0	8
25	14	2	12	700	900	0	66	1400	2700	230	270	0	8
28	21	1	7	650	950	0	94	400	3300	120	340	0	5
29	22	-2	12	700	950	0	82	100	500	110	300	0	5
40	2	2	12	700	950	1	41	1500	2500	190	300	0	4

VILJELY-PUU- TAPA	LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	HAVAINTOJA			RUNKOJA		HYV %
						TOT	TAR	RUN	X	SD	
REFOR.	TREE	SITE	PRODUC	SOIL	PLANT	OBSERVATIONS			DENSITY		ACC
METHOD	SPEC.	TYPE	TIVITY	PREP	TYPE	TOT	SUR	DEN	X	SD	%
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	kenno	120	120	45	1284	549	49
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	kenno	106	106	30	1247	431	61
istutus	manty	kvk	soistunu	auraus+r	kenno	47	47	26	1235	392	29
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus	kenno	23	23	10	1230	589	47
istutus	manty	korvet	puuttuu	auraus+r	kenno	61	61	23	1217	401	44
kylvo	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	47	47	21	1181	573	48
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	6	6	6	1067	513	33
kylvo	manty	trk	normaali	aestys	puuttuu	26	26	12	1042	476	46
kylvo	manty	kvk	kallioin	puuttuu	puuttuu	15	15	7	1029	454	40
kylvo	manty	krk	kivinen	puuttuu	puuttuu	16	16	7	971	189	68
istutus	manty	turvekan	puuttuu	puuttuu	paljas	44	22	22	773	257	18

Lyhenteet:

Havaintoja=viljelyketjuun kuuluvien uudistusalojen lukumäärä

Tot=kaikki havainnot

Tar=tarkastettujen uudistusalojen lukumäärä

Run=runkolukutiedon sisältävien uudistusalojen lukumäärä

Runkoja=keskimääräinen runkoluku/ha

x=keskiarvo

sd=hajonta

Hyv=hyväksytyjen uudistusalojen osuus

Täy=täydennettävien uudistusalojen osuus

Uus=uudelleen viljeltävien uudistusalojen osuus

lkä=Uudistamisen ja tarkastuksen välinen aika

Lsumma=normaalijakson lämpösumma toimintapiirin tarkkuudella

Pinta-ala=uudistusalan koko, ha

Vtiheys=käytetty viljelytiheys

Korkeus=uudistusalan sijainti mpy

Ltaimet=luonnon taimien osuus

Min=muuttujan minimiarvo viljelyketjussa

Max=muuttujan maksimiarvo viljelyketjussa

-0=puuttuva tieto

9999=puuttuva tieto

-999=puuttuva tieto

TÄY %	UUS %	IKÄ (V)		LSUMMA		PINTA-ALA		VTIHEYS		KORKEUS		LTAIMET	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
SUP %	REP %	AGE(YR)		TEMP.SUM		AREA		AMOUNT		ELEVATION		NSEEDLINGS	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
29	21	1	7	650	950	0	94	1000	3300	150	340	0	5
27	11	1	7	700	950	0	102	2000	3000	150	290	0	5
48	21	1	7	700	950	0	25	2000	3000	150	290	0	5
8	43	1	7	700	850	0	30	2000	2553	170	340	0	4
39	16	1	7	700	950	0	32	1800	3300	110	270	0	6
31	19	3	12	700	950	1	85	100	500	220	290	0	7
33	33	3	3	700	700	1	16	100	380	270	290	0	2
34	19	3	12	700	750	1	113	200	424	220	290	0	5
33	26	3	7	700	950	4	111	200	400	260	320	0	1
31	0	3	7	700	750	4	34	300	400	280	330	0	3
81	0	6	12	750	750	0	39	2000	2000	9999	-999	9999	-999

Abbreviations:

Observations=occurrence of stands

Tot=total

Sur=number of stands surveyed

Den=number of stands with density data

Density=number of seedlings/ha

x=mean

sd=standard deviation

Acc=ratio of stands accepted

Sup=ratio of stands to be supplementary planted

Rep=ratio of stands to be replanted

Age=time between regeneration and survey

Tem.sum=average temperature sum

Area=size of the regeneration area

Amount=amount of seed or seedlings

Elevation=elevation of the stand

Nseedlings=ratio of natural seedlings

Min=minimum of the variable

Max=maximum of the variable

-0=missing data

9999=missing data

-999=missing data

Liite 1b. Viljelyketjut keskimääräisen runkoluvun suuruuden mukaisessa järjestyksessä. Kokonaisrunkoluvulle laaditut ennustemallit. Selitettävä muuttuja on runkoluku jaettuna sadalla.

Appendix 1b. Silvicultural treatment frames by the average stand density. Models for the stand density.

VILJELYKETJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SION N	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC- TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES- SION N	R2	VARI- ANCE	CONST.
kylvo	manty	kvk	kivinen	aestys+r	puuttuu	2	1.000	-0-	0.000
kylvo	manty	kk	normaali	aestys+r	puuttuu	5	0.007	6.142	20.111
kylvo	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	29	0.071	17.525	-35.009
kylvo	manty	kvk	puuttuu	aestys+r	puuttuu	62	0.276	4.927	-10.727
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	51	0.347	4.738	-6.977
kylvo	puuttuu	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	52	0.343	4.781	-4.181
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	kenno	11	0.099	9.887	58.766
kylvo	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	29	0.554	6.387	-63.319
kylvo	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	24	0.192	18.990	-54.360
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	puuttuu	13	0.040	10.198	59.730
istutus	manty	trk	paksukun	aestys+r	kenno	-0-	-0-	-0-	0.000
kylvo	manty	kvk	kivinen	puuttuu	puuttuu	27	0.272	3.561	-26.113
kylvo	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	22	0.048	8.191	6.894
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	8	0.333	0.816	24.000
istutus	kuusi	trk	paksukun	auraus+r	ipaakut	10	0.119	3.354	13.250
kylvo	manty	kk	normaali	aestys	puuttuu	11	0.436	8.129	53.031
istutus	kuusi	trk	normaali	auraus+r	ipaakut	12	0.050	3.695	13.227
kylvo	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	69	0.502	7.579	-121.436
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus	puuttuu	20	0.106	5.330	25.862
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	54	0.109	7.079	1.582
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	auraus+r	ipaakut	10	0.067	3.326	14.500
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	kenno	35	0.045	6.757	7.903
istutus	kuusi	ojikot	puuttuu	puuttuu	ipaakut	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	35	0.102	2.567	9.054
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ppaakut	10	0.224	5.960	42.022
istutus	kuusi	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	7	0.093	5.177	-62.000
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	85	0.123	4.482	-1.829
istutus	kuusi	turvekan	puuttuu	puuttuu	ipaakut	8	0.274	3.109	117.000
kylvo	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	269	0.157	6.156	-7.000
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	46	0.263	2.634	-5.804
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys	puuttuu	32	0.493	5.769	-73.823
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	11	0.545	5.376	-46.677
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	turve	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	49	0.241	5.081	-14.130
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	turve	12	0.285	3.535	32.480
kylvo	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	201	0.107	6.150	-1.764
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	turve	55	0.174	4.073	8.389
istutus	manty	trk	normaali	auraus	kenno	29	0.431	3.573	-42.083
istutus	kuusi	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	38	0.018	4.102	26.110
kylvo	manty	trk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	145	0.276	7.717	-63.869
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	8	0.423	2.622	41.860
istutus	manty	trk	puuttuu	auraus	kenno	43	0.332	3.630	-28.040
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	kenno	20	0.264	4.803	12.364
kylvo	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	45	0.200	7.130	27.918
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	82	0.194	4.190	7.311
istutus	puuttuu	kvk	normaali	auraus+r	kenno	82	0.194	4.190	7.311
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	29	0.029	4.645	9.830
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	36	0.129	5.733	-13.079
kylvo	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	5	0.023	10.322	24.464
istutus	puuttuu	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	125	0.055	3.864	7.130
kylvo	manty	trk	normaali	auraus	puuttuu	9	0.096	11.958	26.075
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	ipaakut	8	0.761	1.486	-14.125
kylvo	manty	kk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	45	0.247	7.004	21.234
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	puuttuu	111	0.131	4.543	13.807

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT

VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	PINTA-A P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST. P-VALUE	AMOUNT P-VALUE	AMOUNT P-VALUE	TEMP SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA- TION	ELEV P-VALUE
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.522	-0.011	0.891	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.616	-0.003	0.977	0.041	0.420	3.855	0.412	0.000	1.000	0.000	1.000
0.342	0.031	0.004	0.020	0.050	-0.078	0.828	0.025	0.360	0.000	1.000
0.601	0.029	0.015	0.018	0.132	-0.200	0.618	0.000	0.999	0.000	1.000
0.753	0.029	0.018	0.015	0.197	-0.263	0.513	-0.005	0.873	0.000	1.000
0.141	-0.016	0.346	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.003	0.080	0.001	0.057	0.020	0.547	0.554	0.000	1.000	0.000	1.000
0.177	-0.036	0.421	0.110	0.039	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.339	-0.007	0.637	-0.026	0.588	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.282	0.036	0.289	0.032	0.061	0.746	0.056	0.000	1.000	0.000	1.000
0.745	-0.009	0.667	0.018	0.459	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	-0.003	0.134	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.056	0.003	0.330	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.003	-0.112	0.027	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.142	0.003	0.487	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	0.087	0.000	0.128	0.000	0.965	0.089	0.009	0.896	0.000	1.000
0.547	0.009	0.431	-0.020	0.741	0.644	0.198	0.000	1.000	0.000	1.000
0.941	0.012	0.072	-0.012	0.388	0.308	0.543	0.000	1.000	0.000	1.000
0.039	0.002	0.469	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.821	0.007	0.450	-0.007	0.721	0.220	0.735	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.379	0.003	0.199	0.003	0.857	0.193	0.337	0.000	1.000	0.000	1.000
0.026	-0.011	0.167	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.606	0.040	0.506	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.807	0.004	0.045	0.014	0.105	-0.034	0.819	0.029	0.692	0.000	1.000
0.127	-0.050	0.183	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.381	0.019	0.000	0.021	0.004	0.506	0.000	-0.015	0.257	-0.010	0.374
0.383	0.001	0.684	0.028	0.002	-0.021	0.890	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	0.041	0.012	0.090	0.000	1.763	0.001	0.000	1.000	0.000	1.000
0.042	0.032	0.009	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.186	0.011	0.005	0.014	0.196	-0.050	0.811	0.000	1.000	0.000	1.000
0.002	-0.007	0.074	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.850	0.013	0.012	0.017	0.045	0.418	0.003	-0.008	0.550	-0.008	0.562
0.452	0.003	0.211	-0.014	0.200	1.206	0.005	0.000	1.000	0.000	1.000
0.050	-0.005	0.258	0.098	0.000	-0.297	0.204	0.000	1.000	0.000	1.000
0.032	-0.002	0.709	-0.004	0.745	-0.048	0.777	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	0.026	0.015	0.076	0.000	0.989	0.000	-0.003	0.917	0.024	0.310
0.012	-0.012	0.081	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.065	-0.003	0.445	0.070	0.000	-0.113	0.601	0.000	1.000	0.000	1.000
0.501	-0.002	0.673	0.000	0.989	0.792	0.121	0.000	1.000	0.000	1.000
0.044	-0.051	0.004	0.013	0.407	-0.887	0.028	0.000	1.000	0.000	1.000
0.553	-0.001	0.621	0.013	0.161	0.338	0.221	0.059	0.147	-0.012	0.445
0.553	-0.001	0.621	0.013	0.161	0.338	0.221	0.059	0.147	-0.012	0.445
0.684	-0.001	0.882	0.009	0.619	0.299	0.399	0.000	1.000	0.000	1.000
0.390	0.006	0.113	0.018	0.249	0.273	0.293	0.000	1.000	0.000	1.000
0.431	-0.016	0.807	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.396	0.000	0.945	0.012	0.103	0.003	0.988	0.030	0.187	-0.004	0.631
0.057	-0.027	0.417	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.093	0.016	0.005	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.133	-0.046	0.007	0.018	0.255	-0.846	0.033	0.076	0.122	0.000	1.000
0.257	-0.001	0.778	0.005	0.553	0.190	0.455	0.017	0.669	-0.015	0.326

VILJELYKETTJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SION	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC- TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES- SION N	R2	VARI- ANCE	CONST.
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	kenno	89	0.164	3.395	16.333
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	25	0.259	6.127	-30.827
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ppaakut	18	0.192	6.271	-13.231
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	107	0.054	3.854	1.913
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	65	0.071	4.609	7.475
istutus	manty	trk	paksukun	auraus	kenno	12	0.011	4.346	22.100
istutus	manty	kvk	kivinen	auraus+r	kenno	7	0.219	2.482	25.790
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	114	0.119	4.521	6.854
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	kenno	47	0.409	3.067	-0.510
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	81	0.078	4.260	0.289
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	paljas	11	0.092	3.644	25.888
puuttuu	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	-0-	-0-	-0-	-0-
istutus	manty	kvk	normaali	auraus	kenno	19	0.249	4.711	-54.878
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	206	0.089	3.796	17.232
kylvo	manty	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	89	0.331	5.540	43.863
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	10	0.530	3.074	94.406
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	48	0.305	3.572	2.468
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	153	0.070	4.748	9.210
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	kenno	96	0.091	4.266	10.216
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	61	0.050	4.393	29.104
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	124	0.082	4.242	3.305
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	kenno	209	0.213	4.581	14.501
istutus	manty	kvk	puuttuu	auraus+r	kenno	145	0.275	4.054	20.817
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	paljas	8	0.096	3.764	-9.250
istutus	manty	kvk	kivinen	puuttuu	kenno	8	0.168	3.204	26.897
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	47	0.055	3.858	15.345
kylvo	manty	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	25	0.234	4.224	-58.054
istutus	manty	trk	soistunu	auraus+r	kenno	32	0.554	2.887	-5.037
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	turve	19	0.141	4.724	33.319
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	turve	20	0.094	4.715	25.275
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	80	0.162	3.996	25.990
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	kenno	44	0.024	3.978	10.516
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	62	0.091	4.205	8.086
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	kenno	55	0.078	4.328	20.587
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	kenno	76	0.280	3.689	44.644
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	79	0.074	5.638	7.005
kylvo	manty	trk	paksukun	aestys	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	61	0.265	3.967	7.356
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	42	0.247	4.842	-6.339
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	paljas	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	ojkot	puuttuu	puuttuu	kenno	10	0.029	4.474	8.060
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	ipaakut	6	0.343	2.960	-7.048
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	37	0.325	7.331	4.059
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	kenno	33	0.154	4.825	19.789
istutus	manty	ojkot	puuttuu	puuttuu	puuttuu	11	0.070	4.392	3.853
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	98	0.106	5.506	-8.458
kylvo	manty	krk	normaali	puuttuu	puuttuu	7	0.799	2.154	33.722
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	14	0.194	8.534	-13.754
istutus	manty	kk	puuttuu	puuttuu	kenno	35	0.192	4.768	18.660
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	turve	9	0.053	3.566	28.500
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	kenno	84	0.124	5.843	-6.298
kylvo	manty	kvk	kivinen	aestys	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	paljas	-0-	-0-	-0-	0.000
kylvo	manty	trk	normaali	muu	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	paljas	10	0.360	2.146	-0.571
istutus	manty	ojkot	puuttuu	auraus+r	kenno	8	0.008	4.686	10.750
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	paljas	62	0.062	4.312	-5.971
istutus	manty	trk	normaali	auraus	paljas	11	0.084	3.466	-19.300
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	paljas	93	0.051	3.695	11.392

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT										
VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	PINTA-A P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST. P-VALUE	AMOUNT	AMOUNT P-VALUE	TEMP SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA- TION	ELEV. P-VALUE
0.074	-0.001	0.652	0.000	0.964	0.528	0.029	0.040	0.085	-0.003	0.733
0.099	0.004	0.303	0.045	0.049	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.622	0.003	0.717	0.029	0.096	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.842	0.001	0.532	0.012	0.110	0.158	0.483	0.037	0.114	0.000	0.983
0.630	0.003	0.380	0.001	0.954	0.277	0.367	-0.061	0.082	0.000	1.000
0.234	-0.003	0.751	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.024	-0.004	0.290	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.498	-0.002	0.384	0.015	0.058	0.192	0.282	0.031	0.421	-0.002	0.846
0.959	0.004	0.159	0.001	0.899	1.190	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.982	0.004	0.140	0.005	0.629	0.390	0.127	-0.055	0.081	0.000	1.000
0.032	-0.005	0.365	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
0.145	0.003	0.662	0.090	0.039	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.010	-0.003	0.143	0.004	0.432	0.166	0.228	0.040	0.005	0.002	0.797
0.007	-0.014	0.147	-0.016	0.258	0.586	0.006	0.044	0.081	-0.074	0.001
0.460	0.005	0.331	-0.093	0.499	0.736	0.467	0.150	0.478	-0.095	0.447
0.830	0.004	0.239	-0.002	0.729	1.114	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.342	-0.001	0.496	0.010	0.174	0.124	0.469	-0.010	0.771	0.001	0.934
0.393	-0.003	0.268	0.013	0.182	-0.048	0.806	0.055	0.018	0.012	0.446
0.002	-0.005	0.103	-0.002	0.769	-0.157	0.549	0.000	1.000	0.000	1.000
0.759	-0.001	0.823	0.015	0.109	-0.112	0.488	0.044	0.005	0.011	0.374
0.045	-0.001	0.605	0.004	0.442	0.675	0.000	0.043	0.098	-0.023	0.019
0.019	-0.002	0.166	0.003	0.636	0.525	0.011	0.070	0.010	-0.032	0.008
0.776	0.015	0.456	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.042	-0.005	0.313	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.387	0.001	0.850	0.002	0.878	-0.282	0.411	0.000	1.000	0.000	1.000
0.069	0.029	0.168	0.082	0.048	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.619	0.005	0.084	0.001	0.921	1.797	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.077	-0.014	0.127	0.011	0.561	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.121	-0.008	0.206	0.008	0.683	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.026	-0.007	0.041	0.006	0.379	-0.037	0.904	0.052	0.081	0.000	1.000
0.611	0.002	0.657	0.003	0.866	-0.145	0.751	0.000	1.000	0.000	1.000
0.591	0.003	0.431	0.006	0.563	-0.036	0.926	0.015	0.444	-0.023	0.249
0.225	-0.002	0.699	0.009	0.425	-0.958	0.211	0.017	0.582	-0.020	0.383
0.000	-0.012	0.001	-0.001	0.888	-0.184	0.604	0.063	0.038	0.000	1.000
0.576	0.004	0.309	-0.005	0.608	0.562	0.036	-0.081	0.414	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.440	0.002	0.595	-0.001	0.931	0.690	0.001	0.000	1.000	0.000	1.000
0.583	-0.004	0.395	0.039	0.002	-0.182	0.733	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.584	0.003	0.640	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.665	0.011	0.222	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.896	0.005	0.522	-0.015	0.394	2.612	0.001	0.000	1.000	0.000	1.000
0.354	-0.009	0.236	0.024	0.061	-0.471	0.270	0.000	1.000	0.000	1.000
0.773	0.005	0.431	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.452	0.003	0.401	0.017	0.063	0.497	0.017	0.041	0.261	0.000	1.000
0.001	-0.069	0.007	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.842	0.020	0.174	-0.015	0.870	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.372	-0.010	0.191	0.027	0.032	-0.467	0.264	0.000	1.000	0.000	1.000
0.248	-0.008	0.550	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.613	0.001	0.719	0.018	0.108	0.567	0.015	0.054	0.248	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.937	0.008	0.067	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.501	0.001	0.828	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.683	0.005	0.411	0.016	0.140	-0.213	0.600	0.000	1.000	0.000	1.000
0.612	0.017	0.388	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.392	0.000	0.935	0.012	0.264	-0.654	0.137	0.053	0.093	0.000	1.000

VILJELYKETJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SIO N	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC- TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES- SION N	R2	VARI- ANCE	CONST.
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	paljas	86	0.037	3.845	11.530
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	puuttuu	44	0.321	4.414	13.057
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus+r	puuttuu	48	0.126	8.763	-7.669
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	10	0.452	5.080	-23.083
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	kenno	43	0.396	4.219	12.222
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	kenno	30	0.234	3.980	-0.893
istutus	manty	kvk	soistunu	auraus+r	kenno	26	0.037	4.009	10.608
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus	kenno	10	0.616	3.868	57.286
istutus	manty	korvet	puuttuu	auraus+r	kenno	23	0.123	3.937	4.367
kylvo	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	21	0.501	4.267	128.868
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	6	0.869	2.077	1.196
kylvo	manty	trk	normaali	aestys	puuttuu	12	0.045	4.876	14.395
kylvo	manty	kvk	kallioin	puuttuu	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
kylvo	manty	krk	kivinen	puuttuu	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	turvekan	puuttuu	puuttuu	paljas	-0-	-0-	-0-	0.000

Lyhenteet:

Regressio n=regressioanalyysissä olevien havaintojen määrä

Muut lyhenteet liitteessä 1a.

Abbreviations:

Regression n= number of observations in regression analysis

Other abbreviations in appendix 1 a.

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT

VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	PINTA-A P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST. P-VALUE	AMOUNT	AMOUNT P-VALUE	TEMP SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA- TION	ELEV. P-VALUE
0.411	0.000	0.942	0.011	0.300	-0.645	0.162	0.050	0.248	0.000	1.000
0.319	-0.007	0.120	0.017	0.046	0.675	0.111	0.000	1.000	0.000	1.000
0.486	0.000	0.968	0.021	0.122	0.773	0.089	0.000	1.000	0.000	1.000
0.140	0.020	0.033	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.329	-0.008	0.052	0.022	0.010	0.780	0.058	0.000	1.000	0.000	1.000
0.959	0.001	0.869	0.008	0.453	1.317	0.024	0.000	1.000	0.000	1.000
0.522	-0.002	0.661	0.008	0.473	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.002	-0.019	0.007	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.686	-0.002	0.563	0.014	0.137	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.016	-0.063	0.001	-0.128	0.048	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.587	0.033	0.007	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.037	-0.012	0.509	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000

Liite 1c. Viljelyketjut keskimääräisen runkoluvun suuruuden mukaisessa järjestyksessä. Luonnontaimien lukumäärälle laaditut ennustemallit.

Appendix 1c. Silvicultural treatment frames by the average stand density. Models for the proportion of natural seedlings.

VILJELYKETJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SION	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES SION N	R2	VARI- ANCE	CONS- TANT
kylvo	manty	kvk	kivinen	aestys+r	puuttuu	12	0.175	2.615	-6.888
kylvo	manty	kk	normaali	aestys+r	puuttuu	5	0.417	0.624	5.111
kylvo	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	68	0.313	1.438	-12.007
kylvo	manty	kvk	puuttuu	aestys+r	puuttuu	96	0.356	1.648	-1.373
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	75	0.443	1.519	-0.946
kylvo	puuttuu	kvk	normaali	aestys+r	puuttuu	78	0.438	1.500	-0.951
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	kenno	30	0.190	1.130	7.225
kylvo	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	137	0.141	1.494	4.720
kylvo	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	47	0.060	1.587	5.689
istutus	manty	rameet	puuttuu	auraus+r	puuttuu	33	0.200	1.116	0.218
istutus	manty	trk	paksukun	aestys+r	kenno	-0-	-0-	-0-	0.000
kylvo	manty	kvk	kivinen	puuttuu	puuttuu	70	0.023	1.424	3.550
kylvo	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	61	0.089	2.056	7.438
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	turve	23	0.287	1.090	8.009
istutus	kuusi	trk	paksukun	auraus+r	ipaakut	10	0.002	1.326	0.906
kylvo	manty	kk	normaali	aestys	puuttuu	13	0.092	2.304	5.082
istutus	kuusi	trk	normaali	auraus+r	ipaakut	41	0.131	1.901	-8.296
kylvo	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	228	0.157	1.643	-2.628
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus	puuttuu	34	0.806	1.146	24.004
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	125	0.077	1.893	-1.040
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	auraus+r	ipaakut	17	0.004	1.790	0.510
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	kenno	89	0.099	1.683	-1.418
istutus	kuusi	ojikot	puuttuu	puuttuu	ipaakut	121	0.227	0.687	2.755
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	79	0.241	1.306	-0.503
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ppaakut	10	0.520	0.731	6.441
istutus	kuusi	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	22	0.610	1.394	9.440
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	7	0.167	2.160	-44.000
istutus	kuusi	turvekan	puuttuu	puuttuu	ipaakut	16	0.297	0.700	27.000
kylvo	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	347	0.266	1.376	9.696
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	51	0.320	1.738	-6.328
kylvo	manty	kvk	normaali	aestys	puuttuu	62	0.134	1.187	3.164
istutus	manty	rameet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	14	0.160	1.442	-4.282
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	turve	87	0.332	1.793	-0.013
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	12	0.694	1.241	9.026
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	turve	56	0.176	1.172	6.691
kylvo	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	264	0.285	1.409	10.020
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	turve	183	0.309	1.484	-1.546
istutus	manty	trk	normaali	auraus	kenno	39	0.576	1.379	17.367
istutus	kuusi	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	16	0.041	1.061	2.142
kylvo	manty	trk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	178	0.141	1.835	2.857
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	44	0.124	1.882	8.651
istutus	manty	trk	puuttuu	auraus	kenno	69	0.328	1.411	2.510
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	kenno	50	0.235	2.008	-3.793
kylvo	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	91	0.348	1.467	3.445
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	82	0.555	1.071	-1.216
istutus	puuttuu	kvk	normaali	auraus+r	kenno	139	0.363	1.323	1.049
istutus	kuusi	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	76	0.324	1.675	-1.689
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	9	0.571	1.621	72.889
kylvo	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	26	0.005	1.727	1.785
istutus	puuttuu	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	82	0.555	1.071	-1.216
kylvo	manty	trk	normaali	auraus	puuttuu	14	0.093	3.122	6.259
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	ipaakut	11	0.182	1.749	-8.360
kylvo	manty	kk	puuttuu	puuttuu	puuttuu	95	0.344	1.463	3.861
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	puuttuu	111	0.462	1.234	-3.181
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	kenno	87	0.524	0.426	5.295

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT

VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	P-ALA P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST P-VALUE	AMOUNT	AMOUNT P-VALUE	TEMP. SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA TION	ELEV. P-VALUE
0.241	0.020	0.176	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.168	-0.011	0.239	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	0.012	0.001	0.009	0.001	0.384	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.549	-0.002	0.303	0.002	0.435	0.549	0.000	0.013	0.089	0.000	1.000
0.700	-0.002	0.235	0.002	0.530	0.534	0.000	0.011	0.142	0.000	1.000
0.687	-0.002	0.216	0.002	0.481	0.529	0.000	0.012	0.113	0.000	1.000
0.005	-0.003	0.016	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.027	-0.001	0.573	-0.006	0.037	0.262	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.025	-0.002	0.320	-0.004	0.162	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.944	-0.002	0.107	0.005	0.048	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.201	-0.003	0.255	-0.003	0.345	0.033	0.693	0.000	1.000	0.000	1.000
0.011	-0.005	0.051	-0.005	0.143	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.001	-0.003	0.008	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.880	0.000	0.895	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.094	-0.009	0.313	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.402	0.000	0.925	0.009	0.240	0.410	0.041	0.000	1.000	0.000	1.000
0.142	0.005	0.000	0.001	0.780	0.352	0.000	0.010	0.122	0.000	1.000
0.004	0.004	0.056	-0.036	0.003	0.633	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.726	0.000	0.617	0.001	0.658	0.172	0.007	0.000	1.000	0.000	1.000
0.903	0.001	0.806	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.660	0.000	0.843	0.003	0.246	0.155	0.020	0.000	1.000	0.000	1.000
0.082	0.000	0.239	-0.002	0.254	0.096	0.005	-0.003	0.509	-0.003	0.048
0.822	-0.001	0.214	0.003	0.234	0.171	0.003	0.000	1.000	0.000	1.000
0.009	-0.003	0.019	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.044	-0.007	0.001	0.005	0.329	0.239	0.035	0.000	1.000	0.000	1.000
0.392	0.023	0.363	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.024	-0.013	0.029	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	-0.001	0.532	-0.009	0.000	0.223	0.000	0.006	0.025	-0.011	0.000
0.290	0.000	0.886	0.007	0.181	0.387	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.158	-0.002	0.200	-0.002	0.423	0.164	0.049	0.000	1.000	0.000	1.000
0.315	0.003	0.156	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.996	0.002	0.034	-0.006	0.019	0.351	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.548	0.001	0.591	-0.012	0.400	0.373	0.019	0.021	0.787	-0.015	0.468
0.000	-0.002	0.001	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	0.000	0.826	-0.009	0.000	0.230	0.000	0.006	0.060	-0.011	0.000
0.402	0.001	0.140	-0.001	0.454	0.290	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.022	-0.002	0.145	-0.017	0.065	0.267	0.004	0.000	1.000	0.000	1.000
0.238	-0.001	0.452	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.401	-0.004	0.122	-0.001	0.652	0.146	0.006	0.000	0.944	0.002	0.738
0.025	-0.002	0.100	-0.004	0.401	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.541	-0.001	0.309	0.000	0.991	0.236	0.002	0.000	1.000	0.000	1.000
0.613	0.001	0.638	0.002	0.773	0.251	0.002	0.000	1.000	0.000	1.000
0.062	-0.003	0.112	-0.003	0.186	0.238	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.701	-0.001	0.095	0.000	0.871	0.372	0.000	-0.021	0.047	0.015	0.001
0.667	0.000	0.129	-0.004	0.101	0.320	0.000	-0.007	0.478	0.003	0.343
0.672	0.000	0.886	0.003	0.383	0.268	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.016	-0.035	0.018	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.200	-0.001	0.741	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.701	-0.001	0.095	0.000	0.871	0.372	0.000	-0.021	0.047	0.015	0.001
0.059	-0.009	0.290	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.319	0.006	0.191	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.044	-0.003	0.121	-0.003	0.117	0.239	0.000	-0.004	0.566	0.000	1.000
0.339	-0.001	0.165	0.002	0.379	0.399	0.000	0.000	0.992	0.014	0.001
0.000	-0.002	0.000	-0.001	0.214	0.051	0.103	0.001	0.663	-0.002	0.101

VILJELYKETTJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SION N	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES SION N	R2	VARI- ANCE	CONS- TANT
istutus	kuusi	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	71	0.491	1.375	-2.272
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ppaakut	21	0.307	1.291	8.539
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	puuttuu	104	0.245	0.712	4.629
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	ipaakut	82	0.043	1.806	0.919
istutus	manty	trk	paksukun	auraus	kenno	22	0.002	1.250	0.823
istutus	manty	kvk	kivinen	auraus+r	kenno	14	0.231	1.220	7.259
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	132	0.369	1.340	2.875
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	kenno	227	0.053	1.245	0.579
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	110	0.057	1.660	-0.354
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	paljas	7	0.535	1.325	12.940
puuttuu	manty	kvk	normaali	puuttuu	kenno	-0-	-0-	-0-	-0-
istutus	manty	kvk	normaali	auraus	kenno	36	0.200	1.409	-6.508
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	201	0.320	1.120	4.630
kylvo	manty	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	98	0.233	1.871	11.049
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	15	0.000	0.771	0.615
istutus	manty	trk	soistunu	puuttuu	puuttuu	276	0.108	1.206	-1.233
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	puuttuu	171	0.312	1.428	-0.034
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	kenno	95	0.386	1.421	1.238
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	puuttuu	108	0.126	1.959	1.362
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	puuttuu	125	0.336	1.435	-3.700
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	kenno	210	0.273	1.348	7.685
istutus	manty	kvk	puuttuu	auraus+r	kenno	134	0.427	1.155	1.848
istutus	kuusi	trk	paksukun	puuttuu	paljas	56	0.246	1.436	-0.310
istutus	manty	kvk	kivinen	puuttuu	kenno	16	0.117	1.328	5.606
istutus	kuusi	trk	puuttuu	puuttuu	kenno	139	0.208	1.647	-1.018
kylvo	manty	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	54	0.134	0.796	-3.926
istutus	manty	trk	soistunu	auraus+r	kenno	125	0.133	1.294	3.093
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	turve	133	0.132	1.807	9.709
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	turve	173	0.127	1.639	8.963
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	ipaakut	61	0.159	1.479	6.064
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	puuttuu	193	0.062	0.999	1.885
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	kenno	39	0.161	1.608	-2.506
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	63	0.113	0.838	-4.027
istutus	manty	trk	normaali	auraus+r	kenno	54	0.207	0.839	-5.912
istutus	manty	trk	paksukun	auraus+r	kenno	181	0.059	1.023	2.018
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	puuttuu	198	0.182	1.664	-2.375
kylvo	manty	trk	paksukun	aestys	puuttuu	9	0.082	0.904	-1.694
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	kenno	146	0.227	1.638	-2.935
istutus	manty	trk	puuttuu	puuttuu	ipaakut	91	0.149	1.444	3.153
istutus	kuusi	trk	normaali	puuttuu	paljas	75	0.144	1.834	-1.071
istutus	manty	ojikot	puuttuu	puuttuu	kenno	60	0.034	2.109	-1.878
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	ipaakut	11	0.009	1.692	0.959
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	puuttuu	91	0.187	1.472	0.286
istutus	manty	kk	normaali	puuttuu	kenno	66	0.120	2.259	-0.876
istutus	manty	ojikot	puuttuu	puuttuu	puuttuu	13	0.004	2.352	3.429
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	puuttuu	295	0.268	1.067	1.589
kylvo	manty	krk	normaali	puuttuu	puuttuu	10	0.038	0.956	1.944
istutus	manty	korvet	puuttuu	puuttuu	ipaakut	19	0.163	1.558	13.825
istutus	manty	kk	puuttuu	puuttuu	kenno	73	0.134	2.227	-0.785
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	turve	9	0.851	1.118	-41.750
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	kenno	243	0.224	1.058	2.278
kylvo	manty	kvk	kivinen	aestys	puuttuu	8	0.653	0.756	15.796
istutus	manty	kvk	paksukun	puuttuu	paljas	-0-	-0-	-0-	0.000
kylvo	manty	trk	normaali	muu	puuttuu	-0-	-0-	-0-	0.000
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	paljas	10	0.613	1.918	25.857
istutus	manty	ojikot	puuttuu	auraus+r	kenno	59	0.034	2.127	-1.979
istutus	manty	trk	normaali	puuttuu	paljas	67	0.183	1.110	9.530
istutus	manty	trk	normaali	auraus	paljas	11	0.001	1.751	0.800
istutus	manty	kvk	normaali	auraus+r	ipaakut	17	0.202	1.042	35.429
istutus	manty	kvk	puuttuu	puuttuu	paljas	85	0.165	1.383	10.714

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT										
VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	PINTA-A P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST. P-VALUE	AMOUNT	AMOUNT P-VALUE	TEMP SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA- TION	ELEV. P-VALUE
0.355	0.000	0.818	0.002	0.519	0.351	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.077	-0.003	0.022	0.000	0.890	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.012	-0.001	0.045	-0.002	0.193	0.046	0.286	-0.003	0.488	-0.003	0.057
0.791	0.000	0.823	-0.001	0.860	0.126	0.110	-0.007	0.580	0.000	1.000
0.768	0.000	0.833	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.031	-0.002	0.082	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.317	0.000	0.605	-0.004	0.097	0.297	0.000	-0.009	0.364	0.003	0.375
0.761	0.000	0.864	0.000	0.725	0.189	0.002	0.000	1.000	0.000	1.000
0.872	0.000	0.690	0.001	0.769	0.136	0.019	-0.006	0.589	0.000	1.000
0.028	-0.005	0.062	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
-0-										
0.205	-0.002	0.069	0.016	0.023	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.022	-0.001	0.174	-0.003	0.040	0.234	0.000	0.002	0.674	-0.003	0.098
0.037	-0.010	0.006	-0.009	0.065	0.017	0.810	-0.012	0.145	0.004	0.538
0.635	0.000	0.949	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.440	0.001	0.183	0.000	0.945	0.269	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.990	0.000	0.910	-0.001	0.574	0.315	0.000	0.004	0.721	0.004	0.240
0.761	-0.001	0.190	0.000	0.946	0.243	0.000	0.006	0.440	0.005	0.299
0.626	-0.001	0.205	0.003	0.187	0.165	0.006	0.000	1.000	0.000	1.000
0.314	-0.001	0.437	0.002	0.438	0.186	0.000	-0.003	0.577	0.014	0.001
0.000	-0.001	0.018	-0.006	0.001	0.217	0.000	-0.008	0.261	-0.002	0.541
0.478	-0.001	0.033	-0.002	0.377	0.312	0.000	-0.015	0.065	0.009	0.011
0.919	-0.001	0.147	0.004	0.307	0.184	0.023	0.000	1.000	0.000	1.000
0.090	-0.002	0.195	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.621	0.000	0.617	0.002	0.335	0.213	0.000	0.011	0.631	0.000	1.000
0.282	-0.005	0.051	0.009	0.059	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.225	-0.001	0.210	-0.001	0.495	0.373	0.001	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	-0.003	0.003	-0.004	0.039	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	-0.002	0.000	-0.003	0.020	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.014	-0.004	0.002	0.010	0.012	-0.322	0.015	0.000	1.000	0.000	1.000
0.247	0.000	0.585	-0.003	0.031	0.120	0.030	-0.011	0.038	0.000	1.000
0.741	0.002	0.204	-0.003	0.669	0.328	0.083	0.000	1.000	0.000	1.000
0.173	0.000	0.745	0.005	0.025	-0.006	0.928	-0.002	0.576	0.005	0.172
0.083	0.001	0.361	0.004	0.129	0.267	0.075	-0.003	0.638	0.003	0.526
0.244	0.000	0.676	-0.003	0.038	0.134	0.048	-0.011	0.061	0.000	1.000
0.238	0.000	0.799	0.003	0.059	0.233	0.000	-0.007	0.563	0.000	1.000
0.684	0.008	0.456	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.208	0.000	0.832	0.004	0.025	0.267	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.080	-0.003	0.003	0.005	0.028	-0.039	0.574	0.000	1.000	0.000	1.000
0.725	0.000	0.924	0.002	0.593	0.192	0.004	0.000	1.000	0.000	1.000
0.494	0.002	0.161	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.796	0.000	0.777	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.927	0.000	0.934	-0.001	0.619	0.402	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.864	-0.001	0.556	0.005	0.180	0.179	0.041	0.000	1.000	0.000	1.000
0.526	-0.001	0.844	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.088	0.000	0.105	-0.001	0.194	0.218	0.000	0.000	0.967	0.000	1.000
0.191	-0.003	0.590	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.150	0.003	0.120	-0.020	0.131	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.868	-0.001	0.668	0.004	0.281	0.192	0.019	0.000	1.000	0.000	1.000
0.001	0.024	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.046	0.000	0.246	-0.002	0.051	0.205	0.000	-0.002	0.729	0.000	1.000
0.013	-0.039	0.015	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.003	-0.012	0.007	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.481	0.002	0.159	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.010	0.000	0.995	-0.009	0.001	-0.114	0.129	0.000	1.000	0.000	1.000
0.967	0.001	0.916	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.071	-0.004	0.140	-0.027	0.107	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.011	-0.004	0.000	0.001	0.789	-0.012	0.911	-0.005	0.768	0.000	1.000

VILJELYKETJUT									
VILJELY- TAPA	PUU- LAJI	KASVU- PAIKKA	MAAN LAATU	MUOK- KAUS	TAIMI- LAJI	REGRES- SION	R2	VARIANS- SI	VAKIO
SILVICULTURAL TREATMENT FRAMES									
REFOR. METHOD	TREE SPEC.	SITE TYPE	PRODUC TIVITY	SOIL PREP.	PLANT TYPE	REGRES SION N	R2	VARI- ANCE	CONS- TANT
istutus	manty	kvk	normaali	puuttuu	paljas	79	0.170	1.428	10.978
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	puuttuu	97	0.187	1.015	5.580
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus+r	puuttuu	77	0.087	1.192	1.118
istutus	manty	trk	paksukun	puuttuu	ipaakut	28	0.067	1.049	2.525
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus+r	kenno	96	0.189	1.019	5.752
istutus	manty	kvk	soistunu	puuttuu	kenno	81	0.128	1.029	-2.120
istutus	manty	kvk	soistunu	auraus+r	kenno	44	0.057	1.253	-0.722
istutus	manty	kvk	paksukun	auraus	kenno	15	0.000	1.072	0.205
istutus	manty	korvet	puuttuu	auraus+r	kenno	56	0.073	1.428	1.629
kylvo	manty	trk	normaali	auraus+r	puuttuu	29	0.630	1.288	20.818
kylvo	manty	kvk	normaali	auraus+r	kenno	6	0.100	0.866	-0.179
kylvo	manty	trk	normaali	aestys	puuttuu	16	0.594	0.940	6.014
kylvo	manty	kvk	kallioin	puuttuu	puuttuu	8	0.779	0.180	1.645
kylvo	manty	krk	kivinen	puuttuu	puuttuu	15	0.020	0.941	3.000
istutus	manty	turvekan	puuttuu	puuttuu	paljas	24	0.015	2.317	-0.205

Lyhenteet: katso liitteet 1a ja 1b.

Abbreviations: See appendices 1a and 1b.

REGRESSIOKERTOIMET JA NIIDEN P-ARVOT

VAKION P-ARVO	VILJELY- TIHEYS	VTIHEYS P-ARVO	LÄMPÖ- SUMMA	LSUMMA P-ARVO	IKÄ	IKÄ P-ARVO	PINTA- ALA	PINTA-A P-ARVO	KORKEUS	KORKEUS P-ARVO
REGRESSION COEFFICIENTS AND THEIR P-VALUES										
CONST. P-VALUE	AMOUNT	AMOUNT P-VALUE	TEMP SUM	TSUM P-VALUE	AGE	AGE P-VALUE	AREA	AREA P-VALUE	ELEVA- TION	ELEV. P-VALUE
0.011	-0.004	0.001	0.001	0.793	-0.023	0.840	-0.007	0.677	0.000	1.000
0.001	0.000	0.423	-0.006	0.000	0.206	0.018	0.000	1.000	0.000	1.000
0.395	0.001	0.392	-0.002	0.297	0.119	0.019	0.000	1.000	0.000	1.000
0.047	-0.001	0.184	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.001	0.000	0.448	-0.006	0.000	0.192	0.035	0.000	1.000	0.000	1.000
0.338	0.000	0.696	0.003	0.061	0.168	0.041	0.000	1.000	0.000	1.000
0.828	-0.001	0.492	0.004	0.187	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.950	0.000	0.985	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.547	-0.001	0.146	0.002	0.269	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.001	-0.025	0.000	-0.013	0.043	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.843	0.002	0.541	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.000	-0.014	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.003	-0.004	0.004	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.335	-0.005	0.616	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
0.965	0.001	0.571	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 533 1404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Field Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Field Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

FOLIA FORESTALIA



- No 753 Saksa, Timo, Nerg, Jukka & Tuovinen, Jussi: Havupuutaimikoiden tila 3—8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. State of 3—8 years old Scots pine and Norway spruce plantations.
- No 754 Moilanen, Mikko & Issakainen, Jorma: Suometsien PK-lannos ja typpilannoitelajit karuhkojen ojitettujen rämeiden lannoituksessa. PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs.
- No 755 Salonen, Tommi & Oja, Seppo (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1989. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1989.
- No 756 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland.
- No 757 Kaila, Erkki & Saarenmaa, Hannu: Tietokoneavusteinen päätöksenteko metsätaloudessa. Computer-aided decision making in forestry.
- No 758 Ylitalo, Esa, Mäki-Simola, Elina & Turunen, Jukka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1988. Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1988, by districts.
- No 759 Pätilä, Antti & Nieminen, Mika: Turpeen emäsraavinne- ja rikkitasen karuilla ojitetuilla rämeillä laskeuma huomioon ottaen. Base cation nutrients and sulphur status of drained oligotrophic pine mires considering the atmospheric input.
- No 760 Aarne, Martti, Uusitalo, Matti & Herrala-Ylinen, Helena (toim.): Metsätalastollinen vuosikirja 1989. Yearbook of forest statistics, 1989.
- No 761 Poikolainen, Jarmo: Hailuodon jäkäläkankaiden taimikot ja niiden hirvituhot. Condition of sapling stands on the lichen heaths of Hailuoto and damage by moose.
- No 762 Saarenmaa, Liisa: Viljelyketjun valinta asiantuntijajärjestelmän avulla Lapissa. Choice of reforestation method based on an expert system in Finnish Lapland.