

Suopohjien metsitys Hankeraportti 1986–1995

Afforestation of peat cutaway areas
Project report in 1986–1995

Lasse Aro
Seppo Kaunisto
Markku Saarinen

PARKANON TUTKIMUSASEMA

KANSIKUVA: Pohjamaalajin, turvekerroksen paksuuden, mätästyksen ja lannoituksen vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen 6-8 vuoden kuluttua istutuksesta turpeenostosta vapautuneilla suopohjilla. Lannoittamattomien mäntyjen kuolleisuus on sitä suurempi mitä paksumpi on turvekerros ja karkealajitteisempi pohjamaa. Sen sijaan sekä kivennäismaamättäille istutetut että fosforilla ja kaliumilla lannoitetut männyt ovat pysyneet elossa hyvin.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 634, 1997

Suopohjien metsitys Hankeraportti 1986–1995

Afforestation of peat cutaway areas
Project report in 1986–1995

**Lasse Aro
Seppo Kaunisto
Markku Saarinen**

PARKANON TUTKIMUSASEMA

Aro, L., Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1997. Suopohjien metsitys. Hanke-raportti 1986–1995. Summary: Afforestation of peat cutaway areas. Project report in 1986–1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 634. 51 s. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 634. 51 p. ISBN 951-40-1558-4. ISSN 0358-4283.

Julkaisussa esitetään yhteenveto alustavista tuloksista suopohjien metsitystutkimuksista 1986–89 ja 1993–95. Suopohjien metsitysmahdollisuuksia männylle, raudus- ja hieskoivulle tarkastellaan erilaisilla pohjamailla turvepaksuuden ja kuivatus-, muokkaus- sekä lannoitusolosuhteiden vaihdella. Tuloksissa keskitytään suopohjien taimettumisen ja taimien alkukehityksen seuraamiseen 1980-luvun lopun inventointien perusteella. 1990-luvun tutkimuksista esitetään tuloksia turvekerroksen paksuuden, muokkauksen, lannoituksen ja maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista puiden juuriston syvyysjakaumaan sekä taimikoiden ravinnetilaan ja kehitykseen erityisesti 1980-luvun jälkipuoliskolla perustetuilla, mutta myös muutamilla vanhemmilla metsityskokeilla. Lisäksi selvitetään suopohjien kivennäismaan ominaisuuksien vaikutusta puiden ravinnetalouteen ja kasvuun. Näin pyritään määrittämään mahdollinen lannoitus- tai jatkolannoitustarve erilaisilla pohjamaalajeilla turvekerroksen paksuuden vaihdella sekä erilaisten lannoitus- ja muokkausmenetelmien vaikutus siihen.

A summary of preliminary results from afforestation investigations in 1986–89 and 1993–95 are presented in this publication. Afforestation of cut-away peatlands in Finland is discussed especially from the nutritional point of view. The main emphasis is on the survival, root penetration, nutrition and height growth of Scots pine, silver birch and downy birch seedlings and young sapling stands. The effects of the thickness of remaining peat layer, mineral soil quality, soil preparation and fertilization on the development of trees are also discussed.

Keywords: peatlands, afforestation, Scots pine, *Pinus sylvestris*, silver birch, *Betula pendula*, downy birch, *Betula pubescens*, fertilization, mounding, soil texture, nutrition, peat thickness

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano, puh. (03) 44351, fax (03) 4435 200, E-mail: Etunimi.Sukunimi@metla.fi

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, hanke 3195. Hyväksynyt tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 27.4.1997.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano, puh. (03) 44351, fax (03) 4435 200

Sisällys

Alkusanat

1. Johdanto	6
11. Taustaa	6
12. Tutkimuksen tavoitteet	6
2. Aineisto ja menetelmät	7
21. Kokeet	7
22. Metsityksen onnistumisen inventointi ja näytteiden otto 1988–1989	9
23. Inventoinnit ja näytteiden otto 1993–1995	13
231. Maanäytteet	13
232. Nuoret taimikot	14
233. Varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsiköt	15
24. Maa- ja ravinneanalyysit	16
25. Laskenta	17
3. Tulokset ja niiden tarkastelu	17
31. Maan ominaisuudet	17
311. Pohjamaa	17
312. Turve	18
313. Vesitalous	21
32. Metsityksen onnistuminen	22
321. Kylvöalojen taimettuminen	22
322. Männyn taimien kunto ja alkukehitys	23
323. Koivun taimien kunto ja alkukehitys	25
324. Kasvuhäiriöt	25
325. Tuhot	28
33. Puuston ravinnetila	29
331. Nuoret taimikot	29
332. Varttuneet taimikot	30
333. Nuoret kasvatusmetsiköt	30
34. Juuriston syvyysulottuvuus	31
35. Puuston kehitys	35
351. Nuoret taimikot	35
352. Varttuneet taimikot	40
4. Päätelmät ja jatkotutkimusten tarve	42
Kirjallisuus	44
Summary	49

Alkusanat

Turpeen nosto polttoturpeeksi alkoi Suomessa jo 1940-luvun puolivälissä. Halpa öljy kuitenkin tyrehdytti tämän energiamuodon käytön aina 1970-luvun alun öljykriisiin saakka varsin vaatimattomalle tasolle. Turpeen noston lisääntyessä öljykriisin jälkeen voimakkaasti 1970- ja 1980-luvulla heräsi aikaisempaa suurempi kiinnostus myös turpeennostoalueiden, suopohjien jälkikäyttöä kohtaan.

Metsänkasvatusta pidettiin tuolloin ensisijaisena jälkikäytön muotona. Varhaisimmat metsityskokeet oli perustettu jo 1950- ja 1960-lukujen alkupuoliskolla. Lisää kokeita perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen, metsähallituksen ja Vapon yhteistyönä 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa. Järjestelmällisemmän muodon yhteistyö sai, kun vuonna 1986 aloitettiin kolmivuotinen projekti, jossa olivat osallisina Vapo Oy, kauppa- ja teollisuusministeriö, metsähallitus, KML Tapio ja Metsäntutkimuslaitos. Projektin ensisijaisena tavoitteena oli perustaa uusia metsityskokeita aikaisempien tutkimusten hypoteesien pohjalta ja seurata taimien ensi kehitystä.

Uusi projekti koettiin tarpeelliseksi 1990-luvun alkupuoliskolla, kun edellisen projektin kokeet olivat kehittyneet taimikkovaiheeseen. Samanaikaisesti oli kehitetty ideatasolle useita muita jälkikäytön mahdollisuuksia. Uusi suopohjien jälkikäytön tutkimusprojekti “Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö” laajennettuna mm. uudelleen soistumisella, allastuksella ja yrttiljelyllä aloitettiin keväällä 1993. Projekti päättyi vuoden 1995 lopussa.

Tutkimusprojektin metsitystutkimusta vuosina 1993–95 ohjasi projektiryhmä, jonka puheenjohtajana toimi prof. Seppo Kaunisto Metsäntutkimuslaitokselta. Projektiryhmässä toimivat ympäristönsuojelupäällikkö Pirkko Selin, kehittämisspäällikkö Vento Kuusisto, tutkija Veijo Klemetti, maankäyttöpäällikkö Reijo Kilpeläinen, suunnittelija Lauri Ijä ja työnjohtaja Ilmo Kuusisto Vapo Oy:stä, MH Juhani Karjalainen Metsähallituksesta sekä metsänhoitopäällikkö Juhani Kokkonen Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiosta. Päättäjänä toimi MMM Lasse Aro. Metsitystutkimuksen päärahoittajat olivat Teknologian kehittämiskeskus (SIHTI 2 -ohjelma), Vapo Oy sekä Metsäntutkimuslaitos. Lisäksi saatiin rahoitusta metsähallitukselta kokeiden ylläpitoon ja Kemiran tutkimussäätiöltä Osmanginsuon ja Piipsannevan kokeiden mittauksiin.

Tämä julkaisu perustuu Saarisen vuonna 1993 kirjoittamaan MML-tutkinnon metsänhoitotieteen sivuainetutkielmaan “Männyn ja koivun viljely turvetuotannosta poistetuilla suonpohjilla” sekä Aron ja Kauniston vuonna 1995 laatimaan “Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö” tutkimusprojektin metsitystutkimusten loppuraporttiin. Julkaisun painatuksen rahoitti Vapo Oy.

Metsitystutkimusten aineistojen keräykseen, käsittelyyn ja analysointiin osallistui useita henkilöitä Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusase-

malta. Kokeiden perustamiseen, mittaukseen ja näytteiden keräykseen osallistuivat merkittävästi Kalle Nevanranta ja Ari Ryyänen. Arja Ylinen vastasi lukuisien maa- ja ravinneanalyysien suorittamisesta Parkanon tutkimusase-
man laboratoriossa. Tuire Kilponen piirsi suurimman osan kuvista ja taittoi julkaisun. Tutkimuksia ovat avustaneet myös monet metsäopiskelijat ja työllisyysrahoituksella saadut työntekijät. Haluamme lämpimästi kiittää kaikkia tutkimuksen eri vaiheisiin osallistuneita henkilöitä ja yhteisöjä.

Parkanossa huhtikuussa 1997
Lasse Aro
Seppo Kaunisto
Markku Saarinen

1. Johdanto

11. Taustaa

Turvetuotantoon soveltuvien soiden pinta-ala on 622 000 ha (Lappalainen & Hänninen 1993). Näistä on varattu turvetuotantoon noin 123 000 ha, joista runsaalla 50 000 ha:lla nostetaan turvetta. Suopohjilla tarkoitetaan turpeenostosta vapautuneita suoalueita, joita on tällä hetkellä 7000–7500 ha (Selin 1997, suull.).

Suopohjille on tyypillistä mm. jäljelle jääneen turvekerroksen paksuuden suuri vaihtelu (esim. Kaunisto 1985, Saarinen 1993, Aro 1995), matala pH (mm. Kaunisto 1979, 1987b, Ferm & Kaunisto 1983), epätasapainoinen ravinnetalous (esim. Kaunisto 1979, Kaunisto & Viinamäki 1991, Saarinen 1993, Aro 1995) ja yleensä hyvä kuivatustila. Alueen kuivatettavuus normaalilla ojituksella onkin perusedellytys suopohjien metsätaloudelliselle käytölle. Mikäli suopohjan kuivatus tuottaa vaikeuksia, voi jälkikäyttönä olla esim. uudelleen soistaminen tai allastus (ks. esim. Roderfeld & Vasander 1994, Siira ym. 1995, Järvelä 1996).

Suopohjien metsityksessä täytyy kiinnittää erityistä huomiota kasvupaikan ravinteisuuteen. Ravinnetalouteen vaikuttavat jäljellä olevan turvekerroksen ja sen alaisen kivennäismaan eli pohjamaan ominaisuudet. Kivennäismaan hienon hiedan ja sitä hienompien aineiden osuudella on tärkeä merkitys puiden ravinnelähteenä. Paksu turvekerros vaikeuttaa taimien alkukehitystä mm. ravinteiden heikon saatavuuden vuoksi. Aikaisempien tutkimusten perusteella muokkauksella tai lannoituksella voidaan tarvittaessa parantaa suopohjan ravinnetaloutta metsitykseen ja metsänkasvatukseen sopivaksi (Mikola 1975, Kaunisto 1979, 1981, 1987b, Kaunisto & Viinamäki 1991). Suopohjille on kuitenkin luonteenomaista maan ominaisuuksien suuri vaihtelu. Siten myös oikeiden metsitysmenetelmien valitsemiseksi eri kasvupaikoille tarvitaan maan ominaisuuksien ja niiden merkityksen tuntemusta.

12. Tutkimuksen tavoitteet

Vuonna 1986 solmitun Vapo Oy:n, Metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen yhteistutkimussopimuksen mukaisesti aloitetun kolmivuotisen tutkimushankkeen tavoitteena oli ensisijaisesti perustaa eri puolille Suomea uusia metsityskokeita, joilla voitaisiin selvittää männyn ja molempien koivulajien käyttöä suopohjien metsityksessä. Tutkittuina muuttujina olivat pohjamaan ominaisuudet, turvekerroksen paksuus, kuivatuksen tehokkuus, muokkaus ja lannoitus. Osa kokeista perustettiin siten, että niillä voitaisiin vertailla koivun kasvatusta runkopuun ja biomassan tuotantoa varten. Tutkimukset keskittyivät suopohjien taimettumisen ja taimien alkukehityksen seuraamiseen.

“Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö” tutkimusprojektin metsitystutkimuksen päätavoitteiksi asetettiin turvekerroksen paksuuden, muokkauksen, lannoituksen ja maanparannustoimenpiteiden vaikutusten selvittäminen puiden juuriston syvyysjakaumaan sekä taimikoiden ravinnetilaan ja kehitykseen suopohjien metsityskokeilla (Kestävän... 1992). Tämän lisäksi tavoitteena oli selvittää suopohjien kivennäismaan ominaisuuksien vaikutusta puiden ravinnetilaan ja kasvuun. Näin pyrittiin selvittämään mahdollinen lannoitus- tai jatkolannoitustarve sekä lannoitus- ja muokkausmenetelmien vaikutus siihen erilaisilla pohjamaalajeilla turvekerroksen paksuuden vaihdellessa.

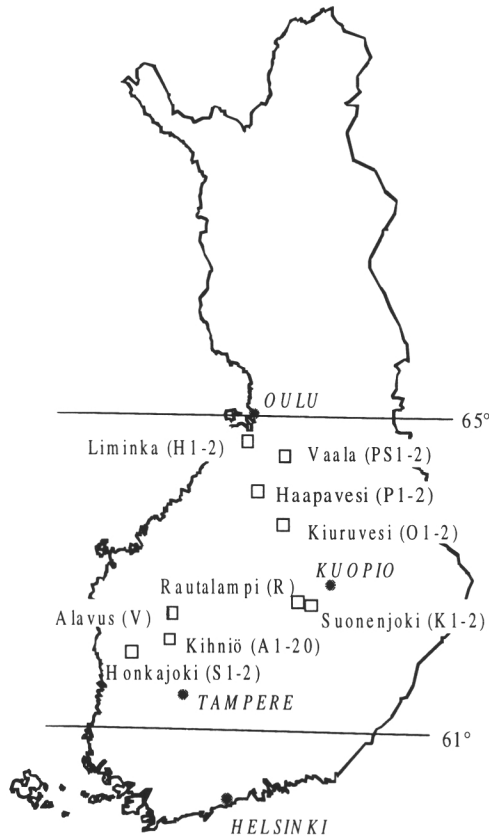
2. Aineisto ja menetelmät

21. Kokeet

Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman seurannassa on kaikkiaan 34 suopohjien metsityskoeita eri puolilla Suomea yhdeksällä eri paikkakunnalla (kuva 1). Kokeiden pinta-ala on noin 200 ha. Ensimmäinen metsityskoe oli perustettu Kihniön Aitonevalle jo vuonna 1953 (Mikola 1975, Kaunisto 1985). Viimeisimmät kokeet perustettiin vuosina 1994 ja 1995 Vaalan Pelsonsuolle. Tämä raportti perustuu 15 kokeesta saatuihin tuloksiin. Kokeet valittiin tutkimukselle asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

1980-luvun lopulla perustettiin kahdenlaisia koekenttiä: tuotantovaihtoehto- ja turvesyvyyskokeita (Kaunisto & Saarinen 1989). Tuotantovaihtoehtokokeissa (kuva 2) Honkajoen Satamakeitaalla (koe 1), Limingan Hirvinevalla (koe 1) ja Suonenjoen Koppelosuolla verrataan keskenään hies- ja rauduskoivun energiapuukasvatusta sekä rauduskoivun ja männyn runkopuukasvatusta. Viljelykäsittelyinä olivat männyn ja rauduskoivun istutus (viljelytiheys 2500 kpl/ha) sekä kaikkien kolmen puulajin kylvö (taulukko 1). Koivut kylvettiin hajakylvönä (puhdistamatonta siementä 5,3–6,5 g/aari). Koppelosuon ja Hirvinevan kokeet ojitettiin 15 ja 40 metrin sarkoihin, Satamakeitaan koe 1 40 metrin sarkaan. Ojituksen yhteydessä kaikki ojamaat levitettiin turpeen pinnalle, jolloin jokaisen ojan kummallekin puolelle tuli 5–7 metriä leveät mätäskaistat. Satamakeitaalla (koe 1) kaikki viljelykäsittelyt lannoitettiin Suometsien PK-lannoksella (taulukko 1). Hirvinevan ja Koppelosuon kokeissa oli myös lannoittamaton vertailu, joka kuitenkin Koppelosuolla lannoitettiin vuonna 1990 taimien heikon kehityksen takia. Näin Koppelosuolla ja Satamakeitaalla (koe 1) voitiin seurata vain lannoitettujen taimien jatkokehitystä. Perustamishetkellä turvekerroksen paksuus vaihteli Hirvinevalla 2–59, Koppelosuolla 0–51 ja Satamakeitaalla 0–91 cm.

Turvesyvyyskokeissa (kuvat 2 ja 3) istutettiin männyn ja rauduskoivun taimia (2500 kpl/ha) turvepaksuudeltaan vaihteleville suopohjille. Kokeet



Kuva 1. Suopohjien metsityskokeiden sijainti (kokeiden lyhenteet).

perustettiin Alavuden Vuorenevalle, Honkajoen Satamakeitaalle (koe 2), Limingan Hirvinevalle (koe 2) ja Rautalammin Rastunsuolle (taulukko 1, kuva 1). Kokeet ojitettiin 15 ja 40 metrin sarkaleveyksiin ja ojamaat mätästettiin ojien molemmiin puolin (kuvat 2 ja 3). Kokeissa oli lannoituskäsittelynä Suometsien PK-lannos laikkulannoituksena (taulukko 1). Taimia istutettiin sekä kivennäismaamättäille että paljaaseen turvepintaan. Perustamishetkellä turvekerroksen paksuus vaihteli Vuorenevallalla 0–100, Satamakeitaalla 0–70, Hirvinevallalla 0–84 ja Rastunsuolla 0–98 cm.

Pohjois-Pohjanmaalle Haapaveden Piipsannevalle (sarkaleveys 10 m) ja Pohjois-Savoon Kiuruveden Osmanginsuolle (sarkaleveys 20 m) kokeet perustettiin vuonna 1980. Näissä kokeissa tutkittavina puolajaina ovat mänty ja rauduskoivu. Osmanginsuon kokeessa 1 selvitetään muokkauksen ja maanparannusaineiden, Osmanginsuon kokeessa 2 lannoituksen ja maanparannusaineiden sekä Piipsannevalla muokkauksen, lannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutuksia maan ominaisuuksiin ja puuston kehitykseen (Kaunisto 1987b, ks. myös Aro & Kaunisto 1996). Kummallakin koelueella pohjamaan päälle jäänyt turvekerros oli verrattain paksu. Saran reunassa

oli turvetta keskimäärin Piipsannevalla noin 60 cm ja Osmanginsuolla noin 40 cm sekä saran keskellä kummassakin kokeessa noin 60 cm (Kaunisto 1987b).

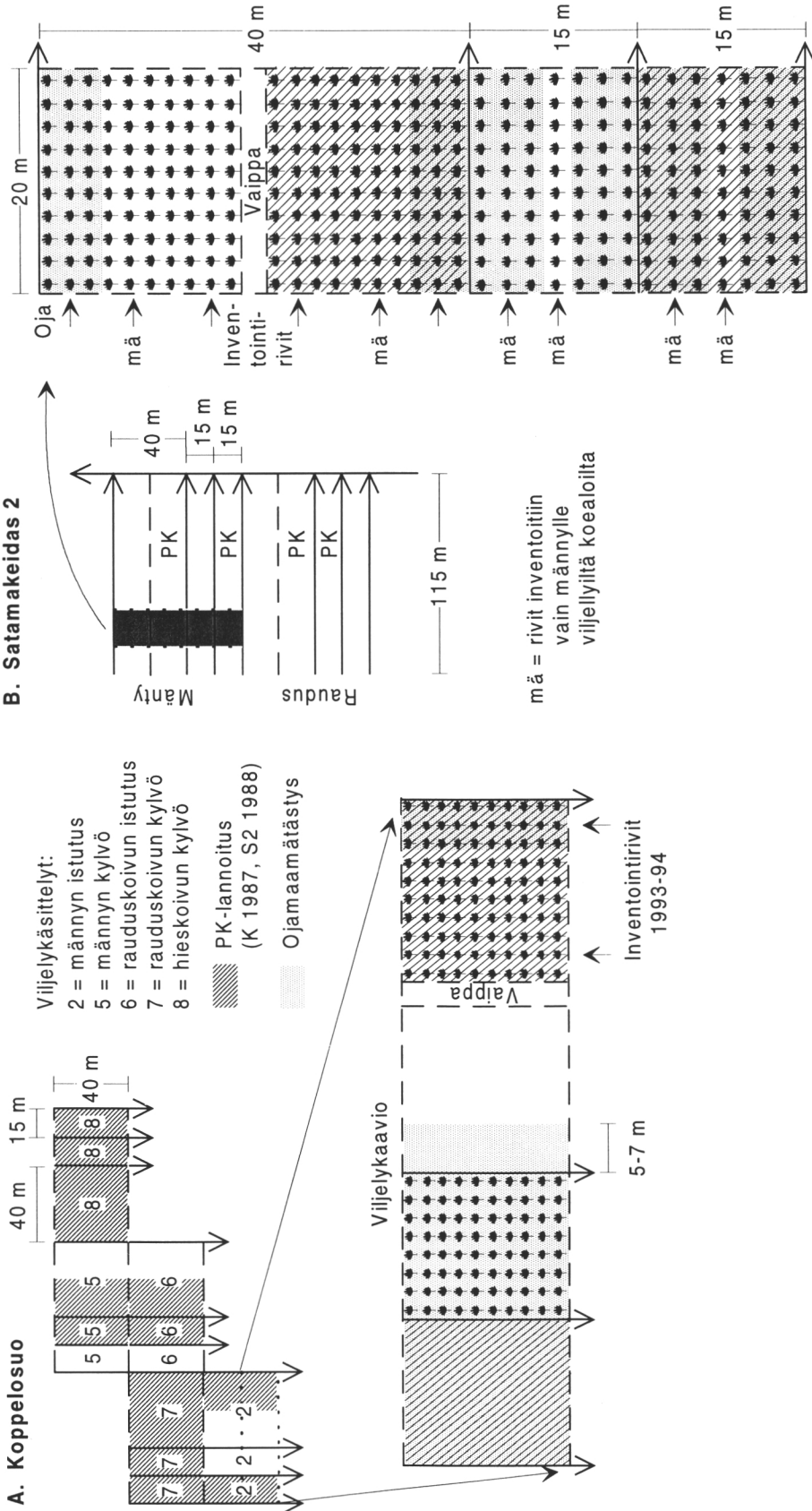
Kihniön Aitonevalla koe 3 oli alunperin perustettu (1964) selvittämään laikkulannoituksena annettujen lannoitemäärien ja viljelytiheyden vaikutusta männyn kasvuun ja laatuun (Kaunisto 1985). Jo 1970-luvun alkupuolella esiintyneiden voimakkaiden ravinnepuutosoireiden vuoksi koe jatkolannoitettiin vuonna 1975 ja tällöin pelkästään tyypeä saaneet koealat edelleen fosforilla ja kaliumilla vuonna 1985 (ks. Aro 1994). Aitonevan kokeessa 9 (ks. Ferm & Kaunisto 1983) tutkittiin lannoituksen (Suometsien PK-lannos 575 kg/ha, P 50 ja K 95 kg/ha; puuntuhka 5000 kg/ha, P 108 ja K 339 kg/ha) vaikutusta noin 25-vuotiaiden, luontaisesti syntyneiden raudus-hiessekakoivikoiden ravinnetilään. Koivikot oli harvennettu vuonna 1981. Aitonevan kokeessa 15 (1985) selvitetään kuivatuksen (sarkaleveydet 13 ja 40 m), mätästykseen ja lannoituksen (taulukko 1) vaikutusta männyn kehitykseen. Aitonevan koe 16 on männyn kylvö- ja taimilajikoe (1985, sarkaleveys 40 m), jossa selvitetään eri viljelymenetelmien sopivuutta suopohjien metsityksessä mätästykseen ja erilaisten lannoituskäsittelyjen yhteydessä (taulukko 1).

22. Metsityksen onnistumisen inventointi ja näytteiden otto 1988–1989

Hirvinevan, Koppelosuon, Rastunsuon ja Satamakeitaan kokeet inventoitiin ensimmäisen kerran elokuussa 1988, yhden tai kahden kasvukauden kuluttua viljelystä. Seuraavan vuoden heinä- ja elokuun aikana kokeet inventoitiin toisen ja Vuorenevan turvesyvyyskoe ensimmäisen kerran. Tällöin koekentillä oli toinen tai kolmas kasvukausi loppuvaiheessaan. Tulokset metsityksen onnistumisesta on esitetty lähinnä jälkimmäisen inventoinnin pohjalta.

Kokeet inventoitiin systemaattisella linjoittaisella otannalla (Saarinen 1993). Lohkoista valittiin kuusi viljelykohtariviä, joista mitattiin kaikki taimet tai kylvökohdat (otanta-% 17). Kapeilta saroilta (sarkaleveys 15 m) mitattiin yksi rivi mätäspinnalta (lannoitus 0/PK) ja leveiltä saroilta (40 m) neljä riviä: kaksi mätäspinoilta (0/PK) ja kaksi turvetasapinoilta (0/PK). Perättäisinä vuosina inventoiduilla kokeilla otanta käsitti kummallakin kerralla samat taimet. Koivujen kylvökoealat inventoitiin samalla tavoin sijoitetuilta inventointilinjoilta. Kukin kuudesta linjasta sisälsi 20 neljännesneliön kokoista ympyräkoelaa.

Viljelykohdista määritettiin kasvualustan laatu (turvetasapinta, turvemätäs, kivennäismaamätäs, turvesekoitteinen kivennäismaamätäs), heinityminen, rousteen ja pintavesilammikoiden esiintyminen sekä kivennäismaata sisältävistä mätäistä kivennäismaalaji. Taimien pituus mitattiin yhden senttimetrin tarkkuudella. Kylvötaimista pituus mitattiin kylvökohdan (mänty) tai otantaympyrän (koivut) kahden pisimmän taimen keskiarvona.



Kuva 2. Tuotantovaihtoehto- (A) ja turvesyvyyskokeiden (B) rakenne. Esimerkki kummankin koetyypin yhdestä lohkoista (=toisto). Kokeissa on pääruutukäsittelynä sarkaleveys ja osaruutukäsittelynä lannoitus ja mätätys.

Taulukko 1. Kokeiden perustaminen, männyn ja koivun viljelymateriaali sekä metsityslannoitus.

Koe	Tunnus	Vuosi	Puulaji	Viljelymateriaali	Toistoja, kpl	Ojitus ja mätästys	Vil-jely	Metsitys-lannoitus
Aitoneva 15	A15	1985	mänty	½Lk-½Ak, Fh-508, Saarijärvi	5	11/84	6/85	6/85, PK 1,4)
Aitoneva 16	A16	1985	mänty	2A, Saarijärvi, M-29-78-711	5	11/84	6/85	6/85, PK 1)
				½Lk-½Ak, Fh-508, Saarijärvi	5	11/84	6/85	6/85, PK 1)
				kylvö: alkuperä Naulamäki sv. 67	5	11/84	5/85	5/85, PK 1)
Hirvineva 1	H1	1987	mänty	1 MK, PS 608, Kestilä	7	10/86	6/87	6/87, PK 2)
				kylvö: B4, alkuperä Kestilä, itävyyys 86%	7	10/86	5/87	6/87, PK 2)
			raudus	½M+½Ak, Tako-710, Pielavesi	7	10/86	5/87	6/87, PK 2)
				kylvö: alkuperä Muhos, itävyyys 40%	7	10/86	5/87	6/87, PK 5)
			hies	kylvö: alkuperä Muhos, itävyyys 38%	7	10/86	5/87	6/87, PK 5)
Hirvineva 2	H2	1987	mänty	1 MK, PS 608, Kestilä	2	10/86	6/87	6/87, PK 2)
			raudus	½M+½Ak, Tako-710, Pielavesi	1	10/86	6/87	6/87, PK 2)
Koppelosuo	K	1987	mänty	1 MK, PS 608, Herrasnah	4	11/86	5/87	5/87, PK 2,7)
				kylvö: A3, alkuperä Herrasnah, itäv.86%	4	11/86	4/87	5/87, PK 2,7)
			raudus	½M+½Ak, Tako-710, Rautalampi	4	11/86	5/87	5/87, PK 2,7)
				kylvö: alkuperä Eno, itävyyys 81%	4	11/86	4/87	4/87, PK 5,7)
			hies	kylvö: alkuperä Muhos, itävyyys 40%	4	11/86	4/87	4/87, PK 5,7)
Rastunsuo	R	1987	mänty	1 MK, PS 608, Herrasnah	6	11/86	6/87	6/87, PK 2)
			raudus	½M+½Ak, Tako-710, Rautalampi	5	11/86	6/87	6/87, PK 2)
Satamakeidas 1	S1	1988	mänty	1 MK, PS 608, sv. 124	6	11/87	5/88	6/88, PK 3)
				kylvö: A2, alkuperä Kuru	5	11/87	5/88	6/88, PK 3)
			raudus	turveruokku FP 635, Sääksmäki 6 86	6	11/87	5/88	6/88, PK 3)
				kylvö: alkuperä Karvia, itävyyys 39%	6	11/87	5/88	6/88, PK 6)
			hies	kylvö: alkuperä Karvia, itävyyys 70%	5	11/87	5/88	6/88, PK 6)
Satamakeidas 2	S2	1988	mänty	1 MK, PS 608, sv. 124	5	11/87	5/88	6/88, PK 3)
			raudus	turveruokku FP 635, Sääksmäki 686	4	11/87	5/88	6/88, PK 3)
Vuoreneva	V	1988	mänty	1 MK, PS 508, Kärjäjärvi sv. 229	5	10/87	5/88	6/88, PK 3)
			raudus	turveruokku FP 635, Sääksmäki 686	4	10/87	5/88	6/88, PK 3)

1) Suomettien PK-lannos (0-9-17, B 0,2) 30 g/taimi 0,25 m²-n laikkuun (P 2,7, K 5,1 g/taimi)

2) Suomettien PK-lannos (0-9-17, B 0,2) 20 g/taimi 0,125 m²-n laikkuun (P 1,8, K 3,4 g/taimi)

3) Suomettien PK-lannos (2-9-17, B 0,2) 20 g/viljelykohta 0,125 m²-n laikkuun (N 0,4, P 1,8, K 3,4 g/taimi)

4) Jatkolannoitus 5/1990: Suomettien PK-lannos (2-8-15, B 0,2) 60 g/taimi (N 1,2, P 4,8, K 9,0 g/taimi)

5) Suomettien PK-lannos (0-9-17, B 0,2) 425 kg/ha (P 38, K 72 kg/ha)

6) Suomettien PK-lannos (2-9-17, B 0,2) 480 kg/ha (N 10, P 4,3, K 8,2 kg/ha)

7) Kontrolliruutujen lannoitus: männyn viljelyssä ja rauduskoivun istutuksessa 5/1990, ks. kohta 2; koivun kylvössä 6/1988, ks. kohta 5



Kuva 3. Honkajoen Satamakeitaan turvesyvyyskoe syksyllä 1987 ennen rauduskoivun istutusta (yläkuva, M. Saarinen) ja seitsemän kasvukauden jälkeen syksyllä 1994 (alakuva, L. Aro). Vasemmanpuoleisella kapealla saralla kasvavia koivuja ei ole lannoitettu.

Kylvökohdista tai ympyräkoaloista laskettiin sirkkataimien määrät (mm. elävät, kuolleet). Inventointikesän pituuskasvu mitattiin vain männyn taimista. Taimien kuntoa ja ilmiäisä arvioitiin useilla luokittelevilla asteikoilla (Saarinen 1993). Taimista määritettiin tuhot ja niiden aiheuttajat. Neulasten ja lehtien kuntoa arvioitiin ruskettuneiden tai syötyjen neulasten ja lehtien osuudella (osuus alle kolmannes, 1/3–2/3, yli kaksi kolmasosaa, taimi kuollut). Männyn kasvuhäiriöitä kuvailtiin syksyn 1989 inventoinnissa luokituksella, jossa binäärimuuttujina olivat haaroittuminen kasvukausina 1988 ja 1989, silmuttomien versojen esiintyminen ja jälkiversonta. Haaroittumisen syy määritettiin seuraavasti:

- 1 = kasvaimet versoneet silmutasapainon häiriintymisen vuoksi syntyneestä monisilmuisesta silmuryhmästä
- 2 = silmusyönti
- 3 = latvasilmut kuolleet muusta syystä, haaroittumiskohdassa kuivuneita, ehjiä silmuja
- 4 = latvasilmuista muodostuneet versot kitukasvuisia, latva muodostunut sivuversoista
- 5 = haaroittumiskohdassa ei ole havaittavia vioituksia, haaroittumisen syy tuntematon

Kokeiden perustamista edeltäneenä syksynä otettiin jokaiselta koekentältä turve- ja kivennäismaanäytteet kasvupaikan pääraivannekoostumuksen selvittämiseksi. Tilavuustarkat näytteet (38x48x50 mm³) otettiin koko turveprofiilista 5 cm:n kerroksina kivennäismaan rajapinnasta alkaen, paitsi Satamakeitaalla, jossa näytteet otettiin em. tavalla 20 cm:iin asti ja tämän jälkeen 10 cm:n kerroksina. Kivennäismaasta otettiin näytteet turpeen ja pohjamaan rajapinnasta alaspäin (0–10 cm). Satamakeitaalta pohjamaanäytteet otettiin kahtena 5 cm:n osakerroksena (0–5 ja 5–10 cm). Näytteet otettiin kokeille merkityiltä ojalinjoilta ennen ojien kaivamista.

23. Inventoinnit ja näytteiden otto 1993–1995

231. Maanäytteet

Koalueiden maan ravinnetilan lisäkartoittamiseksi otettiin uusia turve- ja kivennäismaanäytteitä metsitetyiltä koaloilta (kuva 4). Turvekerroksen alla olevasta kivennäismaasta (pohjamaa 0–10 cm) koostenäytteet otettiin systemaattisesti käsittelyruudittain (koalan koon perusteella 4–6 osanäytettä/kooste). Suopohjaturpeesta otettiin sekä taimikohtaisia näytteitä että rivitai koelakohtaisia koosteita pääasiassa 0–10 ja 10–20 cm:n pintakerroksista. Näytteitä kerättiin erilaisista lannoitus-, maanparannus- ja muokkauskäsittelyistä männylle ja koivulle viljellyistä kohteista siten, että näytteiden otto on toistettavissa muutaman vuoden kuluttua.

Männyn juuriston syvyysulottuvuuden selvittämiseksi kerättiin tilavuus-

tarkat (38x48x50 mm³) taimikohtaiset juuristonäytteet Aitonevalta (koe 15), Satamakeitaalta (koe 2) ja Vuorenevalta heinä–elokuussa 1993. Näytetaimet valittiin taimien kunnan ja viljelykohdan perusteella (Aro 1995). Juuristonäyte otettiin 40 cm:n syvyyteen 30 cm:n etäisyydeltä taimesta lannoituslaikun sisäältä. Osmanginsuolta (elo–syyskuu 1994) ja Piipsannevalta (kesäkuu 1995) männyn juuristonäytteet kerättiin systemaattisesti koealakoosteina 40 cm:n syvyyteen 5 cm:n kerroksina (neljä osanäytettä kerroksessa).

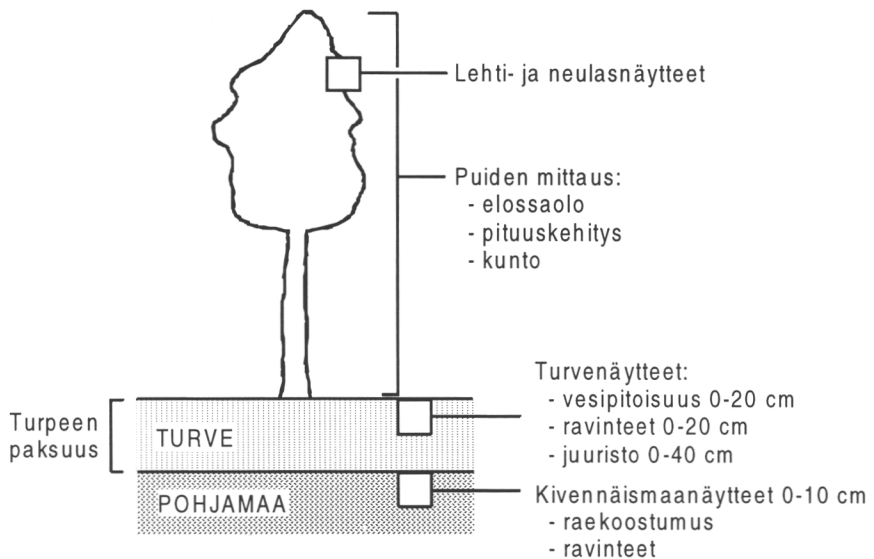
Koivun juuristonäytteet otettiin Koppelosuon ja Satamakeitaan tuotantovaihtokokeilta raudus- ja hieskoivun kylvöruuduista. Maanpinnasta 40 cm:n syvyyteen tai pohjamaahan yltäneet tilavuustarkat turveprofiilit jaettiin 5 cm:n paloihin, joista kerroskoosteet muodostettiin riveittäin (Koppelosuolla kuusi ja Satamakeitaalla viisi osanäytettä). Osmanginsuon ja Piipsannevan kokeilta koivun juuristonäytteet otettiin samoin kuin männyllä. Juuret eroteltiin maanäytteistä vesihuuhtelulla ja puhdistettiin sekä määritettiin juurten kuivamassa (105 °C). Ennen kuivamassan määrittystä juurista otettiin valokopiot, joista mitataan juurten pituus myöhemmin kuva-analysaattorilla.

232. Nuoret taimikot

Männyn kehitystä koskeva aineisto kerättiin 1980-luvun loppupuolella perustetuista Aitonevan (kokeet 15 ja 16), Koppelosuon, Rastunsuon, Satamakeitaan ja Vuorenevan metsityskokeista (Aro 1995). Taimista mitattiin pituus ja kaksi tai kolme viimeistä vuosikasvua. Taimien kunto ja vikaisuus arvioitiin viisiluokkaisilla asteikoilla (Aro 1995). Viljelykohdasta määritettiin kasvualustan laatu, turpeen paksuus ja taimen sijainti ojaan nähden. Satamakeidas 1 ja Aitoneva 16 inventoitiin touko–kesäkuussa sekä Satamakeidas 2 ja Vuoreneva elokuussa 1993. Koppelosuo ja Rastunsuo inventoitiin seuraavan vuoden kesäkuussa ja Aitoneva 15 marraskuussa.

Maan ravinteisuuden vaikutusta mäntyjen ravinnetilaan ja kehitykseen selvitettiin valitsemalla männyn taimia lannoituksen ja mätästyksen suhteen erilaisilta kasvualustoilta Rastunsuon (94 viljelykohtaa), Vuorenevan (67) ja Satamakeitaan (59) turvesyvyyskokeilta sekä Aitoneva 16:lta (79) ja Satamakeitaan tuotantovaihtokokeelta (37). Männyt valittiin kokeiden mittauksen yhteydessä siten, että otokseen saatiin kunnoltaan erilaisia taimia (kuolleista voimakkaisiin) matalilta (turvetta korkeintaan 30 cm) ja paksuilta (yli 30 cm) turvekerroksilta koko kokeen alueelta. Taimien läheisyydestä otettiin tilavuustarkka maanäyte (38x48 mm²) 20 cm:n syvyyteen 10 cm:n kerroksina. Taimikohtaiset neulasnäytteet (uusimmat neulaset ylimmästä oksakiehkurasta) otettiin Vuorenevan ja Satamakeitaan turvesyvyyskokeilta joulukuussa 1993 sekä Rastunsuolta marraskuussa 1994.

Koivut mitattiin Satamakeitaan, Vuorenevan, Rastunsuon ja Koppelosuon kokeissa elokuussa 1994. Turvesyvyyskokeissa tutkittavana puulajina oli pelkästään istutettu rauduskoivu. Satamakeitaan tuotantovaihtokokeessa mitattiin raudus- ja hieskoivun kylvöalat ja Koppelosuolla lannoitetut rauduskoivun kylvö, istutus sekä hieskoivun kylvö. Koivut mitattiin lannoittamattomilta ja PK-lannoitetuilta koealoilta kahdelta eri etäisyydeltä



Kuva 4. Kokeiden inventointi 1993–95.

kuivatusojasta (3 ja 18 m ojasta) siten, että lyhyillä ruuduilla mitattiin kustakin rivistä kaksi tainta kolmesta ja pitkillä ruuduilla joka toinen taimi (taulukko 2). Mittaus aloitettiin rivin toisesta taimesta. Koppelosuolla istutetut rauduskoivurivit luettiin kokonaisuudessaan. Koppelosuon ja Satama-keitaan (koe 1) koivun kylvöaloihin sijoitettiin systemaattisesti 20 ympyräkoelaa ($A = 0,25 \text{ m}^2$) kummallekin mitattavalle riville. Taimista ja viljelykohdista määritettiin sijainti ojaan nähden, viljelykohta (turvepinta, kivennäismaa, turpeen ja kivennäismaan sekoitus), puulaji (raudus- vai hieskoivu), turvepinnalta turpeen paksuus, taimien pituus, pituuskasvut 1993 ja 1994 (ympyräkoelaloilla kahden valtataimen pituuskehitys), elävien ja kuolleiden taimien lukumäärät (kylvöalojen ympyräkoelaloilla), kuntoluokka (Leikola 1976) ja vikaisuus oheisen asetelman mukaisesti (Saarinen 1993):

- 1 = normaali yksilatvainen
- 2 = pääverso kuivunut, versoo tyvisilmuista
- 3 = latva kuollut, ranganvaihdos
- 4 = latvat eläviä, taimi haaroittunut

Lehtinäytteet kerättiin elokuun loppupuoliskolla 1980-luvun lopulla perustetuilta kokeilta rivikoosteina samoista riveistä, joista otettiin myös maanäytteet sekä mitattiin koivut. Osanäyte otettiin uusien etelänpuoleisten vuosikasvaimien puolivälistä. Lehdet nypittiin oksista.

233. Varttuneet taimikot ja nuoret kasvatusmetsiköt

Aitonevan kokeelta 3 (maaliskuu 1991), Osmanginsuolta ja Piipsannevalta (maaliskuu 1994) kerättiin neulasnäytteitä koelakoosteina noin kymmenestä

Taulukko 2. Koivujen inventointi 1994. Koealojen koko sekä koealojen ja tutkittujen viljelykohtien määrä eri kokeissa.

Koe	Koealoja, kpl	Koealan koko	Viljelykohtia, kpl	Viljelykohtia/rivi, kpl
Koppelosuo	12	20 m x 40 m	480	20
Rastunsuo	10	20 m x 75–115 m	513	18–30
Satamakeidas 1	11	20 m x 60–100 m	440	20
Satamakeidas 2	8	20 m x 75–115 m	426	22–31
Vuoreneva	8	20 m x 65–105 m	343	19–25
Yhteensä	49		2202	

koealaa keskimäärin kuvaavasta puusta toiseksi ylimmän etelänpuoleisen oksakiehkuran uusimmista neulasista. Lehtinäytteitä kerättiin koealakoosteinena Aitonevan kokeelta 9 (elokuu 1995) sekä Osmanginsuolta ja Piipsannevalta (elokuu 1993).

Osmanginsuon ja Piipsannevan kokeet mitattiin kesäkuussa 1995. Koealoittain määritettiin puiden terveydentila (tuhot, tuhonaiheuttajat ja tuhojen voimakkuus) ja ojen kunto (Penttilä & Honkanen 1986).

Osmanginsuolla männyt mitattiin kultakin koealalta kahdesta rivistä: koealan reunasta ja keskeltä sarkaa. Kummastakin rivistä mitattiin kaikki puut. Piipsannevalla mitattiin kultakin koealalta vain yhden reunarivin puut. Rivistä mitattiin joka toinen puu. Puista määritettiin sijainti ojaan nähden, puulaji, pituus (dm), elävän latvuksen alarajan korkeus maanpinnasta (dm), rinnankorkeusläpimitta (mm), kuntoluokka (terve, huono, kituva, kuollut) ja latvuksen muoto (normaali; monilativainen, pääranka kuitenkin erottui kilpailevista latvoista; pensasmainen, luutamainen, ei selvää päärankaa, mahdollisesti useita kuolleita kasvaimia). Puiden kuntoluokitus perustui näkyviin vaurioihin, lehti- ja neulasmassan määrään sekä vuosikasvaimien kuntoon ja pituuteen. Lisäksi laskettiin kustakin puusta laatua alentavien poikaoksien, latvan vaihtojen ja mutkien lukumäärät neljän metrin pituudelta puiden tyvestä. Myös turpeen paksuus mitattiin kunkin puun vierestä. Osmanginsuon ja Piipsannevan koivukäsittelyt mitattiin samoin periaattein kuin männytkin. Männyistä laskettiin lisäksi neulasvuosikertojen lukumäärä (kasvain, jonka neulasista vähintään puolet oli jäljellä).

24. Maa- ja ravinneanalyysit

Kivennäismaanäytteiden raakoostumus määritettiin kuivaseulonnalla tai pipettimenetelmällä (Heiskanen & Tamminen 1992). Samalla laskettiin näyt-

teiden keskiraekoko (d_{50} , mediaaniraeläpimitta) ja lajittuneisuusindeksi ($s=2 \times \lg(d_{75}/d_{25})$) (Heiskanen & Tamminen 1992, Tamminen 1997). Lisäksi näytteistä määritettiin pH (tilavuussuhteessa maa/vesi=1/5), orgaanisen aineksen osuus (hehkutus 550 °C:ssa), happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuvat P, K, Ca, Mg, Al ja Fe Metsäntutkimuslaitoksessa normaalisti käytettävien menetelmin (Halonen ym. 1983). Joillakin kokeilla määritettiin lisäksi suolahappoon uuttuvat fosfori ja kalium. Vuosina 1987–88 kerätyistä kivennäismaanäytteistä analysoitiin kaliumkloridiuutoksesta kasveille käyttökelpoinen typpi, josta määritettiin erikseen ammonium- ja nitraattityppi.

Useimmista turvenäytteistä määritettiin orgaanisen aineksen osuus ja pH sekä kaliumin, fosforin, kalsiumin, alumiinin ja raudan kokonaispitoisuudet tuhkan suolahappouutoksesta ja lisäksi happamalla ammoniumasetaatilla uuttuvat helppoliukoiset P, K ja Ca samoin menetelmin kuin kivennäismaanäytteistäkin. Kokonaistyyppi määritettiin Kjeldahlin menetelmällä vain joistakin turvenäytteistä, sillä käytettävissä oli vanhoja määrittämiä tutkituilta koelueilta.

Neulas- ja lehtinäytteistä määritettiin ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, B, Mn, Cu, Zn, Fe) kokonaispitoisuudet (Halonen ym. 1983). Kaikkiaan projektin aikana (1993–95) kerättiin ja analysoitiin yli 6000 lehti-, neulas-, juuristo-, turve- ja kivennäismaanäytettä.

25. Laskenta

Lannoituksen, mätästykseen ja turvepaksuuden vaikutuksia taimien pituuskehitykseen, ravinnetilaan, juuriston syvyyteen ja maan ominaisuuksiin selvitettiin varianssi-, kovarianssi- ja regressioanalyysin. Metsityksen onnistumisen inventoinnissa valtaosa aineistosta perustui kuitenkin taimien eri ominaisuuksien kategoriseen, joko luokka- tai järjestysasteikolliseen luokiteluun. Frekvenssiaineistot analysoitiin loglineaarilla malleilla (Saarinen 1993).

3. Tulokset ja niiden tarkastelu

31. Maan ominaisuudet

311. Pohjamaa

Useimmiten kokeiden pohjamaa oli lajittunutta hienoa hiekkaa (taulukko 3). Hienojakoisilla pohjamailla sijaisivat Rastunsuon, Osmanginsuon ja Piipsannevan kokeet. Hiekkaisille maille oli ominaista hienon aineksen pieni

osuus. Karkeinta pohjamaa oli Honkajoen Satamakeitaalla (koe 2), jossa soran osuus oli keskimäärin lähes viidennes. Vastaavasti Aitoneva 15:lla hienon hiedan ja sitä hienompien ainesten (läpimitta alle 0,06 mm) osuus oli muihin kokeisiin verrattuna suuri, keskimäärin yli viidennes. Pohjamaa oli hieman happamampaa kuin kankaiden kivennäismaa (kuva 5, ks. Urvas & Erviö 1974). Happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuvaa fosforia ja kaliumia oli suopohja-alueiden pohjamaassa selvästi vähemmän varsinkin karkeajakoisilla mailla kuin kankaiden metsämaissa (kuva 5, ks. Urvas & Erviö 1974, ks. myös Wall & Urvas 1996). Helppoliukoisen fosforin osuus suolahappoon uuttuvasta fosforista oli 1,9–2,3 ja vastaavasti vaihtuvan kaliumin osuus 1,2–2,3 % (Saarinen 1993). Hiekkaisissa pohjamaissa Ca-pitoisuudet olivat kankaiden metsämaiden tasolla (Urvas & Erviö 1974) tai selvästi niiden yläpuolella Satamakeitaan kokeita lukuunottamatta. Rastunsuon kokeessa magnesiumin ja raudan pitoisuus oli selvästi korkeampi ja alumiinin alempi kuin muissa kokeissa (kuva 5).

Raekoon merkitys ilmeni myös liukoisen typen, lähinnä ammoniumtypen pitoisuuksissa (taulukko 4). Rastunsuolla sitä oli nelinkertaisesti Koppelosuohon ja Satamakeitaaseen verrattuna. Sen sijaan nitraattitypen pitoisuudet olivat Rastunsuolla Satamakeitaaseen verrattuna hyvin alhaiset. Liukoisen typen osuus kokonaistypestä oli 1–1,5 % lukuunottamatta Rastunsuota, jossa se oli peräti 7 %. Typen kokonaispitoisuudet (579–1120 mg/l in situ) vastaavat mäntykankaiden 10 cm:n pintakerroksen lukuarvoja (Mälkönen ym. 1990).

312. Turve

Suopohjaturpeen kokonaistyyppipitoisuus on verraten korkea (1,7–2,4 %, Kaunisto 1979, 1987b, Kaunisto & Tukeyva 1986). 1980-luvun loppupuolella perustetuissa kokeissa tyyppipitoisuus vaihteli melko paljon (Saarinen 1993). Se oli korkein (yli 2 %) savi- ja hiesupohjalle syntyneissä turpeissa Hirvinevalla ja Rastunsuolla. Hiekkapohjaisilla Koppelosuon ja Satamakeitaan kokeilla turpeen tyyppipitoisuus oli 1,5–2,0 %. Typen määrä turpeessa vaihteli 2390 (Satamakeidas) ja 4027 kg/ha (Rastunsuu) välillä 10 cm:n turvekerroksissa (kuva 6).

Myös turpeen fosforipitoisuudet vaihtelivat paljon (Saarinen 1993). Limingan Hirvinevan turvesyvyyskokeessa fosforipitoisuudet olivat lähes nelinkertaiset Honkajoen Satamakeitaan turpeisiin verrattuna, kun vastaavasti turpeen kaliumpitoisuudet olivat lähes samansuuruisia (Saarinen 1993). Fosforipitoisuudet kohosivat kivennäismaata lähestyttäessä aikaisemmin kuin kaliumpitoisuudet. Pitoisuudet kivennäismaahan rajoittuvassa 10 cm:n turvekerroksessa olivat 2–5 kertaiset ylempien turvekerrosten fosforipitoisuuksiin verrattuna (Saarinen 1993).

Satamakeitaalla turveprofiilin fosforimäärä vaihteli 42–86 ja Rastunsuolla 140–182 kg/ha 10 cm:n kerroksissa, kun etäisyys pohjamaasta oli enemmän kuin 5–10 cm (kuva 6). Myös pintaturpeen (0–20 cm) kokonaisfosforin määrässä oli vaihtelua eri kokeiden välillä (95–310 kg/ha), mutta määrä oli

yleensä suurempi kuin luonnontilaisilla soilla (Westman 1981) ja suunnilleen yhtä paljon kuin runsastyyppisistä suotyypeistä kehittyneiden turvekankaiden pintaturpeessa (Kaunisto & Paavilainen 1988). Helppoliukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli 1,1–3,6 % (Aro 1995).

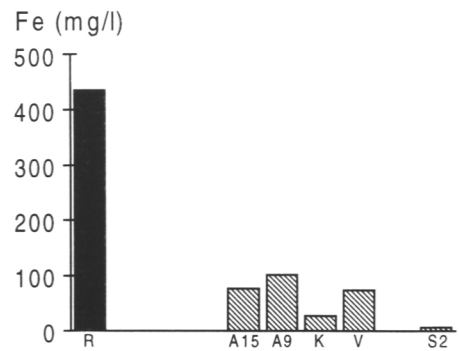
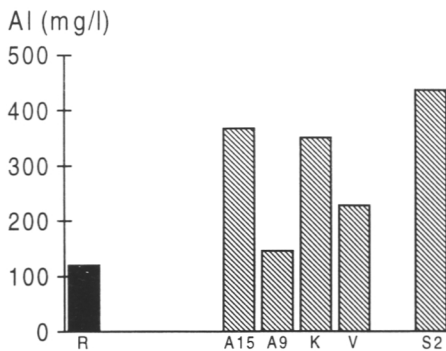
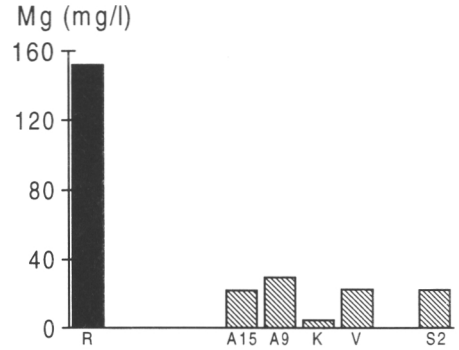
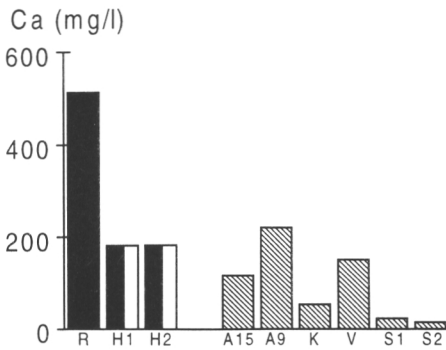
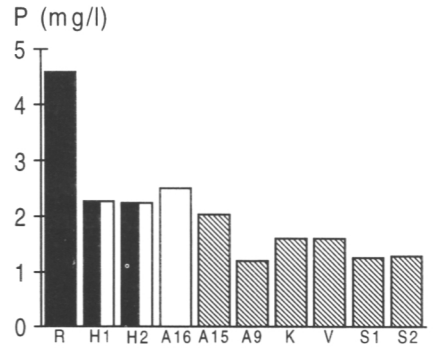
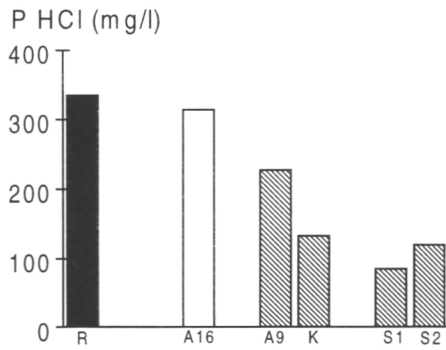
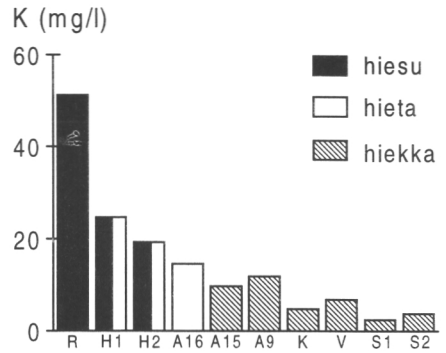
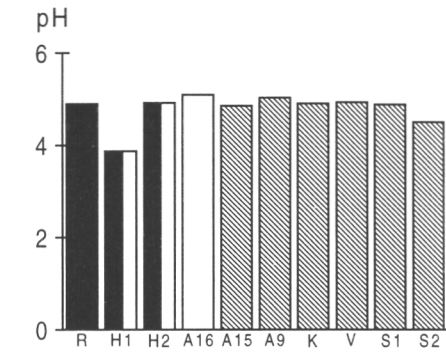
Puiden ravinnetalouden kannalta tulisi runsastyyppisillä soilla kuitenkin tarkkailla typen ja fosforin suhteellisia määriä turpeessa (Kaunisto & Paavilainen 1988). Kauniston ja Viinamäen (1991) sekä Saarisen (1993) esittämistä tuloksista laskettu typen ja fosforin kokonaismäärien suhde suopohjaturpeessa on noin 100/2–4. Orgaanisen aineen hajotessa typpeä ja fosforia vapautuu liukoiseen muotoon samassa suhteessa kuin niitä on kasvialustassa (Alexander 1977). Puut käyttävät typpeä ja fosforia kuitenkin suhteessa

Taulukko 3. Pohjamaan raekoostumus. Kokeiden lyhenteet taulukossa 1 (A9 = Aitoneva 9, O = Osmanginsuo, P = Piipsanneva).

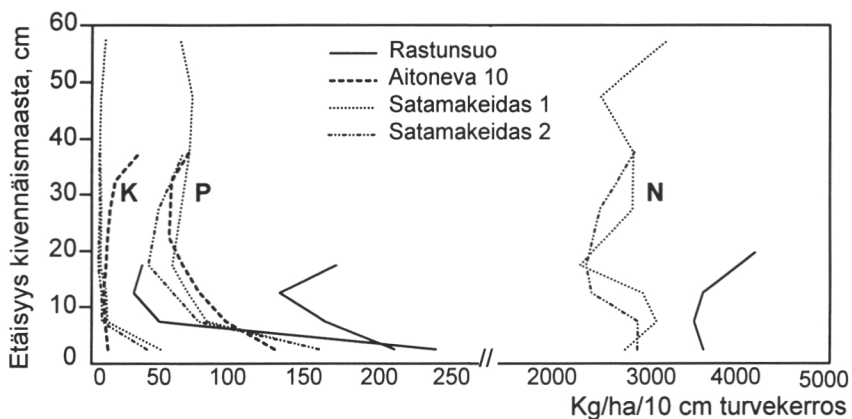
Ominaisuus	Koe									
	A9	A15	A16	K	O	P	R	S1	S2	V
Hienot lajitteet, %	2,1	22,2	15,4	6,1	94,0	97,0	92,9	2,3	3,4	2,6
Soran osuus, %	5,2	7,9	4,2	10,4	0,0	0,0	0,2	0,6	17,6	5,9
Keskiraekoko, µm	439	220	168	333	6	2	4	236	421	369
Lajittuneisuusindeksi	1,0	1,9	1,4	1,2	–	–	–	1,0	1,6	1,2
Vallitseva lajite	HHk	HHk	KHt	HHk	Sa	Sa	Sa	HHk	HHk	HHk
ja sen osuus, %	56,3	27,0	46,0	46,3	27,0	55,0	39,6	49,7	38,7	44,7
Maalaji	HHk	HtHHk	KHt	HHk	HHs	Sa	HHs	HtHHk	SrHHk	HHk

Taulukko 4. Turpeenalaisen kivennäismaan typpipitoisuus, orgaanisen aineksen osuus ja maalaji. Näytteet otettiin kokeiden perustamista edeltäneenä syksynä.

Koe	Näytekerros, cm	Kokonaistyyppi		Liukoinen typpi		Org-%	Maalaji
		N, %	N, mg/l	NH ₄ ⁺ , mg/l	NO ₃ ⁻ , mg/l		
Hirvineva 1	0–10	0,075	1043	–	–	–	KHs-HHt
Hirvineva 2	0–10	0,038	579	–	–	–	KHs-HHt
Koppelosuo	0–10	0,060	817	10,5	0,2	3,0	HHk
Rastunsuo	0–10	0,074	593	40,9	0,5	–	HHs
Satamakeidas 1	0–5	0,008	891	11,5	1,6	3,5	HHk
	5–10	0,006	761	10,0	1,6	4,5	HHk
Satamakeidas 2	0–5	0,010	1086	10,5	1,5	4,2	HHk
	5–10	0,008	1120	9,0	1,5	3,5	HHk



Kuva 5. Pohjamaan pH, happamaan ammoniasetaattiin uuttuvien ravinteiden pitoisuudet sekä suolahappoon uuttuvan fosforin pitoisuus kokeittain ja maalajeittain. Hirvinevalla pohjamaalajit olivat karkea hiesu ja hieno hieta. Kokeiden lyhenteet taulukossa 1.



Kuva 6. Turpeen kokonaistypen (N), -fosforin (P) ja -kaliumin (K) määrät eri etäisyyksillä pohjamaasta.

100/10–13 (esim. Paavilainen 1980, Kaunisto & Paavilainen 1988, Finér 1989, 1991), joten puilla on suopohjilla kasvaessaan fosforista puutetta suhteessa tyypeen.

Pintaturpeen (0–20 cm) kaliummäärät (17–33 kg/ha) olivat jopa hieman pienempiä kuin vanhojen ojitusalueiden turvekankailla (Kaunisto & Paavilainen 1988) ja selvästi pienempiä kuin luonnontilaisilla soilla (Westman 1981). Vaihtuvan kaliumin osuus kokonaiskaliumista oli 35–80 % (Aro 1995). Satamakeitaalla turpeen kaliummäärä pysyi tasaisesti hyvin alhaisena (10 cm:n kerroksissa noin 10 kg/ha) 5–10 cm:n etäisyydeltä pohjamaasta alkaen. Vastaavasti Rastunsuolla turveprofiiliin kaliummäärä vaihteli 30–50 kg/ha (kuva 6).

313. Vesitalous

Vuosina 1988 ja 1989 koealueilla oli runsaasti pintavettä sekä keväällä että myös voimakkaiden kesäsateiden jälkeen. Syynä oli osittain turpeen huono vedenläpäisevyys, osittain turpeennoston loppuvaiheen tekninen toteutus. Monesti saran keskusta ja ojanvarsi olivat näiden väliin jäävää saran osaa korkeammalla, jolloin tähän oli jäänyt vettä kerääviä painanteita. Vesi haihtui yleensä melko nopeasti. Veden haihduttua alkukesän aikana pintavesilammikot eivät yleensä haitanneet männyn ja hieskoivun siementen itämistä ja sirkkataimien kehitystä. Sen sijaan rauduskoivun taimettumista ne vaikeuttivat jonkin verran Hirvinevalla.

Useimmissa tapauksissa turpeennostossa olevien alueiden syvien valtaojien ansiosta pohjavesitaso oli riittävän syvällä suoaltaiden reunoilla, joilla metsityskokeetkin pääasiassa sijaitsivat. Metsityksen onnistumiseksi oli tärkeintä kaivaa uudet ojat siten, että pintavedet pääsivät ojiin tuotantosarkojen painanteista. Kokeissa käytetty 40 metrin sarkaleveys osoittautui riittäväksi. Ojamaita mätätettäessä oli tarpeen varmistaa pintavesien vapaa virtaus ojiin.

32. Metsityksen onnistuminen

321. Kylvöalojen taimettuminen

Taimettuneita männyn kylvökohtia oli Satamakeitaalla (koe 1) ja Koppelosuolla ensimmäisen kasvukauden jälkeen yli 95 % (taulukko 5). Sen sijaan Hirvinevalla (koe 1) peräti kolmannes kylvökohdista oli jäänyt tyhjäksi epäonnistuneen kuivatuksen takia. Taimettuneiden kylvökohtien osuus Satamakeitaalla ja Koppelosuolla oli lähes sama seuraavan vuoden inventoinnissa. Kylvökohtiin syntyneiden männyn taimien määrissä oli verraten suuria eroja eri koekenttien välillä. Parhaiten taimettuneella Satamakeitaan kentällä taimia oli lähes kolme ja Koppelosuolla lähes kaksi kertaa niin paljon kuin Hirvinevalla (taulukko 5). Taimien kuolleisuus lisääntyi inventointijakson aikana selvästi.

Kylvökohdan laatu vaikutti männyn siementen itämiseen ja sirkkataimien syntyyn (ks. Saarinen 1993). Turvesekoiteinen kivennäismaamätäs osoitautui selvästi edullisimmaksi itämisalustaksi (kuva 7). PK-lannoitus heikensi männyn siemenen itämistä, mutta toisaalta lannoituksella pystyttiin vähentämään syntyneiden sirkkataimien kuolleisuutta erityisesti turvepinnalla. Männyn taimettumisen ja turvekerroksen paksuuden välinen riippuvuus oli merkitsevä ainoastaan Koppelosuon PK-lannoitetuilla koeruuduilla; taimia oli eniten ohuimmilla turvekerroksilla.

Hieskoivun kylvöpinta-alasta oli taimettunut keskimäärin 50–69 % (Saarinen 1993). Rauduskoivulla vastaava osuus oli 58–69 %. Kylvöt olivat onnistuneet heikoimmin Satamakeitaalla (koe 1), jossa huonosti taimettuneiden kivennäismaapintojen osuus oli suurempi kuin muilla kokeilla. Taimettuneella kylvöpinnalla koivun taimien tiheys oli 96 000–200 000 kpl/ha (taulukko 6). Taimien määrä oli suunnilleen ennallaan vuoden 1994 inventoinnissa lukuunottamatta Satamakeidasta (taulukko 6), jossa elävien taimien määrä oli vähentynyt selvästi. Ilmeisesti Satamakeitaalla paljaiden hiekkapintojen osuus oli lisääntynyt mm. tuulen vaikutuksesta (kuva 3), jolloin taimien kuolleisuus ei korvautunut luontaisella taimiaineksella. Myös

Taulukko 5. Männyn kylvökohtien taimettuminen Koppelosuon, Hirvinevan ja Satamakeitaan kokeilla 1988 ja 1989.

Koe	Taimettuneita kylvökohtia, %		Kylvökohtia, joissa kuolleita taimia, %		Taimia keskim. kylvökohdassa, kpl		Taimien kuolleisuus, %	
	1988	1989	1988	1989	1988	1989	1988	1989
Koppelosuo	96	95	26	33	6,7	6,0	47	52
Hirvineva 1	63	72	9	16	3,8	3,8	50	69
Satamakeidas 1	99	96	3	64	11,3	9,2	12	53

Taulukko 6. Koivunkylvöjen taimitiheydet taimettuneella kylvöalalla.

Koe	Puulaji	Taimitiheys, 1 000 kpl/ha		1994	
		1988	1989	kiv.maamätäs	turvepinta
Hirvineva 1	Hieskoivu	180	156	–	–
	Rauduskoivu	120	156	–	–
Koppelosu	Hieskoivu	112	96	62	146
	Rauduskoivu	120	112	52	162
Satamakeidas 1	Hieskoivu	140	168	23	119
	Rauduskoivu	180	200	35	159

ympyräkoealat sijoituivat ehkä kivennäismaapitoisemmille mättille kuin edellisessä inventoinnissa 1980-luvun lopussa.

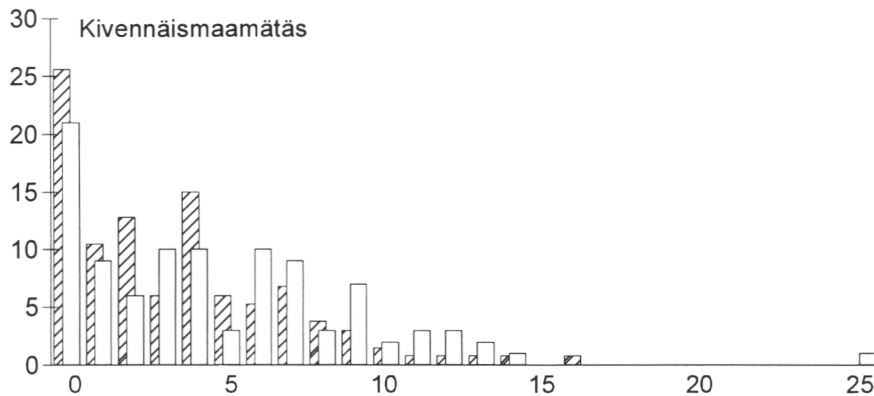
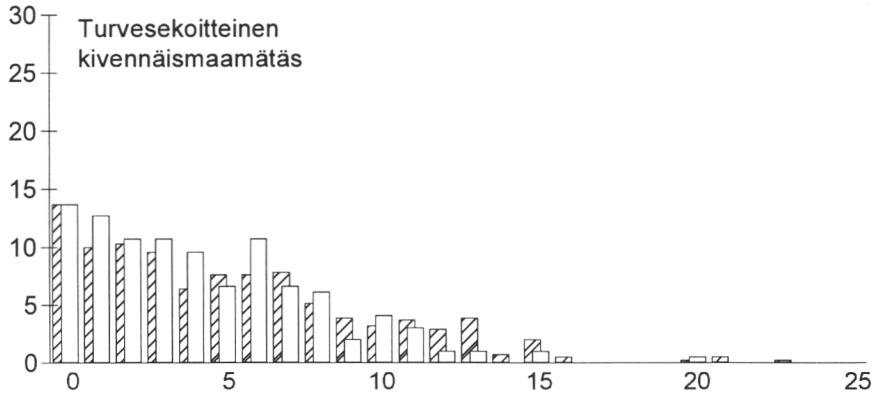
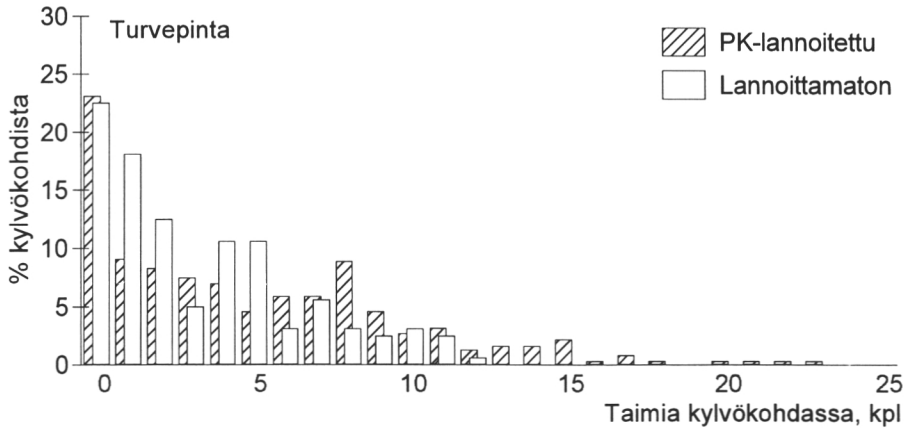
Syntyneiden koivun taimien määrää lisäsi eniten lannoitus. Myös viljelykohdan laatu vaikutti koivujen taimettumiseen voimakkaasti. Kaikille koe-kentille oli ominaista kivennäismaamättäiden erittäin huono taimettuminen. Lähes kaikki taimet olivatkin syntyneet joko lannoitetulle turvetasapinnalle tai mättille, joissa oli riittävästi turvetta sekoittuneena kivennäismaahan (kuva 8).

322. Männyn taimien kunto ja alkukehitys

Kaikilla kokeilla sekä lannoitus että viljelykohdan laatu vaikuttivat taimien yleiskuntoon tilastollisesti merkitsevästi (Saarinen 1993). Kahden–kolmen vuoden kuluttua viljelystä kokeissa oli runsaasti taimia, joiden neulaset olivat ruskettuneet talven aikana. Lannoitetuilla koealoilla ja yleensä myös lannoittamattomilla kivennäismaapitoisilla mättilillä ruskettuneita taimia oli vain vähän. Vain Koppelosuolla neulasten ruskettumista esiintyi myös lannoittamattomalla kivennäismaalla.

Huonokuntoisten ruskettuneiden taimien osuus riippui lannoittamattomilla koealoilla turvekerroksen paksuudesta. Yhteys oli selvin Vuorenevalle ja Rastunsuolle (Saarinen 1993). Lannoitetuilla koealoilla turpeen paksuuden vaihtelulla ei ollut merkitystä. Lannoittamattomilla koealoilla ruskettuneiden taimien osuus lisääntyi jyrkästi 10–20 cm paksummilla turvekerroksilla. Hirvinevan kokeessa 1 ruskettuneiden taimien osuus lisääntyi selvimmin vasta yli 30 cm:n turvekerroksilla. Turvepaksuuden vaihtelu ei kuitenkaan vaikuttanut männyn taimien kuolleisuuteen. Turpeen paksuuden, lannoituksen ja taimien yleiskunnon keskinäisiä riippuvuuksia kuvaavien mallien “selitysasteet” eli yhteensopivuudet havaintoaineiston kanssa olivat kuitenkin heikot Hirvinevan ja Satamakeitaan kokeita lukuunottamatta (Saarinen 1993).

Männyn taimien pituus kahden tai kolmen kasvukauden jälkeen vaihteli



Kuva 7. Viljelykohdan ja lannoituksen vaikutus männyn kylvökohtien taimettumiseen syksyllä 1989 Hirvinevan, Koppelosuon ja Satamakeitaan tuotantovaihtokokeilla. Turvepinnalla sijainneet kylvökohdat mitattiin vain 40 metrin sarkaleveydestä.

14 ja 36 cm:n välillä (kuva 9). Lannoitus lisäsi merkittävästi männyn kasvua ja pituutta. Käsittelyjen väliset erot syntyivät vasta toisen tai kolmannen kasvukauden aikana. Lannoituksen ja mätästyksen aiheuttamat kasvureaktiot voitiin kokeesta riippuen jakaa kahteen ryhmään. Koppelosuolla ja Rastun-

suolla lannoitus lisäsi selvästi kasvua sekä turvepinnoilla että mättäillä. Sen sijaan Hirvinevalla, Vuorenevalla ja Satamakeitaalla lannoitus lisäsi turvepinnoille viljeltyjen taimien kasvua huomattavasti mätäspinoille viljeltyjen taimien kasvua enemmän kuin Koppelosuolla ja Rastunsuolla. Hirvinevalla mättäille istutettujen, lannoittamattomien mäntyjen kasvu oli jopa yhtä hyvä kuin lannoitettujen taimien.

Turpeen paksuus ei vaikuttanut lannoitettujen taimien pituuskehitykseen. Lannoittamattomien istutustaimien pituuden ja kasvun riippuvuus turpeen paksuudesta oli merkitsevästi negatiivinen.

323. Koivun taimien kunto ja alkukehitys

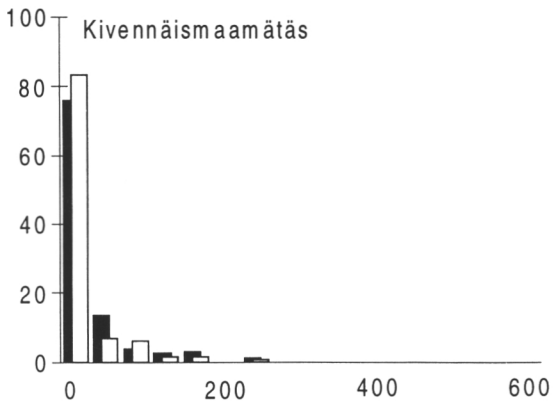
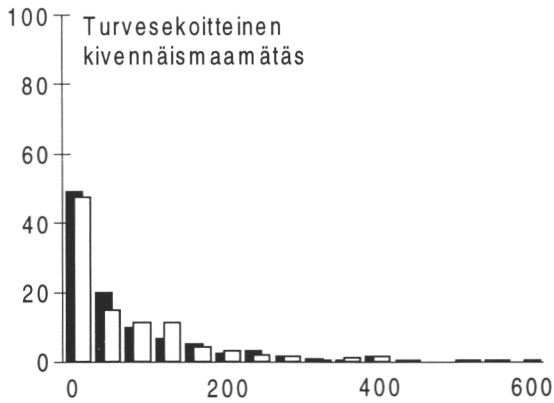
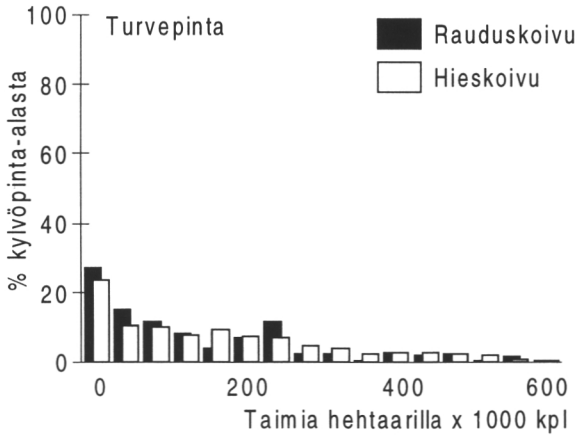
Rauduskoivun istutustaimista oli kuollut kolmessa vuodessa Hirvinevalla 5–9 %, Koppelosuolla ja Rastunsuolla pari prosenttia sekä Satamakeitaalla ja Vuorenevalla kahdessa vuodessa alle yksi prosentti. Selvää riippuvuutta eläin- ja sienituhoihin, pintavesien esiintymiseen, jälkiversantaan, viljelykohtaan tai lannoitukseen ei ollut havaittavissa (Saarinen 1993).

Rauduskoivun istutustaimien kahden tai kolmen kasvukauden jälkeinen pituus vaihteli viljelykohdasta ja lannoituksesta riippuen vajaasta 40 cm:stä lähes 160 cm:iin (kuva 10). Koppelosuolla, Vuorenevalla ja Satamakeitaalla (koe 1) mättäillä kasvaneet taimet eivät olleet merkitsevästi tasapinnoilla kasvaneita pitempiä (kuva 10). Koppelosuolla ja Vuorenevalla pituserot aiheutuivat pelkästään lannoituksesta. Rastunsuolla myös mätästys lisäsi taimien pituutta ja lannoituskin vaikutti samalla tavalla niin mättäillä kuin tasapinnoillakin kasvaneiden taimien pituuteen. Satamakeitaan turvesyvyyskokeella (koe 2) sekä kummallakin Hirvinevan kokeella lannoitus ja mätästys lisäsivät merkitsevästi koivujen pituutta. Toisin kuin Rastunsuolla, lannoitetut koivut kasvoivat näissä kokeissa paremmin tasapinnoilla kuin mättäillä. Yhdysvaikutus oli myös tilastollisesti merkitsevä.

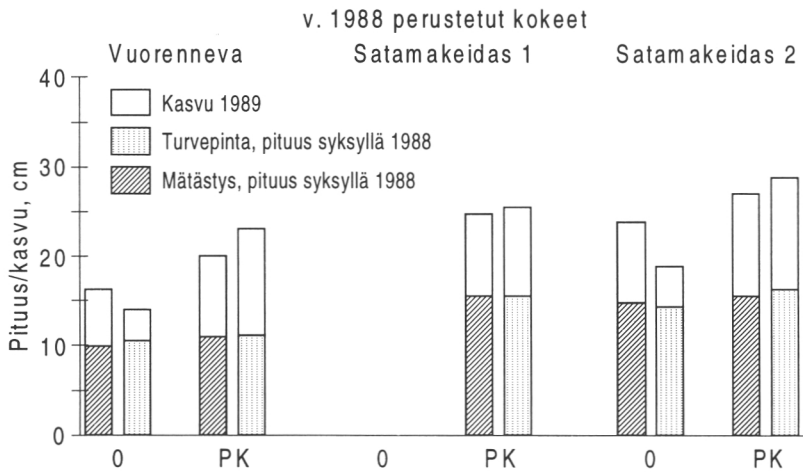
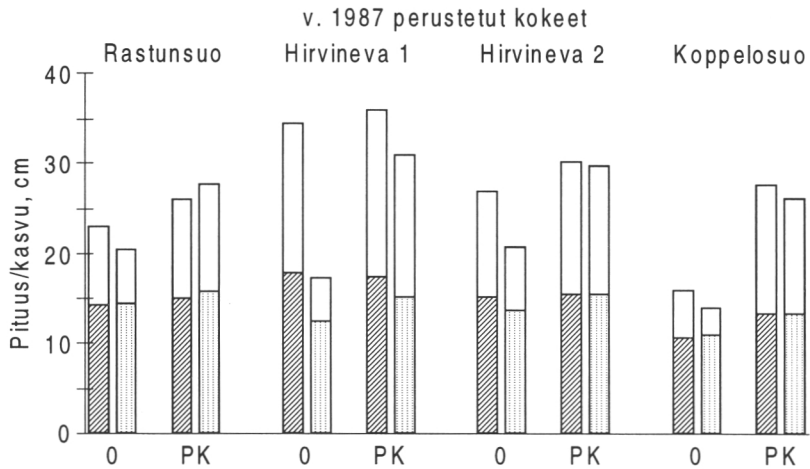
Lannoitettujen koivun kylvötaimien pituuden riippuvuus turpeen paksuudesta oli merkitsevä vain Koppelosuon ja Hirvinevan rauduskoivuilla. Koivun pituus lisääntyi turpeen paksuuden kasvaessa (R^2 9–25 %, Saarinen 1993). Rauduskoivun istutustaimien pituuden ja turvekerroksen paksuuden välinen riippuvuus oli voimakkain Satamakeitaalla (koe 2) ja Vuorenevalla. Korrelaatiokertoimet olivat negatiivisia Satamakeitaalla sekä Vuorenevan lannoittamattomilla taimilla, mutta positiivisia Vuorenevan lannoitetuilla taimilla. Riippuvuusasteet olivat Rastunsuon ja Hirvinevan kokeilla samansuuntaiset, mutta heikot. Koppelosuolla turpeen paksuus ei vaikuttanut istutettujen koivujen pituuteen. Turpeen paksuus yksinään selitti kuitenkin kaikissa tapauksissa heikosti taimien pituuskehitystä (ks. Saarinen 1993).

324. Kasvuhäiriöt

Keskimäärin noin puolet männyn kylvökohdista oli kasvuhäiriöttömiä. Kylvökohdista runsaalla viidesosalla oli kasvuhäiriöisiä sirkkataimia ja vajaalla kolmanneksella sirkkasilmuasteelle jääneitä taimia. Kummankin



Kuva 8. Lannoitettujen raudus- ja hieskoivun kylvökoealojen taimettuneisuus syksyllä 1989 Hirvinevan, Koppelosuon ja Satamakeitaan tuotantovaihtoehtokokeilla. Turvepinnalla sijainneet kylvökohdat mitattiin vain 40 metrin sarkaleveydestä.

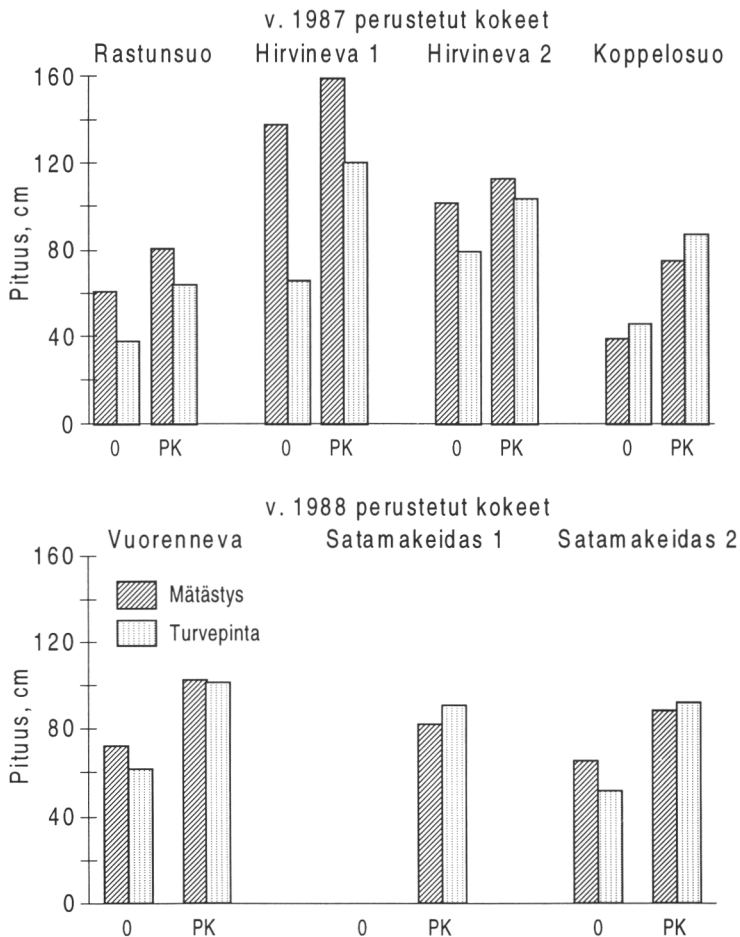


Kuva 9. Männyn istutustaimien pituus ja kasvu lannoitus- ja mätästys-käsitellyittäin 1989 (turvepinnalla sarkaleveys 40 m).

ryhmän määrä kylvökohdassa oli hieman yli 40 %. Kasvuhäiriöisiä männyn sirkkataimia esiintyi etenkin lannoitetuilla turvepinnoilla. Koppelosuolla lannoitus lisäsi kasvuhäiriöitä myös kivennäismaapinnoilla. Aikaisemmin saatujen kokemusten valossa kasvuhäiriöt lienevät kuitenkin ohimeneviä (Kaunisto 1984, 1987b).

Hirvinevan koekenttää lukuunottamatta yli puolet männyn istutustaimista oli haaroittuneita ja monilatvaisia. Tärkein syy monilatvaisuuteen oli syksyinen jälkiversonta, jota esiintyi erityisesti lannoitetuilla turvepinnoilla. Lannoitus lisäsi myös silmutasapainon häiriöitä, jolloin taimilta puuttui päätesilmu.

Rauduskoivujen haaroittuneisuus oli yleisintä kivennäismaan ja turpeen sekoitemättäillä kasvaneissa taimissa (Saarinen 1993). Lannoitus lisäsi taimien haaroittuneisuutta. Rauduskoivun istutustaimilla ilmeni myös jälki-



Kuva 10. Rauduskoivun istutustaimien pituus lannoitus- ja mätästyskäsitellyittäin 1989 (turvepinnalla sarkaleveys 40 m).

versontaa. Kummankin inventointivuoden aikana sitä esiintyi lähinnä Koppelosuolla ja Hirvinevan turvesyvyyskokeella, jossa sitä esiintyi eniten paksuimmilla turvekerroksilla. Jälkiversoneiden taimien osuudet vaihtelivat vajaasta kymmenesosasta lähes puoleen taimien kokonaismäärästä. Lannoitus oli selvästi lisännyt jälkiversontaa kaikilla koekentillä Hirvinevan tuotantovaihtokoetta lukuunottamatta.

325. Tuhot

Eläinten aiheuttamia männyn kylvötaimien syöntituhoja esiintyi vain Koppelosuolla. Todennäköisimmin kyseessä olivat olleet kanalinnut (lähinnä teeret). Kylvökohdista 16 %:lla esiintyi syötyjä taimia, jolloin keskimäärin puolet kylvökohdan taimista oli vahingoittunut. Syönnökset olivat kaikki mätäspintojen kylvökohdissa. Istutetuissa männyn taimissa tuhoja esiintyi lähinnä Koppelosuolla (kuva 11), jossa teeret olivat syöneet taimien latva-

silmuja ja neulasia katkoen myös kokonaisia versoja. Lieviä tuhoja aiheuttivat lisäksi kirjokudospistiäiset, versosurmakka, versoruoste ja jänikset.

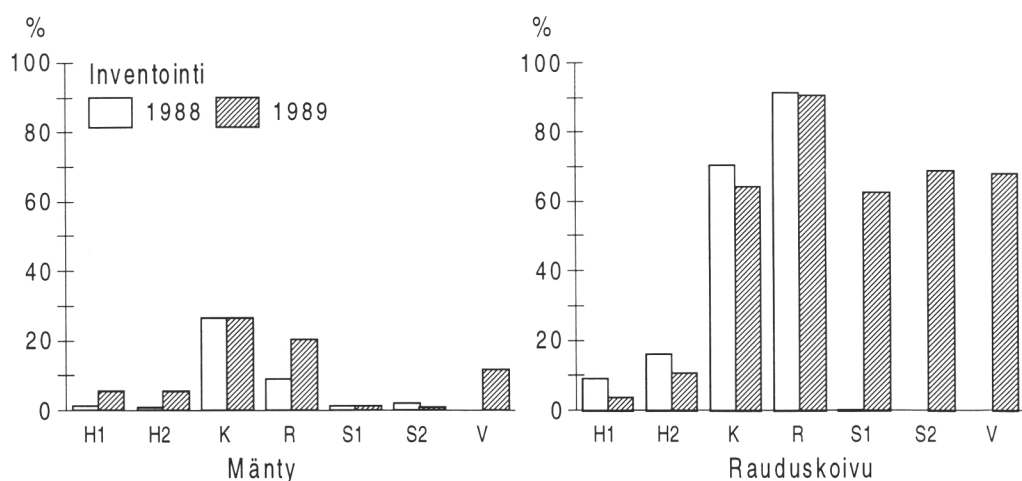
Koivujen kylvöruuduilla esiintyi runsaasti jänisten katkomia taimia. Niitä oli eniten Satamakeitaalla. Myös rauduskoivujen istutustaimilla eläinten ja sienten aiheuttamat tuhot olivat varsin yleisiä (kuva 11). Kolmannes taimista oli ensimmäiseen inventointiin mennessä kärsinyt jonkinasteisista vioituksista. Seuraavan vuoden aikana uusista tuhoista oli kärsinyt jo yli puolet taimista. Eniten tuhoa aiheuttivat jänikset varsinkin Koppelosuolla ja Rastun-
suolla. Pääosa vaurioista syntyi talven 1987/88 aikana. Vioitusten aste vaihteli pääversojen katkonnasta sivuoksien syöntiin. Lannoitetut koivut selviytyivät tuhoista lannoittamattomia paremmin, sillä ne pystyivät jatkamaan pituuskasvuun sivuversoista. Sen sijaan turvepinnalle viljellyt lannoittamattomat koivut saivat jänisten aiheuttamien vaurioiden seurauksena sieni-infektion, jolloin koko verso kuivui. Koivut versoivat uudestaan tyvivesoina.

Satamakeitaan ja Vuorenevan kokeilla havaittiin kesällä 1989 koivun äkämäkääriäisen aiheuttamia vioituksia yli 60 %:lla rauduskoivun taimista. Eniten näitä tuhoja esiintyi lannoitetuilla koeruuduilla, joissa taimien versot olivat hyönteisen kannalta sopivan paksuja. Hirvituhoja koekentillä oli vähän, enimmilläänkin alle viisi prosenttia.

33. Puuston ravinnetila

331. Nuoret taimikot

Nuorissa taimikoissa, 6–8 vuotta viljelystä, lehtien ja neulasten typpipitoisuudet olivat vähintään sopivalla tasolla, mutta usein myös liian korkeita



Kuva 11. Erialaisten vaurioiden esiintyminen istutustaimissa syksyllä 1988 ja 1989. Kokeiden lyhenteet taulukossa 1.

kivennäisravinteisiin verrattuna (Kuvat 12 ja 13, ks. myös Puustjärvi 1965). Karkeajakoisilla pohjamailla (Vuoreneva ja Satamakeidas 2) taimilla olikin ankara fosforin ja kaliumin puutos lannoituksesta ja muokkauksesta riippumatta (ks. Paarlahti ym. 1971, Mälkönen & Saarsalmi 1982, Miller 1983, Ferm & Markkola 1985, Metsänterveysopas 1988, Sarjala & Kaunisto 1993). Rastunsuolla, jossa hienojen ainesten osuus pohjamaassa oli selvästi korkeampi kuin muilla kokeilla, taimilla oli puutetta fosforista, mutta sen sijaan taimien kaliumravitseminen oli hyvä. Silmävaraisten havaintojen perusteella taimet olivat kärsineet fosforin ja kaliumin puutuksesta pelkällä turvepinnalla jo metsitysvuonna ja karkealajitteisella kivennäismaapinnalla tai edellä mainittujen sekoituksessakin jo 2–3 vuoden kuluttua viljelystä. Laikkulannoitetuillakin taimilla kaliumin ja fosforin puutosta oli esiintynyt runsaasti jo 4–5 vuoden kuluttua.

332. Varttuneet taimikot

Puiden ravitsemustila oli varttuneissa taimikoissa jossain määrin samanlainen kuin karkeille pohjamailla perustetuissa nuorissa taimikoissa. Kaikissa kokeissa typpipitoisuudet olivat korkeita ja booripitoisuudet riittäviä. Osmanginsuon kokeissa oli ankara fosforin puutos, johon metsityksen yhteydessä 14 vuotta sitten tehty PK-hajalannoitus ei enää sanottavasti vaikuttanut (kuvat 14 ja 15, Aro & Kaunisto 1996). Sen sijaan kaliumpitoisuudet olivat lannoitetuilla koealoilla edelleen jonkin verran korkeampia kuin lannoittamattomilla ja samalla puutosrajan yläpuolella. Erityisesti puuntuhalannoitus, pienestä määrästäan huolimatta, kohotti neulasten ja lehtien kaliumpitoisuuksia. Turpeentuhkan vaikutus oli vähäinen.

Piipsannevan kokeessa lannoitus kohotti neulasten fosforipitoisuudet ankarasta puutoksesta puutosrajan tuntumaan tai vähän sen yläpuolelle (kuva 16). Sen sijaan koivujen fosforiravitseminen oli heikko (Aro & Kaunisto 1996). Kaliuminpuutosta Piipsannevalla ei esiintynyt, mihin saattaa olla syynä saroille ojista nostettu savi. Sarat olivat vain kymmenen metriä leveitä, joten hienoa pohjamaata nousi saroille verrattain runsaasti.

Laikkulannoituksen vaikutusajan tiedetään olevan lyhyt myös aikaisempien tutkimusten perusteella (Kaunisto 1979). Suopohjien karkeajakoisilla pohjamailla niin turvepinnalla kuin turve/kivennäismaamättäissäkkin vaikutusaika osoittautui vielä paljon aikaisemmin todettua lyhyemmäksi. Erityisen yllättävää oli, että hajalannoituksenkin vaikutus fosforin osalta jäi huomattavasti lyhyemmäksi kuin aikaisemmin rämeitä koskevissa tutkimuksissa on todettu (esim. Kaunisto 1989). Sen sijaan hienojakoisilla pohjamailla puiden kaliumravitseminen oli hyvä tai tyydyttävä.

333. Nuoret kasvatusmetsiköt

Aitonevan kokeella 3 vuonna 1964 tehdyn metsityslannoituksen samoin kuin vuonna 1975 tehtyjen PK- ja NPK-jatkolannoitustenkin vaikutus näkyi vielä vuonna 1991 neulasten fosforipitoisuuksissa ja N/P-suhteissa (Aro 1994). Pienimmän lannoitemäärän (15 g/taimi) saaneilla puilla neulasten

fosforipitoisuudet olivat kuitenkin puutosrajan tuntumassa jatkolannoituksesta huolimatta. Sen sijaan neulasten kaliumpitoisuuksissa ei ollut eroja lannoittamattomien ja eri tavoin lannoitettujen puustojen välillä. Kaliumpitoisuudet olivat kaikissa tapauksissa lähellä puutosrajaa. Myös tässä kokeessa fosforilannoituksen vaikutusaika näyttää olleen lyhyempi kuin yleensä aikaisemmin rämeiltä saatujen tulosten perusteella oli odotettavissa (esim. Kaunisto 1989). Aikaisemmassa jatkolannoituksessa vain tyypeä saaneiden koealojen jatkolannoitus vuonna 1985 kohotti neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuuksia voimakkaasti.

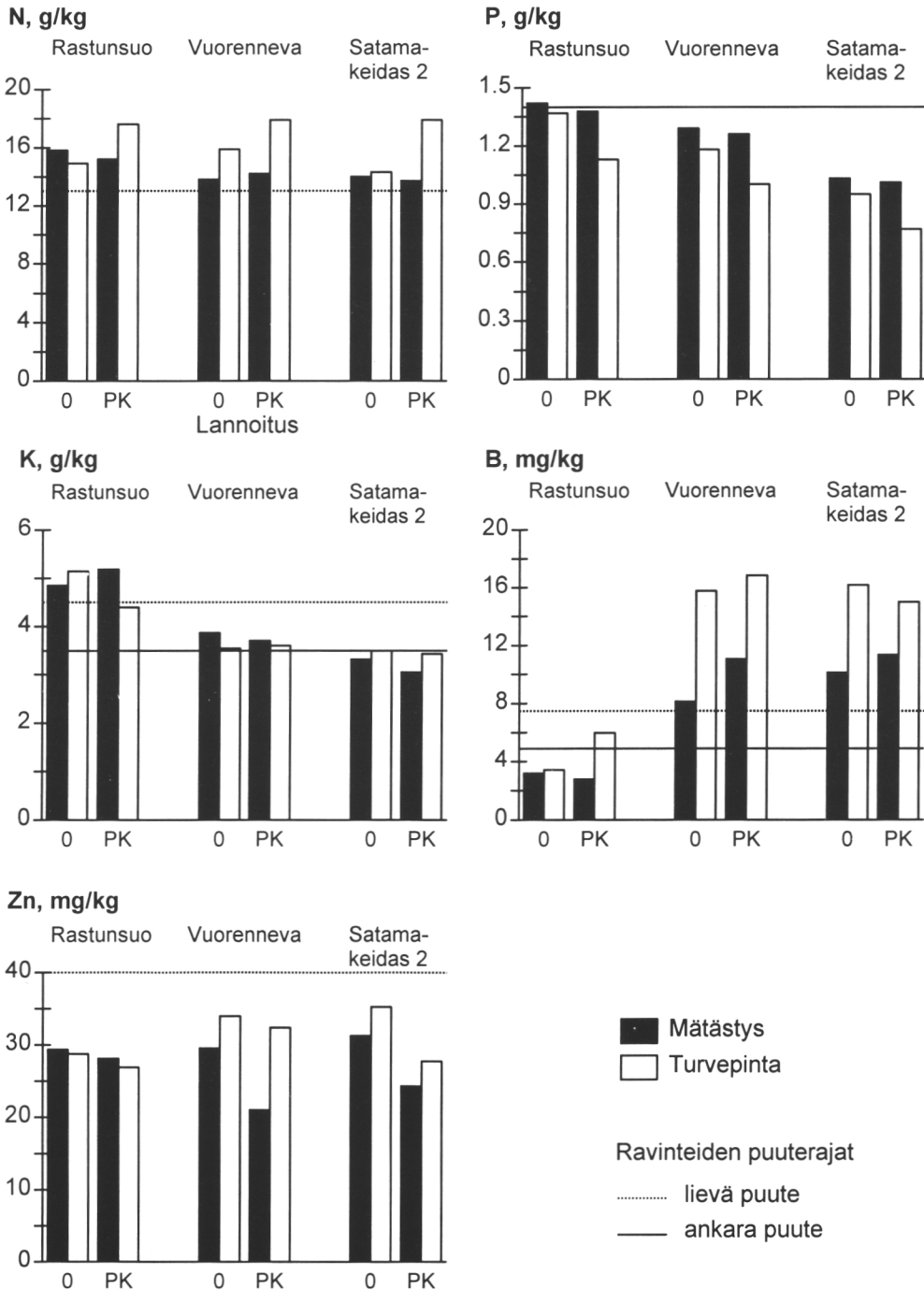
Peruslannoituksen vaikutus ei näkynyt enää hivenravinteiden pitoisuuksissa. Booria oli neulasissa riittävästi, mutta kuparista, sinkistä ja mangaanista oli puutetta kaikissa käsittelyissä. Neulasten kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet olivat kuitenkin selvästi korkeimmat kontrollissa, joten jatkolannoitus oli ilmeisesti vähentänyt hivenravinteiden pitoisuuksia. Vastaavia tuloksia on havaittu turvemailla aikaisemminkin (mm. Veijalainen 1977, Raitio 1978).

Aitonevan kokeella 9 luontaisesti syntyneen, hoidetun koivikon lehtien typpi- ja booripitoisuudet (N 22,3–26,9 g/kg, B 12,2–30,0 mg/kg) olivat keskimäärin normaalit (esim. Braecke 1979, Ferm & Markkola 1985, ks. Aro & Kaunisto 1996). Myös lehtien kaliumpitoisuudet (5,5–9,3 g/kg) osoittivat kirjallisuuden mukaan hyvää kaliumravitsemusta (esim. Mälkönen & Saarsalmi 1982, Ferm & Markkola 1985). Sen sijaan lehtien fosforipitoisuudet (1,0–1,7 g/kg, Aro & Kaunisto 1996) olivat selvästi alle puuterajan (2 g/kg, Miller 1983). Lannoituksen vaikutus ravinnepitoisuuksiin ei ollut enää havaittavissa 14 vuoden kuluttua toimenpiteestä (Aro & Kaunisto 1996).

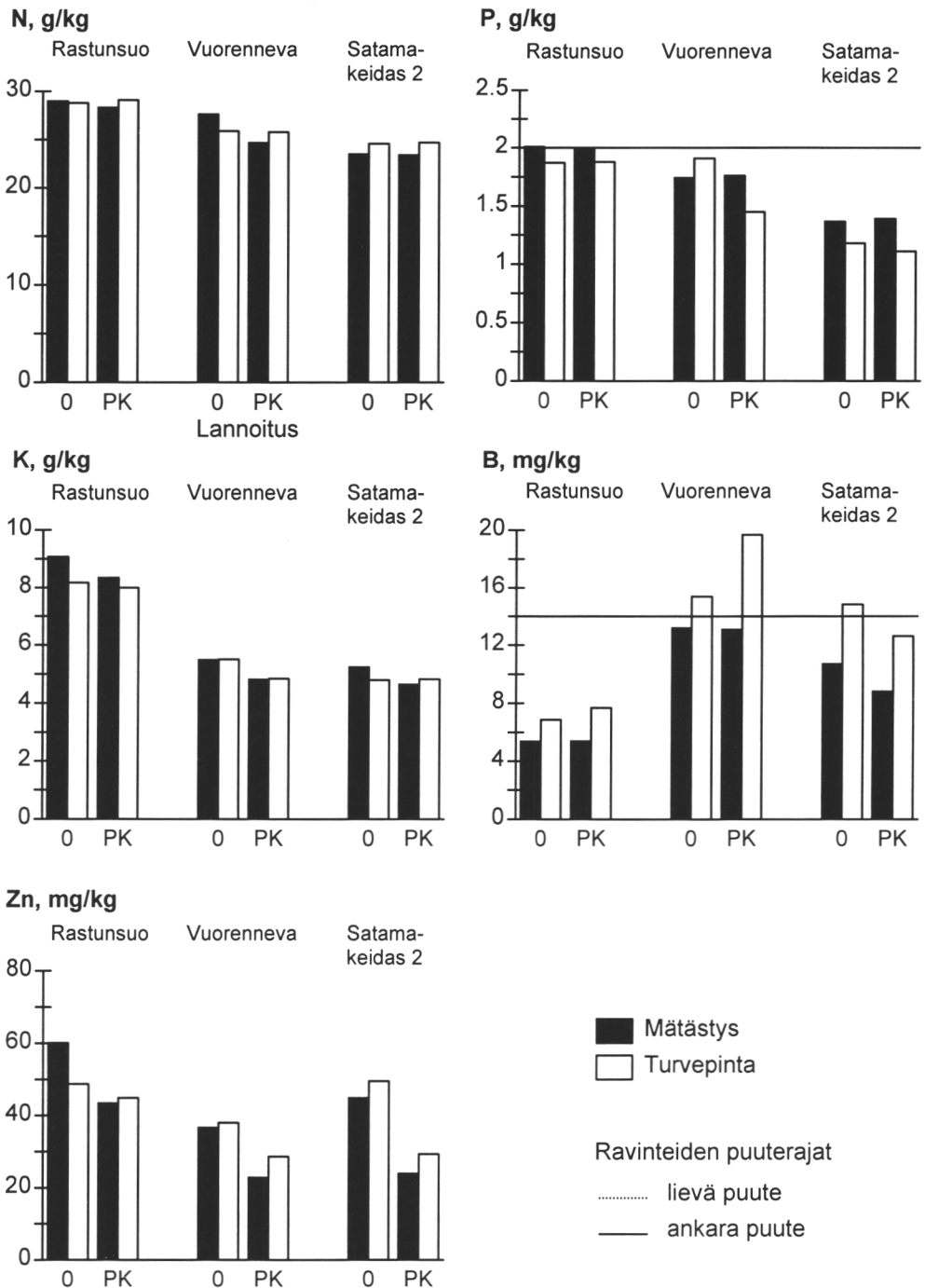
34. Juuriston syvyysulottuvuus

Kivennäismaan nosto turpeen pinnalle ei edistänyt nuorten männyntaimien juurten kasvua syvempiin turvekerroksiin. Lannoituksellakaan ei ollut selvää vaikutusta männyn juurten syvyysulottuvuuteen (vaihteluväli 18–33 cm) tai keskisyvyyteen (6–12 cm). Ohutturpeisella Satamakeitaalla mäntyjen juuret olivat kasvaneet pohjamaahan. Nuorten hies- ja rauduskoivujen juurten syvyydessä ei ollut merkitseviä eroja (17–23 cm), mutta Satamakeitaalla kivennäismaamättäissä kasvaneiden koivujen juuret olivat syvemmillä kuin turvepinnalla kasvaneiden koivujen.

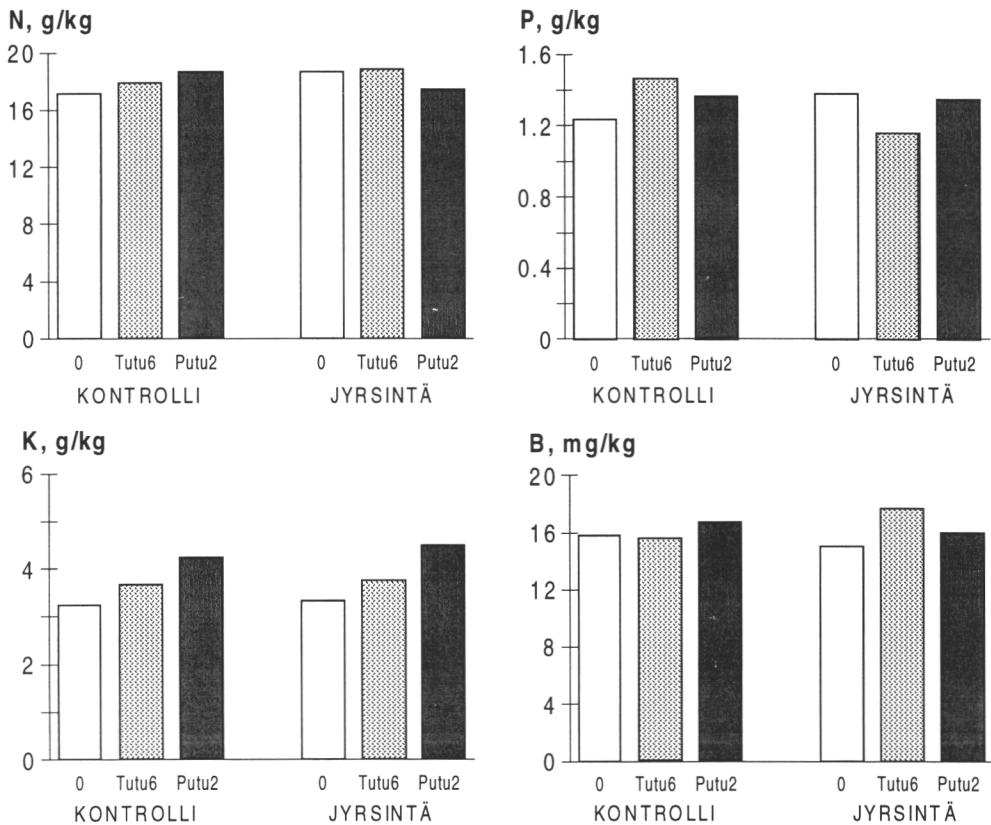
Varttuneissa taimikoissa männyn juuriston syvyysulottuvuus vaihteli 15 ja 30 cm:n ja keskisyvyys 5 ja 12 cm:n välillä (kuva 17). Osmanginsuon kokeessa 1 jyrksityllä turvepinnalla kasvaneiden mäntyjen juuriston keskisyvyys oli merkitsevästi suurempi kuin muokkaamattomalla turvepinnalla kasvaneiden mäntyjen, mikä mahdollisesti aiheutui siitä, että sekä ojista noussut kivennäismaa että lannoitteet oli sekoitettu koko jyrksittyyn turvekerrokseen (ks. myös Kaunisto & Metsänen 1979). Osmanginsuon kokeessa 2



Kuva 12. Lannoituksen ja mätästyksen vaikutus männyn ravinnetilaan 6–8 vuoden kuluttua viljelystä (puuterajat Metsänterveysoppaan 1988 mukaan).



Kuva 13. Lannoituksen ja mätästyksen vaikutus rauduskoivun ravinnetilaan 7–8 vuoden kuluttua viljelystä (puuterajat Brække 1983 ja Miller 1983).



Kuva 14. Jyrsinnän ja tuhkalannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan Osmanginsuon kokeessa 1. (Tutu 6 = turpeentuhkaa 6250 kg/ha, jossa P 50 ja K 22 kg/ha; Putu 2 = puuntuhkaa 2000 kg/ha, jossa P 36 ja K 104 kg/ha). Puuterajat kuvassa 12.

lannoitettujen mäntyjen juuret olivat syvemmällä kuin lannoittamattomien, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Aro & Kaunisto 1996). Piipsannevalla lannoitus ei vaikuttanut männyn juurten syvyyteen (20–30 cm) ja muokkauksenkin vaikutus oli vähäisempi kuin Osmanginsuolla (Aro & Kaunisto 1996). Kummallakaan koealueella lannoitus ei vaikuttanut koivun juurten syvyyteen ja muokkauksenkin vaikutus oli selvästi vähäisempi kuin männyn kohdalla (18–35 cm, kuva 17, ks. myös Aro & Kaunisto 1996).

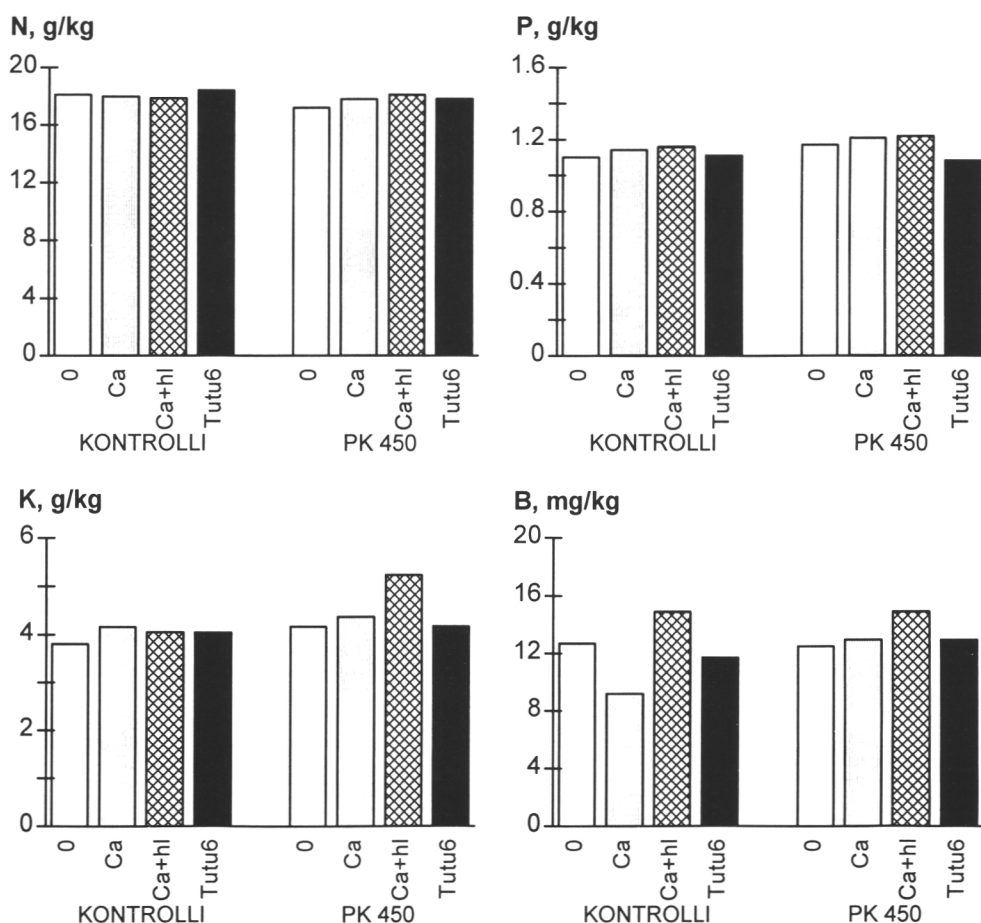
Lyhyenkin aikaa vaikuttava metsityslannoitus on riittävä, jos puiden juuret pystyvät kasvamaan turvekerroksen läpi pohjamaahan ja saamaan sieltä kivennäisravinteita. Tämä kuitenkin edellyttää, että turvekerroksen alapuolisessa kivennäismaassa on riittävästi ravinteita puiden käytettävissä. Tässä aineistossa alle kymmenen vuotiaiden mäntyjen juuristo oli syvimmillään turpeessa 22 cm. 17-vuotiaiden mäntyjen ja rauduskoivujen juuristo oli syvimmillään 30–33 cm. Kauniston ja Viinamäen (1991) tutkimuksessa 20-vuotiaan männikön juuriston syvyysulottuvuus vaihteli 10 ja 35 cm:n välillä. Luontaisessa ja lannoittamattomassa 30-vuotiaassa hies-rauduskoivikossa

juuriston syvyysulottuvuus ja puuston valtapituus pienenivät selvästi turvekerroksen paksuuden kasvaessa yli 30–40 cm:n (Kaunisto & Saarinen 1989). Näyttääkin siltä, että puiden juuristot vain vaivoin tunkeutuvat yli 30 cm:n paksuisen turvekerroksen läpi.

35. Puuston kehitys

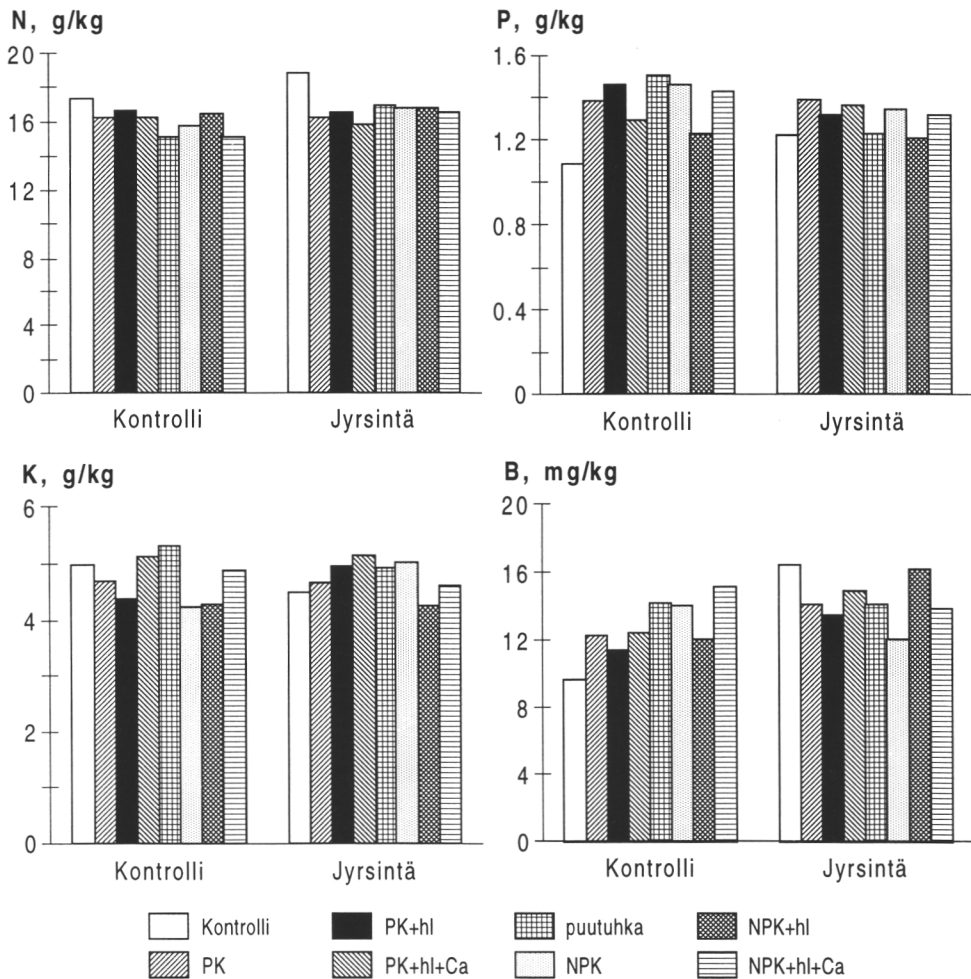
351. Nuoret taimikot

Turvepinnalle ilman lannoitusta istutettujen mäntyjen kuolleisuus oli erittäin suuri (yli 30 cm:n turvepaksuuksilla 49–100 %). Mäntyjen kuolleisuus suo-

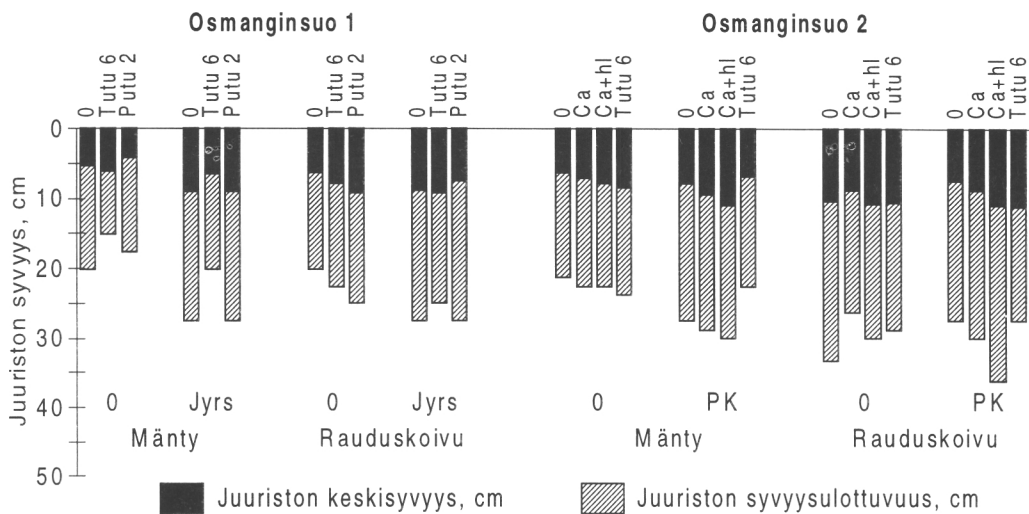


Kuva 15. PK-lannoituksen (P 41 ja K 77 kg/ha) ja maanparannusaineiden vaikutus männyn ravinnetilaan Osmanginsuon kokeessa 2. (Ca = dolomiittikalkkia 2000 kg/ha; hl = hivenseos, jossa lannoiteboraattia, kupari- ja sinkkisulfaattia, ks. Aro & Kaunisto 1996; Tutu 6, ks. kuva 14). Puuterajat kuvassa 12.

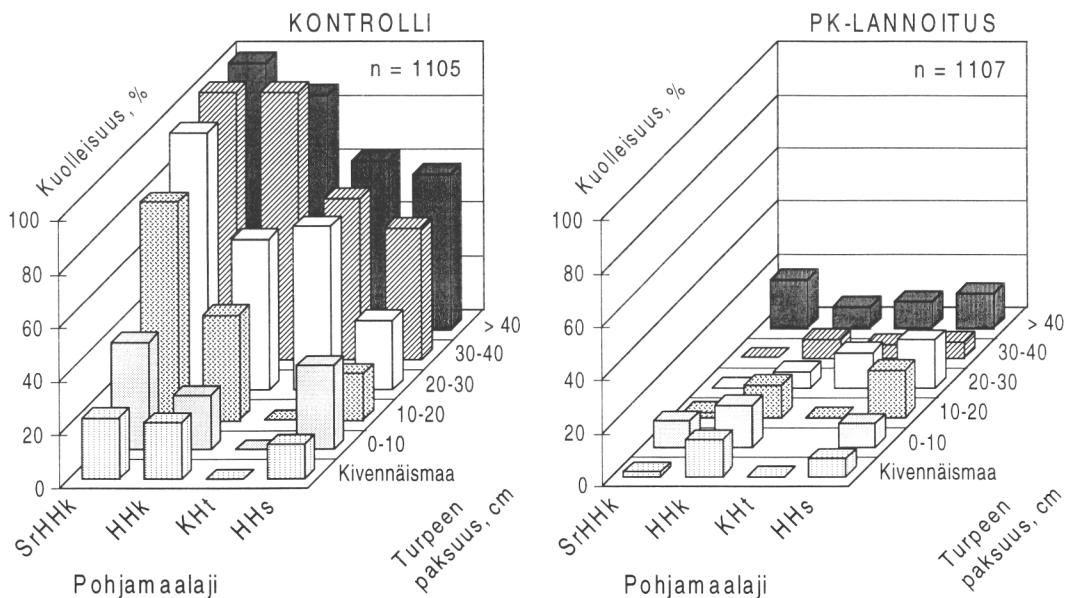
pohjilla oli 6–8 kasvukauden jälkeen selvästi runsaampaa kuin karuilla, ojitetuilla rämeillä 5–9 kasvukauden kuluttua istutuksesta (14–23 %, Heikurainen & Veijola 1974, Heikurainen & Laine 1976). Kuolleisuus lisääntyi sekä turpeen paksuuden kasvaessa että pohjamaalajin muuttuessa hiesusta soraiseen hiekkaan (kuva 18). Turvekerroksen paksuuden vaikutus oli sitä suurempi mitä karkeampi oli pohjamaa. Sen sijaan kivennäismaamättäillä tai kivennäismaa-turveseoksessa lannoittamattomat istutustaimet säilyivät alkuvaiheessa verrattain hyvin elossa (kuolleisuus 0–23 %). Näissä olosuhteissa männyt olivat säilyneet elossa selvästi paremmin kuin käytännön metsänuudistusaloiilla kivennäismailla vastaavan ajan kuluttua istutuksesta



Kuva 16. Jyrsinnän, lannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus männyin ravinnetilaan Piipsannevalla. (PK, jossa P 63 ja K 119 kg/ha; hl = hivenseos, ks. Aro & Kaunisto 1996; Ca, ks. kuva 15; puutuhkaa 5000 kg/ha, jossa P 90 ja K 260 kg/ha; NPK = PK+Oulunsalpietari, jossa N 110, P 63 ja K 119 kg/ha). Puuterajat kuvassa 12.



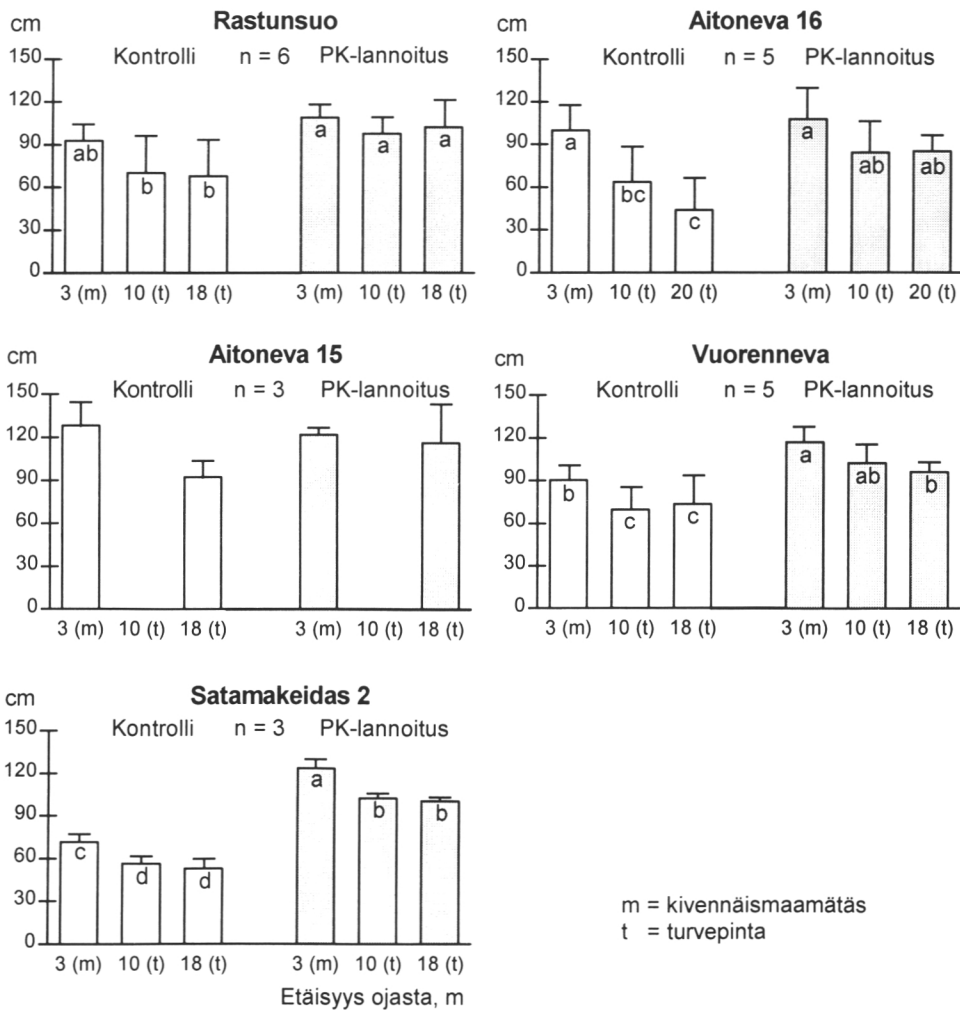
Kuva 17. Jyrsinnän ja tuhkalannoituksen sekä PK-lannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus männyn ja rauduskoivun juuristojen syvyyteen Osmanginsuolla (käsittelyt kuvissa 14 ja 15).



Kuva 18. Lannoituksen, pohjamaalajin ja turvekerroksen paksuuden vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen suopohjilla 6–8 vuoden kuluttua viljelystä (sarkaleveys 40 m).

(esim. Raulo & Rikala 1974, 1981, Saksa 1987, Kinnunen 1989, Saksa ym. 1990). Tosin suopohjilla esim. pintakasvillisuus haittaa varsin harvoin taimien alkukehitystä. PK-lannoitetut taimet säilyivät hyvin elossa kaikissa em. olosuhteissa (kuolleisuus 0–18 %). Tulos oli hieman parempi kuin mitä lannoitetuilla, karuilla rämeillä on havaittu vastaavan ikäisissä taimikoissa (18–33 %, Heikurainen & Veijola 1974, Heikurainen & Laine 1976).

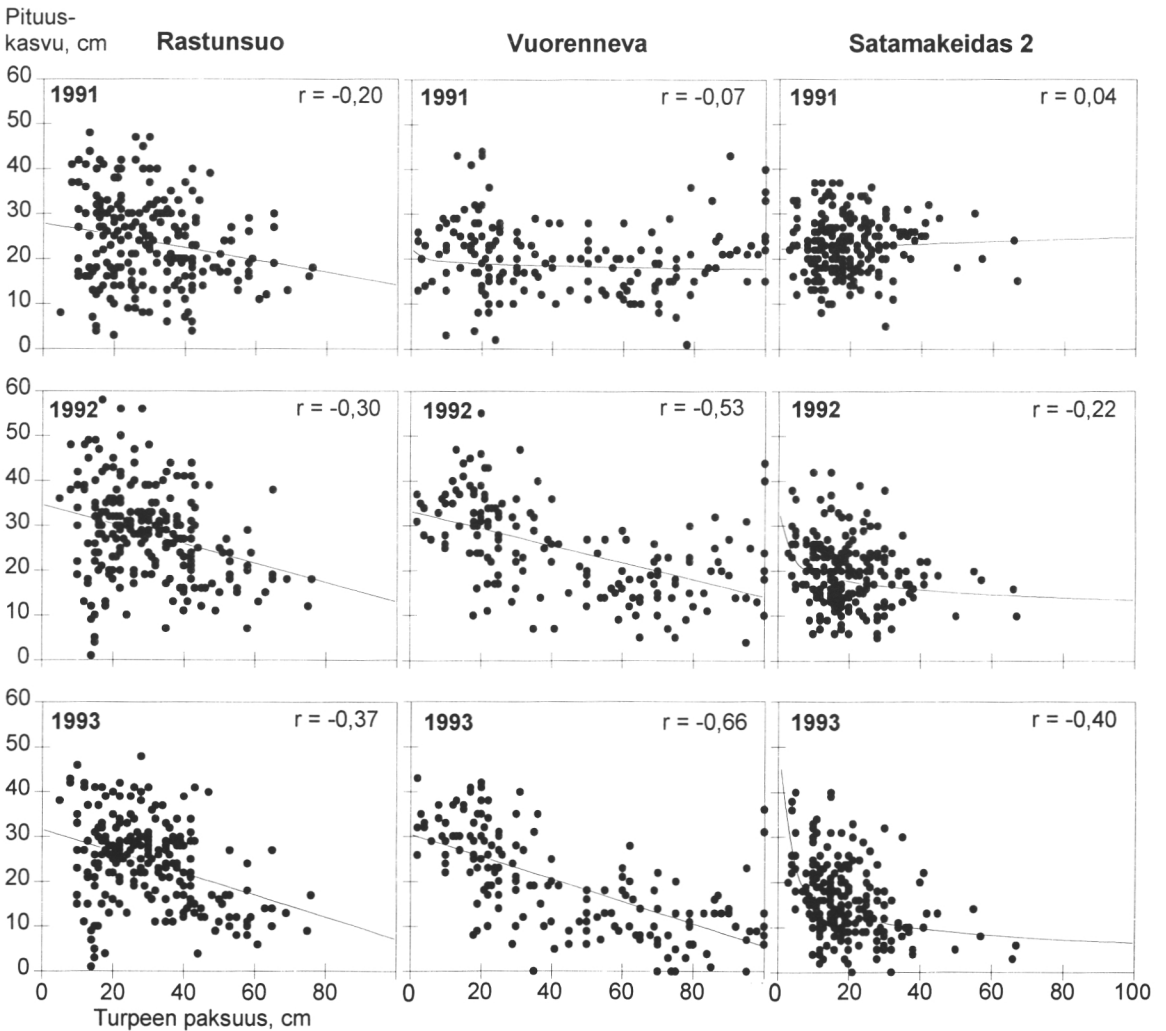
Myös koivun taimien kuolleisuudessa oli havaittavissa pohjamaan ja turvekerroksen paksuuden vaikutus, vaikka ilmiö ei ollutkaan yhtä selvä kuin mänyllä (Aro 1997). Lannoittamattomien koivujen kuolleisuus vaihteli 0 ja 100 %:n välillä (yli 30 cm:n turvepaksuuksilla 31–100 %). Lannoitetut koivut olivat selvinneet elossa paremmin kuin lannoittamattomat (kuollei-



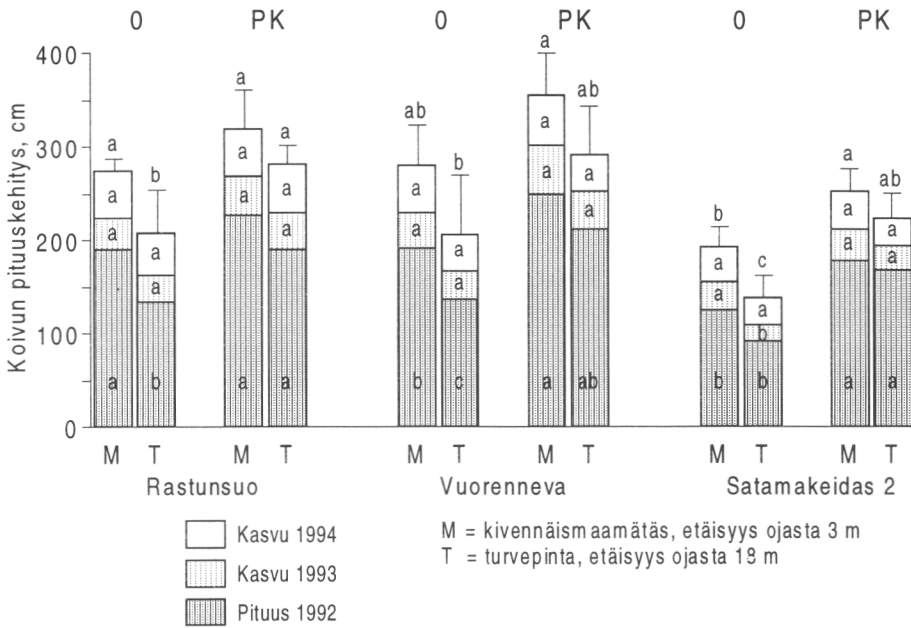
Kuva 19. Lannoituksen ja mätästyksen vaikutus mänyllä taimien pituuteen kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä. Samalla kirjaimella merkityt pituudet eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Sarkaleveys 40 m.

suus 0–47 %). Pohjamaaltaan hienojakoisella Rastunsuolla havaittiin lannoitettujen koivun taimien kuolleisuudessa selvä lisäys alle 20 cm:n turvepaksuuksilla, mikä oli mäntyjen kuolleisuudesta poikkeavaa.

Lannoitetut männyt kasvoivat selvästi paremmin kuin lannoittamattomat sekä kivennäismaa-turveseoksessa että turvepinnalla, kun pohjamaa oli karkeajakoinen (kuva 19). Hienojakoisilla pohjamailla männyt kasvoivat verrattain hyvin myös kivennäismaamättäillä ilman lannoitusta. Männyn taimien pituuskasvun ja turpeen paksuuden välillä havaittiin negatiivinen riippuvuus, joka oli sitä voimakkaampi mitä pitempi aika lannoituksesta oli kulunut (kuva 20). Kasvussa oli tosin suurta hajontaa 0–40 cm:n turvepaksuuksilla erityisesti Rastunsuolla, jossa pohjamaa oli hienojakoinen. Näin



Kuva 20. Männyn pituuskasvun riippuvuus turvekerroksen paksuudesta 4–7 vuoden kuluttua metsityksestä (PK-lannoitus Rastunsuolla 1987, Vuorenevalla ja Satamakeitaalla 1988, sarkaleveys 40 m).



Kuva 21. Mätästykseen ja lannoituksen vaikutus rauduskoivun pituuskehitykseen 7–8 kasvukauden kuluttua viljelystä (sarkaleveys 40 m).

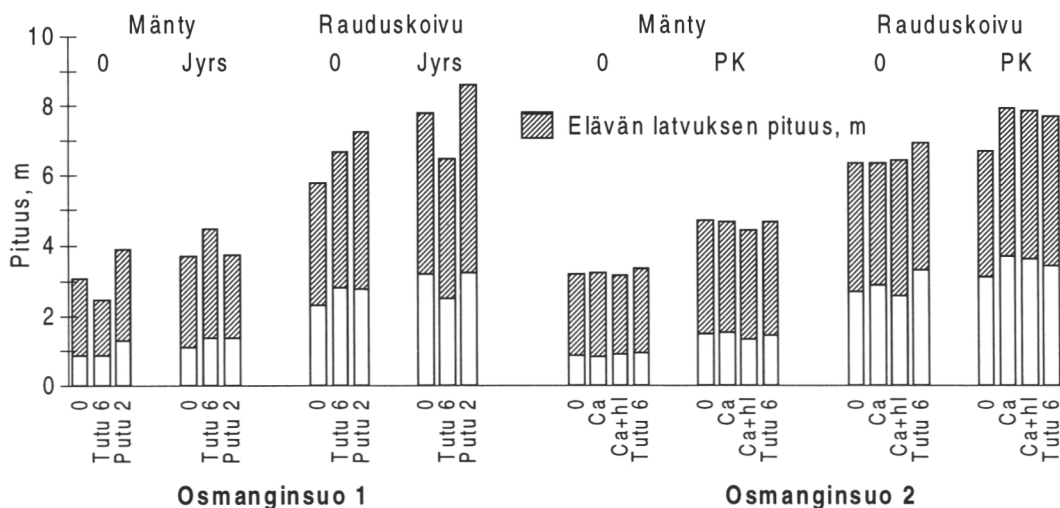
ollen pelkkä turvekerroksen paksuus ei selitä riittävästi pituuskasvun vaihtelua samallakaan kasvupaikalla.

Rauduskoivut olivat selvästi lyhyimpiä Satamakeitaalla, jossa pohjamaa oli karkeajakoisin (kuva 21). Kaikilla kokeilla lannoitetut koivut olivat pidempiä kuin lannoittamattomat ja mättäillä kasvaneet koivut pidempiä kuin turvepinnalla kasvaneet 7–8 kasvukauden kuluttua viljelystä. Erot pituudessa olivat syntyneet viiden ensimmäisen kasvukauden kuluessa.

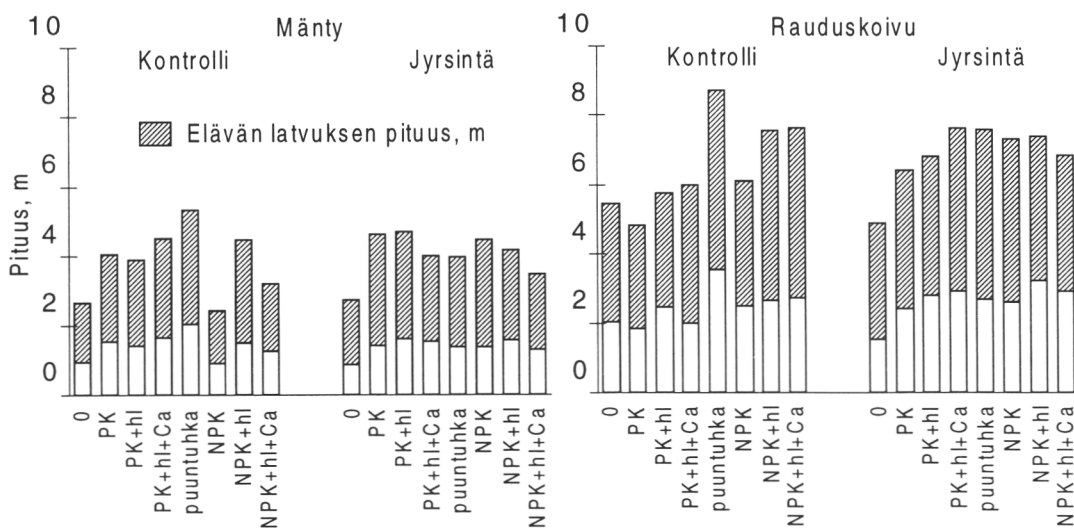
352. Varttuneet taimikot

Osmanginsuon kokeessa 1 jyräntämuokkaus lisäsi merkittävästi männyn pituuskehitystä ja rinnankorkeusläpimittaa (kuva 22). Myös rauduskoivut olivat pidempiä ja paksumpia jyräntämuokkauksella kuin muokkaamattomilla aloilla, samoin kuin puuntuuhkakäsittelyssä verrattuna turpeentuuhkalannoitukseen tai lannoittamattomaan. Muokkauksen tai tuuhkalannoituksen vaikutukset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä (kuva 22, ks. Aro & Kaunisto 1996). Osmanginsuon kokeessa 2 PK-lannoitus lisäsi männyn pituutta ja rinnankorkeusläpimittaa erittäin merkittävästi (kuva 22). Lannoitus kauppalannoitteilla lisäsi myös rauduskoivun kasvua, mutta turpeentuuhkalannoituksen vaikutus oli epämääräinen eivätkä käytetyt määrät todennäköisesti olleet riittävän suuria (ks. myös Lumme 1988). Turpeentuuhkan suurin annostus Osmanginsuon kokeessa oli 12 000 kg/ha, mutta sen vaikutus puuston kasvuun oli samanlainen kuin 6 000 kg/ha:n vaikutus.

Piipsannevalla lannoitus fosforilla ja kaliumilla lisäsi voimakkaasti sekä männyn että koivun kasvua (kuva 23). Paras kasvatulos saatiin kuitenkin puuntuhkalla, mikä poikkeaa jossain määrin taimien alkukehityksen tulok-
sista (Kaunisto 1987b). Typen lisäyksellä oli selvä negatiivinen vaikutus männyn kasvuun, mikä ilmeisesti aiheutui typen yliannostuksesta muutoin-
kin runsastyyppisellä kasvualustalla (ks. myös Kaunisto 1987a). Jyrsintä ja lannoitteiden sekoittaminen maahan sekä hivenainelannoitus kuitenkin vähensivät typpilannoituksen negatiivista vaikutusta.



Kuva 22. Jyrsinnän ja tuhkalannoituksen sekä PK-lannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus männyn ja rauduskoivun pituuteen Osmanginsuolla (käsittelyt kuvissa 14 ja 15).



Kuva 23. Jyrsinnän, lannoituksen ja maanparannusaineiden vaikutus männyn pituus-
kehitykseen Piipsannevalla (käsittelyt kuvassa 16).

4. Päätelmät ja jatkotutkimusten tarve

Turvesekoittainen kivennäismaamätäs ja lannoitettu turvetasapinta näyttävät takaavan parhaat taimettumisolosuhteet sekä koivulle että männylle. Sen sijaan paljailla kivennäismaamättäillä koivu taimettuu erittäin huonosti. PK-lannoitus heikentää männyn siemenen itämistä, mutta toisaalta lannoitus vähentää syntyneiden sirkkataimien kuolleisuutta ja varmistaa taimien kasvun edistymisen erityisesti turvepinnalla.

Suopohjan turpeesta vapautuu runsaasti typpeä, mikä aiheuttaa epätasapainoa typen ja muiden ravinteiden välillä. Tämä vaikeuttaa taimien talveentumista ja altistaa taimia myös kuivumiselle kevättalvella. Nämä ilmenevät keväällä edellisvuoden neulasten ruskettumisena. Kivennäisravinteilla lannoittamalla epätasapaino voidaan kuitenkin korjata. Toisaalta PK-lannoitus lisää männyn istutustaimien jälkiversontaa, josta seuraa taimien monilatvaisuutta ja haaroittumista. Samoin lannoitus lisää myös päätesilmun häiriöitä. Aikaisempien tutkimusten perusteella kasvuhäiriöt ovat kuitenkin kestoltaan verraten lyhytaikaisia.

Kanalinnut saattavat aiheuttaa verrattain paljon vaurioita männyn ja jänikset koivun taimille. Kanalinnut syövät lähinnä männyn silmuja ja jänikset koivun sivuversoja, mutta katkovat myös koivun pääversoja. Lannoitetut koivut selviytyvät vaurioista lannoittamattomia paremmin ja katkotkin taimet kykenevät jatkamaan pituuskasvuun sivuversoista.

Lannoituksen vaikutus männyn ja koivun taimien syntymiseen, elossa säilymiseen ja tuhoihin on varsin monitahoinen kokonaisuus sisältäen sekä hyviä että huonoja puolia. Kokonaistuloksen huomioon ottaen näyttää kuitenkin siltä, että PK-lannoituksella laikkuun taimen tai kylvökohdan ympärille viljelyn yhteydessä voidaan parhaiten varmistaa taimettuminen ja taimien varhaiskehitys.

Tutkimukset taimien myöhemmästäkin kehityksestä vahvistavat aikaisempaa tulosta, että suopohjaturpeella typpilannoitus on vahingollista taimien kehitykselle ja että paljaalla turvepinnalla taimien elossa pysyminen edellyttää lannoitusta kivennäisravinteilla. Jossain määrin yllättävää oli, että fosforilannoituksen vaikutusaika hajalevityksenäkin näyttää olevan alle 15 vuotta, mikä poikkeaa selvästi aikaisemmin rämeiltä saaduista kokemuksista. Puuntuhka näyttäisi olevan kauppalannoitteille hyvä vaihtoehto. Sen sijaan turpeentuhkaa tarvittaisiin ilmeisesti enemmän kuin tässä tutkimuksessa käytetty suurin määrä (12 000 kg/ha) puiden fosfori- ja kaliumravitsemuksen parantamiseksi.

Uusi piirre oli, että karkeilla pohjamailla taimien kasvualustaan ojista nostettu kivennäismaa ei riitä tyydyttämään taimien normaalia kehitystä edes alkuvaiheessa, vaan että tällöinkin tarvitaan fosfori- ja kaliumlannoitusta mieluummin heti viljelyn yhteydessä. Jotta mätästyksellä selvittäisiin

ravinnetalouden järjestelystä, tulisi pohjamaan sisältää karkeata hietaa hienompia lajitteita vähintään 15–20 % ja turvekerroksen paksuudenkin olla alle 30 cm. Sen sijaan hienojakoisilla pohjamailla lannoitus on ainakin alkuvaiheessa tarpeeton, jos kivennäismaata nostetaan taimien kasvualustaan.

Karkeajakoisilla pohjamailla viljelyn yhteydessä tehty laikkulannoitus on uusittava 4–5 vuoden kuluttua viljelystä kasvun taantumisen välttämiseksi. Toistaiseksi ei ole tuloksia jatkolannoitusmenettelystä (laikku- vai hajalannoitus), koska jatkolannoituskokeet ovat vielä liian nuoria eikä niitä ole riittävästi. Ainakin paksuturpeisilla suopohjilla myös hajalannoitetuissa taimikoissa jouduttaneen turvautumaan jatkolannoitukseen 10–15 vuoden kuluttua viljelystä. Tämän projektin aikana jatkolannoitetuilta kokeilta olisikin tärkeätä selvittää taimien ravinnetila ja pituuskehitys esim. viiden vuoden kuluttua ensimmäisestä jatkolannoituksesta.

Lannoituksessa annettavan kaliumin huuhtoutumista voitaneen estää käyttämällä hidaslukoisia lannoitteita, esim. flogopiittiä (ks. Sillanpää 1985, Kaunisto ym. 1993). Osa kaliumista on tällöin annettava taimille kuitenkin myös helppoliukoisessa muodossa kalisuolana. Hidasvaikutteisten lannoitteiden vaikutusten selvittämiseksi on perustettu vuosina 1994 ja 1995 kaksi lannoituskoetta Vaalan Pelsonsuolle, mutta niistä ei vielä ole tuloksia.

Suopohjalle jäävä turvekerros vaikuttaa merkittävästi metsitystulokseen ja puuston myöhempään kehitykseen. Se sisältää riittämättömästi kivennäisravinteita ja eristää taimien juuriston pohjamaankin kivennäisravinteista. Jo 10 cm:n turvekerros alentaa taimien eloonjäämistä viljelyvaiheessa. Toisaalta se on arvokas typpivarasto puuston myöhemmissä kehitysvaiheissa ja laikkulannoitus fosforilla ja kaliumilla turvaa taimien alkukehityksen kaikissa tilanteissa. Varttuneidenkin puiden juuristot jäävät suopohjilla verrattain pinnallisiksi, minkä vuoksi turvekerros ei saisi olla 30 cm paksumpi, jotta juuristo ylittäisi alla olevaan kivennäismaahan.

Puusto tarvitsee tyypeä moninkertaisesti kivennäisravinteisiin verrattuna. Typpi on myös, tarvittava määrä huomioon ottaen, kallein lannoitteena annettava ravinne. Turvekerros voi riittävän paksuna (20–30 cm) turvata puuston typen saannin jopa biomassan tehotuotannossakin, jossa tyypeä tarvitaan erittäin suuria määriä.

Sopivaa turvekerroksen paksuutta arvioitaessa on myös huomattava, että karkeilla, lajittuneilla maalajeilla veden puute saattaa kuivina kesinä vaikeuttaa taimien elossa pysymistä ja kasvua. Tätä koskevat tutkimukset ovat kuitenkin vielä kesken. Tämän lisäksi turpeen hajoaminen voi olla karkean maalajin päällä nopeaa, mikä vaikuttanee biomassaan sitoutuneen ja ilmakehään palautuneen hiilen suhteeseen. Tuhkan käyttö lannoitteena alentaa turpeen happamuutta ja nopeuttanee turpeen hajoamista. Toisaalta ainakin puuntuhan ravinteet olisi järkevää palauttaa kasvupaikalle. Tuhkan kierrätyksen kokonaisvaikutuksista ei ole vielä tutkimustuloksia. Tämän hetken käsityksen mukaan sopiva turvekerroksen paksuus on 15–30 cm riippuen puuntuotannon tavoitteista ja pohjamaan laadusta.

Turpeennostosta vapautuvat ensimmäiseksi helpoimmin hyödynnettävät, lajittuneilla pohjamailla sijaitsevat alueet, joilla metsityskokeetkin pää-

asiassa sijaitsevat. Massansiirtomenetelmien kehittyessä turpeennostosta alkaa vapautua lähitulevaisuudessa myös moreenipohjaisia alueita, joilta on toistaiseksi vähän tuloksia.

Kirjallisuus

- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York. 467 s.
- Aro, L. 1994. Lannoitusvaikutuksen kesto suonpohja-alueilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495: 15–26.
- Aro, L. 1995. Nuorten mäntyjen kehitys suonpohja-alueilla. Ennakkotuloksia. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 23–35.
- Aro, L. 1997. Suopohjien metsityksen ravinnetaloudellisia näkökohtia. Julkaisussa: Moilanen, M., Pietiläinen, P. & Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Pyhä-salmella 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja, käsikirjoitus.
- Aro, L. & Kaunisto, S. 1995. Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö. Metsitystutkimukset 1993-95. Loppuraportti. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Moniste, 13 s. + 21 liites.
- Aro, L. & Kaunisto, S. 1996. Tuhkalannoitus erällä suonpohjien metsityskokeilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593: 31–41.
- Brække, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Reports of the Norwegian Forest Research Institute 35.3: 213–236.
- Brække, F.H. 1983. Micronutrients prophylactic use and cure of forest growth disturbances. Julkaisussa: Kolari, K.K. (toim.) Growth disturbances of forest trees. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116: 159–169.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558. 32 s.
- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinne-pitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. Folia Forestalia 613. 28 s.
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica 208. 63 s.
- Finér, L. 1991. Effect of fertilization on dry mass accumulation and nutrient cycling in Scots pine on an ombrotrophic bog. Seloste: Lannoituksen vaikutus männyn kuivamassan kertymään ja ravinteiden kiertoon ombrotrofisella rämeellä. Acta Forestalia Fennica 223. 42 s.

- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.
- Heikurainen, L. & Laine, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. Acta Forestalia Fennica 150. 38 s.
- Heikurainen, L. & Veijola, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. Acta Forestalia Fennica 114. 19 s.
- Heiskanen, J. & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424. 32 s.
- Järvelä, J. 1996. Suopohjalle järvi. Julkaisussa: Nuuja, I. & Selin, P. (toim.). Suopohjasta uutta voimaa. Vapo Oy, Jyväskylä: 70–77.
- Kaunisto, S. 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. Folia Forestalia 404. 14 s.
- Kaunisto, S. 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a peat cut-away area. Suo 32(3): 53–60.
- Kaunisto, S. 1984. Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyntaimien kehityksestä suonpohjan turpeella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 144. 15 s.
- Kaunisto, S. 1985. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. Afforestation experiments at Aitoneva, Kihniö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 177. 53 s.
- Kaunisto, S. 1987a. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
- Kaunisto, S. 1987b. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. Folia Forestalia 681. 23 s.
- Kaunisto, S. 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. Folia Forestalia 724. 15 s.
- Kaunisto, S. & Metsänen, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. Folia Forestalia 390. 14 s.
- Kaunisto, S., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä. Summary: Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests. Folia Forestalia 810. 30 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.

- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1989. Turvekäytössä olevien alueiden loppuvuosien kuivatus- ja turvetuotanto-ongelmat sekä alueiden jälkikäyttö energiapuun tuotantoon ja metsätalouteen. Alueiden jälkikäyttöä koskevan osan raportti. Projekti 98/881/85 KTM. 23+4 liites.
- Kaunisto, S. & Tuveva, J. 1986. Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutus-taimikoiden kehitykseen turvemaidella. Summary: Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat. *Folia Forestalia* 646. 36 s.
- Kaunisto, S. & Viinämäki, T. 1991. Lannoituksen ja leppäsekoituksen vaikutus mäntytaimikon kehitykseen ja suonpohjaturpeen ominaisuuksiin Aitonevalla. Summary: Effect of fertilization and alder (*Alnus incana*) mixture on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees and the peat properties in a peat cutover area at Aitoneva, southern Finland. *Suo* 42(1): 1–12.
- Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö. Projektisuunnitelma 10.11.1992. Vapo Oy, 11 s.
- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 727. 23 s.
- Lappalainen, E. & Hänninen, P. 1993. Suomen turvevarat. Summary: The peat reserves of Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 117. 118 s., 31 kuvaa, 43 taulukkoa ja 8 liitettä.
- Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 88.3. 101 s.
- Lumme, I. 1988. Early effects of peat ash on growth and mineral nutrition of the silver birch (*Betula pendula*) on a mined peatland. Seloste: Turvetuhkan alkuvaikutuksista rauduskoivun kasvuun ja ravinnetalouteen turvetuotannosta poistuneella suolla. *Silva Fennica* 22(2): 99–112.
- Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. 1988. Jukka, L. (toim.). Samerka Oy, Helsinki. 168 s.
- Mikola, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. *Silva Fennica* 9(2): 101–115.
- Miller, H. G. 1983. Wood Energy Plantations – Diagnosis of Nutrient Deficiencies and the Prescription of Fertilizer Applications in Biomass Production. International Energy Agency – Forestry Energy Agreement. Programme Group 'B'. Biomass Growth and Production. Report No. 3, 20 s.
- Mälkönen, E., Derome, J. & Kukkola, M. 1990. Effects of Nitrogen Inputs on Forest Ecosystems Estimation Based on Long-Term Fertilization Experiments. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, 325–347.
- Mälkönen, E. & Saarsalmi, A. 1982. Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia Forestalia* 534. 17 s.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 74.5. 58 s.

- Paavilainen, E. 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvi-biomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98.5. 71 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 226. 98 s.
- Puustjärvi, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scotch pine. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 1/1965: 26–28.
- Raitio, H. 1978. Pääravinlannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. *Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja* 7.5. 9 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1974. Tuloksia metsänviljelyalojen tarkastuksista Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan piirimetsälautakuntien alueella. *Metsäntutkimuslaitos, Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja* 12: 1-8.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Summary: Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways. *Folia Forestalia* 462. 13 s.
- Roderfeld, H. & Vasander, H. 1994. Soiden ennallistaminen turpeen noston jälkeen. *Suo ja Turve* 1/1994: 22–24.
- Saarinen, M. 1993. Männyn ja koivun viljely turvetuotannosta poistetuilla suonpohjilla. MML-tutkimon sivuainetutkimus metsänhoitotieteissä. Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos. 57 + 7 liites.
- Saksa, T. 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusalloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in central Finland. *Folia Forestalia* 702. 39 s.
- Saksa, T., Nerg, J. & Tuovinen, J. 1990. Havupuutaimikoiden tila 3-8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. Summary: State of 3-8 years old Scots pine and Norway spruce plantations. *Folia Forestalia* 753. 30 s.
- Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. *Tree Physiology* 13: 87–96.
- Selin, P. 1997. Vapo Oy. Suullinen tieto 12.6.1997.
- Siira, J., Aalto, P., Eskonen, K., Juntunen, A., Siira, O.-P. & Sutela, T. 1995. Hirvinevan turvetuotantoalueen tekojärvien ekologinen tutkimus II. Vuoden 1994 tutkimustulokset. Oulun yliopisto, Perämeren tutkimusaseman julkaisuja 3. 93 s.
- Sillanpää, M. 1985. Biotiitti – lannoite vai maanparannusaine? *Leipä* 1/1985: 16–17.
- Tamminen, P. 1997. Maaperätunnusten arvioinnin tarkkuus. Käsikirjoitus.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46(3): 307–319.
- Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemaidilla. *Communicationes Instituti*

Forestalis Fenniae 92.4. 32 s.

Wall, A. & Urvas, L. 1996. Uuttoajan ja EDTA:n vaikutus metsitettyjen pelto-
maiden ravinteiden uuttumiseen happamaan ammoniumasetaattiin. Summary:
Effect of extraction time and EDTA on acid ammonium acetate extractable
nutrient concentrations of afforested agricultural soils. Suo 47(1): 7–16.

Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and poten-
tial stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvu-
paikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77
s.

SUMMARY:

Afforestation of peat cutaway areas. Project report in 1986–1995.

Background and objectives

Peat harvesting has been finished and the areas left over for further use on 7,000–7,500 ha of peatlands in Finland. These cutaway peatlands are areas with varying thickness of the remaining peat layer, low pH and unbalanced nutrition. Adequate drainage is a prerequisite for growing forests in peat cutaway areas.

The main objectives of this study were to find out the effects of the thickness of the remaining peat layer, mineral soil quality, soil preparation and fertilization on the establishment and initial development of Scots pine (*Pinus sylvestris*), silver birch (*Betula pendula*) and downy birch (*Betula pubescens*) seedlings. These experiments, established in the late 1980's, involved also different drainage conditions. Furthermore, the nutrition and development of these plantations 6–8 years later as well as those of some older plantations were also studied.

Material

The experiments were investigated in 1988–89 and 1993–95. The survival, seedling quality, damage, height and height growth of pine and birch seedlings were measured. Most of the mineral soil, peat, needle, leave and tree root samples were collected during 1993–95. Nutrient concentrations (mostly N, P, K and B) were analysed by methods routinely used in the Finnish Forest Research Institute. Root dry mass was measured for finding out the average and maximum depth of root penetration. Several subsamples were collected and combined to represent a whole row or plot.

Results

Soil nutrients

Adequate drainage can be obtained by 40 m ditch spacing. The mineral soil texture varied from coarse sand to heavy clay. The concentrations of easily soluble phosphorus (mean 1.5 mg l⁻¹) and exchangeable potassium (mean 6.6 mg l⁻¹) were clearly lower in the sandy subsoils of cutaway peatlands than in the mineral soil forest sites. The remaining peat layer was rich in nitrogen and poor in potassium (N 2390–4027 and K 10–50 kg ha⁻¹ in a

10-cm-thick layer). The amounts of phosphorus in 0–20 cm surface peat were as high as or higher than in pristine or drained peatlands (95–310 kg ha⁻¹). However, the ratio of N/P was only about 100/2–4 in peat while trees bind nitrogen and phosphorus in the ratio of 100/10–13. Consequently, there exists a shortage of available phosphorus in surface peat compared with nitrogen. The peat phosphorus concentrations in peat profiles started increasing about at 15 cm and potassium concentrations at 5–10 cm above the mineral subsoil.

Root penetration

Root penetration in young seedling stands (range 17–33 cm) was not significantly affected by mounding and fertilization. Root penetration in more advanced Scots pine and birch stands varied from 15 to 38 cm. The mean depth of Scots pine roots (weighted by dry mass) was significantly bigger in rotavated than in control sites.

Stocking with seedlings and survival

Stocking with Scots pine seedlings after sowing was best on a peat and mineral subsoil mixture and that with birch seedlings on PKB-fertilized peat (P 38–43, K 72–82 kg ha⁻¹).

The mortality of unfertilized transplants varied from 31 to 100 % on pure peat (peat thickness more than 30 cm). The thicker the remaining peat layer and the coarser the mineral subsoil the higher the mortality was six to eight years after planting. The PK-fertilized transplants survived well independent of peat thickness. Short-term growth disturbances in seedlings were quite common.

Tree nutrition

Foliar phosphorus and potassium concentrations (P 0.8–1.3 mg g_{dw}⁻¹ in pines and 1.1–1.9 in birches, K 3.0–3.9 and 4.6–5.5, respectively) of young plantations growing on coarse-textured soils indicated severe nutrient deficiencies six to eight years after planting. The effect of fertilization and mounding on the P and K nutrition of seedlings was not significant. In more advanced sapling stands trees suffered from poor phosphorus nutrition (P 1.1–1.5 mg g_{dw}⁻¹ in pine needles and 1.3–1.9 in birch leaves) 14 years after broadcast fertilization with PKB-fertilizer (P 41–63 and K 77–119 kg ha⁻¹) or wood ash (P 36–90 and K 104–260 kg ha⁻¹). The results indicate that the spot fertilized saplings on coarse-textured soils should be refertilized four to five and the broadcast fertilized ones on thick peat layers (more than 40 cm) 10–15 years after planting. Trees can be supplied with mineral nutrients by lifting subsoil in connection with drainage. The proportion of fine particles (diameter less than 60 mm) should be at least 15–20 % and

the thickness of the remaining peat layer less than 30 cm. There is no need for fertilization if trees are in contact with fine-textured mineral soil.

Height growth

The effect of PKB- spot fertilization (P 1.8 and K 3.4 g/planting spot) on the height growth of pines was significant after two or three growing seasons. The unfertilized pine seedlings were the tallest on thin peat layers. Mounding and fertilization increased the height of planted birches.

After 6–8 growing seasons the PK-fertilized pines grew better than unfertilized pines both on pure peat and on mixtures of peat and coarse-textured mineral soil. The height growth of pines fertilized five or more years earlier correlated negatively with the thickness of the remaining peat layer. Both mounding and fertilization increased the height of silver birch during the first five growing seasons.

Rotavation, PKB- and wood ash fertilization increased the height growth of Scots pine and silver birch in advanced sapling stands. The effect of peat ash was negligible even with a 12,000 kg ha⁻¹ ash rate. N-fertilization decreased the height of pines on unrotavated sites and on sites without micro-nutrient application.

Due to high peat nitrogen stores peat cutaway areas own a high wood production potential if the mineral nutrition of trees is taken care of. A recommendable thickness for the remaining peat layer is 15–30 cm depending on the goal of wood production and the quality of mineral subsoil.

ISBN 951-40-1558-4
ISSN 0358-4283