METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 765, 2000

17.04.00

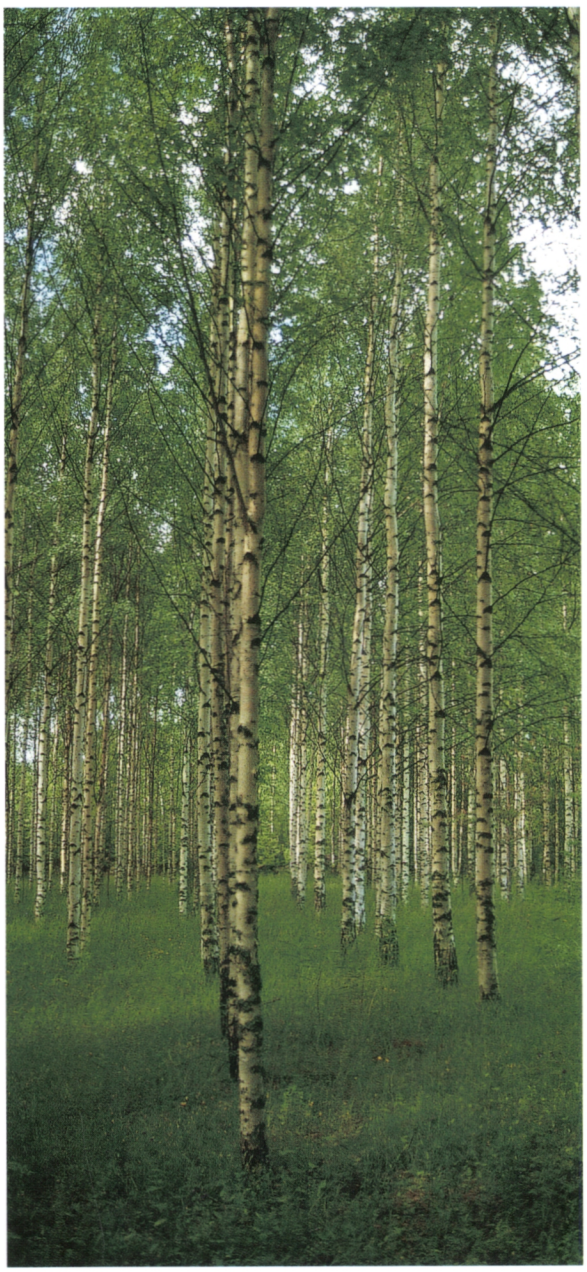
Pellonmetsitysten onnistuminen Itä-Suomessa

Tenho Hynönen









SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

METLA

17.04.00

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 765, 2000

Pellonmetsitysten onnistuminen Itä-Suomessa

Tenho Hynönen

Akateeminen väitöskirja

Esitetään Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan luvalla julkisesti tarkastettavaksi Metsätalon luentosalissa II, Unioninkatu 40 B, perjantaina 5. päivänä toukokuuta 2000, klo 12.00.

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Työn ohjaaja:
Professori Pasi Puttonen
Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos

Esitarkastajat:
Professori Antti Jaakkola
Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos

MMT Jari Parviainen
Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema

Vastaväittäjä:
FT Eero Kubin
Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto, PL 18 01301 Vantaa, puh. 09-857 051, faksi 09-8570 5582, sähköposti kirjasto@metla.fi. Hinta 150 mk.
Kirjoittajan yhteystiedot: Pohjois-Savon metsäkeskus, Piispankatu 12, 70100 Kuopio, puh. 017-485 205, sähköposti: tenho.hynonen@metsakeskus.fi.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema. Hyväksynyt tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 7.3.2000.

Kansikuvat: Tenho Hynönen

ISBN 951-40-1725-0
ISSN 0358-4283

Gummerus Kirjapaino Oy
Saarijärvi 2000

Yhteenveto

Hynönen, T. 2000. Pellonmetsitysten onnistuminen Itä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 765. 90 s. + 4 osajulkaisua. ISBN 951-40-1725-0. ISSN 0358-4283.

Inventointitutkimuksessa selvitettiin Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueilta pellonmetsitysten onnistumista, erityisesti metsitystulosta, sekä onnistumiseen vaikuttaneita tekijöitä, puiden kasvatuskelpoisuutta, maan ominaisuuksien vaikutusta hieskoivun taimien kehitykseen sekä puiden teknistä laatua. Kaikkiaan tutkittiin yhteensä 241 pellonmetsitysalaa, jotka oli istutettu 1970- ja 1980-lukujen alussa ja puolivälissä. Pellot oli metsitetty kuusella, männyllä ja rauduskoivulla. Aineisto jakautui tasaisesti sekä turveettä kivennäismaapeltoihin. Kestokoealoihin perustuvassa seurantatutkimuksessa tarkasteltiin Pohjois-Savossa 1980-luvun lopulla ja 1990-luvun alussa turvemaapelloille istutettujen hieskoivikoiden alkukehitystä ja erityisesti maan ominaisuuksien vaikutusta taimien kehitykseen.

Kivennäismaapelloilla metsiköiden runkoluku oli suurempi ja puiden laatu selvästi parempi kuin turvemaapelloilla. Kuusenviljely oli onnistunut männynviljelyä paremmin ja kivennäismaapelloilla myös rauduskoivun viljelyä paremmin. Turvemaapelloilla kasvatuskelpoisia istutusmäntyjä oli keskimäärin 880 ja kuusia 1 380 sekä kivennäismaapelloilla vastaavasti mäntyjä 1 160, kuusia 1 530 ja rauduskoivuja 800 kpl ha^{-1}. Erityisen huonosti männyn viljely oli onnistunut 1970-luvun puolivälin ja 1980-luvun alun metsityksissä, kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä oli keskimäärin alle 500 kpl ha^{-1}. Luontaiset koivut paransivat metsitystulosta erityisesti turvemaapeltojen männiköissä (300 kpl ha^{-1}). Hieskoivulla istutettujen peltojen kasvatuskelpoisten taimien osuus oli laskenut puoleen (840 kpl ha^{-1}) viljelytiheydestä ensimmäisten vuosien aikana. Taimien kuolleisuus oli kohonnut 6–7 ikävuoteen mennessä jo 30 %:iin.

Kahdessa kolmesta turvemaapeltomänniköstä ja joka kolmannessa vastaavasta kuusikosta viljelyn voidaan katsoa epäonnistuneen, koska kasvatuskelpoisia taimia oli alle puolet nykyisestä viljelysuosituksesta eli alle 1 000 kpl ha^{-1}. Vastaavasti joka kolmannen kivennäismaapeltomännikön ja joka kymmenennen kivennäismaapeltokuusikon viljely oli epäonnistunut. Pohjois-Savon joka viidennen ja Pohjois-Karjalan joka toisen rauduskoivulla istutetun pellon viljely oli onnistunut erittäin huonosti (alle 800 kpl ha^{-1}). Kaksikymmenvuotiaiden kuusikoiden, männiköiden ja rauduskoivikoiden kuutiomäärä kiven-

näismaapelloilla oli 60–85 m^3 ha^{-1}. Havupuiden tilavuus oli turvemaapelloilla kivennäismaapeltoja pienempi, mikä johtui männiköiden alhaisesta runkoluvusta sekä kuusikoiden hitaasta alkukehityksestä.

Suurimmalla osalla viljelytaimista oli puun laatua heikentäviä vikoja. Kuusikoissa viallisten runkojen osuus (30–50 %) oli pienempi kuin männiköissä ja koivikoissa (60–80 % ja 60 %). Turvemaapelloille istutetuissa puissa vikoja oli hieman enemmän kuin kivennäismaapelloille istutetuissa puissa. Yleisimpiä vikoja olivat monilatvaisuus, runkomutkat ja poikaoksat. Tekniseltä laadultaan viljelymännyt olivat huonoja; kasvatuskelpoisista männyistä vain alle 20 % arvioitiin normaaliksi. Teknistä laatua heikensi runkovikojen (mutkaisuus, lenkous) ohella puiden oksaisuus.

Turvemaapelloilla ravinteiden kokonaismäärät ja pitoisuudet pienenivät siirryttäessä muokkauskerroksesta syvempiin maakerroksiin sekä maan tiheyden laskiesssa. Erityisen selvä ero ravinnemäärissä oli muokkauskerroksen (0–20 cm) ja sen alapuolisen kerroksen välillä. Maan ravinnemäärät korreloivat taimien pituuskasvun kanssa positiivisesti. Pituuskasvu parani N/Cu- ja P/Cu-suhteiden pienetessä. Kasvuhäiriöisten taimien osuus lisääntyi P/Cu-suhteen kasvaessa.

Yleisimpinä syinä pellonmetsitysten huonoon tilaan voidaan pitää kasvupaikalle sopimatonta puulajivalintaa, runsasta pintakasvillisuutta, maan epätasapainoista ravinnetaloutta sekä erityisesti männyllä ja osin myös koivulla voimakkaita myyrätuhoja 1970-luvun loppupuolella ja 1980-luvun alussa. Sienitaudit heikensivät niin turve- kuin myös kivennäismaapeltojen männiköiden kuntoa.

Puulajin valinta on yksi tärkeimmistä pellon metsitystulokseen vaikuttavista tekijöistä pintakasvillisuuden torjunnan lisäksi. Kuusi on varmin valinta eri oloissa. Lisäksi on tärkeää kiinnittää huomiota muihin metsityksen kannalta oleellisiin tekijöihin kuten maan vesitalouteen, maanpinnan käsittelyyn ja maan ravinnetalouteen.

Avainsanat: Pelto, maan ominaisuudet, puulaji, kasvuhäiriöt, metsitystulos

Alkusanat

Käytännön pellonmetsityksissä todetut epäonnistumiset sekä omakohtaiset kokemukset jo 1970-luvun alussa vaikuttivat tämän tutkimushankkeen aloittamiseen keväällä 1989. Peltoja oli metsitetty runsaasti varsinkin Itä-Suomessa jo parin vuosikymmenen ajan, mutta metsitysten onnistumisesta ei ollut tutkittua tietoa. Myös pellonmetsitysten voimakas lisääntyminen 1980-luvun lopulla antoi pontta tutkimuksen aloittamiselle.

Tämä julkaisu on yhdistelmä Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueilla 1970–80-luvuilla istutettujen peltojen metsitysten onnistumisesta sekä Pohjois-Savossa vuosina 1989–93 viljeltyjen hieskoivikoiden alkukehityksestä. Maa- ja metsätalousministeriön, Metsäntutkimuslaitoksen ja Pohjois-Savon metsäkeskuksen rahoitustuella laajaa maastotyötä vaativa tutkimus oli mahdollista toteuttaa. Suomen Akatemian tutkijana minulla oli 1990-luvun alussa mahdollisuus tehdä tätä tutkimusta sekä paneutua tutkimuksen perusasioihin. Myös Niemi-säätiöltä ja Metsämiesten säätiöltä saamani henkilökohtaiset apurahat mahdollistivat paneutumisen osatutkimusten viimeistelyyn sekä yhteenvedon laadintaan. Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskukset suhtautuivat myötämielisesti tutkimushankkeisiini. Inventointien maastotöissä olivat mukana metsätieteen ylioppilas Timo Makkonen, metsätalousinsinöörit Timo Kauppila, Eija Kuusisto, Ari Ruotsalainen ja Risto Hämäläinen sekä metsätalousteknikot Jussi Korhonen ja Ari Thitz sekä työnjohtaja Aarne Laasonen. Tutkimusmestari Sylvi Ossi on vastannut maanäytteiden esikäsittelystä.

Professori Matti Leikolan kannustamana ja tukemana rohkenin lähteä päätyöni ohella tekemään tätä hyvin käytännönläheistä ja käytännön ongelmiin paneutuvaa tutkimusta. Hänen johdollaan olin saanut paneutua jo 1970-luvun puolivälissä pellonmetsityksen ongelmiin. MMT Timo Saksan, MMT Jyrki Hytösen ja MMM Timo Makkosen kanssa käymäni lukuisat keskustelut ovat edesauttaneet työtäni. Osatöistä kaksi olen julkaissut yhdessä Timo Saksan sekä yhden Timo Makkosen kanssa. Erikoistutkija Pirjo Haloselta Kuopion yliopiston ATK-keskuksesta sain arvokkaita neuvoja aineiston tilastolliseen käsittelyyn. Keskustelut käytännön metsäammattilaisten kanssa lisäsivät uskoani työn tarpeellisuuteen. Professori Pasi Puttonen antoi hyviä neuvoja kirjoittaessani tutkimustulosten yhteenvetoa. Maatalous- ja metsätieteellisen tiedekunnan määräämiltä esitarkastajilta professori Antti Jaakkolalta ja MMT Jari Parviaiselta saamani palaute oli työtä vahvistava. Kieliasun tarkisti äidinkielenopettaja Leila Leinonen.

Kaikille edellä mainituille sekä myös muille nimeltä mainitsemattomille työni edistymiseen vaikuttaneille haluan osoittaa parhaimmat kiitokseni. Erityisesti haluan osoittaa kiitokseni perheelleni, Arjalle, Antille ja Pekalle; tutkimustyöni on rajoittanut yhteistä aikaamme.

Kuopiossa helmikuussa 2000 Tenho Hynönen

Väitöskirjan osajulkaisut ja tekijän osuus yhteisjulkaisuissa

Tämä väitöskirja perustuu seuraaviin julkaisuihin, joihin tekstissä on viitattu roomalaisin numeroin.

I Hynönen, T. 1997. Turvemaapeltojen metsitystulos Pohjois-Savossa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 181–199.

II Hynönen, T. & Saksa, T. 1997. Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 165–180.

III Hynönen, T. & Saksa, T. 1997. 1970- ja 1980-luvuilla tehtyjen pellonmetsitysten onnistuminen Pohjois-Karjalassa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/1997: 455–476.

IV Hynönen, T. & Makkonen, T. 1999. Turvemaapeltojen maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivujen alkukehitykseen Pohjois-Savossa. Suo 50(1): 17–34.

Osajulkaisut II ja III: Tutkimukset toteutettiin Tenho Hynösen laatiman tutkimussuunnitelman pohjalta (osajulkaisu I); kivennäismaapeltojen vaatimat lisäykset ja tarkennukset tutkimussuunnitelmaan tehtiin yhdessä. Tenho Hynönen vastasi pääosasta tulosten laskentaa sekä kuvamateriaalista, taulukoista ja liitteistä. Tekijät kirjoittivat julkaisujen tekstiosat yhdessä.

Osajulkaisu IV: Tenho Hynönen laati tutkimussuunnitelman, perusti kokeet ja vastasi mittauksista. Hän teki myös käsikirjoituksen, julkaisun kuvat ja taulukot sekä vastasi osasta tulosten laskentaa.

Osajulkaisut I, II ja III on painettu Metsätieteen aikakauskirjan toimituksen luvalla sekä osajulkaisu IV Suo -lehden toimituksen luvalla.

Sisällysluettelo

1 Johdanto 11
1.1 Maatalousmaa-alan kehitys ja maataloustuotannon säätely 11
1.2 Pellonmetsityksen merkitys metsätaloudelle, maaseutumaisemalle ja ympäristölle 15
1.3 Pelto puiden kasvupaikkana 20
1.4 Pellonmetsitystutkimus ja tämän tutkimuksen tavoitteet 26

2 Aineisto ja menetelmät 30
2.1 Inventointitutkimus (I–III) 30
2.1.1 Inventointiaineisto 30
2.1.2 Inventointimenetelmä 33
2.2 Hieskoivikoiden kestokoealat (IV) 35
2.2.1 Kestokoeala-aineisto 35
2.2.2 Hieskoivikoiden mittaus ja maanäytteiden analysointi 35
2.3 Kasvupaikkojen puuntuotoskyvyn arviointi (I–IV) 36
2.4 Aineistojen laskenta (I–IV) 38

3 Tulokset 39
3.1 Kasvupaikat ja metsityskohteiden yleispiirteet (I–III) 39
3.2 Viljelyn onnistuminen ja täydennysistutus (I–III) 40
3.3 Luontaiset taimet ja kokonaistaimimäärät (I–III) 41
3.4 Viljelytaimien kunto ja ulkoinen laatu (I–III) 42
3.5 Metsitystulos (I–III) 43
3.6 Maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivun taimien alkukehitykseen (IV) 49

4 Tulosten tarkastelu (I–IV) 53
4.1 Otanta ja tulosten yleistettävyys 53
4.2 Kasvupaikat 54
4.3 Viljelytaimien menestyminen ja luontainen taimettuminen 57
4.4 Metsityksen onnistuminen sekä taimien kunto ja laatu 59

5 Tutkimustulosten yhteenveto (I–IV) 68

6 Pellon onnistunut metsittäminen 70
6.1 Maisema ja ympäristö 70
6.2 Kasvupaikka ja metsityskelpoisuus 70
6.3 Maanmuokkaus, pintakasvillisuuden torjunta ja ravinnetalouden hoito 72
6.4 Puu- ja taimilaji, tuhot 72
6.5 Viljelytiheys 73

Kirjallisuus 75

Liitteet 89

Alkuperäiset julkaisut (I–IV) 91

1 Johdanto

1.1 Maatalousmaa-alan kehitys ja maataloustuotannon säätely

Suomen maatalouspoliittisena linjana on 1940-luvulta lähtien ollut omavaraisuuden turvaaminen kaikissa oloissa, viljelijäväestön tulotasosta huolehtiminen, tilakoon kasvattaminen sekä tuotannon tehostaminen (Kettunen 1981). Toisen maailmansodan jälkeinen asutustoiminta lisäsi hyvin nopeasti pientilojen määrää 140 000 tilalla (Horisontaalinen maaseudun… 1999). Asutukseen tulleesta metsämaasta oli suhteellisesti enemmän kasvullisia soita, erityisesti ojitettuja soita, kuin yksityismailla keskimäärin (Ilvessalo 1962). Ojitettuja soita pidettiin yleisesti sopivina raivattavaksi pelloiksi. Muuttuneissa oloissa pienet asutustilat eivät pystyneet enää 1970-luvulla tarjoamaan edes minimitoimeentuloa omistajilleen (Hynönen ja Hytönen 1998). Asutustoiminta, peltojen raivaus, maataloustuotannon koneellistuminen, lannoitteiden käyttö ja tuottavuuden yleinen kasvu johtivat jo 1960-luvun alussa maataloustuotteiden, erityisesti leipäviljan ja maitotaloustuotteiden, ylituotantoon (Selby 1975). Tämä puolestaan lisäsi tuotteiden vientiä ulkomaille hinnalla, joka oli alle tuotantokustannusten (Selby 1975).

Viime vuosisadan loppupuolella (1880) niityt muodostivat 67 % 2,4 miljoonan hehtaarin viljelysmaa-alasta, mutta jo 1900-luvun alussa pellon osuus oli kohonnut 55 %:iin. Viljelysmaata oli tuolloin 2,9 milj. hehtaaria (josta niittyä 1,3 milj. ha) (Pietiäinen 1992). 1930-luvulla peltoala oli hieman alle 2,3 milj. hehtaaria (Suomen tilastollinen… 1998). Toisen maailmansodan jälkeisessä rauhanteossa menetettiin 280 000 hehtaaria viljelysmaata, ja vuosina 1945–1957 peltoa raivattiin noin 400 000 hehtaaria, josta pääosa asutustarkoitukseen (Hynönen ja Hytönen 1998). Vuonna 1997 kokonaispelto- ja puutarhaala oli vähän yli 2,5 milj. hehtaaria, josta vuonna 1999 viljelyksessä oleva pinta-ala oli vajaa 2,0 milj. hehtaaria ja kesantoala 0,2 milj. hehtaaria. Entisten Kuopion ja Pohjois-Karjalan läänien osuus Suomen peltoalasta on noin 10 % (Maatilatilastollinen... 1999). Suomen peltoalasta lähes 99 % on yksityisten henkilöiden tai perikuntien ja perheyhtiöiden omistuksessa (Maatilatilastollinen… 1999).

Viljelysmaan (vuonna 1960 noin 2,6 milj. ha [Suomen tilastollinen… 1998]) vähentämistarpeesta on esitetty useita hyvinkin toisistaan poikkeavia arvioita. Jo 1960-luvun alussa esitettiin, että tuotannon tehokkuudessa odotettavissa oleva lisäys huomioon ottaen voitaisiin vuoden 1970 kulutustarve tyydyttää 350 000 hehtaaria pienemmällä peltoalalla ja että uudisraivauspalkkioista luo-

vuttaisiin peltoalan kasvun rajoittamiseksi (Komiteamietintö 1962). 1960-luvulla peltojen raivauksen arvioitiin heikentävän jopa metsäteollisuuden raaka-aineen saatavuutta (Metsätalouden suunnittelukomitean... 1961), koska metsäteollisuus samalla laajeni voimakkaasti. 1970-luvun alussa omavaraisuuden ylläpitämistä pidettiin mahdollisena 400 000 ja jopa 730 000 hehtaaria pienemmällä peltoalalla (Honkanen ym. 1973, Selby 1975). MERA-ohjelman mukaan vuosina 1970–1991 peltoja olisi pitänyt poistaa tuotannosta metsittämällä 600 000 ha (Ervasti ym. 1970). 1980-luvulla Maatalous 2000 -komitean (Komiteamietintö 1987) ja pellon metsitystyöryhmän (Pellon metsitystyöryhmän... 1988) tavoitteena oli metsitysten lisääminen vähintään 10 000 hehtaarin vuositasolle; Metsä 2000 -ohjelman tarkistustoimikunnan metsätalouden jaoston (1991) tavoitteena oli 15 000 hehtaarin metsitys vuodessa. 1980-luvun lopulla viljelysmaan vähennystarpeeksi katsottiin kulutuksen ja hehtaarisatojen muutosten vuoksi 235 000 hehtaaria vuosituhannen loppuun mennessä eli lähes 10 % peltoalasta (Kettunen 1988). Valtioneuvoston hyväksymässä kansallisessa metsäohjelmassa (1999) peltojen metsitysmääräksi vuoteen 2010 saakka ennustetaan 10 000 hehtaaria vuodessa. Kansallisen metsäohjelman 2010 taustaraportissa (1999) lähivuosien viljeltyjen peltojen metsitysmääräksi tosin arvioidaan vain 3 500 ha vuodessa ja realistiseksi tavoitteeksi 5 000 ha vuodessa. Jo 1970-luvulla, mutta erityisesti 1980-luvulla, peltojen yhdeksi käyttömuodoksi nousi keskusteluissa esiin ajatus energiapuun kasvatuksesta, ns. lyhytkiertoviljelystä (Pohjonen 1974, Hytönen 1982, 1985, Ferm ym. 1989).

Varsinaisiin tuotannon rajoitustoimiin ryhdyttiin vuonna 1969 (Laki pellonkäytön... 1969). Samana vuonna lopetettiin myös pellonraivauksen tukeminen. Vähentämistoimenpiteistä tärkeimmät olivat pellonvaraussopimukset, kesannointi sekä peltojen metsitys. Pellonvaraussopimuksessa maatilan omistaja luopui käyttämästä peltojaan maataloustuotantoon ainakin seuraavan kolmen vuoden ajaksi (Holopainen ja Mietola 1981). Sitoumus koski omistajan kaikkia peltoja (yläraja oli aluksi 14 ha). Sopimuksen soveltamisalaa laajennettiin koskemaan myös yhteisöjä; yhteisöjen korvaustaso oli 60 % yksityisten maanomistajien saamasta korvauksesta (Holopainen ja Mietola 1981). Pellonvaraussopimuksia tehtiin kaikkiaan noin 36 000 tilalle yhteensä 240 000 hehtaarille (Sauli 1987). Sopimusten tekoa rajoitettiin jo vuonna 1971 Pohjois-Suomen alueella, ja sopimusten teko lopetettiin koko maassa vuonna 1974 (Sauli 1987). Vuonna 1975 pellonvarauspellon ala oli koko maassa 187 500 ha (Maatilatilastollinen... 1989) ja Pohjois-Savossa lähes 24 000 ha. Pellonvaraussopimusten lisäksi peltoa pyrittiin poistamaan viljelyksestä sekä pysyvästi että väliaikaisesti maanviljelijöiden eläkejärjestelyin sekä tuotannonmuutoskorvauksin. Peltoalan vähentämistoimille on ollut tyy-

pillistä lyhytjänteisyys ja toimien ristiriitaisuus, jopa vastakkaiset pyrkimykset (Holopainen ja Mietola 1981). Samaan aikaan kun peltoja metsitettiin, raivattiin lähes saman verran uutta peltoa (Selby 1990, Maatilatilastollinen… 1995), joten peltoalan nettovähennys on ollut olematon. Vuonna 1987 säädettiin laki pellonraivausmaksusta, jonka mukaan valtiolle oli suoritettava pellonraivausmaksua metsän, turvetuotantoalueen tai muun viljelemättömän alueen raivaamisesta pelloksi (Laki pellonraivausmaksusta 1987). Maksu oli korkeimmillaan peräti 40 000 markkaa raivatulta hehtaarilta.

Laki maataloustuotannon tasapainottamisesta (1989) mahdollisti palkkioiden maksamisen viljelijälle maataloustuotteiden tuotannon vähentämisestä, lopettamisesta tai kohdentamisesta laissa säädetyllä tavalla. Tuotannon vähentämisen ohella peltojen kesannointi tai metsittäminen olivat mahdollisia toimenpiteitä. Metsittäminen tuli kyseeseen, jos se ei olennaisesti haitannut paikkakunnan maatilojen kehittämistä. Pellon metsittäjälle maksettiin ns. tasapainottamispalkkiota, jonka suuruus vaihteli Lapin 7 000 markasta Uudenmaan 10 600 markkaan hehtaarilta. Lisäksi varsinaiseen metsitystyöhön käytettiin metsänparannusvaroja.

Suomessa oli vuonna 1996 yli yhden peltohehtaarin maatiloja 155 000, joista Pohjois-Savossa ja Pohjois-Karjalassa 13 % (Suomen tilastollinen 1998). Ns. aktiivitilojen lukumäärä vuonna 1997 oli noin 90 000 kpl (keskipeltoala 24 ha) (Horisontaalinen maaseudun… 1999). Puolella koko maan tiloista peltoala on alle 10 hehtaaria (Suomen tilastollinen… 1998). Viimeisen parinkymmenen vuoden aikana tilojen määrä on vähentynyt lähes 100 000 tilalla eli 40 % (Maatilatilastollinen...1989, Suomen tilastollinen... 1998). Suuresta tilaluvun pienenemisestä huolimatta viljellyn peltoalan (kesanto mukana) käyttö väheni vastaavana aikana vain 14 % (Suomen tilastollinen… 1998). Tärkeimpinä syinä em. tulokseen ovat mitä ilmeisimmin se, että supistukset kohdistuivat pieniin tiloihin, sekä se, että osa pienien tilojen pelloista on siirtynyt lisämaaksi muille viljelijöille (Mustonen 1990). Vuosina 1972–1989 uutta peltoa raivattiin peräti 105 000 ha. Maidontuotanto on vähentynyt vuodesta 1980 vuoteen 1998 noin 25 %, sen sijaan lihan kokonaistuotanto on lisääntynyt lähes 15 % (Maatilatilastollinen… 1999).

Aluepoliittisesti maataloustuotannon, lähinnä tilaluvun, supistuminen on ollut merkittävä. Se näkyy Itä- ja Pohjois-Suomen väestömäärän voimakkaana supistumisena ja suurten kasvukeskusten, erityisesti Etelä-Suomen, voimakkaana kasvuna. Maataloustuotannosta vapautuneille ja heidän perheilleen ei ole ollut työtä tarjolla omalla kotiseudulla. Työllisyystilanne on ollut vaikein juuri Itä- ja Pohjois-Suomessa.

Euroopan unionilla on yhteinen maatalouspolitiikka, jonka periaatteet luotiin Rooman sopimuksella vuonna 1957. Tavoitteena on maatalouden tuottavuuden parantaminen sekä kohtuullisen tulo- ja elintason turvaaminen viljelijöille, maataloustuotteiden markkinoinnin vakauttaminen sekä kohtuuhintaisten elintarvikkeiden saatavuuden varmistaminen kuluttajille (Suomi ja... 1992). Vuonna 1992 uudistetussa yhteisen maatalouspolitiikan uudistuksessa tavoitteena on yhtenäistää kysyntä ja tarjonta vähentämällä tuotantoa, edistämällä ympäristön hoitoa ja maan käyttöä sekä sitoutumalla laskemaan hintoja. Tavoitteisiin pyritään tukemalla maanviljelijöitä suoraan, tuotantokustannusten alentamisella, tuotteiden laadun parantamisella sekä sisämarkkinoiden valtauksella (Eurooppa – kysymyksiä ja... 1998).

Euroopan unionin alueelle on laadittu alueellisia kehittämisohjelmia, joihin on sisältynyt pellonmetsitystoimenpiteitä (Toivonen ym. 1999). Vuosille 1993–1999 maatilojen maataloustoimenpiteiden tukiasetuksen (Euroopan unionin asetus 2080/92) perusteella hyväksyttiin metsitysohjelmaksi lähes 0,9 miljoonaa hehtaaria, mikä lisää Euroopan unionin metsäalaa vajaan prosentin. Sen sijaan alueellisesti metsitykset voivat lisätä merkittävästi metsäalaa; esimerkiksi Irlannissa metsäala lisääntyi noin 12 % (Toivonen ym. 1999). Pääosa maatalousmaan metsityksistä on kohdistunut Espanjaan, Iso-Britanniaan, Irlantiin ja Portugaliin. Espanjan osuus on ollut vuosina 1993–1996 toteutuneesta metsitysmäärästä lähes puolet eli 200 000 hehtaaria (Toivonen ym. 1999). Pääosa metsityksistä on ollut lehti- tai havupuiden istutuksia. Myös lyhytkiertoviljelmien perustamista on tuettu; eukalyptusviljelmiä on Espanjassa ja Portugalissa yhteensä yli 1,2 miljoonaa hehtaaria ja Ranskassa poppeliviljelmiä yli 200 000 hehtaaria. Euroopan unionin mahdollinen laajeneminen Keski- ja Itä-Euroopan maihin (Viro, Latvia, Liettua, Puola, Unkari, Tsekin ja Slovakian tasavallat, Slovenia, Romania ja Bulgaria) toisi maatalousmaan supistustarpeen myötä lisäongelmia. Tämän hetken metsityssuunnitelmien mukaan vuoteen 2050 mennessä ko. alueella pitäisi metsittää arviolta kaksi miljoonaa hehtaaria maatalousmaata. 1990-luvulla metsitysmäärä on ollut alle 100 000 hehtaaria vuodessa. Pääosa metsityksistä kohdistuisi Puolaan ja Unkariin (Toivonen ja Mäki 1999).

Suomi liittyi Euroopan unionin jäseneksi vuoden 1995 alussa. Liittymisvaiheessa maallemme laadittiin ohjelma pellonmetsityksen edistämiseksi vuosiksi 1995–1999 (Ohjelma maatalouden...1994); samalla myös poistuivat kaikki pellonraivaukseen kohdistuneet kotimaiset rajoitukset ja pellonraivaus saattoi jatkua edelleen. Ohjelman tavoitteena oli metsittää viidessä vuodessa 88 000 hehtaaria peltoja. Laki maa- ja metsätalouden rakennepoliittisista toimenpiteistä (1994) mahdollisti sen, että viljelijälle voitiin maksaa ns. tulonmenetys-

korvausta sekä metsityksenhoitopalkkiota. Mikäli viljelijä metsitti huomattavan osan pelloistaan ja luopui kokonaan maatalouden harjoittamisesta sekä ryhtyi päätoimisesti harjoittamaan tilallaan metsätaloutta tai muuta elinkeinotoimintaa, tulonmenetyskorvaus myönnettiin puolitoistakertaisena. Pellonmetsitykseen sai näissäkin tapauksissa metsänparannusvaroja.

Kuitenkin jo vuonna 1997 sopimuskauden 1995–1999 pellonmetsitystavoitetta pienennettiin 44 650 hehtaariin (Proposal for modification... 1997). Alennuksen perusteluina esitettiin, että niin peltomaan vuokra ja hinta kuin maataloustuotteiden hinnatkin olivat laskeneet maamme liityttyä Euroopan unioniin. Sen sijaan tuotantokustannukset eivät olleet laskeneet samassa määrin. Tulonmenetyskorvaukset houkuttelivat pellonmetsitykseen jopa enemmän kuin ennen unioniin liittymistä. Korkeiden tulonmenetyskorvausten nähtiin olevan myös este aktiivitilojen peltoalan kasvulle. Tällä hetkellä näyttää siltä, että Kansallisen metsäohjelman mukainen metsitystaso ei toteudu, koska valtioneuvosto teki 5.8.1999 päätöksen, että uuden EU:n ohjelmakauden (2000–2006) horisontaaliseen maaseudun kehittämisohjelmaan ei sisällytetä uusia varhaiseläke- eikä pellonmetsitysjärjestelmiä (Hallitukselta esitys... 1999). Rahoituskaudella 1995–1999 tehdyt sitoumukset ovat voimassa alkuperäisen sitoumuskauden loppuun (Horisontaalinen maaseudun... 1999). Horisontaalista maaseudun kehittämissuunnitelmaa toteutetaan koko manner-Suomen alueella.

1.2 Pellonmetsityksen merkitys metsätaloudelle, maaseutumaisemalle ja ympäristölle

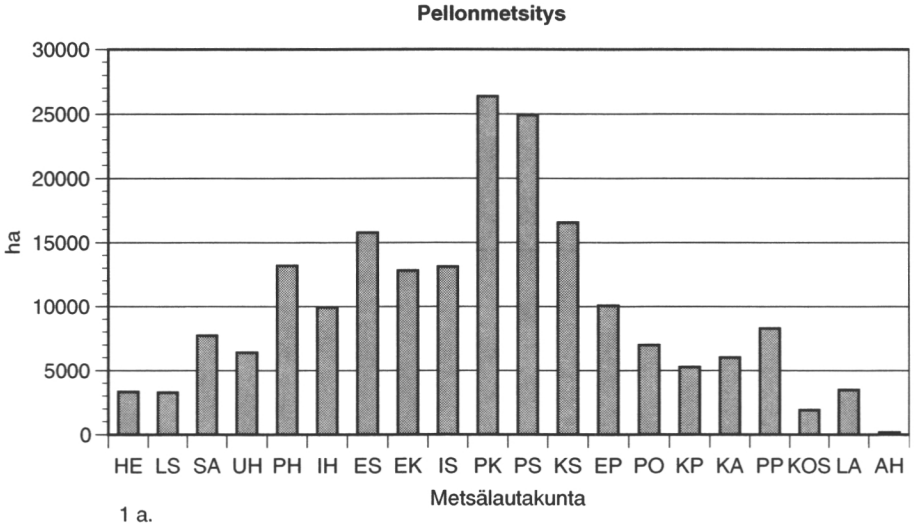
Tähän mennessä peltoja on metsitetty noin 230 000 ha, mikä on 10 % vuonna 1996 viljelyksessä olleesta peltoalasta, runsas prosentti koko maan metsäalasta ja 7 % vuosina 1970–96 olleesta 3,2 miljoonan hehtaarin metsänviljelymäärästä (Suomen tilastollinen... 1998, Sevola 1997). Männyn osuus koko maan 1970- ja 1980-lukujen metsänviljelyn kokonaisalasta oli yli 75 %, mutta se pieneni 1990-luvulla 55 %:iin (Sevola 1997). Pellonmetsityksissä männynviljelyn osuus on ollut pienempi kuin metsänviljelyssä yleensä. Vuosina 1970–1987 männyn osuus oli 47 %, kuusen 21 %, koivun 31 % ja muiden puulajien 1 % pellonmetsitysalasta. Eri puulajeilla metsitettyjen peltojen pinta-alaa ei ole tilastoitu vuoden 1987 jälkeen. Metsäkeskusten hanketietoihin perustuen männynviljelyn voidaan kuitenkin arvioida supistuneen hyvin vähäiseksi, Itä-Suomessa ehkä jopa alle 10 %:n koko pellonmetsitysalasta, mutta rauduskoivun ja erityisesti kuusen viljelyalojen puolestaan kasvaneen. Jo 1980-luvun lopulla lisääntyi rauduskoivun viljelyn ohella myös hieskoivun viljely.

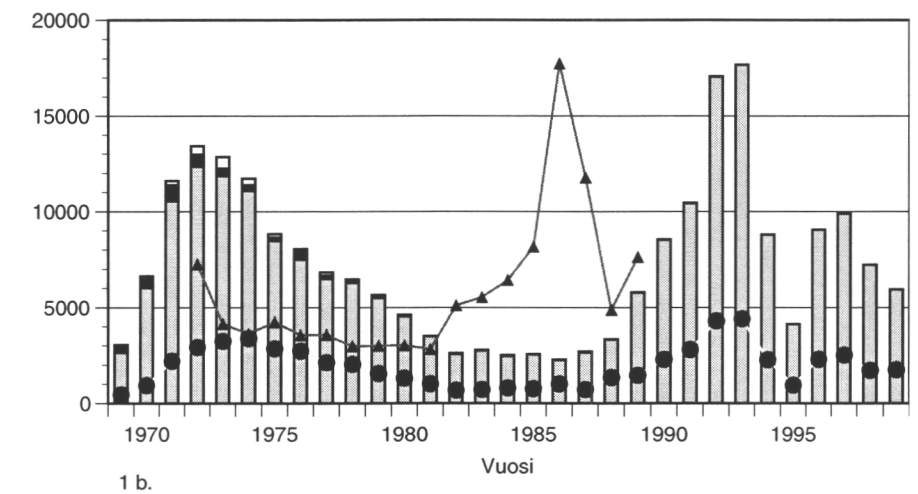
Hieskoivun viljelyn lisääntymiseen vaikuttivat osaltaan männynviljelyn epäonnistumiset entisillä turvemaapelloilla sekä myönteiset tutkimustulokset hieskoivun eduista soilla muihin puulajeihin verrattuna (Mikola 1973, Saramäki 1977). Suurimpana syynä männynviljelyn voimakkaaseen vähenemiseen voidaan pitää huonoja metsitystuloksia. Puulajin valinnassa epävarmuutta ja vaikeutta kuvaa hyvin se, että 1990-luvun alussa viljeltiin Pohjois-Karjalassa hies- ja rauduskoivua sekaisin (sekastrategia). Maassamme on tutkimustarkoituksiin perustettu myös pienialaisia lyhytkiertoviljelmiä, lähinnä pajuviljelmiä.

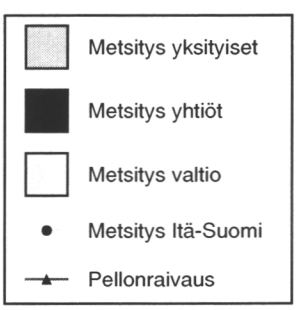
Peltojen metsitys on kohdistunut nimenomaan heikosti kehittyneille alueille, kuten Itä-Suomeen, jossa maatilat ovat pieniä, pellot pieninä lohkoina ja metsien taloudellinen merkitys suuri (ks. Holopainen ja Mietola 1981). Maatalousvaltaisilla alueilla, Lounais- ja Länsi-Suomessa, metsitys on sen sijaan ollut vähäistä (kuva 1 a). Peltoalaan nähden suhteellisesti eniten peltoja metsitettiin vuosina 1969–87 Itä- ja Keski-Suomessa (Mustonen 1990). Tämän tutkimuksen kohdealueiden Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan pellonmetsitysala on ollut 27 % sekä koko maan metsitysalasta että Pohjois-Savon ja Pohjois–Karjalan vuoden 1996 viljelyksessä olleesta peltoalasta (Aarne 1993, 1994, 1995, Metsätilastolliset vuosikirjat 1970–1991, Sevola 1996, 1997, Pohjois-Karjalan metsäkeskus 1998, Pohjois-Savon metsäkeskus 1998, Suomen tilastollinen... 1998).

Pellonmetsityskustannukset (ensikertainen metsitys) ovat olleet arviolta 1,2 miljardia markkaa (Hynönen ja Hytönen 1998), josta summasta pääosa (70–80 %) on ollut valtion varoja. Koska pellonmetsityksistä osa on täydennysviljelty tai jouduttu metsittämään kokonaan uudestaan, noussee kokonaiskustannus noin kahteen miljardiin markkaan (Hynönen ja Hytönen 1998). Pellonmetsityskustannus on tällä hetkellä noin 6 000 markkaa hehtaarilta, mikä on noin 1 000 markkaa korkeampi kuin metsämaalla. Kustannusero johtuu lähinnä pintakasvillisuuden ennakkotorjunnasta, taimimateriaalista sekä sen vaikutuksesta työkustannuksiin. Myös muokkausmenetelmien välillä on kustannuseroja.

Metsittäjille on maksettu lisäksi erilaisia metsityspalkkioita tai korvausta ansioiden menetyksistä. Maatalouden tasapainottamistoimenpiteiden kassamenot olivat kuluvan vuosikymmenen alkupuolella yli 1,3 miljardia markkaa vuodessa; tästä summasta kesannointisopimusten osuus oli yli puolet (Maatilatilastollinen... 1998). Vuosina 1990–1998 keskimääräinen kesantoala oli 326 000 ha (Maatilatilastollinen... 1999). Metsityksellä ei ole kuitenkaan onnistuttu vähentämään maataloustuotantoa, koska peltojen metsitys on koh-







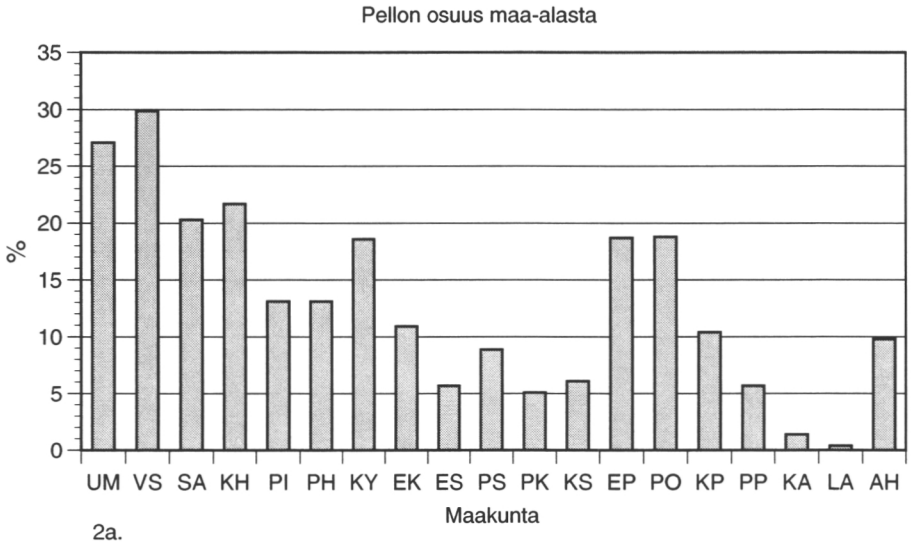
Kuva 1. *Pellonmetsitysala metsälautakunta-alueittain vuosina 1969–1995 (1a), pellonmetsitysala koko Suomessa ja Itä-Suomessa (Itä-Suomi = Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alue) vuosina 1969–1999 sekä raivattu peltoala vuosina 1972–1989 (1b).*

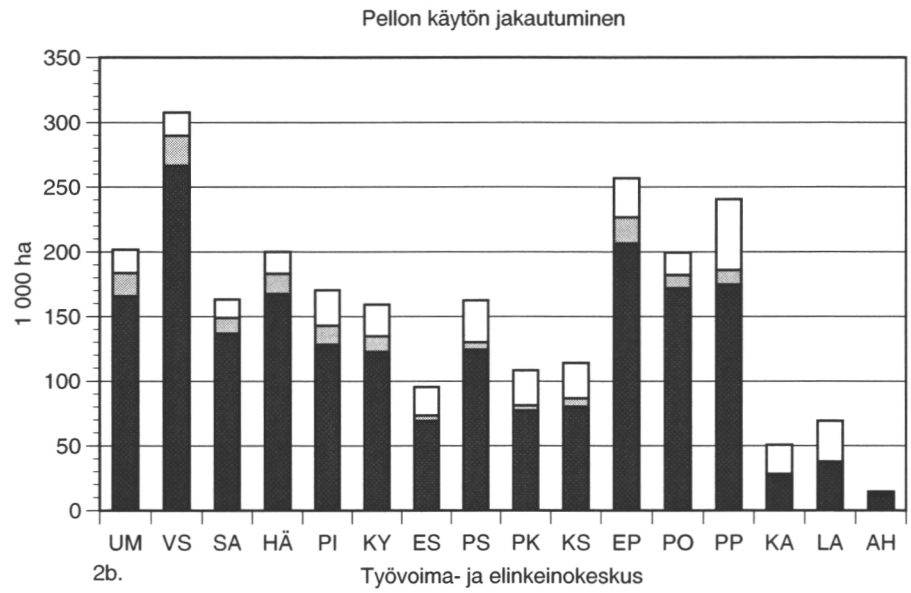
distunut usein passiivitiloihin tai syrjäisiin, huonosti tuottaviin peltoihin (Selby 1990, Hynönen ja Hytönen 1998) ja samanaikaisesti on lisäksi raivattu uutta peltoa (Maatilatilastollinen... 1995) (kuva 1b). Raivaus jatkuu edelleen.

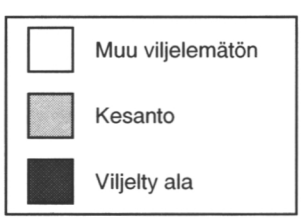
Peltojen metsityksen (600 000 ha) laskettiin lisäävän metsien kokonaiskasvua vuoteen 2015 mennessä 4 % eli 5,8 milj. m^3 vuodessa sekä puuston kiertoajan (65 vuotta) kuluttua 6,6 milj. m^3 vuodessa (Ervasti ym. 1970). Toteutuneen pellonmetsitysalan (230 000 ha) olen arvioinut lisäävän puuston vuotuista kasvua nykyisin noin 0,9 milj. m^3 (n. 4 m^3 ha^{-1}) vuodessa eli noin 1,3 % ja vuonna 2020 noin 1,7 milj. m^3 (n. 8 m^3 ha^{-1}). Jos pellonmetsitykset olisivat onnistuneet tavoitellulla tavalla, puuston kasvu voisi olla nykyisin kaksinkertainen. Kansallisessa metsäohjelmassa (1999) pellonmetsitysten ja suopohjien metsitysten on arvioitu lisäävän hakkuukertymää vuoteen 2010 mennessä runsaat 0,5 miljoonaa kuutiometriä. Paikallisesti pellonmetsityksellä voi olla hyvinkin suuri taloudellinen merkitys yksityiselle maanomistajalle. Metsitys saattaa edustaa keskimääräisellä tilalla (40 ha) jopa 20–50 %:a tilan pinta-alasta. Tällaisten tilojen omistajille ei ole samantekevää, miten metsitys onnistuu.

Suomen maa-alasta peltoa on noin 8 %; määrä vaihtelee Varsinais-Suomen 30 %:sta Lapin alle 1 %:iin (Suomen tilastollinen... 1998) (kuva 2 a), joten metsitysten merkitys erityisesti maisemaa muuttavana tekijänä vaihtelee eri osissa maata. Maiseman ja ympäristön kannalta tärkeimpiä alueita ovat vesistöjen varret, asuntojen lähialueet, tienvarret, laajat peltoaukeat sekä ihmisen vuosisatojen aikana muovaamat perinne- ja kulttuurimaisemat.

Maiseman miellyttävyys vähenee sitä enemmän, mitä enemmän peltopinta-alasta metsitetään (Tahvanainen ja Tyrväinen 1995). Tosin yksitoikkoisilla, laajoilla peltoalueilla metsitys voi tehdä maiseman jopa miellyttävämmäksi (Vesistökuormituksen... 1992, Tahvanainen ja Tyrväinen 1995) ja lisätä alueen monimuotoisuutta (van Meel ja Stoll 1996). Maanomistajat suhtautuvat yleensä myötämielisemmin peltojen metsityksen aiheuttamiin maisemamuutoksiin kuin muut kansalaisryhmät (Tahvanainen ja Tyrväinen 1995). Peltojen metsitystä voidaan tarkastella myös viljelemättömyyden (peltojen heitteillejätön) vaihtoehtona. Mikäli peltoja ei viljellä eikä muutenkaan hoideta, ne pensoittuvat ja luontainen metsittyminen jää heikoksi (Kalela 1961b, Hynönen ja Hytönen 1998). Vuonna 1997 peltoalasta oli kesannoinnin lisäksi viljelemättä 15 % eli lähes 400 000 ha; ala vaihteli Varsinais-Suomen 6 %:sta Pohjois-Pohjanmaan 55 %:iin (Maatilatilastollinen... 1999) (kuva 2 b). Hyvin suunniteltu ja toteutettu metsitys ei ole huono vaihtoehto hoitamattomaan ja viljelemättömään peltoon verrattuna. Erityisesti Pohjois-Suomessa ja Pohjois-







Kuva 2. *Pellon osuus maa-alasta vuonna 1996 (maakuntajako) (2a) ja pellon käytön jakautuminen eri käyttötarkoituksiin vuonna 1997 (työvoima- ja elinkeinokeskusaluejako) (2b).*

Pohjanmaalla heitteille jätettyjen, hoitamattomien peltojen määrä on silmiinpistävä. Pellonmetsityksen aiheuttama muutos maisemassa ei ole äkillinen vaan hitaan kehityksen tulos. Peltojen metsityksessä pitäisi seurata maiseman omia pyöreitä ja soikeita muotoja. Suoraviivaisia muotoja samoin kuin näkymäyhteyksien katkaisemista olisi vältettävä (Komulainen 1997).

Vesistöjen varsilla pellonmetsityksellä on kielteisistä maisemallisista vaikutuksista huolimatta myönteisiä ympäristövaikutuksia. Metsitetyt pellot tai kaistaleet voivat ehkäistä ravinteiden huuhtoutumista pellolta ja toimia näin suojavyöhykkeinä. Suojakaistoista ja - vyöhykkeistä on erityistä hyötyä vesistöön jyrkästi viettäville pelloille. Vesistöjen (järvet, joet, purot) varsilla puiden ja pensaiden juuristo vahvistaa luiskia ja estää eroosiota. Puiden varjostus vaikuttaa edullisesti myös veden laatuun ja vesieliöstöön (Vesistökuormituksen... 1992, Jormola 1997). Vesistöjen varsia metsitettäessä maanmuokkaus on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti, ettei lisätä eroosiota ja sen myötä heikennetä vesistöjen tilaa. Metsitetyt pellot lisäävät talousmetsiemme kasvillisuuden monipuolisuutta sukkession edetessä, ja viljavista metsämaista raivatut pellot kehittynevät ajan myötä lehdoiksi. Kehitystä voidaan nopeuttaa suosimalla metsänhoidossa lehtipuita (Wall 1998, Kansallinen metsäohjelma... 1999).

1.3 Pelto puiden kasvupaikkana

Pellon ominaisuuksiin ja puuston menestymiseen vaikuttavat voimakkaasti mm. maankäytön historia, kasvupaikan luontainen viljavuus ennen pelloksi raivaamista, vesitalous, painomaan tai orgaanisen aineksen käyttö, lannoitus, pintakasvillisuus, rikkakasvien torjunta maanviljelyn aikana ja maan tiivistyminen (kuva 3 a).

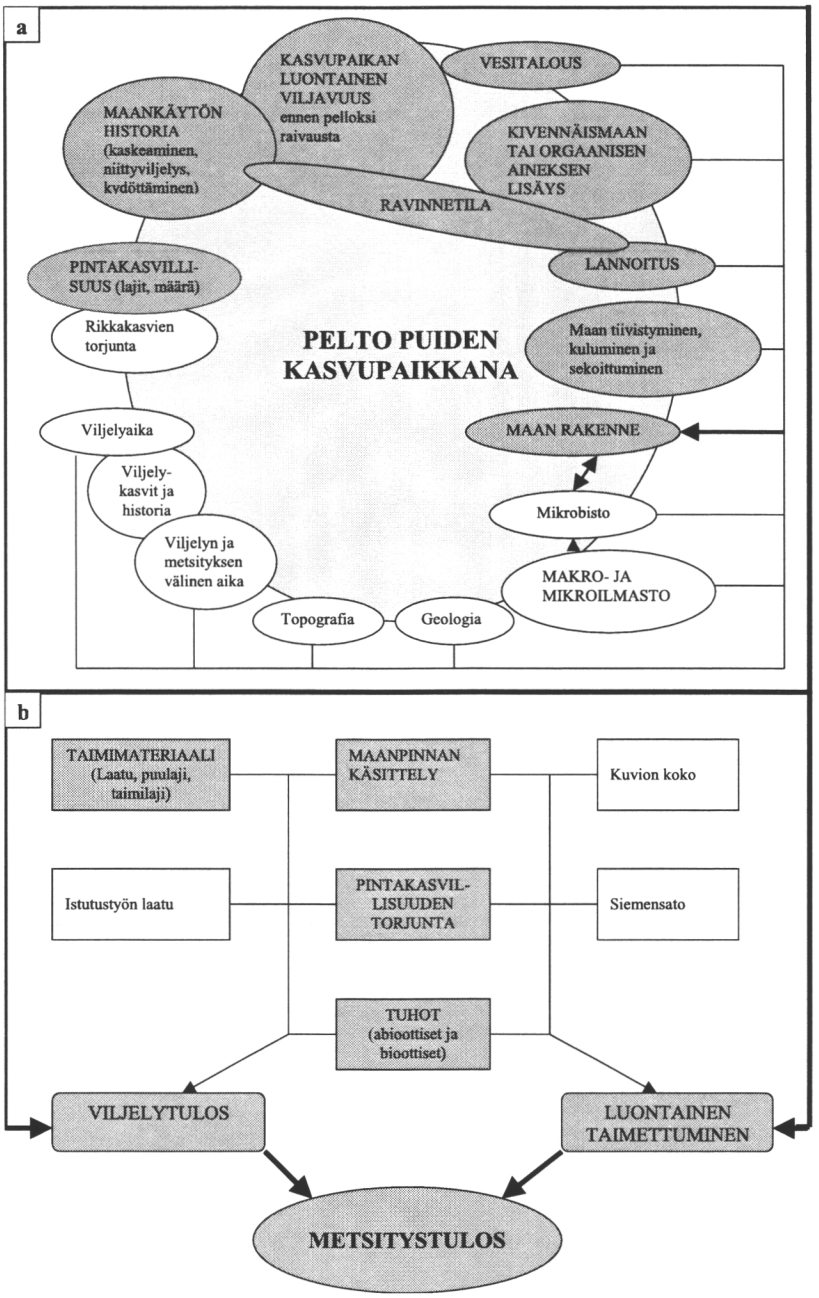
Topografialtaan Suomen eri osat poikkeavat toisistaan. Pohjanmaalla peltojen korkeuserot ovat vähäiset, kun sen sijaan Keski- ja Itä-Suomessa korkeusvaihtelut ovat suuret. Topografiaeroista johtuen myös peltojen maalajit, geologiset muodostumat, vaihtelevat nopeasti (moreenimaasta turvemaahan) pienelläkin alueella. Korkeusasema vaikuttaa mikro- ja makroilmastoon. Kylmä ilma painuu laaksoihin ja aiheuttaa hallatuhoja. Keväthallat ovat metsäpuiden kannalta pahempia kuin syyshallat; Pohjois-Suomessa keväthallat ovat harvinaisempia kuin Etelä- ja Keski-Suomessa (Kalela 1961a).

Metsätaloudessa maalajien luokitusperusteena käytetään raekoostumusta ja lajittuneisuutta (geologinen luokitus). Kivennäismaalajit ovat kallioperästä

rapautumalla muodostuneita maalajeja; eloperäiset maalajit ovat sen sijaan syntyneet kasvi- ja eläinjätteistä (Aaltonen 1940). Moreenimaat ovat Suomen yleisin maalajiryhmä, ja moreenikerrostumat ovat enimmäkseen lähinnä kallioperää. Alavilla paikoilla muut maalajit ovat kerrostuneet moreenimaiden päälle (Kurki 1982). Moreenit ovat yleensä kivisiä, ja ne luetaan lajittumattomiin maalajeihin. Itä- ja Pohjois-Suomessa moreenimaat ovat yleisiä. Hiekkamaat (vallitseva raekoko 0,2–2,0 mm) ovat hyvin vettä läpäiseviä, ja niiden osuus peltoalasta on vähäinen. Ahvenanmaalla hiekkapeltojen osuus on yli puolet peltoalasta. Suurin osa Suomen peltoalasta on hietamaita (vallitseva lajite 0,02–0,2 mm). Hiesumaat (0,002–0,02 mm) ovat huonoja viljelysmaita erityisesti jos humuspitoisuus on alhainen. Hiesumaiden osuus on suurimmillaan Pirkanmaalta Pohjois-Savoon ja Pohjois-Karjalaan ulottuvalla alueella. Savimaita (< 0,002 mm) on eniten Etelä- ja Lounais-Suomessa, jolla alueella niiden osuus on selvästi yli puolet peltoalasta. Multa- ja turvemaita on eniten Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa (Kurki 1982).

Maataloudessa peltojen laadun luokitteluperusteina on maan luontaisen tuottokyvyn lisäksi käytetty pellon taloudelliseen arvoon vaikuttavia tekijöitä, kuten tilussuhteita, peltokuvion muotoa, peltojen keskittyneisyyttä, pellon ulkoista sijaintia sekä maan kysyntää maatalouden ulkopuolisiin tarkoituksiin (Peltojen inventointitutkimus 1980). Maalajin ohella maan luontaiseen tuottokykyyn vaikuttavat mm. multakerroksen paksuus, multavuus, maatumisaste, kivisyys, kantoisuus, lohkareisuus, kuivatus sekä metsän aiheuttama varjostus. Vuoden 1980 inventoinnissa 42 % kuului parhaaseen luokkaan I A (I B 33 %, I C 18 %, I D 4 % ja muu pelto 3 %). Hyvyysluokan I A pellot sijoittuvat eteläisen Suomen alueelle sekä Vaasan seudulle; ko. alue on yhtenevä savimaiden esiintymisen kanssa. I B -luokkaan kuuluvaa maata on suhteellisesti eniten Oulun läänin alueella, mutta myös Keski- ja Itä-Suomessa sen osuus on korkea. I B -luokan yleisimmät maalajit ovat hieta, hiesu ja moreeni. I C -luokan peltoja on eniten entisen Mikkelin läänin alueella, Kainuun itä- ja pohjoisosissa sekä valtaosassa Lapin aluetta, ja ne ovat yleensä moreeni- tai turvemaata. I D -luokkaan kuuluvia peltoja on suhteellisesti eniten Kainuussa, Lapissa ja Pohjois-Karjalassa.

Pellot on raivattu yleensä parhaille metsämaille, joilla luontainen viljavuus on ollut hyvä. Vanhat niittyviljelykset ja parhaat kaskialueet otettiin jo varhain peltokäyttöön (Järveläinen 1940, Linkola 1987). Turvemaapelloista osa on raivattu vähäpuustoisista tai jopa puuttomista soista, jotka olivat hyvin vähäravinteisia, mutta toisaalta käsityövälinein helpompia raivata kuin puustoiset kangasmaat ja suot (Myllys 1998). Pohjois-Suomessa kivettömyys ja soiden suuri typpipitoisuus olivat myös tärkeitä syitä soiden pelloksi raivaukseen



Kuva 3. *Osassa a on kuvattu peltoa puiden kasvupaikkana ja osassa b muita pellonmetsityksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tekijät, jotka erityisesti saattavat poiketa metsämaan ominaisuuksista ja joita on käsitelty tässä työssä, on rasteroitu. Tekijöiden merkitystä metsitystuloksen kannalta on pyritty kuvaamaan ympyröiden suuruudella sekä sillä, miten suuri osa tekijästä on keskiympyrän (pelto puiden kasvupaikkana) sisäpuolella.*

(Valmari 1989). Soista raivattuja peltoja oli enimmillään kolmannes koko peltoalasta eli lähes 1,0 milj. ha (Heikurainen 1960, Pessi 1966, Valmari 1983); nykyisen arvion mukaan noin 0,2 milj. ha on edelleen viljelyksessä (Myllys 1998). Turvemaapeltoja on suhteellisesti eniten luonnollisesti Lapin ja Oulun lääneissä, ja niiden yleisin turvelaji on Etelä-Suomessa metsäsaraturve ja Pohjois-Suomessa saraturve (Kurki 1983).

Maanviljely on muuttanut peltomaan ominaisuuksia puuston kasvatuksen kannalta metsämaihin verrattuna yleensä epäedullisemmiksi (Pessi 1966, Urvas 1985, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Wall 1997). Peltojen viljelytehokkuus on vaihdellut suuresti; pellot ovat olleet hyvin eripituisia aikoja viljelyksessä ja myöskin viljelemättä ennen metsitystä. Aktiivisen maanviljelyn jälkeen pellot ovat varsin usein jääneet vähälle huomiolle ja olleet yleensä heinäpeltoina.

Turvemaapeltojen muokkauskerroksen tiheys on huomattavasti suurempi kuin ojitettujen soiden tiheys (Westman 1981, Urvas 1985, Kaunisto ja Paavilainen 1988), mikä johtuu mm. siitä, että soista raivatuille pelloille on yleisesti lisätty kivennäismaata (Isotalo 1952, Pessi 1962, Valmari 1983, Hytönen ja Wall 1997). Tulvaniityistä raivatuille pelloille kivennäismaa-aines lienee kulkeutunut veden mukana ihmisten aktiivisen toiminnan (niittyjen vesitys) johdosta (Ollikainen 1961). Painomaa ja kalkitus nopeuttavat turpeen maatumista (Pessi 1966). Raskaat koneet ovat tiivistäneet ylimpiä maakerroksia. Kaikki em. tekijät lisäävät turpeen tiheyttä.

Kalkituksesta johtuen turvemaapeltojen pintakerroksen pH on korkeampi kuin pohjakerroksen eli päinvastoin kuin luonnontilaisilla soilla (Kurki 1983, Kaunisto 1991). Kalkitus sitoo peltojen vähäisiä hivenaineita käyttökelvottomaan muotoon (Raitio 1979, Urvas ym. 1992, Jokinen ym. 1993, Urvas 1994) ja heikentää puiden boorin saantia (Derome ja Levula 1989, Lipas 1990, Lehto ja Mälkönen 1994). Kalkitus kuitenkin edistää turpeen maatumista ja suurentaa vaihtokapasiteettia (Puustjärvi 1961, Pessi 1966). Turvemaapelloilla typen määrä muihin ravinteisiin nähden on suuri (Raitio ja Rantala 1977, Raitio 1979, Hytönen ja Ekola 1993).

Kasvijäännösten hiukkaskoko pienenee turpeen maatuessa (Päivänen 1982). Turpeen maatuminen ja tiivistyminen huonontavat veden liikkuvuutta ja maakerrosten läpäisevyyttä, mikä puolestaan heikentää maan ilmanvaihtoa juuristokerroksessa. Mitä maatuneempaa muokkauskerroksen turve on, sitä tehokkaampi kuivatus on tarpeen. Maan pieni ilmatila ja vähäinen happipitoisuus voivat rajoittaa puuston kasvua (Wall ja Heiskanen 1995). Rämemännikön

juuristo vaatii yleensä vähintään 10 %:n ilmatilan, ts. männyn juuret eivät tunkeudu maakerroksiin, joissa ilmatila on tätä pienempi (Paavilainen 1967). Hieskoivun juuristo sietää anaerobisia oloja, liiallista kosteutta, paremmin kuin muiden puulajien juuristot (Huikari 1954, Heikurainen 1958, Mikola 1973). Pelloilla mykorritsojen määrä on vähäinen metsämaihin verrattuna, mikä erityisesti epäedullisissa olosuhteissa (kuivuus ja ravinne-epätasapaino) voi heikentää puiden kehitystä (Halonen ja Laiho 1991). Boorilannoituksen on todettu lisäävän ja kalkituksen vähentävän kuusen mykorritsojen määrää. Boorilannoitus on lisännyt myös kuusen sekä lyhytjuurten että elävien juurten määrää (Lehto 1994).

Peltoja on muokattu voimakkaasti sekä lannoitettu ja kalkittu. Viljeltyä peltohehtaaria kohti käytettiin vuosina 1980–1997 typpeä keskimäärin 93 kg, kaliumia 47 kg, fosforia 25 kg, booria 0,23 kg ja kuparia 0,20 kg ha^{-1} vuodessa (Maatilatilastollinen... 1989, 1998). Fosforin käyttö on laskenut puoleen, boorin kolmas- ja kuparin lähes kymmenenteen osaan entisestä kahdenkymmenen vuoden aikana. Metsitettyjen peltojen muokkauskerroksen ravinnemäärät ovat suuret (Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993, Wall ja Heiskanen 1995, Hytönen ja Wall 1997) kangasmaihin (Tamminen 1991) ja moninkertaiset metsämaan ojitusalueisiin verrattuna (Urvas 1985, Kaunisto ja Paavilainen 1988, Laiho ja Laine 1994, Hytönen ja Wall 1997). Kivennäismaapeltojen muokkauskerroksessa on enemmän orgaanista ainesta (Hytönen ja Ekola 1993) kuin kivennäismaan metsämaassa (Tamminen ja Starr 1990), mikä lisännee erityisesti maan typpivaroja metsämaihin verrattuna.

Runsaat ravinnevarastot ovat puuston kasvatuksen kannalta tärkeitä. Kuitenkin erityisesti turvemaapelloilla maan ravinnesuhteet ovat metsäpuiden kasvatuksen kannalta ongelmalliset (Raitio 1979, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Wall 1997), mikä aiheuttanee puiden epänormaalia kehitystä eli ns. kasvuhäiriöitä (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993). Maankäytön historiaan liittyvillä seikoilla, mm. kaskitaloudella ja laiduntamisella, arvellaan olevan vaikutusta viljavien metsämaidenkin puiden epänormaaliin kehitykseen (Hynönen ym. 1999). Maaperätekijöiden ohella myös ilmastolliset tekijät vaikuttavat erityisesti topografialtaan alavien paikkojen metsitysten onnistumiseen. Nimenomaan soista raivatut alavat pellot ovat hallanarkoja (Pessi 1966). Maanmuokkaus sekä pintakasvillisuuden torjunta parantavat taimen ympäristön mikroilmastoa (Hynönen 1976, Braekke 1978, Kolström ja Nuutinen 1995).

Peltoviljelyn loppuvaiheen viljelysuunta sekä viljelystä kulunut aika vaikuttavat pintakasvillisuuden sukkessioon, määrään ja lajistoon, ensimmäisinä vil-

jelyn jälkeisinä vuosina (Hokkanen ja Raatikainen 1977, Törmälä 1982, Jukola-Sulonen 1983). Viljalla olleilla pelloilla pintakasvillisuuden kilpailu ei ole niin suurta kuin heinällä olleilla pelloilla (Kalela 1961b, Hynönen ja Hytönen 1998). Viljalla olleet sänkipellot taimettuvat luontaisesti paremmin kuin nurmella tai kesantona olleet alueet (Kalela 1961b). Parin ensimmäisen vuoden aikana pellon valtaavat yksivuotiset kasvit (Törmälä 1982, Jukola-Sulonen 1983, Mäntylä 1984). Metsitetyillä pelloilla kenttäkerroksen kasvilajien lukumäärä vähenee muutaman vuoden kuluessa metsityksestä (Mäntylä 1984). Metsäkasvillisuutta alkaa ilmestyä vasta parinkymmenen vuoden kuluttua metsityksestä peltokasvillisuuden osuuden samalla pienetessä (Bråkenhielm 1977, Persson ym. 1989). Mitä pitempään pelto on ollut viljelemättä, sitä vaikeampaa metsitys on. Useat Etelä-Suomen vanhimmista viljelykuusikoista on perustettu vanhoille niityille tai pelloille (Cajander 1933). Metsiköt on perustettu pääasiassa istuttamalla, mutta onpa joukossa myös kylvämällä perustettuja metsiköitä. Cajander mainitsee mm., että männyn ja kuusen sekasiementä on kylvetty ruutukylvönä kauran sekaan. Ruutujen väli on ollut 1,5 × 1,5 metriä. Puiden epänormaalia kehitystä Cajander pitää lähinnä hallan ja karjan aiheuttamana.

Viljelytulokseen vaikuttavat hyvin oleellisesti myös taimimateriaali ja sen laatu, istutustyön laatu sekä taimia mahdollisesti kohtaavat tuhot. Taimimateriaalina olivat 1970- ja 1980-luvuilla lähinnä koulitut paljasjuuritaimet. Männyn paljasjuuritaimilla ilmeni voimakkaita kasvuhäiriöitä 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa (Kaunisto ja Kinnunen 1985, Holopainen ja Rikala 1991). Luontaisen taimiaineksen määrään vaikuttaa siementävän puuston etäisyys (Kalela 1961b, Pispa 1994, Hytönen 1998). Taimia syntyy eniten 20 metrin kaistaleelle siementävästä puustosta.

Edellä mainitut seikat vaikuttavat suuresti peltomaan ominaisuuksiin ja edelleen metsänkasvatukseen. Käytännön kokemukset (mm. tarkastustulokset) osoittivat jo hyvin varhaisessa vaiheessa, että pellonmetsittäminen on huomattavasti ongelmallisempaa kuin metsämaiden uudistaminen. Metsitysolosuhteet niin maaperän kuin osittain myös muiden tekijöiden osalta poikkeavat huomattavasti metsämaan metsänviljelyolosuhteista. Pellonmetsitystulos muodostuu viljelyn ja luontaisen taimettumisen yhteistuloksesta; metsitysketjussa on useita tulokseen vaikuttavia kriittisiä kohtia, joita on esitetty kuvassa 3 b.

1.4 Pellonmetsitystutkimus ja tämän tutkimuksen tavoitteet

Maamme pellonmetsitystutkimuksen voidaan katsoa alkaneen varsinaisesti vasta 1970-luvulla (Paavilainen 1970, 1977, Leikola 1976, Leikola ja Raulo 1976, Hokkanen ja Raatikainen 1977, Teivainen 1979, Törmälä 1982, Jukola-Sulonen 1983). Tosin jo 1930-luvulla Cajander (1933) oli julkaissut tuloksia muokkaamattomaan sänkipeltoon ja nurmeen tehdyistä kuusen kylvöistä ja istuttamisesta. 1960-luvulla Kalela (1961b) julkaisi tuloksia Porkkalan alueen viljelysmaiden luontaisesta uudistumisesta. Suuret peltoalueet sekä muokkaamattomat pellot metsittyivät heikoimmin. 1960-luvulla tehtiin muutamia opinnäytetöitä pintakasvillisuuden torjunnasta (Karlsson ja Päivänen 1963, Miettinen ja Reinius 1964). Kuivatus, maanmuokkaus ja erityisesti pintakasvillisuus (ja sen kehitys metsityksen jälkeen) olivat 1960–1970-luvuilla tutkimusten kohteena, ja niiden todettiin voimakkaimmin vaikuttavan pellonmetsitysten onnistumiseen. Myös pellolle istutettujen puiden epänormaaliin kehitykseen kiinnitettiin ensi kertaa huomiota (mm. Raitio 1979). Maatalouspuolen tutkimuksista sekä peltojen viljavuustutkimuksista on saatu arvokasta tietoa peltojen maan ominaisuuksista (mm. Erviö 1970, Kurki 1975, 1982, Kähäri ym. 1987, Urvas 1985, Jokinen ym. 1993).

Kun maatalouspoliittista linjaa muutettiin maassamme 1970-luvun lopulla, pellonmetsitystutkimuskin laantui. Vastaavasti 1980-luvun lopulla pellonmetsitystuen voimakkaasti lisääntyessä metsitysalatkin kasvoivat. Tuolloin alettiin tutkia monipuolisesti pellonmetsitystä ja sen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä (Ferm ja Polet (toim.) 1991, Valtanen 1991, Henttonen 1991, Hytönen 1991, 1995ab, 1998, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Rossi ym. 1993, Heikkilä ja Härkönen 1995, Henttonen ym. 1995, Hytönen ja Lilja 1995, Kinnunen ja Aro 1996, Wall ja Hytönen 1996, Hytönen ja Wall 1997, Wall 1998). Pellonmetsitysmäärä notkahti selvästi laskuun vuonna 1994 Suomen valmistautuessa EU-jäsenyyteen vuoden 1995 alusta.

Tämä tutkimussarja kuuluu 1980-luvun lopulla käynnistyneisiin tutkimuksiin. Tutkimuksista osa oli inventointitutkimuksia ja osa perustui kestokoealoihin. Tutkimuksissa kiinnitettiin aikaisempaa enemmän huomiota maaperäkysymyksiin, tuhoihin, eri puulajien menestymiseen ja pintakasvillisuuden torjuntaan sekä tutkittiin jopa kylväen suoritettua peltojen metsitystä ja luontaista metsittämistä. Viime aikoina pellonmetsitystä (viljely – luontainen) on tutkittu myös taloudelliselta näkökannalta (Aarnio ja Rantala 1994, 1999) ja todettu, että kuusen istutus antaa sekä kivennäis- että turvemaapelloilla lähes yhtä hyvän taloudellisen tuloksen kuin koivun viljely. Sen sijaan männyn istutus huonon metsitystuloksen vuoksi on selvästi muita puulajeja kannattamatto-

mampi vaihtoehto. Turvemaiden vähäravinteiset pellot ovat kannattamattomia istutuskohteita niin yksityistaloudellisesti kuin kansantaloudellisesti.

Muissa pohjoismaissa pellonmetsitystutkimuksia on tehty hieman aikaisemmin kuin Suomessa (ruotsalaiset Magnusson 1957, Oksbjerk 1959, Callin 1962, Notini 1964, Bärring 1967 ja Ahlbäck 1969 sekä norjalaiset Haugberg 1971 ja Braekke 1978, 1980). Ruotsissa peltojen metsitystutkimus jatkui myös 1980-luvulla (mm. Johansson ja Karlsson 1988, Kumm 1989, Karlsson 1991 ja 1994, Karlsson ym. 1998). Koivun luontaisen metsittämisen kannalta maanmuokkauksella ja maan kosteudella on suuri merkitys taimettumiselle (Karlsson 1994). Pellonmetsityksissä kuusi on osoittautunut hyvin viljelyvarmaksi ja hyväkasvuiseksi puulajiksi ja sen käyttö on Ruotsissa yleistä (Johansson ja Karlsson 1988). Siellä pelloille on perustettu myös energiapuuviljelmiä. Vuosina 1990–1997 Ruotsissa on EU-tuella metsitetty maatalousmaata vain 16 500 hehtaaria ja metsityksissä on käytetty lähes yksinomaan lehtipuita (Toivonen ym. 1999). 1980-luvun puolivälissä tehtyjen ennusteiden mukaan vuonna 2000 Ruotsissa olisi viljelyskelpoista peltoa 0,5–1,0 miljoonaa hehtaaria liikaa (Karlsson 1994).

Keski-Euroopan maista erityisesti Puolassa pellonmetsityksellä on pitkät perinteet jo 1800-luvun alkupuolelta saakka (Szujecki ym. 1983) ja Puolassa peltoja on metsitetty toisen maailmansodan jälkeen yli miljoona hehtaaria (Toivonen ym. 1999). Metsitetyt pellot ovat olleet lähinnä karuja hiekkamaita, jotka ovat maatalouden kannalta huonoja peltoja. Euroopan unionin maissa maataloustuotannosta poistuvaksi peltoalaksi on arveltu 25 miljoonaa hehtaaria (Hytönen 1995c). Irlannin metsityksistä noin 60 % on luonnonlaitumien metsityksiä ja metsitykset kohdistuvat muita EU-maita enemmän maatalousmaalle (Kuhmonen ja Nerg 1995). Ranskassa metsitettiin 1980-luvulla maatalousmaata noin 24 000 hehtaaria vuodessa (Buttoud ym. 1993). Sen sijaan Saksassa maatalousmaata on metsitetty hyvin vähän (Weber 1993).

Pellonmetsitystä on tutkittu myös Etelä-Afrikassa ja Pohjois-Amerikassa (Schumann ym. 1994, Little ym. 1994, Barnard ym. 1995, Zwolinski ym. 1998, Stanturf ym. 1998). Tutkimuksissa erityinen mielenkiinto on kohdistunut taimien juuriston kehitykseen, maaperäkysymyksiin, lannoitukseen, kasvupaikan pieneliöstöön, eläintuhoihin sekä maanmuokkaukseen.

Turvemaista raivatut pellot ovat ongelmallisempia metsityskohteita kuin kivennäismaapellot (mm. Valtanen 1991, Rossi ym. 1993). Rauduskoivun on todettu soveltuvan huonosti niin turvemaapeltojen kuin myös hienojakoisten kivennäismaapeltojen metsitykseen (Raulo 1973, 1981, Anttonen 1990, Sara-

mäki ym. 1991, Valkonen 1992). Pintakasvillisuuden torjunta on niin ikään havaittu hyvin oleelliseksi metsitystulosta parantavaksi tekijäksi metsityspuulajista riippumatta (Hynönen 1976, Leikola 1976, Valtanen 1991, Hytönen 1995a, Hytönen ja Lilja 1995).

Metsäkeskusten tekemät pellonmetsitysalojen otantatarkastukset sekä epäonnistuneiden pellonmetsitysten uudelleenviljelyn tarve ja uudelleenviljely osoittivat, että 1970- ja 1980-luvuilla toteutetut pellonmetsitykset eivät onnistuneet toivotulla tavalla. Istutustulos vaihteli erittäin paljon kohteiden välillä. Mänty näytti menestyneen heikoimmin sekä turve- että kivennäismaapelloilla. Männiköiden ja osin myös rauduskoivikoiden tekninen laatu ei myöskään vastannut odotuksia. Erityisesti soista raivatuilla pelloilla ilmeni voimakkaita kasvuhäiriöitä, jotka saattoi havaita taimien pensastumisena jo hyvin varhaisella iällä. Puiden, usein ainakin kuusen, epänormaalia kehitystä, pidettiin hallan aiheuttamana. Metsätalouden edistämisorganisaatiot olivat todella vaikean asian edessä, koska ei tiedetty, millaisilla menetelmillä metsitykset onnistuisivat vähintään tyydyttävästi ja mitkä eri tekijät olivat syynä huonoihin tuloksiin. Kuitenkin koko ajan pellonmetsitystarve lisääntyi. Käytäntöä palvelevia ja tutkimuksiin perustuvia ohjeita ja suosituksia ei ollut. Myös vanhojen pellonmetsitysten hoidosta tarvittiin tietoa.

Tämä tutkimus aloitettiin vuonna 1989 pellonmetsityksen lisääntyessä voimakkaasti muutaman hiljaisemman vuoden jälkeen. Lisätietoa tarvittiin erityisesti puulajivalintaan, kasvupaikkaan, maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja erityisesti maan ravinnetalouteen liittyvissä kysymyksissä. Männyn, kuusen ja hieskoivun menestymisestä, eritoten turvemaapeltojen metsityksissä, kaivattiin lisätietoa. Hieskoivun soveltuvuutta pellonmetsitykseen on tutkittu vasta vähän, ja myös käytännön kokemukset ovat vähäiset. Puulajien tuotostutkimus samoin kuin metsitysten taloudellinen kannattavuus vaatisivat edelleenkin jatkoselvityksiä. Käytännön metsitysten toteuttajien kannalta hyvin oleellinen asia oli ja on osin edelleenkin pellon metsityskelpoisuusrajan (biologinen – taloudellinen) määrittäminen erityisesti soista raivattujen peltojen osalta. Pellonmetsitysten vaikutusta maisemaan ja muihin ympäristöseikkoihin (myönteiset, kielteiset) pitäisi tutkia ottaen kuitenkin huomioon muutosten hitaus (vähittäinen muutos) maisemassa ja ympäristössä.

Tämän tutkimussarjan tarkoituksena oli selvittää Itä-Suomen alueella toteutettujen pellonmetsitysten tila sekä pellonmetsitystulokseen vaikuttavia tekijöitä. Vastausta haettiin sekä inventointitutkimuksin että kestokoealoin seuraaviin kysymyksiin:

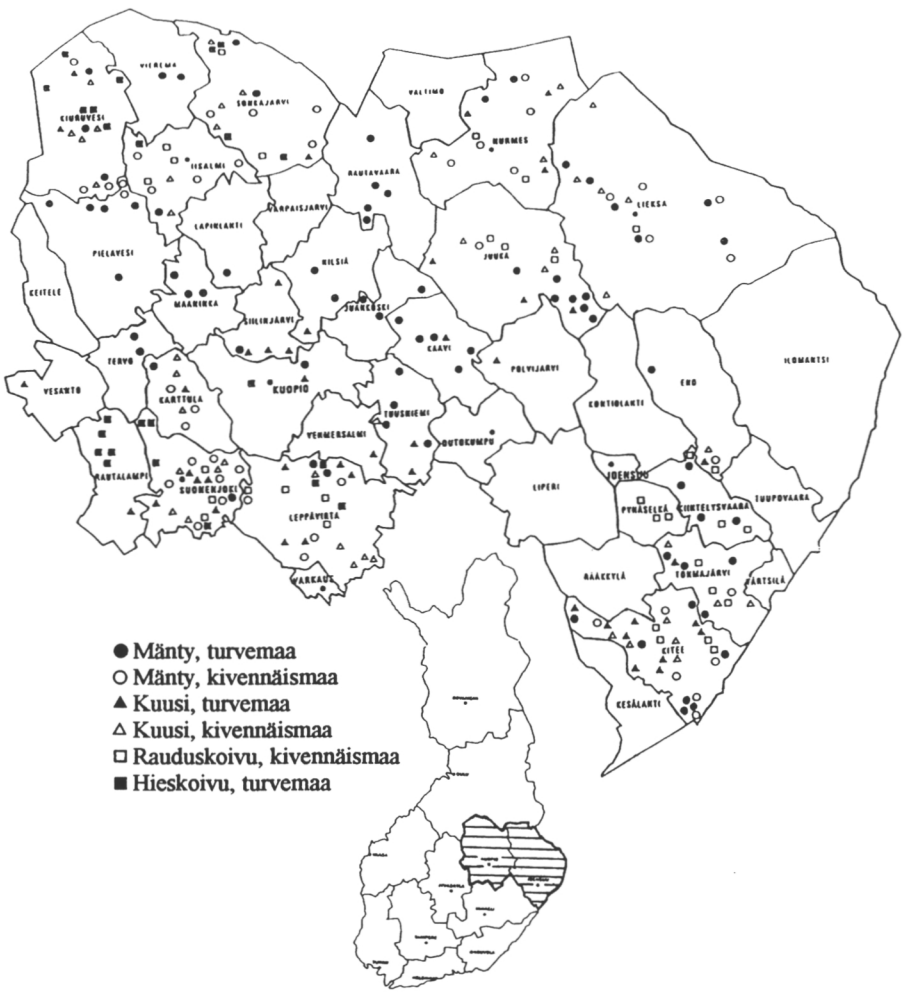
1. Miten pellonmetsitykset olivat onnistuneet, ja mitkä tekijät vaikuttavat viljelyn onnistumiseen sekä luontaiseen metsittymiseen? Onnistumisen mittarina käytettiin kasvatuskelpoisten viljely- sekä luontaisten taimien määriä sekä taimien tilajärjestystä. Eroavatko kivennäis- ja turvemaapeltojen metsitystulokset toisistaan? Arvioinnin mittareina käytettiin kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärän (istutetut ja luontaiset) lisäksi puiden pituutta, läpimittaa ja kuutiomäärää. Mikä oli syntyneiden taimikoiden metsänhoidollinen tila? (I–III)
2. Oliko istutustuloksessa havaittavissa eroja puulajien (mänty, kuusi ja rauduskoivu) välillä ? (III)
3. Miten turvemaapeltojen maan ominaisuudet vaikuttivat hieskoivujen alkukehitykseen, ja kuinka hieskoivun viljely oli turvemaapelloilla onnistunut? (IV)
4. Mitä johtopäätöksiä tähän tutkimukseen koottu aineisto mahdollistaa tekemään käytännön peltojen metsitystä ja vanhojen pellonmetsitysten hoitoa ajatellen? (I–IV)

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Inventointitutkimus (I–III)

2.1.1 Inventointiaineisto

Aineisto kerättiin vuosina 1989–1991 Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten (entiset metsälautakunnat) alueilta. Pohjois-Savon turvemaapeltometsitykset inventoitiin vuonna 1989 ja kivennäismaapeltometsitykset vuonna 1990 sekä Pohjois-Karjalan metsitykset vuonna 1991.



Kuva 4. Tutkittujen pellonmetsitysalojen sijainti.

Metsäkeskusten hankerekisterissä olevista metsityksistä otettiin otanta, jota tehtäessä ositteina käytettiin jakoa kivennäismaapeltoihin ja turvemaapeltoihin. Turvemaapeltojen, erityisesti kuusella metsitettyjen, otos oli selvästi suurempi kuin kivennäismaapeltojen otos lähinnä turvemaapeltohankkeiden vähäisyyden vuoksi. Pohjois-Savon turvemaapeltoaineisto ulottui koko metsäkeskuksen alueelle. Pohjois-Karjalan aineisto samoin kuin Pohjois-Savon kivennäismaapeltoaineisto keskittyivät kustannussyistä ko. metsäkeskusten etelä- ja pohjoisosiin (kuva 4). Inventointiaineiston otanta oli keskimäärin 1,3 % ko. vuosien pellonmetsityspinta-alasta. Pohjois-Savon tutkimusvuosien turvemaapeltometsityksistä inventoitiin 4–5 %.

Tutkimuksessa mitattiin kaikkiaan 241 vuosina 1970–1987 metsitettyä peltoa, Pohjois-Savossa 133 ja Pohjois-Karjalassa 108 (taulukot 1 ja 2). Kokonaispinta-ala oli yhteensä 288,2 ha ja inventoidun kuvion keskikoko 1,2 ha. Turvemaapelloiksi luokiteltiin 119 ja kivennäismaapelloiksi 122 metsityskohdetta. Männyllä oli metsitetty 121, kuusella 88 ja rauduskoivulla 32 peltoa. Puulajien suhteelliset osuudet vastasivat hyvin käytännössä toteutunutta met-

Taulukko 1. Taimikoiden lukumäärä (kpl) ja pinta-ala (ha).

	Turvemaa-pelto	Kivennäis-maapelto	Yhteensä
Pohjois-Savo			
Männiköt	44	27	71
	82,0	21,2	103,2
Kuusikot	26	24	50
	41,3	18,9	60,2
Koivikot	0	12	12
	0	11,2	11,2
Yhteensä	70	63	133
	123,3	51,5	174,6
Pohjois-Karjala			
Männiköt	31	19	50
	42,1	19,1	61,2
Kuusikot	18	20	38
	14,2	14,8	29,0
Koivikot	0	20	20
	0	23,4	23,4
Yhteensä	49	59	108
	56,3	57,3	113,6
Kaikki yhteensä	119	122	241
	179,6	108,6	288,2

sityssuhdetta. Turvemaapelloilla selvitettiin 4-, 9-, 14- ja 19-vuotiaiden kuusi- ja mäntytaimikoiden metsitystulosta. Kivennäismaapelloilla tutkimuksessa olivat em. havupuulajien lisäksi myös rauduskoivulla metsitetyt pellot. Sen sijaan 4-vuotiaat metsitykset eivät olleet mukana kivennäismaapelloilla, koska niiden taimikoiden alkukehityksen tiedettiin olevan parempi kuin turvemaapelloilla. Yksittäisiä mittauskoealoja oli kaikkiaan 4 998 kpl.

Pellot oli viljelty paljasjuuritaimilla; muokkausmenetelmänä oli käytetty pallekyntöä, täysmuokkausta, mätästystä ja metsäaurausta. Metsityskohteista 2/3 oli pallekynnetty. Turvemaapelloista seitsemän ja kivennäismaapelloista 30 oli istutettu ilman metsityksen yhteydessä tehtyä muokkausta. Aineiston käsittelyn yhteydessä muokkaamattomat (15 %), pallekynnetyt ja täysmuokatut alueet (myöhemmin pallekyntö) sekä mätästetyt ja metsäauratut alueet (myöhemmin mätästys) yhdistettiin.

Maastotyön yhteydessä tai sen jälkeen otettiin yhteyttä maanomistajiin ja heiltä tiedusteltiin pellonkäytön historiaan liittyviä asioita, mm. sitä, milloin alue oli raivattu pelloksi, mitä oli viljelty viimeksi ja kuinka kauan pelto oli ollut viljelemättä ennen metsitystä.

Taulukko 2. Taimikoiden lukumäärä viljelyajankohdan mukaan.

Viljelyvuosi	Männiköt	Kuusikot	Koivikot	Yhteensä
1970	0	1	0	1
1971	12	14	7	33
1972	18	10	5	33
1975	1	1	0	2
1976	19	13	6	38
1977	11	9	5	25
1978	0	1	0	1
1980	1	4	1	6
1981	22	14	6	42
1982	11	4	2	17
1983	0	3	0	3
1985	5	0	0	5
1986	13	6	0	19
1987	8	8	0	16
Yhteensä	121	88	32	241

2.1.2 Inventointimenetelmä

Inventointimenetelmänä käytettiin linjoittaista ympyräkoealaotantaa. Viljelytaimet ja kasvatuskelpoiset luontaiset taimet luettiin 20 m^2:n (säde 2,52 m) ja vesat sekä kasvatuskelvottomat luontaiset koivut 10 m^2:n (säde 1,78 m) alalta. Pohjois-Savon turvemaapelloilla kaikki luontaiset koivut luettiin kuitenkin 10 m^2:n koealalta (I). Taimiaines luettiin 1 m^2:n alalta ympyrän keskipisteestä (säde 0,56 m) ja samalta koealalta määritettiin myös peittävyydeltään yleisin pohja- ja kenttäkerroksen laji. Koealan kooksi valittiin viljelytaimilla 20 m^2, koska pelloilla istutustasaisuus on hyvä eikä koealojen lukumäärän tarvitse nousta kovin korkeaksi riittävän luotettavan tuloksen saamiseksi (vrt. Saksa ym. 1990). Koealan kokoon vaikutti myös se, että etukäteen tiedettiin osalla metsityksistä taimitiheyden olevan hyvin pieni. Samaa koealakokoa käytettiin myös muissa tuona aikana toteutetuissa inventointitutkimuksissa (Hytönen 1991, Rossi ym. 1993). Tavoitteena oli saada jokaiseen taimikkoon (= kuvio) vähintään 20 koealaa. Linja- ja koealaväli määritettiin kohteen koon mukaan ottamalla neliöjuuri kuvion pinta-alan (m^2) ja tavoitekoealamäärän osamäärästä. Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolen linja- ja koealavälin päähän pellon reunasta. Linjojen suunta oli joko itä–länsi tai etelä–pohjoinen. Taimikon keskitiheyden maksimivirhe oli korkeintaan hieman yli 15 % em. koealamäärällä 95 %:n luotettavuudella (vrt. Hämäläinen ja Räsänen 1993).

Taimikoista määritettiin viljelypuulajin lisäksi istutusvuosi, muokkaustapa ja -ajankohta, toteutetut taimikonhoitotyöt (myös pintakasvillisuuden torjunta), ojituksesta kulunut aika, ojapuut (välittömästi ojan varrella tai ojassa kasvavat luontaiset puut), taimikon aukkoisuus ja tasaisuus (silmävaraisesti), ojanvarren ja saran vesoittuneisuus (%), pintakasvillisuuden määrä (silmävarainen), taimikonhoitotöiden ja ojituksen tarve, kasvupaikkatyyppi sekä toteutettiin taimikon ja kuivatuksen yleisarvostelu. Lisäksi mitattiin sarkaleveys (m) sekä pintakasvillisuuden keskipituus (cm).

Yksittäisiltä koealoilta määritettiin kuivatusaste, lähimmän ojan syvyys ja pintaleveys (cm), tehdyt taimikonhoitotyöt, lähimmän ojan kunto ja laatu (uusi vai vanha oja), muokkauksen peittävyys (%) sekä pohja- ja kenttäkerroksen peittävin laji ja sen peittävyys (%). Niin ikään mitattiin turpeen paksuus tai maan kivisyys rassin painumana (dm).

Taimista (yli 10 cm:n havupuut ja yli 50 cm:n koivut) määritettiin puulaji, syntytapa, kasvatuskelpoisuus ja pituus (cm). Lisäksi laskettiin taimiaines (kpl ha^{-1}) ja vesojen lukumäärä (kpl ha^{-1}) sekä mitattiin vesojen pituus (dm). Myös vesojen puulajeittaiset prosenttiosuudet määritettiin. Vesoiksi luettiin

vesasyntyiset koivut ja kaikki muut lehtipuut. Taimiainekseksi luettiin alle 10 cm:n pituiset havupuut sekä alle 50 cm:n mittaiset koivun taimet. Viljelytaimet samoin kuin täydennystaimet olivat helposti erotettavissa luontaisista taimista viljelytaimien hyvin systemaattisen sijainnin sekä iän vuoksi. Täydennystaimet ja alkuperäiset viljelytaimet erotettiin toisistaan iän ja koon perusteella.

Erikoiskoealojen (parillinen koeala) taimista määritettiin lisäksi taimen syntytaso ympäristöön nähden (painanne, kohouma, maanpinnan keskitaso), kasvualustan laatu (muokkausjälki, muokkaamaton) ja taimen ikä (v). Havupuista mitattiin kolmen viimeisen vuoden pituuskasvut (cm) ja rinnankorkeusläpimitta (mm) (ei kaikista Pohjois-Savon turvemaapeltotaimikoista), määritettiin tuhot, viat, ranganvaihdot ja viimeisestä ranganvaihdosta kulunut aika (v), haarojen lukumäärä ja kuntoluokka, samoin mitattiin etäisyys lähimpään ojaan (dm).

Silmävaraisesti määritettiin taimissa havaitut viat, kasvuhäiriöt (epänormaali kehitys) ja ravinnepuutokset (neulasten normaalista poikkeava väri). Lisäksi koealan keskipistettä lähinnä olevasta kasvatuskelpoisesta viljelymännystä mitattiin paksuimman oksan läpimitta (mm) lähinnä rinnankorkeuden yläpuolella olevasta oksakiehkurasta sekä arvioitiin tekninen laatu ja yleislaatu.

Taimet luokiteltiin kasvatuskelpoisiksi ja kasvatuskelvottomiksi. Taimien kasvatuskelpoisuusluokitus oli seuraava: 1 = kasvatuskelpoinen, 2–6 = kasvatuskelvoton pituuden, tilajärjestyksen, kunnon, puulajin tai muun syyn vuoksi ja 7 = kasvatuskelpoinen verhopuu. Kuntonsa puolesta taimet luokiteltiin seuraavasti: 1 = terve, 2 = lievä tuho, 3 = heikentynyt, 4 = kituva ja 5 = kuollut. Kuntoluokkiin 1–3 kuuluvat taimet hyväksyttiin kuntonsa vuoksi kasvatuskelpoisiksi.

Ulkoasun (tekninen laatu) perusteella männyn taimet luokiteltiin seuraavalla tavalla (I–III): 1 = normaali, 2 = oksainen, 3 = mutkainen, 4 = haarainen, 5 = oksainen + mutkainen, 6 = oksainen + haarainen, 7 = mutkainen + haarainen, 8 = oksainen + mutkainen + haarainen ja 9 = runko katkennut. Puu luettiin haaraiseksi, mikäli siinä oli selvästi useampi kuin yksi pääranka. Yleisen ulkoisen laadun perusteella taimet saattoivat olla hyviä, tyydyttäviä, huonoja tai erittäin huonoja. Myöhemmin käytettävä määritelmä ”monivikainen” tarkoittaa puuta, jossa esiintyy useita teknistä laatua heikentäviä tekijöitä.

Kuivatusaste luokiteltiin seuraavasti: 1 = hyvä, 2 = tyydyttävä ja 3 = huono. Ojien kuntoluokitus: 1 = hyvä, ei vaadi perkausta lähimmän kymmenen vuo-

den aikana, 2 = melko hyvä, lähes uutta ojaa vastaava eikä vaadi perkausta lähimmän kymmenen vuoden aikana, 3 = tyydyttävä, perkaus 5–10 vuoden kuluessa, 4 = melko huono, perkaus lähimmän viiden vuoden aikana, 5 = huono, perkaus välittömästi ja 6 = huono, ei perata (tehdään oja uuteen paikkaan).

Kivennäismaapelloilta maasta otettiin Pohjois-Savossa 0–10 cm:n kerroksesta (II) ja Pohjois-Karjalassa 0–10, 10–20 ja 20–30 cm:n kerroksista kolmelta eri koealalta karikekerroksen alapuolelta maanäytteet (kerroksittaiset kokoomanäytteet) (III), joista tehtiin mekaaniset maa-analyysit (raekoot < 0,06 mm, 0,06–0,2 mm, 0,2–2,0 mm, 2,0–6,0 mm, 6,0–20,0 mm). Näytteet otettiin lieriömäisellä näytteenottoputkella, jonka halkaisija oli 9,5 cm.

Kasvatuskelpoisten puiden minimietäisyytenä toisistaan pidettiin 0,8:aa metriä (ks. Pohtila 1980). Koivut eivät saaneet olla mäntyjä pitempiä, mikäli ne eivät kasvaneet selvästi aukossa.

2.2 Hieskoivikoiden kestokoealat (IV)

2.2.1 Kestokoeala-aineisto

Kestokoealat perustettiin 24 metsitetylle turvemaasta raivatulle pellolle (kuva 4). Kohteet valittiin satunnaisotannalla Pohjois-Savon metsäkeskuksen hankerekisterissä olevista vuosina 1988–93 hieskoivulla metsitetyistä pelloista. Otanta keskitettiin metsäkeskuksen etelä- ja pohjoisosaan, jotta saatiin alueellinen vertailukelpoisuus inventointiaineistoon. Taimikoiden yhteispinta-ala oli 37,7 ha, mikä on noin kolme prosenttia ko. ajan hieskoivuistutuksista. Mitatut taimikot oli istutettu vuosina 1989–93. Kullekin pellolle sijoitettiin systemaattisesti viisi 50 m^2:n ympyräkoealaa (säde 3,99 m) maaperäominaisuuksiltaan mahdollisimman homogeeniselle alueelle, lähinnä turvekerroksen paksuuden mukaan. Koealojen taimet mitattiin kaikkiaan kolme kertaa. Vanhimmat taimikot olivat viimeisenä mittausvuonna (1995) seitsemän- ja nuorimmat kolmevuotiaita.

2.2.2 Hieskoivikoiden mittaus ja maanäytteiden analysointi

Istutetuista hieskoivuista mitattiin pituus (cm) ja tyviläpimitta (mm). Lisäksi istutustaimista määritettiin silmävaraisesti tuhot ja niiden voimakkuus, elinvoima, viat, kasvatuskelpoisuus sekä yleislaatu (luokitus sama kuin

inventointiosassa). Niin ikään laskettiin rungosta lähtevien haarojen lukumäärä.

Koealojen perustamisen yhteydessä otettiin tilavuudeltaan 709 cm^3:n (lieriön halkaisija 9,5 cm) maanäytteet jokaisesta taimikosta ensimmäiseltä, kolmannelta ja viidenneltä koealalta neljältä eri syvyydeltä (0–10, 10–20, 20–30 ja 30–40 cm). Lisäksi otettiin em. kerrosten alapuolelta maanäyte, josta laboratoriossa määritettiin turvelaji makroskooppisesti (Laine ja Vasander 1986) ja maatumisaste von Postin luokituksella (Post 1922). Eri koealoilta saadut osanäytteet yhdistettiin taimikon kokonaisnäytteeksi kerroksittain. Muokkauskerroksella tarkoitetaan kahta ylintä kerrosta (0–10 ja 10–20 cm).

Turvenäytteet kuivattiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla 105°C:ssa ja punnittiin tiheyden määrittämiseksi. Tässä tutkimuksessa tiheydellä tarkoitetaan maanäytteen kuivamassan (g) suhdetta sen kokonaistilavuuteen (cm^3) (ks. Heiskanen ja Tamminen 1992). Varsinaiset analyysit tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa. Näytteistä analysoitiin ns. kokonaisravinnepitoisuudet (mg g^{-1}, mg kg^{-1}) polttamalla turvenäytteet ensin tuhkaksi ja uuttamalla tuhka väkevässä suolahapossa (Halonen & Tulkki 1981). Näin saadusta uutteesta mitattiin kokonaisravinnepitoisuudet plasmaemissiospektrometrillä (ICP). Määritetyt ravinteet olivat fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, boori, kupari ja sinkki. Kokonaisravinnemäärät ilmaistiin kg ha^{-1}. Happamaan (pH 4,65) ammoniumasetaattiin uuttuvat ravinteet määritettiin (mg 100 g^{-1}) ICP:llä, uuttosuhde oli 1 : 10 (15 ml näytettä ja 150 ml uuttoliuosta). Uuttuvista ravinteista määritettiin fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rikki, rauta, kupari ja sinkki.

Kokonaishiili, vety ja typpi määritettiin Leco CHN -analysaattorilla, jossa analysoitava turvenäyte poltettiin. Vapautuvista kaasuista määritettiin typpi lämmönjohtokennon ja hiili sekä vety infrapunakennon avulla. Tulokset ilmoitettiin prosentteina ilmakuivasta näytteestä. Happamuus määritettiin tilavuussuhteessa 1 : 2,5 valmistetusta vesisuspensiosta.

2.3 Kasvupaikkojen puuntuotoskyvyn arviointi (I–IV)

Kasvupaikat rinnastettiin ennen pelloksi raivausta vallinneeseen ravinteisuustasoon (Huikari ym. 1963, Lehto ja Leikola 1987). Pellon ympärillä olevia kasvupaikkoja, pellon pintakasvillisuutta (määrää, lajistoa) ja ojista nousseita kantoja ja liekoja käytettiin hyväksi alkuperäisen suotyypin määrityksessä. Pelto luokitettiin turvemaapelloksi, mikäli se voitiin todeta suosta raivatuksi

ja muokkauskerroksessa oli runsaasti eloperäistä ainesta. Maastomäärityksen onnistuneisuutta kuvaa hyvin se, että yli 90 %:lla turvemaapelloksi luokitelluista pelloista maan pintakerros (0–10 cm) kuului eloperäisiin maalajeihin (Aaltonen ym. 1949) (taulukko 3).

Tulosten laskennan yhteydessä turvemaiden kasvupaikat yhdistettiin neljäksi eri ravinteisuustasoksi: lehtoiset-ruohoiset ruohoisiksi, mustikkaiset-suursaraiset mustikkaiksi, puolukkaiset-piensaraiset ja isovarpuiset-tupasvillaiset puolukkaisiksi sekä rahkaiset-jäkäläiset varpuisiksi (I, III ja IV) (taulukko 4). Tavoitteena oli ryhmitellä kasvupaikat myös käytännön metsätaloutta palveleviin turvekangasluokkiin (Laine ja Vasander 1990). Pohjois-Savossa maastossa tehdyn kasvupaikkaluokituksen onnistuneisuus varmistettiin erotteluanalyysillä. Kun luokittelijoina käytettiin maan ja neulasten ravinnepitoisuuksia, luokittelussa onnistuttiin 75 %:sti (Hynönen 1992). Pohjois-Karjalan metsitetyt kivennäismaapellot rinnastettiin kangasmaiden metsätyyppeihin (OMT, MT, VT ja CT) (III). Sen sijaan Pohjois-Savon kivennäismaapeltoja ei rinnastettu maastoinventoinnissa metsätyyppeihin (II).

Taulukko 3. Turvemaapeltojen jakautuminen maan orgaanisen aineksen (luokitus Aaltonen ym.1949) ja tiheyden mukaan (inventointiaineisto).

	Pohjois-Savo	Pohjois-Karjala	Yhteensä
Orgaanisen aineksen osuus, %	% metsityksistä		
< 15,0 %	4,3	0,0	2,5
15,0-40,0 %	44,3	12,2	31,1
> 40 %	51,4	87,8	66,4
Yhteensä	100,0	100,0	100,0
Tiheys, g cm^{-3}			
– 0,20	15,7	29,2	21,2
0,20-0,40	38,6	58,3	46,6
> 0,40	45,7	12,5	32,2
Yhteensä	100,0	100,0	100,0

2.4 Aineistojen laskenta (I–IV)

Maastosta kerätyt aineistot yhdistettiin, ja samalla tehtiin kunkin osa-aineiston loogisuustarkastus. Puuston tilavuuksien laskennassa käytettiin rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvia Laasasenahon puukohtaisia tilavuusyhtälöitä (Laasasenaho 1982) (I–III). Ryhmittelymuuttujina käytettiin maaluokkaa (turve-kivennäismaa), puulajia ja istutusajankohtaa. Taimien kuntoa, kasvatuskelpoisuutta ja pituutta tarkasteltaessa laskentayksikkönä oli yksi taimi. Aineiston alustavassa tarkastelussa käytettiin keskiarvoja, mediaaneja ja frekvenssejä. Aineiston laskennassa käytettiin varianssi-, kovarianssi- korrelaatio- ja regressioanalyysejä. Taimikoittaiset taimimäärät ovat koealojen lukumäärän mukaan painotettuja, ja esim. ikäluokittaisia keskimääräisiä taimimääriä laskettaessa on käytetty pinta-alapainotusta. Taimettomien koealojen perusteella laskettiin tyhjäkoealasadannes, joka kuvaa taimikon aukean alan osuutta.

Hieskoivuaineiston maaperätunnusten suhdetta taimista mitattuihin tunnuksiin tutkittiin korrelaatioanalyysillä sekä eteenpäin askeltavalla regressioanalyysillä (IV). Taimien ja maaperätunnusten keskiarvojen erot testattiin Student-Newman-Keulsin, Mann-Wittneyn ja Kruskall-Wallisin testeillä. Keskiarvojen testauksessa käytettiin useita testejä, koska kaikkia muuttujia ei saatu normalisoitua. Tilastollisten rajojen merkitsevyydet eri riskitasoilla on esitetty tähdillä : 5 % (*), 1 % (**) ja 0,1 % (***).Tulosten laskennassa käytettiin pääosin SPSS/PC+-tilasto-ohjelmaa (Mauranen ym. 1993).

3 Tulokset

3.1 Kasvupaikat ja metsityskohteiden yleispiirteet (I–III)

Turvemaapelloista (I, III) luokitettiin mustikkaisiksi tai sitä viljavammaksi 70 % ja Pohjois-Karjalan kivennäismaapelloista hieman yli 90 % (taulukko 4) (III). Varpuisia turvemaapelloista oli noin 10 %. Männiköistä lähes 40 % ja kuusikoista vain 16 % oli perustettu puolukkaisista tai sitä vähäravinteisemmista soista raivatuille pelloille.

Joka neljäs metsitetty pelto oli raivattu viime vuosisadalla tai aikaisemmin (I–III) ja joka kolmas pelto vuoden 1945 jälkeen (I–II). Pohjois-Karjalan turvemaapelloista yli puolet oli raivattu toisen maailmansodan jälkeen (III). Pääosalla pelloista oli ennen metsitystä viljelty heinää. Turvemaapellot olivat yleensä olleet ennen metsitystä pitempään viljelemättä kuin kivennäismaapellot ja kuusella metsitetyt pellot pitempään kuin muilla puulajeilla metsitetyt pellot. Kuusen istutuskohteet olivat olleet viljelemättä keskimäärin yli seitsemän vuotta ennen metsitystä, männyllä ja koivulla istutetut alat vastaavasti kolmesta neljään vuotta (III).

Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen (II) maalaji oli hietaista tai hiesuista hiekkamoreenia. Lähes puolella tutkituista kivennäismaapelloista muokkauskerroksen pääasiallinen maalajite oli hieno hiekka. Routivien maalajitteiden osuus oli yli puolella kohteista vähintään 25 %. Nuorimmat männiköt olivat melko viljavilla kasvupaikoilla ja vastaavasti nuorimmat koivikot melko karuilla kasvupaikoilla. Rauduskoivikoiden maalaji oli yleisimmin hiekkaa tai soraa. Pohjois-Savon kivennäismaapellot voidaan luokitella maalajin ja hienoainesosuuden perusteella lehtomaisiin ja tuoreisiin kankaisiin (II). Pohjois-Karjalan kivennäismaapeltojen (III) yleisin maalajite oli hieno hieta tai sitä

Taulukko 4. Taimikoiden lukumäärä kasvupaikan mukaan jaoteltuna (kasvupaikka määritelty maastossa).

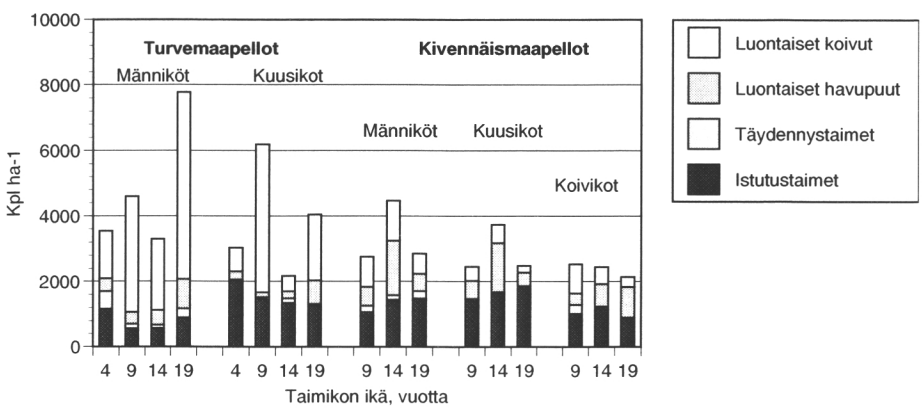
	Turvemaapelto				Kivennäismaapelto		
	Ruohoinen	Mustikkainen	Puolukkainen	Varpuinen	MT+OMT	VT+CT	Ei määritelty
Männiköt	16	30	18	11	17	2	27
Kuusikot	19	18	5	2	19	1	24
Koivikot	0	0	0	0	18	2	12
Yhteensä	35	48	23	13	54	5	63

hienojakoisempi maalajite (III). Koivikoissa hienojen maalajitteiden osuus oli suurempi kuin kuusikoissa ja männiköissä. Vuosina 1975–77 metsitetyt pellot olivat hienojakoisempia maita kuin muut kohteet.

3.2 Viljelyn onnistuminen ja täydennysistutus (I–III)

Männynviljely oli onnistunut merkittävästi huonommin kuin kuusenviljely. Molempien metsäkeskusten alueella viljelymäntyjä (ilman täydennystaimia) oli turvemaapelloilla keskimäärin noin 800 kpl ha^{-1} ja kivennäismaapelloilla noin 1 300 kpl ha^{-1}. Erityisen vähäiseksi mäntyjen määrä oli laskenut 1970-luvun lopun ja 1980-luvun alun turvemaapeltojen metsityksissä eli 550 taimeen hehtaarilla, kun sitä vastoin kivennäismaapelloilla taimia oli keskimäärin yli 1 200 kpl ha^{-1} ($F = 4{,}112$, $p = 0{,}048$) (kuva 5, liite 1) (I ja III). Pohjois-Savon turvemaapelloilla viljelykuusten määrä oli suurempi kuin Pohjois-Karjalassa (1 600 ja 1 300 kpl ha^{-1}). Sen sijaan kivennäismaapeltojen istutuskuusten määrä oli samalla tasolla molemmilla alueilla eli noin 1 700 kpl ha^{-1}. Rauduskoivuja Pohjois-Savossa oli noin 1 200 ja Pohjois-Karjalassa 850 kpl ha^{-1} ($F = 7{,}047$, $p = 0{,}012$).

Yli puolessa turvemaapeltojen taimikoista viljelymäntyjä oli elossa alle 800 kpl ha^{-1}. Sen sijaan lähes kaikissa kuusella metsitetyissä kohteissa sekä turve- että kivennäismaapelloilla taimien määrä oli yli 800 kpl ha^{-1}. Pallekynnetyillä turvemaapelloilla männyn istutustaimia oli huomattavasti enemmän elossa kuin mätästetyillä aloilla (Pohjois-Savossa 920 ja 560 kpl ha^{-1}).



Kuva 5. Viljelytaimien ja luontaisten taimien kokonaismäärä ikäluokittain turve- ja kivennäismaapelloilla.

Lähes puolta sekä turve- että kivennäismaapeltojen männynviljelyaloista oli täydennetty perusmetsityksen jälkeen (I–III). Täydennystaimia oli keskimäärin 270 kpl ha^{-1}. Kun mukaan otetaan vain täydennetyt taimikot, täydennystaimien määrä on turvemaapelloilla yli kaksinkertainen eli 600 kpl ha^{-1} ja kivennäismaapelloillakin yli keskiarvon eli 350 kpl ha^{-1}. Turvemaapeltojen kuusikoista vain joka viidettä ja kivennäismaapeltojen joka kymmenettä taimikkoa oli täydennetty (I, III). Myös joka viidettä rauduskoivikkoa oli täydennetty, ja täydennysviljelyä oli tehty vain Pohjois-Karjalassa (II, III). Kuusikoiden keskimääräiseen istutustaimien kokonaismäärään täydennyksellä ei ollut vaikutusta (keskimäärin 40 kpl ha^{-1}). Koivikoissa täydennystaimia oli keskimäärin alle 100 kpl ha^{-1}.

3.3 Luontaiset taimet ja kokonaistaimimäärät (I–III)

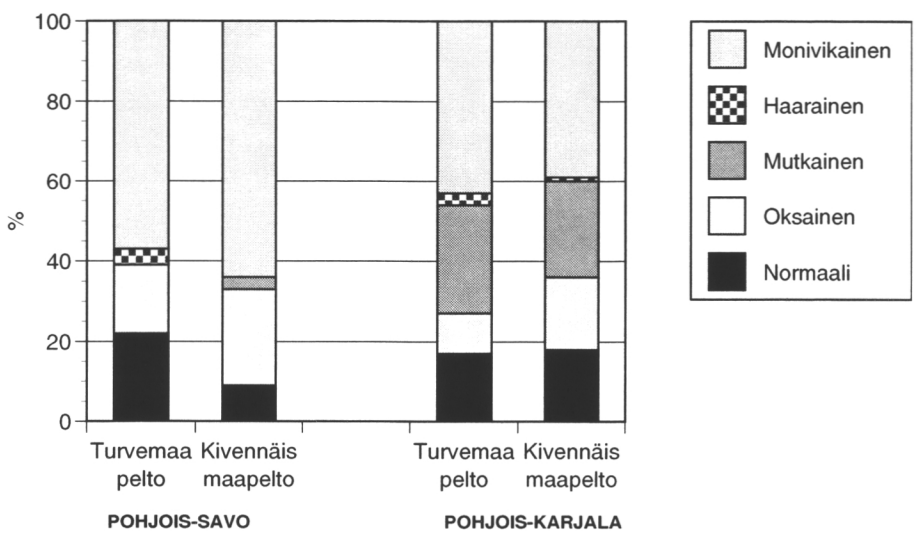
Turvemaapelloilla luontaisia koivuja oli keskimäärin viisi kertaa enemmän kuin kivennäismaapelloilla (3 000 ja 600 kpl ha^{-1}) ($F = 40{,}936$, $p < 0{,}001$) (kuva 5, liite 1) (I–III). Turvemaapeltojen luontaisten hieskoivujen määrä kasvoi maan viljavuuden heiketessä ($F = 22{,}849$, $p < 0{,}001$). Varpuisilla kasvupaikoilla oli lähes viisi kertaa (7 000 kpl ha^{-1}) ja puolukkaisilla yli kaksi kertaa enemmän hieskoivuja kuin ruohoisilla kasvupaikoilla. Tehokas kuivatus ja muokkaus vähensivät luontaisten hieskoivujen määrää samoin kuin pintakasvillisuuden määrän lisääntyminen ($F = 23{,}639$, $p < 0{,}001$) (I). Hieskoivuja oli yli kaksi kertaa enemmän kuivatustarpeessa olevilla turvemaapelloilla (4 600 kpl ha^{-1}) verrattuna peltoihin, joiden kuivatus oli kunnossa ($F = 8{,}585$, $p = 0{,}004$). Pintakasvillisuuden määrällä ja maan kuivatustarpeella ei kuitenkaan näyttänyt olevan keskinäistä riippuvuutta, sen sijaan pintakasvillisuuden määrä kasvoi kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä. Luontaisesti syntyneitä havupuiden taimia oli keskimäärin noin 600 kpl ha^{-1}, joista 80–90 % oli kuusia. Kivennäismaapelloilla luontaisia havupuita oli enemmän kuin turvemaapelloilla (800 ja 450 kpl ha^{-1}, $F = 6{,}232$, $p = 0{,}013$) eli päinvastoin kuin hieskoivuja.

Turvemaapelloilla sekä mänty- että kuusitaimikoiden kokonaistaimimäärä oli keskimäärin lähes 4 500, kivennäismaapelloilla 3 000 ja kivennäismaapeltojen koivikoissa 2 200 kpl ha^{-1} (kuva 5). Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen koivikoissa kokonaistaimimäärä oli yli 1 300 kpl ha^{-1} suurempi kuin Pohjois-Karjalassa. Luontaisten hieskoivujen osuus kaikista taimista oli turvemaapelloilla keskimäärin 63 % ja kivennäismaapelloilla vain 16 %.

3.4 Viljelytaimien kunto ja ulkoinen laatu (I–III)

Männiköissä huonokuntoisten puiden osuus oli turvemaapelloilla suurempi kuin kivennäismaapelloilla. Männiköissä, aivan nuorimpia taimikoita lukuun ottamatta, viallisiksi luokiteltujen runkojen osuus oli 70–80 %. Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen männiköt näin tarkasteltuina olivat kaikkein heikoimpia. Pohjois-Savossa myös monivikaisten runkojen osuus (n. 60 %) oli suurempi kuin Pohjois-Karjalassa (n. 40 %). Kuusikoissa ja koivikoissa hyväkuntoisten istutustaimien osuus oli yleensä 60–80 % kasvatettavasta puustosta. Pääosalla viljelytaimista oli useita puun ulkoiseen laatuun vaikuttavia vikoja (monivikaiset), joista yleisimpiä olivat erilaiset runkomutkat, oksaisuus ja erityisesti ns. poikaoksat.

Varttuneiden (20-vuotiaat) istutusmänniköiden kasvatuskelpoisista viljelymännyistä luokiteltiin tekniseltä laadultaan normaaleiksi alle 20 % (kuva 6). Noin 50 %:lla rungoista oli useampia tekniseen laatuun vaikuttavia vikoja. Erilaisten runkovikojen ohella teknistä laatua heikensi erityisesti puiden oksaisuus. Rinnankorkeuden yläpuolella olevan oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitta vanhimmissa taimikoissa oli noin 23 mm ja lähes joka kolmannessa kivennäismaapellon puussa yli 25 mm.



Kuva 6. Kasvatuskelpoisten viljelymäntyjen tekninen laatu 20-vuotiaissa taimikoissa Pohjois-Savossa ja Pohjois-Karjalassa.

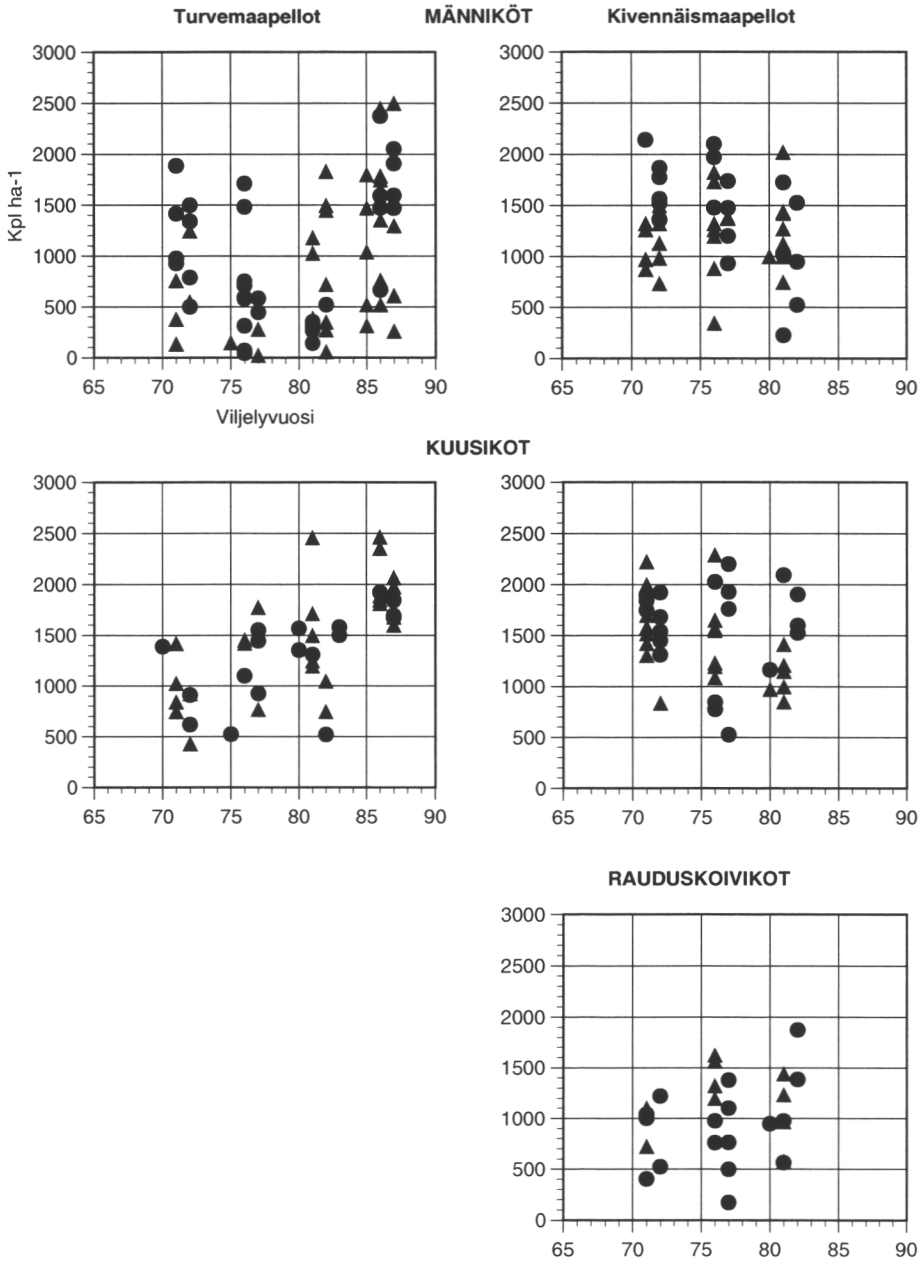
Kuusikoissa viallisten runkojen osuus oli yleensä selvästi pienempi kuin männiköissä ja koivikoissa. Kuusessa yleisin vika oli latvanvaihdosta johtuva poikaoksa. Erityisen paljon latvanvaihtoja oli tapahtunut turvemaapeltojen kuusikoissa, joissa jopa 70 % puista oli vaihtanut päärankaa ensimmäisen 20 vuoden aikana. Lähes joka kolmannen kuusen pääranka oli vaihtunut vähintään kaksi kertaa (III).

Runsaan pintakasvillisuuden voitiin todeta heikentävän kaikkien puulajien alkukehitystä ja siten vaikuttavan metsitystulokseen. Lisäksi männiköiden kehitystä haittasivat sienitaudit (esim. karisteet ja varttuneemmissa puissa sorokkasieni) ja erityisesti turvemaapelloilla maan ravinnetaloudesta johtuvat kasvuhäiriöt. Turvemaapeltojen kuusikoissa hallatuhot ja nimenomaan ravinnehäiriöt olivat puiden kehitykseen voimakkaimmin vaikuttaneita haitallisia tekijöitä. Kivennäismaapeltojen rauduskoivikoissa liian kosteuden todettiin heikentäneen puiden kehitystä.

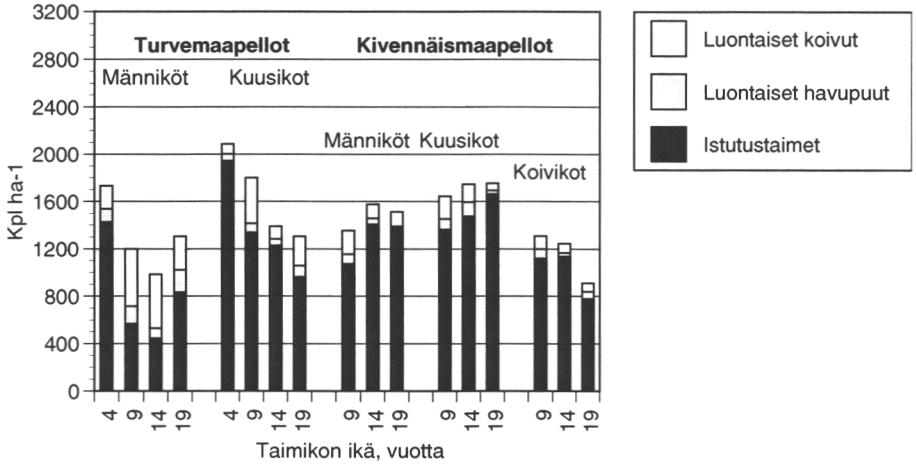
3.5 Metsitystulos (I–III)

Kivennäismaapeltojen metsitystulos (= kasvatuskelpoiset viljelytaimet ja kasvatuskelpoiset luontaiset taimet) oli selvästi parempi kuin turvemaapeltojen. Männiköiden metsitystulosta paransivat täydennysviljely sekä luontaiset koivut, erityisesti hieskoivut. Luontaisia koivuja hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi sitä enemmän, mitä pienempi oli kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä. Näin ollen kivennäismaapelloilla luontaisten taimien merkitys metsitystuloksen kannalta oli huomattavasti vähäisempi kuin turvemaapelloilla. Sama tilanne oli myös turvemaapeltojen kuusikoissa. Kivennäismaapelloilla kaikilla metsityspuulajeilla kasvatuskelpoisten viljelytaimien osuus oli lähes 90 % kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärästä.

Kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä vaihteli erittäin paljon metsityskohteiden välillä (kuva 7, liite 2). Turvemaapelloilla oli kasvatuskelpoisia viljelytaimia (ml. perusmetsitystaimet ja täydennystaimet) keskimäärin vähemmän kuin kivennäismaapelloilla (männiköt 800 ja 1 160, $F = 13{,}257$, $p = 0{,}000$ sekä kuusikot 1 380 ja 1 530 kpl ha^{-1}, $F = 1{,}983$, $p = 0{,}163$) (kuva 8). Kasvatuskelpoisten istutusmäntyjen määrä oli molempien metsäkeskusten turvemaapelloilla samalla tasolla, sen sijaan Pohjois-Karjalan kivennäismaapelloilla kasvatuskelpoisia viljelymäntyjä oli yli 200 kpl ha^{-1} enemmän kuin Pohjois-Savossa (1 290 ja 1 050 kpl ha^{-1}). Turvemaapeltojen varttuneissa (20-vuotiaat) taimikoissa kasvatuskelpoisten viljelymäntyjen määrä oli alle 800 runkoa hehtaarilla eli runsas kolmasosa viljelytiheydestä (I, III), kun vastaa-



Kuva 7. *Kasvatuskelpoisten istutustaimien (mänty, kuusi, rauduskoivu; täydennystaimet mukana) määrä taimikoittain kivennäis- ja turvemaapelloilla (kolmio = Pohjois-Savo, ympyrä = Pohjois-Karjala).*

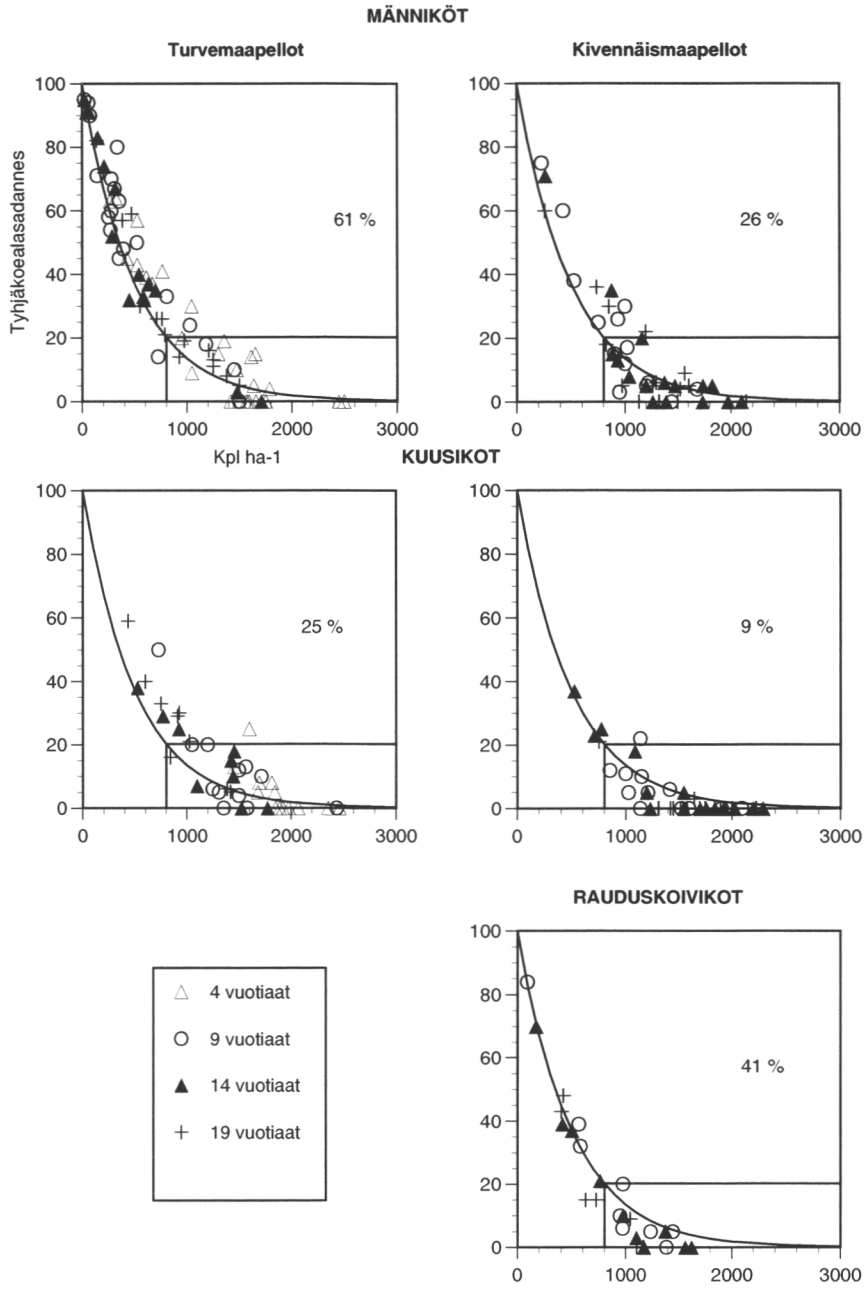


Kuva 8. *Kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä ikäluokittain turve- ja kivennäismaapelloilla.*

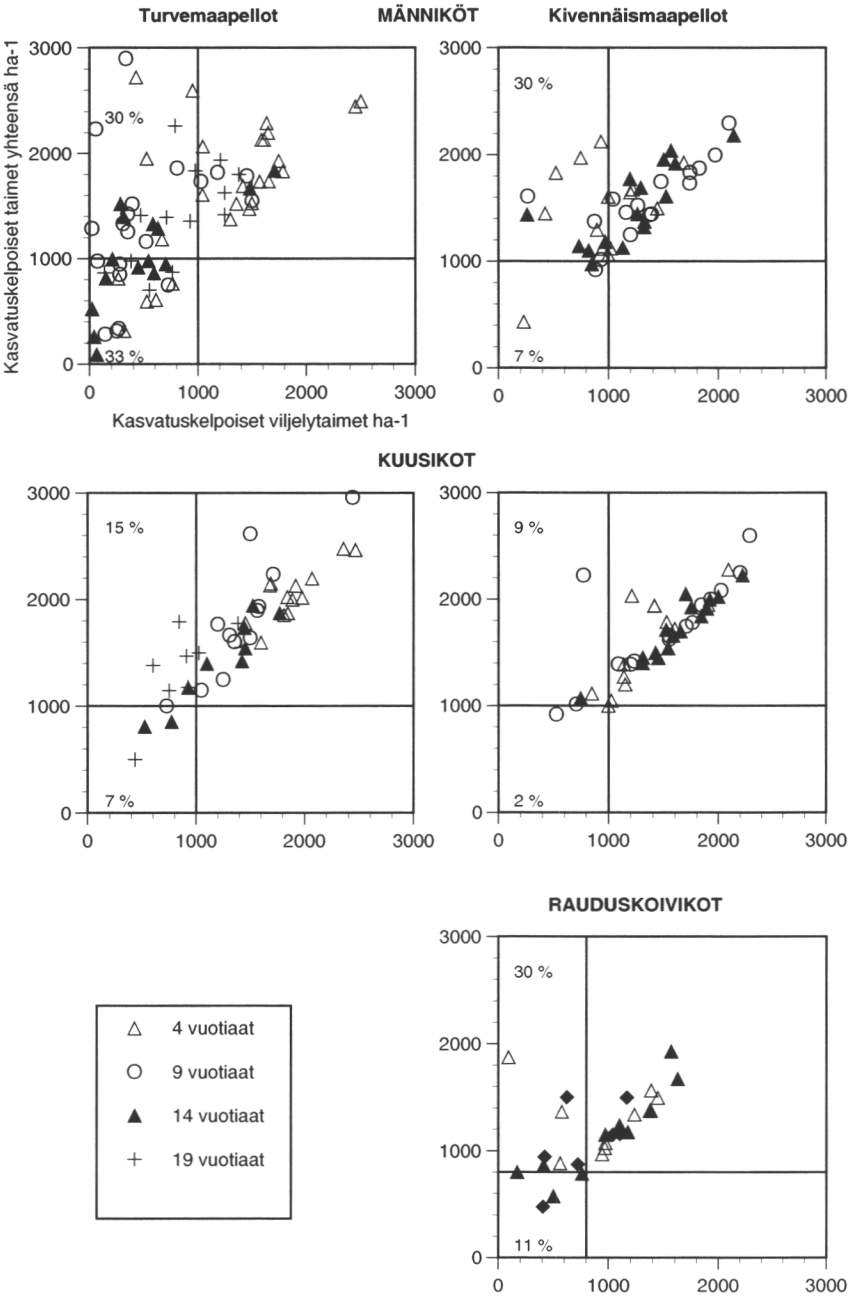
vasti kivennäismaapelloilla keskimääräinen runkoluku oli vielä yli 1 200 kappaleen hehtaarilla (II, III). Kaikkein heikoin tilanne oli 9- ja 14-vuotiaissa turvemaapeltojen männiköissä, joissa oli keskimäärin vain 400–500 kasvatuskelpoista istutustainta hehtaarilla.

Kasvatuskelpoisten luontaisten koivujen osuus kaikista kasvatuskelpoisista taimista vaihteli männiköissä 8–63 % (keskimäärin 300 kpl ha^{-1}). Mäntytaimikot olivat hyvin aukkoisia lukuun ottamatta 4-vuotiaita taimikoita, joissa kuolleiden taimien osuus oli vielä melko pieni vanhempiin taimikoihin verrattuna. Turvemaapeltojen männiköiden viljelytulosta voidaan pitää yli 60 %:lla metsityskohteista erittäin huonona vähäisen kasvatuskelpoisen viljelytaimimäärän ja tyhjäkoealasadanneksen perusteella (kuva 9). Kivennäismaapeltojen männyn viljelytulos oli 25 %:ssa tapauksista erittäin huono. Männiköiden kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä oli lähes 1 400 kpl ha^{-1} (kuva 8), joista viljelytaimia oli hieman alle 1 000 ja luontaisia havupuita runsas 100 kpl ha^{-1}. Arvioitaessa metsitystulosta kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärillä metsitystulos oli yli 30 %:lla taimikoista huono (rajana 1 000 kpl ha^{-1} eli puolet viljelysuosituksesta) (kuva 10).

Kuusikoiden kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä oli molempien metsäkeskusten alueilla samalla tasolla eli hieman yli 1 400 kpl ha^{-1} (kuva 8); turvemaapelloilla oli keskimäärin noin 100 tainta hehtaarilla vähemmän kuin kivennäismaapelloilla. Noin puolessa taimikoista oli yli 1 600 kasvatuskelpoista viljelytainta hehtaarilla. Kasvatuskelpoisten viljelykuusien taimimäärän ja tyhjäkoealasadanneksen perusteella tarkasteltuna joka neljännen turve-



Kuva 9. *Taimikoiden jakaantuminen kasvatuskelpoisten viljelytaimien ja tyhjäkoealasadanneksen mukaan. Prosenttiluku ilmaisee epäonnistuneiden viljelyalojen suhteellisen osuuden (< 800 kpl ha^{-1} ja/tai > 20 %). Kuvaan on piirretty Poissonin-satunnaisjakaumaa kuvaava käyrä, koealan koko 20 m^2. Käyrän yläpuoliset havainnot osoittavat taimikoiden olevan satunnaista aukkoisempia.*

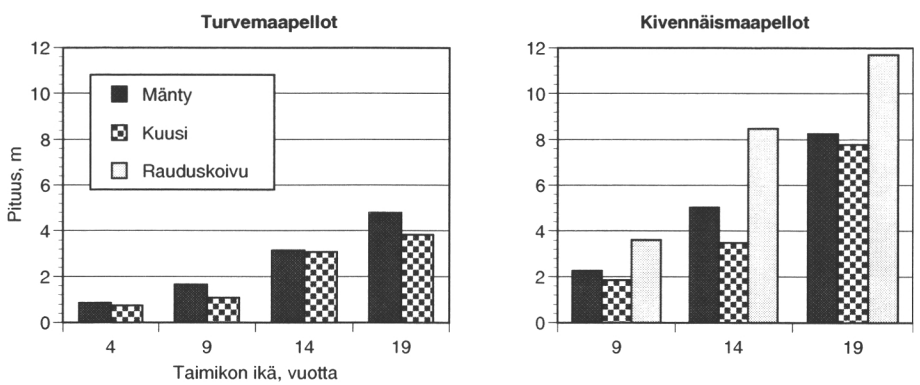


Kuva 10. *Kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä ja vastaavien taimikoiden kasvatuskelpoiset kokonaistaimimäärät. Vasemmassa alakulmassa oleva prosenttiluku ilmaisee taimikoiden osuuden, joissa sekä kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä että kasvatuskelpoisten taimien kokonaistaimimäärä oli alle 1 000 kpl ha^{-1}. Prosenttilukujen summa osoittaa taimikoiden osuuden, jossa kasvatuskelpoisia viljelytaimia oli alle 1 000 kpl ha^{-1}.*

maapeltokuusikon ja joka kymmenennen kivennäismaapeltokuusikon istutus oli epäonnistunut (kuva 9). Yhteensä kasvatuskelpoisia taimia oli kuusikoissa 1 700 kpl ha^{-1}. Koivujen osuus oli 2–20 % kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärästä (200 kpl ha^{-1}). Kuusikoiden metsitystulosta voi pitää hyvänä, sillä vain 2 %:ssa kuusikoista kasvatuskelpoisia taimia oli yhteensä alle 1 000 kpl ha^{-1} (kuva 10).

Kasvatuskelpoisiksi luokiteltuja istutuskoivuja oli 865 kpl ha^{-1} (kuva 8); Pohjois-Savossa runsaat 1 000 ja Pohjois-Karjalassa hieman alle 800 kpl ha^{-1}. Koivikoita oli täydennetty jonkin verran kuusella, mutta nämä taimet eivät sisälly em. taimimääriin. Mukana eivät ole myöskään harvennetut koivikot. Pohjois-Karjalassa (III) rauduskoivun viljelytulos oli huomattavasti huonompi kuin Pohjois-Savossa (II). Tarkasteltaessa istutustulosta runkoluvun ja/tai tyhjäkoealasadanneksen perusteella koivuistutuksista lähes puolella viljelytuloksen voidaan todeta olevan huono (kuva 9). Tulos oli Pohjois-Savossa huomattavasti parempi kuin Pohjois-Karjalassa (20 ja 53 %). Joka kymmenennessä koivikossa kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä oli alle 800 kpl ha^{-1} eli alle puolet viljelysuosituksesta (kuva 10).

Huonosta viljelytuloksesta johtuen luontaisia hieskoivuja hyväksyttiin turvemaapelloilla enemmän kuin kivennäismaapelloilla. Luontaisten hieskoivujen osuudet kaikista kasvatuskelpoisista taimista olivat turvemaapelloilla keskimäärin 23 % ja kivennäismaapelloilla 6 %. Kasvatuskelpoisten luontaisten havupuiden osuus oli turvemaapelloilla 9 % ja kivennäismaapelloilla 4 %.



Kuva 11. *Kasvatuskelpoisten viljelytaimien keskipituus (taimikoiden keskiarvona) puulajeittain turve- ja kivennäismaapelloilla.*

Turvemaapelloilla männiköiden pituus- ja varsinkin tilavuuskehitys (kuva 11) oli nopeampaa kuin kuusikoiden (I, III). Myös kivennäismaapelloilla männiköiden pituuskehitys oli aluksi kuusikoita parempaa, mutta jo 20 vuoden iällä molempien puulajien keskipituus oli kivennäismaapelloilla noin 8 metriä (II, III). Rauduskoivikoiden pituuskehitys oli nopeinta: 20 vuoden iällä koivikoiden keskipituus oli noin 12 metriä (II, III). Kivennäismaapelloilla kuusikot olivat 20 vuoden iällä keskimäärin kolme metriä pitempiä kuin turvemaapelloilla. Puiden rinnankorkeusläpimitta oli kivennäismaapeltojen männiköissä 12 cm, kuusikoissa 10–12 cm ja koivikoissa 13 cm.

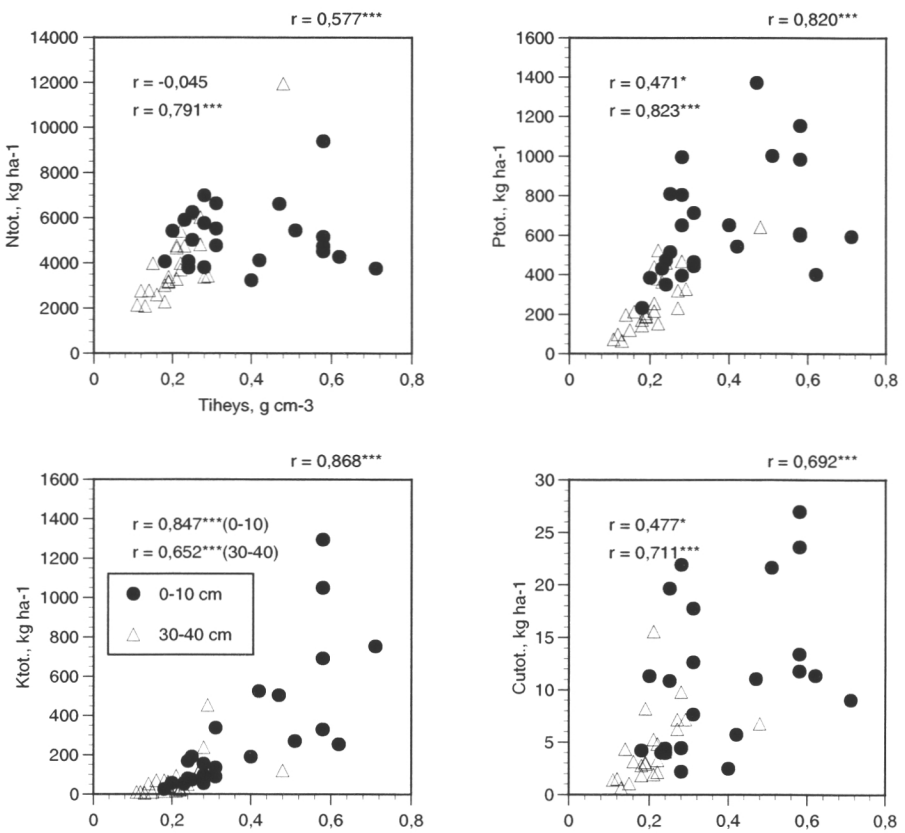
Kahdenkymmenen vuoden iällä Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen männiköiden ja kuusikoiden keskitilavuus oli noin 60 m^3 ha^{-1} ja koivikoiden noin 80 m^3 ha^{-1} (II) ja vastaavasti Pohjois-Karjalassa 85 ja 66 m^3 ha^{-1} (III). Pohjois-Karjalassa männiköiden keskitilavuus oli turvemaapelloilla 42 ja Pohjois-Savossa vain 10 m^3 ha^{-1}. Kuusikoiden tilavuus Pohjois-Karjalassa oli 20 vuoden iällä alle 10 m^3 ha^{-1}.

3.6 Maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivun taimien alkukehitykseen (IV)

Hieskoivulla metsitetyt turvemaapellot olivat paksuturpeisia. Turvekerroksen paksuus oli yleensä yli 100 cm. Saraturve (Ct = saraturve, LCt = metsäsaraturve, SLCt = rahkapuusaraturve [ks. Laine ja Vasander 1986]) oli yleisin turvelaji muokkauskerroksen alapuolella (40–50 cm) ja maatumisaste vaihteli 4:stä 8:aan von Postin luokituksella. Maan tiheys pieneni siirryttäessä turvekerroksessa alaspäin. Muokkauskerroksen tiheys oli keskimäärin 0,38 g cm^{-3} ja muokkauskerroksen alapuolella 0,28 (20–30 cm:n kerros) ja 0,21 g cm^{-3} (30–40 cm). Noin 80 % hieskoivulla metsitetyistä pelloista luokitettiin mustikkaisista tai sitä paremmista soista raivatuiksi.

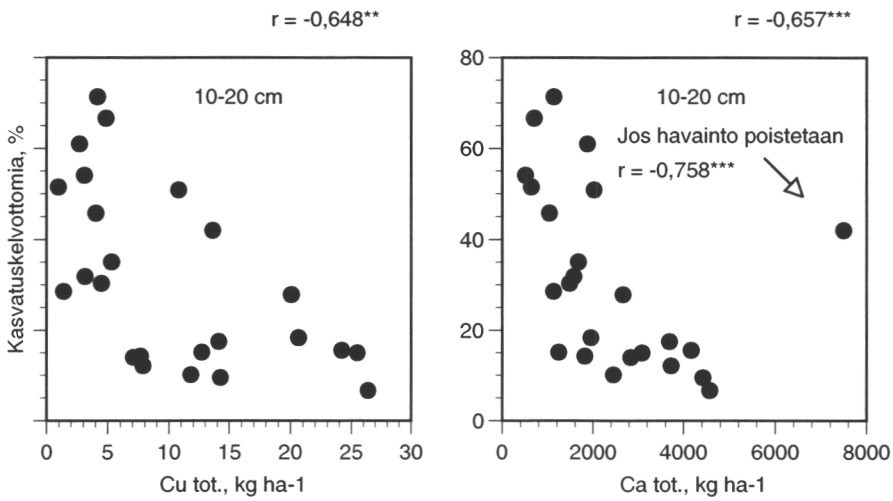
Ravinteiden, paitsi typen, kokonaismäärät ja pitoisuudet vähenivät myös siirryttäessä turveprofiilissa alaspäin ja maan tiheyden pienentyessä (kuva 12). Ravinteiden kokonaismäärissä erot olivat suuret muokkauskerroksen (0–20 cm) ja sen alapuolisen kerroksen välillä; typpeä ja kalsiumia lukuun ottamatta erot olivat kaksinkertaiset. Turvekerrosten välillä uuttuvat ravinnepitoisuudet vaihtelivat huomattavasti epäsäännöllisemmin kuin kokonaisravinnepitoisuudet. Esim. uuttuva kaliumpitoisuus pieneni turveprofiilissa alaspäin mentäessä, mutta kalsiumpitoisuus ei eri kerrosten välillä juurikaan vaihdellut. Kaliumin uuttuvan määrän osuus kokonaismäärästä oli sitä suurempi, mitä suurempi oli orgaanisen aineksen osuus.

Ensimmäisten 3–7 vuoden aikana metsityksestä taimista oli kuollut keskimäärin 19 % ja elävien taimien määrä oli 1 360 kpl ha^{-1}. 6–7-vuotiaissa taimikoissa kuolleisuus oli jo keskimäärin 30 %. Kasvatuskelpoisiksi luokitettujen taimien määrä oli 840 kpl ha^{-1} eli vain puolet viljelytiheydestä. Maaperätunnuksilla ei voitu selittää taimitiheyttä, koska viljelytiheys vaihteli paljon eri kohteiden välillä. Kokonaiskalsiumin ja kokonaiskuparin määrien kohotessa 10–20 cm:n syvyydellä kasvatuskelvottomien taimien määrä väheni (kuva 13). Taimien pituus seitsemän vuoden iällä oli noin kolme metriä ja tyviläpimitta viisi senttimetriä.

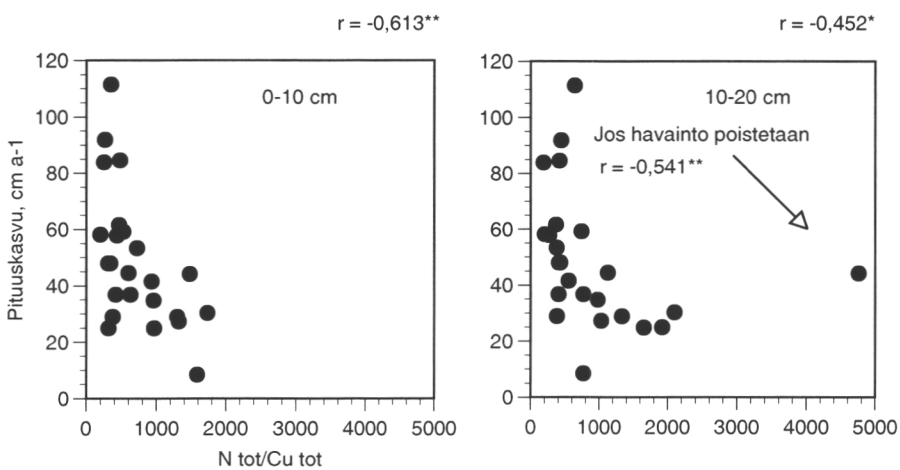


Kuva 12. *Maan kokonaistypen, -fosforin, -kaliumin ja kuparin määrän riippuvuus turpeen tiheydestä 0–10 cm:n kerroksessa.*

Maan analysoidut ravinnemäärät vaikuttivat positiivisesti taimien pituuskasvuun. Kuparin kokonaismäärä 0–20 cm:n kerroksessa selitti pituuskasvusta 42 %. Pituuskasvu parani maan N/Cu- ja P/Cu-suhteen pienetessä (kuva 14). Typen määrän lisääntyminen booriin nähden vähensi myös pituuskasvua. Maan ravinnemäärillä ei ollut yhtä suurta vaikutusta tyviläpimitan kasvuun kuin pituuskasvuun.

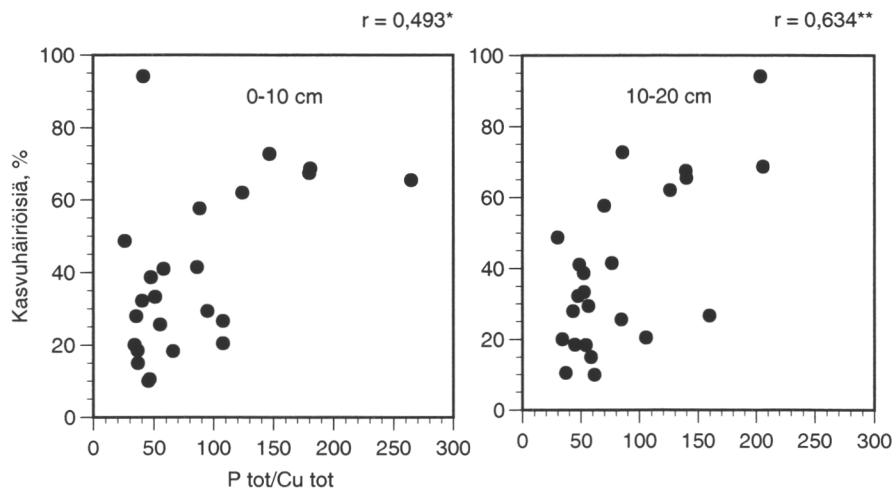


Kuva 13. Kasvatuskelvottomien (kituvien) taimien suhteellisen osuuden riippuvuus kuparin ja kalsiumin kokonaismääristä 10–20 cm:n kerroksessa.



Kuva 14. Hieskoivutaimikoiden keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus typen ja kuparin kokonaismäärien suhteesta.

Kasvuhäiriöisten (monilatvaiset, latvakuolleet) taimien osuus kasvoi merkittävästi P/Cu-suhteen kasvaessa 10–20 cm:n syvyydellä (kuva 15). Fosforin ja kuparin suhde selitti 40 % kasvuhäiriöisten taimien osuudesta. Kuparin, fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuudet 10–20 cm:n syvyydessä yhdessä selittivät 55 % kasvuhäiriöisten taimien osuudesta.



Kuva 15. *Kasvuhäiriöisten hieskoivun taimien osuuden riippuvuus fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteesta.*

4 Tulosten tarkastelu (I–IV)

4.1 Otanta ja tulosten yleistettävyys

Itä-Suomessa peltoja on metsitetty vuodesta 1969 vuoteen 1999 mennessä noin 60 000 ha; alat jakautuvat melko tasaisesti Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan kesken. Metsitetty ala edustaa yli neljännestä koko maan pellonmetsitysalasta (230 000 ha), ja se on lähes 30 % Itä-Suomen (Pohjois-Savo ja Pohjois-Karjala) nykyisestä viljelyksessä olevasta peltoalasta (Suomen tilastollinen... 1998). Turvemaapeltojen osuuden arvioidaan olevan noin 40 % koko pellonmetsitysalasta (Kaunisto ja Päivänen 1985, Hynönen 1992).

Inventointiaineisto on otos Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueella toteutetuista pellonmetsityksistä. Aineisto edustaa noin 1,3 %:a inventointivuosien metsityksistä, ja se on jakautunut alueelle melko tasaisesti. Turvemaapellon metsityksistä otos on suurempi kuin kivennäismaapellon metsityksistä. Metsitetyt turvemaapellot olivat yleensä paksuturpeisia. Olennainen kysymys on se, edustaako metsäkeskusten hankerekisteristä tehty otos riittävän hyvin kaikkia alueen turvemaista raivattujen peltojen metsityksiä. Käytännön kokemuksesta tiedetään, että turve- ja kivennäismaapeltojen erottaminen toisistaan metsityssuunnitelman tekovaiheessa ei ole kaikilta osin onnistunut. Turvemaista raivattuja peltoja on mitä ilmeisimmin päätynyt asiapapereissa kivennäismaapeltoihin, mikä on saattanut vaikuttaa perusjoukon jakaumaan. Siirtymällä on ollut varmaan vaikutusta myös metsityspuulajin valintaan. Em. syystä otantavaiheessa hankkeet käytiin läpi asiapaperitarkastuksin (suunnittelu- ja toteutustieto) ja verrattiin kuviotietoja peruskarttatietoihin. Lopullinen päätös jaosta turve- ja kivennäismaapeltoihin tehtiin maastossa.

Taimet ovat ensimmäiset 4–7 vuotta alttiita erilaisille (abioottiset ja bioottiset) tuhoille. Syiden selvittäminen inventointitutkimuksissa on vaikeaa varsinkin vanhemmissa taimikoissa. Sen vuoksi inventointiaineistoon otettiin edustus myös nuorista taimikoista (4-vuotiaat), jotta voitiin paremmin selvittää metsitystulokseen vaikuttaneita tekijöitä (I–III).

Inventoinnissa olivat mukana sekä turve- että kivennäismaapelloille perustetut männiköt ja kuusikot sekä vain kivennäismaapelloille perustetut rauduskoivikot, vaikkakin rauduskoivua on viljelty myös turvemaista raivatuille pelloille. Aikaisemmat tutkimukset (ks. Raulo 1981) sekä käytännön kokemukset eivät kuitenkaan ole puoltaneet rauduskoivun viljelyä turvemaille,

eikä näin ollen katsottu tarpeelliseksi ottaa turvemaapeltojen rauduskoivikoita tutkimukseen mukaan. Hieskoivun viljelytutkimus toteutettiin vain Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueella, ja aineisto edustaa noin 3 %:a ko. vuosien koko Pohjois-Savon hieskoivun viljelyalasta ja todennäköisesti lähes 10 %:a turvemaapelloille istutetusta alasta (IV).

Taimikoihin systemaattisesti sijoitetuilta koealoilta saadut tulokset voidaan yleistää koskemaan koko taimikkoa niin maaperäominaisuuksien (kestokoealat) kuin myös puustotunnusten (inventointi- ja kestokoeala-aineisto) osalta. Maaperätunnukset vastasivat hyvin myös muissa tutkimuksissa saatuja tuloksia (Urvas 1985, Kähäri ym. 1987, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993, Wall ja Hytönen 1996, Wall ja Heiskanen 1998). Maan ominaisuuksien, erityisesti kasvupaikan ravinteisuuden, suuri kohteiden välinen vaihtelu näkyi erityisesti luontaisesti syntyneiden taimien määrässä. Maanäytteiden kuivatus 105 °C:ssa ennen kemiallista maa-analyysiä saattoi vaikuttaa fosforin, raudan ja pH:n mittaustuloksiin (Saarinen 1989). Maanäytteiden ottoajankohdalla ei sen sijaan liene ollut vaikutusta ravinnepitoisuuksiin (Urvas ja Tares 1989).

Tulokset antavat melko luotettavan kuvan koko alueen pellonmetsitysten tilasta, erityisesti viljely- ja luontaisten taimien määrästä ja kasvatuskelpoisuudesta sekä erilaisten kasvupaikkojen metsitystuloksesta (I–IV). Hieskoivututkimuksen tulokset ovat lisäksi yhtenevät muista tutkimuksista (Saramäki ym. 1991, Valkonen 1992, Hytönen 1995a) saatujen tulosten ja käytännön metsityksistä saatujen kokemusten kanssa, joten niiltäkin osin tulokset voidaan yleistää ainakin Itä-Suomen alueelle (IV).

4.2 Kasvupaikat

Lähes 90 % Pohjois-Savon ja 80 % Pohjois-Karjalan kangasmaista on tuoreita kankaita tai sitä viljavampia kasvupaikkoja (Valtakunnan metsien... 1988–90). Sekä Pohjois-Savon että Pohjois-Karjalan metsämaan korvista yli 90 % ja rämeistä 10–20 % on suursaraisia ja mustikkaisia tai sitä parempia. Em. kasvupaikkatiedot osoittavat sen, että pellot oli yleensä raivattu hyvin viljaville kasvupaikoille. Soilla pellonraivaukset olivat joskus kohdistuneet myös vähäpuustoisiin rämeisiin ja jopa avosoihin.

Kasvupaikkaominaisuuksiltaan kivennäismaapellot voitiin rinnastaa tuoreisiin ja lehtomaisiin kankaisiin (Aaltonen 1940, Urvas ja Erviö 1974) (II, III). Hienoainesosuuden perusteella Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen metsi-

tysalat voitiin paremmin rinnastaa tuoreisiin kuin lehtomaisiin kankaisiin (Sepponen 1982, Tamminen 1991) (II). Tutkittujen kivennäismaapeltojen maalajitejakauma vastasi viljelyksessä olevien peltojen keskimääräistä maalajitejakaumaa (Kurki 1982, Kähäri ym. 1987). Pohjois-Karjalassa hiekan ja sitä karkeampien maalajitteiden osuus oli hieman suurempi kuin Pohjois-Savossa.

Turvemaapeltojen kasvupaikat rinnastettiin niihin kasvupaikkatyyppeihin, joita niiden katsottiin olleen ennen pelloksi raivaamista. Pellot, erityisesti muokkauskerros, eivät tietenkään ominaisuuksiltaan vastaa enää metsäistä suota, koska maanviljelys on muuttanut niitä voimakkaasti. Pääosa (70 %) turvemaapelloista oli raivattu viljavista mustikkaisista ja ruohoisista soista (ks. Valmari 1989). Turvemaapeltojen männiköiden maan viljavuus oli heikompi kuin kuusikoiden; maan viljavuus lienee vaikuttanut ainakin osittain puulajivalintaan. Metsitetyistä turvemaapelloista 80 %:lla turvekerroksen paksuus oli yli 40 cm ja Pohjois-Savossa jopa yli 70 cm.

Hieskoivulla viljeltyjen turvemaapeltojen muokkauskerroksen tiheys ja orgaanisen aineksen osuus olivat samalla tasolla (0,38 g cm^{-3} ja 62 %) kuin muissakin tutkimuksissa (Urvas 1985, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993, Hytönen 1995a, Wall ja Hytönen 1996, Wall ja Heiskanen 1998) (IV). Sen sijaan tiheys oli huomattavasti suurempi kuin vanhoilla ojitusalueilla, joilla se yleensä on alle 0,20 g cm^{-3} (Kurki ym. 1965, Erviö 1970, Päivänen 1982, Westman 1981, Hänninen 1983, Kaunisto ja Paavilainen 1988, Hytönen ja Wall 1997). Peltoviljely vaikutti erityisesti juuri maan tiheyteen ja ravinnemääriin.

Muokkauskerroksen tiheyden kasvaminen metsäisiin soihin verrattuna johtuu mm. turpeen maatumisesta ja tiivistymisestä sekä kivennäismaan lisäyksestä ja lannoituksesta. Painomaan suuresta lisäyksestä sekä turpeen maatumisesta ja kulumisesta johtuen osalla turvemaapelloista muokkauskerroksen orgaanisen aineksen osuus oli pienentynyt jopa alle 20 %:n; pintakerroksen perusteella sitä olisi voinut pitää jo melkeinpä kivennäismaana. Pohjois-Savon turvemaapelloista lähes puolelle on ajettu kivennäismaata keskimäärin 630 m^3 ha^{-1} (Wall ja Hytönen 1996). Painomaa voi esiintyä muokkauskerroksessa selvästi näkyvinä ohuina kerroksina (linsseinä); näin ollen sen määrä ja myös vaikutus maan tiheyteen on vähäinen (Wall ja Hytönen 1996). Painomaan käyttö ei vaikuta kovinkaan paljoa muokkauskerroksen alapuoliseen maan tiheyteen (Kaunisto 1991, Hytönen ja Wall 1997). Hieskoivulla metsitettyjen peltojen muokkauskerros (IV) vastasi viljavuudeltaan ja muilta maan ominaisuuksiltaan Pohjois-Savon muita turvemaapeltoja (Hynönen 1992).

Maan tiheys ja ravinnemäärät vähenivät siirryttäessä muokkauskerroksesta syvempiin maakerroksiin samoin kuin muissakin tutkimuksissa on tullut ilmi (Kaunisto 1991, Hytönen ja Wall 1997, Wall ja Heiskanen 1998), ja muokkauskerroksen kokonaisravinnemäärät olivat moninkertaiset metsäisiin soihin verrattuna (Vahtera 1955, Holmen 1964, Westman 1981, Kaunisto ja Paavilainen 1988, Hytönen ja Wall 1997) (IV). Muokkauskerroksen alapuolella tiheydet olivat suunnilleen samat kuin vastaavassa syvyydessä metsäojitetuilla soilla ja metsitetyillä turvemaapelloilla (Urvas 1985, Kaunisto ja Paavilainen 1988, Kaunisto 1991, Ferm ym. 1993, Hytönen 1995a, Wall ja Heiskanen 1998), mikä kertoo siitä, ettei painomaata ole kulkeutunut muokkauskerroksen alapuolelle (Kaunisto 1991, Hytönen ja Wall 1997). Kalkitus oli vähentänyt peltojen muokkauskerroksen happamuutta, minkä vuoksi metsitettyjen turvemaapeltojen happamuus lisääntyy jyrkemmin kuin metsäisillä soilla siirryttäessä pinnasta syvemmälle.

Ojien kunnon ja maaston topografian perusteella arvioituna kuivatus oli kivennäismaapelloilla yleensä hyvä (II, III). Tosin Pohjois-Karjalan rauduskoivikoissa huono kuivatus vähensi selvästi puuston kasvua (III). Erityisesti rauduskoivikoiden kehitystä liiallisen kosteuden on todettu haittaavan (Mäntylä 1984, Anttonen 1990, Valkonen 1992, Kinnunen ja Aro 1996). Pääosalla turvemaapelloista kuivatus oli heikko. Vanhat pelto-ojat olivat yleensä pienempiä ja heikkokuntoisempia kuin vanhojen ojitusalueiden ojat (vrt. Heikurainen 1957, Timonen 1983). Avoimen pellon ojat heinittyvät metsäisten soiden ojia nopeammin, mikä johtuu hyvistä valaistus- ja lämpöoloista sekä maan runsasravinteisuudesta (Urvas 1985, Kaunisto 1991). Hyvin usein päähuomio kiinnitetään pelkästään viljeltävän alueen ojitukseen eikä oteta huomioon, että laskuojienkin huono kunto voi muodostua varsinaisen metsitettävän alueen riittävän kuivatuksen esteeksi.

Turvemaapeltojen heikkoon kuivatukseen voi olla syynä ojitusteknisten tekijöiden ja maan tiivistymisen ohella myös turpeen maatuneisuus. Hyvin maatuneesta turpeesta ojituksella poistuva vesimäärä on vain vajaa kolmannes siitä, mitä se on heikosti maatuneesta turpeesta (Päivänen 1973). Koska turvemaapeltojen fysikaaliset ominaisuudet ovat puuston kasvun kannalta epäsuotuisat, maanmuokkaukseksi soveltuu parhaiten pohjaveden pintaa alentava ja maan huokostilaa lisäävä ojitusmätästys (Wall ja Heiskanen 1998). Metsäpuiden juuriston kehityksen kannalta 10 %:n ilmatilaa pidetään miniminä, jotta juuristo kehittyisi normaalisti ja juuristokerroksen ilmanvaihto olisi riittävä (Paavilainen 1967, Mannerkoski 1991). Palleauraus ei ole turvemailla riittävä muokkaustapa, koska sillä ei saada aikaan riittävään tehokasta kuivatusta palletta lukuun ottamatta (Mannerkoski 1991).

4.3 Viljelytaimien menestyminen ja luontainen taimettuminen

Sekä kuusen että männyn viljelytulos oli kivennäismaapelloilla huomattavasti parempi kuin turvemaapelloilla, vaikkakin erityisesti turvemaapelloille istutettuja männiköitä oli täydennetty. Erityisen huonoksi viljelytulos jäi 1970-luvun lopun ja 1980-luvun alun männynviljelyaloilla. Männyn viljelytulosta heikensivät epäedulliset sääolot 1970-luvun puolivälissä sekä alkukesän kylmät jaksot vuosina 1982 ja 1984 (ks. Kubin ja Raitio 1985, Raitio 1987, Saksa ym. 1990). Myös ns. Lapinkolmion pellonmetsitysaloilla epäedulliset sääolot heikensivät kuusikoiden kehitystä (Rossi ym. 1993). 1980-luvun puolivälissä jouduttiin Pohjois-Savossakin kesäkuun alun alhaisten lämpötilojen vuoksi täydennys- ja uusintaviljelemään erityisesti kuusella uudistettuja alueita, mutta myös männiköitä. PK-lannoituksen on todettu vähentävän pakkasen aiheuttamia kuusen silmuvaurioita (Koskela 1970).

Huonoon tulokseen olivat osasyynä myös 1980-luvun alussa taimitarhoilla todetut männyn taimien laatuongelmat, kasvuhäiriöt, joita oli erityisesti paljasjuuritaimissa (Holopainen ja Rikala 1991, Raitio ym. 1992). Tosin taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus taimien istutuksenjälkeiseen kehitykseen on ollut pieni ja häiriöt ovat tasoittuneet kahden kolmen ensimmäisen maastokasvukauden jälkeen (Kaunisto ja Kinnunen 1985).

Myös myyrätuhot olivat merkittävä syy mäntytaimikoiden huonoon kehitykseen ja suureen täydennysviljelytarpeeseen. Pellonmetsitysalojen runsas pintakasvillisuus luo myyräpopulaatiolle hyvät lisääntymismahdollisuudet (Notini 1964). Voimakkaat myyrävuodet toistuivat 2–3 vuoden välein (Teivainen 1979, 1981, 1982 ja 1984, Henttonen ym. 1995, Holopainen ja Mietola 1981). Syrjäisillä metsitetyillä pelloilla esiintyi niin ikään hirvituhoja, jotka heikentävät erityisesti männyn teknistä laatua.

Kuusen viljelytulos oli männyn viljelytulosta parempi, kun vertailupohjana käytetään elossa olevien istutustaimien (perusmetsitystaimet ja täydennystaimet yhteensä) määrää. Kivennäismaapelloilla istutuskuusten määrä viljelytiheydestä (oletus 2 000 kpl ha^{-1}) oli 75–95 % ja männyn taimista 55–75 %, kun sitä vastoin turvemaapelloilla kuusten määrä viljelytiheydestä (oletus 2 000 kpl ha^{-1}) oli 65–103 ja mäntyjen vain 30–60 % (kuva 16). Kuusenviljely on yleensä onnistunut muissakin osissa maata männyn viljelyä paremmin (Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hytönen 1995a, Kinnunen ja Aro 1996). Varjopuulajina kuusi selviytyy paremmin runsaassa pintakasvillisuudessa kuin mänty ja koivut (ks. Hynönen 1976). Myös nisäkkäiden (lähinnä myyrä ja hirvi) aiheuttamat tuhot ovat harvinaisia.

Kivennäismaiden rauduskoivikoiden viljelytulos oli melko huono, mutta se vastasi hyvin muissa tutkimuksissa saatuja tuloksia (Anttonen 1990, Hytönen 1991, Valtanen 1991) (II, III). Runkoluvulla mitattuna se oli lähellä männiköiden tasoa (kuva 16), mutta muilta puustotunnuksiltaan jonkin verran männiköitä parempi. Turvemaapeltojen hieskoivun taimien määrä väheni ensimmäisen 6–7 vuoden aikana noin 70 %:iin viljelytiheydestä (1 680 kpl ha^{-1}) eli noin 1 200 taimeen hehtaarilla (IV). Hieskoivikoiden runkoluvun kehitys ensimmäisinä viljelyn jälkeisinä vuosina oli yhtenevä muualla saatujen tulosten kanssa (Hytönen 1995a). On myös huomattava, että koivun taimet ovat erittäin alttiita sieni- ja nisäkästuhoille (myyrä, jänis ja hirvi) (Lilja ja Hietala 1994, Henttonen ym. 1994, Heikkilä ja Härkönen 1995, Heikkilä 1999) aina 4–5 metrin pituuteen saakka.

Ensimmäiset viljelyn jälkeiset vuodet ovat metsänviljelyssä hyvin tärkeitä taimikoiden kehityksen kannalta. Huomattava osa taimista kuolee viiden–kuuden ensimmäisen kasvukauden aikana; lehtomaisella kasvupaikalla muokkaustavasta riippuen männyistä kuolee 20–80 %, kuusista 20–50 % ja rauduskoivuista 30–85. Mättäisiin istutetut taimet menestyivät parhaiten % (Raulo ja Rikala 1974, 1981). Alle kymmenvuotiaissa taimikoissa istutustaimien määrä vähenee vielä taimien varttuessa (Leikola ym. 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980, Saksa ym. 1990, Hytönen 1991, Torpo 1991, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993). Hytösen (1995a) tutkimuksen mukaan ensimmäisen viiden kasvukauden aikana rauduskoivuista ja männyistä kuoli lähes 40 %, mikä vastaa hyvin nyt saatuja tuloksia.

Havupuiden luontainen taimettuminen oli hyvin vähäistä sekä turve- että kivennäismaapelloilla (I–III). Havupuiden luontaisia taimia oli kuitenkin selvästi vähemmän kuin metsämaan taimikoissa (Saksa ym. 1990). Pintakasvillisuus estää havupuiden, erityisesti kuusen, luontaisten taimien synnyn (Kalela 1961b). Turvemaapelloilla luontaiset taimet, lähinnä kuuset, olivat syntyneet ojien varsille ja erityisesti ojamaiden päälle. Sen sijaan luontaisia hieskoivuja oli syntynyt runsaasti erityisesti turvemaapelloille, mutta nekin olivat jakautuneet metsitysalalle hyvin epätasaisesti ja ryhmittäin. Turvemaapelloilla koivuja oli viisinkertaisesti kivennäismaapeltoihin verrattuna. Metsitystuloksen kannalta hieskoivulla oli merkitystä lähinnä turvemaapeltojen männiköiden täydentäjänä.

Luontaisten hieskoivujen määrä kasvoi maan ravinteisuuden ja kuivatuksen heiketessä sekä pintakasvillisuuden määrän vähetessä. Kuivattava muokkaus näytti heikentävän koivun luontaisten taimien syntymistä. Myös metsämaalla maan ravinteisuuden heiketessä hieskoivujen määrä kasvaa (Saksa ym. 1990).

Turvealustaisille pelloille syntyy hieskoivuja enemmän kuin kivennäismaalle, mutta ne ovat jakautuneet hyvin epätasaisesti metsitysalalle (Valtanen 1991, Hytönen 1995b). Maanmuokkaus edistää koivun luontaista taimettumista pelloilla ja vähentää pintakasvillisuuden kilpailua ensimmäisinä muokkauksen jälkeisinä vuosina (Kalela 1961b, Karlsson 1994, Hytönen 1998). Sopivin maanmuokkausajankohta on keskikesällä juuri ennen koivun siemenen varisemista (Raulo 1981). Luontaisen taimettumisen varmistamiseksi ja rikkakasvien siemenpankin vähentämiseksi maa pitäisi muokata useaan kertaan kesän aikana (Hytönen 1998). Ilman muokkausta koivun luontainen taimettuminen on mahdollista vain kosteilla kasvupaikoilla; taimettumaton vaihe on pitkä, ja taimikosta syntyy harva ja aukkoinen (Karlsson 1994). Maan suuri kosteuspitoisuus vaikuttaa ratkaisevasti koivun taimien syntyyn (Marquis ym. 1964, Palo 1986), ja parhaita siementen itämisalustoja ovat kivennäismaa (Raulo ja Mälkönen 1976, Perala ja Alm 1989) sekä rahkasammal (Kinnaird 1974) ja turve (Palo 1986). Hieskoivuja syntyy heti muokkauksen jälkeen hyvin suuriakin määriä ja sitä enemmän, mitä suurempi osa pellosta on muokattu, mutta jo toisena kasvukautena taimien määrä vähenee jyrkästi. Pintakasvillisuutta pidetään suurimpana syynä taimimäärän jyrkkään laskuun (Karlsson 1994, Hytönen 1995b ja 1998). Hieskoivun kylvöllä saadaan hyvin harvoin täystiheä taimikko, koska syntyneet taimet tukahtuvat pintakasvillisuuteen (Hytönen 1998). Järeä maanpinnan muokkaus (mätästys) heikentää koivun kylvötaimien syntyä, mikä johtunee lähinnä mättäiden liiallisesta kuivumisesta (Hytönen 1998).

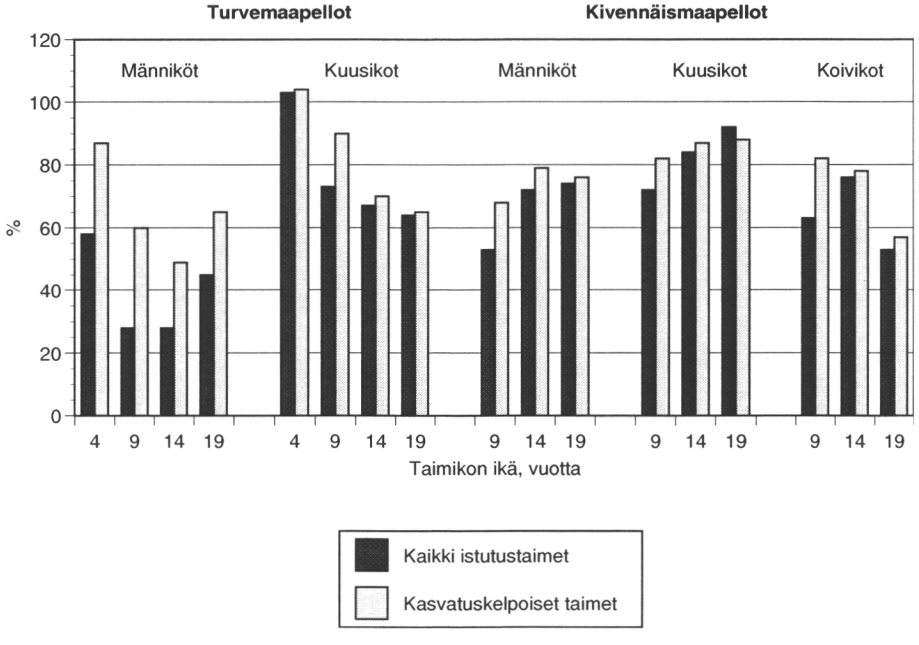
4.4 Metsityksen onnistuminen sekä taimien kunto ja laatu

Metsitystulosta voidaan tarkastella yksinkertaisimmillaan kasvatuskelpoisten viljelytaimien ja kasvatuskelpoisten luontaisten taimien määrän, tilajärjestyksen tasaisuuden sekä puiden laadun yhteistuloksena.

Kuusenviljely oli taimimääristä arvioiden onnistunut kaikilla kasvupaikoilla muita puulajeja paremmin (kuva 16). Kuusenviljelyn onnistumiseen muita puulajeja paremmin johtunee mm. siitä, että kuusta istutettiin sille sopivimmille kasvupaikoille ja mäntyä taas istutettiin liian viljaville kasvupaikoille. Myös Ruotsissa saadut tulokset osoittavat kuusen paremmuuden viljelyssä, ja se on ollutkin siellä hyvin yleinen puulaji peltoja metsitettäessä (Johansson ja Karlsson 1988). Viljavilla pelloilla viljelymännyt joutuvat alttiiksi erilaisille tuhonaiheuttajille. Männynviljelytuloksen kannalta tärkeimpiä tekijöitä olivat pintakasvillisuus, sieni- ja myyrätuhot sekä erityisesti turvemaapelloilla liiallinen kosteus ja maan epätasapainoinen ravinnetalous. Kuivatuksen osalta

tilanne on metsitystulosta ajatellen hieman kaksijakoinen: liiallinen kosteus on viljelytaimille haitallinen, mutta luontaiselle taimettumiselle suuri kosteus on tehokkaan muokkauksen ohella lähes välttämättömyys (Karlsson 1994). Epäedullisissa oloissa (kuivuus, ravinne-epätasapaino) havupuiden mykorritsasienten, lähinnä ektomykorritsan, merkitys ravinteiden otossa kasvaa. Maan anaerobiset olot puolestaan heikentävät sienijuurten samoin kuin itse puiden juurten kehitystä. Sekä kivennäis- että turvemaalla kasvaneiden mäntyjen juuret ovat tummia ja heikosti haaroittuneita ja mykorritsoja on vähemmän kuin metsämaalla, mikä saattaa johtua kuivuudesta ja maan ravinnetalouden epätasapainosta (Halonen ja Laiho 1991). Metsämaalla boorilannoituksen on todettu lisäävän mykorritsojen ja kuusen juuren kärkien määrää; sen sijaan kalkituksella oli päinvastainen vaikutus (Lehto 1994).

Istutetut havupuiden taimet olivat turvemaapelloilla kunnoltaan ja laadultaan huonompia kuin kivennäismaapelloilla. Kuusten monilatvaisuus oli turvemaapelloilla yleisempää kuin kivennäismaapelloilla. Turvemaapelloilla kuuset olivat hyvin usein kartion muotoisia, tyveltä hyvin leveäoksaisia ja niiden vuosittainen pituuskasvu oli ollut vähäistä. Poikaoksat heikentävät rungon



Kuva 16. *Taimien suhteellinen osuus oletetusta viljelytiheydestä (havupuut 2 000 ja rauduskoivu 1 600 kpl ha^{-1}) ikäluokittain turve- ja kivennäismaapelloilla.*

teknistä laatua ja taloudellista tulosta sekä turve- että kivennäismaapelloilla. Merkittävimpänä puiden rungon laatuun vaikuttavana tekijänä voidaan pitää erityisesti turvemaapelloilla maan ravinnetaloutta. Alavilla pelloilla esiintyy myös hallan aiheuttamia tuhoja.

Ilmeisesti taimien epänormaaliin kehitykseen vaikuttivat erityisesti maan epäedulliset ravinnesuhteet sekä se, että osa pelloista oli raivattu vähäravinteisista soista, joiden istuttamalla metsitys on kyseenalaista. Puuston kehityksen kannalta maan ravinnetaloudessa on todettu ongelmia useissa eri tutkimuksissa (Braekke 1978, 1979, 1980, Veijalainen 1978, Raitio 1979, Silfverberg 1979, 1980, Aronsson 1980, Ferm ja Markkola 1985, Kolari 1988, Kaunisto 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993, Hytönen 1995a, Hytönen ja Pietiläinen 1995, Wall ja Hytönen 1996). Turvemaista raivatuilla pelloilla maa on keväällä hyvin pitkään roudassa, mikä vaikeuttaa puiden vedensaantia ja samalla tietenkin ravinteiden ottoa (Pessi 1958, Silfverberg 1979). Turvemailla routaa voi esiintyä vielä kesäkuun loppupuolella, jopa puiden alla heinäkuun alussa (Silfverberg 1979, Kunelius 1982). Kynnetyillä aloilla routa säilyy pitkään palteiden alla, ja pintakasvillisuudesta erityisesti nurmilauha- ja mesiangervotuppaat hidastavat roudan sulamista (Kunelius 1982). Pohjois-Pohjanmaalla jo neljävuotiaissa männyn taimikoissa oli nähtävissä taimien epänormaali kehitys, jonka syynä pidettiin maan epätasapainoista ravinnetaloutta sekä korkealla olevaa pohjavesipintaa (Valtanen 1991). Lähes 40 %:lla männyistä ja rauduskoivuista ilmeni latvavaurioita, ja joka viidennellä männyllä sekä joka kolmannella koivulla oli useita kilpailevia latvoja, mikä lienee merkki myös maan ravinnetalouden ongelmista (III).

Istutetuista hieskoivuista kasvuhäiriöisiksi luokitettiin noin 40 %; kasvuhäiriöisten taimien osuutta lisäsi erityisesti P/Cu-suhteen kasvu (IV). Myös Pohjois-Karjalassa on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu sekä raudus- että hieskoivun eriasteisia kasvuhäiriöitä, kuten latvakuolleisuutta ja haaroittumista; lehtien booripitoisuudet olivat pieniä jopa kivennäismaapelloilla (Saramäki ym. 1991, Valkonen 1992). Hieskoivun taimien kasvua paransi N/Cu- sekä P/Cu-suhteiden pieneneminen (IV). Nopealiukoisten fosforilannoitteiden on epäilty lisäävän männyn kasvuhäiriöriskiä ja saattavan aiheuttaa hivenravinteiden ohentumisilmiön (Veijalainen 1977). Myös ojaveden pitkäaikainen alentuminen vähentää männyn neulasten boori- ja mangaanipitoisuuksia (Veijalainen 1977). Typpilannoitus yksin tai yhdessä fosfori- ja kaliumlannoituksen kanssa on vähentänyt männyn taimien pituuskasvua (Paavilainen 1970, 1977), mikä viittaisi ravinnesuhteiden vääristymiseen (hivenravinteiden niukkuuteen) puiden kehityksen kannalta. Koivu ottaa maaperästä selvästi enemmän ravinteita kuin mänty (Viro 1955, Armson 1979, Paavilainen 1984, Finer

1989), joten on mahdollista, että hieskoivun kasvuun ja normaaliin kehitykseen nähden hivenravinnetilanne on metsitetyillä turvemaapelloilla kriittinen.

Kun turvemaapelloille istutetuista (2 000 kpl ha^{-1}) männyistä kymmenen vuoden aikana metsityksestä kuolee yli puolet ja kivennäismaapelloillakin 40 %, taimikot kehittyvät runsasravinteisilla pelloilla liian harvoina laatupuun kasvatusta ajatellen (Uusvaara 1974, Varmola 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981). Kasvatuskelpoisista viljelymännyistä vain vajaa 20 % luokiteltiin teknisesti normaaleiksi. Erityisen huonoja olivat Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen männiköt, joista vain 10 % luokiteltiin hyviksi. Alhaisesta runkoluvusta johtuen alaoksien kuoleminen oli ollut hyvin vähäistä ja oksien paksuuskasvu jatkui arvokkaimman rungon osalta edelleen, mikä on omiaan heikentämään rungoista saatavan sahatavaran laatua. Viljavilla alueilla puiden oksat olivat paksumpia kuin vähemmän viljavilla. Oksat olivat paksumpia kuin Varmolan (1980) tutkimuksessa vastaavalla kasvupaikkatyypillä. Puiden oksikkuuden ja oksien paksuuden on todettu olevan hyvin voimakkaasti sidoksissa maan ravinteisuuteen (Varmola 1980, Uusvaara 1991); mustikkatyypillä puiden oksikkuus on 10 % runsaampaa kuin puolukkatyypillä (Kellomäki ja Väisänen 1986). Viljelymänniköiden teknistä laatua heikentävien vikojen, kuten runkomutkan, tyvimutkan, poikaoksan ja lenkouden, osuudet kasvavat maan viljavuuden parantuessa (Uusvaara 1974). Puuston runkoluvun kasvu vähentää puiden oksaisuutta (Uusvaara 1974, Varmola 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981) ja paksuimman elävän oksan läpimittaa (Uusvaara 1991), mutta oksikkuus pienenee hyvin vähän runkoluvun ylittäessä 2 000–2 500 kpl ha^{-1} (Kellomäki ja Väisänen 1986).

Pohjois-Karjalassa rauduskoivujen teknistä laatua huononsivat poikaoksat sekä tyvi- ja runkomutkat, mikä ilmiö on yhtenevä aikaisemmin tehtyjen tutkimusten kanssa (Anttonen 1990, Valkonen 1992). Pellolle istutetuista rauduskoivuista yli puolella esiintyy mutkaisuutta ja haaraisuutta ja lisäksi joka viidennessä rungossa lenkoutta (Niemistö 1997a). Viljelytiheyskokeissa runkoluvun lisääminen yli 2 500 kappaleen hehtaarilla ei ole vaikuttanut rauduskoivullakaan tekniseen laatuun enää kovinkaan paljon (Niemistö 1997b). Ensiharvennusvaiheessa (valtapituus 13–14) rauduskoivujen runkoluvun ylittäessä 4 000 kpl ha^{-1} kuolleisuus kasvaa jyrkästi (Niemistö 1996). Niemistö (1996) suosittelee viljavien peltojen viljelytiheydeksi yli 1600 kpl ha^{-1}, mutta kuitenkin korkeintaan 2 500 kpl ha^{-1}.

Kasvatuskelpoisia kuusia oli turvemaapelloilla 40 % enemmän ja kivennäismaapelloilla vastaavasti 25 % enemmän kuin mäntyjä (I–III). Turvemaapeltojen männiköiden viljelytulos oli yli 60 %:lla kohteista niin huono, että niiden

uusintametsitystä kannattaa harkita. Sitä vastoin vain joka kolmas kivennäismaapellon männikön viljelytulos katsottiin epäonnistuneeksi. Männiköiden kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä oli selvästi alhaisempi kuin metsämaalla Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Savossa (Saksa 1987, 1989, Saksa ym. 1990), mutta sen sijaan kuusen kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä ei oleellisesti poikennut Pohjois-Savon metsämaiden taimimääristä (Saksa ym. 1990).

Kuusten alkukehitys oli hitaampaa kuin muiden puulajien. Ero tasoittui huomattavasti jo 20 vuoden iällä. Sekä kuusikoiden että männiköiden keskikuutiomäärä kivennäismaapelloilla oli samalla tasolla 60–85 m^3 ha^{-1} ja rauduskoivikoissa 66–80 m^3 ha^{-1} (I–III) (taulukko 5). Parhaissa kuusikoissa keskitilavuus hehtaarilla 20 vuoden iällä oli lähes 150 m^3 ha^{-1}. Mitä ilmeisimmin kuusikoiden kehitys tulee kiertoajan kuluessa ylittämään turvemaapelloillakin männiköiden kehityksen. Ruotsissa kivennäismaapellolle istutettujen kuusikoiden keskikasvu oli 12–13 m^3 ja mäntyjen 9 m^3 vuodessa 80 vuoden kiertoajalla (Johansson ja Karlsson 1988) sekä rauduskoivulla 8 m^3 vuodessa 55 vuoden kiertoajalla (Elfving 1986). Suomessa metsitetyillä pelloilla rauduskoivun kokonaistuotokseksi 30 vuoden aikana viljelystä on saatu 230 m^3 ha^{-1}, mikä on keskimäärin noin 30 m^3 ha^{-1} enemmän kuin metsämaalla (Niemistö 1996). Em. eri puulajien ruotsalaiset kasvuvertailut sekä myös tämän tutkimuksen tulokset osoittavat selvästi kuusen olevan hyvin merkittävä puulaji, mikäli tavoitteena on korkea puuntuotanto. Parhaiden 20-vuotiaiden koivikoiden valtapituus vastasi entisille viljaville pelloille 1960- ja 1970-luvuilla perustettujen koivikoiden valtapituutta (Raulo 1981). Koivun kasvatuksessa tavoitellaan myös hyvälaatuista runkopuuta. Viljelykoivikoiden arvokkaan tyvitukin laatua heikentävät ruskotäpläkärpäsen (*Phytobia betulae Kang.*) toukkakäytävät, joita esiintyy yli 90 %:ssa peltokoivikoista. Ruskotäpläkärpästen toukkakäytävien määrä lisääntyy puuston kasvun parantuessa (Ylioja ym. 1995). Metsänkäsittelyllä ei voida vaikuttaa ruskotäpläkärpäsen määrään, ellei tingitä puuntuotoksesta (Niemistö 1997c).

Turvemaapelloilla männiköiden tilavuus oli jäänyt huomattavasti kivennäismaapeltoja pienemmäksi huonon viljelytuloksen vuoksi. Puuston runkoluku hehtaarilla oli hyvin alhainen ja myös puiden laatu huono. Turvemaapeltojen kuusikoiden alkukehitys oli ollut hitain, ja korkeasta runkoluvusta huolimatta tilavuus oli erittäin pieni eli alle 10 m^3 ha^{-1}, kun se männiköissä oli kolmin–viisinkertainen. Tämä tutkimus ei anna vielä kuvaa hieskoivikoiden puuntuotoksesta, mutta kasvatuskelpoisiksi luokiteltujen puiden määrän perusteella voidaan ennustaa, että puuntuotos jäänee männiköiden tasolle ja jopa sen alapuolelle (I, III, IV). Hieskoivun puuntuotos jää sekä turve- että kivennäis-

Taulukko 5. 20-vuotiaiden taimikoiden keskimääräisten tunnuslukujen vertailu. Koiviston (1959) taulukot perustuvat Nyyssösen (1954 ja 1957), Vuokilan (1956 ja 1957), Koiviston (1958) ja Mäkisen (1958) tutkimuksiin. H_{100} ja H_{50} ovat pituusboniteetti-indeksejä ja ne kuvaavat kasvupaikan puuntuotoskykyä 100 ja 50 vuoden kiertoajalla.

	Pituusboniteetti	Kasvupaikka	Runkoluku, kpl ha^{-1}	Valtapituus, m	Tilavuus, m^3 ha^{-1}
Männiköt					
Pohjois-Savo		Kivennäismaa	1070	8,4	58
		Turvemaa	710	7,5	10
Pohjois-Karjala		Kivennäismaa	1560	8,2	83
		Turvemaa	810	7,6	42
Vuokila ja Väliaho 1980	H_{100}=30		2000	8,5	70
	H_{100}=27		2000	7,0	40
	H_{100}=24		1800	5,6	19
Varmola 1993	H_{100}=30		2000	9,7	86
	H_{100}=24		1800	7,0	47
Koivisto 1959			2800	7,7	50
Kuusikot					
Pohjois-Savo		Kivennäismaa	1700	10,8	60
		Turvemaa	850	8,0	4
Pohjois-Karjala		Kivennäismaa	1720	9,4	85
		Turvemaa	1380	5,0	7
Vuokila ja Väliaho 1980	H_{100}=33		2200	9,0	58
	H_{100}=30		2200	7,0	26
Koivisto 1959				7,7	49
Rauduskoivikot					
Pohjois-Savo		Kivennäismaa	1200	16,5	82
Pohjois-Karjala		Kivennäismaa	1010	15,6	66
Oikarinen 1993	H_{50}=28		2300	16,4	131*
	H_{50}=26		2000	14,4	99
	H_{50}=24		2000	12,4	69
Ilvessalo 1922					36
Koivisto 1959			2700	11,5	59
Hieskoivikot					
Koivisto 1959			3500	8,5	40

*ensiharvennus mukaan lukien

Taulukko 6. Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuositusten (1994) uudistamisrajan (600 kpl ha^{-1}) alle jäävien taimikoiden osuus. Mukana vain kasvatuskelpoiset viljelytaimet, täydennystaimista mukana pääpuulajilla täydennetyt taimet.

Taimikon ikä, vuotta	Turvemaapellot		Kivennäismaapellot		
	Männiköt	Kuusikot	Männiköt	Kuusikot	Koivikot
			%		
4	23	0			
9	68	0	21	0	43
14	83	13	0	10	20
19	41	25	6	0	22

maapelloilla huonommaksi kuin rauduskoivun (Saramäki ym. 1991, Valkonen 1992). Heikoimmillaan hieskoivu jäänee lähinnä verhopuustoksi viljeltäessä epäonnistuneet metsitysalat uudestaan kuusella.

Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuositusten mukaan kaikkien puulajien taimikoiden hyväksyttävänä uudistamisrajana pidetään Etelä-Suomessa 600:aa tainta hehtaarilla (Luonnonläheinen...1994). Samojen suositusten mukaan taimikon täydentämistä on syytä harkita, jos taimia on mäntyvaltaisissa taimikoissa keskimäärin alle 1 500, kuusi- ja hieskoivuvaltaisissa taimikoissa alle 1 300 ja rauduskoivuvaltaisissa taimikoissa alle 1 200 kappaletta hehtaarilla.

Kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärällä arvioiden vain noin 15 %:ssa 9- ja 14-vuotiaista mäntytaimikoista runkoluku oli alle 600 kpl ha^{-1}. Jos tarkastellaan männynviljelyn onnistumista pelkästään perusmetsitys- ja täydennysviljelytaimet (pääpuulajilla täydennetty) huomioiden, turvemaapeltojen männiköiden eri ikäluokista 23–83 %:ssa runkoluku jäi alle uudistamisrajan eli 600 kpl:seen ha^{-1} (taulukko 6). Nuorimpia taimikoita lukuun ottamatta 46–84 %:lla mäntytaimikoista kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä jäi alle täydennysrajan, ja turvemaapelloilla täydennysrajan alittavia taimikoita oli suhteellisesti enemmän kuin kivennäismaapelloilla (taulukko 7). Turvemaapeltojen yli neljävuotiaista kuusikoista täydennysrajan alapuolelle jäi noin joka kolmas taimikko. Kaikissa neljävuotiaissa kuusitaimikoissa oli yli 1 300 tainta hehtaarilla. Kivennäismaapeltojen kuusikoissa oli hyvin vähän täydennystarvetta. Rauduskoivikoista pääosa jäi alle metsänhoitosuositusten täydentämisrajan. Jopa 9-vuotiaista koivikoista yli 40 %:lla kasvatuskelpoisten taimien kokonaisrunkoluku alitti täydentämisrajan 1 200 kpl ha^{-1}. Tosin 9-vuotiaan koivikon täydentäminen ei tule enää kyseeseenkään.

Taulukko 7. Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuositusten (1994) täydentämisrajan alle jäävien taimikoiden osuus. Mukana kaikki kasvatuskelpoiset taimet.

Taimikon ikä, vuotta	Männiköt		Kuusikot		Koivikot
	Turvemaa-pelto	Kivennäis-maapelto	Turvemaa-melto		Kivennäis-maapelto
	%				
	< 1 500 kpl ha^{-1}		< 1 300 kpl ha^{-1}		< 1 200 kpl ha^{-1}
4	25		0		
9	65	57	32	33	43
14	84	46	38	10	33
19	59	50	33	0	82

Tässä tarkastelussa olen pitänyt lähtökohtana sitä, että viljelyn voidaan katsoa pellolla epäonnistuneen, jos taimimäärä laskee alle puoleen Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuositusten mukaisesta viljelytiheydestä. Alhaisesta runkoluvusta johtuen ensiharvennuksista ja ehkä myöskin myöhemmistä harvennuksista saatavat tulot jäävät saamatta. Ääritapauksessa päätehakkuu on ensimmäinen tulolähde ja sekin vielä pääasiassa huonolaatuista kuitupuuta. Näin tarkastellen turvemaapeltojen männiköistä epäonnistuneita oli 2/3 ja kivennäismaapeltojen 1/3. Turvemaapeltojen kuusikoista vain joka viides ja kivennäismaapeltojen joka kymmenes oli epäonnistunut. Pohjois-Savossa rauduskoivun viljely oli onnistunut huomattavasti paremmin kuin Pohjois-Karjalassa; epäonnistuneita viljelyjä oli Pohjois-Savossa 20 ja Pohjois-Karjalassa 53 %. Hieskoivikoissakin kasvatuskelpoisten taimien runkoluku oli laskenut puoleen todellisesta viljelytiheydestä. Alhainen runkoluku vaikuttaa puuntuotoksen (määrällinen) ohella myös puun laatuun, erityisesti koivikoissa ja männiköissä , sekä kokonaisuutena taloudelliseen tulokseen.

Taimikot tulisi metsänhoitosuositusten mukaan täydentää 2–3 vuoden kuluessa metsityksestä. Kun muistetaan, että hyvin suuri osa männiköistä oli jo täydennysviljelty ja siitä huolimatta yli puolella männiköistä olisi vieläkin täydennystarvetta, metsitystulosta voidaan pitää todella huonona. Myöskään rauduskoivikoiden metsitystulosta kokonaisuutena ei voi pitää tyydyttävää parempana. Lähes kaikki tutkimuksessa olevat taimikot olivat ylittäneet jo selvästi pituuden ja tiheyden funktiona määritetyn metsänhoidollisen täydennyskelpoisuusrajan (Luonnonläheinen... 1994).

Viitekehyksessä (kuva 3 a) kuvatuista ”pelto puiden kasvupaikkana” -tekijöistä erityisesti kasvupaikan luontainen ravinteisuus, vesitalous, painomaan käyttö, ravinnetila, maan rakenne sekä pintakasvillisuus osoittautuivat pellon metsitystuloksen kannalta muita tekijöitä tärkeämmiksi. Käytännön pellonmetsityksissä ja pellonmetsitysten hoidossa em. tekijöitä on tarkasteltava kriittisesti erityisesti metsityskelpoisuutta, metsityspuulajia ja metsitysketjua harkittaessa. Kuvan 3 b osalta erityisesti puulajivalinta, tuhot, maanpinnan käsittely ja pintakasvillisuuden torjunta auttoivat hahmottamaan pellonmetsityksen ongelmallisuutta tulosten käsittelyvaiheessa.

5 Tutkimustulosten yhteenveto (I–IV)

Vanhimmat tässä tutkimuksessa mukana olleet pellonmetsitykset olivat saavuttaneet nuoren kasvatusmetsävaiheen eli olivat noin 20-vuotiaita ja nuorimmat viljelyt olivat vasta neljävuotiaita. Tutkimustuloksista voi tehdä seuraavat päätelmät:

1. Kuusen taimet säilyvät elossa sekä turve- että kivennäismaapelloilla paremmin kuin männyn taimet ja kivennäismaapelloilla paremmin kuin rauduskoivut.
2. Turvemaapeltojen metsitykset onnistuvat sekä männyllä että kuusella huonommin kuin kivennäismaapeltojen metsitykset. Turvemaapelloilla kuusikoiden tilavuuden kehitys on suuresta runkoluvusta huolimatta heikko, mikä johtunee pääosin maan ominaisuuksista, erityisesti ravinnetaloudesta, mutta alavilla pelloilla myös hallatuhoilla saattaa olla vaikutusta hitaaseen alkukehitykseen.
3. Rauduskoivun viljelyssä kasvupaikan ominaisuuksiin niin maalajin kuin kosteudenkin suhteen on kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota. Rauduskoivua ei pidä istuttaa hienojakoisille (hieno hieta tai sitä hienojakoisempi) eikä veden vaivaamille alueille.
4. Kasvatuskelpoisten hieskoivun taimien määrä vähenee ensimmäisten viljelyn jälkeisten vuosien aikana puoleen viljelytiheydestä, eikä hieskoivun viljely näytä olevan ratkaisu turvemaapeltojen metsitysongelmiin. Hieskoivu jäänee lähinnä esipuulajiksi, jota käytetään verhopuuna viljeltäessä alueet myöhemmin kuusella.
5. Turvemaapelloilla esiintyi kuusella, männyllä ja hieskoivulla erittäin voimakkaita kasvuhäiriöitä, jotka saattoivat johtua maan epätasapainoisesta ravinnetaloudesta.
6. Männyn laadullinen kehitys oli huono niin kivennäis- kuin turvemaapelloillakin maan runsaista ravinnevaroista ja erilaisista tuhoista johtuen.
7. Epäonnistuneet koivun viljelyalat on tarkoituksenmukaisinta uusintaviljellä kuusella koivuverhopuuston alle.
8. Kuusikoissa on syytä kiinnittää huomiota olemassa olevan puuston jatkokehityksen turvaamiseen mm. maan ravinnetaloutta hoitamalla.
9. Peltoja on maassamme metsitetty yli 200 000 hehtaaria, mutta pellonmetsitysten hoito, erityisesti kuivatus, varhaishoito (pintakasvillisuuden torjunta), ojanvarsien vesakon raivaus ja ravinnetalous, on jäänyt liian vähälle huomiolle. Em. tekijöihin on kiinnitettävä nykyistä suurempi huomio sekä tutkimuksessa että käytännön metsänhoidossa.

10. Lisätietoa tarvitaan erityisesti kasvupaikkaluokitukseen liittyvistä seikoista, maan ravinnetalouden hienosäädöstä sekä eri viljelykasvien vaikutuksesta metsityksen onnistumiseen (metsitystä edeltäneen viime ajan viljelyhistoria). Hieskoivikoiden jatkokehityksestä taimikkovaiheen jälkeen ei myöskään ole riittävästi tutkittua tietoa. Tutkimuksissa (seurantatutkimukset) mukana olevien puustojen kehityksen seurantaa olisi jatkettava.

6 Pellon onnistunut metsittäminen

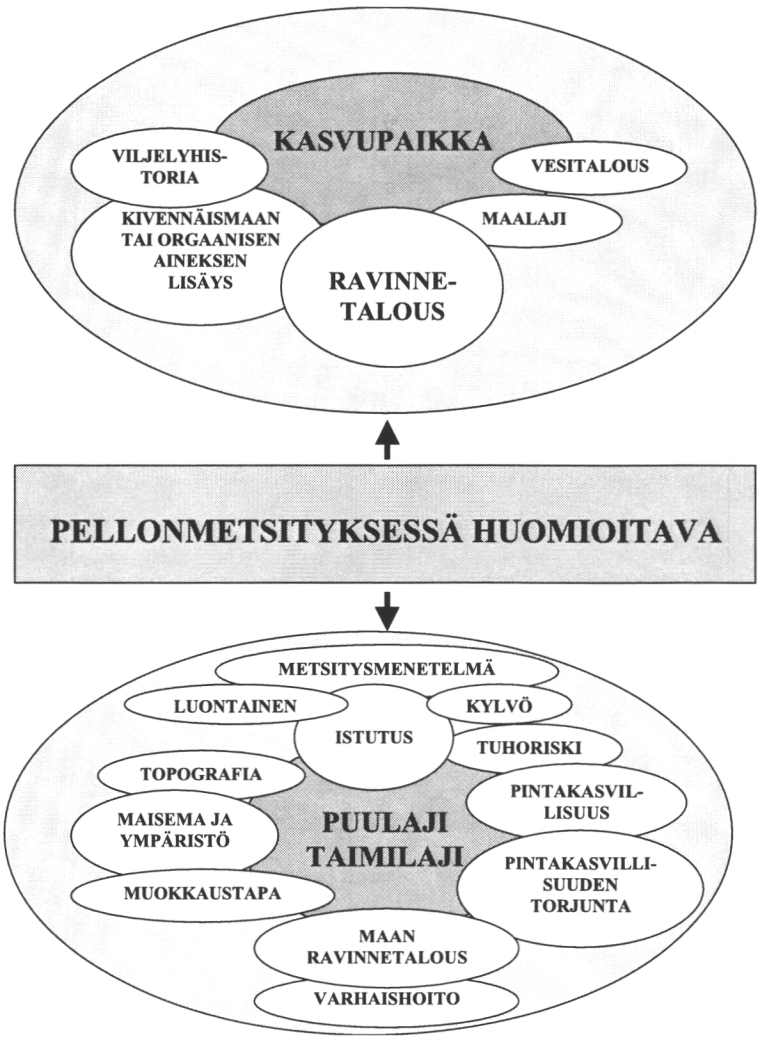
6.1 Maisema ja ympäristö

Metsitystä on tarkasteltava myös maiseman ja muiden ympäristönäkökohtien kannalta biologisten ja teknisten tekijöiden ohella, koska pellonmetsityksellä vaikutetaan maisemaan ja ympäristöön vuosikymmeniksi eteenpäin (kuva 17). Pelto voi olla sopimaton metsitettäväksi (metsityskelvoton) myös maisemallisista syistä biologisten ja teknisten (kuivatusongelma) tekijöiden ohella. Maisemallisesti arvokkaat peltoalueet (perinne- ja kulttuurimaisemat) on hyvä jättää metsityksen ulkopuolelle. Vesistöjen ranta- ja asuntojen lähialueet sekä vilkasliikenteisten teiden varret ovat maiseman kannalta tärkeimpiä. Vuodenaikojen vaihtelun tuomat erityispiirteet on suunnittelussa osattava ottaa huomioon. Kesävihantien lehtipuukuvioiden reunoja voidaan elävöittää ainavihannilla havupuilla, havupuuryhmillä sekä päinvastoin. Viljelykseen jääviltä pelloilta tulevaa hajakuormitusta voidaan vähentää peltojen reuna-alueiden tai kokonaisten peltolohkojen suojaistutuksilla.

6.2 Kasvupaikka ja metsityskelpoisuus

Ympäröivien metsien, kankaiden ja soiden perusteella voi tehdä hyvinkin oleellisia päätelmiä pellon "luontaisesta" ravinteisuudesta ja pellon metsityskelpoisuudesta, ts. siitä millaista metsä- (jouto-) maata alue on ollut ennen pelloksi raivaamista. Pellon pientareiden puusto ja ojien varsille syntyneet luontaiset taimet, jotka kertovat mm. pellon ravinnetaloudesta ja hallanarkuudesta, antavat merkittävän lisätiedon metsityksen suunnittelijalle.

Pellot on tarpeen jakaa ainakin kivennäis- ja turvemaapeltoihin. Tämän karkean jaon pohjalta tulee tehdä päätelmiä metsityskelpoisuudesta, puulajivalinnasta, maanmuokkaustavasta, pintakasvillisuuden torjunnasta, ravinnetaloudesta yms. Kivennäismaapeltoja voidaan pitää biologisesti metsityskelpoisina. Maan luontaisella ravinnetaloudella on suuri merkitys. Vähäravinteisista soista (puolukkaiset tai sitä vähäravinteisemmat) raivattuja peltoja ei ole tarkoituksenmukaista metsittää viljellen. Tehokas maanviljely on yleensä muuttanut kasvupaikan niin fysikaalisia kuin ravinnetaloudellisiakin ominaisuuksia metsäpuiden kannalta epäedullisiksi. Pellon muokkauskerroksessa on ravinteita yleensä riittävästi, mutta ravinnesuhteet puiden kasvatusta ajatellen ovat vääristyneet. Muokkauskerroksen alapuolella ravinteiden määrä vastaa alkuperäisen suon ravinnetasoa. Samallakin peltoalueella maaperän ominai-



Kuva 17. *Pellonmetsityksessä huomioon otettavia tekijöitä. Ympyrän suuruudella on pyritty kuvaamaan tekijän merkitystä metsitystuloksen kannalta.*

suudet voivat vaihdella voimakkaasti turvemaasta karkeaan moreenimaahan. Tämä on otettava metsitystä suunniteltaessa huomioon. Niin peltoalueen kuin metsämaankin kuviointi maaperän mukaan on yhtä välttämätöntä.

Myös pitempään viljelemättä olleiden peltojen tai vanhojen pellonmetsitysalojen pintakasvillisuus voi antaa tietoa pellon ravinnetaloudesta. Nokkonen, mesiangervo ja maitohorsma ovat merkki runsaista typpivaroista ja metsitysvaikeudesta. Karhunsammal puolestaan kertoo mahdollisesti kaliumin niukkuudesta ja liiallisesta kosteudesta. Kivennäismaapellolla on tarkasteltava

maalajia ja orgaanisen aineksen määrää, turvemaapelloilla vastaavasti turvekerroksen paksuutta, turvelajia, turpeen maatuneisuutta sekä mahdollista painomaan esiintymistä. Painomaa parantaa muokkauskerroksen kaliumvaroja, mutta ei lisää esim. boorin määrää.

6.3 Maanmuokkaus, pintakasvillisuuden torjunta ja ravinnetalouden hoito

Maanmuokkaus on kaikilla pelloilla tarpeen, ja hyvin merkittävällä osalla on huolehdittava myös kuivatuksesta. Vanhat pelto-ojat umpeutuvat melko nopeasti viljelyn jälkeen; kasvillisuus rehevöityy avoimella alalla ja ojien kuivattava vaikutus heikkenee hyvin nopeasti. Pallekyntö tai penkkikyntö riittävät, jos kuivatus on hyvä. Turvemaapelloilla ojitusmätästys on hyvä muokkaustapa kuivatusvaikutuksensa vuoksi. Erityisesti salaojitetuilla pelloilla pintavesien poisjohtaminen on varmistettava avo-ojituksella. Soista raivatuilla pelloilla taimen kasvualustaksi ei saa nostaa maata 30 cm syvemmistä kerroksista, jos turvekerros on paksu. Ohutturpeisilla pelloilla hyvälaatuisen kivennäismaan sekoittaminen muokkauksen yhteydessä taimien kasvualustaksi parantaa niiden kasvuedellytyksiä. Kuivatusojat tehdään normaalimitoilla. Erityisen hankalia metsitettäviä kohteita muokkauksenkin kannalta ovat hienojakoiset pellot, joissa maalajina on hiesusavi tai savi. Ko. tapauksissa muokkausjälki kovettuu ja varsinainen istutustyö on vaikeaa. Paljasjuurikuusten istutus muokkaamattomaan maahan soveltuu tällaisiin kohteisiin hyvin.

Pintakasvillisuus on yksi suurimmista syistä metsitysten epäonnistumisiin, ja siksi sen torjunnasta ennakkoon ja metsityksen jälkeen on huolehdittava. Pintakasvillisuuden torjunnalla vähennetään mekaanisten vaurioiden ohella sekä myyrä- että sienituhoja. Torjunta on tarpeen vähintään kahden–kolmen vuoden aikana metsityksestä. Turvemaapelloilla maan ravinnevaroja tasapainottava lannoitus on lähes aina hyväksi. Niukkuutta on yleensä hivenravinteista, erityisesti boorista ja kuparista sekä erittäin usein myös kaliumista.

6.4 Puu- ja taimilaji, tuhot

Puu- ja taimilajin valinta on pintakasvillisuuden torjunnan ohella tärkein metsityksen onnistumiseen vaikuttava tekijä. Metsityksessä on käytettävä kookkaita paljasjuuritaimia, koska niiden on todettu niin käytännön metsityksissä kuin myös tutkimuksissa menestyvän paakkutaimia paremmin. Viljelyvarmana puulajina kuusi sopii pääpuulajiksi sekä kivennäis- että viljaville

turvemaapelloille. Rauduskoivu ei sovellu hienojakoisille eikä kosteille kivennäismaille eikä missään tapauksessa turvemaapelloille. Vähänkin syrjäisemmillä pelloilla rauduskoivikot joutuvat yleensä alttiiksi nisäkästuhoille (hirvi ja jänis). Koivu on erittäin arka myös myyrätuhoille. Myyrätuhoja voidaan pienentää torjumalla pintakasvillisuutta sekä käyttämällä taimien ympärillä suojaputkia. Sen sijaan hirvituhojen torjunta on vaikeaa ja hyvin toteutettuna kallista. Mäntyä voi suositella ainoastaan hyvin karkeille hiekkamaille, koska viljavilla pelloilla männyn laatu jää huonoksi. Mänty on myös arka sekä myyrä- että hirvituhoille. Hieskoivututkimukset ja käytännön metsitystulokset eivät rohkaise hieskoivun viljelyyn.

6.5 Viljelytiheys

Pellonmetsitystulokset antavat aiheen pohtia viljelytiheyttä. Onko tarpeen nostaa nykyisiä perustamistiheyksiä: havupuut 2 000 ja koivut 1 600 kpl ha^{-1}? Tämän tutkimuksen tulokset puoltavat koivun istutustiheyttä nostettavaksi vähintään havupuiden nykyiseen viljelytiheyteen eli 2 000 kpl:seen ha^{-1}, ja jos poikkeustapauksissa viljellään mäntyä, sen viljelytiheyden pitäisi olla vähintään 2 500 kpl ha^{-1}. Sen sijaan kuusen nykyinen viljelytiheys (2 000 kpl ha^{-1}) antaa vähintään tyydyttävän tuloksen, kunhan huolehditaan taimikon varhaishoidosta.

Kirjallisuus

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo 1940. 615 s.

– Aarnio, B., Hyyppä, E., Kaitera, P., Keso, L., Kivinen. E., Kokkonen, P., Kotilainen, M. J., Sauramo, M., Tuorila, P. & Vuorinen, J. 1949. Maaperäsanaston ja maalajien luokituksen tarkistus v. 1949. Maataloustieteellinen aikakauskirja 21: 36–66.

Aarne, M. (toim.) 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993: 5. 317 s.

– (toim.) 1994. Metsätilastollinen vuosikirja 1993–94. SVT Maa- ja metsätalous 1994: 7. 348 s.

– (toim.) 1995. Metsätilastollinen vuosikirja 1995. SVT Maa- ja metsätalous 1995: 5. 354 s.

Aarnio, J. & Rantala, T. 1994. Peltojen metsänistutuksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1994(1): 3–17.

– 1999. Peltojen luontaisen metsityksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1/1999: 25–37.

Ahlbäck, A. 1969. Om beskogning av nedlagd jordbruksmark. Sveriges Skogsvårdsbunds Tidskrifter 67: 617–658.

Anttonen, T. 1990. Pelloille istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 7–19 vuoden kuluttua viljelystä. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 50 s.

Armson, K. A. 1979. Forest soils: properties and processes. University of Toronto Press. Toronto. 390 s.

Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (Pinus silvestris L.). II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrition status. Studia Forestalia Suecica 155: 1–27.

Barnard, E.L., Dixon, W.N., Ash, E.C., Fraedrich, S.W. & Cordell, C.E. 1995. Scalping reduces impact of soilborne pests and improves survival and growth of slash pine seedlings on converted agricultural croplands. Southern Journal of Applied Forestry 19: 49–59.

Braekke, F. H. 1978. Afforestation on peatland in Norway. Paper presented at the IPS-symposium Brumunddal 17.8.1978. NISK, 1432 Ås-NLH. s. 72–98.

– 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Meddelerser Norsk Institut for Skogsforskning 35(3): 213–236.

– 1980. Boron deficiency on afforested peatlands in Norway. Proceeding 6th International Peat Congress, Duluth, Minnesota, U.S.A. August 17–23, 1980. s 369–375.

Bråkenhielm, S. 1977. Vegetation dynamics of afforested farmland in a district of South-eastern Sweden. Acta Phytogeographica Suecica 63. 106 s.

Buttoud, G., Cavailhes, J & Normandin, D. 1993. Afforestation of Agricultural Land in France: Its dynamics and Related policies. Teoksessa: Volz, K-R. & Weber, N. (toim.). Afforestation of agricultural land. Proceedings of a workshop in the Community programme of research and technological development in the field of competitiveness of agriculture and management of agricultural resources

(1989–93), held in Brussels (Belgium) on 12 and 13 December 1991, Commission of the European Communities. s. 23–45.

Bärring, U. 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Summary: Studies of methods employed in the planting of Picea abies (L) H. Karst. And Pinus silvestris L. on farm land in Southern and Central Sweden. Studia Forestalia Suecica 50. 332 s.

Cajander, E. K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtensbestand in Süd-Finnland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(3). 101 s.

Callin, G. 1962. Tidsåtgången vid plantering på nedlagda åkrar och betesmarker. Skogen 49: 157–160.

Derome, J. & Levula, T. 1989. Kangasmaiden kalkitus. Teoksessa: Laiho, O. & Hovila, K. (toim.) Metsäntutkimuspäivä Porissa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369: 36–59.

Elfving, B. 1986. Odlingsvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsverige. Sveriges Skogsvårsförbunds Tidskrift 5: 31–41.

Ervasti, S., Heikinheimo, L., Kuusela, K. & Mäkinen, V. O. 1970. Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970–2015. Folia Forestalia 88. 65 s.

Erviö, R. 1970. The importance of soil bulk density in soil testing. Selostus: Maalajin merkitys maan viljavuuden analysoinnissa laboratoriossa mitatun tilavuuden mukaan. Annales agriculturae Fenniae 9: 278–286. Sarja Maaperä, lannoitus ja muokkaus nro 47.

Eurooppa – kysymyksiä ja vastauksia. Miten Euroopan unionissa hoidetaan maataloutta ja kalastusta? 1998. 15 s. ISBN 92-828-2329-6.

Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Nutritional variation of leaves, twigs and buds in Betula pubescens stands during the growing season. Folia Forestalia 613. 28 s.

Ferm, A. & Polet, K. (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391. 120 s.

Ferm, A., Hytönen, J. & Vuori, J. 1989. Effect of Spacing and Nitrogen Fertilization on the Establishment and Biomass Production of Short Rotation Poplar in Finland. Biomass 18 (1989) 95–108.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

Finer, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on drained mire. Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica 208. 63 s.

Hallitukselta esitys horisontaaliseksi maaseudun kehittämissuunnitelmaksi. Valtioneuvoston päätös 5.8.1999. 2 s.

Halonen, A. & Laiho, O. 1991. Metsitettyjen peltojen mykorritsat. Summary: Mycorrhizae of afforested fields. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 86–91.

Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysiohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36. 23 s.

Haugberg, M. 1971. Planting av gran på grasbundet mark. Summary: Planting experiments with Norway spruce on grass-covered land. Meddelelser fra det norske skogsforsöksvesen 29: 293–460.

Heikkilä, R. 1999. Hirvien hakamaat. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Jyväskylä 1999. 145 s. ISBN 952-5118-25-8..

— & Härkönen, S. 1995. Hirvituhojen vaikutus pellonmetsitysalojen alkukehitykseen. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 118–122.

Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and maintaining of their repair. Acta Forestalia Fennica 65(5). 41 s.

– 1958. Sekametsiköiden juuristosta ojitetulla suolla. Acta Forestalia Fennica 67(2): 1–32.

– 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Porvoo 1960. 378 s.

Heiskanen, J. & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424. 32 s.

Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 92–99.

– Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 125–129.

– Niemimaa, J. & Kaikusalo, A. 1995. Myyrät ja pellonmetsitys. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 97–117.

Hokkanen, H. & Raatikainen, M. 1977. Yield, vegetation and succession in reserved fields in Central Finland. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 49: 221–238.

Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Part I–III. Studia Forestalia Suecica 16. 236 s.

Holopainen, V. & Mietola, T. 1981. Peltojen metsitys Suomessa 1970–1979. Field afforestation in Finland, 1970–1979. Helsingin yliopiston kansantaloudellisen metsäekonomian laitos. Tiedonantoja no 3. 1981. 63 s.

Holopainen, J. & Rikala, R. 1991. Luteet ja männyntaimien kasvuhäiriöt. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 379. 35 s.

Honkanen, S., Komonen, A. & Vainio-Mattila, I. 1973. Suomen maatalous 1960–1980. Laskelmia maatalouden ja maataloustuotannon rakenteellisesta kehityksestä. Pellervo-Seuran markkinatutkimuslaitoksen julkaisuja nro 14. Helsinki. 110 s.

Horisontaalinen maaseudun kehittämissuunnitelma. Maa- ja metsätalousministeriö 15.9.1999. 183 s.

Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 42(5). 13 s.

– Muotiala, S & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Yhteiskirjapaino, Helsinki 1954. 257 s.
Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 108 s.
– 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 181 s.
– & Hytönen, J. 1998. Pellosta metsäksi. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Saarijärvi 1998. 152 s. ISBN 952-5118-07-X.
– Korhonen, K.T. & Tammilehto, E. 1999. Kuusen kasvuhäiriöt Pohjois-Savon kangasmetsissä. Metsätieteen aikakauskirja 3/1999: 577–581.
Hytönen, J. 1982. Istutustiheyden ja lannoituksen vaikutus vesipajun (Salix cv. Aquatica) kuiva-ainetuotokseen ja kasvuston kehitykseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70: 67–77.
– 1985. Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Abstract: Leafless above-ground biomass production of Salix 'Aquatica' fertilized with sludge. Folia Forestalia 614. 16 s.
– 1991. Pellonmetsitysten onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Summary: Field afforestation in central Ostrobothnia, western Finland. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22–28.
– 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.
– 1995b. Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 24–35.
– 1995c. Pellon metsitys vaatii taitoa ja tietoa. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 5–11.
– 1998. Hieskoivu pellonmetsityksessä – luontaisesti, kylväen vai viljellen? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 717: 39–49.
– & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and nutrition on afforested fields in central Ostrobotnia, western Finland. Folia Forestalia 822. 32 s.
– Lilja, S. 1995 Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus taimien ensikehitykseen pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 63–73.
– & Pietiläinen, P. 1995. Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 149–164.
– & Wall, A. 1997. Metsitettyjen turvepeltojen ja viereisten suometsien ravinnemäärät. Summary: Nutrient amounts of afforested peat fields and neighbouring peatland forests. Suo 48(2): 33–42.
Hämäläinen, J. & Räsänen, T. 1993. Menetelmä metsänuudistamisen varhaistuloksen mittaukseen. Metsätehon katsaus 6/1993. 6 s.

Hänninen, P. 1983. Turpeen tiheyden, vesipitoisuuden, tuhkapitoisuuden ja lämpöarvon riippuvuus syvyydestä saravaltaisissa soissa. Summary: The effect of depth on dry density, water content, ash content and heating value of carex peat. Suo 34(3): 57–71.

Ilvessalo, M. 1962. Suomen vuosien 1939–40 ja 1941–44 sotien jälkeinen asutustoiminta metsätalouden kannalta. Deutsches referat: Die Finnische Siedlungstätigkeit nach dem Kriegen 1939–40 und 1941–44 vom Standpunkt der Forstwirtschaft. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 56.4. 184 s.

Isotalo, A. 1952. Rahkasoiden viljelystä (Summary: Cultivation of Sphagnum peat). Suo 2: 13–16.

Johansson, T. & Karlsson, K. 1988. Produktion hos 30-årig gran planterad i södra och mellersta Sverige, samt anvisningar för plantering av gran på åkermark. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport 31. 37 s.

Jokinen, R., Urvas, L. & Hyvärinen, S. 1993. Uuttuva kupari viljellyissä eloperäisissä maissa. Summary: Extractable copper in cultivated organic soils. Suo 44(1): 11–19.

Jormola, J. 1997. Vesi viljelymaisemassa. Teoksessa: Luostarinen, M. & Yli-Viikari, A. (toim.) Maaseudun kulttuurimaisemat. Suomen ympäristökeskus 1997: 98–104. ISBN 952-11-0116-4, ISSN 1238–7312.

Jukola-Sulonen, E-L. 1983. Vegetation succession of abandoned hay fields in Central Finland. A quantitative approach. Seloste: Kasvillisuuden sukkessio viljelemättä jätetyillä heinäpelloilla Keski-Suomessa. Kvantitatiivisin menetelmin tarkasteltuna. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 112. 85 s.

Järveläinen, T. 1940. Yksityismetsätalouden edistämistoiminta Pohjois-Savossa 1899–1938. Kuopio 1940. 255 s.

Kalela, E. K. 1961a. Metsät ja metsien hoito. Metsänhoidon alkeita. Toinen, tarkistettu ja ajanmukaistettu painos. Porvoo 1961. 367 s.

– 1961b. Über die natürliche Bewaldung der Kulturböden im sog. Porkkala-Pachtgebiet. Selostus: Viljelysmaiden luontaisesta metsittymisestä ns. Porkkalan vuokra-alueella. Helsinki 1961. Acta Forestalia Fennica 74.2. 83 s.

Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2/1999. 38 s. ISBN 951-53-1932-3.

Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Taustaraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 6/1999. 118 s. ISBN 951-53-2023-2.

Karlsson, A. 1991. Naturlig föryngring och sådd av björk – möjligheter och problem på nedlagd åkermark. Teoksessa: Lestander, T. (toim.). Björk och Asp. Skogsfakta konferens 15: 111–114. Sveriges Lantbruksuniversitet Upsala. Ruotsi.

– 1994. Farmland afforestation by natural regeneration and direkt seedeing of hairy birch and silver birch. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Dissertation 1994. Uumaja. Ruotsi.

– , Albrektson, A., Forsgren, A. & Svensson, L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. Silva Fennica 32(3): 229–240.

Karlsson, K. & Päivänen, J. 1963. Taimien selviytyminen pintakasvillisuudesta ja muista aukean alan vaikeuksista entisiä peltoja metsitettäessä. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 60 s.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia. Folia Forestalia 778. 32 s.
– & Kinnunen, K. 1985. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyntaimien alkukehitykseen maastossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 202. 23 s.
– & Paavilainen, E. 1988. Nutrien stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.
– & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.
Kellomäki, S. & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puun oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. Folia Forestalia 478. 27 s.
Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen metsiköissä. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 139. 38 s.
Kettunen, L. 1981. Objectives and measures in Finnish agricultural policy. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, 53: 285–293.
– 1988. Ennusteita vuodelle 2000. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 138. 47 s.
Kinnaird, J.W. 1974. Effect of site conditions on the regeneration of birch (Betula pendula Roth and Betula pubescens Ehrh.). Journal of Ecology 62: 467–472.
Kinnunen, K. & Aro, L. 1996. Vanhojen pellonmetsitysten tila Länsi-Suomessa. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1996(2): 101–111.
Kolström, T. & Nuutinen, J. 1995. Pintakasvillisuuden määrän vaikutus maan kosteus- ja lämpöoloihin sekä koivuntaimien kehitykseen. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 74–89.
Kolari, K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 310. 35 s.
Komiteamietintö 1962 :6. Maatalouskomitean mietintö. Helsinki 1962. 212 s.
Komiteamietintö 1987 :24. Maatalous 2000. Helsinki 1982. 192 s.
Komulainen, M. 1997. Teoksessa: Luostarinen, M. & Yli-Viikari, A. (toim.) Maaseudun kulttuurimaisemat. Suomen ympäristökeskus 1997: 93–97. ISBN 952-11-0116-4, ISSN 1238–7312.
Koskela, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkasvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest ferilization experimental area at Kivisuo. Folia Forestalia 78. 25 s.
Kubin, E. & Raitio, H. 1985. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 198. Muhoksen tutkimusasema. 30 s.

Kuhmonen, T. & Nerg, J. 1995. Pellonmetsitystuki osana EU:n metsäpoliittisia toimenpiteitä ja tuen soveltaminen Suomessa. Selvityksiä: 5. 54 s. ISBN 952-9636-44-X.

Kumm, K. I. 1989. Skog på jordbruksmark. Problemidentifiering och orienterande lönsamhetskalkyler. Sveriges Lantbruksuniversitet Jordbrukstekniska institutet, JTI-rapport nr. 105. Upsala. 66 s.

Kunelius, K. 1982. Männyn kasvuhäiriöt metsitetyillä suopelloilla ja ojitetuilla rämeillä. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 68 s.

Kurki, M. 1975. Eloperäisten viljelysmaiden hivenravinnetilanteesta. Summary: Trace element in organic agricultural soils. Suo 26(5) 93–94.

– 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955–1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980. Helsinki 1982. 181 s. ISBN 951-99399-0-3.

– 1983. Turvemaiden pääasialliset kemialliset ominaisuudet. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry – Ips Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s. 37–41.

– Lakanen, E., Mäkitie, O., Sillanpää, M. & Vuorinen; J. 1965. Viljavuusanalyysien tulosten ilmoitustapa ja tulkinta. Summary: Interpretation of soil testing results. Annales agriculturae Fenniae 4(14): 145–153.

Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1987. Summary: Soil Fertility of Finnish Cultivated Soils in 1981–1987. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki 1987. 105 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Laiho, R. & Laine, J. 1994. Nitrogen and phosphorus stores in peatlands drained for forestry in Finland. Sandinavian Journal of Forest Research 9: 251–260.

Laine, J. & Vasander, H. 1986. Turpeiden tuntemus ja luokittelu. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 9. Helsinki 1986. 56 s. ISBN 951-45-4075-1.

– 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä. Hämeenlinna 1990. 80 s. ISBN 951-26-3396-5.

Laki maa- ja metsätalouden rakennepoliittisista toimenpiteistä 22. 12. 1994/1 303.

Laki maataloustuotannon tasapainottamisesta 22. 12. 1989/1 261.

Laki pellonkäytön rajoittamisesta 11. 4. 1969/216.

Laki pellonraivausmaksusta 26. 6. 1987/602.

Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä. Rauma. 96 s. ISBN 951-26-3101-6.

Lehto, T. 1994. Effect of liming and boron fertilization on mycorrhizas of Picea abies. Plant and Soil 163: 65–68.

– & Mälkönen, E. 1994. Effect of timing and boron fertilization on boron uptake of Picea abies. Plant and Soil 163: 55–64.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsityksissä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 83(3). 101 s.

– & Raulo, J. 1976. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 18. Suonenjoki 1976. 10 s.

– Metsämuuronen, M., Räsänen, P. K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967–1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967–1975. Folia Forestalia 312. 27 s.

Lilja, A. & Hietala, A. 1994. Koivun versolaikku taimitarhalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496: 121–123.

Linkola, M. 1987. Metsä kulttuurimaisemana. Summary: The forest as a cultural landscape. Silva Fennica 21(4): 362–373.

Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 352. 22 s.

Little, K., Schumann, A.W., Eccles, N. & Snell, C. 1994. Weed research, coppice management and old land rehabilitation. Institute for Commercial Forestry Research Annual Research Report. 103–134. ISBN 1 86840 099 9.

Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuositukset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6 1994. 72 s.

Maatilatilastollinen vuosikirja 1987. 1989. Maa- ja metsätalous 1988: 3. ISSN 0786-2857.

Maatilatilastollinen vuosikirja 1995. 1995. SVT Maa- ja metsätalous 1995: 5. 252 s.

Maatilatilastollinen vuosikirja 1998. 1998. SVT Maa- ja metsätalous 1998: 5. 266 s.

Maatilatilastollinen vuosikirja 1999. 1999. SVT Maa- ja metsätalous 1999: 12. 262 s.

Magnusson, E. 1957. Åkerplantering. Några erfarenheter av två olika planteringsmetoder. Skogsägaren 33: 136–137.

Mannerkoski, H. 1991. Maanmuokkauksen vaikutus vesi-, happi- ja lämpötalouteen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 383: 43–51.

Marquis, D. A., Björkbom, J. C. & Yelenovsky, G. 1964. Effect of seedbed condition and light exposure on paper birch regeneration. Journal of Forestry 62: 876–881.

Mauranen, K., Halonen, P. & Jokela Veikko. 1993. SPSS-opas. Kuopion yliopisto, ATK-keskus. 317 s.

Meel, B. van. & Stoll, R. 1996. Impact of afforestation on scenic beauty of rural landscapes in West Finland. Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta. 39 s.

Metsä 2000 -ohjelman tarkistustoimikunta. Metsätalouden jaoston muistio. Maa- ja metsätalousministeriö. 1991. 53 s.

Metsätalouden suunnittelukomitean mietintö. 1961. Summary: Report of the forestry planning committee. Silva Fennica 110. 191 s.

Metsätilastolliset vuosikirjat 1970–1991. Folia Forestalia 130, 165, 195, 225, 255, 295, 345, 375, 430, 460, 510, 550, 590, 620, 660, 690, 715, 730, 760, 790.

Miettinen, R. & Reinius, E. 1964. Entiselle pellolle istutettujen männyn taimien kehityksestä. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 44 s.

Mikola, P. 1973. Koivu suopuuna. Suo 24(1): 1–3.

Mustonen, M. 1990. Pellon metsittämiseen vaikuttavat tekijät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 365. 70 s.

Myllys, M. 1998. Soiden viljely. Teoksessa: Vasander, H. (toim.). Suomen suot 64–71. ISBN 951-97826-0-5.

Mäntylä, J. 1984. Pellolle istutettujen kuusen, männyn ja rauduskoivun taimien alkukehityksestä ja pintakasvillisuuden sukkessiosta. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 64 s.

Niemistö, P. 1996. Yield and quality of planted silver birch (Betula pendula) in Finland – Preliminary review. Norwegian Journal of Agricultural Sciences. Supplement No. 24: 55–64. ISSN 0802-1600.
– 1997a. Istutuskoivikoiden ulkoinen laatu pelto- ja metsämailla. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 103–113.
– 1997b. Istutustiheyden ja rivivälin vaikutus rauduskoivun kasvuun ja ulkoiseen laatuun. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 17–36.
– 1997c. Ruskotäplät pelto- ja metsämaan rauduskoivuissa. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12. 3. 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 163–175.
Notini, G. 1964. Undersökningar över sorkskador på barrträdsplantor i Syd- och Mellansverige. Studia Forestalia Suecica 22. 112 s.
Ohjelma maatalouden metsätoimenpiteiksi. 1994 – Neuvoston asetuksen (ETY) 2080/92 mukainen ohjelma pellonmetsityksestä ja metsänparannustöistä. 15 s.
Oksbjerg, E. 1959. Plantering på gräs- och lövslyrrika marker. Skogsägaren 35: 316–319.
Ollikainen, A. 1961. Kuopion Maanviljelysseura 100 vuotta. Savon Sanomain Kirjapaino Oy. Kuopio 1961. 259 s.
Paavilainen, E. 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan. Summary: Relationships between the root system of Scots pine and the air content of peat. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 63(6). 20 s.
– 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results on the afforestation of swampy fields. Folia Forestalia 77. 24 s.
– 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. Folia Forestalia 326. 27 s.
– 1984. Lannoitus ja ravinteiden kierto suometsissä. Summary: Fertilization and nutrient cycle in peatland forests. Suo 35(4–5): 91–93.
Palo, I. 1986. Vårtbjörkens fröspridning, frögroning och plantetablering. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrifter 5: 21–27.
Pellon metsitystyöryhmän muistio. Työryhmämuisti MMM 1988: 32. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki 1988. 27 s.
Peltojen inventointitutkimus. 1980. Maatilahallituksen julkaisuja nro 3. 26 s.
Perala, D. A. & Alm, A. A. 1989. Regenerating paper birch in the Lake States with the shelterwood method. North J Appl For 6: 151–153.
Persson, T., Svensson, R. & Ingelög, T. 1989. Floraförändringar efter skogsplantering på jordbruksland. Svensk Botanisk Tidskrift 83(5): 325–344.
Pessi, Y. 1958. On the influence of bog draining upon thermal conditions in the soil and in the air near the ground. Acta Agriculturae Scandinavica vol. VIII: 4, 359–374.
– 1962. Rahkasoiden viljelystä (Summary: On plant cultivation on Sphagnum bog). Suoviljely-yhdistyksen vuosikirja 67: 21–26.
– 1966. Suon viljely. Porvoo 1966. 139 s.

Pietiäinen, J-P. 1992. Leivän syrjässä kiinni. Maatilahallitus ja sen edeltäjät 1892–1992. Keuruu 1992. 349 s. ISBN 951-1-12217-7.
Pispa, T. 1994. Luontainen pellonmetsitys. Pro gradu –työ. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 64 s.
Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen vuosikertomus 1997. 1998. 39 s.
Pohjois-Savon metsäkeskuksen vuosikertomus 1997. 1998. 34 s.
Pohjonen, V. 1974. Istutustiheyden vaikutus eräiden lyhytkiertoviljelyn puulajien ensimmäisen vuoden satoon ja pituuskasvuun. Summary: Effect of spacing on the first year yield and height increment of some species undergoing short rotation culture. Silva Fennica 8(2): 115–127.
Pohtila, E. 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young stands in Lapland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(1). 35 s.
Post, L. von 1922. Sveriges geologiska undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. Sveriges Mosskultusförenings Tidskrift 1: 1–27.
Proposal for a modification of the programme for forestry measures in the Finnish agriculture. Maa- ja metsätalousministeriön kirje 1223/312/97 18.3.1997. 8 s.
Puustjärvi, V, 1961. Viljellyn turpeen vaihtokapasiteetista. Summary: On the exchange capasity of cultivated peats. Suo 12(5): 71–74.
Päivänen, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soil. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta Forestalia Fennica 129. 70 s.
– 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 2. 69 s.
Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyillä suopelloilla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Abstract: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia Forestalia 412. 16 s.
– 1987. Site elevation differencies in frost damage to Scots pine (Pinus sylvestris). Forest ecology and Management 20: 299–306.
– Rantala, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita (Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of growth disturbance in Scots pine). Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 91(1). 30 s.
– Rikala, R., Heiskanen, J., Kytö, M. & Poteri, M. 1992. Männyntaimien kasvuhäiriö taimitarhalla. Summary: Growth disturbance of Scots pine seedlings in nurseries. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 445. 37 s.
Raulo, J. 1973. Rauduskoivun viljelyketju. Julkaisija Suomen Vaneriyhdistys. 24 s.
– 1981. Koivukirja. 131 s. Gummerus, Jyväskylä 1981. ISBN 951-20-2190-0.
– & Mälkönen, E. 1976. Koivun luontainen uudistaminen muokatulla kangasmaalla. Folia Forestalia 252. 15 s.
– & Rikala, R. 1974. Tuloksia metsänviljelyalojen tarkastuksista Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan piirimetsälautakuntien alueella. Julkaisussa: Tutkimuspäivän alustukset v. 1974. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelykoeaseman tiedonantoja 12: 1–8.
– 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Summary: Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch sedlings planted on a forestation site prepared in different ways. Folia Forestalia 462. 13 s.

Rautiainen, O. & Räsänen, P. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968–1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968–1976. Folia Forestalia 426. 24 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellon metsityksen onnistuminen Lapissa. Abstract: Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 s.

Saarinen, J. 1989. Effect of drying temperature on the extractable macro- and micronutrients and pH of different peat types. (Tiivistelmä: Kuivatuslämpötilan vaikutus eri turvelajien uuttuviin pää- ja hivenravinteisiin sekä pH-lukuun). Suo 40(4): 149–153.

Saksa, T. 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. Folia Forestalia 702. 39 s.

– 1989. Männyn taimikoiden tila auraus- ja äestysaloilla Etelä-Savossa. Summary: State of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. Folia Forestalia733. 32 s.

– 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.

Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (Betula pubescens Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 91(2): 1–5.

– Ferm, A., & Valkonen, S. 1991. Ennakkotuloksia pelloille viljeltyjen raudus- ja hieskoivujen kasvusta sekametsänä. Abstract: Preliminary results on the growth of planted mixture of Betula pendula and Betula pubescens on former agricultural fields. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 49–54.

Sauli, L. 1987. MTK ja Suomen maatalouspolitiikka. Rauma 1987. 364 s. ISBN 951-26 3085-0.

Schumann, A.W., Little, K.M. & Snell, C.J. 1994. Pine establishment problems occuring in old-field soils: 1990 to 1994. Institute for Commercial Forestry Research Bulletin Series 6/94. 33 s.

Selby, J. A. 1975. Afforestation of fields in Finland: agricultural background and recent achievements. Seloste: Peltojen metsitys Suomessa. Communicationes Instituti Forestales Fenniae. 82.4. 53 s.

– 1990. Finnish land use policies: from disintegration to integration. Seloste: Suomalainen maankäyttöpolitiikka: hajaannuksesta yhtenäisyyteen? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 364. 43 s.

Sepponen, P. 1982. Kivennäismaiden maalajiluokitus ja sen merkitys metsäekologiselle tutkimukselle ja metsänhoidolle. Mineral soil classification and its importance in forestry and research on forest ecology. Luonnon Tutkija 86: 77–81.

Sevola, Y. 1996. Metsätilastollinen vuosikirja 1996. SVT Maa- ja metsätalous 1996: 3. 352 s.

– 1997. Metsätilastollinen vuosikirja 1997. SVT Maa- ja metsätalous 1997: 4. 348 s.

Silfverberg, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorinpuutosalueella. Folia Forestalia 396. 19 s.
– 1980. Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinteet. Summary: Micronutritional growth disorder in Norway spruce. Folia Forestalia 432. 13 s.
Stanturf, J.A., Schweitzer, C.J. & Gardiner, E.S. 1998. Afforestation of marginal agricultural land in the Lower Mississippi River Alluvial Valley, U.S.A. Silva Fennica 32(3): 281–297.
Suomen tilastollinen vuosikirja 1998. Tilastokeskus. SVT Suomen virallinen tilasto. 679 s. ISSN 00081-5063/ISBN 951-727-440-8.
Suomi ja Euroopan yhteisön jäsenyys. 1992. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle ja siihen liittyvä taustaselvitys. Valtion painatuskeskus. 190 s. + liitteet. ISBN 951-37-0770-9.
Szujecki, A., Szyszko, J., Mazur , S. & Perlinski, S. 1983. The process of soil macrofauna formation after afforestation of farmland. 196 s. Warsaw Agricultural University Press. Varsova 1983. ISBN 83-00-01876-X.
Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1995. Maaseutumaisema ja peltojen metsitys. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 212–221.
Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. Folia Forestalia 777. 40 s.
– & Starr, M. 1990. A survey of forest soil properties related to soil acidification in southern Finland. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. s. 235–251.
Teivainen, T. 1979. Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsitetyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973–76. Summary: Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in the years 1973–76. Folia Forestalia 387. 23 s.
– 1981. Metsäpuiden taimien myyrätuhot vuonna 1979/80 ja ennuste seuraavien vuosien tuhoalueista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 2. 5 s.
– 1982. Metsäpuiden taimien myyrätuhot vuonna 1980/81 ja taimien tuhoriskialueet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 41. 14 s.
– 1984. Myyrätuhojen runsaus ja niiden esiintymisalueet Suomessa vuonna 1983/84. Summary: Abundance and distribution of vole damage in Finland in 1983/84. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 160. 12 s.
Timonen, E. 1983. Havaintoja auraus- ja kaivuriojien mitoista ja kunnosta soilla. Summary: The size and condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands. Suo 34(2): 29–39.
Toivonen, R. & Mäki, P. 1999. Euroopan unionin itälaajeneminen ja metsätalous. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita n:o 20 (toukokuu 1999). Helsinki 1999. 48 s. ISBN 951-8950-98-9.
– & Enroth, R-R. 1999. Euroopan unionin tuki metsätaloudelle ja agenda 2000 -uudistus. Pellervon Taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja n:o 163. Helsinki 1999. 117 s. ISBN 952-5299-00-7.
Torpo, J. 1991. Peltojen metsitysmenetelmät 20 vuotta vanhojen kokeiden valossa. Field afforestation methods in the ligth of 20-year-old experimets. Julkaisussa:

Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 39–48.

Törmälä, T. 1982. Structure and dynamics of reserved field ecosystem in central Finland. Biological Research Reports from University of Jyväskylä 8. 58 s.

Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soil. Suo 36(3): 61–64.

– 1994. Sulphur in cultivated organic soils. Tiivistelmä: Rikki viljellyissä eloperäisissä maissa. Suo 45(2): 57–61.

– & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Summary: Influence of the soil type and chemical properties of soil on the determining of the forest type. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 3: 307–319.

– & Tares, T. 1989. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 20/89. 17 s.

– Jokinen, R. & Hyvärinen, S. 1992. Uuttuva sinkki viljellyissä eloperäisissä maissa. Summary: Extractability of zinc in cultivated organic soils. Suo 43(2): 37–44.

Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 80(2). 105 s.

– 1991. Havaintoja nuorten istutusmänniköiden oksikkuudesta ja puuaineen laadusta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 377. 56 s.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Referat: Über Nährstoffgehalte der für Waldderziehung entwässerten Moore. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(4). 108 s.

Valkonen, S. 1992. Pellolle v. 1971 viljeltyjen raudus- ja hieskoivusekametsiköiden kehitys ja tuotos. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsätuotantotieteen syventävien opintojen tutkielma. 45 s.

Wall, A. 1998. Peltomaan muutos metsämaaksi – metsitettyjen peltojen ominaisuudet, kasvillisuuuden kehitys ja lajimäärä. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/1998: 443–450.

– & Heiskanen, J. 1995. Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 133–148.

– & Heiskanen, J. 1998. Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. Tiivistelmä: Metsitettyjen turvepeltojen maan fysikaaliset ominaisuudet. Suo 49(1): 1–12.

– & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinnemääriin. Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested fields. Suo 47(3): 73–83.

Valmari, A. 1983.Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura – IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s 42–48. ISBN 951-99437-6-5.

– 1989. Suot sodanjälkeisessä asutustoiminnassa. Suo 40(2–3): 103–109.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin tulokset 1988–1990. ATK-tulosteet Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskuksissa.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.

Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: External quality of pine plantations. Folia Forestalia 451. 21 s.

Weber, N. 1993. Empirical Investigations on Afforestation in Germany. Teoksessa: Volz, K-R. & Weber, N. (toim.). Afforestation of agricultural land. Proceedings of a workshop in the Community programme of research and technological development in the field of competitiveness of agriculture and management of agricultural resources (1989-93), held in Brussels (Belgium) on 12 and 13 December 1991, Commission of the European Communities. s. 47–58.

Veijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatland. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittelyssä turvemailla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 92(4): 1–32.

– 1978. Metsäpuiden latvakadon esiintymisestä Suomessa. Summary: Occurrence of die-back of forest trees in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2: 1–22.

Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 406. Helsinki 1992. 66 s.

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

Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. Seloste: Metsäkariketutkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45.6. 65 s.

Ylioja, T., Schulman, E., Rousi, M. & Velling, P. 1995. Susceptibility of white birch (Betula spp.) hyprids to Phytobia fly. BUVISINDI. Icelandic Agricultural Sciences 9: 125–133.

Zwolinski, J.B., South, B.B. & Droomer, E.A.P. 1998. Pine mortality after planting on post-agricultural lands in South Africa. Silva Fennica 32(3): 271–280.

Liite 1. Taimien määrä hehtaarilla ikäluokittain turve- ja kivennäismaapelloilla.

Taimikon ikä, vuotta	Turvemaapellot						Kivennäismaapellot					
	Viljelytaimet			Luontaiset taimet			Viljelytaimet			Luontaiset taimet		
	Istutettu	Täydennys	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko	Istutettu	Täydennys	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko
						Männiköt						
4	1157	543	130	260	195	1262						
9	556	145	133	230	155	3377	1058	202	172	400	219	705
14	565	99	37	415	51	2132	1442	139	93	1580	368	844
19	898	266	110	799	44	5664	1480	231	26	502	294	325
K-arvo	828	290	108	410	121	2996	1323	196	94	752	286	595
						Kuusikot						
4	2057	5	82	159	128	600						
9	1464	62	65	82	321	4198	1449	26	187	359	129	309
14	1342	141	8	207	9	468	1679	5	75	1421	99	458
19	1279	35	63	653	29	1991	1848	15	58	359	57	146
K-arvo	1542	55	60	244	166	2325	1696	14	96	620	88	281
						Koivikot						
9							1010	273	209	150	260	634
14							1242	19	44	644	112	408
19							882	30	77	861	34	275
K-arvo							1006	77	96	655	102	285

Liite 2. Kasvatuskelpoisten taimien määrä hehtaarilla ikäluokittain turve- ja kivennäismaapelloilla.

Taimikon ikä, vuotta	Turvemaapellot								Kivennäismaapellot							
	Viljelytaimet				Luontaiset taimet				Viljelytaimet				Luontaiset taimet			
	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko	Mänty	Kuusi	Rako	Hiko
								Männiköt								
4	1259	155	0	11	45	68	9	186								
9	535	33	0	0	60	88	13	469	904	83	84	2	46	35	83	118
14	406	8	31	0	14	71	7	446	1369	35	5	0	16	34	55	62
19	771	48	14	0	45	143	2	283	1254	120	1	0	9	6	71	53
K-arvo	793	70	10	4	43	91	8	331	1163	84	31	1	24	24	71	78
								Kuusikot								
4	2	1940	0	4	13	43	11	74								
9	0	1338	0	0	35	41	6	379	0	1363	1	0	22	67	87	103
14	0	1228	3	0	1	52	0	107	1	1472	4	0	31	88	34	115
19	1	957	5	0	21	73	8	242	4	1660	0	0	24	4	24	37
K-arvo	1	1377	2	1	22	50	7	238	2	1528	2	0	26	45	43	77
								Koivikot								
9									0	249	870	0	53	25	32	79
14									0	19	1117	0	11	18	15	65
19									8	8	732	30	27	36	6	63
K-arvo									4	61	865	15	28	29	14	67

I

Metsätieteen aikakauskirja

tutkimusartikkeli

Tenho Hynönen

Turvemaapeltojen metsitystulos Pohjois-Savossa

Hynönen, T. 1997. Turvemaapeltojen metsitystulos Pohjois-Savossa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 181–199.

Tutkimuksessa selvitettiin turvemaapelloille perustettujen mänty- ja kuusitaimikoiden tilaa Pohjois-Savossa. Mäntytaimikoita oli 44 kpl ja kuusitaimikoita 26 kpl. Pallekyntö ja mätästys olivat pääasialliset muokkausmenetelmät. Iältään taimikot olivat 4-, 9-, 14- ja 19-vuotiaita. Pelloista 50 oli raivattu korvista ja 20 rämeistä. Metsitysaloista 2/3 luokitettiin viljavuudeltaan mustikkaisiksi tai ruohoisiksi. Turvekerroksen paksuus oli 4/5:lla metsityskohteista vähintään 70 cm.

Männyn viljelytulos oli selvästi huonompi kuin kuusen. Kasvatuskelpoisia istutusmäntyjä oli inventointihetkellä elossa pallekynnetyillä pelloilla keskimäärin 830 kpl/ha ja mätästetyillä 690 kpl/ha, kuusikoissa vastaavat istutuskuusten määrät olivat 1 310 kpl/ha ja 1 680 kpl/ha. Mätästetyille pelloille perustetuissa männiköissä myös kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä oli alhaisempi kuin pallekynnetyille pelloille perustetuissa taimikoissa. Sen sijaan kuusikoiden taimimäärissä ei ollut muokkaustapojen välillä merkittävää eroa. Kasvatuskelpoisten istutusmäntyjen määrä oli yhdeksän vuoden kuluessa vakiintunut noin 700:aan ja kuusten noin 1 400 taimeen hehtaarilla, ja sillä tasolla taimimäärät näyttivät pysyvän myöhemminkin. Pallekynnetyillä pelloilla luontaisia hieskoivuja oli enemmän kuin mätästetyillä aloilla. Hieskoivujen määrä väheni viljavuuden parantuessa. Luontaisilla havupuilla ei ollut merkitystä metsitystulokseen. Viljelytaimien pituuskehitys oli pallekynnetyillä pelloilla keskimäärin nopeampaa kuin mätästetyillä. Istutusmäntyjen tekninen laatu oli huono.

Asiasanat: kasvupaikka, pallekyntö, ojitusmätästys, mänty, kuusi, metsitystulos
Kirjoittajan yhteystiedot: Pohjois-Savon metsäkeskus, Piispankatu 12, 70100 Kuopio. Faksi (017) 485 259, sähköposti tenho.hynonen.psmk@pp.kolumbus.fi
Hyväksytty 12.5.1997

1 Johdanto

Pohjois-Savossa pellonmetsitys oli laajimmillaan 1990-luvun alussa, jolloin metsitettiin vuosittain yli 2 000 hehtaaria peltoja (Metsätilastollinen... 1970–1991, Aarne 1993 ja 1994). Valtakunnan metsien 7. (vuonna 1980) ja 8. (vuosina 1989–1990) inventoinnin välillä Pohjois-Savossa maatalousmaata siirtyi metsätalousmaaksi 15 500 hehtaaria, ja vastaavana aikana metsätalousmaasta siirtymä maatalousmaahan oli 13 600 ha (Valtakunnan metsien... 1991). Useiden eri suunnitelmien mukaan maamme pellonmetsitysalan pitäisi kasvaa 1990-luvulla jopa 20 000 hehtaariin vuodessa (Metsä 2000 -ohjelman... 1992, Metsätalouden EU-tukityöryhmän... 1994, Ohjelma maatalouden... 1995).

Koko Suomen pellonmetsitysalasta männyn osuus on ollut 1970- ja 1980-luvuilla selvästi suurin (Metsätilastollinen... 1970–1987) (kuva 1). Pohjois-Savossa männyn osuus on ollut pienempi kuin koko maassa keskimäärin, sillä rauduskoivua on viljelty Pohjois-Savossa muuta maata enemmän. Vuonna 1970 Pohjois-Savossa kuusen osuus oli noin 50 %, mutta vuonna 1974 vain runsaat 10 %. Aivan viime vuosina Pohjois-Savossa turvemaapeltojen metsityksissä pääpuulaji on ollut kuusi. Turvemaapeltojen osuuden on arvioitu olleen 30–40 % Suomen koko pellonmetsitysalasta 1970- ja 1980-luvuilla (Kaunisto ja Päivänen 1985, Hynönen 1992).

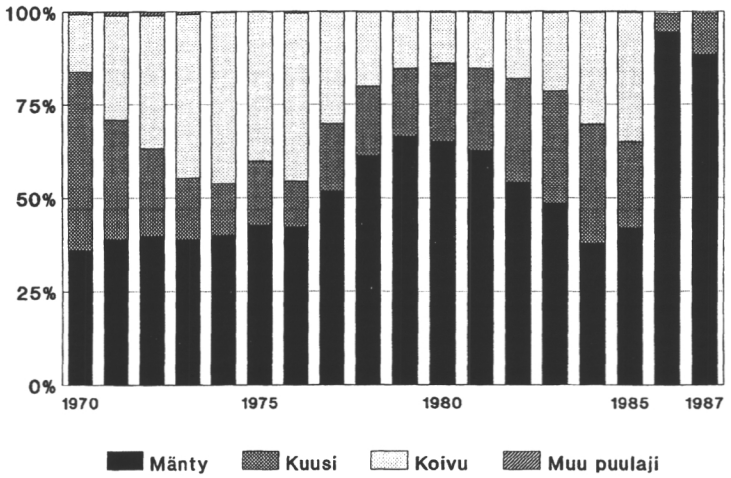
Pellolla kuivatus on hyvin usein puutteellinen, ja sen vuoksi metsityksen yhteydessä on huolehdittava peruskuivatuksesta (Leikola 1976, Kinnunen ja Linnimäki 1977). Maanmuokkaus parantaa taimien kehitystä muokkaamattomaan maahan verrattuna (Bärring 1967, Paavilainen 1970, Haugberg 1971, Leikola 1976). Maanmuokkauksella ja pintakasvillisuuden torjunnalla voidaan vähentää myös myyrätuhoriskiä (Notini 1964, Bärring 1967).

Raakafosfaattilannoitus lisää hieman mäntyjen kasvua, vaikka se saattaa olla haitallistakin, jos maa on kuivaa ja lannoitetta annetaan suoraan istutusrakoon (Paavilainen 1970). Myöhemmässä tutkimuksessaan Paavilainen (1977) ei suosittele raakafosfaatin eikä muidenkaan lannoitteiden käyttöä istutuksen yhteydessä. Kivennäismailla kali- tai helppoliukoisen typpilannoitteen sekoittaminen istutuskuoppaan tai sijoittaminen maan pinnan alle lähelle tainta vaikuttaa haitallisesti taimen kehitykseen ja voi jopa tuhota taimen; sen sijaan maan pinnalle levitettyjä lannoitteita taimet kestävät paremmin (Viro 1966). Kalin puutoksesta saattaa johtua se, että kivennäismaapellolla kuusen taimet kärsivät superfosfaatin ja kalin seoksesta vähemmän kuin metsäkoealoilla (Leikola ja Rikala 1974). Neulasten korkea typpipitoisuus saattaa lisätä halla- ja pakkasvaurioita (Aronson 1980).

Taimimateriaalilla ja puulajilla on tärkeä vaikutus metsitystulokseen (Anttonen 1990, Hytönen 1995a). Kookkaiden paljasjuuritaimien on todettu menestyvän paremmin kuin paakkutaimien tai yleensä pienien taimien (Hynönen 1976, Torpo 1991, Hytönen 1995a). Männynviljely on yleensä johtanut huonompaan metsitystulokseen kuin kuusenviljely (Mäntylä 1984, Rossi 1990, Rossi ym. 1993, Hytönen 1995a). Keski-Pohjanmaan turvemaapelloille istutetuista männyistä peräti yli 60 % oli kuollut 15 vuoden aikana istutuksesta (Hytönen 1991). Hytösen (1995a) mukaan viiden vuoden kuluessa istutuksesta männyistä kuoli 36 %, kuusista 12 %, rauduskoivuista 37 % ja hieskoivuista 14 %. Kaikkien em. puulajien kuolleisuus oli turve- ja multamaapelloilla suurempaa kuin kivennäismaapelloilla ja multamaapelloilla taas selvästi suurempaa kuin turvemaapelloilla.

Suurimpana syynä huonoon viljelytulokseen pelloilla pidetään pintakasvillisuutta (Hynönen 1976, Leikola 1976, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Torpo 1991). Pintakasvillisuuden vuoksi kylvämällä ja luontaisella metsittämisellä ei myöskään saada syntymään täystiheää taimikkoa pellolle (Hytönen 1995b). Luontaisia taimia syntyy eniten ensimmäisenä maanmuokkauksen jälkeisenä vuonna ja syntyneistä taimista suurin osa on hieskoivuja (Hytönen 1995b). Luontaisista taimista pääosa kuolee ensimmäisen viiden kasvukauden kuluessa, ja siihenkin on osasyynä pintakasvillisuus (Hytönen 1995b).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vuosina 1971–1987 turvemaapelloille perustettujen taimikoiden metsitystulos sekä viljelytaimien kehitykseen ja luontaiseen metsittymiseen vaikuttavia tekijöitä Pohjois-Savossa.



Kuva 1. Eri puulajien osuus Suomen koko pellonmetsitysalasta vuosina 1970–1987.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusalue ja aineisto

Tutkitut metsityskohteet sijaitsevat Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueella. Pohjois-Savossa soiden osuus yksityismaiden metsäalasta on 23 % (Valtakunnan metsien... 1991). Metsämaan korvista 95 % ja rämeistä 18 % on viljavuudeltaan suursaraisia ja mustikkaisia tai parempia, joten turvemaapeltojen voidaan olettaa olevan useimmiten raivattuja viljavista soista. Ohutturpeisia soista on 35 %.

Tutkimuksen aineiston perusjoukkona olivat yksityismaiden turvemaapeltojen metsitykset vuosina 1971–1972 (19-vuotiaat), 1975–1977 (14-vuotiaat), 1981–1982 (9-vuotiaat) ja 1985–1987 (4-vuotiaat). Perusjoukosta poimittiin metsityskohteet, joita asiapapereiden perusteella voitiin pitää turvemaana. Lopullinen otos otettiin otannalla näin saadusta joukosta. Otos edustaa tuon ajan Pohjois-Savon yksityismaiden pellonmetsityksistä 1,5 %:a ja pelkistä turvemaapeltometsityksistä 4–5 %:a. Nuorimmissa metsityksissä otos on lähes 5 % koko Pohjois-Savon pellonmetsitysalasta.

Tutkimuksessa mukana olevista pelloista neljännes oli raivattu jo viime vuosisadalla ja vajaa kolmannes vuoden 1945 jälkeen. Pellot olivat olleet ennen metsitystä viljelemättä yhdestä vuodesta 20 vuoteen. Noin 60 % pelloista oli metsitetty ensimmäisen kahden vuoden kuluessa maanviljelyn päättymisestä. Joka kymmenes pelto oli ollut viljelemättä yli kymmenen vuotta. Pelloista 2/3:lla oli viimeksi viljelty heinää, ja loppuosa pelloista oli ollut joko kauralla tai ohralla.

Tutkimuksessa mukana olevat pellot oli metsitetty paljasjuurisilla kuusen tai männyn taimilla, ja muokkausmenetelmänä oli käytetty pallekyntöä (kaksisiipinen maatalousaura), täysmuokkausta (yksi kohde), mätästystä ja metsäaurausta (kaksi aurattua männynviljelykohdetta). Tulosten laskentavaiheessa pallekyntö ja täysmuokkaus (myöhemmin pallekyntö) sekä mätästys ja auraus (myöhemmin mätästys) yhdistettiin (taulukko 1). Koealoista 96 % oli muokatulla maalla. Kaksi muokkaamatonta kuusenviljelyalaa yhdistettiin pallekynnettyihin aloihin, koska kohteiden vähäisyyden vuoksi ei ollut tarkoituksenmukaista muodostaa omaa ositetta.

Inventoinnin yhteydessä maastossa kasvupaikat luokitettiin kuuluviksi samaan ravinteisuustasoon (Huikari ym. 1963), johon ne mahdollisesti olivat kuuluneet ennen pelloksi raivaamistakin. Luokituksessa käytettiin hyväksi pellon ympärillä olevia kasvupaikkoja, metsityskohteen pintakasvillisuut-

Taulukko 1. Taimikoiden jakautuminen muokkaustavan mukaan (kpl ja ha).

		Ikäluokka, v				
		4	9	14	19	Yhteensä
			Männiköt			
Pallekyntö,	kpl	11	10	6	5	32
	ha	19,3	14,4	12,6	15,3	61,6
Mätästys,	kpl	7	3	1	1	12
	ha	7,4	6,0	0,5	6,5	20,4
			Kuusikot			
Pallekyntö,	kpl	4	6	4	6	20
	ha	4,6	13,2	5,1	7,8	30,7
Mätästys,	kpl	5	1	0	0	6
	ha	5,6	5,0	0	0	10,6

ta, turvekerrosta sekä maan ominaisuuksia. Tulosten laskentavaiheessa ravinteisuustasot yhdistettiin neljäksi eri kasvupaikkatyypiksi. Lehtomaiset ja ruohoiset kasvupaikat yhdistettiin ruohoisiksi, mustikkaiset-suursaraiset mustikkaisiksi, puolukkaiset-piensaraiset ja isovarpuiset-tupasvillaiset puolukkaisiksi ja rahkaiset-jäkäläiset varpuisiksi.

2.2 Aineiston keruu

Vuosina 1989–1990 inventoitiin 70 metsityskohdetta, joilla koealoja oli yhteensä 1 471 kpl. Kaikkiaan mitattiin 8 467 puuta, joista mäntyjä oli 25 %, kuusia 34 %, rauduskoivuja 3 % ja hieskoivuja 38 %. Taimikoiden yhteispinta-ala oli 123,3 ha, josta mäntytaimikoita oli 82,0 ha ja kuusitaimikoita 41,3 ha. Taimikoiden korkeusasema vaihteli 85 metristä 182 metriin merenpinnasta. Mäntytaimikoiden keskimääräinen pinta-ala oli 1,9 ha ja kuusitaimikoiden 1,6 ha. Koealoista 98 % oli turvemaalla (maastomääritys).

Inventointimenetelmänä käytettiin linjoittaista ympyräkoealaotantaa, jossa koealan koko oli havupuilla 20 m^2 (säde 2,52 m) ja luontaisilla koivuilla ja vesoilla 10 m^2 (säde 1,78 m). Vesoiksi luettiin vesasyntyisten koivujen lisäksi kaikki muut lehtipuut. Koealan koko valittiin lehtipuilla pienemmäksi niiden suuren lukumäärän vuoksi; työmäärä olisi ollut saatavaan lisäinformaatioon verrattuna liian suuri. Taimiaines luettiin koealan keskipisteestä 1 m^2:n (säde 0,56 m) alalta. Taimiainekseksi luettiin alle 10 cm:n pituiset havupuiden taimet ja alle 50 cm:n mittaiset koivun taimet. Yhden neliömetrin alalta keskipisteestä määritettiin myös peittävyydeltään yleisin pohja- ja kenttäkerroksen laji. Tavoitteena oli mitata jokaisesta taimikosta vähintään 20 koealaa. Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolen linja- ja koealavälin päähän pellon reunasta. Pellonreunana pidettiin mahdollista niskaojaa tai jos sitä ei ollut, paikkaa josta voitiin todeta metsityksen alkavan. Inventoinnin aloituspiste (ensimmäisen inventointilinjan ja inventoitavan alueen reunan leikkauspiste) valittiin siten, että koealat mahdollisimman hyvin peittivät koko alueen. Linjojen suunta oli aina joko itä–länsi tai etelä–pohjoinen.

Ennen inventoinnin maastotöitä selvitettiin metsäkeskuksen asiapapereista perusmetsityksen yhteydessä tehdyt toimenpiteet sekä käytiin läpi mahdollisesti myöhemmin alueella tehtyjen töiden toteutusselvitykset. Inventointivaiheessa otettiin yhteyttä maanomistajiin ja kysyttiin myös heiltä tehtyjä töitä sekä tietoja pellon historiasta. Maanomistajilta ja asiapapereista saatuja tietoja käytettiin taustatietoina.

Metsityskohteelta tarkistettiin maastossa hankerekisteristä saadut viljelypuulajia, viljelyajankohtaa ja muokkaustapaa koskevat tiedot. Lisäksi kohteella tehtiin silmävarainen arviointi tehdyistä taimikonhoitotöistä, ojituksesta kuluneesta ajasta (sekä peltoojien että myöhemmin kaivettujen), ojapuista, taimikon aukkoisuudesta ja tasaisuudesta, ojanvarren ja saran vesoittuneisuudesta (%) ja pintakasvillisuuden määrästä (tiheys) sekä mitattiin pintakasvillisuuden keskipituus (cm). Samalla tehtiin ehdotus taimikonhoito- ja ojitustoimenpiteistä sekä yleisarvostelu taimikon tilasta ja vesitalouden järjestelystä. Lisäksi määritettiin kasvupaikan ravinteisuustaso sekä peruskartalta kohteen korkeusasema.

Jokaiselta koealalta määritettiin kasvupaikka, kuivatusaste (ojien kunnon sekä ojavälien kuivatuksen mukaan), vanha ja uusi sarkaleveys (m), ojapuut, lähimmän ojan syvyys ja pintaleveys (cm), lähimmän ojan kunto ja laatu (uusi vai vanha), muokkauksen peittävyys, pohja- ja kenttäkerrok-

sen peittävin laji sekä sen peittoprosentti, tehdyt taimikonhoitotyöt, turpeen paksuus (dm), taimiaines (10 cm lyhyemmät havupuiden ja alle 50 cm pitkät koivun taimet), vesojen lukumäärä (kpl/ha) ja keskipituus (dm) sekä prosenttiosuudet puulajeittain.

Taimista (yli 10 cm havupuut ja yli 50 cm koivut) määritettiin puulaji, syntytapa, pituus (cm) ja kasvatuskelpoisuus kaikilta koealoilta. Erikoiskoealojen (parilliset koealat) taimista määritettiin edellisten lisäksi taimen alustan laatu (muokkausjälki, muokkaamaton kohta), turve vai kivennäismaa tai niiden sekoitus, ikä (v), havupuilla kolmen viimeisen vuoden pituuskasvut (cm), tuhot silmävaraisen tarkastelun perusteella, viat, ranganvaihdot ja viimeisestä ranganvaihdosta kulunut aika, haarojen lukumäärä, kuntoluokka sekä etäisyys lähimpään ojaan (dm). Taimien kasvatuskelpoisuusluokitus oli seuraava: 1 = kasvatuskelpoinen, 2–6 = kasvatuskelvoton pituuden, tilajärjestyksen, kunnon, puulajin tai muun syyn vuoksi, 7 = kasvatuskelpoinen verhopuu. Taimien kuntoluokitus oli seuraava: 1 = terve, 2 = lievä tuho, 3 = heikentynyt, 4 = kituva ja 5 = kuollut.

Kasvatuskelpoisten taimien minimietäisyytenä toisistaan pidettiin 0,8:aa metriä (ks. Pohtila 1980). Koivut eivät saaneet olla mäntyjä pitempiä, mikäli ne eivät kasvaneet selvästi aukossa. Hieskoivut eivät saaneet haitata kasvatuskelpoisten havupuiden kehitystä ensimmäiseen taimikonhoitoon tai mahdolliseen ensiharvennukseen mennessä. Kuusitaimikoissa hieskoivu hyväksyttiin myös kasvatuskelpoiseksi verhopuuna. Kasvatuskelpoiset istutetut täydennystaimet ovat mukana kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrissä.

1970-luvulla istutetuista taimista määritettiin erikoiskoealoilla rinnankorkeusläpimitta sekä koealan keskipistettä lähinnä olevasta kasvatuskelpoisesta viljelymännystä paksuimman oksan läpimitta (mm) lähinnä rinnankorkeuden yläpuolella olevasta oksakiehkurasta, elävän latvuksen alaraja (dm), tekninen laatu ja yleislaatu. Mäntyjen tekninen laatuluokitus oli seuraava: 1 = normaali, 2 = oksainen, 3 = mutkainen, 4 = haarainen, 5 = oksainen + mutkainen, 6 = oksainen + haarainen, 7 = mutkainen + haarainen, 8 = oksainen + mutkainen + haarainen ja 9 = runko katkennut. Mäntyjen yleislaatuluokitus tehtiin silmävaraisesti (teknisen laadun ja kunnon perusteella). Luokitus oli seuraava: 1 = hyvä, 2 = tyydyttävä, 3 = huono ja 4 = erittäin huono.

2.3 Aineiston käsittely

Varsinainen laskentatyö tehtiin pääosin SPSS/PC+ -tilasto-ohjelmalla (SPSS/PC+ V2.0 Base Manual 1988, Mauranen ym. 1993). Uudistusalakohtaiset ilmastotiedot laskettiin Ojansuun ja Henttosen (1983) laatimalla ohjelmistolla. Sääaineisto saatiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusaseman säähavaintoasemalta. Puuston tilavuuksien laskennassa on käytetty Laasasenahon puukohtaisia tilavuusyhtälöitä (Laasasenaho 1982).

Tuloksia laskettaessa taimikot ryhmiteltiin ositteisiin puulajin ja istutusajankohdan mukaan. Tuloksia on käsitelty myös muodostamalla muita ositteita tarkasteltavan muuttujan mukaan. Mm. taimien kuntoa, ikää, syntypaikkaa, etäisyyttä ojasta ja pituutta tarkasteltaessa laskentayksikkönä oli yksittäinen taimi. Taimikoittaiset taimimäärät ovat koealojen lukumäärän mukaan painotettuja, ja ikäluokittaisia keskiarvoja laskettaessa on käytetty pinta-alapainotusta. Puulajien välisiä kehityseroja samoin kuin muokkaustavan vaikutusta pituuskehitykseen testattiin varianssianalyysillä.

3 Tulokset

3.1 Metsitysalojen yleispiirteet

Valtaosa metsityskohteista oli raivattu korvista. Vain kahden kuusitaimikon alkuperäiseksi, ennen pellonraivausta vallinneeksi kasvupaikaksi määritettiin räme. Männiköistäkin yli puolet (59 %) oli perustettu korvesta raivatuille pelloille. Valtaosa kuusikoista (85 %) oli perustettu ruohoisille ja mustikkaisille kasvupaikoille; vallitsevin kasvupaikka männynistutusaloillakin (48 %) oli mustikkainen. Vähäravinteisiksi, puolukkaisiksi tai varpuisiksi luokiteltiin 40 % männiköiden kasvupaikoista (taulukko 2). Turvekerroksen paksuus oli vähintään 70 cm noin 70 %:lla koealoista ja 80 %:lla taimikoista. Keskimäärin alle 30 cm turvetta oli vain 3 %:ssa taimikoista.

Taulukko 2. Taimikoiden jakautuminen ravinteisuuden mukaan (kpl ja ha).

		Ruohoi-nen	Mustik-kainen	Puoluk-kainen	Varpui-nen	Yhteensä
Männiköt,	kpl	5	21	10	8	44
	ha	5,9	38,6	17,6	19,9	82,0
Kuusikot,	kpl	11	11	2	2	26
	ha	16,3	18,7	2,7	3,6	41,3
Yhteensä,	kpl	16	32	12	10	70
	ha	22,3	57,3	20,3	23,5	123,3

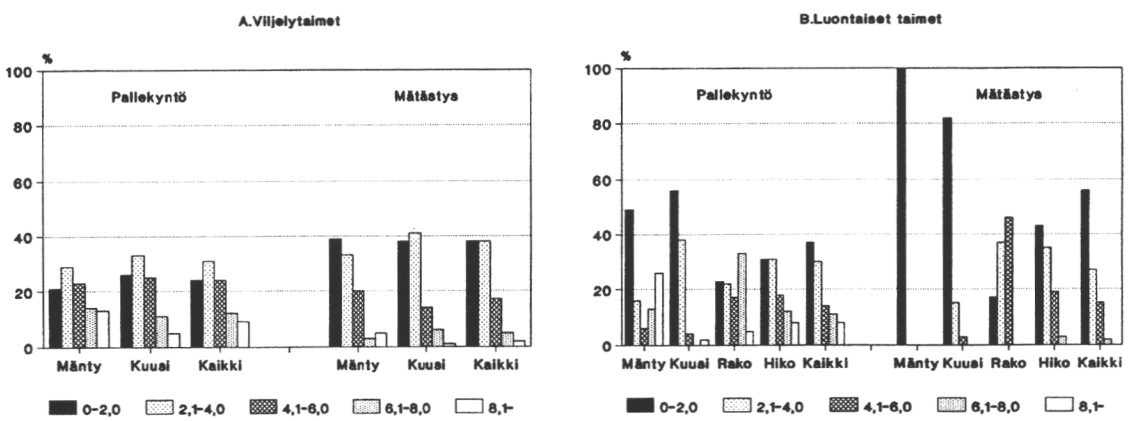
Kuivatusta pidettiin huonona 27 %:lla ja hyvänä ainoastaan 14 %:lla kaikista tutkituista taimikoista. Sarkaleveys oli yleisimmin 10–16 metriä. Uusien ojien väli oli hieman suurempi kuin vanhojen ojien väli. Vanhojen ojien pintaleveydet vaihtelivat 62 cm:stä 100 cm:iin ja syvyydet 30 cm:stä 43 cm:iin. Maanmuokkauksen yhteydessä tai myöhemmin kaivetut ojat olivat huomattavasti vanhoja ojia suurempia. Niskaojat olivat huonoja, ja usein selvä niskaoja puuttui kokonaan. Yli puolelle ojista esitettiin välitöntä perkausta ja runsaalle kolmannekselle perkausta lähimmän 5–10 vuoden aikana.

Koealojen kenttäkerroksen muodostivat pääasiassa nurmilauha (28 %) ja ryhmä "muut heinät" (33 %) (mm. nadat, osa nurmikoista, helmikät, juolavehnä ja sarat) sekä mesiangervo ja maitohorsma (molemmat 17 %). Pohjakerroksen muodosti karike yli 80 %:ssa koealoista. Karhunsammal ja rahkasammal olivat 6 %:lla metsityskohteista vallitsevana. Jonkin verran esiintyi myös muita sammalia ja jopa jäkälää.

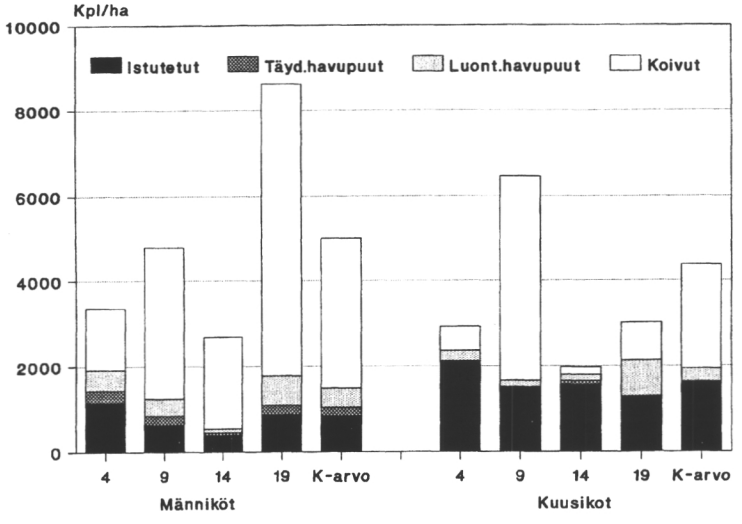
Männiköistä 59 %:lla ja kuusikoista 77 %:lla pintakasvillisuutta oli runsaasti tai erittäin runsaasti. Joka kolmannella ruohoiseksi, joka viidennellä mustikkaiseksi ja joka kymmenennellä puolukkaiseksi määritetyllä kohteella pintakasvillisuutta oli erittäin runsaasti. Pintakasvillisuuden keskipituus oli noin 60 cm ja se lyheni viljavuuden heiketessä. Mesiangervo oli metsitystuloksen kannalta haitallisin laji. Muita merkittäviä metsitystulokseen heikentävästi vaikuttaneita kasvilajeja olivat maitohorsma, kastikat, nokkonen ja vadelma.

Yli 60 % luontaisista taimista oli syntynyt muokatulle maalle. Mätästysaloilla luontaisista taimista oli muokatulla maalla suhteellisesti enemmän kuin pallekynnetyillä aloilla. Hieskoivuista jopa yli 90 % oli mätästysaloilla syntynyt muokkausjälkeen. Pallekynnetyillä aloilla luontaisista taimista noin 60 % ja mätästysaloilla lähes 80 % oli syntynyt ympäröivää maan pintaa ylemmäksi. Rauduskoivu ja kuusi olivat muita puulajeja yleisemmin syntyneet kohoumille.

Pallekynnetyillä metsityskohteilla yli puolet ja mätästysaloilla lähes 4/5 kaikista elävistä istutustaimista oli alle 4 metrin etäisyydellä ojasta (kuva 2a). Myös luontaisista taimista valtaosa, pallekyn-



Kuva 2. Viljely- ja luonnontaimien suhteellinen osuus eri etäisyyksillä lähimmästä ojasta muokkaustavoittain (etäisyys lähimmästä ojasta metreinä).



Kuva 3. Viljely- ja luontaisten taimien määrä ikäluokittain sekä keskiarvo.

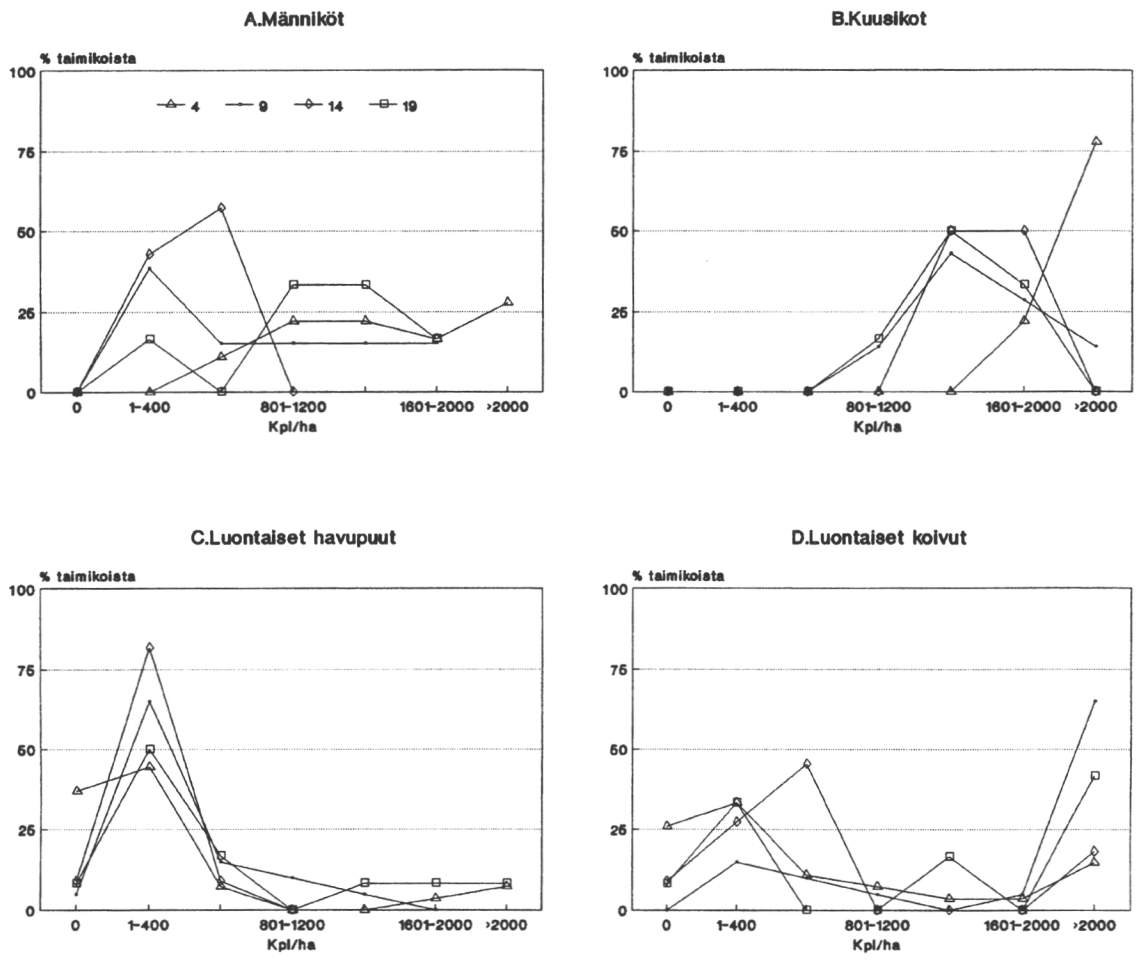
netyillä pelloilla 70 % ja mätästysaloilla yli 80 %, oli syntynyt alle 4 metrin etäisyydelle ojasta (kuva 2b). Mätästysaloilla kaikki männyn taimet ja noin 80 % kuusen taimista oli alle kahden metrin etäisyydellä ojasta. Luontaisten taimien suhteellisissa määrissä eri etäisyyksillä ojasta ei ollut eroja eri-ikäisten taimikoiden välillä.

Männyn taimiainesta (pituus alle 10 cm) oli keskimäärin 100 kpl/ha ja kuusen noin 60 kpl/ha. Hieskoivun taimiainesta (pituus alle 50 cm) oli mäntytaimikoissa keskimäärin yli 4 000 ja kuusitaimikoissa noin 3 000 kpl/ha. Kuitenkin 80–95 %:lla koealoista ei ollut taimiainesta. Taimiainesta oli eniten vähäravinteisimmilla kasvupaikoilla. Vesoja oli keskimäärin lähes 15 000 kpl/ha ja männiköissä noin 20 % enemmän kuin kuusikoissa. Pallekynnetyillä aloilla vesoja oli enemmän kuin mätästetyillä aloilla. Vesojen määrä kasvoi sekä taimikon iän kasvaessa että pellon ravinteisuuden vähetessä. Varpuisiksi luokitetuilla pallekynnetyillä pelloilla vesoja oli 30–50 % enemmän kuin muilla kasvupaikoilla. Vain 4 %:lla taimikoista ei ollut vesakkoa ojanvarsilla. Koivu ja paju muodostivat yhdessä ojapuuston 4/5:ssa taimikoista. Joka viidennessä taimikossa sarka ei ollut vesoittunut, ja vain joka kymmenennellä metsitysalalla sarasta oli vesoittunut yli puolet. Vesojen pituus oli mäntytaimikoissa keskimäärin 115 cm ja kuusitaimikoissa 145 cm. Vesojen pituus kasvoi kasvupaikan viljavuuden parantuessa. Yleensä vesat olivat lyhyempiä kuin kasvatuskelpoiset viljelytaimet.

Joka neljännellä männynviljelykohteella ei havaittu tehdyn hoitotoimenpiteitä viljelyn jälkeen. Männiköistä noin puolta oli täydennetty, oja- ja ojareunapuustoa oli perattu 40 %:lla ja 10 %:lla perkaus oli tehty koko taimikossa. Nuorimmissa taimikoissa todettiin tehdyn mekaanista heinimistä. Joka kymmenettä kuusitaimikkoa oli täydennetty, joka neljännessä oli poistettu oja- ja ojanreunapuustoa sekä runsaalla 10 %:lla taimikoista perkaus oli tehty koko alalla. Perkausta ehdotettiin lähes joka kolmanteen mäntytaimikkoon ja lähes puolelle kuusitaimikoista. Täydennysviljelyä esitettiin joka viidenteen ja uudelleenmetsitystä joka neljänteen männikköön. Kuusikoita ei tarvitse täydentää, ja uudelleenmetsitystäkin ehdotettiin vain 10 %:lle.

3.2 Taimien kokonaismäärä

Viljelymäntyjen määrä vaihteli taimikoittain 70:stä 2 500 taimeen hehtaarilla; keskimäärin mäntyjä oli 830 kpl/ha (kuva 3). Alle puolessa taimikoista oli elossa yli 800 istutusmäntyä (perusmetsitys) hehtaa-



Kuva 4. Taimikoiden suhteellinen osuus eri taimitiheyksillä ikäluokittain (A ja B viljelytaimet, C ja D luontaiset taimet).

rilla ja vain joka kymmenennessä oli yli 1 600 kpl/ha. Pallekynnetyillä metsityskohteilla istutusmäntyjä oli keskimäärin 920 kpl/ha. Vähiten taimia oli 14-vuotiaissa taimikoissa ja eniten nuorimmissa. Mätästysaloilla istutusmäntyjen määrä vaihteli 100:sta 1 760 taimeen hehtaarilla; keskimäärin taimia oli 550 kpl/ha. Istutustaimien määrä ei yhdelläkään mätästyskohteella ylittänyt 2 000:ta kappaletta hehtaarilla. Elossa olevien istutusmäntyjen suhteelliset osuudet tavoiteviljelytiheydestä (oletus: viljelytiheys 2 000 kpl/ha) olivat alhaiset, 5–63 %.

Mäntytaimikoiden yleisin täydennyspuulaji oli ollut mänty. Inventointihetkellä elävien täydennysmäntyjen määrä vaihteli 20:stä 1 070 taimeen hehtaarilla, kuusten 90:stä 1 190 taimeen ja rauduskoivujen 400:sta 1 520 taimeen hehtaarilla. Lähes kaikki rauduskoivut olivat kuolleet lukuun ottamatta yhden inventointivuonna täydennetyn alan taimia. Vain joka viidennessä mäntytaimikossa oli yhteensä vähintään 1 600 istutus- ja täydennystainta hehtaarilla (kuva 4a).

Viljelykuusten määrä vaihteli taimikoittain 890 kpl:sta 2 500 kpl:seen hehtaarilla. Kuusia oli keskimäärin 1 620 kpl/ha (kuva 3). Kaikissa taimikoissa oli yli 800 tainta (perusmetsitys) hehtaarilla ja yli 60 %:ssa vielä yli 1 600 kpl/ha. Pallekynnetyillä

Taulukko 3. Istutustaimien ja luontaisten hieskoivujen jakautuminen kuntoluokkiin (%).

Ikäluokka, v	Mänty				Kuusi				Hieskoivu			
	Terve	Lievä tuho	Heiken-tynyt	Kituva	Terve	Lievä tuho	Heiken-tynyt	Kituva	Terve	Lievä tuho	Heiken-tynyt	Kituva
4	15	55	19	11	33	48	14	5	1	87	12	0
9	12	46	29	13	19	40	29	12	3	62	26	9
14	2	19	28	51	27	30	23	20	1	65	31	3
19	25	40	24	11	10	25	33	32	5	40	43	12
Keskiarvo	14	49	23	14	24	39	23	14	3	61	29	7

aloilla istutuskuusia oli keskimäärin 1 550 kpl/ha; määrä vaihteli eri taimikkoikäluokissa 1 300:sta 2 040 taimeen hehtaarilla. Kolmea pallekynnetyn pellon kuusikkoa oli täydennetty kahdella viljelyalalla kuusella ja yhdellä rauduskoivulla. Mätästetyillä aloilla istutuskuusia oli keskimäärin 1 820 kpl/ha ja 4/5:ssa yli 2 000 kpl/ha. Yli joka kolmannella kuusen metsityskohteella oli yli 1 600 viljelypuuta hehtaarilla (kuva 4b). Istutuskuusten suhteelliset osuudet tavoiteviljelytiheydestä (2 000 kpl/ha) olivat alimmillaankin 65 %.

Luontaisesti syntyneitä mäntyjä oli noin joka toisella viljelyalalla ja kuusia kolmella metsityskohteella neljästä. Pallekynnetyillä pelloilla luontaisia mäntyjä oli enemmän kuin mätästetyillä. Yleisimmin luontaisia havupuita oli alle 400 kpl/ha (kuva 4c). Hieskoivuja oli syntynyt kuusitaimikoihin vähemmän kuin mäntytaimikoihin. Hieskoivujen määrä vaihteli taimikoittain 0–18 470 kpl/ha. Mätästysaloilla hieskoivuja oli vähemmän kuin pallekynnetyillä aloilla. Hieskoivuja ei ollut lainkaan 2/3:lla koealoista ja hieskoivujen määrä väheni merkittävästi maan viljavuuden parantuessa. Luontaisten koivujen kokonaismäärä oli joka kolmannessa taimikossa yli 2 000 kpl/ha (kuva 4d).

Männyn metsitysaloilla oli hehtaarilla keskimäärin 5 000 puuta, joista luontaisia hieskoivuja yli 3 000 (kuva 3). Pallekynnetyillä pelloilla keskimääräinen runkoluku oli yli kaksinkertainen mätästettyihin peltoihin verrattuna. Kuusen metsitysaloilla taimien kokonaismäärä oli keskimäärin yli 4 000 kpl/ha, josta hieskoivujen osuus oli runsas puolet. Pallekynnetyillä pelloilla taimien kokonaismäärät olivat noin puolitoistakertaisia mätästettyihin aloihin verrattuna.

3.3 Taimien kunto, tuhot ja laatu

Lähes 90 %:n elävistä istutustaimista katsottiin olevan kuntonsa puolesta kasvatuskelpoisia. Taimista suurin osa kuului luokkaan lievä tuho (taulukko 3). Männyistä vain 14 % ja kuusista joka neljäs luokiteltiin terveiksi. Mitä vähäravinteisempi kasvupaikka oli, sitä enemmän oli heikentyneitä taimia. Varpuisiksi määritetyillä kasvupaikoilla kasvatuskelpoisista istutuskuusista peräti 56 % oli heikentyneitä. Luontaisista hieskoivuista yli 90 % oli kuntonsa puolesta kasvatuskelpoisia.

Ravinnepuutos, sienitaudit ja maan liiallinen kosteus olivat yleisimpiä tuhonaiheuttajia männiköissä (taulukko 4). Tuhonaiheuttajien jakauma oli suurin piirtein sama sekä kaikkien viljelytaimien että kasvatuskelpoisten viljelytaimien osalta. Nuorimmissa taimikoissa pintakasvillisuuden todettiin heikentäneen merkittävästi taimikon kehitystä. Pintakasvillisuus oli mäntyjen kehityksen kannalta selvästi haitallisempi pallekynnetyillä kuin mätästetyillä aloilla. Ojien varsilla kasvava vesakko oli heikentänyt tai tuhonnut istutustaimia varsinkin 14- ja 19-vuotiaissa männiköissä, joissa pajukko ja koivikko olivat ennättäneet etukasvuisiksi. Sienitaudit olivat noin 10 %:ssa metsityskohteista pääasiallinen tuhonaiheuttaja. Selkärankaisten aiheuttamia tuhoja oli niin ikään merkittävästi. Pintakasvillisuus haittasi myös kasvatuskelpoisten istutuskuusten kehitystä. Pintakasvillisuus todettiin useammin haitalliseksi kuusi- kuin mäntytaimikoissa. Liian tiheänä kasvava ojanvarsivesakko vaikutti kuusten kuntoon vanhemmissa taimikoissa. Halla ja maaperätekijät olivat kuusen suurimmat tuhonaiheuttajat. Halla oli vioittanut joka neljättä kasvatuskelpoista viljelykuusta.

Taulukko 4. Kasvatuskelpoisten viljelytaimien tuhot (%).

	Männiköt				Kuusikot			
	Ikäluokka,v							
	4	9	14	19	4	9	14	19
Ei tuhoja	32	28	19	42	39	16	19	24
Pintakasvillisuus	8	2	0	0	26	11	1	3
Vesat	2	2	21	15	2	12	18	15
Puusto/toiset taimet	0	0	0	6	0	1	0	5
Sienitaudit	8	11	11	11	2	1	3	1
Hyönteiset	6	2	7	0	3	0	0	0
Myyrä	6	0	0	5	1	6	0	0
Hirvi	1	16	3	8	0	1	0	0
Halla	0	4	0	0	14	28	32	28
Maaperän kuivuus	2	3	4	0	0	0	0	0
Maaperän kosteus	7	3	7	0	9	6	0	0
Ravinnepuutos	19	20	25	7	2	10	14	12
Kasvuhäiriö	0	0	0	1	0	2	12	12
Muut	9	9	3	5	2	6	1	0
Yhteensä	100	100	100	100	100	100	100	100

Kasvatuskelpoisista istutusmännyistä 20 %:ssa ei ollut havaittavia vikoja (taulukko 5). Runko- ja tyvimutka sekä poikaoksa olivat yleisimmät viat. Kasvatuskelpoisista istutusmännyistä lähes 80 % oli yksilatvaisia, ja 43 %:lla ei ollut havaittavissa ranganvaihtoja. Ranganvaihto oli tapahtunut kerran 38 %:lla ja kaksi kertaa 13 %:lla taimista. Kuusen kasvatuskelpoisista istutustaimista 42 %:lla ei ollut vikoja. Poikaoksa ja runkomutka olivat yleisimmät viat, ja niiden pääasiallisena aiheuttajana pidettiin hallaa ja maaperätekijöitä. Joka kymmenennessä kuusessa oli monilatvaisuutta tai muuta epämuodostumaa. Kasvatuskelpoisista istutuskuusista 41 %:lla ei ollut havaittavia ranganvaihtoja. Ranganvaihto oli tapahtunut kerran vajaalla kolmasosalla ja kaksi kertaa joka viidennellä kuusella.

Alin elävä oksa oli 14- ja 19-vuotiaissa männiköissä keskimäärin 1,9 metrin korkeudella (0,3–3,5 m). Lähimmän rinnankorkeuden yläpuolella olevan oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitta oli keskimäärin 19 mm. Teknisen laadun perusteella 14- ja 19-vuotiaista männyistä luokiteltiin normaaliksi vain runsas viidennes. Useita laatuun samanaikaisesti vaikuttavia vikoja esiintyi noin 60 %:lla männyistä. Yleislaadultaan hyviä ja tyydyttäviä puita oli alle 30 %.

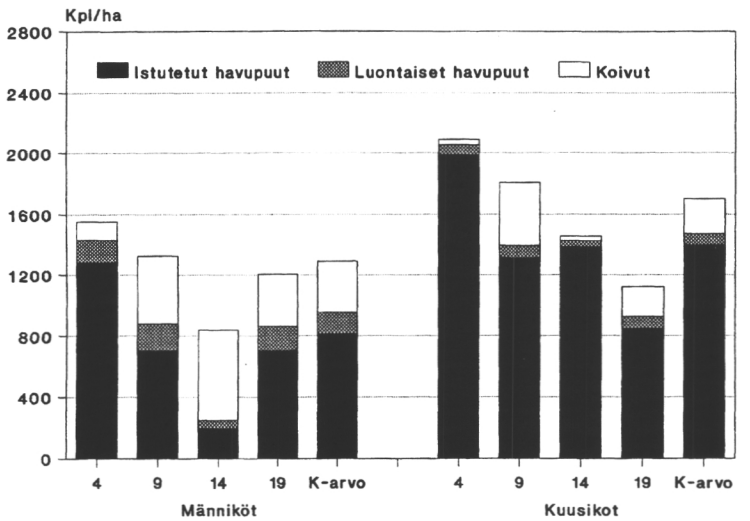
3.4 Metsitystulos

Kasvatuskelpoisia istutusmäntyjä oli keskimäärin 800 kpl/ha (kuva 5) ja niiden osuus oli 75 % kaikista istutusmännyistä. Noin 40 %:ssa metsityskohteista kasvatuskelpoisia taimia oli yli 800 kpl/ha, 15 %:ssa yli 1 600 kpl/ha ja peräti 40 %:ssa alle 400 kpl/ha. Pallekynnetyillä pelloilla kasvatuskelpoisia viljelymäntyjä oli enemmän kuin mätästetyillä aloilla.

Kasvatuskelpoisia taimia oli mäntytaimikoissa keskimäärin 1 320 kpl/ha. Yli 800 kpl/ha oli 3/4:ssa taimikoista ja yli 1 600 kpl/ha runsaassa kolmanneksessa. Joka kymmenennessä mäntytaimikossa kasvatuskelpoisia taimia oli yhteensä alle 400 kpl/ha. Kasvatuskelpoisista taimista 8–63 %

Taulukko 5. Kasvatuskelpoisissa viljelytaimissa havaitut viat (%).

Vika	Männiköt					Kuusikot				
	Ikäluokka, v					Ikäluokka, v				
	4	9	14	19	Yht.	4	9	14	19	Yht.
Ei pysyvää vikaa	19	17	7	34	20	56	23	41	37	42
Poikaoksa	18	24	41	29	22	9	27	26	20	18
Tyvimutka	16	16	7	15	15	2	2	3	3	2
Runkomutka	31	26	19	7	25	14	14	8	9	13
Latvan vaihto	6	9	0	2	6	9	12	3	5	8
Monilatvainen	7	7	11	3	7	5	12	13	18	10
Muu	3	1	18	10	5	5	10	6	8	7



Kuva 5. Kasvatuskelpoisten taimien määrä ikäluokittain sekä keskiarvo.

oli hieskoivuja, keskimäärin 320 kpl/ha, ja 8–16 % luontaisia havupuita. Pallekynnetyillä pelloilla kasvatuskelpoisia hieskoivuja oli yli kaksi kertaa enemmän kuin mätästetyillä pelloilla. Hieskoivuja oli vähiten nuorimmissa mäntytaimikoissa sekä ruohoisiksi määritetyillä metsitysaloilla. Kaikissa ikäluokissa kasvatuskelpoisia taimia oli mätästetyillä aloilla huomattavasti vähemmän kuin pallekynnetyillä. Yleensä kasvatuskelpoisten taimien osuus oli pienin vähäravinteisimmilla metsitysaloilla.

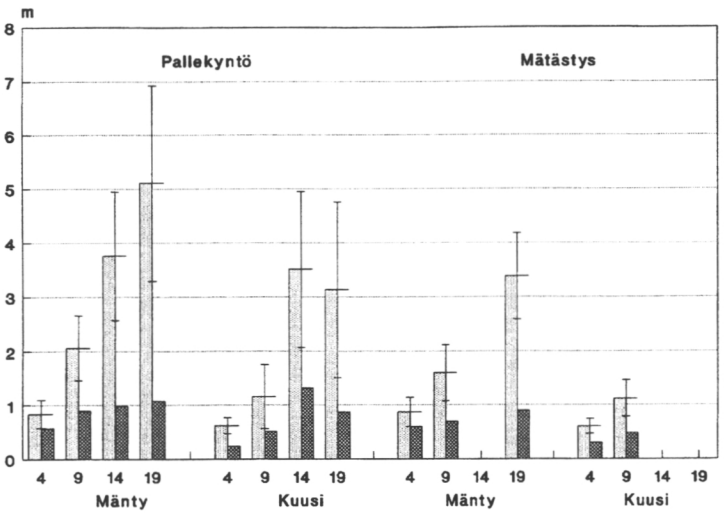
Kasvatuskelpoisia viljelykuusia oli 1 400 kpl/ha (kuva 5). Niiden osuus oli runsaat 80 % kaikista elävistä viljelykuusista. Lähes puolessa metsityskohteista oli yli 1 600 tainta hehtaarilla. Kuusitaimikoiden kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä oli keskimäärin 1 700 kpl/ha ja yli 800 tainta hehtaarilla oli lähes kaikissa taimikoissa ja yli 1 600 runsaassa puolessa taimikoista. Muokkaustavalla ei ollut merkitystä kasvatuskelpoisten taimien kokonaismääriin. Kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärästä hieskoivun osuus oli kuusitaimikoissa huomattavasti pienempi kuin mäntytaimikoissa, vain 2–20 % eli keskimäärin runsaat 200 kpl/ha. Luontaisten havupuiden osuus oli 2–8 %. Kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärissä 14- ja 19-vuotiaat kuusikot ja männiköt eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Taimikoiden aukkoisuutta kuvattiin tyhjäkoealasadanneksella. Kun otetaan mukaan kaikki kasvatuskelpoiset taimet, tyhjiä koealoja oli männiköissä keskimäärin noin 20 % ja kuusikoissa noin 10 %. Viljelytulosta (kasvatuskelpoiset istutustaimet) kuvattiin samanaikaisesti myös tyhjäkoealasadanneksella ja hehtaarikohtaisilla taimimäärillä (taulukko 6). Näin tarkastellen joka neljännessä nuorimmassa männikössä istutustaimia oli riittävästi. Kaikkien muiden ikäluokkien osalta istutustulos oli huo-

Taulukko 6. Taimikoiden jakautuminen kasvatuskelpoisten istutustaimien ja tyhjäkoealasadanneksen mukaan (pinta-alapainotus) (%).

	Ikäluokka, v							
	4		9		14		19	
	mä	ku	mä	ku	mä	ku	mä	ku
a	26	70	0	33	0	40	0	63
b	7	30	10	22	0	0	5	25
c	0	0	15	44	0	60	36	12
d	67	0	75	0	100	0	59	0

a = ≥ 1 600 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes ≤ 4 %
b = ≥ 1 200 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes ≤ 9 %
c = ≥ 800 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes ≤ 20 %
d = < 800 kpl/ha ja/tai tyhjäkoealasadannes > 20 %



Kuva 6. Kasvatuskelpoisten viljelytaimien keskipituus (vasen pylväs) ja kolmen inventointia edeltäneen kasvukauden pituuskasvu (oikea pylväs) muokkaustavoittain ja ikäluokittain. Pituuden keskihajonta merkitty janalla kuhunkin pylvääseen.

no. Kuusitaimikoista 33–70 %:ssa istutustaimien määrä oli riittävä ja ne olivat tasaisesti jakautuneet koko alalle. Kasvatuskelpoisia viljelymäntyjä ei ollut lainkaan 22–95 %:ssa ja kuusia 4–29 %:ssa koealoista. Koealoista 75–97 %:lla ei ollut kasvatuskelpoisia luontaisia havupuita, ja kasvatuskelpoisia hieskoivujakin oli enimmillään vain vajaalla 40 %:lla koealoista. Silmävaraisen tarkastelun perusteella mäntytaimikoista 18 % luokiteltiin hyviksi ja 21 % täysin epäonnistuneiksi. Kuusitaimikoista oli hyviä 35 % ja vain 8 % täysin epäonnistuneita.

3.5 Kasvatuskelpoisten taimien pituus, läpimitta ja tilavuus

Kasvatuskelpoisten istutusmäntyjen pituuskehitys oli nopeampaa kuin kuusten (kuva 6). Pallekynnetyillä pelloilla erot olivat tilastollisesti merkitseviä lukuun ottamatta 14-vuotiaita taimikoita (19-vuotiaat $F = 9{,}38$, $p = 0{,}01$). Pituusero oli syntynyt jo alle kymmenen vuoden iässä. Männyn pituuskehitys oli ollut selvästi parempaa pallekynnetyillä pelloilla kuin mätästetyillä pelloilla, erot olivat tilastollisesti merkitseviä (9-vuotiaat $F = 1{,}29$, $p = 0{,}31$ ja 19-vuotiaat $F = 1{,}38$, $p = 0{,}27$). Pallekynnetyillä aloilla kasvavien männyn taimien pituuskehitys vastasi hyvin maan viljavuutta. Pituuskehitys oli heikoin varpuisiksi luokitetuilla kasvupaikoilla. Kasvatuskelpoisten istutusmäntyjen kolmen inventointia edeltäneen vuoden pituuskasvu oli yleensä suurempi kuin istutuskuusten (kuva 6). Luontaisesti syntyneet havupuut olivat huomattavasti pienempiä kuin viljelytaimet. Hieskoivujen keskipituudet eri taimikkoikäluokissa vaihtelivat runsaasta metristä yli viiteen metriin. Pisimmät koivut olivat aina ojien reunoilla.

Vanhimpien (14- ja 19-vuotiaiden) kasvatuskelpoisten istutusmäntyjen rinnankorkeusläpimitta oli keskimäärin 7,2 cm. Läpimitta oli sitä pienempi, mitä etäämpänä ojasta puu kasvoi. 19-vuotiaiden istutusmäntyjen kuutiomäärä hehtaarilla oli 9,7 ja istutuskuusien 3,8. Vanhimmissa taimikoissa taimien sijainti saralla (etäisyys ojasta) ei vaikuttanut mäntyjen pituuteen. Nuorimmissa taimikoissa taimien pituus kasvoi lievästi saran keskelle päin mentäessä. Kuusitaimikoissa taimien keskipituus oli saran keskellä lähes poikkeuksetta suurin. Ojien

kunto vaikutti selvästi taimien pituuteen. Taimien pituuskehitys oli sitä huonompi, mitä huonompi oli ojien kunto. Molemmilla puulajeilla tulos oli samansuuntainen.

4 Tulosten tarkastelu

Pääosalla metsityskohteista kuivatus oli riittämätön. Entisten ojien tukkeutuminen sekä lasku- ja usein myös niskaojien puute olivat tavallisimmat syyt huonoon kuivatukseen. Turvemaapelloilla niskaojan tulisi olla vähintään 70 cm syvä ja pinnasta 130 cm leveä (Huikari ym. 1963). Vanhojen ojien syvyydet vastasivat hyvin Juuselan ja Wäreen (1956) esittämiä niskaojien mittoja, mutta olivat huomattavasti pienempiä kuin vanhoilla ojitusalueilla (Heikurainen 1957, Timonen 1983). Aukealla pellolla ojien heinittyminen on ympäristötekijöistä (valo- ja lämpöolot) johtuen voimakkaampaa kuin metsässä; myös peltojen ravinnemäärät ovat moninkertaiset viljelemättömiin soihin verrattuna (Urvas 1985, Kaunisto 1991). Molemmat tekijät yhdessä nopeuttavat ojien rappeutumista.

Taimikoiden välinen istutusmäntyjen määrän vaihtelu oli suuri, mikä johtui osin mm. muokkauksen erilaisuudesta ja kohteiden viljavuuseroista. Suurin osa männiköistä olisi ollut ilman täydennysviljelyä ja luontaisia hieskoivuja täysin kehityskelvottomia. Mäntytaimikoista lähes puolta oli täydennetty. Alhaisten taimimäärien lisäksi taimien epätasainen jakautuminen metsitysalalla heikensi varsinaista metsitystulosta. Suurimmassa osassa mäntytaimikoista runkoluku oli alle 1 500 kpl/ha, jota pidetään puuntuotannon kannalta epätyydyttävänä (Parviainen 1988). Istutetuista taimista huomattava osa tuhoutuu ensimmäisten viiden-kuuden kasvukauden aikana (Raulo ja Rikala 1974, 1981). Alle kymmenvuotiaiden taimikoiden istutustaimien määrä vähenee vielä taimikoiden varttuessa (Leikola ym. 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980, Saksa ym. 1990, Hytönen 1991, Torpo 1991, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993).

Mäntytaimikoista ainoastaan kymmenen prosenttia ylitti Keskusmetsälautakunta Tapion metsänhoitosuositusten (1989) peltojen täydennysrajan 2 000 kpl/ha. Pohjois-Savon turvemaapeltojen männiköiden istutustulos oli huomattavasti heikompi kuin kivennäismaapeltojen tulos (Hynönen ja Saksa 1997), mihin pääasiallisina syinä voidaan pitää maan ominaisuuksia, ravinnetaloutta ja heikkoa kuivatusta. Sen sijaan tulos on hieman parempi kuin Lapissa (Rossi ym. 1993). Pohjois-Karjalassa (Kinnunen ja Linnimäki 1977) peltojen männynviljelyaloista 2/3 oli kehityskelvottomia. Pohjois-Savon turvemaapelloilla metsitystulos oli huonompi kuin Etelä-Suomen turvemaiden metsien uudistamisessa (Peltonen 1986).

Nyt tehdyssä tutkimuksessa istutuskuusia oli huomattavasti enemmän elossa kuin mäntyjä. Samaan tulokseen on tultu useissa eri tutkimuksissa (Leikola 1976, Mäntylä 1984, Hytönen 1995a). Kuusi sitkeänä puulajina menestyy mäntyä paremmin huonoissakin olosuhteissa, eikä kuusi myöskään ole yhtä arka tuhoille kuin mänty. Kaikissa ikäluokissa viljelytaimien osuus tavoiteviljelytiheydestä (2 000 kpl/ha) oli yli 80 %. Viljelykuuset olivat tasaisemmin metsitysalalla kuin männyntaimet. Lähes 60 %:ssa kuusitaimikoista ei ollut täydennystarvetta (Metsänhoitosuositukset 1989) ja vain 10 % kuusen metsitysaloista arvioitiin uudestaan perustettaviksi. Viljelykuusten määrä tavoiteviljelytiheydestä oli samalla tasolla kuin Pohjois-Pohjanmaalla (Valtanen 1991) ja Karttulassa (Torpo 1991). Saksan ym. (1990) tutkimuksessa metsitystulos kokonaisuutena oli luontaisten taimien johdosta parempi kuin tässä tutkimuksessa.

Luontaiset havupuut olivat ryhmittäin ojien varsilla ja etenkin metsityksen jälkeen kaivettujen ojien ojamaiden päällä, eikä niillä ollut metsitystuloksen kannalta merkitystä. Järeästi muokatuilla metsitysaloilla hieskoivuja oli huomattavasti vähemmän kuin pallekynnetyillä pelloilla, ja karuilla kasvupaikoilla hieskoivuja oli enemmän kuin viljavilla kasvupaikoilla. Pääosa luontaisista taimista on yleensä hieskoivuja (Valtanen 1991, Hytönen 1995b). Luontaiset hieskoivut paransivat erityisesti männiköiden metsitystulosta.

Mäntyjen pituuskehitys oli tässä tutkimuksessa nopeampaa kuin kuusten; tulos on ollut samansuuntainen myös muissa tutkimuksissa (Mäntylä 1984, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hytönen 1995a). Mätästetyillä aloilla männyt olivat jonkin verran lyhyempiä kuin pallekynnetyillä aloilla. Poh-

jois-Savossa sekä kuusten että mäntyjen pituuskehitys oli huomattavasti nopeampaa kuin Pohjois-Pohjanmaan suopelloilla (Valtanen 1991) tai Lapin turvemaapelloilla (Rossi ym. 1993). Ero johtunee maaperän viljavuuseroista ja ilmastosta. Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla 14- ja 19-vuotiaat männyntaimet olivat 1–2 metriä ja 19-vuotiaat kuuset puolta pitempiä kuin turvemaapelloilla (Hynönen ja Saksa 1997).

Viljelymäntyjen pituuskehitys vastasi hyvin metsämaalle istutettujen mäntyjen kehitystä; sen sijaan 14-vuotiaat kuuset olivat turvemaapellolla pitempiä kuin metsämaalla (Leikola ym. 1977, Räsänen ym. 1985, Parviainen 1988). Mäntyjen pituuskehitys oli hyvin lähellä Varmolan (1993) esittämää taimikoiden kehitystä (H_{100} = 21). Sen sijaan kokonaiskuutiomäärän kehitys oli huomattavasti alle em. mallin alhaisesta runkoluvusta johtuen.

Viljavilla turvemaapelloilla pintakasvillisuuden kenttäkerros vaikutti metsitystulokseen kaikkein eniten. Myös Pohjanmaan pelloilla pintakasvillisuus oli pahin tuhonaiheuttaja taimikoissa (Valtanen 1991, Hytönen 1995a). Pallekynnetyillä aloilla pintakasvillisuuden tuhot olivat selvästi suuremmat kuin mätästysaloilla. Juutisen (1962) mukaan pintakasvillisuuden aiheuttamat vioitukset on luettava pahimpiin kuusen taimikoissa ja myös männyn istutustaimikoissa ne ovat taloudellisesti merkittäviä. Kivennäismaapelloilla taimien eloonjäämissadannes laskee heinimättömillä aloilla ensimmäisen talven aikana 20 prosenttiyksikköä heinittyyn alueeseen verrattuna, jos pintakasvillisuutta on runsaasti; kuuselle haitta on pienempi (Hynönen 1976, Leikola ja Raulo 1976).

Teivaisen (1979) mukaan suurin osa 1970-luvun alkupuolen myyrätuhoista sattui pelloilla. Myös taimien tuhoprosentti oli pelloilla suurempi kuin hakkuualoilla. Pohjois-Savossa oli voimakas myyräkanta vuosina 1972/73, 1976/77, 1979/80 ja 1983/84 (Teivainen 1979, 1981, 1982 ja 1984). Myyräkanta vaihteli eri vuosina metsäkeskuksen eri osissa; tuhot olivat paikallisesti voimakkaita. Runsas, kuloutunut heinäkasvillisuus luo myyräpopulaatiolle hyvät lisääntymismahdollisuudet (Notini 1964). Tutkituilla pelloilla myyrätuhojen osuus oli todennäköisesti suurempi, kuin mitä inventointitulokset kasvatuskelpoisten männyn taimien osalta osoittivat. Em. oletusta tukivat maanomistajilta saadut tiedot tutkimuskohteiden myyrätuhoista, männynviljelyalojen suuri täydennysviljelymäärä myyrätuhojen vuoksi sekä inventoinnissa kuolleina löydetyissä taimissa todetut myyrän syöntijäljet.

Myös sääoloilla oli vaikutusta eri-ikäisten taimikoiden kehitykseen. 1970-luvun puolivälissä sekä vuosina 1982 ja 1984 oli kesäkuun puolella kylmä kausi, jolloin lämpötila laski useina päivinä alle 0 °C:n, alavilla paikoilla jopa lähelle –10 °C:ta. Hallat vaikuttivat molempien vuosikymmenten alkupuolella perustettujen kuusitaimikoiden ja osin myös mäntytaimikoiden alkukehitykseen. Kasvatuskelpoisista taimista 4/5 oli yksilatvaisia (ks. Kaunisto ja Kinnunen 1985). Viljelymäntyjen laatu oli huono: puut olivat oksaisia, haaraisia ja mutkaisia kuten myös Länsi-Suomessa ja Pohjanmaalla (Valtanen 1991, Kinnunen ja Aro 1996).

5 Päätelmät

Turvemaapeltojen metsitystä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityinen huomio pellon luontaiseen viljavuuteen, muokkaukseen, kuivatukseen sekä puulajin valintaan. Mikäli pellon kuivatus on hyvä, pelkkä palle- tai penkkikyntö on riittävä. Ojitusmätästystä käytettäessä mättäitä on tehtävä tasaisesti koko saralle eivätkä mätäsojat saa ulottua kovin paljon pellon muokkauskerroksen alapuolelle, jottei taimen kasvualustaksi nousisi vähäravinteinen, huonosti maatunut turve.

Kuusi on mäntyä parempi vaihtoehto turvemaapeltojen metsityksissä. Kookkaat paljasjuuritaimet selviytyvät pintakasvillisuudesta paakkutaimia paremmin ja kestävät paremmin myös halla- ja kevätahavatuhoja; myös myyrätuhoriski on vähäinen. Mikäli kuusta ei voida pellon erityisen hallaisuuden tai vähäravinteisuuden vuoksi istuttaa, pelto jätetään metsittymään luontaisesti hieskoivulle. Mitä vähäravinteisemmasta suosta pelto on raivattu, sitä helpommin se taimettuu hieskoivulle. Myös muokkaustapa vaikuttaa taimettumiseen. Kuivattava muokkaus, ojitusmätästys, heikentää pellon taimettumisedellytyksiä.

Tämän hetken käytännön tiedon ja myös tutkimustiedonkin perusteella suositellaan, että metsi-

tyksen yhteydessä tai muutaman vuoden kuluessa metsityksestä huolehditaan maan tasapainoisesta ravinnetilasta (erityisesti hivenravinteista ja kaliumista) kasvuhäiriöriskin minimoimiseksi (mm. Hytönen ja Pietiläinen 1995). Lannoituksella on saatu hyviä tuloksia. Taimikon varhaishoitoa, pintakasvillisuuden torjuntaa, ei myöskään saa unohtaa – onhan pintakasvillisuus yksi pahimmista pellonmetsitystulokseen heikentävästi vaikuttavista tekijöistä. Parin kolmen vuoden ajan metsityksestä suoritettava mekaaninen heinäntorjunta varmistaa metsitystuloksen.

Kiitokset

Tätä työtä ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriö sekä Suomen Akatemia. Metsätalousinsinööri Eija Kuusisto sekä opiskelijat Ari Ruotsalainen ja Timo Kauppila olivat tekijän ohella mukana maastotyössä. Käsikirjoituksen lukivat professori Matti Leikola, MMT Jari Parviainen, MMT Timo Saksa, MMT Jyrki Hytönen sekä kaksi ennakkotarkastajaa, jotka tekivät siihen varteenotettavia korjaus- ja parannusehdotuksia. Äidinkielenopettaja Leila Leinonen tarkasti kieliasun.

Heille kaikille sekä myös muille työn edistymiseen myötävaikuttaneille parhaat kiitokset.

Kirjallisuus

Aarne, M. (toim.) 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. Skogsstatistisk årsbok 1992. Yearbook of Forest Statistics 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993:5.

— (toim.) 1994. Metsätilastollinen vuosikirja 1993–94. Skogsstatistisk årsbok 1993–94. Yearbook of Forest Statistics 1993–94. SVT Maa- ja metsätalous 1994:7.

Anttonen, T. 1990. Pellolle istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 7–19 vuoden kuluttua viljelystä. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 50 s.

Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (Pinus silvestris L.). II. Hardiness during winter and spring in young trees of different mineral nutrition status. Studia Forestalia Suecica 155: 1–27.

Bärring, U. 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Summary: Studies of methods employed in the planting of Picea abies (L) H. Karst. and Pinus silvestris L. on farm land in Southern and Central Sweden. Studia Forestalia Suecica 50. 332 s.

Haugberg, M. 1971. Planting av gran på grasbundet mark. Summary: Planting experiments with Norway spruce on grass covered land. Meddelelser fra det norske skogsforsöksvesen 115(29): 293–460.

Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and maintaining of their repair. Acta Forestalia Fennica 65(5). 41 s.

Huikari, O., Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Yhteiskirjapaino, Helsinki. 257 s.

Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 108 s.

— 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 181 s.

— & Saksa, T. 1997. Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 165–180.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Summary: Field afforestation in central Ostrobothnia, western Finland. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22–28.

— 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.

— 1995b. Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 24–35.

— & Pietiläinen, P. 1995. Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 149–164.

Juusela, T. & Wäre, M. 1956. Suomen peltojen kuivatustila. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia 8: 1–89.

Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suo-

messa. Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Süd-Finnlands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 54(5). 80 s.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia. Folia Forestalia 778. 32 s.

— & Kinnunen, K. 1985. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyntaimien alkukehitykseen maastossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 202. 23 s.

— & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.

Kinnunen, K. & Aro, L. 1996. Vanhojen pellonmetsitysten tila Länsi-Suomessa. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1996(2): 101–111.

— & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. Folia Forestalia 329. 32 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsityksissä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(3). 101 s.

— & Raulo, J. 1976. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 18. Suonenjoki 1976. 10 s.

— & Rikala, R. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. Folia Forestalia 201. 19 s.

—, Metsämuuronen, M., Räsänen, P.K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967–1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967–1975. Folia Forestalia 312. 27 s.

Mauranen K., Halonen, P. & Jokela, V. 1993. SPSS-opas. Kuopion yliopisto, ATK-keskus. 316 s.

Metsä 2000 -ohjelman tarkistustoimikunnan mietintö. 1992. Sammandrag: Betänkande av kommissionen för uppföljning av programmet Skog 2000. Komiteanmietintö 1992:5. Maa- ja metsätalousministeriö. 116 s.

Metsänhoitosuositukset. Keskusmetsälautakunta Tapio 1989. 55 s.

Metsätalouden EU-tukityöryhmän muistio. Työryhmämuistio MMM 1994: 22. Maa- ja metsätalousministeriö. 25 s.

Metsätilastolliset vuosikirjat 1970–1991. Folia Forestalia 130, 165, 195, 225, 255, 295, 345, 375, 430, 460, 510, 550, 590, 620, 660, 690, 715, 730, 760, 790.

Mäntylä, J. 1984. Pellolle istutettujen kuusen, männyn ja rauduskoivun taimien alkukehityksestä ja pintakasvillisuuden sukkessiosta. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 64 s.

Notini, G. 1964. Undersökningar över sorkskador på barrträdsplantor i Syd- och Mellansverige. Zusammenfassung: Untersuchungen über Erdmausschäden an Nadelholzpflanzen in Süd- und Mittelschweden. Studia Forestalia Suecica 22. 112 s.

Ohjelma maatalouden metsätoimenpiteiksi – Neuvoston asetuksen (ETY) 2080/92 mukainen ohjelma pellonmetsityksestä ja metsänparannustöistä. 1995. Maa- ja metsätalousministeriö. 15 s.

Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by Finnish Meteorological office. Silva Fennica 17(2): 143–160.

Paavilainen, E. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results on the afforestation of swampy fields. Folia Forestalia 77. 24 s.

— 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Summary: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. Folia Forestalia 326. 27 s.

Parviainen, J. 1988. Metsänviljely. Perusteet ja sovellutukset. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Silva Carelica 9. 177 s.

Peltonen, A. 1986. Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978–1979. Folia Forestalia 679. 26 s.

Pohtila, E. 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(1). 35 s.

Raulo, J. & Rikala, R. 1974. Tuloksia metsänviljelyalo-

jen tarkastuksista Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan piirimetsälautakuntien alueella. Julkaisussa: Tutkimuspäivän alustukset v. 1974. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 12: 1–8.

— & 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.

Rautiainen, O. & Räsänen, P. K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968–1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968–1976. Folia Forestalia 426. 24 s.

Rossi, S. 1990. Pellon metsityksen onnistuminen Lapin metsälautakunnan alueella. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 78 s.

—, Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa. Abstract: Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 s.

Räsänen, P. K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–79 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry boards districts of Finland. Results from the inventories in 1978–79. Folia Forestalia 637. 30 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.

SPSS/PC+ V2.0 Base manual and Advanced Statistics for the IBM PC/XT/AT and PS/2. 1988.

Teivainen, T. 1979. Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsitetyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973–76. Summary: Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in the years 1973–76. Folia Forestalia 387. 23 s.

— 1981. Metsäpuiden taimien myyrätuhot vuonna 1979/80 ja ennuste seuraavien vuosien tuhoalueista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 2. 5 s.

— 1982. Metsäpuiden taimien myyrätuhot vuonna 1980/81 ja taimien tuhoriskialueet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 41. 14 s.

— 1984. Myyrätuhojen runsaus ja niiden esiintymisalueet Suomessa vuonna 1983/84. Summary: Abundance and distribution of vole damage in Finland in 1983/84. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 160. 12 s.

Timonen, E. 1983. Havaintoja auraus- ja kaivuriojien mitoista ja kunnosta soilla. Summary: The size and condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands. Suo 34(2): 29–39.

Torpo, J. 1991. Peltojen metsitysmenetelmät 20- vuotta vanhojen kokeiden valossa. Field afforestation methods in the light of 20-year-old experiments. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 39–48.

Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soils. Suo 36(3): 61–64.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin Pohjois-Savon metsälautakunta-alueen tulokset 1991. Yhteenveto inventointituloksista, ATK-tulosteet. Pohjois-Savon metsäkeskus.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.

Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. Folia Forestalia 813. 43 s.

Viro, P. J. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Summary: Manuring of young plantations. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(4). 30 s.

60 viitettä

Liite 1. Taimikoiden tunnuslukuja.

				Männiköt													
Yleistiedot				Istutustaimet			Luontaiset taimet					Yhteensä		Tyhjäkoeala-%			Vesat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
61	1,1	71	1	1043	87	761	0	22	22	130	87	1282	870	17	87	13	17200
62	4,0	71	1	452	1190	381	119	452	71	2524	524	4737	976	52	52	29	15500
66	6,5	71	4	205	0	136	45	1705	364	2500	364	4455	864	77	68	64	13867
54	1,0	72	1	700	400	550	0	0	0	0	150	1100	700	30	100	30	12750
65	8,5	72	1	1500	0	1250	63	0	63	13813	313	15376	1626	6	25	13	28556
68	0,7	72	1	1500	0	1380	1360	20	260	7480	160	10360	1800	8	24	4	21222
55	2,6	75	1	300	433	150	0	50	33	467	633	1250	816	63	67	77	25280
25	2,8	76	1	771	0	313	146	0	42	3667	1042	4584	1397	38	33	67	25200
34	1,2	76	1	341	0	68	0	23	23	0	0	364	91	64	100	86	8364
48	0,8	76	1	727	0	591	0	0	0	409	273	1136	864	27	73	32	11333
67	3,2	76	1	87	217	43	0	43	43	652	174	999	260	87	78	87	5500
20	2,0	77	1	435	0	283	65	152	152	6478	1087	7130	1522	44	13	39	13722
36	0,5	77	4	100	0	25	0	150	100	600	400	850	525	80	75	80	7769
4	1,4	81	1	1176	0	1029	882	706	411	4411	294	7175	1734	24	35	18	18333
8	2,0	81	1	543	0	391	304	261	260	7696	870	8804	1521	35	13	26	31333
29	1,2	81	1	1523	0	1182	0	977	364	3909	273	6409	1819	5	55	18	20545
33	1,3	81	1	100	100	75	25	325	350	1000	550	1550	975	80	55	55	26012
45	1,9	81	1	71	0	24	143	48	119	3952	1143	4214	1286	86	19	76	16428
50	1,0	81	1	292	0	250	21	21	21	42	42	376	313	58	96	54	2200
6	2,0	82	1	525	1075	1500	0	0	0	200	50	1800	1550	45	85	0	10000
7	1,0	82	3	1111	1028	1833	28	0	28	2166	0	4333	1861	28	61	0	9846
16	1,1	82	1	425	0	350	275	0	275	10450	800	11150	1425	45	40	40	21937
27	0,9	82	1	206	0	59	118	941	294	19647	1882	20912	2235	82	6	71	8933
28	1,6	82	1	1786	0	1452	48	405	143	2286	190	4525	1785	0	57	10	6333
35	3,1	82	3	514	292	722	0	14	0	139	28	959	750	39	94	14	3200
47	1,9	82	3	300	0	275	0	475	275	700	300	1475	850	70	65	40	10455
19	1,7	85	3	1425	50	1475	0	0	0	1050	0	2525	1475	10	65	10	11583
21	2,5	85	1	978	130	1043	0	217	130	3392	435	4717	1608	26	48	26	7769
41	2,1	85	1	881	24	524	214	2166	762	6571	667	9856	1953	24	19	24	15813
44	1,5	85	1	1450	750	1800	950	1725	400	2700	0	7575	2200	10	35	10	11538
58	1,9	85	3	295	386	318	0	0	0	0	0	681	318	59	100	64	14400
12	2,6	86	1	1381	0	1357	24	0	24	190	143	1595	1524	19	86	19	8000
14	0,8	86	3	1763	0	1658	26	53	79	53	0	1895	1737	0	95	0	28250
15	3,4	86	1	1810	71	1786	119	190	48	190	0	2380	1834	0	91	5	5857
24	1,2	86	1	1864	0	1750	68	318	182	1182	0	3432	1932	0	82	0	3800
30	1,4	86	1	1159	977	1636	614	68	522	1909	136	4727	2294	9	55	5	8263
31	0,5	86	1	2500	0	2450	0	0	0	200	0	2700	2450	0	90	0	4000
49	0,5	86	3	1176	0	765	0	0	0	0	0	1176	765	12	100	41	4333
51	0,6	86	3	1528	0	1500	0	28	28	445	0	2001	1528	0	72	0	28000
52	2,0	86	1	238	1834	524	0	24	24	95	48	2191	596	71	95	52	40000
17	1,1	87	1	1400	0	1300	50	600	25	800	50	2850	1375	10	85	15	15125
23	1,0	87	1	944	0	611	0	0	0	0	0	944	611	11	100	39	13538
32	1,5	87	3	300	2225	2500	0	0	0	0	0	2525	2500	60	100	0	17500
37	0,4	87	3	526	0	263	0	289	237	526	316	1341	816	37	74	37	22941

Liite 1 jatkuu.

Kuusikot

Yleistiedot				Istutustaimet			Luontaiset taimet					Yhteensä		Tyhjäkoeala-%			Vesat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
60	2,0	71	1	1553	0	1421	0	53	26	158	105	1764	1552	5	84	5	28769
63	0,8	71	1	1684	0	1026	105	579	53	1474	421	3842	1500	0	37	16	11733
71	0,8	71	1	1250	0	750	83	63	21	3833	375	5229	1146	13	46	29	13231
72	0,9	71	1	1684	0	842	26	5921	263	1474	684	9105	1789	0	16	16	19647
53	0,4	72	1	1150	400	925	100	50	100	150	150	1850	1175	20	85	20	3750
69	2,9	72	1	932	0	432	0	114	68	273	0	1319	500	23	86	55	12000
46	1,6	76	1	1318	273	1455	0	45	45	45	45	1681	1545	18	96	18	8250
59	1,3	76	5	1500	0	1425	25	50	0	100	0	1675	1425	15	95	15	12000
56	1,0	77	1	1729	0	771	0	21	0	83	83	1833	854	0	96	29	12333
57	1,2	77	5	1825	0	1775	0	450	100	500	0	2775	1875	0	80	0	40000
3	1,0	81	1	889	556	1250	0	56	0	2110	0	3611	1250	11	72	6	4111
9	1,2	81	1	1976	0	1714	24	95	48	7143	476	9238	2238	0	29	10	12053
22	5,0	81	3	1383	0	1200	0	117	100	3467	467	4967	1767	17	43	10	17063
64	2,2	81	1	2500	0	2459	104	167	42	8333	458	11104	2959	0	17	0	7500
70	2,8	81	1	1808	0	1500	115	0	77	11653	1038	13576	2615	4	15	4	11750
11	4,0	82	1	925	0	750	150	25	100	1750	150	2850	1000	35	75	45	8800
38	2,0	82	1	1275	0	1050	0	125	50	650	50	2050	1150	15	80	20	17222
1	2,2	86	3	2405	0	2357	0	190	119	0	0	2595	2476	0	100	0	16000
2	1,9	86	1	2083	0	1813	42	104	42	1417	0	3646	1855	0	75	8	10077
26	0,8	86	1	2633	0	2467	0	33	0	0	0	2666	2467	0	100	0	0
39	1,2	86	3	2050	0	1850	25	0	25	350	0	2425	1875	0	85	0	7786
43	0,5	86	3	2111	0	1889	0	0	0	278	112	2389	2001	0	83	0	5333
13	1,0	87	1	1750	0	1682	614	1000	272	2318	182	5682	2136	0	64	5	10267
18	0,9	87	1	1725	0	1600	0	0	0	0	0	1725	1600	15	100	25	4000
40	0,5	87	3	2100	0	2067	0	0	0	333	133	2433	2200	0	87	0	5400
42	1,2	87	3	2083	0	1979	0	0	0	42	42	2125	2021	0	96	0	7000

1 = Taimikon numero
2 = Pinta-ala ha
3 = Viljelyvuosi
4 = Muokkaustapa

5 = Perusmetsitystaimet kpl/ha
6 = Täydennystaimet kpl/ha
7 = Kasvatuskelpoiset viljelytaimet kpl/ha

8 = Luontaiset männyt kpl/ha
9 = Luontaiset kuuset kpl/ha
10 = Kasvatuskelpoiset luontaiset havupuut kpl/ha
11 = Luontaiset koivut kpl/ha
12 = Kasvatuskelpoiset koivut kpl/ha

13 = Taimia yhteensä kpl/ha
14 = Kasvatuskelpoisia yhteensä kpl/ha

15 = Viljelytaimet, tyhjäkoeala-%
16 = Hieskoivu, tyhjäkoeala-%
17 = Kasvatuskelpoiset havupuut, tyhjäkoeala-%

18 = Vesat kpl/ha

Muokkaustapa: 1 = pallekyntö, 3 = mätästys, 4 = auraus ja 5 = ei muokattu

II

Metsätieteen aikakauskirja

tutkimusartikkeli

Tenho Hynönen ja Timo Saksa

Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla

Hynönen, T. & Saksa, T. 1997. Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 165–180.

Tutkimuksessa selvitettiin 9-, 14- ja 19-vuotiaiden koivun-, kuusen- ja männynviljelyjen onnistumista kivennäismaapelloilla. Inventoitu otos koostui 27 männiköstä, 24 kuusikosta ja 12 rauduskoivikosta. Metsityksen yhteydessä pellot oli pääosin pallekynnetty; joka viides pelto oli muokkaamatta.

Kasvatuskelpoisen puuston keskimääräinen runkoluku männiköissä oli 1 300 kpl/ha, kuusikoissa 1 700 kpl/ha ja koivikoissa 1 200 kpl/ha. Männiköissä 75 %, kuusikoissa 80 % ja koivikoissa yli 90 % kasvatettavasta puustosta oli viljelytaimia. 9-vuotiaissa metsityksissä kasvatuskelpoisten taimien määrä oli lähes poikkeuksetta alle 1 600 kpl/ha. 14-vuotiaissa kuusikoissa ja koivikoissa sekä 19-vuotiaissa kuusikoissa runkoluku oli vähintään joka toisessa metsityksessä yli 1 600 kpl/ha. Koivikot ja parhaat kuusikot olivat saavuttaneet 19 vuoden aikana ensiharvennusvaiheen.

Viljelymäntyjen ja -kuusten keskipituus oli 7 ja koivujen 13 metriä 19-vuotiaana. Puuston tilavuuden kehitys oli nopein koivikoissa. Vanhimmissa koivikoissa, joista osaa oli jo ensiharvennettu, puuta oli yli 80 m^3/ha, kuusikoissa 60 m^3/ha ja männiköissä lähes 60 m^3/ha. Tekniseltä laadultaan istutusmännyt olivat huonoja, vain 10 % niistä luokiteltiin normaaleiksi.

Asiasanat: mänty, kuusi, rauduskoivu, pellonmetsitys, tekninen laatu, tuhot, viat

Kirjoittajien osoitteet: Hynönen, Pohjois-Savon metsäkeskus, Piispankatu 12, 70100 Kuopio; Saksa, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki.
Faksi: (Hynönen) 017-485 259, (Saksa) 017-513 068
Sähköposti: tenho.hynonen.psmk@pp.kolumbus.fi; timo.saksa@metla.fi
Hyväksytty 23.4.1997

1 Johdanto

Peltojen metsitys on aina liittynyt suuriin maatalouspoliittisiin ratkaisuihin. Maatalouspolitiikan perusajatuksena on ollut kotimaista kulutusta vastaavan tuotannon takaaminen niissä tuotteissa, joiden tuottamiseen meillä on katsottu olevan edellytykset. Peltoa oli koko maassa vuoden 1968 tuotantotasolla noin 340 000 hehtaaria liikaa (Sauli 1987).

Pohjois-Savossa niin kuin muuallakin maassa pellonmetsitys oli vähäistä vilkkaan pellonraivaustoiminnan aikoina 1950- ja 1960-luvuilla. Pellonmetsitys yleistyi vasta aivan 1960-luvun lopulla ja erityisesti 1970-luvulla ns. pellonvaraussopimusten teon, "peltojen paketoinnin", alettua vuonna 1969. Valtion varoista maksettiin korvausta viljelijöille, jotka eivät käyttäneet peltoa maataloustuotantoon. Valtion ja maanomistajan välinen sopimus koski koko tilan peltoalaa, jonka tuli kooltaan olla vähintään kaksi hehtaaria. Sopimuksia tehtiin vuosina 1969–1974 noin 36 000 tilalle yhteensä 240 000 ha (Sauli 1987). Pellonvaraussopimuksia tehtiin Pohjois-Savossa 3 734 kpl, joiden yhteispinta-ala oli 23 694 ha (Tilastotietoja Kuopion... 1984).

1980-luvun lopulla peltojen metsitys lisääntyi uudelleen nopeasti. Valtio tuki metsittäjiä ns. tasapainottamisvaroilla. Rahoitusehtoja tarkistettiin myöhemmin siten, että palkkion sai myös, vaikkei metsitystä tehtykään. Tällöin maanomistaja sitoutui vain viljelemättömyyteen. Pellonmetsityksen on odotettu jälleen lisääntyvän Suomen liityttyä Euroopan unioniin vuoden 1995 alussa. Tähän mennessä pellonmetsitys on ollut laajinta vuonna 1993, jolloin Pohjois-Savossa metsitettiin 2 193 ha ja koko maassa 17 688 ha (Pohjois-Savon metsälautakunnan ... 1994, Aarne 1993, 1994).

Peltopinta-alan vähentämispyrkimyksistä huolimatta uutta peltoa raivattiin 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa noin 4 000 ha vuodessa ja vuonna 1986 lähes 20 000 ha (Selby 1990). Pohjois-Savossa viimeisin voimakas pellonraivausajanjakso sattui 1980-luvulle, jolloin uutta peltoa raivattiin enemmän kuin entistä poistui tuotannosta (Valtakunnan metsien...1991). Pellonraivausta rajoitettiin perimällä ns. pellonraivausmaksua 1980-luvun lopusta lähtien aina vuoteen 1995 saakka.

1960–1970-luvuilla metsityspuulajin valintaan vaikutti mm. taimimateriaalin saatavuus. Rauduskoivun taimista oli aiemmin puutetta ja metsitykset tehtiin pääosin kuusella. 1970-luvun puolivälissä koivun osuus metsityspinta-alasta nousi yli puoleen, ja vuosikymmenen vaihteeseen mennessä männyn osuus puolestaan ylitti 50 %. Kivennäismaapelloilla kuusen ja rauduskoivun osuus on todennäköisesti ollut suhteellisesti suurempi kuin pellonmetsityksissä yleensä.

Pellonmetsityksen inventointitutkimus aloitettiin turvemaapeltojen osalta Pohjois-Savossa vuonna 1989, ja tämä tutkimus on sille jatkoa. Tutkimus liittyy läheisesti valtakunnalliseen Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeeseen. Koska Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueen pellonmetsitysmäärä edustaa koko maan metsityksistä yli neljännestä, katsottiin tutkimushankkeen käynnistäminen Itä-Suomen alueella perustelluksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa tehtyjen kivennäismaapeltojen metsitysten tilaa Pohjois-Savossa. Samalla tarkasteltiin peltojen metsityksen onnistumiseen sekä luontaiseen metsittymiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksessa arvioitiin pellolle perustettujen männiköiden, kuusikoiden ja rauduskoivikoiden kehitystä ensiharvennukseen saakka.

2 Aineisto ja menetelmät

Pääosa Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueen (P 62°15'–P 64°02', I 26°04'–I 29°04') yksityisluontoisessa omistuksessa olevista kangasmaista on hyvin viljavia. Tuoreiden kankaiden osuus on 45,9 %, lehtomaisten 41,4 % ja lehtojen 1,6 % metsämaan kankaiden alasta (Pohjois-Savon metsät... 1991). Näin ollen voidaan olettaa myös kivennäismaiden pellonraivauksen kohdistuneen pääosin juuri em. viljaville kangasmaille.

Inventoitavat metsitetyt pellot valittiin otannalla Pohjois-Savon metsäkeskuksen hankerekisteristä. Tutkimuksessa olivat mukana Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueen yksityismaiden kivennäismaapeltojen metsitykset kolmelta eri ajanjaksolta, vuosina 1971–1972 (19-vuotiaat), vuosina 1975–1977 (14-

Taulukko 1. Mitattujen metsityskohteiden lukumäärä (a) ja pinta-ala (ha) (b) istutuspuulajeittain metsityksestä kuluneen ajan mukaan.

Metsitys-puulaji		Ikäluokka, v 9	14	19	Yhteensä
Mänty	a	8	9	10	27
	b	9,0	3,9	8,3	21,2
Kuusi	a	8	8	8	24
	b	5,5	6,3	7,0	18,8
Koivu	a	4	4	4	12
	b	3,0	3,1	5,2	11,3
Yhteensä	a	20	21	22	63
	b	17,5	13,3	20,5	51,3

vuotiaat) ja vuosina 1981–1982 (9-vuotiaat). Kustannusten säästämiseksi näyte otettiin kolmen kunnan otoksena erikseen läänin pohjoisosasta (Iisalmi, Kiuruvesi ja Sonkajärvi) ja eteläosasta (Karttula, Leppävirta ja Suonenjoki). Inventoinnin maastotyö tehtiin kesällä 1990. Mitattujen peltokuvioiden pinta-ala vaihteli 0,2–3,0 ha, keskiarvo oli 0,8 ha.

Tutkimukseen valitut metsityspuulajit olivat kuusi, mänty ja rauduskoivu. Viljelymateriaali oli ollut pääosin paljasjuuritaimia. Hieskoivua ei ole mukana aineistossa, koska sitä alettiin Pohjois-Savossa viljellä vasta 1980-luvun lopulla. Inventointikohteista männiköitä oli 43 %, kuusikoita 38 % ja rauduskoivikoita 19 % lukumäärästä (taulukko 1).

Metsityskohteelta tarkistettiin maastossa hankerekisteristä saadut viljelypuulajia, viljelyajankohtaa ja muokkaustapaa koskevat tiedot. Lisäksi kohteella tehtiin silmävarainen arviointi tehdyistä taimikonhoitotöistä, ojituksesta kuluneesta ajasta, ojapuista, taimikon aukkoisuudesta ja tasaisuudesta, pintakasvillisuuden määrästä ja keskipituudesta. Samalla tehtiin ehdotus taimikonhoito- ja ojitustoimenpiteistä sekä yleisarvostelu taimikon tilasta ja vesitalouden järjestelytarpeesta. Peruskartalta määritettiin kohteen korkeusasema.

Inventointimenetelmänä käytettiin linjoittaista ympyräkoealaotantaa, jossa koealan koko oli havupuilla, viljelykoivuilla sekä kasvatuskelpoisilla luontaisilla koivuilla 20 m^2 ja muilla koivuilla ja vesoilla 10 m^2 (Hynönen 1997). Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolen linja- ja koealavälin päähän pellon reunasta. Linjojen suunta oli aina itä-länsi ja etelä-pohjoinen. Inventoinnin aloituspiste valittiin siten, että koealat mahdollisimman hyvin peittivät koko alueen. Koealoja oli yhteensä 1 186 kpl. Taimia mitattiin 6 561 kpl, joista viljelytaimien osuus oli 54 % (mäntyjä 20 %, kuusia 24 % ja rauduskoivuja 10 %).

Kaikilta koealoilta määritettiin kuivatusaste, tehdyt taimikonhoitotyöt, lähimmän ojan kunto ja laatu (uusi vai vanha oja), muokkauksen peittävyys, pohja- ja kenttäkerroksen peittävin laji ja sen peittävyys. Lisäksi laskettiin taimiaines (10 cm lyhyemmät havupuiden- ja alle 50 cm pitkät koivuntaimet) ja vesojen lukumäärä (kpl/ha) ja mitattiin vesojen keskipituus (dm) sekä määritettiin prosenttiosuudet puulajeittain, niin ikään mitattiin lähimmän ojan syvyys ja pintaleveys (cm). Vesoiksi luettiin sekä vesasyntyiset koivut että kaikki muut lehtipuut.

Taimista (yli 10 cm havupuut ja yli 50 cm koivut) määritettiin puulaji, syntytapa, pituus (cm) ja kasvatuskelpoisuus kaikilta koealoilta. Viljelytaimet, mukaan lukien täydennystaimet, oli pellonmetsitysaloilla helppo erottaa luontaisista taimista viljelytaimien hyvin systemaattisen sijainnin vuoksi. Täydennystaimet ja alkuperäiset viljelytaimet erotettiin toisistaan lähinnä iän ja/tai koon perusteella. Myös ennakkotieto alueen täydennysviljelystä helpotti täydennystaimien määritystä. Erikoiskoealojen (parilliset koealat) taimista määritettiin edellisten lisäksi taimen syntytaso ympäristöön nähden (painanne, kohouma vai maanpinnan keskitaso), kasvualustan laatu (muokkausjälki vai muokkaamaton kohta), taimen ikä (v), havupuilla kolmen viimeisen vuoden pituuskasvut (cm), rinnankorkeusläpimitta (mm), tuhot, viat, ranganvaihdot ja viimeisestä ranganvaihdosta kulunut aika, haarojen lukumäärä, kuntoluokka sekä etäisyys lähimpään ojaan (dm).

Silmävaraisesti määritettiin myös taimissa havaitut kasvuhäiriöt (mm. monihaaraisuus) ja ravinnepuutosoireet (esim. neulasten normaalista poikkeava väri). Lisäksi määritettiin koealan keskipistettä lähinnä olevasta kasvatuskelpoisesta viljelymännystä paksuimman oksan läpimitta (mm) lähinnä rinnankorkeuden yläpuolella olevasta oksakiehkurasta, elävän latvuksen alaraja (dm), etäisyydet kolmeen lähimpään puuhun (dm), tekninen

laatu ja yleislaatu. Mäntyjen tekninen laatuluokitus oli seuraava: 1 = normaali, 2 = oksainen, 3 = mutkainen, 4 = haarainen, 5 = oksainen + mutkainen, 6 = oksainen + haarainen, 7 = mutkainen + haarainen, 8 = oksainen + mutkainen + haarainen ja 9 = runko katkennut. Mäntyjen yleislaatuluokitus oli seuraava: 1 = hyvä, 2 = tyydyttävä, 3 = huono ja 4 = runko katkennut.

Kasvatuskelpoisten puiden minimietäisyytenä pidettiin 0,8:aa metriä (ks. Pohtila 1980). Koivut eivät saaneet olla mäntyjä pitempiä, mikäli ne eivät kasvaneet selvästi aukoissa. Kasvatuskelpoiset istutetut täydennystaimet ovat mukana kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrissä. Taimien kasvatuskelpoisuusluokitus oli seuraava: 1 = kasvatuskelpoinen, 2–6 = kasvatuskelvoton pituuden, tilajärjestyksen, kunnon, puulajin tai muun syyn vuoksi, 7 = kasvatuskelpoinen verhopuu. Taimien kuntoluokitus oli seuraava: 1 = terve, 2 = lievä tuho, 3 = heikentynyt, 4 = kituva ja 5 = kuollut.

Kaikilta kohteilta otettiin maasta 0–10 cm:n kerroksesta kokoomanäyte, josta tehtiin mekaaninen maa-analyysi (geotekninen luokitus). Maanomistajilta selvitettiin alueen historiaa: milloin pelto oli mahdollisesti raivattu, mitä siinä oli viimeksi viljelty, ja kuinka kauan pelto oli ollut viljelemättä ennen metsitystä?

Tulosten laskentavaiheessa taimikot ryhmiteltiin ositteisiin puulajin ja viljelyajankohdan mukaan. Taimien kuntoa, kasvatuskelpoisuutta, ikää, syntypaikkaa ja pituutta tarkasteltaessa laskentayksikkönä on taimi. Metsikön tilavuus laskettiin Laasasenahon (1982) esittämien puukohtaisten yhtälöiden avulla. Keskimääräisiä taimimääriä laskettaessa on käytetty pinta-alapainotusta. Eri puulajeilla metsitettyjen kohteiden välisiä eroja maalajitteissa sekä männiköiden, kuusikoiden ja koivikoiden välisiä kehityseroja testattiin varianssianalyysillä.

3 Tulokset

3.1 Metsityskohteiden yleispiirteet

Kolmannes tutkituista pelloista oli raivattu viime vuosisadalla ja kolmannes vuoden 1945 jälkeen. Viimeisimmät raivaukset oli tehty 1960-luvulla. Pääosa metsityksistä oli tehty ensimmäisen kolmen vuoden aikana maanviljelyn loputtua, mutta osa pelloista oli ollut viljelemättä ennen metsitystä jopa 20 vuotta. Yli puolet pelloista oli viimeksi ollut heinällä ja noin kolmannes viljalla: ohralla tai kauralla.

Runsas viidennes kohteista oli metsitetty muokkaamatta, kolme neljännestä oli pallekynnetty ja vain yksi kohde oli aurattu metsäauralla. Maanomistajat olivat itse istuttaneet valtaosan (2/3) tutkituista metsityskohteista.

Lähes kaikki koealat (98 %) sijaitsivat kivennäismaalla. Tutkittujen peltojen maalaji oli lähinnä hietaista ja hiesuista hiekkamoreenia. Pelloista 46 %:lla muokkauskerroksen pääasiallinen maalajite oli hieno hiekka, 40 %:lla hieno hieta tai hiesu ja 10 %:lla karkea hieta. Hienoa hiekkaa karkeammat maalajitteet olivat vallitsevina vain hyvin harvoin. Yli puolella metsityskohteista routivien maalajitteiden, hienon hiedan ja hiesun osuus, oli vähintään 25 %. Nuorimmat männiköt olivat melko viljavilla pelloilla. Niillä hiesun ja hiedan osuus yhteensä oli noin 55 % ja hiesun ja hienon hiedan osuus yli 30 %. Nuorimmat koivikot olivat melko karuilla pelloilla, joilla hiekan ja soran osuus oli yhteensä lähes 60 % (taulukko 2). Puulajeittain tarkasteltuna maalajitejakaumissa ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Karike muodosti pohjakerroksen useimmilla koealoilla: vanhimmissa taimikoissa sen osuus oli 72 % ja nuorimmissa 92 %. Karhunsammal oli vallitsevana pohjakerroksen lajina vajaalla 10 %:lla nuorimmista taimikoista. Kenttäkerroksen yleisimmät lajit olivat heinät ja horsmat. Vanhimmista taimikoista runsaalla 40 %:lla heinät muodostivat kenttäkerroksen ja nuorimmista noin 70 %:lla. Horsmat, mesiangervo ja vadelma olivat vallitsevimpina joka neljännessä taimikossa. Joka kolmannella metsityskohteella oli vähän pintakasvillisuutta, vajaalla puolella runsaasti ja joka viidennellä kohteella erittäin runsaasti. Koivutaimikoissa pintakasvillisuuden määrä oli suurin. Pintakasvillisuuden pituus oli yli 30 cm joka kolmannessa 19-vuotiaassa taimikossa, 65 %:ssa 14-vuotiaista taimikoista ja yli 80 %:ssa 9-vuotiaista taimikoista.

Kuivatus luokiteltiin laadultaan hyväksi 80 %:lla metsityskohteista. Vanhoja, ennen metsitystä tehtyjä ojia oli 28 kohteella ja metsityksen yhteydessä

Taulukko 2. Metsityskohteiden maalajitejakaumat (keskiarvo, hajonta, %) istutuspuulajeittain ja ikäluokittain 0–10 cm:n kerroksessa. Männiköiden, kuusikoiden ja koivikoiden välinen testaus varianssianalyysillä (arcsin-muunnos).

	n	Hieno hieta ja hiesu		Karkea hieta		Hiekka		Sora	
		x̄	s	x̄	s	x̄	s	x̄	s
Männiköt									
9-vuotiaat	8	31	27	24	17	42	19	3	5
14-vuotiaat	9	25	24	16	8	49	14	10	8
19-vuotiaat	10	22	9	24	9	46	10	8	8
Keskiarvo		25	20	22	11	46	14	7	8
Kuusikot									
9-vuotiaat	8	41	27	16	11	35	12	8	16
14-vuotiaat	8	31	17	20	11	43	10	6	6
19-vuotiaat	8	33	28	20	13	42	27	5	5
Keskiarvo		35	24	18	11	40	17	7	10
Koivikot									
9-vuotiaat	4	27	16	15	8	47	18	11	14
14-vuotiaat	4	40	32	14	9	34	21	12	8
19-vuotiaat	4	35	17	25	5	37	11	3	4
Keskiarvo		34	22	18	9	40	17	9	10
F-arvo		0,84		0,99		1,58		0,02	
p-arvo		0,438		0,378		0,215		0,984	
Vapausasteet		2/60		2/60		2/60		2/60	

oli tehty kuivatusta 13 kohteella. Joka toisessa nuorimmassa mäntytaimikossa sekä 14- ja 19-vuotiaissa rauduskoivikoissa pitäisi kuivatusta tehostaa. Lähes 90 % ojista oli vanhoja peltoviljelyn aikaisia, jo huonossa kunnossa olevia ojia. Ojan syvyys oli 65 %:ssa ojista korkeintaan 40 cm ja leveys 80 cm tai vähemmän. Lähes 60 % ojista pitäisi perata välittömästi tai olisi tehtävä uudet ojat sarkojen keskelle.

Joka kolmannessa taimikossa ei todettu tehdyn mitään hoitotoimenpiteitä. Kaiken kaikkiaan noin 15 % tutkituista taimikoista oli täydennetty. Nuorimmista männiköistä joka toista oli täydennetty. Perkausta oli tehty joka toisessa taimikossa. Joka toisessa 9-vuotiaassa männikössä perkaus katsottiin tarpeelliseksi. Kuusikoissa yleensä taimikon osittainen perkaus (ns. "reikäperkaus") tai ojanvarsien perkaus olisi riittävä. Taimikon harvennus tuli kyseeseen lähinnä 14-vuotiaissa taimikoissa. Täydennysviljelyä esitettiin vain muutamiin nuorimpiin kuusikoihin ja männiköihin ja kaksi männyllä metsitettyä peltoa esitettiin uudelleen viljeltäväksi. Ensiharvennusta esitettiin joka viidenteen 19-vuotiaaseen männikköön sekä joka toiseen samanikäiseen kuusikkoon ja kaikkiin harventamattomiin koivikoihin.

3.2 Viljelyn onnistuminen ja luontainen taimettuminen

Elävien viljelymäntyjen määrä vaihteli taimikoittain runsaasta 400:sta 2 200 taimeen hehtaarilla. Vähiten taimia oli nuorimmissa taimikoissa, keskimäärin 1 180 kpl/ha (kuva 1). Noin 10 %:ssa männiköistä oli alle 800 runkoa hehtaarilla ja joka viidennessä taimikossa yli 1 600 runkoa hehtaarilla.

Istutuskuusia oli elossa 675–2 400 kpl/ha. Eniten kuusia oli vanhimmissa taimikoissa, keskimäärin 1 910 runkoa/ha, ja vähiten nuorimmissa, 1 270 runkoa/ha (kuva 1). Yli puolessa taimikoista oli yli 1 600 runkoa hehtaarilla ja vain viidessä prosentissa alle 800 runkoa/ha.

Rauduskoivuja oli elossa 660–1 750 kpl/ha, eni-

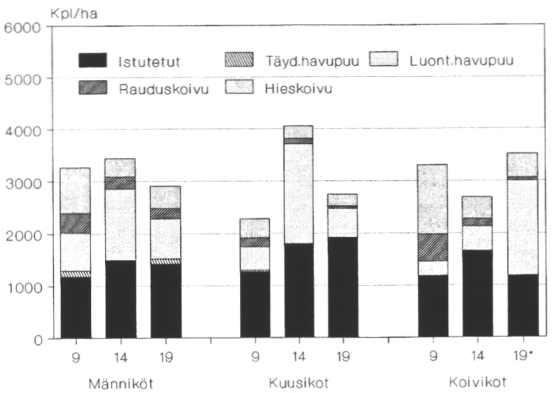
ten 14-vuotiaissa taimikoissa (kuva 1). Kahdessa vanhimman ikäluokan koivikossa oli tehty ensiharvennus, jonka yhteydessä oli poistettu noin 440 runkoa hehtaarilta. Joka viidennessä koivikossa oli alle 800 runkoa/ha. Yhtä monta oli myös niitä taimikoita, joissa taimitiheys oli yli 1 600 kpl/ha.

Viljelytaimettomien koealojen osuus oli mäntytaimikoissa keskimäärin 10 % ja kuusi- sekä rauduskoivutaimikoissa 5 %. Mäntytaimikoista yhtä oli täydennetty männyllä, neljää kuusella sekä kolmea rauduskoivulla. Kuusitaimikoista yhtä todettiin täydennetyn männyllä ja yhtä kuusella. Rauduskoivikoita ei todettu täydennetyn. Täydennystaimien määrä vaihteli 70:stä 1 130 taimeen hehtaarilla. Pallekynnetyillä pelloilla viljelytaimista 80 % oli ympäröivää maanpintaa ylempänä ja lähes kaikki viljelymännyt olivat muokkausjäljessä. Sen sijaan rauduskoivuista vain runsas 70 % ja kuusista noin 85 % oli muokkausjäljessä.

Luontaisesti syntyneiden mäntyjen määrä vaihteli metsityskohteittain 0–770 kpl (mediaani 43), kuusten 0–10 500 kpl (326), rauduskoivujen 0–2 160 kpl (86) ja hieskoivujen 0–4 400 kpl/ha (263) (kuva 1). Ainoastaan yhdessä taimikossa ei ollut männyn, kuusen, rauduskoivun tai hieskoivun luontaisia taimia lainkaan. Korkeimmillaan luontaisesti syntyneitä taimia oli 12 700 kpl/ha. Joka neljännessä männikössä, joka kymmenennessä kuusikossa ja joka kolmannessa koivikossa oli vähintään 2 000 luontaisesti syntynyttä tainta hehtaarilla. Luontaisia mäntyjä ei ollut 21:ssä, kuusia 5:ssä, rauduskoivuja 20:ssä ja hieskoivuja 11 taimikossa.

Luontaisesti syntyneiden taimien kokonaismäärässä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa muokattujen ja muokkaamattomien metsityskohteiden välillä ($F = 0{,}47$, $p = 0{,}492$). Sen sijaan luontaisia hieskoivuja oli muokatuilla aloilla yli kaksi kertaa enemmän kuin muokkaamattomilla aloilla ($F = 138{,}12$, $p = < 0{,}001$) Kahdessa vanhimmassa ikäluokassa muokkaamattomille pelloille oli syntynyt enemmän havupuiden ja rauduskoivujen taimia kuin muokatuille. Muokatuilla pelloilla noin 80 % luontaisesti syntyneistä männyn ja hieskoivun sekä 75 % kuusen ja rauduskoivun taimista oli muokkausjäljessä.

Pallekynnetyillä pelloilla luontaisesti syntyneistä taimista runsas puolet oli ympäröivää maanpintaa ylempänä ja painanteessa vain noin 10 %. Luontaisesti syntyneet männyt olivat suhteellisesti muita puulajeja useammin ympäröivää maanpintaa ylempänä.

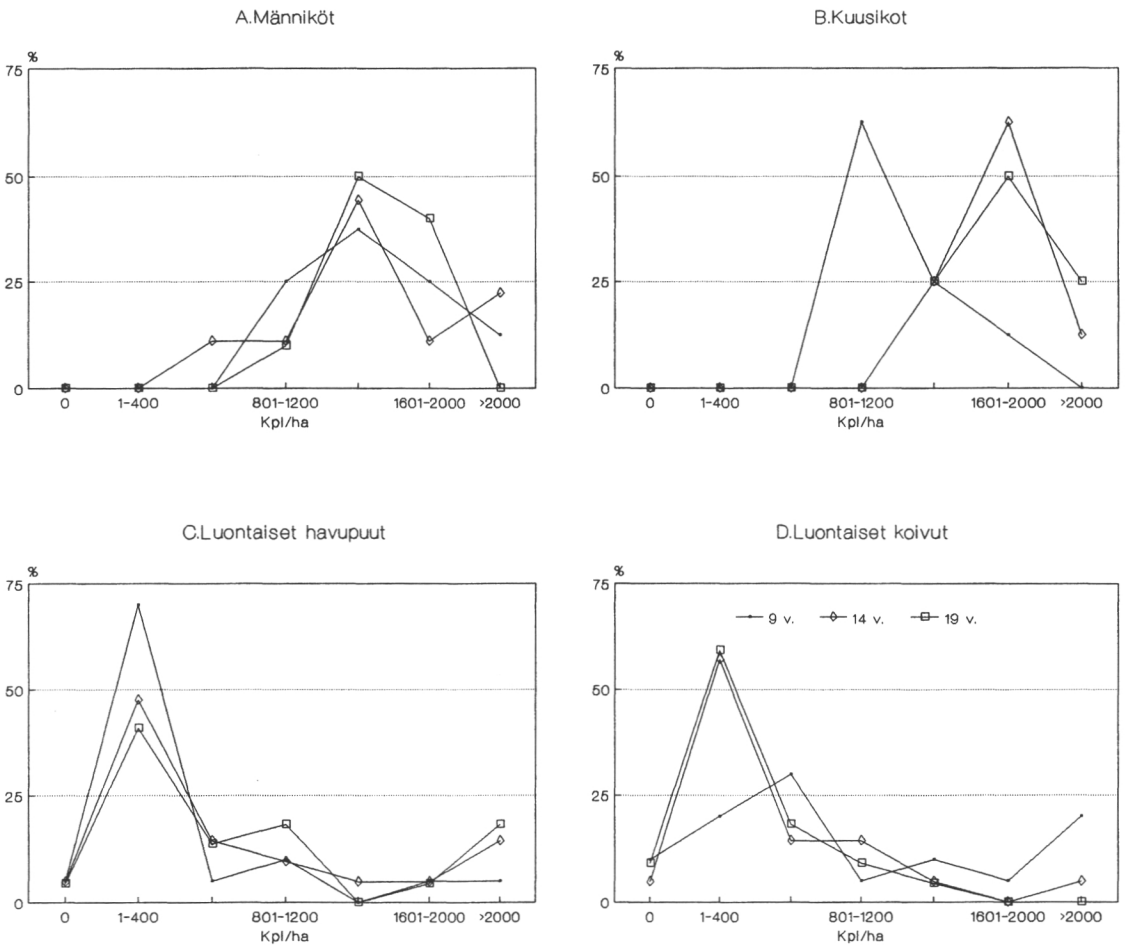


Kuva 1. Viljeltyjen ja luontaisten taimien määrä puulajeittain ja ikäluokittain (* osa metsiköistä ensiharvennettu).

Taimiainesta (havupuut alle 10 cm ja koivut alle 50 cm) oli keskimäärin yli 13 000 kpl/ha, joista yhteensä 65 % hieskoivuja ja 80 % koivuja. Männyn taimiainesta oli vain noin 400 kpl/ha. Männyn sekä raudus- ja hieskoivun taimiainesta oli muokatuilla aloilla selvästi enemmän kuin muokkaamattomilla. Kuusen tilanne oli päinvastainen. Taimiaineksen määrä väheni pintakasvillisuuden lisääntyessä.

Viidesosalle pelloista ei ollut syntynyt vesoja (saroille) ja yli puolella metsityskohteista pellon pinta-alasta oli vesoittunut korkeintaan 10–30 %. Hyvin onnistuneilla viljelyaloilla vesoja oli vain noin puolet siitä, mitä huonosti onnistuneilla aloilla. Mitä huonompi kuivatus oli teholtaan, sitä enemmän oli vesoja. Muokatuilla aloilla vesojen määrä (8 400 kpl/ha) oli yli kaksinkertainen muokkaamattomiin verrattuna (4 100 kpl/ha). Viljelyaloittain vesojen määrä vaihteli 0–23 000 kpl/ha, keskiarvo oli 6 800 kpl/ha. Kahdeksassa taimikossa ei ollut lainkaan vesoja. Vesojen pituus oli nuorimmissa taimikoissa 1,7 metriä ja vanhimmissa 2,4 metriä.

Sekä männiköissä että kuusikoissa viljelytaimien (täydennystaimet mukana) kokonaismäärä oli useimmiten yli 1 200 kpl/ha (kuva 2). Kokonaistaimimäärät olivat keskimäärin yli 3 000 kpl/ha



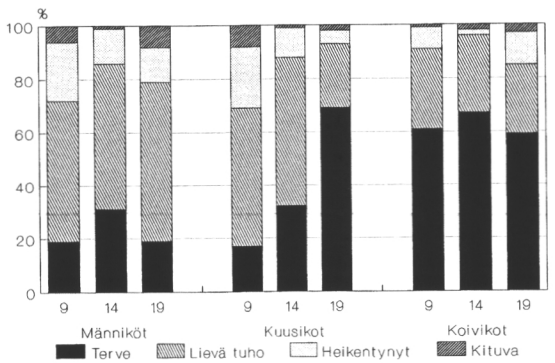
Kuva 2. Taimikoiden jakautuminen viljelytaimien (täydennystaimet mukana), luontaisten havupuiden sekä luontaisten koivujen lukumäärän (kpl/ha) mukaan.

(kuva 1). Joka neljännessä männikössä ja koivikossa sekä joka kolmannessa kuusikossa oli alle 2 000 tainta hehtaarilla. Männiköissä ja kuusikoissa oli keskimäärin yli 2 000 havupuuta hehtaarilla. Mäntytaimikoihin oli syntynyt koivuja huomattavasti enemmän kuin kuusitaimikoihin (kuva 1). Luontaisesti syntyneitä havupuita, pääasiassa kuusia, oli erityisesti 14-vuotiaissa männiköissä ja kuusikoissa sekä vanhimmissa koivikoissa. Suurimmassa osassa metsityskohteista luontaisten havupuiden ja luontaisten koivujen määrä oli alle 400 kpl/ha (kuva 2).

3.3 Taimien kunto, viat ja tuhot

Pääosa elävistä viljelymännyistä oli lievästi tuhon vioittamia (kuva 3). Suurin osa rauduskoivuista oli terveitä. Kuusten elinvoimaisuus vaihteli taimikon iän mukaan. Vanhimmissa kuusikoissa 2/3 istutustaimista oli terveitä, kun sitä vastoin nuorimmissa alle viidennes. Pääosa luontaisesti syntyneistä taimista (60–90 %) kuului kuntoluokkiin lievä tuho tai heikentynyt.

Elävillä viljelymännyillä mutkaisuus (runkomutka) oli yleisin vika (taulukko 3). Kuusella yleisimpiä vikoja olivat poikaoksa ja runkomutka. Noin



Kuva 3. Elävien viljelytaimien kunto puulajeittain ja ikäluokittain.

joka neljännellä rauduskoivulla oli runkomutkaa, ja erityisesti 9-vuotiaissa rauduskoivikoissa oli tyvimutka hyvin yleinen (taulukko 3). Luontaisestikin syntyneillä taimilla yleisin vika oli runkomutka.

Joka viides 19-vuotias rauduskoivu oli vaihtanut rankaa vähintään kerran, nuoremmista taimista vain joka kymmenes. Joka kolmannessa männyssä oli yksi tai useampi ranganvaihto. Lähes joka toisessa 9- ja 14-vuotiaassa kuusessa pääranka oli vaihtunut. Vanhimpien kuusien kaikki mahdolliset ranganvaihdot eivät olleet enää inventointihetkellä havaittavissa. Elävistä viljelytaimista 80 % oli yksilatvaisia. Poikkeuksen muodostivat 14-vuotiaat kuusitaimikot, joissa kaksi- tai useampilatvaisia oli lähes 40 %. Luontaisesti syntyneistä taimista monilatvaisia oli keskimäärin lähes 10 %.

Pintakasvillisuus oli nuorimmissa taimikoissa merkittävin taimien kehitystä haitannut tekijä kaikilla puulajeilla (taulukko 4). Vanhemmissa taimikoissa vesat ja ojanvarren etukasvuiset hieskoivut haittasivat viljelytaimien kehitystä. Nuorimmissa kuusikoissa joka kolmannessa ja 14-vuotiaissa joka viidennessä viljelykuusessa oli hallan vioituksia. Vanhimmissa kuusikoissa hallatuhoja ei juuri ollut havaittavissa. Lähes joka kolmannessa 9- ja 14-vuotiaassa männyntaimessa oli havaittavissa sienitauteja. Kasvuhäiriöitä ja ravinnepuutosoireita esiintyi eniten männyn ja kuusen viljelytaimissa.

Taulukko 3. Elävissä viljelytaimissa havaitut ulkoiset viat (%).

Ikäluokka, v		Mänty	Kuusi	Koivu
9	Ei pysyvää vikaa	10	15	30
	Poikaoksa	26	33	9
	Tyvimutka	5	10	25
	Runkomutka	40	26	29
	Muu	19	16	7
14	Ei pysyvää vikaa	25	23	44
	Poikaoksa	17	37	11
	Tyvimutka	11	1	13
	Runkomutka	36	17	21
	Muu	11	22	11
19	Ei pysyvää vikaa	22	58	33
	Poikaoksa	19	15	20
	Tyvimutka	10	3	14
	Runkomutka	35	19	29
	Muu	14	5	4

3.4 Istutusmäntyjen laatu

Tekniseltä laadultaan hyviksi istutusmännyistä luokiteltiin vain noin 10 % ja tyydyttäviksi 30-50 %. Erittäin huonojen runkojen osuus oli korkeimmillaan lähes neljännes runkoluvusta. Elävistä viljelymännyistä vain joka kymmenes luokiteltiin teknisiltä ominaisuuksiltaan sellaiseksi, joka voi kasvaa tyydyttävän laatuiseksi sahapuuksi. Suurimmassa osassa oli oksaisuutta, mutkaisuutta, haaraisuutta, tai samassa puussa oli useampia em. vikaisuuksia (taulukko 5).

Rinnankorkeutta lähimmän yläpuolisen oksakiehkuran paksuin oksa oli 19-vuotiaissa viljelymännyissä 23 mm, 14-vuotiaissa 19 mm ja 9-vuotiaissa 14 mm. Vanhimmissa mäntytaimikoissa elävä latvus alkoi 3,2 metrin, 14-vuotiaissa 1,4 metrin ja nuorimmissa 0,9 metrin korkeudelta maasta.

3.5 Metsitystulos

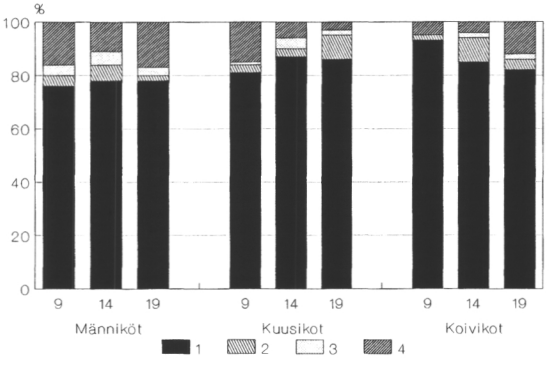
Elävistä viljelymännyistä runsas 3/4 oli kasvatuskelpoisia. Suurin kasvatuskelvottomuuden aiheuttaja oli huono kunto (kuva 4). Viljelykuusista yli 4/5 oli kasvatuskelpoisia, ja myös kuusella huono

Taulukko 4. Istutustaimissa havaitut tuhot (%) puulajeittain ja ikäluokittain.

	Männiköt			Kuusikot			Koivikot		
	Ikäluokka, v								
	9	14	19	9	14	19	9	14	19
Ei tuhoja	13	29	27	11	28	65	36	69	59
Pintakasvillisuus	23	11	9	39	9	1	48	9	13
Vesat	6	5	7	5	9	7	2	4	8
Puusto/toiset taimet	1	12	13	1	7	11	2	7	10
Sienitaudit	27	28	19	0	1	0	1	0	0
Hyönteiset	4	2	1	1	1	0	0	0	0
Myyrä	0	0	0	1	0	0	2	0	0
Hirvi	16	2	0	0	0	0	0	2	2
Halla	0	0	0	33	20	3	0	0	0
Ravinnepuutos	1	1	7	1	21	8	0	1	3
Kasvuhäiriö	2	0	0	1	2	2	4	0	4
Lumi	0	2	3	0	0	0	0	0	0
Muut	7	8	14	7	2	3	5	8	1
Yhteensä	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Taulukko 5. Viljelymäntyjen teknisen laadun arviointi ikäluokittain (%).

	Ikäluokka, v		
	9	14	19
Normaali	9	11	9
Oksainen	19	33	24
Mutkainen	17	17	3
Haarainen	7	0	0
Oksainen ja mutkainen	29	23	48
Oksainen ja haarainen	3	7	2
Mutkainen ja haarainen	1	1	1
Oksainen, mutkainen ja haarainen	15	8	11
Runko katkennut	0	0	2

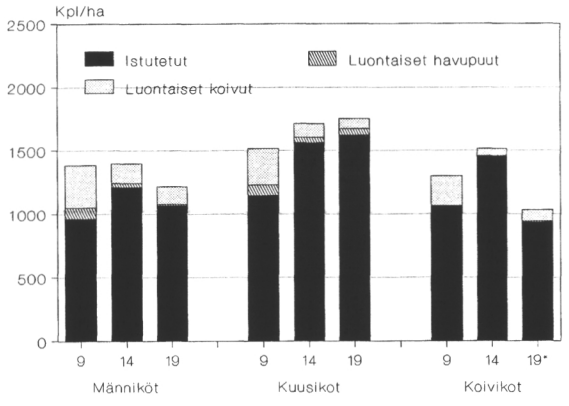


Kuva 4. Elävien viljelytaimien kasvatuskelpoisuus puulajeittain ja ikäluokittain (1 = kasvatuskelpoinen, 2 = kasvatuskelvoton pituuden, 3 = tilajärjestyksen, 4 = kunnon vuoksi).

kunto oli yleisin kasvatuskelvottomuuden syy. Vanhimmista taimikoista tosin lähes 10 %:ssa kasvatuskelvottomuuden syynä oli pituus (pieni koko). Taimikot olivat em. tapauksissa lähes perustamistiheydessä, ja osa viljelytaimista oli jäänyt alikasvokseksi. Valtaosa luontaisista taimista katsottiin pituuden tai tilajärjestyksen vuoksi kasvatuskelvottomiksi. Luontaisista havupuista ja hieskoivuista enimmillään runsas viidennes ja rauduskoivuista runsas puolet oli kasvatuskelpoisia.

Kasvatuskelpoisia viljelymäntyjä oli keskimäärin noin 1 000 kpl/ha. Metsityskohteittain männyn istutustulos oli 264–1 825 kpl/ha (kuva 2). Vähiten taimia oli nuorimmissa männiköissä, keskimäärin 962 kpl/ha (kuva 5). Kasvatuskelpoisia luontaisesti syntyneitä taimia oli näissä taimikoissa keskimäärin hieman yli 400 kpl/ha ja vanhemmissa männiköissä noin 200 kpl/ha. Luontainen täydennys oli lähes yksinomaan hieskoivua.

Kuusikoissakin taimimäärä oli alhaisimmillaan nuorimmissa taimikoissa, keskimäärin noin 1 200 kpl/ha. Vanhemmissa taimikoissa kasvatuskelpoi-



Kuva 5. Kasvatuskelpoisten taimien määrä ikäluokittain (* osa metsiköistä ensiharvennettu).

sia viljelykuusia oli noin 1 500 kpl/ha. Alhaisimmillaan taimimäärä oli 750 ja korkeimmillaan lähes 2 300 kpl/ha. Kasvatuskelpoisia luontaisesti syntyneitä taimia, pääosin koivuja, oli runsaimmin nuorimmissa taimikoissa: noin 400 kpl/ha.

Koska vanhimpia rauduskoivikoita oli jo harvennettu, niissä viljeltyjen puiden runkoluku oli alhaisin, noin 800 kpl/ha (vaihteluväli 790–1 100) (kuva 5). Nuoremmissa koivikoissa oli keskimäärin yli 1 000 runkoa hehtaarilla (580–1 625). Merkittävämmin kasvatuskelpoisia luontaisesti syntyneitä koivuja oli vain 9-vuotiaissa taimikoissa.

Pääosassa taimikoita kasvatettavan puuston runkoluku oli yli 1 200 kpl/ha (taulukko 6). Lähes joka toisessa 19-vuotiaassa männikössä runkoluku jäi alle 1 200 kpl/ha. Lähes 40 %:ssa nuorimmista kuusikoista kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärä oli alle 1 200 kpl/ha tai taimikko oli selvästi aukkoinen. Erityisen tiheitä olivat 14- ja 19-vuotiaat kuusikot, joista lähes 2/3:ssa runkoluku ylitti 1 600 kpl/ha. Nuorimmissa kuusen metsityksissä näin tiheitä taimikoita ei vastaavasti ollut lainkaan. Silmävaraisessa tarkastelussa 14- ja 19-vuotiaissa taimikoissa ei ollut merkittäviä aukkoja, mutta joka kolmannesta nuorimmista taimikoista löytyi merkittäviä aukkoja runsaasti. Mäntytaimikoiden yleiskunto oli silmävaraisesti tarkasteltuna selvästi huonompi kuin kuusikoiden ja koivikoiden. Ainoastaan nuorimpien kuusikoiden yleiskunto oli huonompi kuin vastaavien männiköiden.

Taulukko 6. Taimikoiden jakautuminen tiheyden ja tyhjäkoealasadanneksen mukaan, % taimikoiden pinta-alasta.

	Männiköt	Kuusikot	Koivikot[1)]
9-vuotiaat			
a	18	0	0
b	37	47	54
c	28	53	46
d	17	0	0
14-vuotiaat			
a	18	48	54
b	53	38	26
c	29	14	20
d	0	0	0
19-vuotiaat			
a	12	75	0
b	35	20	6
c	36	5	65
d	17	0	29

1) osa harvennettu

a = >= 1 600 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes <= 4 %
b = >= 1 200 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes <= 9 %
c = >= 800 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes <= 20 %
d = < 800 kpl/ha ja/tai tyhjäkoealasadannes > 20 %

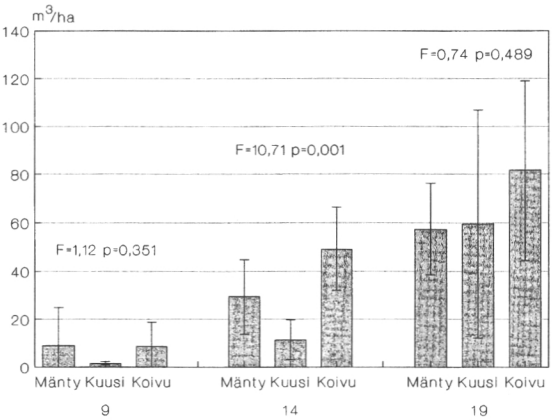
3.6 Taimikon keskipituuden ja -läpimitan sekä tilavuuden kehitys

Männyn pituuskehitys oli ollut 14 vuoden ikävaiheeseen saakka selvästi nopeampaa kuin kuusen (taulukko 7). Molemmat puulajit olivat saavuttaneet seitsemän metrin keskipituuden 19 vuoden kuluttua metsityksestä. Rauduskoivujen pituus yhdeksän vuoden iässä vastasi 14-vuotiaiden mäntyjen pituutta, ja 19 vuoden ikäluokassa koivujen keskipituus oli yli 13 metriä. Vanhimmissa taimikoissa kuusikoiden ja männiköiden pituudet erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi koivikoista ($p < 0{,}001$).

Luontaiset taimet olivat huomattavasti istutustaimia lyhyempiä. Kuitenkin luontaisesti syntyneet koivut olivat 9- ja 14-vuotiaissa kuusikoissa istutustaimia pitempiä. Vanhimmissa taimikoissa luontaiset koivut olivat saavuttaneet keskimäärin runsaan neljän, luontaiset männyt vajaan neljän ja luontaiset kuuset vain noin yhden metrin keskipituuden. Noin puolet kaikista hieskoivuista oli alle kahden metrin mittaisia. Luontaisesti syntyneistä kuu-

Taulukko 7. Kasvatuskelpoisten viljelytaimien pituus ja läpimitta ($d_{1,3}$). 19-vuotiaiden männiköiden, kuusikoiden ja koivikoiden keskipituuden ja -läpimitan testaus varianssianalyysillä.

	Ikä-luokka, v	n	Pituus, m x̄	Pituus, m s	Läpimitta, cm x̄	Läpimitta, cm s
Männiköt	9	8	2,1	0,6	3,7	1,1
	14	8	5,2	0,7	9,0	1,4
	19	10	7,5	1,1	12,1	1,4
Kuusikot	9	8	1,4	0,4	1,8	0,5
	14	8	3,2	0,8	4,7	1,3
	19	8	6,8	1,2	10,1	2,2
Koivikot	9	4	4,6	1,6	4,7	2,1
	14	4	9,0	1,5	9,5	0,8
	19	4	12,8	2,2	13,2	1,4
F-arvo			20,40		5,09	
p-arvo			<0,001		0,017	
Vapausasteet			2/19		2/19	



Kuva 6. Kasvatuskelpoisten viljelytaimien kuutiomäärä puulajeittain ja ikäluokittain. Tilavuuden hajonta merkitty janalla kuhunkin pylvääseen.

sista valtaosa oli alle yhden metrin pituisia. Vanhimmissa taimikoissa luontaisesti syntyneistä männyistä 70 % oli pituudeltaan alle kolmen metrin.

Sekä kasvatuskelpoisten mäntyjen että rauduskoivujen rinnankorkeusläpimitan kehitys oli hyvin samanlainen. Vanhimpien männiköiden keskiläpimitta oli 12 cm ja rauduskoivikoiden 13 cm. Kuusen läpimitan samoin kuin pituudenkin kehitys oli alkuvaiheessa hitaampi kuin männyllä ja koivulla. 19-vuotiaiden kuusten läpimitta oli lähes 3 cm pienempi kuin rauduskoivujen. Mäntyjen ja kuusten sekä kuusten ja koivujen läpimitat erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi toisistaan ($p < 0,001$). Noin 60 % vanhimmista istutusmännyistä ja -koivuista sekä 75 % kuusista oli rinnankorkeusläpimitaltaan alle 10 cm.

Metsikön tilavuuden kehitys oli rauduskoivikoissa selvästi ripeintä (kuva 6). Kahta vanhimman ikäluokan koivikkoa oli jo harvennettu, poistuma oli ollut toisessa 34 m³/ha ja toisessa 61 m³/ha. Parhaissa vanhimmissa kuusikoissa puuta oli yli 140, vanhimmissa männiköissä 90 ja vanhimmissa koivikoissa yli 120 kuutiometriä hehtaarilla. Kuusikoille oli tyypillistä suuri metsiköiden välinen tilavuuden vaihtelu. 14-vuotiaiden kuusikoiden ja koivikoiden kuutiomäärät erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (kuva 6), mutta vanhimmissa metsityksissä eri puulajien väliset erot eivät olleet merkitseviä.

4 Tulosten tarkastelu

Pohjois-Savossa maataloustuotannosta pois jääneitä peltoja on vuosina 1968–1994 metsitetty 24 732 ha (Tapion vuosikirja 1968, 1969, Metsätilastolliset vuosikirjat 1969–1991, Aarne 1993, 1994, Pohjois-Savon metsälautakunnan... 1995). Kivennäismaapeltoja tästä alasta on arvioitu olleen 60–70 % eli noin 15 000 ha (Hynönen 1992). Tässä tutkimuksessa mitattu otos 1970-luvun alun, 1970-luvun puolivälin ja 1980-luvun alun pellonmetsityksistä edustaa 0,74 %:a näiden vuosien koko Pohjois-Savon yksityismaiden pellonmetsitysalasta. Tutkittujen kohteiden keskikoko oli 0,8 ha, mikä on jonkin verran pienempi kuin keskimääräinen metsitetty peltokuvio ja selvästi pienempi kuin turvemaapeltojen kuvion keskikoko (Hynönen 1997). Maalajiltaan ja muilta kasvupaikkaominaisuuksiltaan metsitetyt pellot vastaavat keskimääräisiä pohjoissavolaisia peltomaita (Kurki 1982), tosin yksittäisistä maalajitteista hiekan osuus oli selvästi keskimääräistä korkeampi. Metsien kasvupaikkaluokitukseen verrattuna tutkitut kohteet voidaan maalajin ja hienoainesosuuden perusteella luokitella lähinnä lehtomaisiin ja tuoreisiin kankaisiin (Aaltonen 1940, Urvas ja Erviö 1974). Hienoainesosuu-

den perusteella metsitysalat kuuluvat enemmänkin tuoreisiin kuin lehtomaisiin kankaisiin (Sepponen 1982, vrt. Tamminen 1991). Tutkimusalueiden voidaan olettaa edustavan hyvin koko Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen metsityksiä.

Pellonmetsityksissä ohjetiheytenä käytettiin 1970- ja 1980-luvuilla havupuilla 2 000:n ja koivulla 1 600 taimen istutustiheyttä. Männyn istutustaimista oli elossa ikäluokittain keskimäärin 60–75 % em. taimimääristä eli huomattavasti enemmän kuin Pohjois-Savon turvemaapelloilla (20–58 %) eri ikäluokissa (Hynönen 1997). Männyn viljelytulos oli 1970-luvun metsityksissä selvästi parempi kuin aineiston nuorimmissa metsityskohteissa. Saman havainnon ovat aiemmin tehneet Hytönen (1991) Pohjanmaalla sekä Rossi ym. (1993) Lapissa tehdyissä pellonmetsitystutkimuksissa. Rossin ym. (1993) mukaan 1980-luvun alun aikaisempaa heikompi viljelytulos johtui viljelyn jälkeisistä epäedullisista sääoloista. Mahdollisesti 1980-luvun alussa taimitarhoilla todetut laatuongelmat, kasvuhäiriöt (Holopainen ja Rikala 1991, Raitio ym. 1992), ovat voineet vaikuttaa heikentävästi erityisesti männyn viljelytulokseen. Toisaalta nuorimmat männyn viljelyt olivat maalajiltaan hienojakoisimmilla pelloilla, mikä on myös saattanut vaikuttaa heikentävästi istutustulokseen. 1980-luvun alussa yli puolet pellonmetsityksistä tehtiin männyllä, jolloin todennäköisesti mäntyä istutettiin liiankin viljaville pelloille. Myyräkanta oli tiheä talvella 1983–84 (Teivainen 1984), millä myös on ollut vaikutusta nuorimpien pellonmetsitysten onnistumiseen. 1980-luvun alkupuolella, etenkin 1982 ja 1984, kasvukauden aikaiset pakkaset vaikuttivat myös jonkin verran tulosta heikentävästi (ks. Kubin ja Raitio 1985).

Kuusen taimista oli 1970-luvun metsityksissä elossa 90–95 % istutusnormista eli huomattavasti enemmän kuin Pohjois-Savon turvemaapelloilla (65 %) (Hynönen 1997). Nuoremmissa, 1980-luvun alun kuusikoissa vastaava elossaolosadannes jäi 65 %:iin, mihin ovat syynä mitä ilmeisimmin kasvukauden aikaiset pakkaset (ks. Kubin ja Raitio 1985). Em. pakkasten vuoksi Pohjois-Savossa täydennys- ja uusintaviljeltiin kuusikoita melko paljon. Rossi ym. (1993) arvelivat myös Lapinkolmion pellonmetsitysaloilla epäedullisten sääolojen vaikuttaneen kuusikoiden kehitykseen. Samoin Saksa ym. (1990) arvioivat erityisesti kevään 1984 keväthallojen heikentäneen kuusen istutustulosta Pohjois-Savon metsänuudistusaloilla.

Rauduskoivun viljelytulos nyt mitatuilla metsitysaloilla oli samaa tasoa kuin Valtasen (1991) ja Hytösen (1991) Pohjanmaalta esittämät istutustulokset. Koivullakin 1980-luvun alun metsitysten onnistumisaste oli selvästi heikompi kuin edellisellä vuosikymmenellä perustetuilla koivikoilla. Nuoret koivun metsityskohteet olivat maalajijakaumaltaan selvästi vanhempia koivun metsityskohtia karumpia, joten ne ovat saattaneet olla koivun kasvatukseen jo liiankin karuja.

Luontaisen metsittymisen merkitys jäi näillä kivennäismaapelloilla vähäiseksi. Luontaisten havupuiden taimettuminen oli hyvin vähäistä (keskimäärin 370 kpl/ha) verrattuna muokatuilta metsänuudistusaloilta saatuihin tuloksiin (esim. Saksa ym. 1990), mutta samantasoisia kuin muissa pellonmetsitystutkimuksissa (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hynönen 1997). Luontaisten koivujen määrä (keskimäärin 350 kpl/ha) oli näissä kohteissa yli kymmenen kertaa pienempi kuin muokatuilla metsänuudistusaloilla (Saksa ym. 1990) ja pienempi kuin turvemaapeltojen metsityksillä (Hynönen 1997)

Pellonmetsitystulos kasvatettavan puuston runkoluvun ja aukkoisuuden avulla arvioituna oli männiköissä korkeintaan tyydyttävä. Kasvatettavan puuston runkoluku eri-ikäisissä männiköissä oli 1 250–1 400 runkoa/ha, joissa luontaisesti syntyneiden puiden osuus oli 15–33 %. Lapissa ja Pohjanmaalla pelloille perustettujen männiköiden runkoluvut olivat samalla tasolla (Hytönen 1991, Rossi ym. 1993). Männiköiden kasvatettavan puuston tiheyden voidaan arvioida jäävän näissä pellonmetsityksissä sahapuun laatukehityksen kannalta liian alhaiseksi (Kellomäki ym. 1992, Huuri ym. 1987, Uusvaara 1991). Mäntyjen teknistä laatua heikensivät erityisesti oksaisuus, mutkaisuus ja muut ulkoiset viat, joita oli selvästi enemmän kuin metsänuudistusaloille perustetuissa männiköissä (Varmola 1980, Uusvaara 1983, Kellomäki ja Väisänen 1986). Näistä syistä vain joka kymmenennestä mäntyrungosta arvioitiin saatavan tyydyttävä sahatukki. Valtanen (1991) arvioi Pohjanmaan pellonmetsityksillä vähintään joka toisesta männystä saatavan sahapuuta.

Kuusikot olivat selvästi männiköitä tiheämpiä. 1970-luvulla perustetuissa kuusikoissa runkoluku

oli keskimäärin 1 700 kpl/ha, mutta nuorimmissa kuusikoissa se jäi keskimäärin 1 550 runkoon hehtaarilla. Kuusikoissa luontaisten taimien osuus oli vähäinen (5–20 %). Rossin ym. (1993) tulokset Lapin pellonmetsitysaloilta kertovat likimain yhtä tiheistä metsiköistä. Metsän uudistusaloilla varttuneen taimikon tiheys on yleensä hieman suurempi kuin tässä tutkimuksessa (ks. Saksa ym. 1990). Koivikoissa kasvatettavan puuston tiheys vaihteli ikäluokittain 850–1 500 kpl/ha, joista lähes 90 % oli istutettuja puita. Niin koivikoiden kuin kuusikoidenkin metsitystulosta voidaan pitää hyvänä.

Männyt ja kuuset olivat 19-vuotiaina keskimäärin runsaat 7 metriä pitkiä ja rauduskoivut yli 13-metrisiä. Männyn ja koivun pituuskehitys vastaa pellonmetsityksen kenttäkokeissa Karttulassa saatua tulosta, mutta kuusen pituuskehitys on näissä käytännön kohteissa ollut hieman koetuloksia parempi (Torpo 1991). Samoin nyt mitattujen metsiköiden tilavuus oli selvästi em. kenttäkokeessa saavutettua suurempi. 14- ja 19-vuotiaiden männiköiden pituus- ja tilavuuskehitys oli hieman edellä Varmolan (1993) istutusmänniköiden kehitysmallia pituusboniteetilla H_{100}=24, mutta 9-vuotiaiden männiköiden kehitys noudatti pituusboniteettia H_{100}=21 vastaavalla kasvupaikalla kasvavan istutustaimikon kehitystä. Männiköiden pituuskehitys vastasi Vuokilan ja Väliahon (1980) kasvatusmallia H_{100}=30, sen sijaan taimikoiden tilavuus oli 20 vuoden iällä jäänyt alhaisemmasta puuston tiheydestä johtuen jälkeen em. malleista. Kuusikoiden pituuskehitys 20 vuoden iässä on yhdenmukainen Vuokilan ja Väliahon (1980) laatiman kasvatusmallin (H_{100}=30) kanssa, mutta keskimääräinen tilavuus nyt mitatuissa kuusikoissa oli em. kasvatusmalliin verrattuna yli kaksinkertainen. Rauduskoivikoiden kehitys vastasi melko hyvin Oikarisen (1983) laatimia koivikoiden kasvatusmalleja (H_{100}=24).

Puuntuotoskyvyltään Pohjois-Savon kivennäismaapeltojen metsitykset osoittautuivat hyvin vaihteleviksi. 20 vuoden kuluessa metsityksestä oli tuotettu parhaimmillaan jo yli 150 m^3 puuta hehtaarilla, mutta heikoimmillaan tuotos oli ollut alle 20 m^3/ha. Puulajeista rauduskoivu ja kuusi antoivat parhaan tuloksen. Samansuuntainen tulos on saatu myös Länsi-Suomen vanhoilta pellonmetsityksiltä (Kinnunen ja Aro 1996). Männikön tuottavuutta pelloilla vähensi suuresti mäntyjen heikkolaatuisuus. Kivennäismaapeltojen puuntuotoskyky 20 vuoden ikään saakka oli ollut selvästi turvemaapeltoja korkeampi. Tekniseltä laadultaan istutusmännyt olivat kivennäismaapellolla hieman parempia kuin turvemaapelloilla (Hynönen 1997).

Kiitokset

Metsäntutkimuslaitos ja maa- ja metsätalousministeriö vastasivat tutkimuksen pääasiallisesta rahoittamisesta. Tutkimuksen toisen tekijän Tenho Hynösen palkkauksen osalta Suomen Akatemia, Niemi-säätiö sekä Metsämiesten säätiö ovat tukeneet tutkimusta taloudellisesti. Metsätalousteknikko Ari Thitz, Janne Kuismin ja Marko Jalkanen suorittivat maastomittaukset. Metsätalousteknikko Juhani Korhonen avusti otannan suorittamisessa. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Matti Leikola ja MMT Kaarlo Kinnunen ja tehneet siihen varteenotettuja huomautuksia. Äidinkielenopettaja Leila Leinonen on tarkastanut kieliasun.

Rahoittajille sekä kaikille tutkimukseen osallistuneille tai myötävaikuttaneille esitämme parhaat kiitoksemme.

Kirjallisuus

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo. 615 s.

Aarne, M. 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993:5. 317 s.

— 1994. Metsätilastollinen vuosikirja 1993–1994. SVT Maa- ja metsätalous 1994:7. 348 s.

Holopainen, J. & Rikala, R. 1991. Luteet ja männyntaimien kasvuhäiriöt. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 379. 35 s.

Huuri, O, Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. Folia Forestalia 685. 48 s.

Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 181 s.

— 1997. Turvemaapeltojen metsitystulos Pohjois-Savossa. Käsikirjoitus.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Julkaisussa Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22–28.

Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pine at pole stage. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 139. 38 s.

—, Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. Summary: Management of Scots pine for high quality timber. Silva Carelica 23. 133 s.

Kinnunen, K. & Aro, L. 1996. Vanhojen pellonmetsitysten tila Länsi-Suomessa. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1996(2): 101–111.

Kubin, E. & Raitio, H. 1985. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 198. Muhoksen tutkimusasema. 30 s.

Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955–1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980. 181 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Metsätilastolliset vuosikirjat 1969–1991. Folia Forestalia 96, 130, 165, 195, 225, 255, 295, 345,375, 430, 510, 550, 590, 620, 660, 690, 715, 730, 760, 790. Metsäntutkimuslaitos.

Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for Silver birch (Betula pendula) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.

Pohjois-Savon metsälautakunnan vuosikertomus 1993. 1994. 46 s.

Pohjois-Savon metsälautakunnan vuosikertomus 1994. 1995. 35 s.

Pohjois-Savon metsät 1990. Valtakunnan metsien inventointituloksia. Pohjois-Savon metsälautakunta 1991. Koonnut Oiva Pöyhönen. 76 s.

Pohtila, E. 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young stands in Lapland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(1). 35 s.

Raitio, H., Rikala, R., Heiskanen, J., Kytö, M. & Poteri, M. 1992. Männyntaimien kasvuhäiriö taimitarhalla. Summary: Growth disturbance of Scots pine seedlings in nurseries. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 445. 37 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa: Abstract: Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 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.

Sauli, L. 1987. MTK ja Suomen maatalouspolitiikka. 364 s. ISBN 951-26-3085-0.

Selby, J. A. 1990. Finnish land use policies: from disintegration to integration? Seloste: Suomalainen maankäyttöpolitiikka: hajaannuksesta yhtenäisyyteen? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 364. 43 s.

Sepponen, P. 1982. Kivennäismaiden maalajiluokitus ja sen merkitys metsäekologiselle tutkimukselle ja metsänhoidolle. Mineral soil classification and its importance in forestry and research on forest ecology. Luonnon Tutkija 86: 77–81.

Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Summary: Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland. Folia Forestalia 777. 40 s.

Tapion vuosikirja 1968. 1969. Keskusmetsälautakunta Tapio, piirimetsälautakunnat, metsänhoitoyhdistykset toiminta 1968. 200 s.

Teivainen, T. 1984. Myyrätuhojen runsaus ja niiden esiintymisalueet Suomessa vuonna 1983/84. Summary: Abundance and distribution of vole damage in Finland in 1983/84. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 160. 12 s.

Tilastotietoja Kuopion maatalouspiirin maataloustoimiston toiminnasta v. 1983. Kuopion maatalouspiirin maataloustoimisto 1984. 24 s.

Torpo, J. 1991. Peltojen metsittämismenetelmät 20-vuotta vanhojen kokeiden valossa. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 39–48.

Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Summary: Influence of the soil type

and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 3: 307–319.

Uusvaara, O. 1983. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 122. 105 s.

— 1991. Havaintoja istutusmänniköiden oksikkuudesta ja puuaineen laadusta. Summary: Observations about the branchiness and wood quality of young plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 377. 56 s.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin Pohjois-Savon metsälautakunta-alueen tulokset. 1991. ATK-tuloste Pohjois-Savon metsäkeskuksessa.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 55 s.

Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia Forestalia 451. 21 s.

— 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. Folia Forestalia 813. 43 s.

Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2). 271 s.

38 viitettä

Liite 1. Taimikoiden tunnuslukuja.

1=Taimikon numero
2=Pinta-ala ha
3=Viljelyvuosi
4=Muokkaustapa
5=Perusmetsitystaimet kpl/ha
6=Täydennystaimet kpl/ha
7=Kasvatuskelpoiset viljelytaimet kpl/ha
8=Luontaiset männyt kpl/ha
9=Luontaiset kuuset kpl/ha
10=Kasvatuskelpoiset luontaiset havupuut kpl/ha
11=Luontaiset koivut kpl/ha
12=Kasvatuskelpoiset luontaiset koivut kpl/ha
13=Taimia yhteensä kpl/ha
14=Kasvatuskelpoisia yhteensä kpl/ha
15=Kaikki taimet, tyhjäkoeala-%
16=Kaikki kasvatuskelpoiset, tyhjäkoeala-%
17=Vesat kpl/ha

Yleistiedot			Istutustaimet				Luontaiset taimet					Yhteensä		Tyhjäkoeala-%		Vesat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Männiköt																
31	1,9	71	1	1450	0	1325	0	400	0	1050	50	2900	1375	0	0	3650
47	0,6	71	1	1175	0	875	0	1750	0	200	100	3125	975	5	20	4650
49	0,6	71	1	1657	0	1263	0	2052	26	314	157	4023	1446	0	0	789
62	0,3	71	2	1289	0	973	26	26	0	1473	210	2814	1183	5	0	0
7	1,3	72	1	1235	500	986	0	441	0	469	58	2645	1044	0	11	0
18	0,4	72	1	1441	0	1323	29	941	0	117	0	2528	1323	0	0	941
29	0,8	72	1	1289	0	1131	0	552	0	52	0	1893	1131	0	0	13105
36	1,4	72	1	1558	0	735	0	794	0	764	411	3116	1146	0	38	22764
57	0,2	72	0	1708	0	1500	625	2750	375	83	83	5166	1958	0	0	20250
60	0,8	72	0	1529	147	1460	58	264	0	822	235	2820	1695	0	0	0
1	0,4	76	1	1925	0	1825	25	1975	0	1100	50	5025	1875	5	10	11800
8	0,7	76	1	1115	76	884	76	76	38	152	0	1495	922	8	17	11923
20	0,2	76	0	647	0	348	29	10558	88	2117	1175	13351	1611	0	0	0
38	0,2	76	0	1675	425	1325	25	0	0	850	50	2975	1375	0	0	9950
45	0,4	76	1	2205	0	1735	0	352	0	881	0	3438	1735	0	0	11647
54	0,5	76	2	1470	0	1264	117	735	87	293	175	2615	1526	0	0	0
63	0,6	76	0	1450	0	1200	125	225	0	150	50	1950	1250	5	0	8150
50	0,4	77	1	1527	0	1388	55	388	55	166	0	2136	1443	0	0	555
51	0,4	77	1	1500	0	1375	0	187	0	312	62	1999	1437	0	0	1375
43	1,9	80	1	1411	205	1000	0	88	58	235	0	1939	1058	6	0	5882
4	0,9	81	1	1406	0	1273	593	3843	155	1625	249	7467	1677	0	0	8125
5	0,7	81	1	650	875	1425	25	50	25	550	0	2150	1450	5	0	11500
26	0,6	81	4	1705	0	1441	58	88	0	646	58	2497	1499	0	0	7294
27	2,0	81	1	925	250	1125	100	150	75	250	100	1675	1300	0	0	5600
35	0,7	81	1	1152	1130	2022	43	194	21	4651	86	7170	2129	0	0	15478
40	1,6	81	1	1239	0	1000	413	521	217	999	390	3172	1607	0	27	6434
59	0,6	81	1	925	0	750	175	25	25	3250	1200	4375	1975	5	10	9900

Liite 1. jatkuu

Yleistiedot			Istutustaimet				Luontaiset taimet					Yhteensä		Tyhjäkoeala-%		Vesat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kuusikot																
9	1,8	71	1	1934	0	1521	86	847	65	390	129	3257	1715	0	0	5086
11	0,5	71	1	1825	0	1425	125	50	25	350	50	2350	1500	0	0	4750
15	0,8	71	1	2400	0	2225	0	0	0	0	0	2400	2225	0	0	750
32	0,7	71	0	1850	0	1700	150	1050	50	750	300	3800	2050	0	0	2000
34	1,0	71	0	2000	0	1583	105	947	78	263	0	3315	1661	0	0	8631
56	1,0	71	0	1452	0	1309	95	23	47	47	47	1617	1403	0	0	3333
61	1,0	71	2	2175	0	2000	75	25	25	150	0	2425	2025	0	0	3500
46	0,3	72	1	1176	235	838	88	88	58	235	176	1822	1072	0	14	18588
3	1,6	76	1	1695	0	1652	43	326	0	216	43	2280	1695	0	0	18260
6	0,3	76	0	1625	0	1575	150	425	50	0	0	2200	1625	0	0	0
22	0,2	76	0	1343	0	1233	187	156	62	375	125	2061	1420	6	0	12937
24	0,8	76	0	1476	0	1200	238	2738	0	380	187	4832	1387	0	5	4761
41	0,9	76	1	1805	0	1088	55	1444	27	333	277	3637	1392	0	12	13333
52	0,8	76	2	2423	0	2291	153	9846	306	152	0	12574	2597	0	0	15461
58	1,5	76	1	1875	0	1552	0	75	0	600	100	2550	1652	5	5	15350
48	0,4	78	1	1842	0	1842	0	0	0	472	104	2314	1946	0	0	3157
21	0,3	80	1	1000	0	975	0	25	25	0	0	1025	1000	10	5	0
19	0,8	81	0	1125	0	1000	25	0	0	50	0	1200	1000	10	11	0
25	0,8	81	1	1088	0	852	0	205	29	410	234	1703	1115	6	6	15588
28	0,5	81	1	675	325	1000	0	25	0	700	250	1725	1250	20	17	3500
42	0,4	81	1	1789	0	1416	78	236	0	789	526	2892	1942	0	6	10263
44	1,0	81	1	1375	0	1210	775	650	75	1300	750	4100	2035	0	5	2650
53	0,5	81	0	1200	0	1150	0	75	50	9	0	1275	1200	5	10	1950
55	1,2	81	1	1575	0	1416	250	300	275	550	250	2675	1941	0	6	4750
Koivikot																
10	0,3	71	1	1476	0	1385	0	204	0	0	0	1680	1385	0	0	772
14	1,5	71	1	1210	0	1210	26	1078	26	368	0	3682	1236	5	22	368
37	0,4	71	0	1315	0	1105	52	263	0	52	52	1682	1157	0	0	1842
39	3,0	71	1	1125	0	725	100	1950	0	700	150	3875	875	5	20	22600
2	1,4	76	1	1750	0	1625	25	600	0	250	50	2625	1675	0	0	7950
12	0,6	76	1	1600	0	1200	0	225	0	400	0	2225	1200	0	0	5600
17	0,8	76	1	1550	0	1325	0	200	0	1250	0	3000	1325	0	0	2000
23	0,3	76	1	1633	0	1566	166	866	33	466	333	3131	1932	0	0	8466
13	0,7	81	1	657	0	578	78	131	0	3789	789	4655	1367	5	0	5473
16	0,9	81	1	1117	0	970	0	0	0	58	58	1175	1028	0	0	4117
30	0,5	81	1	1289	0	1236	710	500	0	2841	104	5340	1340	0	11	5210
33	0,9	81	1	1611	0	1444	0	52	0	1473	52	3136	1496	5	0	5263

Muokkaustapa: 0 = ei muokkausta, 1 = pallekyntö, 2 = täyskyntö, 4 = auraus

III

Metsätieteen aikakauskirja

tutkimusartikkeli

Tenho Hynönen ja Timo Saksa

1970- ja 1980-luvuilla tehtyjen pellonmetsitysten onnistuminen Pohjois-Karjalassa

Hynönen, T. & Saksa, T. 1997. 1970- ja 1980-luvuilla tehtyjen pellonmetsitysten onnistuminen Pohjois-Karjalassa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/1997: 455–476.

Tutkimuksessa tarkasteltiin 1970- ja 1980-luvuilla toteutettujen pellonmetsitysten onnistumista sekä kivennäis- että turvemaapelloilla. Metsityspuulajeina olivat mänty ja kuusi turvemaapelloilla sekä em. lisäksi rauduskoivu kivennäismaapelloilla. Kaikkiaan tutkittuja taimikoita oli 108 kpl. Pelloista suurin osa oli raivattu mustikkaisista tai sitä viljavammista metsämaista.

Kivennäismaapelloilla metsitystulos oli parempi kuin turvemaapelloilla. Turvemaapeltojen männiköissä kasvatuskelpoisia istutustaimia oli keskimäärin 800 kpl/ha, kun niitä kivennäismaapelloilla oli yli 1 500 kpl/ha. Kuusikoissa vastaavat tiheydet olivat 1 700 ja 1 400 kpl/ha. Koivikoissa kasvatuskelpoisten taimien määrä oli eri ikäluokissa keskimäärin 1 000 kpl/ha. Luontaisilla havupuilla ei ollut metsitystulokseen vaikutusta, mutta hieskoivu paransi turvemaapeltojen metsitystulosta.

Hitaammasta alkukehityksestä huolimatta kuuset saavuttivat kivennäismaapelloilla lähes mäntyjen pituuden (7–8 m) 19 vuoden iällä. Vastaavalla iällä koivikot olivat lähes 13-metrisiä. Turvemaapelloilla männyn pituuskehitys vastasi lähes kivennäismaapeltojen männiköiden kehitystä. Sen sijaan turvemaapeltojen kuusikoiden pituus oli 19 vuoden iällä vain puolet kivennäismaapeltojen kuusikoiden pituudesta. Kuusikoiden ja männiköiden tilavuusero oli kivennäismaapeltojen ja turvemaapeltojen välillä pituuskehitystäkin suurempi. Parhaiten onnistuneissa vanhimmissa metsityskohteissa puuston tilavuus ylitti 100 m^3/ha. Runkomutka oli yleisin laatua heikentävä tekijä sekä männyllä että koivulla. Männyn sahauskelpoisuutta heikentäviä vikoja oli yli 80 %:lla istutusmännyistä. Turvemaapeltojen kuusikoissa erilaisia latvavaurioita esiintyi 80 %:lla rungoista.

Asiasanat: kivennäismaapellot, turvemaapellot, mänty, kuusi, rauduskoivu
Kirjoittajien yhteystiedot: *Hynönen:* Pohjois-Savon metsäkeskus, Piispankatu 12, 70100 Kuopio. *Saksa:* Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki. Sähköposti tenho.hynonen.psmk@pp.kolumbus.fi, timo.saksa@metla.fi
Hyväksytty 2.9.1997

1 Johdanto

Pohjois-Karjalassa maatalousmaata on metsitetty vuodesta 1969 lähtien yli 26 000 hehtaaria (Metsätilastolliset vuosikirjat 1971–1991, Aarne 1993, 1994, 1995), mikä on lähes neljännes Pohjois-Karjalan nykyisestä peltoalasta (Suomen tilastollinen...1996) ja noin 13 % koko Suomen pellonmetsitysalasta. Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueella eniten peltoja metsitettiin vuonna 1993, jolloin metsitysala oli 2 217 ha (Aarne 1995). Pellonmetsitys jatkunee myös lähitulevaisuudessa melko korkealla tasolla koko Itä-Suomen alueella, koska metsitykselle taloudellisesti kilpailukykyisiä, vaihtoehtoisia pellon käyttömuotoja ei ole toistaiseksi löydetty.

Pellon metsityksen merkitys maataloustuotantoa vähentävänä tekijänä on osittain kompensoitunut samanaikaisesti tapahtuneen pellonraivauksen sekä maataloustuotannon tehostumisen vuoksi. 1980-luvun puolivälissä pellonraivaus oli vuosittain 5 000–15 000 ha pellonmetsitysalaa suurempi (Selby 1990). 1980-luvulla Pohjois-Karjalassa siirtyi peltoa metsätalousmaaksi 11 700 hehtaaria, ja samaan aikaan metsämaata raivattiin pelloksi 6 400 hehtaaria, joten nettovaikutus pellonmetsityksellä oli vain 5 300 hehtaaria (Valtakunnan metsien ...1992). Lisäksi metsitykset kohdistuivat huonoimpiin, kaukaisiin ja usein jo vuosia aktiivisesta viljelyksestä poissa olleisiin peltolohkoihin. Se edelleen vähensi pellonmetsityksen merkitystä maataloustuotantoa rajoittavana tekijänä.

Mänty oli Pohjois-Karjalan pellonmetsityksissä yleisin puulaji 1970-luvulla ja 1980-luvun alussa (Tapion vuosikirjat 1969–1981). Sen osuus oli korkeimmillaan yli 70 %. Kuusen osuus on ollut kaikista vähäisin, useina vuosina alle 10 %. 1970-luvun alkupuolella koivun osuus oli lähes 50 %. Vuosina 1993 ja 1994 2/3 pelloista on metsitetty rauduskoivulla ja männyn osuus on ollut vain pari prosenttia (Pohjois-Karjalan... 1993 ja 1994).

Eri puolilla Suomea tehdyt inventointitutkimukset osoittavat, että pellonmetsitykset ovat onnistuneet hyvin vaihtelevasti. Kuusen ja rauduskoivun metsitykset ovat onnistuneet selvästi männyn metsityksiä paremmin ja turvemaapeltojen metsitykset kivennäismaapeltojen metsityksiä huonommin (Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hytönen 1995, Kinnunen 1995, Kinnunen ja Aro 1996, Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997). Männyn sekä koivun taimien kuolleisuus alkuvaiheessa on kaikkein suurinta. Hytösen (1995a) mukaan ensimmäisen viiden vuoden kuluessa kuolee lähes 40 % männyistä ja rauduskoivuista. Myös eri puolilla Suomea toteutetut inventointitutkimuksen tulokset ovat olleet samantasoisia (Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Kinnunen ja Aro 1996, Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997). Turvemaapelloilla ensimmäisen kymmenen vuoden aikana istutustaimien kuolleisuus on noussut yli 50 %:n (Hynönen 1997a). Sen sijaan turvemaapelloilla kuusen taimikot säilyvät tiheydeltään vähintään tyydyttävinä, mutta kuusen alkukehitys jää mäntyä hitaammaksi (Valtanen 1991, Hytönen 1995a, Hynönen 1997a).

Pintakasvillisuus vaikuttaa eniten männyn ja vähiten kuusen alkukehitykseen (Hynönen 1976, Hytönen 1995a). Em. tutkimusten mukaan kookkaat paljasjuuritaimet menestyvät pellonmetsityksissä kaikkein parhaiten. Kuusella melkein ainoita merkittäviä tuhonaiheuttajia ovat halla ja kevätahava. Myyrä- ja hirvituhot voivat olla hyvin merkittäviä männiköissä ja koivikoissa (Henttonen ym. 1995, Heikkilä 1995). Koivulla on havaittu merkittävästi hirvituhoja jopa heti istutuksen jälkeisenä kesänä (Hytönen 1995a). Niin ikään jänis voi aiheuttaa suurta vahinkoa pienessä koivutaimikossa syömällä talvella hangen yläpuolisia verson osia. Koivikoissa myös kaskaiden ja myyrien koivun rungon vioituksista saattaa levitä helposti sienitauteja ja lahoa.

Tuoreiden kasvupaikkojen harvoissa taimikoissa männyistä kehittyy hyvin oksikkaita (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982) ja oksien paksuuskasvu voimistuu hyvissä valaistusolosuhteissa (Kellomäki 1981). Männyn tekninen laatu on usein todettu niin kivennäis- kuin turvemaapelloillakin huonoksi. Turvemaapelloilla männyt ovat tekniseltä laadultaan kivennäismaapeltoja huonompia. Yleisimpiä vikoja ovat rungon mutkaisuus, latvan katkeaminen ja monilatvaisuus (Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997).

Viljelystä poistettavan alueen metsittämiselle vaihtoehtoisia maankäyttömuotoja ei juuri ole ollut. Pellon metsitys on koettu taloudellisesti kannattavaksi maankäyttömuodoksi esim. kesantoon

verrattuna, vaikkakin pellonmetsitystulokset etenkin turvemaapelloilla ovat usein jääneet sangen heikoiksi (Valtanen 1991, Hynönen 1997a). Kivennäismailla metsitystulokset ovat sen sijaan olleet usein liiketaloudelliselta kannalta katsoen rohkaisevia (Aarnio ja Rantala 1994).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan 1970- ja 1980-luvulla istutettujen peltojen metsitystulosta Pohjois-Karjalassa. Erityisesti vertaillaan turve- ja kivennäismaiden metsitystuloksia, tarkastellaan syntyneiden taimikoiden metsänhoidollista tilaa sekä arvioidaan metsiköiden tulevaa kehitystä. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on tuottaa tietoa, jotta pellonmetsityksiin käytettävät varat voitaisiin ohjata mahdollisimman hyvin puuntuotantoa ajatellen niin yksityis- kuin kansantaloudellisesti.

2 Aineisto ja menetelmät

Pohjois-Karjalan metsälautakunta-alue (P 61°52'–63°53', I 28°22'–31°31') noudattelee pääpiirteissään Pohjois-Karjalan läänin rajoja. Tutkittujen peltojen voidaan olettaa olevan suurelta osin raivatun viljavista kivennäis- ja turvemaista. Joka neljännellä Pohjois-Karjalan pellolla muokkauskerros on eloperäistä maalajia, vajaa viidennes moreenia ja runsas kolmannes hienoa hietaa tai hienompia maalajeja. Vähiten turvemaapeltoja on Nurmeksessa (13 %) ja eniten Juuassa (32 %) (Kurki 1982).

Tutkimuksen kohteena olivat Pohjois-Karjalan metsälautakunta-alueen yksityismaiden vuosina 1970–72 (19-vuotiaat), 1975–77 (14-vuotiaat), 1980–83 (9-vuotiaat) ja 1985–87 (4-vuotiaat) toteutetut pellonmetsitykset. Vuosien 1985–87 otokseen valittiin vain turvemaapelloille perustettuja taimikoita, koska turvemaapeltojen metsityksen tiedettiin olevan ongelmallisempaa kuin kivennäismaapeltojen.Näin saatiin tietoa turvemaapeltojen männiköiden ja kuusikoiden alkukehityksestä sekä kehitykseen vaikuttavista tekijöistä. Turvemaapelloiksi maastossa määritetyillä kohteilla inventoitiin vain männylle tai kuuselle viljellyt pellot, kivennäismaapelloilla myös rauduskoivikot. Otos edusti 1,2 %:a ko. ajan Pohjois-Karjalan pellonmetsitysmäärästä. Myös Pohjois-Savossa inventointitutkimukset on toteutettu samalla periaatteella ja tulokset ovat keskenään vertailukelpoiset (Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997). Mitattavat metsityskohteet arvottiin ositetulla otannalla Pohjois-Karjalan metsälautakunnan hankerekisteristä. Otanta kohdistettiin metsälautakunta-alueen pohjois- ja eteläosaan. Inventoinnin suoritti kaksi ryhmää vuonna 1991: toinen metsälautakunnan pohjoisosassa ja toinen eteläosassa. Inventoinnin alussa järjestettiin ryhmille maastossa koulutusta ja työryhmien työtä seurattiin maastotarkastuksin inventoinnin aikana.

Kivennäismaapeltoja (83–240 metriä merenpinnan yläpuolella) oli 59 kpl (57,3 ha) ja turvemaapeltoja (78–245 m mpy) 49 kpl (56,3 ha). Pelloista oli muokkaamatta 23, pallekynnetty 70, mätästetty 13, metsäaurattu yksi, ja muuta järeäksi luokiteltua muokkausta oli käytetty yhdellä kohteella. Turvemaapelloista oli muokkaamatta 14 % ja kivennäismaapelloista 27 %. Tulosten laskentavaiheessa mätästysaloihin yhdistettiin muilla menetelmillä järeästi muokatut kohteet. Mätästystä oli käytetty muokkausmenetelmänä vasta 1980-luvulla perustetuissa taimikoissa, ja 4-vuotiaat taimikot olivat kaikki muokatuilla aloilla.

Inventoinnin yhteydessä kasvupaikat luokitettiin kuuluviksi siihen ravinteisuustasoon, mitä ne todennäköisimmin olivat olleet ennen pelloksi raivaamista (Huikari ym. 1963, Lehto ja Leikola 1987, vrt. Cajander 1933). Tulosten laskentavaiheessa soiden kasvupaikkatyypit yhdistettiin neljäksi eri ravinteisuustasoksi (lehtoiset ja ruohoiset ruohoisiksi, mustikkaiset-suursaraiset mustikkaisiksi, puolukkaiset-piensaraiset ja isovarpuiset-tupasvillaiset puolukkaisiksi ja rahkaiset-jäkäläiset varpuisiksi) (Hynönen 1997a). Kivennäismaapellot yhdistettiin kahdeksi eri kasvupaikkaryhmäksi: tuoreet ja näitä viljavammat sekä kuivahkot kankaat. Alkuperäistä kasvupaikkatyyppiä määritettäessä apuna käytettiin pellon ympärillä olevia kasvupaikkoja, maaperätietoja, pellon kasvilajistoa ja kasvillisuuden määrää. Kohdetta pidettiin entisenä turvemaapeltona, mikäli alue voitiin todeta suosta raivatuksi ja mikäli muokkauskerroksessa oli eloperäistä ainesta (Hynönen 1997a).

Inventointimenetelmänä käytettiin systemaattista linjoittaista ympyräkoeala-arviointia (Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997). Koealan koko oli 20 m^2; vesat luettiin 10 m^2:n alalta. Vesoiksi luettiin vesasyntyisten koivujen lisäksi kaikki muut

lehtipuut. Taimiainekseksi luettiin alle 10 cm:n pituiset havupuut sekä alle 50 cm:n pituiset koivut koealan keskipisteestä yhden neliömetrin alalta. Yhden neliömetrin ympyräkoealalta määritettiin myös peittävyydeltään yleisin pohja- ja kenttäkerroksen laji. Taimikoista tarkistettiin maastossa hankerekisteristä saadut viljelypuulajia, viljelyajankohtaa ja muokkaustapaa koskevat tiedot.

Taimista (yli 10 cm:n havupuut ja yli 50 cm:n koivut) määritettiin puulaji, syntytapa, pituus (cm) ja kasvatuskelpoisuus kaikilta koealoilta. Viljelytaimet, mukaan lukien täydennystaimet, oli pellonmetsitysaloilla helppo erottaa luontaisista taimista viljelytaimien hyvin systemaattisen sijainnin vuoksi. Täydennystaimet ja alkuperäiset viljelytaimet erotettiin toisistaan lähinnä iän ja/tai koon perusteella. Erikoiskoealojen (parilliset koealat) taimista määritettiin edellisten lisäksi taimen syntytaso ympäristöön nähden (painanne, kohouma, maanpinnan keskitaso), kasvualustan laatu (muokkausjälki, muokkaamaton kohta), taimen ikä (v), havupuilla kolmen viimeisen vuoden pituuskasvut (cm), rinnankorkeusläpimitta (mm), tuhot, viat, ranganvaihdot ja viimeisestä ranganvaihdosta kulunut aika, haarojen lukumäärä, kuntoluokka sekä etäisyys lähimpään ojaan (dm).

Silmävaraisesti määritettiin myös taimissa havaitut kasvuhäiriöt (mm. monihaaraisuus) ja ravinnepuutosoireet (esim. neulasten normaalista poikkeava väri). Lisäksi mitattiin koealan keskipistettä lähinnä olevasta kasvatuskelpoisesta viljelymännystä paksuimman oksan läpimitta (mm) lähinnä rinnankorkeuden yläpuolella olevasta oksakiehkurasta sekä arvioitiin tekninen laatu ja yleislaatu. Mäntyjen tekninen laatuluokitus oli seuraava: 1 = normaali, 2 = oksainen, 3 = mutkainen, 4 = haarainen, 5 = oksainen + mutkainen, 6 = oksainen + haarainen, 7 = mutkainen + haarainen, 8 = oksainen + mutkainen + haarainen ja 9 = runko katkennut. Mäntyjen yleislaatuluokitus oli seuraava: 1 = hyvä, 2 = tyydyttävä, 3 = huono ja 4 = runko katkennut.

Kasvatuskelpoisten puiden minimietäisyytenä toisistaan pidettiin 0,8:aa metriä (ks. Pohtila 1980). Koivut eivät saaneet olla mäntyjä pitempiä, mikäli ne eivät kasvaneet selvästi aukoissa. Kasvatuskelpoiset istutetut täydennystaimet ovat mukana kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrissä. Taimien kasvatuskelpoisuusluokitus oli seuraava: 1 = kasvatuskelpoinen, 2–6 = kasvatuskelvoton pituuden, tilajärjestyksen, kunnon, puulajin tai muun syyn vuoksi ja 7 = kasvatuskelpoinen verhopuu. Taimien kuntoluokitus oli seuraava: 1 = terve, 2 = lievä tuho, 3 = heikentynyt, 4 = kituva ja 5 = kuollut.

Lisäksi määritettiin silmävaraisesti kasvupaikka ja pintakasvillisuuden määrä, mitattiin pintakasvillisuuden ja vesojen keskipituus sekä vesojen lukumäärä. Kunkin kohteen inventoinnin loputtua metsitysalalla arvioitiin taimikon aukkoisuus ja tasaisuus sekä tehtiin yleisarvio metsitystuloksesta (hyvä, tyydyttävä, huono, täysin epäonnistunut).

Inventoinnin yhteydessä jokaisen kivennäismaapellon kolmelta eri koealalta karikekerroksen alapuolelta otettiin maanäytteet 0–10, 10–20 ja 20–30 cm:n kerroksista. Metsityskohteittain maanäytteet yhdistettiin kerroksittain yhdeksi kokoomanäytteeksi. Näytteet otettiin lieriömäisellä näytteenottoputkella, jonka halkaisija oli 9,5 cm. Näytteistä tehtiin mekaaninen maa-analyysi Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla.

Tavoitteena oli saada kuhunkin taimikkoon vähintään 20 koealaa. Turvemaapelloilla oli kaikkiaan 1 032 ja kivennäismaapelloilla 1 309 koealaa. Linja- ja koealaväli määräytyi peltokuvion pinta-alan mukaan. Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolen linja- ja koealavälin päähän pellonreunasta, jona pidettiin mahdollista niskaojaa tai, jos sitä ei ollut, paikkaa, josta metsityksen voitiin todeta alkavan. Linjojen suunta oli aina etelä–pohjoinen tai itä–länsi.

Tulosten laskentavaiheessa taimikot ryhmiteltiin turve- ja kivennäismaapeltoihin sekä metsityspuulajin ja taimikon iän mukaan. Tuloksia on käsitelty myös muodostamalla uusia ositteita tarkasteltavan muuttujan mukaan. Esim. taimien kuntoa, kasvatuskelpoisuutta ja pituutta tarkasteltaessa laskentayksikkönä on yksi taimi. Eri ositteiden hehtaarikohtaiset taimimäärät ovat pinta-alapainotettuja. 1970-luvulla perustettujen taimikoiden tilavuus laskettiin Laasasenahon (1982) esittämien yhtälöiden avulla.

3. Tulokset

3.1 Kasvupaikka ja puulajivalinta

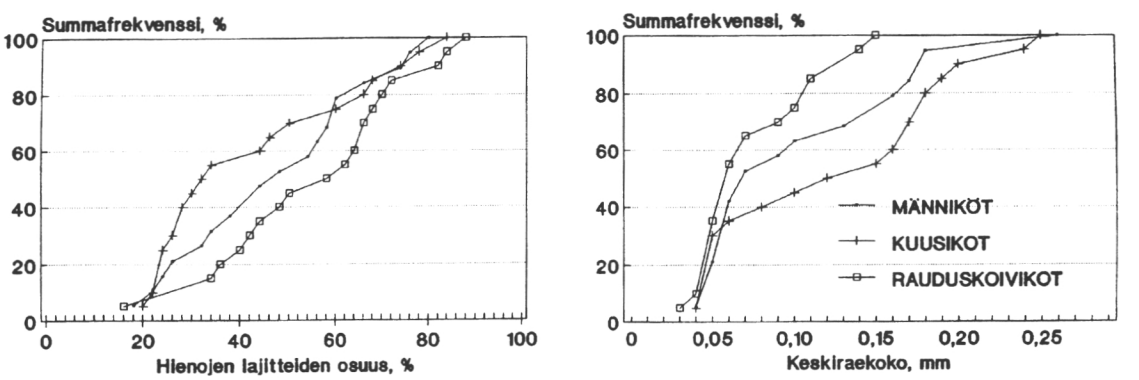
Tutkituista kivennäismaapelloista 25 % (turvemaapelloista vain 5 %) oli raivattu pelloksi jo viime vuosisadalla. Yli puolet turvemaapelloista (30 % kivennäismaapelloista) oli melko nuoria toisen maailmansodan jälkeen raivattuja kohteita. Ennen metsitystä 40 % pelloista oli ollut viljelemättä kaksi vuotta tai vähemmän. Kuusen istutuskohteet olivat olleet viljelemättä keskimäärin yli seitsemän vuotta ennen metsitystä, kun männyn ja rauduskoivun metsityskohteissa vastaava aika oli ollut keskimäärin kolmesta neljään vuotta. Kuusella metsitetyistä kohteista yli kymmenen vuotta viljelemättä olleita peltoja oli lähes 40 prosenttia. 1980-luvulla metsitetyt kohteet olivat olleet kauemmin viljelemättä kuin 1970-luvulla metsitetyt pellot. Samoin turvemaapellot olivat olleet kauemmin viljelemättä ennen metsitystä kuin kivennäismaapellot. Yli 50 %:lla pelloista viimeisenä viljelykasvina oli ollut heinä. Pintakasvillisuuden ja metsityskohteeseen rajoittuneiden kankaiden/soiden avulla arvioituna 75 % turvemaapelloista luokitettiin ravinteisuudeltaan ruohoisiksi tai mustikkaisiksi ja kivennäismaapelloista vastaavasti noin 90 % oli lehtomaisia tai mustikkaisia kasvupaikkoja.

Kivennäismaapelloilla muokkauskerroksen yleisin maalajite oli hieno hieta tai sitä hienojakoisempi maalajite (raekoko alle 0,06 mm). Koivikoissa näiden hienojen maalajitteiden osuus (keskimäärin 54 %) oli suurempi kuin männiköissä (47 %) tai kuusikoissa (41 %) (kuva 1). Tämä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($F = 2,08$, $p = 0,135$). Erityisesti nuorimmat männiköt ja kuusikot sekä vanhimmat kuusikot olivat maaperältään hieman muita karkeampijakoisilla pelloilla. Keskiraekoko oli rauduskoivulla metsitetyillä pelloilla (keskimäärin 0,07 mm) lähes merkitsevästi pienempi kuin kuuselle istutetuilla pelloilla (keskimäärin 0,12 mm; $F = 3,80$, $p = 0,028$).

Istutuspuulajista riippumatta vuosina 1975–1977 metsitetyt kohteet olivat maaperältään hienojakoisempia maita kuin muut kohteet. Näissä metsityskohteissa hienojen lajitteiden osuus oli lähes merkitsevästi suurempi ja hiekan pienempi kuin sitä

Taulukko 1. Metsityskohteiden maalajitejakauma (keskiarvo ± hajonta, %) eri aikoina perustetuissa kivennäismaapeltojen metsityskohteissa. Eri ajankohtina istutettujen metsityskohteiden maalajiteryhmien välisten erojen testaus varianssianalyysillä.

Metsitys-ajankohta	n	Raekoko, mm –0,06	0,06–0,02	0,2–2,0	2,0–
1970–72	22	43±18	27±9	26±13	3±3
1975–77	21	58±22	24±11	17±12	2±3
1980–83	16	46±19	27±9	24±12	3±3
F-arvo		3,29	0,97	3,24	1,35
p-arvo		0,045	0,387	0,047	0,269



Kuva 1. Hienojen maalajitteiden osuuden (raekoko < 0,06 mm) sekä keskiraekoon summafrekvenssijakaumat männyllä, kuusella ja rauduskoivulla metsitetyillä kivennäismaapelloilla.

vanhemmissa tai nuoremmissa kohteissa (taulukko 1). Viidessä metsityskohteessa hienojen lajitteiden osuus nousi yli 80 %:n.

Keskimääräinen muokatun maanpinnan osuus vaihteli metsityksen yhteydessä muokatuilla pelloilla 40–60 %. Männyllä metsitetyistä turvemaapelloista 75 % ja kuusella metsitetyistä 52 % oli paksuturpeisia (turvekerroksen paksuus yli 70 cm). 1980-luvulla männyllä metsitetyt turvemaapellot olivat keskimäärin ohutturpeisempia kuin vastaavat 1970-luvulla metsitetyt pellot. Kuusen metsityskohteissa muutos oli ollut päinvastainen.

Kivennäismaapeltojen kuivatus oli koivikoita lukuun ottamatta hyvä. Sen sijaan turvemaapelloilla kuivatus todettiin huonojen ojien vuoksi hyvin usein riittämättömäksi. Erityisesti vesitalouden järjestelyä tarvittaisiin 1970-luvulla perustetuissa turvemaiden kuusikoissa, joille suositeltiin ojien perkausta tai uutta ojitusta.

3.2 Viljelytulos

Kivennäismaapelloilla elossa olleista viljellyistä männyistä tulkittiin kasvatuskelpoisiksi yli 90 % ja turvemaapelloilla noin 80 %. Yleisin kasvatuskelvottomuuden syy oli taimen heikko kunto. 1970- ja 1980-luvun alun männyllä metsitetyillä kivennäismaapelloilla oli kasvatuskelpoisia istutustaimia, perusmetsitystaimia ja täydennystaimia merkitsevästi enemmän kuin turvemaapelloilla ($F = 21{,}78$, $p = <0{,}001$). Kivennäismailla viljelytulos jäi 11 %:ssa ja turvemailla 52 %:ssa metsityskohteista heikoksi (alle 800 kasvatuskelpoista istutustainta hehtaarilla) (kuva 2). Keskimääräinen taimikon tiheys jäi turvemailla 810 taimeen ($s = 500$), kun se kivennäismailla ylsi 1 560 taimeen ($s = 630$) hehtaarilla. Turvemaapeltojen viljelytulosta heikensivät erityisesti vuosina 1977 ja 1981 tehdyt metsitykset, joiden voidaan katsoa epäonnistuneen lähes täysin. Vuosina 1986 ja 1987 perustetuissa nuorissa turvemaapeltojen metsityksissä viljelytulos oli vielä keskimääräistä parempi. Männyntaimia oli 9-vuotiaissa taimikoissa mätästetyillä turvemaapelloilla vähemmän kuin pallekynnetyillä aloilla ($F = 5{,}81$, $p = 0{,}040$). Viljelytuloksen kohentamiseksi 60 %:a männyllä tehdyistä metsityksistä oli täydennetty. Nuorimmissa turvemaamänniköissä oli lähes 1 000 ja vanhimmissa kivennäismaamänniköissä 300 täydennystainta hehtaarilla.

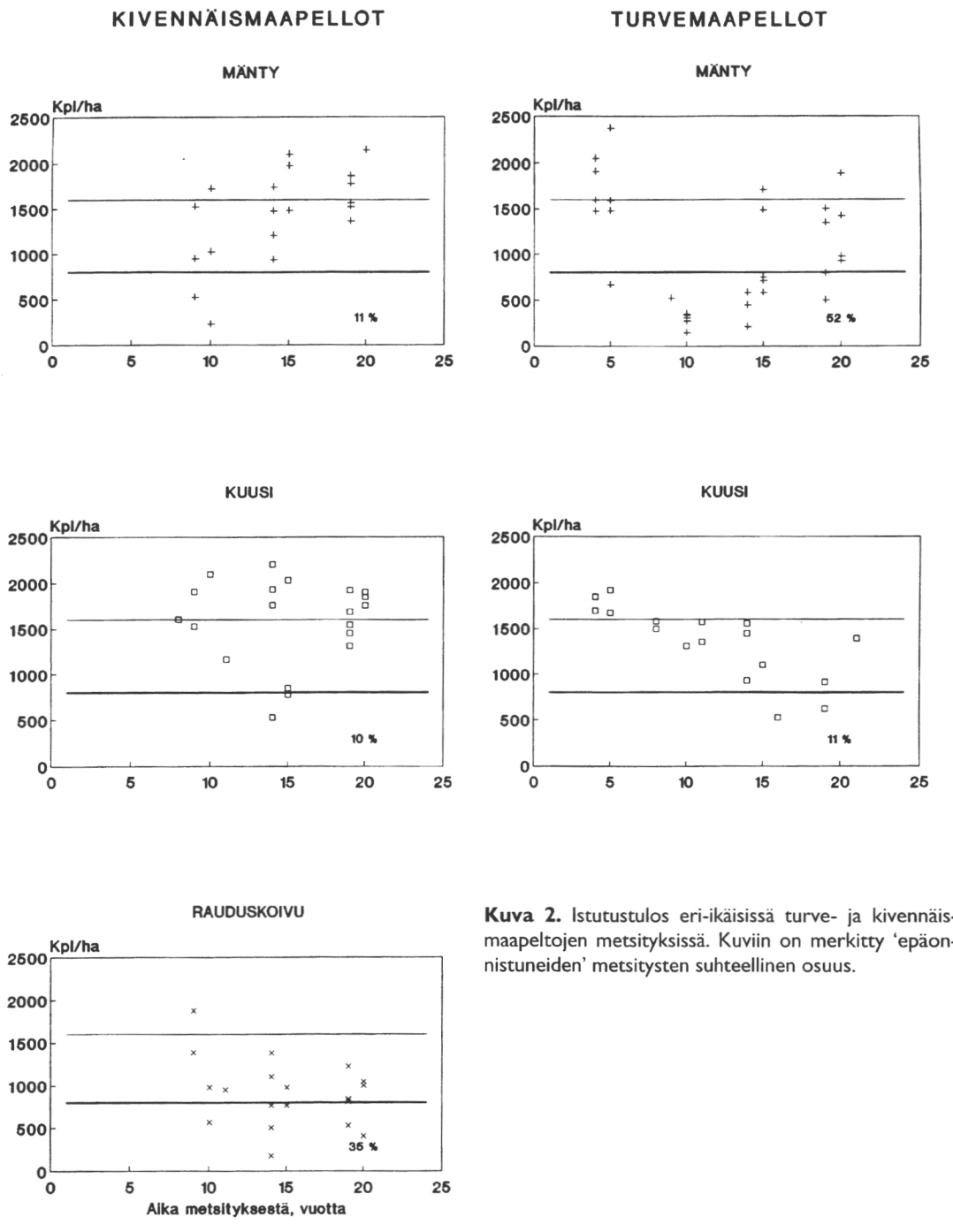
Mittausajankohtana elossa olleista istutuskuusista yli 90 % tulkittiin edelleen kasvatuskelpoisiksi. Kuusen istutustulos oli kivennäismaapelloilla parempi kuin turvemaapelloilla ($F = 4{,}93$, $p = 0{,}036$; vuosien 1970–1983 metsitykset). Kivennäismaapelloilla taimimäärät olivat hehtaaria kohti 200–500 kappaletta suurempia kuin turvemaapelloilla. Sekä turve- että kivennäismaapelloilla kuusentaimia oli järeästi muokatuilla aloilla enemmän kuin pallekynnetyillä aloilla. Turvemaapelloilla ero oli tilastollisesti merkitsevä ($F = 4{,}785$, $p = 0{,}013$). Viljelytulos jäi heikoksi (kasvatuskelpoisia viljelytaimia alle 800 kpl/ha) joka kymmenennessä metsityskohteessa. Viljelytaimikon keskimääräinen tiheys oli kivennäismailla 1 720 kpl/ha ($s = 440$) ja turvemailla 1 380 kpl/ha ($s = 330$). Kuusitaimikoissa täydennysviljelyä oli tehty mäntytaimikoita vähemmän (37 %:ssa kohteista), eikä sillä ollut käytännön merkitystä viljelytulokselle.

Koivikoissa oli kasvatuskelpoisia viljelytaimia (noin 90 % kaikista elossa olleista istutustaimista) keskimäärin 1 010 kpl/ha ($s = 410$). Kahta vanhimman ikäluokan koivikkoa oli jo harvennettu. Muokkaamatta istutetuissa koivikoissa oli merkitsevästi vähemmän viljelytaimia kuin muokatuilla aloilla ($F = 7{,}29$, $p = 0{,}021$). Joka kolmannessa kohteessa viljelytulos jäi heikoksi (alle 800 kasvatuskelpoista tainta hehtaarilla), ja vain yhdessä koivikossa oli yli 1 600 viljelytainta hehtaarilla. Joka neljättä koivunistutusta oli täydennetty, mutta vain yhdessä kohteessa täydennyksen ansiosta päästiin hyvään viljelytulokseen.

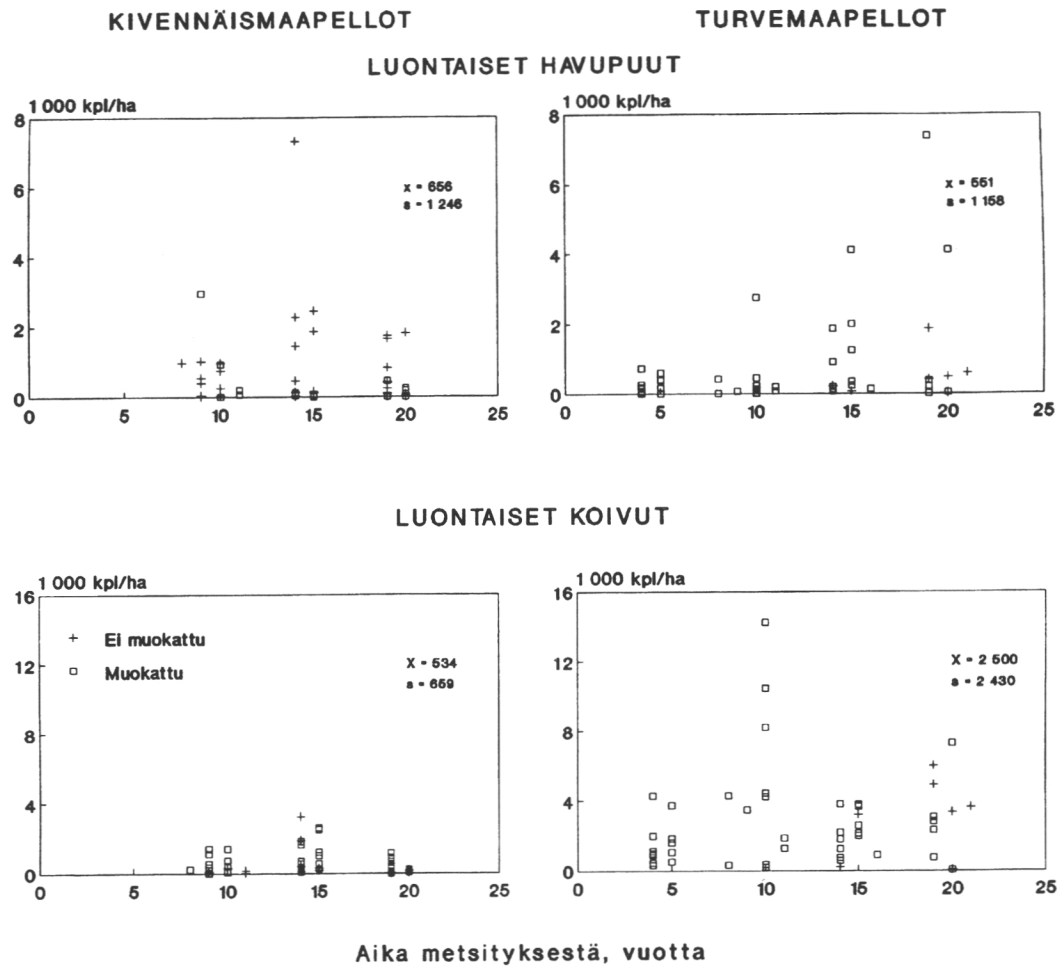
3.3 Luontainen taimettuminen

Luontaisia havupuita oli syntynyt sekä turve- että kivennäismaapelloille hehtaaria kohti noin 600 kappaletta, joista 80–90 % oli kuusia (kuva 3). Eniten luontaisia kuusia oli vanhimmissa taimikoissa. Muutamassa yksittäisessä, yleensä muokatussa, metsityskohteessa luontaisten havupuiden määrä nousi yli 2 000 taimen hehtaarilla. Havupuiden esiintyminen oli hyvin ryhmittäistä, sillä vain joka neljännellä koealalla oli havupuita.

Koivuja oli turvemaapelloilla viisinkertainen mää-



Kuva 2. Istutustulos eri-ikäisissä turve- ja kivennäismaapeltojen metsityksissä. Kuviin on merkitty 'epäonnistuneiden' metsitysten suhteellinen osuus.



Kuva 3. Luontaisten havupuiden ja koivujen määrä eri-ikäisillä turve- ja kivennäismaapeltojen metsityksillä. Muokatut kohteet on merkitty neliöllä ja muokkaamattomat ristillä.

rä kivennäismaapeltoihin verrattuna ($F = 35{,}00$, $p = <0{,}001$). Turvemaapelloilla rauduskoivuja oli 4 % ja kivennäismaapelloilla 30 % kaikkien koivujen määrästä. Enimmillään turvemaapelloilla oli hieskoivuja lähes 14 000 kpl/ha ja kivennäismaapelloilla vain runsaat 2 500 kpl/ha. Turvemaapelloilla hieskoivuja ei ollut 40 %:lla ja kivennäismaapelloilla 75 %:lla koealoista. Turvemaapelloilla luontaisia taimia oli sitä vähemmän, mitä viljavampi oli kasvupaikka lukuun ottamatta varpuisia kasvupaikkoja, joissa taimimäärä oli suurin piirtein sama kuin ruohoisilla kasvupaikoilla. Eri muokkaustapojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa luontaisten taimien määrissä. Tosin turvemaapelloilla luontaisia koivuja oli eniten muokkaamattomilla pelloilla.

Turvemaapelloille oli edelleen syntynyt lisää koivuja. Koivun taimiainesta (pituus alle 50 cm) oli turvemaapelloilla keskimäärin yli 4 000 kpl/ha, kun sen määrä kivennäismaapelloilla jäi kymmenenteen osaan siitä. Nämä pienet taimet olivat jakaantuneet metsitysaloille muita luontaisia taimia epätasaisemmin; keskimäärin yli 90 %:lla koealoista niitä ei ollut lainkaan.

3.4 Metsitystulos

Kivennäismaapeltojen metsitystulos kasvatuskelpoisten puiden määrällä arvioituna oli sekä männiköissä että kuusikoissa parempi kuin turvemaapelloilla. Männiköiden metsitystulosta paransivat huomattavasti täydennysviljely sekä erityisesti luontaisesti syntyneet taimet (taulukko 2). Luontaisia koivuja hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi sitä enemmän, mitä huonompi oli varsinainen istutustulos. Männyllä metsitetyillä turvemaapelloilla koivujen osuus nousi 32 %:iin kasvatuskelpoisten puiden määrästä. Suuresta luontaisten taimien määrästä huolimatta 1980-luvun alussa männyllä metsitetyillä kohteilla jäi kaikkien kasvatuskelpoisten taimien määrä alle 1 000 kpl/ha ja luontaisten taimien osuus oli selvästi yli puolet kaikista taimista. Kivennäismaapelloilla luontaisten taimien merkitys jäi etenkin männiköissä merkitsevästi pienemmäksi kuin turvemaapelloilla. Kivennäismaapeltojen puustot muodostuivat lähes 90 prosenttisesti viljelytaimista.

Tarkasteltaessa metsitystulosta tiheyden ja uudistusalojen aukkoisuuden perusteella havaittiin, että kuusikot olivat selvästi parempia kuin männiköt tai koivikot. Kivennäismaapelloilla kuusikoista vähintään 60 %:lla oli kasvatuskelpoisia taimia yli 1 600 kpl/ha ja tyhjäkoealasadannes alle 4 % (kuva 4). Joka neljäs ennen 1980-luvun puoltaväliä perustettu männikkö on jäänyt niin aukkoiseksi (tyhjiä koealoja yli 20 % ja taimikon tiheys alle 800 runkoa/ha), että näissä metsiköissä puuston vähäisyys heikentää puuntuotosta.

3.5 Taimikoiden pituus- ja tilavuuskehitys

Kivennäismaapelloilla kasvaneet istutusmännyt olivat 20 vuoden kuluttua metsityksestä vain hieman pitempiä kuin turvemaapelloilla. Ero ei tässä otoksessa osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi (kuva 5). Sen sijaan kuusikoiden pituuskehitys oli selvästi nopeampaa kivennäis- kuin turvemaapelloilla. Vanhimmissa taimikoissa pituuskehitysero oli peräti viisi metriä. Kivennäismaapelloilla männiköiden pituuskehitys oli aluksi nopeampaa kuin kuusikoiden, mutta kahdenkymmenen vuoden iällä kuusikot ja männiköt olivat saavuttaneet 7–8 metrin keskipituuden. Vastaavalla iällä koivikoiden keskipituus ylsi 12 metriin.

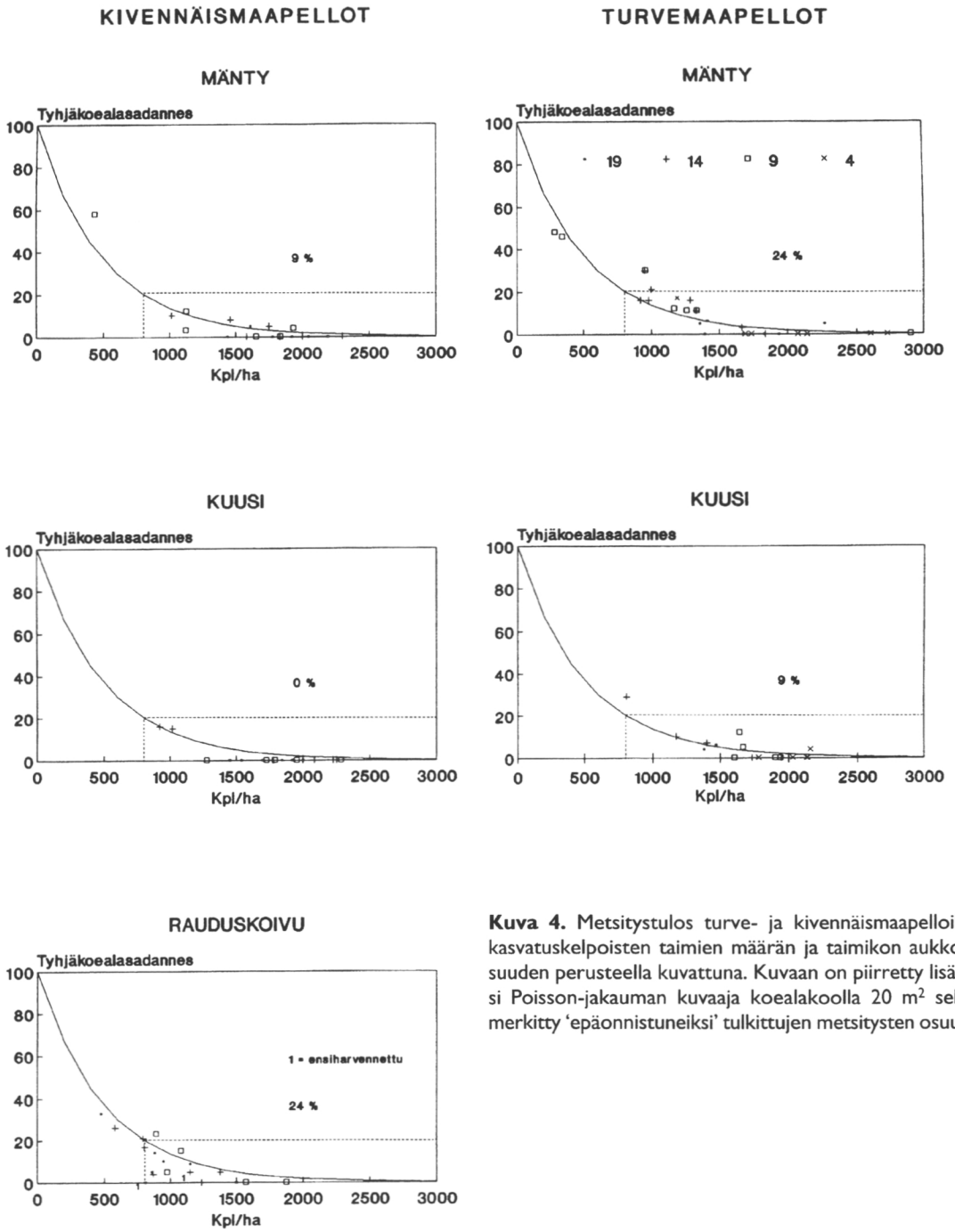
Taulukko 2. Kasvatuskelpoisten taimien määrä männiköissä, kuusikoissa ja koivikoissa. Metsitystuloksen erojen testaus turve- ja kivennäismaapeltojen männiköissä ja kuusikoissa yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tarkastelussa ovat mukana ennen vuotta 1985 perustetut metsitykset.

	Kasvatuskelpoisia taimia kaikkiaan kpl/ha	Luontainen täydennys kpl/ha	Luontaisia koivuja %	Viljelytaimia %
Männiköt				
Turvemaa	1193±549	527±503	32	55
Kivennäismaa	1570±506	173±202	8	89
F-arvo	5,87	8,60		
p-arvo	0,019	0,005		
Kuusikot				
Turvemaa	1581±355	374±137	18	77
Kivennäismaa	1776±352	172±351	5	90
F-arvo	1,93	3,33		
p-arvo	0,178	0,080		
Rauduskoivikot	1042±389	144±160	6	86

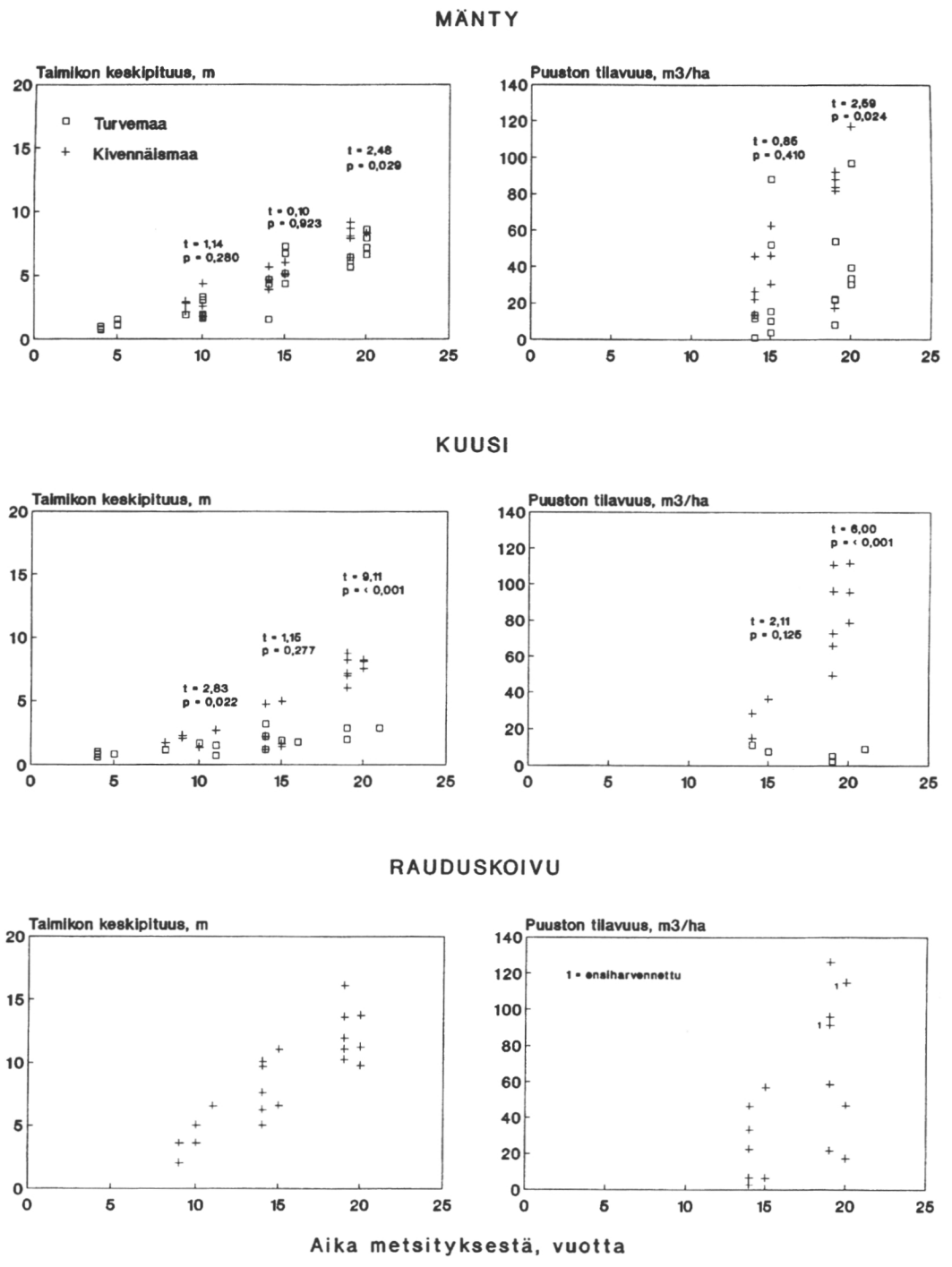
Männyn ja kuusen läpimitan kehitys oli kivennäismaapelloilla turvemaapeltoja nopeampaa. Kivennäismaapelloilla kaikkien puulajien keskiläpimitat olivat vähintään 120 mm. Koivikoiden keskiläpimitta oli 129 mm. Turvemaapelloilla männiköiden läpimitta oli 20 vuoden iällä 100 mm ja kuusikoiden vain noin 50 mm.

Sekä turve- että kivennäismaapelloilla taimien pituus ja läpimitta kasvoivat maan viljavuuden parantuessa. Mustikkaisilla ja sitä viljavammilla turvemaapelloilla männyn pituus ja myös läpimitta olivat suunnilleen samat kuin mustikkaisella ja lehtomaisella kivennäismaapellolla. Sen sijaan kuusen pituus ja läpimitta poikkesivat toisistaan huomattavasti turvemaa- ja kivennäismaapelloilla, vaikka ravinteisuudessa ei ollut eroja. Lehtomaisiksi määritetyillä kivennäismaapelloilla koivut olivat selvästi pidempiä kuin mustikkaisilla kasvupaikoilla. Vanhimmissa taimikoissa ero oli yli metrin.

Kivennäismaapelloilla kasvatuskelpoisten istutuskuusien kuutiomäärä oli 19 vuoden iällä korkein, keskimäärin 85 m^3/ha (kuva 5). Männiköidenkin tilavuus oli 83 m^3/ha. Varttuneissa koivikoissa, joi-



Kuva 4. Metsitystulos turve- ja kivennäismaapelloilla kasvatuskelpoisten taimien määrän ja taimikon aukkoisuuden perusteella kuvattuna. Kuvaan on piirretty lisäksi Poisson-jakauman kuvaaja koealakoolla 20 m^2 sekä merkitty 'epäonnistuneiksi' tulkittujen metsitysten osuus.



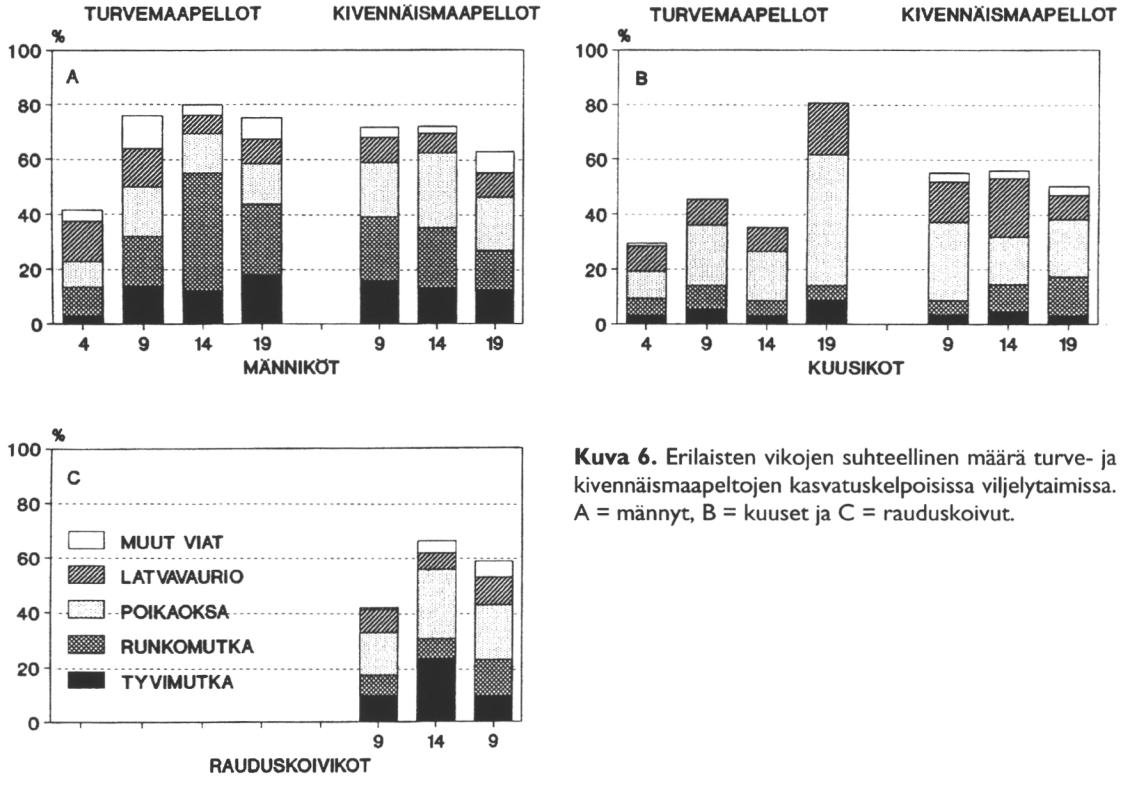
Kuva 5. Männiköiden, kuusikoiden ja rauduskoivikoiden keskipituus sekä puuston tilavuus metsityksestä kuluneen ajan funktiona. Kivennäis- ja turvemaapeltojen välisten pituus- ja tilavuuserojen testaus t-testillä.

ta kahta oli jo harvennettu, kuutiomäärä oli 66 m³/ha. Turvemaapelloilla kasvavien männiköiden puuston määrä, keskimäärin 42 m³/ha, oli yli viisinkertainen kuusikoihin verrattuna. Vanhimmissa koivikoissa ja turvemaapeltojen männiköissä tilavuuden vaihtelu oli poikkeuksellisen suuri. Maan kuivatusaste vaikutti voimakkaasti koivikoiden kasvuun. Kuivatuksen ollessa hyvä koivikoiden kuutiomäärä oli viisinkertainen verrattuna aloihin, joilla kuivatus oli huono ($t = 4{,}65$, $p = 0{,}001$). Merkittävässä osassa varttuneista kuusikoista pituuskehitys oli ollut niin hidas, ettei taimikoiden tilavuuksia ollut tarkoituksenmukaista määrittää kaikkien taimikoiden osalta. Kasvatuskelpoisten luontaisten taimien kokonaistilavuus vanhimmissa metsiköissä oli keskimäärin 3–7 m³/ha, ja ne olivat suurimmaksi osaksi koivuja.

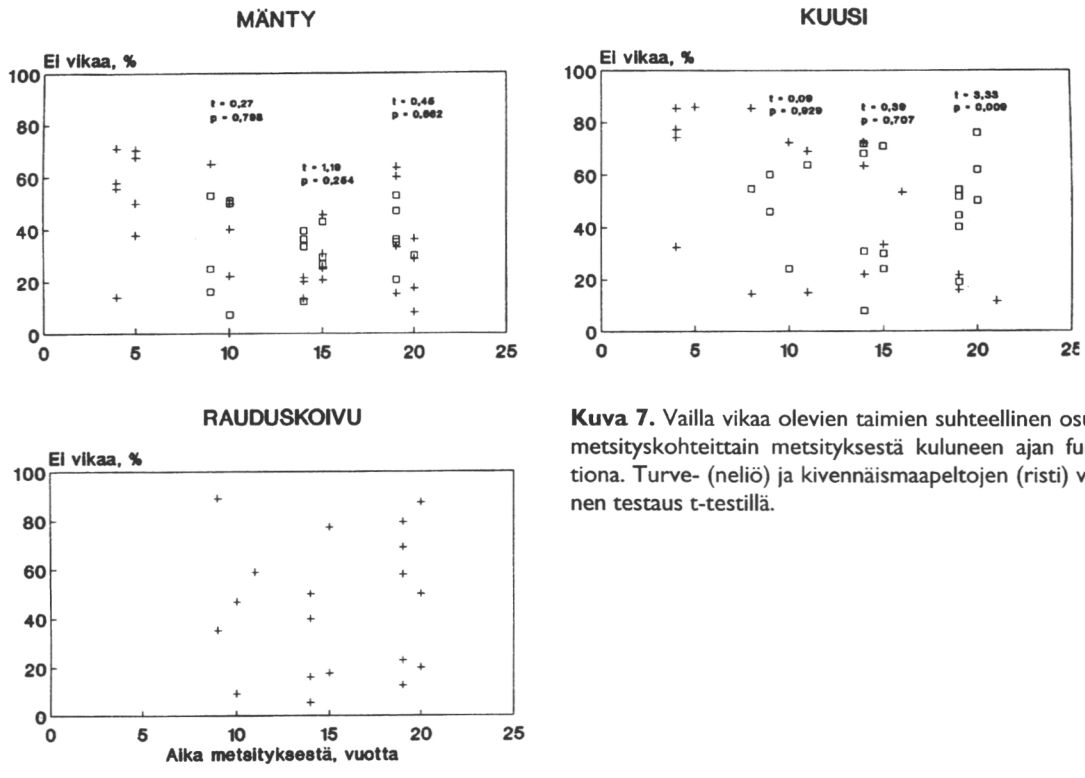
3.6 Viljelytaimien kunto ja ulkoinen laatu

Männiköissä hyväkuntoisten (terveet + lievästi tuhon runtelemat) puiden osuus oli kivennäismaapelloilla taimikon iästä riippumatta suurempi kuin turvemaapelloilla. Joissakin vanhimmissa turvemaapeltojen metsityksissä hyväkuntoisia puita oli enää 30 % kasvatettavasta puustosta. Kuusikoissa ja koivikoissa hyväkuntoisten istutustaimien osuus pysyi yleensä 60–80 %:ssa.

Sekä turve- että kivennäismaapeltojen metsityksillä keskimäärin lähes 40 % kasvatuskelpoisista männyistä luokiteltiin mutkaisiksi (kuva 6). Mutkaisten rauduskoivujenkin osuus nousi keskimäärin yli 20 %:iin. Kuusen tyvi- ja runkomutkat olivat mäntyä ja rauduskoivua vähäisempiä. Latvavaurioita ja aiemmista latvavaurioista aiheutuneita poikaoksia oli keskimäärin joka kolmannessa kasvatettavassa puussa. Erityisen paljon näitä vaurioita



Kuva 6. Erilaisten vikojen suhteellinen määrä turve- ja kivennäismaapeltojen kasvatuskelpoisissa viljelytaimissa. A = männyt, B = kuuset ja C = rauduskoivut.



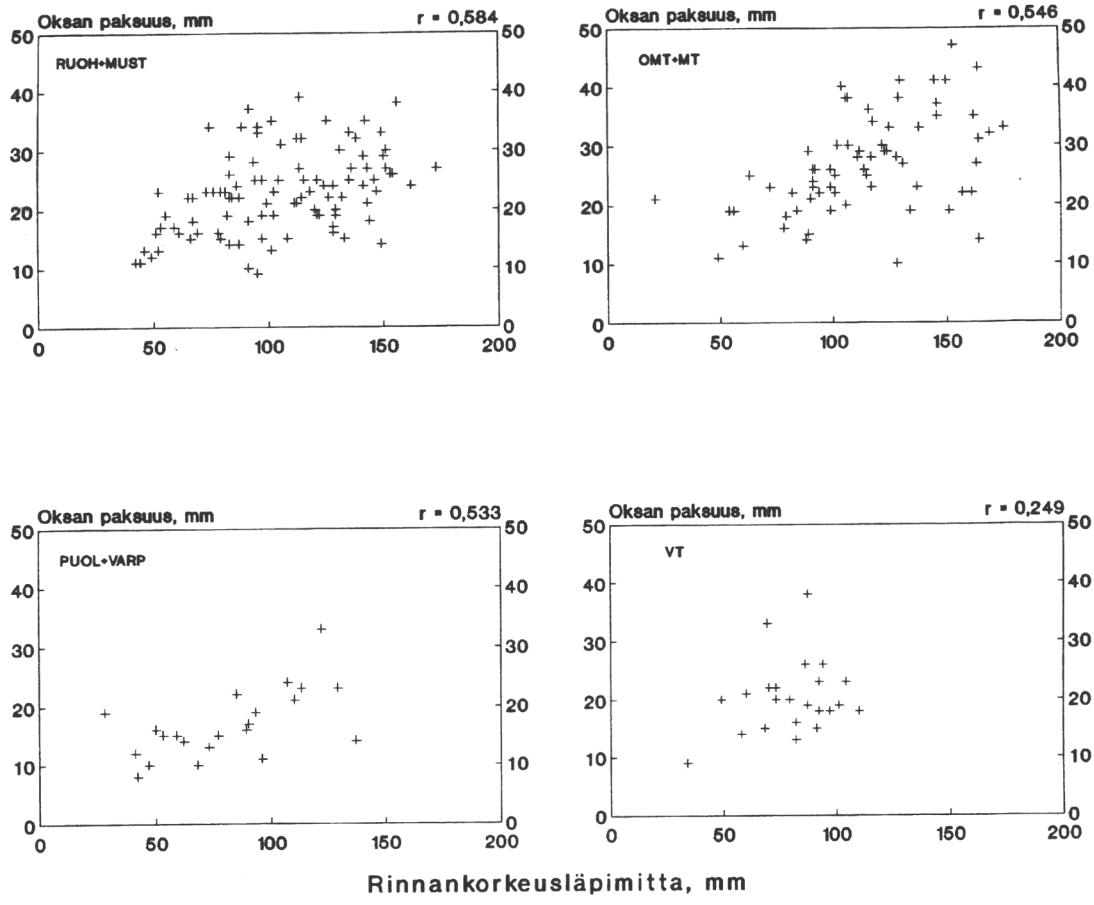
Kuva 7. Vailla vikaa olevien taimien suhteellinen osuus metsityskohteittain metsityksestä kuluneen ajan funktiona. Turve- (neliö) ja kivennäismaapeltojen (risti) välinen testaus t-testillä.

oli turvemaiden varttuneissa kuusikoissa, joissa lähes 70 % puista oli kokenut latvavaurion 20 ensimmäisen vuoden aikana. Lähes joka kolmannen kuusen pääranka oli vaihtunut vähintään kaksi kertaa. Inventoitaessa selkeästi yksilatvaisia kuusista oli 60–80 % lukuunottamatta vanhimpia kivennäismaapeltojen kuusikoita. Männiköissä ja koivikoissakin latvavaurioisten puiden osuus kasvoi keskimäärin 30–40 %:iin. Inventointihetkellä joka kolmannella koivulla ja joka viidennellä männyllä oli useita kilpailevia latvoja. Kivennäismaapelloilla vailla vikaa olevien kuusien suhteellinen osuus oli suurempi kuin turvemaapelloilla (kuva 7). Taimikoiden välinen vaihtelu oli erittäin suuri kaikilla puulajeilla.

Männyllä yleisimmät tuhonaiheuttajat olivat sienitaudit, vesat ja puusto sekä turvemaapelloilla näiden lisäksi ravinnepuutos. Myös hirvien aiheuttamia tuhoja esiintyi yleisesti. Istutuskuusien kuntoa myös kaikkein vanhimmissa turvemaapeltojen kuusikoissa olivat heikentäneet ennen kaikkea halla ja ravinnepuutos. Pintakasvillisuus, vesat ja puusto vaikuttivat haitallisesti myös kuusikoiden kehitykseen.

Mäntyjen ulkoista laatua arvioitiin myös mittaamalla paksuimman oksan läpimitta (paksuin oksa ensimmäisessä rinnankorkeuden yläpuolella olevassa oksakiehkurassa) 1970-luvulla perustetuista männiköistä. Turve- ja kivennäismaapeltojen välillä ei ollut tilastollista eroa paksuimman oksan paksuudessa ($F = 0{,}213$, $p = 0{,}646$, $n = 27$; kovariaattina $d_{1,3}$). Oksat ohenivat ravinteisuuden heiketessä sekä kivennäismaa- että turvemaapelloilla, ja saman ravinteisuustason kivennäis- ja turvemaapelloilla oksan paksuus oli samansuuruinen (kuva 8). Männikön paksuimman oksan keskiläpimitta oli 22 mm sekä turve- että kivennäismaapelloilla. Turvemaapelloilla 22 %:ssa ja kivennäismaapelloilla 29 %:ssa rungoista paksuimman oksan läpimitta ylitti 25 mm.

Istutusmännyissä rungon sahauskelpoisuutta heikentäviä vikoja oli yli 80 %:ssa kasvatettavista män-



Kuva 8. Rinnankorkeutta ($d_{1,3}$ m) ylemmän oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitan paksuus rinnankorkeusläpimitan funktiona viljavuudeltaan erilaisilla kasvupaikoilla. Vuosina 1970–1977 perustetut männiköt.

nyistä (kuva 9). Monivikaisuutta (oksainen ja mutkainen/haarainen) esiintyi 60 %:ssa rungoista. Ulkoisten vikojen suhteellinen osuus oli lähes sama turve- ja kivennäispeltojen männiköissä.

3.7 Taimikonhoito

Turve- ja kivennäismaapeltojen taimikoiden hoidossa ei ollut eroja (taulukko 3). Mäntytaimikoita oli hoidettu ahkerimmin, sen sijaan kuusitaimikoissa taimikonhoito oli ollut vähäisintä. Lähes joka kolmannella metsityskohteella ei havaittu taimikonhoitoa tehdyn lainkaan. Näistä 'hoitamattomista' kohteista myöhemminkin (viiden vuoden aikana) joka kolmannen (10 % metsityskohteista) arvioitiin kehittyvän normaalisti ilman taimikonhoitoa.

Perkaus ja täydennysistutus olivat yleisimmin toteutettuja hoitotoimenpiteitä. Turvemaapelloilla lähes joka toista taimikkoa oli täydennetty. Erityisesti nuorimmat mäntytaimikot ja vanhemmat kuusitaimikot olivat olleet täydennystarpeessa. Kivennäismaapelloilla joka toinen taimikko oli perattu. Kaikki turvemaapeltojen kuusitaimikot olivat ilmeisesti hallatuhojen välttämiseksi vielä perkaamatta. Heinäystä, josta havainnot ovat kaikkein epävarmimpia, oli tehty runsaimmin koivutaimikoissa. Kivennäismaiden kuusi- ja turvemaiden män-

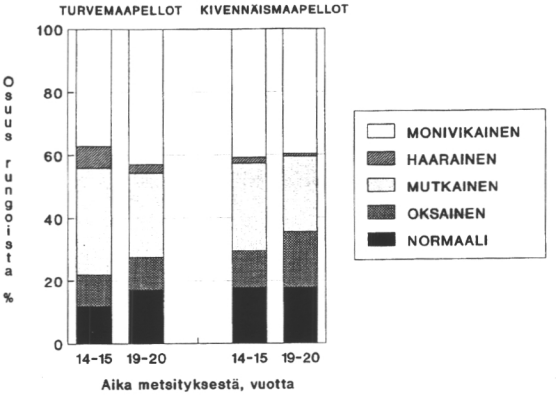
Taulukko 3. Turve- ja kivennäismaapelloilla tehdyt taimikonhoitotyöt (% metsityskohteista)

Ikäluokka	Peltotyyppi	Taimikonhoidon laji				
		Ei taimikonhoitoa	Täydennys	Heinäys	Perkaus	Harvennus
Männiköt						
4	Turvemaa	–	100	38	25	13*
9	Turvemaa	43	14	14	43	–
	Kivennäismaa	33	33	–	33	–
14	Turvemaa	38	38	13	63	–
	Kivennäismaa	14	43	43	57	–
19	Turvemaa	–	38	25	75	13
	Kivennäismaa	–	33	50	33	–
Kuusikot						
4	Turvemaa	40	20	80	–	–
9	Turvemaa	40	20	60	–	–
	Kivennäismaa	40	20	40	60	–
14	Turvemaa	40	60	40	–	–
	Kivennäismaa	57	14	14	43	–
19	Turvemaa	33	67	–	–	–
	Kivennäismaa	25	13	25	63	–
Koivikot						
9	Kivennäismaa	20	20	60	20	–
14	Kivennäismaa	57	29	29	29	–
19	Kivennäismaa	13	25	38	63	25

*Muu taimikonhoidollinen toimenpide

tytaimikoissakin heiniminen oli usein tarpeen. Vanhimmista koivutaimikoista joka neljäs oli ensiharvennettu.

Taimikoiden kehityksen turvaamiseksi ehdotettiin erityisesti turvemaiden taimikoiden perkausta. Kivennäismaiden taimikoissa metsikön harvennus oli yleisin ehdotettu hoitotoimenpide. Noin puolelle taimikoista ei ehdotettu mitään toimenpidettä. Seitsemässä kohteessa, joista viisi oli turvemaalla ja kaksi kivennäismaalla, katsottiin uudelleen metsityksen olevan paras jatkotoimenpide. Näistä kuusi tulisi ehdotuksen mukaan viljellä ja yksi jättää luontaisen metsittymisen varaan. Joka toisen kivennäismaa- ja joka neljännen turvemaataimikon katsottiin kehittyvän normaalisti ilman hoitotoimenpiteitä. Noin 60 %:lla turvemaapelloista oli kuivatustarve ilmeinen. Kivennäismaapeltojen taimikoista koivikoissa oli kaikkein suurin kuivatustarve (peräti 30 %:lla).



Kuva 9. Vuosina 1970–1977 perustettujen männiköiden puuston keskimääräinen ulkoinen laatu.

4 Tulosten tarkastelu

Pohjois-Karjalassa turvemaapeltojen osuus kaikista pellonmetsityksistä lienee valtakunnan keskitasoa eli noin 40 % (Kaunisto ja Päivänen 1985, Hynönen 1992). Pääosa tutkituista pelloista oli raivattu mustikkaisista tai ruohoisista soista ja kankaista. Kivennäismaapellot olivat ravinteisuudeltaan turvemaapeltoja parempia, ja ne voidaan rinnastaa lehtomaisiin ja tuoreisiin kankaisiin. Tutkittujen metsityskohteiden kasvupaikkajakaumat ovat hyvin samanlaisia kuin pellonmetsityksillä Itä-Suomessa yleensä (Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997, Anttonen 1990). Kivennäismaapeltojen maalajitejakauma vastasi Pohjois-Karjalan keskimääräistä kivennäismaapeltojen maalajitejakaumaa (Kurki 1982), mutta hiekan ja sitä karkeampien maalajitteiden osuus oli hieman pienempi kuin Pohjois-Savon pelloilla (Hynönen ja Saksa 1997). Turvemaapelloista neljällä viidestä turpeen paksuus oli yli 40 cm. Kivennäismaapeltojen vesitalous oli yleensä hyvä lukuun ottamatta koivikoita, joissa joka kolmannella kohteella kuivatus oli riittämätön. Huono kuivatus heikensi merkittävästi koivikoiden kasvua. Maan liiallinen kosteus heikentää rauduskoivikoiden kehitystä (Mäntylä 1984, Anttonen 1990, Kinnunen ja Aro 1996). Tutkituista turvemaapelloista yli 60 %:lla kuivatus oli metsänkasvatusta ajatellen riittämätön (ks. Valtanen 1991).

Männyn viljelytulos oli kivennäismaapelloilla selvästi parempi kuin turvemaapelloilla, vaikka turvemaapeltoja oli täydennetty enemmän. Erityisen huono viljelytulos oli 1980-luvun alussa männyllä metsitetyillä pelloilla kuten myös Pohjois-Savossakin (Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997). Ko. ajankohtana oli useana keväänä alhaisia lämpötiloja, jotka aiheuttivat vaurioita jopa männylle (Raitio 1987). Myös myyräkanta oli voimakas talvella 1983–1984 (Teivainen 1984). Vanhimmissa turvemaapeltojen männiköissä viljelytulos oli poikkeuksellisen hyvä (vrt. Hynönen 1997a). Nuorimmissa viljelymänniköissä istutustulos on parempi kuin Pohjois-Savossa (Hynönen 1997a) tai Peltojen metsitysmenetelmät-tutkimuksessa (Hytönen 1995a). Kuusen viljelytulos oli männyn viljelytulosta parempi. Kivennäismaapeltojen kuusen viljelytulos vastaa hyvin aikaisemmista inventointitutkimuksista saatua tulosta (Kinnunen ja Aro 1996, Hynönen ja Saksa 1997) ja kuusen viljelytulosta metsänviljelyalalla (Saksa ym. 1990). Kivennäismaiden rauduskoivikoiden viljelytulos oli männiköiden kanssa yhtä hyvä.

Havupuiden luontainen taimettuminen oli heikkoa sekä turve- että kivennäismaapelloilla. Luontaisia koivuja oli turvemaapelloilla viisinkertaisesti kivennäismaapeltoihin verrattuna. Samansuuntaisia tuloksia on saanut myös Hytönen (1995b). Pohjois-Pohjanmaalla koivun taimettuminen on ollut selvästi voimakkaampaa ja havupuiden taimettuminen vähäisempää kuin tässä tutkimuksessa (Valtanen 1991). Pohjois-Savossa turvemaapelloilla koivuja oli hieman enemmän (Hynönen 1997a) ja kivennäismaapelloilla likimain saman verran kuin tässä tutkimuksessa (Hynönen ja Saksa 1997). Koivun luontainen taimiaines syntyy hyvin ryhmittäin, ja siitä merkittävä osa kuolee jo alkuvaiheessa. Hytönen (1995b) on todennut, että 70 % ensimmäisen kasvukauden aikana syntyneistä taimista kuoli viiden kasvukauden kuluessa ja kivennäismaapelloilla taimia oli vähemmän kuin turvemaapelloilla. Luontaisella taimettumisella ei ollut merkitystä metsitystulokselle turvemaapeltojen männiköitä lukuun ottamatta (ks. Kinnunen ja Aro 1996).

Viljelymännyt olivat kivennäismaapelloilla kunnoltaan parempia kuin turvemaapelloilla (ks. Valtanen 1991). Männyn taimien kunto oli jo 4-vuotiaissa taimikoissa huomattavasti heikompi kuin kuusen taimien. Vanhimmat kuusikot olivat turvemaapelloilla selvästi huonompia kuin kivennäismaapelloilla. Kuusella terveiden taimien osuus väheni voimakkaasti ensimmäisen kymmenen kasvukauden aikana. Sen jälkeen kehitys tasoittui. Kuusen kuntoa heikensivät halla ja mitä ilmeisimmin myös ravinneperäinen kasvuhäiriö. Myös muissa osissa maata tehdyissä tutkimuksissa on tehty sama havainto (Hynönen 1997a ja b, Hynönen ja Saksa 1997, Hytönen 1995a, Hytönen ja Pietiläinen 1995). Heikomman ravinteisuustason lisäksi turvemaapelloilla maan ravinteiden keskinäiset suhteet saattavat olla epäedulliset puuston kasvatukselle (Kolari 1988, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen ja Ekola 1993, Hytönen ja Pietiläinen 1995, Wall ja Hytönen 1996). Cajander (1933) piti hiukankin hallanarkojen paikkojen metsittämistä ilman suojusmetsää mahdottomana. Pellonmetsityksissä on kuitenkin saatu aivan tyydyttäviä tuloksia hallanaroillakin paikoilla, joille ei ole vielä syntynyt suojaavaa verhopuustoa.

Latvavaurioisia kuusia oli turvemaapelloilla huomattavasti enemmän kuin kivennäismaapelloilla. Kuusella ranganvaihtojen lukumäärä oli hieman suurempi kuin männyllä. Vanhimmissa kivennäismaapeltokuusikoissa monilatvaisten viljelykuusten osuus oli erittäin merkittävä. Halla ja mahdollinen maan ravinne-epätasapaino ovat todennäköisimpiä monilatvaisuuden syitä. Leikola (1976) on todennut tehokkaan pintakasvillisuuden torjunnan voivan lisätä nuorien kuusentaimien hallariskiä, koska heinäkasvillisuuden suojaavaa vaikutusta ei ole. Myös Hynönen (1976) on tutkimuksessaan osoittanut pintakasvillisuuden torjunnan lisäävän lämpötilaeroja. Ravinnehäiriö (ks. Veijalainen 1983), puusto ja ojan varsien vesakko olivat haitanneet mäntyjen ja rauduskoivujen kehitystä. Poikaoksat sekä tyvi- ja runkomutkat heikensivät joka toisen rauduskoivun teknistä laatua, mikä on yhtenevä Pohjois-Karjalassa aikaisemmin tehdyn tutkimuksen kanssa (Anttonen 1990).

Kun peltomänniköissä viljelytiheys on yleensä noin 2 000 kpl/ha ja niistäkin yli puolet kuolee ensimmäisen kymmenen vuoden aikana, taimikot kehittyvät viljavilla pelloilla liian harvoina puun laatua ajatellen. Kellomäki ja Väisänen (1986) ovat todenneet puiden oksikkuuden olevan mustikkatyypin kasvupaikoilla 10 % suurempaa kuin puo-

Taulukko 4. Taimikoiden keskimääräisten tunnuslukujen vertailu.

		Runkoluku kpl/ha	Valtapituus, m	Tilavuus m^3/ha
Mänty				
Tämä tutkimus	Kivennäismaa	1560	8,2	83
	Turvemaa	810	7,6	42
Hynönen ja Saksa	Kivennäismaa	1070	8,4	58
Hynönen 1997a	Turvemaa	710	7,5	10
Vuokila ja Väliaho	H_{100}=30	2000	8,5	70
	H_{100}=27	2000	7,0	40
	H_{100}=24	1800	5,6	19
Varmola	H_{100}=30	2000	9,7	86
	H_{100}=24	1800	7,0	47
Kuusi				
Tämä tutkimus	Kivennäismaa	1720	9,4	85
	Turvemaa	1380	5,0	7
Hynönen ja Saksa	Kivennäismaa	1700	10,8	60
Hynönen 1997a	Turvemaa	850	8,0	4
Vuokila ja Väliaho	H_{100}=33	2200	9,0	58
	H_{100}=30	2200	7,0	26
Rauduskoivu				
Tämä tutkimus	Kivennäismaa	1010	15,6	66
Hynönen ja Saksa	Kivennäismaa	1200	16,5	82
Oikarinen	H_{50}=28	2300	16,4	131*
	H_{50}=26	2000	14,4	99
	H_{50}=24	2000	12,4	69

* ensiharvennus mukaan lukien

lukkatyypillä, ja lisäksi männyn tekniseen laatuun vaikuttaa erittäin voimakkaasti taimikon kasvatustiheys. Taimikoiden tiheyden ylittäessä 2 000... 2 500 runkoa hehtaarilla oksikkuus pienenee enää hyvin vähän (Kellomäki ja Väisänen 1982).

Sekä turve- että kivennäismaapelloilla korkeintaan joka kolmannesta kasvatuskelpoiseksi luokitellusta viljelymännystä arvioitiin kehittyvän sahauskelpoinen tukkipuu. Useimmat mäntyjen rungot olivat liian mutkaisia ja oksikkaita. Runkomutka ja yleensä myös tyvimutka olivat männyllä selvästi yleisempiä turvemaapelloilla kuin kivennäismaapelloilla. Nyt saadut tulokset männyn huonosta laadusta tukevat pellonmetsityksissä aiemmin tehtyjä havaintoja (Valtanen 1991, Rossi ym. 1993, Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997, Kinnunen ja Aro 1996). Vuokila (1982) on mm. esittänyt, että mäntyä viljeltäisiin vain sen luontaisilla kasvupaikoilla eikä viljavia peltoja pitäisi metsittää männyllä.

Kivennäismaapeltojen männiköiden pituus oli 19 vuoden iällä noin yhden metrin edellä turvemaapeltojen männiköitä. Kuusikoissa vastaava pituusero oli yli neljä metriä. Kivennäismaapelloilla puiden pituuskehitys oli hyvin samanlainen kuin Pohjois-Savossa (Hynönen ja Saksa 1997) ja Länsi-Suomessa (Kinnunen 1995), mutta selvästi parempi kuin Pohjois-Pohjanmaalla (Valtanen 1991) tai Lapissa (Rossi ym. 1993) (taulukko 4). Sen sijaan turvemaapelloilla männiköiden pituuskehitys oli ollut hieman nopeampaa kuin Pohjois-Savossa (Hynönen 1997a) ja selvästi nopeampaa kuin Pohjois-Pohjanmaalla (Valtanen 1991) tai Lapissa (Rossi ym. 1993). Turvemaapeltojen kuusikoiden kehitys oli hieman hitaampaa kuin Pohjois-Savossa (Hynönen 1997a), mutta jonkin verran nopeampaa kuin Pohjois-Pohjanmaalla (Valtanen 1991) tai Lapissa (Rossi ym. 1993).

Kivennäismaapelloilla männiköiden ja kuusikoiden tilavuus oli 19 vuoden iällä keskimäärin 80–100 m^3/ha. Metsiköiden välinen tilavuuden vaihtelu oli kuusikoissa pienin. Turvemaapeltojen männiköissä puuston tilavuus oli noin 40 m^3/ha ja kuusikoissa vain 10 m^3/ha. Turvemaapeltojen kuusikoiden heikko tilavuuskehitys johtuu suurelta osin mitä ilmeisimmin kasvupaikan ravinne-epätasapainosta ja osin hallan aiheuttamista tuhoista, vaikkakin runkoluku oli säilynyt suurena. Pohjois-Karjalassa kivennäismaapeltojen männiköiden ja kuusikoiden tilavuus oli 19 vuoden iällä noin 20 m^3/ha suurempi kuin Pohjois-Savossa (Hynönen ja Saksa 1997) (taulukko 4). Koivikoissa tilanne oli päinvastainen. On kuitenkin muistettava, että Pohjois-Karjalan 19-vuotiaissa männiköissä runkoluku oli selvästi suurempi kuin 9- ja 14-vuotiaissa männiköissä, jotka vastasivat melko hyvin Pohjois-Savon männiköitä (Hynönen 1997a, Hynönen ja Saksa 1997).

5 Päätelmät

Tämä pellonmetsitystutkimus antaa mahdollisuuden tehdä seuraavia johtopäätöksiä peltojen metsityksestä:

1. Kuusen taimien kuolleisuus oli muita puulajeja vähäisempää sekä turve- että kivennäismaapelloilla. Turvemaapelloilla kuusen alkukehitykseen vaikuttivat halla ja kasvuhäiriöt. Kivennäismaapelloilla ilmeni vanhimmissa kuusikoissa melko yleisesti haaraisuutta ja monilatvaisuutta.
2. Kivennäismaapelloilla kuusikot olivat tilavuuskehityksessä kilpailukykyisiä koivikoiden kanssa; kuusikoissa kehitys oli paikoin jopa nopeampaa. Alkuvaiheessa männyn tilavuuskehitys oli turvemaapelloilla yleensä kuusta nopeampaa.
3. Männyn tekninen laatu oli huono, ja turvemaapelloilla laatu oli kivennäismaapeltojakin huonompi.
4. Taimissa esiintyvät viat antavat viitteitä kasvuhäiriöistä erityisesti turvemaapelloilla, mutta myös kivennäismaapelloilla. Tilannetta voi parantaa lannoituksella.
5. Luontaisilla havupuilla ei ollut metsitystulokseen vaikutusta, sen sijaan turvemaapelloilla hieskoivu paransi hieman metsitystulosta.
6. Kivennäismaapelloille sopivimpia metsityspuulajeja olivat kuusi ja rauduskoivu ja turvemaapelloilla kuusi.

Kiitokset

Metsäntutkimuslaitos ja maa- ja metsätalousministeriö ovat rahoittaneet tutkimusta. Inventoinnin maastotyöstä vastasivat kaksi eri ryhmää, joista toista johti metsätalousteknikko Juhani Korhonen ja toista työnjohtaja Aarne Laasonen. Mekaanisen maa-analyysin teki tutkimusmestari Sylvi Ossi. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Matti Leikola ja MMT Jari Parviainen sekä kaksi päätoimittajan valitsemaa ennakotarkastajaa tehden siihen varteenotettavia korjausehdotuksia. Äidinkielenopettaja Leila Leinonen tarkasti kieliasun.

Tutkimuksen rahoittajille, Pohjois-Karjalan metsäkeskukselle, varsinaiseen tutkimustyöhön osallistuneille sekä muille työn edistymiseen vaikuttaneille lausumme parhaimmat kiitoksemme.

Kirjallisuus

Aarne, M. (toim.) 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993: 5. 317 s.

— 1994. Metsätilastollinen vuosikirja 1993–1994. SVT Maa- ja metsätalous 1994: 7. 348 s.

— 1995. Metsätilastollinen vuosikirja 1995. SVT Maa- ja metsätalous 1995: 5. 354 s.

Aarnio, J. & Rantala, T. 1994. Peltojen metsänistutuksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Folia Forestalia. Metsätieteen aikakauskirja 1994(1): 3–17.

Anttonen, T. 1990. Pellolle istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 7–19 vuoden kuluttua viljelystä. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 50 s.

Cajander, E. K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfictensbestand in Süd-Finnland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(3). 101 s.

Heikkilä, R. & Härkönen, S. 1995. Hirvituhojen vaikutus pellonmetsitysalojen alkukehitykseen. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 118–122.

Henttonen, H., Niemimaa, J. & Kaikusalo, A. 1995. Myyrät ja pellonmetsitys. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 97–117.

Huikari, O., Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Yhteiskirjapaino. Helsinki 1963. 257 s.

Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. 108 s.

— 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsitystulokseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. 181 s.

— 1997a. Turvemaapeltojen metsitystulos Pohjois-Savossa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 181–199.

— 1997b. Turvemaapeltojen maan ominaisuudet ja niiden vaikutus metsitystulokseen Pohjois-Savossa. Käsikirjoitus. Pohjois-Savon metsäkeskus.

— & Saksa, T. 1997. Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. Metsätieteen aikakauskirja –

Folia Forestalia 2/1997: 165–180.

Hytönen, J. 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.

— 1995b. Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 24–35.

— & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. 32 s.

— & Pietiläinen, P. 1995. Turvepeltojen lannoitus ravinneepätasapainon korjaamiseksi. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 149–164.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinteiden ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia. Folia Forestalia 778. 32 s.

— & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. Folia Forestalia 625. 75 s.

Kellomäki, S. 1981. Effect of the within-stand ligth conditions on the share of stem, branch and needle growth on a twenty-year-old Scots pine stand. Seloste: Metsikön valaistusolojen vaikutus rungon, oksien ja neulasten kasvun osuuksiin eräässä kaksikymmenvuotiaassa männikössä. Silva Fennica 15(2): 130–139.

— & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 139. 38 s.

Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 53–62.

— & Aro, L. 1996. Vanhojen pellonmetsitysten tila Länsi-Suomessa. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1996(2): 101–111.

Kolari, K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 310. 35 s.

Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955–1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980. 181 s.

Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. Folia Forestalia 515. 28 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. 96 s. Kirjayhtymä. Rauma.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(3). 101 s.

Metsätilastolliset vuosikirjat 1971–1991. Folia Forestalia 165, 195, 225, 255, 295, 345, 375, 430, 510, 550, 590,620, 660, 690, 715, 730, 760, 790. Metsäntutkimuslaitos.

Mäntylä, J. 1984. Pellolle istutettujen kuusen, männyn ja rauduskoivun taimien alkukehityksestä ja pintakasvillisuuden sukkessiosta. Metsänhoitotieteen pro gradu -tutkielma metsätutkintoa varten. 64 s.

Oikarinen, M. 1993. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.

Pohjois-Karjalan metsälautakunnan hankesysteemitiedot. 1993 ja 1994.

Pohtila, E. 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(1). 35 s.

Raitio, H. 1987. Site elevation differences in frost damage to Scots pine (Pinus sylvestris). Forest ecology and Management 20: 299–306.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa. Abstract: Succes of afforestation of old fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 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.

Selby, A. J. 1990. Finnish land use policies: from disintegration to integration. Seloste: Suomalainen maankäyttöpolitiikka: hajaannuksesta yhtenäisyyteen? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 364. 43 s.

Suomen tilastollinen vuosikirja 1996. 91. vuosikerta. 661 s.

Tapion vuosikirjat 1969–1981. Keskusmetsälautakunta Tapio. Piirimetsälautakunnat. Metsänhoitoyhdistykset. Tapio's yearbook in 1969–1981.

Tapion vuosikirja 1993. 1994. Metsäkeskus Tapio, metsälautakunnat, metsänhoitoyhdistykset. Toiminta 1993. s.

Teivainen, T. 1984. Myyrätuhojen runsaus ja niiden esiintymisalueet Suomessa vuonna 1983/84. Summary: Abundance and distribution of vole damage in Finland in 1983/84. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 160. 12 s.

Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinnemääriin. Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peat fields. Suo 47(3): 73–83.

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin tulokset 1992. Pohjois-Karjalan metsälautakunta-alue. ATK-tuloste. Pohjois-Karjalan metsäkeskus.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. Muhoksen tutkimusasema. 52 s.

Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. Folia Forestalia 813. 43 s.

Veijalainen, H. 1983. Geographical distribution of growth disturbances in Finland. Communicationens Instituti Forestalis Fenniae 116: 13–16.

Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of tecnical quality of forests. Folia Forestalia 523. 55 s.

— & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havupuumetsiköiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2): 1–271.

50 viitettä.

Liite 1. Taimikoiden tunnuslukuja.

1 = Taimikon numero
2 = Pinta-ala ha
3 = Viljelyvuosi
4 = Muokkaustapa
5 = Perusmetsitystaimet kpl/ha
6 = Täydennystaimet kpl/ha
7 = Kasvatuskelpoiset viljelytaimet kpl/ha
8 = Luontaiset männyt kpl/ha
9 = Luontaiset kuuset kpl/ha
10 = Kasvatuskelpoiset luontaiset havupuut kpl/ha
11 = Luontaiset koivut kpl/ha
12 = Kasvatuskelpoiset koivut kpl/ha
13 = Taimia yhteensä kpl/ha
14 = Kasvatuskelpoiset yhteensä kpl/ha
15 = Viljelytaimet, tyhjäkoeala-%
16 = Hieskoivu, tyhjäkoeala-%
17 = Luontaiset havupuut, tyhjäkoeala-%

TURVEMAAPELLOT

Yleistiedot				Istutustaimet			Luontaiset taimet				Yhteensä			Tyhjäkoeala-%		
1	2	3	4	5	6	**7**	8	9	**10**	11	**12**	13	**14**	15	16	17
Männiköt																
5	0,4	71	0	1403	741	1886	0	0	0	48	725	2192	1934	0	90	100
11	0,9	71	1	1119	23	976	523	3571	666	7261	190	12497	1832	9	0	14
12	0,4	71	0	1119	0	928	23	452	0	3333	428	4927	1356	9	14	62
64	1,5	71	1	1361	194	1416	27	0	0	27	0	1609	1416	6	94	94
13	0,7	72	0	558	29	499	411	1441	411	4881	500	7320	1410	47	0	35
52	1,8	72	1	526	1025	1341	0	0	0	736	52	2287	1393	0	63	100
67	0,8	72	1	1650	0	1500	50	150	25	3050	150	4900	1675	5	25	70
84	0,8	72	1	789	0	789	131	7236	1447	2315	26	10471	2262	21	21	5
54	1,2	76	1	1655	0	1482	0	1982	68	2551	120	6188	1670	0	14	28
55	2,3	76	1	650	225	750	0	225	50	1975	150	3075	950	25	70	75
61	0,5	76	1	1763	0	1710	105	4000	26	3735	104	9603	1840	0	16	10
83	0,4	76	1	684	78	709	368	868	289	3630	289	5628	1287	26	42	53
86	1,2	76	1	680	80	580	140	200	140	2120	260	3220	980	20	56	68
2	1,6	77	1	736	0	447	0	184	26	3788	447	4708	920	16	21	74
9	2,0	77	1	694	0	583	0	1861	361	2165	388	4720	1332	33	28	56
15	2,5	77	1	342	0	210	0	52	52	1236	736	1630	998	58	26	89
4	1,3	81	2	375	0	267	0	17	17	177	53	569	337	46	89	96
6	0,8	81	2	600	0	333	1133	1600	833	14233	1733	17566	2899	67	0	0
16	3,0	81	2	142	0	142	0	0	0	356	142	498	284	71	67	100
56	0,8	81	1	525	75	275	50	75	50	4425	625	5150	950	30	30	90
58	0,7	81	1	388	333	305	388	55	83	8193	944	9357	1332	33	6	56
82	2,0	81	2	518	0	351	55	37	55	4184	851	4794	1257	44	22	85
1	2,0	82	1	583	0	520	62	0	62	3437	583	4082	1165	46	12	92
3	1,4	86	1	681	1545	1590	477	113	226	1817	318	4633	2134	0	27	50
8	1,0	86	1	1071	476	1475	404	0	47	1594	975	3545	2069	0	33	62
62	1,1	86	1	937	0	666	250	125	0	3707	520	5019	1186	21	46	83
65	0,9	86	1	1150	1450	2375	0	0	0	500	225	3100	2600	0	55	100
7	1,8	87	2	1500	261	1594	23	23	0	309	142	2116	1736	0	62	90
10	2,1	87	2	550	1625	2050	100	75	50	4250	625	6600	2725	0	45	75
63	3,8	87	1	1568	658	1908	22	0	0	976	227	3224	2135	0	54	95
81	0,4	87	2	1416	55	1471	138	0	0	555	276	2164	1692	0	67	83
Kuusikot																
22	2,6	70	0	1500	83	1388	83	500	110	3611	277	5777	1775	6	6	56
17	1,1	72	0	970	0	911	176	235	176	5970	382	7351	1469	23	18	65
19	0,7	72	1	720	80	620	200	160	120	2780	640	3940	1380	28	32	72
70	1,3	75	1	714	190	523	23	95	0	904	285	1926	808	14	57	90
18	0,2	76	0	1366	0	1100	0	66	0	3200	300	4632	1400	0	27	93
68	0,6	77	0	1075	0	925	0	225	175	225	75	1525	1175	20	65	75
69	0,8	77	1	1052	604	1552	0	894	157	736	262	3286	1945	0	58	68
87	0,3	77	1	1578	0	1447	26	105	52	1789	236	3498	1735	10	32	74
20	1,5	80	2	1633	0	1566	66	0	33	1266	300	2965	1899	13	47	93
53	1,1	80	1	1020	520	1354	0	187	62	1854	187	3581	1603	0	62	87
51	0,7	81	2	1142	357	1309	142	71	46	10451	309	12163	1664	5	33	81
21	0,3	83	1	1500	0	1500	0	0	0	320	140	1820	1640	12	80	100
60	0,4	83	1	1709	0	1580	177	241	64	4241	290	6368	1934	0	26	71
59	0,3	86	2	2026	0	1921	0	157	26	1052	184	3235	2131	0	47	74
14	0,3	87	1	1500	217	1673	130	21	42	456	217	2324	1780	0	78	87
57	0,5	87	2	1842	0	1842	26	684	105	893	78	3445	2025	5	63	74
66	1,1	87	2	1711	0	1692	250	0	0	1980	460	3941	2152	4	27	85
85	0,4	87	2	1875	0	1850	0	0	0	1125	275	3000	2125	0	55	100

KIVENNÄISMAAPELLOT

Yleistiedot				Istutustaimet			Luontaiset taimet				Yhteensä			Tyhjäkoeala-%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	**10**	11	**12**	13	**14**	15	16	17
Männiköt																
106	0,3	71	1	2333	142	2142	23	47	23	95	23	2640	2188	0	100	86
114	0,4	72	1	1305	638	1777	0	0	0	0	0	1943	1777	0	100	100
122	0,6	72	1	280	1200	1360	0	0	0	260	80	1740	1440	0	76	100
151	2,1	72	1	1710	578	1868	26	26	0	868	52	3208	1920	5	95	89
161	2,9	72	1	1500	204	1522	45	386	22	454	67	2589	1611	4	86	68
184	1,0	72	1	1956	0	1565	21	369	64	1152	412	3498	2041	4	56	61
115	0,6	76	1	1083	458	1478	0	0	0	2499	104	4040	1582	0	37	100
156	1,3	76	1	2125	225	2100	350	1525	75	2575	125	6800	2300	0	30	40
165	0,7	76	1	1552	500	1973	26	78	0	1026	26	3182	1999	0	63	79
109	1,0	77	1	1220	40	1200	20	440	100	340	160	2060	1460	16	68	80
120	0,4	77	1	1928	0	1738	23	0	0	119	95	2070	1833	0	90	95
124	1,5	77	1	933	0	933	0	16	16	1816	66	2765	1015	13	37	97
163	1,3	77	1	1375	300	1475	200	7125	150	1625	125	10625	1750	0	50	25
118	1,8	81	1	229	20	229	41	208	40	416	166	914	435	71	79	83
155	0,5	81	1	1795	90	1726	704	45	181	68	22	2702	1929	4	100	54
157	0,7	81	1	1166	0	1020	20	0	0	728	103	1914	1123	8	79	96
112	1,2	82	1	1200	375	1525	0	25	0	550	150	2150	1650	0	60	95
113	0,4	82	2	1034	0	948	327	68	17	1120	154	2549	1119	3	65	65
119	0,4	82	1	523	0	523	642	380	428	1403	880	2948	1831	38	24	57
Kuusikot																
111	1,8	71	0	1979	20	1895	0	0	0	20	20	2019	1915	0	96	100
167	0,8	71	1	1921	0	1842	0	0	0	52	0	1973	1842	0	95	100
174	0,9	71	0	1850	0	1750	150	25	50	150	125	2175	1925	0	90	75
103	1,2	72	1	1540	0	1540	60	180	0	80	0	1860	1540	0	96	72
110	0,7	72	0	1650	149	1683	16	0	16	0	0	1815	1699	3	100	97
125	0,5	72	1	1600	0	1450	0	0	0	75	0	1675	1450	0	90	100
153	1,1	72	1	1541	0	1312	41	1708	40	353	103	3643	1455	0	75	54
186	1,0	72	0	2078	0	1921	0	0	0	394	78	2472	1999	0	84	100
101	0,3	76	1	750	153	845	76	76	38	249	267	1304	1016	19	81	73
123	0,5	76	0	2250	0	2027	0	0	0	193	55	2443	2082	0	89	100
169	0,9	76	1	1125	0	775	250	2200	950	1225	500	4800	2225	15	30	10
116	0,8	77	0	552	0	526	0	26	0	1868	393	2446	919	37	37	95
117	0,3	77	1	2100	0	1760	0	20	0	340	20	2460	1780	0	72	96
162	0,5	77	1	2250	0	2200	0	125	50	700	0	3075	2250	0	70	85
164	0,5	77	1	2047	0	1928	23	1428	71	546	0	4044	1999	0	67	52
154	0,4	80	0	1138	138	1165	83	111	110	27	27	1497	1275	0	94	67
107	0,4	81	2	2328	0	2093	234	734	171	1406	15	4702	2279	0	44	47
108	0,4	82	0	1578	0	1526	526	2421	262	78	0	4603	1788	0	89	58
126	1,3	82	1	1904	0	1904	0	47	23	23	23	1974	1950	0	95	90
159	0,5	83	1	1675	0	1600	250	725	100	200	25	2850	1725	0	85	55
Koivikot																
104	3,5	71	0	500	0	404	23	214	0	190	475	927	475	43	76	90
105	1,0	71	1	1086	0	1043	0	21	0	151	1151	1258	1151	9	83	96
168	1,3	71	1	1150	0	1000	625	1200	475	200	1025	3175	1500	5	85	10
127	0,8	72	1	473	156	525	105	0	78	893	762	1627	944	21	32	79
152	0,9	72	1	880	0	833	23	809	23	23	833	1735	856	5	95	38
166	2,1	72	1	808	0	808	0	0	0	0	808	808	808	0	100	100
170	1,7	72	0	785	119	832	0	452	47	23	761	1379	879	19	100	71
183	1,6	72	1	1277	138	1221	27	1638	194	666	1249	3746	1498	0	39	22
102	0,5	76	0	413	347	760	21	0	0	303	521	1084	868	9	78	96
158	0,9	76	1	1125	0	975	25	100	0	525	1150	1775	1150	5	50	90
121	0,3	77	1	894	0	763	0	0	0	78	789	972	789	21	89	100
128	0,6	77	0	500	0	500	26	52	52	131	526	709	578	37	84	89
171	1,5	77	1	1595	0	1380	23	119	0	237	1380	1974	1380	0	90	90
182	0,5	77	0	217	0	173	86	21	64	3238	738	3562	802	65	26	83
185	2,0	77	1	1137	0	1103	103	2172	102	223	1137	3635	1239	3	90	59
160	0,5	80	0	815	184	947	26	26	0	157	973	1208	973	0	89	90
172	1,3	81	0	1032	0	564	822	96	306	305	580	2255	886	13	87	61
181	0,4	81	0	1100	0	975	0	0	0	325	1075	1425	1075	15	70	100
173	1,0	82	1	218	1859	1874	0	0	0	0	93	2077	1874	0	100	100
187	1,0	82	1	1385	0	1386	0	545	159	340	1408	2270	1567	0	73	50

Muokkaustapa: 0 = ei muokkausta, 1 = pallekyntö, 2 = mätästys

IV

© Suoseura — Finnish Peatland Society
Helsinki 1999

ISSN 0039-5471
Suo 50(1): 17–34

Turvemaapeltojen maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivujen alkukehitykseen Pohjois-Savossa

Soil properties of peat-based fields and their effect on the initial development of downy birch in Pohjois-Savo, southern Finland

Tenho Hynönen & Timo Makkonen

Tenho Hynönen, Pohjois-Savo Forestry Centre, P.O. Box 1019, FIN-70101 Kuopio, Finland (e-mail tenho.hynonen.@metsakeskus.fi)
Timo Makkonen, Versokuja 2 B 15, 70150 Kuopio, Finland

The present study looked into the soil properties of twenty-four peat-based field by examining the 0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm soil layers and the effect that soil properties have on the initial development of young stands of downy birch growing in Pohjois-Savo, southern Finland. Adding of mineral soil to peat-based fields and the decomposition and subsidence of peat had resulted in increasing the bulk density of the peat, especially in the tilling layer. Also, the amounts of nutrients in the tilling layer were higher than in the layer below. Together with fertilization, the addition of mineral soil had increased the soil's nutrient amounts manyfold compared to virgin mires and mires drained for forestry. Eighthy-one per cent of the trees were alive. The share of viable trees had fallen to half of the planting density, being now just 840 trees per hectar. The increase in the amount of extractable potassium and total copper in the soil improved the growth of young stands and reduced the proportion of trees of inferior quality. Growth disorders were observed in downy birch, and these were probably caused by increases in the ratios of the amounts of main nutrients and micro-nutrients in the soil. The ratio of nitrogen and phosphorus to copper was reflected best of all in the growth of young stands. An increase in the amount of soil nitrogen and phosphorus in relation to the amount of soil copper impaired stand growth and promoted the occurrence of trees afflicted by growth disorders.

Keywords: bulk density, downy birch, growth disorder, nutrients, nutrient relations, peat-based field

JOHDANTO

Pohjois-Savossa vuotuinen pellonmetsityspinta-ala oli suurimmillaan vuonna 1993, jolloin metsitettiin 2 193 ha (Metsätilastollinen... 1995). Turvemaapeltojen metsityksessä hieskoivun viljely yleistyi 1980-luvun lopulla. Korkeimmillaan viljelyala oli 472 ha vuonna 1989 ja vuonna 1995 enää vain runsaat 50 ha. Koko maassa käytettiin vuonna 1993 5,2 miljoonaa hieskoivun tainta

(Metsätilastollinen... 1995), mikä vastaa noin 3 200 hehtaarin viljelyalaa. Hieskoivun istutusta entisille turvemaapelloille lisäsivät osaltaan tutkimustulokset hieskoivun kasvatuksen eduista soilla muihin puulajeihin verrattuna (Mikola 1973, Saramäki 1977) sekä erityisesti männynviljelyn epäonnistumiset entisillä turvemaapelloilla. Hieskoivun viljelyalan kasvua on perusteltu myös maisemateki-jöillä.

Hieskoivun etuna on pidetty erityisesti sitä, että sen juuristo sietää kasvualustan liiallisen kosteuden aiheuttamia anaerobisia oloja paremmin kuin muiden puulajien juuristot (Huikari 1954, 1959, Heikurainen 1958, Kaunisto 1973, Mikola 1973). Lisäksi hieskoivikko haihduttaa lehdellisenä aikana enemmän vettä kuin havupuut, mikä luonnostaan alentaa pohjaveden pintaa. Hieskoivu pystynee syväjuurisena puuna hyödyntämään havupuita paremmin myös kasvualustan ravinteisuutta (Viro 1974, Puro 1982, Moilanen 1985). Koivikossa maan mikrobitoiminta on vilkkaampaa kuin havumetsässä ja näin karikkeiden hajaantuminen, turpeen maatuminen ja ravinteiden mobilisaatio ovat nopeampia (Mikola 1973).

Hieskoivun viljelyä on tutkittu vielä melko vähän. Kauniston (1973) mukaan kalkitus vähentää metsäojitetuille soille viljeltyjen hies- ja rauduskoivujen kasvua. Hieskoivut jäävät useimmiten vallittuun asemaan rauduskoivuihin nähden hiesraudussekametsiköissä (Saramäki et al. 1991). Pellonmetsitysaloilla versolaikku sekä myyrä- ja hirvituhot heikentävät merkittävästi hieskoivun viljelytulosta. Viiden ensimmäisen vuoden aikana viljelystä hieskoivuista kuoli 14% (Hytönen 1995). Luontaisia hieskoivikoita on sen sijaan tutkittu varsin paljon lähinnä biomassan tuotoksen, ravinnesisällön ja puuaineen ominaisuuksien kannalta (mm. Björklund & Ferm 1982, Saramäki 1973 ja 1977, Ferm & Kaunisto 1983, Ferm 1985, 1990, Ferm & Markkola 1985 sekä Penttilä & Moilanen 1997).

Turvemaapeltojen muokkaus, lannoitus ja kalkitus sekä muut maanparannustoimet muuttavat turpeen fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Kuivatus, muokkaus ja raskaat koneet tiivistävät ja kuluttavat turvekerrosta. Kivennäismaan käyttö lisää turpeen tiheyttä, kohottaa maan lämpötilaa sekä nostaa turpeen pH:ta puolen yksikön verran (Pessi 1957, Wall & Hytönen 1996). Turvemaapeltojen fysikaaliset ominaisuudet ovat epäsuotuisat puuston kasvulle, ja kuivatusolojen parannus vaatii tiheämmän ojaverkoston kuin turvemailla yleensä (Wall & Heiskanen 1998). Turvemaapeltojen kalkitus on ollut varsin yleistä, ja sen vaikutus turpeen happamuuteen on pitkäkestoinen ja havaittavissa erityisesti muokkauskerroksessa (Urvas 1985, 1991). Maanviljely muuttaa usein maan ravinnesuhteet metsäpuille sopimattomiksi, mistä johtuen ravinneperäiset puiden kasvuhäiriöt ovat yleisiä (Raitio 1979, Veijalainen et al. 1984, Kolari 1988, Hynönen 1992, Hytönen 1995). Viljelyksessä olevien peltojen maalajeista, ravinnepitoisuuksista ym. maan ominaisuuksista on julkaistu alueittaisia ja jopa kuntakohtaisia tietoja (mm. Kurki 1982, Kähäri et al. 1987). Em. viljavuustiedot edustanevat keskimääräistä parempia, aktiiviviljelyksessä olevia peltoja.

Tämän tutkimuksen aloittaminen nähtiin tarpeelliseksi hieskoivun viljelyn yleistyessä. Mielenkiinto hieskoivun viljelyyn kasvoi niin käytännön ammattihenkilöiden kuin myös metsänomistajienkin keskuudessa. Oli myös epäilyjä siitä, voisiko hieskoivun viljely ratkaista ongelma-alueiden pellonmetsitykset. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Pohjois-Savon turvemaapeltojen maan ominaisuuksia ja niiden vaikutusta istutettujen hieskoivutaimikoiden alkukehitykseen.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa mukana olevat taimikot valittiin otannalla Pohjois-Savon metsäkeskuksen hankerekisterissä olevista pellonmetsityksistä (vuodet 1988–1993), joiden viljelypuulajina oli käytetty hieskoivua. Tutkimus rajattiin koskemaan ainoastaan turvemaapeltojen hieskoivikoita. Kustannussyistä otanta kohdistettiin Pohjois-Savon metsäkeskusalueen pohjois- ja eteläosien taimikoihin (11 ja 13 kpl). Tutkimuksessa mukana olevien taimikoiden pinta-ala (37,7 ha) edustaa runsasta kolmea prosenttia kaikista ko. ajan hieskoivuistutuksista. Tutkitut taimikot oli perustettu vuosina 1989–1993. Koealojen perustaminen aloitettiin elokuussa 1992, ja sitä jatkettiin keväällä 1993. Viimeisellä mittauskerralla vuonna 1995 vanhimmilla taimikoilla on takanaan seitsemän kasvukautta ja nuorimmalla kolme. Taimien istutustiheyden määrittäminen ei tuottanut vaikeuksia, vaikkakin vanhimpien metsitysten perustamisesta oli kulunut jo muutamia vuosia.

Koealoja perustettiin 24:lle eri turvemaapellol-

le. Jokaiseen taimikkoon sijoitettiin viisi 50 m^2:n ympyräkoealaa (säde 3,99 m) systemaattisesti maaperäominaisuuksiltaan, lähinnä turvekerroksen paksuuden mukaan, mahdollisimman yhtenäiselle alueelle. Taimikoista määritettiin ensimmäisellä mittauskerralla pinta-ala, muokkaus- ja istutusvuosi sekä ympäristön perusteella alkuperäinen suotyyppi. Koealojen turvekerroksen paksuus mitattiin ensimmäisellä mittauskerralla. Koealat mitattiin kaikkiaan kolme kertaa.

Istutetuista hieskoivuista mitattiin pituus (cm) ja tyviläpimitta (mm). Lisäksi istutustaimista määritettiin silmävaraisesti tuhot ja niiden voimakkuus, elinvoima, viat, kasvatuskelpoisuus sekä yleislaatu. Niin ikään laskettiin haarojen lukumäärä ja mitattiin haaroittumiskorkeus (dm). Taimien elinvoimaluokitus (Hynönen 1992) oli seuraava: 1 = terve; 2 = lievä tuho, tuhon vaikutus näkyvä, taimi vioittunut, mutta selviää vauriosta; 3 = heikentynyt, ei kehity enää kunnollista tainta; 4 = kituva, ei kehity enää kunnollista tainta, vaikutus voimakkaampi kuin luokassa heikentynyt; 5 = kuollut. Luokkien 1–3 taimet hyväksyttiin kasvatuskelpoisiksi. Kaikista kasvatuskelpoisista luontaisista taimista määritettiin samat muuttujat kuin istutetuista hieskoivuista.

Koealojen perustamisen yhteydessä otettiin tilavuudeltaan tarkat (709 cm^3) maanäytteet jokaisesta taimikosta ensimmäiseltä, kolmannelta ja viidenneltä koealalta neljältä eri syvyydeltä (0–10, 10–20, 20–30 ja 30–40 cm). Lisäksi otettiin em. kerrosten alapuolelta maanäyte, josta laboratoriossa määritettiin turvelaji makroskooppisesti ja von Postin luokituksella maatumisaste. Eri koealoilta saadut osanäytteet yhdistettiin taimikon kokonaisnäytteeksi kerroksittain. Tulosten laskennassa muokkauskerroksella tarkoitetaan kahta ylintä kerrosta (0–10 ja 10–20 cm).

Turvenäytteet kuivattiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla 105°C:ssa ja punnittiin tiheyden määrittämiseksi. Varsinaiset analyysit tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratoriossa. Näytteistä analysoitiin ns. kokonaisravinnepitoisuudet (mg g^{-1}, mg kg^{-1}) polttamalla turvenäytteet ensin tuhkaksi ja uuttamalla tuhka väkevässä suolahapossa (Halonen & Tulkki 1981). Näin saadusta uutteesta mitattiin kokonaisravinnepitoisuudet plasmaemissiospektrometrillä (ICP:llä). Määritetyt ravinteet olivat fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rauta, boori, kupari ja sinkki. Uuttuvat ravinteet määritettiin happamasta (pH 4,65) ammoniumasetaattiuutosta (mg 100 g^{-1}) ICP:llä, uuttosuhde oli 1 : 10 (15 ml näytettä ja 150 ml uuttoliuosta) (Halonen & Tulkki 1981). Uuttuvista ravinteista määritettiin fosfori, kalium, kalsium, magnesium, rikki, rauta, kupari ja sinkki.

Kokonaishiili, -vety ja -typpi määritettiin Leco CHN -laitteella, jossa analysoitava turvenäyte poltettiin. Vapautuvista kaasuista määritettiin typpi lämmönjohtokennon ja hiili sekä vety infrapunakennon avulla. Tulokset ilmoitettiin prosentteina ilmakuivasta näytteestä. Happamuus määritettiin tilavuussuhteessa 1:2,5 valmistetusta vesisuspensiosta.

Osasta näytteitä ei pystytty käytetyllä uuttosuhteella määrittämään tarkasti uuttuvia ja kokonaisravinnepitoisuuksia, koska niiden pitoisuudet olivat pienempiä kuin ICP:n kvantitatiivinen raja. Siksi uuttuva boori (raja 0,04 mg l^{-1}) jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle. Boorin kokonaispitoisuus oli alle ICP:n kvantitatiivisen rajan ylimmässä turvekerroksessa (0–10 cm) kymmenessä taimikossa ja 10–20 cm:n kerroksessa kuudessa taimikossa. Myös osa kuparin ja sinkin uuttuvista ravinteista oli alle ICP:n kvantitatiivisen rajan.

Taimien pituus- ja paksuuskasvu laskettiin vuosina 1995 ja 1994 mitattujen tulosten erotuksena. Maaperätunnusten suhdetta taimiin tutkittiin korrelaatioanalyysillä ja eteenpäin askeltavalla regressioanalyysillä. Taimien ja maaperätunnusten keskiarvojen erot määritettiin Student-Newman-Keulsin, Mann-Wittneyn ja Kruskall-Wallisin testeillä. Keskiarvojen erojen testauksessa käytettiin useita testejä, koska kaikkia muuttujia ei saatu normalisoitua. Askeltavan regressioanalyysin tulokset varmistettiin poistamalla parhaasta yhtälöstä yksi muuttuja kerrallaan ja tarkistamalla nouseeko poistetun muuttujan tilalle voimakkaampia selittäjiä.

TULOKSET

Turvemaapeltojen maaperäominaisuudet

Fysikaaliset ominaisuudet ja pH

Turvekerroksen paksuus oli 75%:lla tutkituista metsityskohteista keskimäärin vähintään 100 cm ja vain yhdellä metsitysalalla alle 50 cm. Pelloista 14 oli raivattu korpisoista ja 10 rämeistä. Saraturve (Ct, LCt, SLCt) oli yleisin (23 kpl) turvelaji 40–

50 cm:n kerroksessa ja von Postin luokituksen mukaan määritetty maatumisaste 4:stä 8:aan. Maan tiheys 0–10 cm:n kerroksessa oli keskimäärin alle 0,40 g cm^{-3} (0,18–0,71 g cm^{-3}). Tiheys aleni selvästi siirryttäessä syvemmälle (Taulukko 1). Orgaanisen aineksen osuus oli vähäisin turpeen pinnassa. Orgaanisen aineksen osuus oli 0–10 cm:n kerroksessa pienimmillään 17% ja 30–40 cm:n syvyydessä 46%. Tiheyden ja orgaanisen aineksen osuuden välillä oli negatiivinen korrelaatio, joka oli voimakkain 0–10 cm:n syvyydessä ($r = -0,889$, $p = 0,000$). Pintakerroksen (0–10 cm) pH oli keskimäärin 5.

Kokonaisravinteet ja ravinnesuhteet

Lähes kaikkien ravinteiden kokonaispitoisuudet ja -määrät pienenivät siirryttäessä turveprofiilissa alaspäin (Taulukko 2). Huomattavaa oli myös lähes kaikkien ravinnepitoisuuksien varsin selkeä ero 10–20 ja 20–30 cm:n kerrosten välillä, ts. peltoviljelyn aikainen muokkauskerros erosi ravinnepitoisuudeltaan selvästi sen alapuolella olevasta kerroksesta. Maan ravinteiden kokonaismäärä lisääntyi tiheyden kasvaessa (Kuva 1).

Kokonaistyppeä oli muokkauskerroksessa keskimäärin yli 5 000 kg ha^{-1} ja kokonaisfosforia yli 600 kg ha^{-1}. Kaliumin ja magnesiumin kokonaismäärät olivat syvimmässä kerroksessa vain noin neljäsosa pintakerroksen kokonaismääristä. Kalsiumia oli muokkauskerroksessa keskimäärin runsaat 2 000 kg ha^{-1}, määrä vaihteli metsitysaloittain 1 000:sta lähes 12 000:een kg ha^{-1}.

Kuparia oli 0–20 cm:n kerroksessa 20 kg ha^{-1}, määrä vaihteli alle 4:stä yli 51 kg:aan ha^{-1}. Sinkin määrä väheni voimakkaasti syvempiin kerroksiin siirryttäessä. Booripitoisuuksissa ei havaittu eroja eri syvyyksien välillä.

Maan kokonaistypen määrä kasvoi suhteessa kokonaiskuparin ja -boorin määrään mentäessä turveprofiilissa alaspäin. Sitä vastoin fosforin ja kaliumin suhteet kupariin ja booriin olivat suurimmat muokkauskerroksessa (Taulukko 3). Pintakerroksessa (0–10 cm) typen, fosforin ja kaliumin suhde (N : P : K) oli keskimäärin 100 : 11 : 2.

Uuttuvat ravinteet

Uuttuvat ravinnepitoisuudet eivät vaihdelleet turvekerrosten välillä yhtä säännönmukaisesti kuin kokonaisravinnepitoisuudet. Osa uuttuvista ravinnepitoisuuksista, kuten kaliumpitoisuus, pieneni selvästi turveprofiilissa alaspäin siirryttäessä (Taulukko 4). Sen sijaan kalsiumin uuttuva pitoisuus ei juurikaan vaihdellut kerrosten välillä.

Uuttuva kaliumpitoisuus oli syvimmässä kerroksessa keskimäärin vajaa kolmannes ja määrä vajaa viidennes pintakerroksen pitoisuudesta ja määrästä. Uuttuvan kaliumin pitoisuus ja määrä olivat ainoita ravinnetunnuksia, joiden keskiarvot erosivat myös muokkauskerroksen sisällä (Taulukko 4). Kahdessa ylimmässä kerroksessa kaliumin määrä vaihteli 29–281 kg ha^{-1}. Uuttuvan kaliumin osuus kaliumin kokonaismäärästä oli keskimäärin vähän yli 30% kaikissa kerroksissa. Suurimmillaan 85% (mediaani 33%) se oli pintaker-

Taulukko 1. Maan orgaanisen aineksen osuuden, tiheyden ja pH:n keskiarvot ja keskihajonnat. pH:n kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Student-Newman-Keuls-testiä ja muiden laskennassa Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimella merkityt eri kerrosten keskiarvot eroavat viiden prosentin merkitsevyystasolla toisistaan (n = 24).

Table 1. The means and standard deviations of the proportion, bulk density and pH of the soil organic matter. The Student-Newman-Keuls test was used in computing the differences in pH between the layers; the Mann-Wittney test was used in computing the others. The means of the various layers marked using different letters differ from one another at the 5% significance level (n = 24).

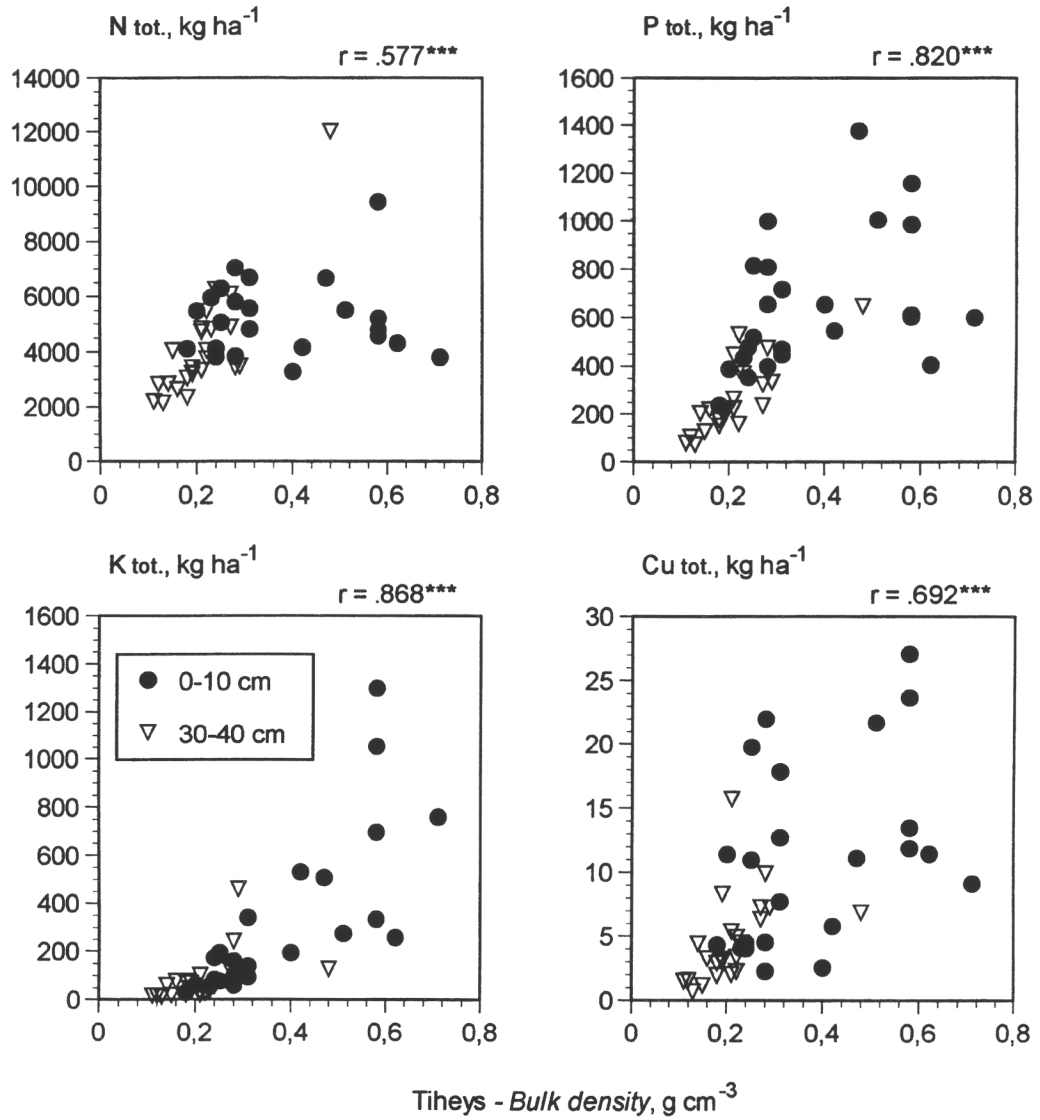
Turvekerros (cm) *Peat layer*	Orgaaninen aines (%) *Organic matter*	Tiheys (g cm^{-3}) *Bulk density*	pH
0–10	62,3 ± 24,5 a	0,38 ± 0,16 a	5,0 ± 0,3 a
10–20	65,5 ± 24,0 ab	0,37 ± 0,20 a	4,9 ± 0,3 ab
20–30	80,2 ± 17,5 bc	0,28 ± 0,13 ab	4,8 ± 0,4 ab
30–40	87,3 ± 12,1 c	0,21 ± 0,08 b	4,7 ± 0,3 b

roksessa ja pohjakerroksessa 90% (mediaani 23%). Kaliumin uuttuvan määrän osuus kokonaismäärästä oli sitä suurempi mitä suurempi oli orgaanisen aineksen osuus.

Taulukko 2. Maan kokonaisravinnepitoisuudet keskimäärin (mg g^{-1}, mg kg^{-1}) kuivapainoa kohden ja kokonaisravinnemäärät (kg ha^{-1}) sekä keskihajonnat. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat 5%:n merkitsevyystasolla toisistaan (n = 24). Boorista mukana vain ICP:n kvantitatiivisen rajan ylittäneet arvot.

Table 2. The mean total nutrient concentrations of the soil (mg g^{-1}, mg kg^{-1}) per unit weight of dry weight and total nutrient amounts (kg ha^{-1}) and standard deviations. The Mann-Wittney test was used in computing the differences between the layers. The means marked with different letters differ at the 5% significance level from one another (n = 24). In the case of boron, only the values in excess of ICP's quantitative limit included.

Ravinne *Nutrient*	Turvekerros (cm) *Peat layer*	Kuivapainoa kohti (mg g^{-1} tai mg kg^{-1}) *Per unit of dry weight*	Kg ha^{-1}
N mg g^{-1}	0–10	16,0 ± 6,7	5 214 ± 1 362 a
	10–20	16,5 ± 6,7	5 345 ± 2 541 ab
	20–30	18,0 ± 5,0	4 765 ± 2 089 ab
	30–40	19,0 ± 4,3	4 073 ± 2 036 b
P mg g^{-1}	0–10	1,84 ± 0,74 a	649 ± 283 a
	10–20	1,76 ± 0,74 a	612 ± 278 a
	20–30	1,40 ± 0,49 ab	393 ± 208 b
	30–40	1,22 ± 0,48 b	269 ± 153 b
K mg g^{-1}	0–10	0,69 ± 0,53	310 ± 335 a
	10–20	0,64 ± 0,53	286 ± 310 a
	20–30	0,40 ± 0,39	139 ± 219 b
	30–40	0,30 ± 0,33	73 ± 97 b
Ca mg g^{-1}	0–10	6,92 ± 3,72	2 366 ± 1 109 a
	10–20	6,81 ± 4,35	2 413 ± 1 629 a
	20–30	6,62 ± 3,50	1 883 ± 1 298 ab
	30–40	6,26 ± 3,71	1 359 ± 1 014 b
Mg mg g^{-1}	0–10	2,20 ± 1,70 a	983 ± 1 080 a
	10–20	2,10 ± 1,61 a	944 ± 1 109 a
	20–30	1,48 ± 1,41 ab	523 ± 890 ab
	30–40	1,18 ± 1,09 b	266 ± 327 b
Fe mg g^{-1}	0–10	14,08 ± 7,07 a	5 690 ± 4 284 a
	10–20	13,19 ± 7,61 ab	5 643 ± 4 823 a
	20–30	10,20 ± 6,27 ab	3 270 ± 3 246 ab
	30–40	8,56 ± 5,02 b	2 033 ± 1 716 b
Cu mg kg^{-1}	0–10	30,9 ± 20,7	11,1 ± 7,4 a
	10–20	26,3 ± 14,9	10,5 ± 7,9 ab
	20–30	20,9 ± 10,1	6,3 ± 5,3 bc
	30–40	20,9 ± 14,5	4,6 ± 3,4 c
Zn mg kg^{-1}	0–10	23,5 ± 11,2 a	9,7 ± 7,9 a
	10–20	22,3 ± 11,5 a	9,2 ± 8,3 a
	20–30	13,7 ± 10,7 b	4,7 ± 6,5 b
	30–40	8,4 ± 9,5 c	1,9 ± 2,7 c
B mg kg^{-1} (n = 14)	0–10	2,6 ± 1,0	1,0 ± 0,5
(n = 18)	10–20	2,5 ± 0,9	1,0 ± 0,6
(n = 10)	20–30	2,8 ± 1,0	1,0 ± 0,6
(n = 11)	30–40	2,6 ± 0,8	0,6 ± 0,4



Kuva 1. Maan kokonaistypen, -fosforin, -kaliumin ja -kuparin määrän riippuvuus turpeen tiheydestä. Korrelaatio on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaationa.

Fig 1. The dependence of the amount of total nitrogen, phosphorus, potassium and copper in the soil on the bulk density of the peat. The correlation was computed as a Spearman's order correlation.

Maaperätunnusten suhde taimikoiden kehitykseen

Taimien määrä ja kunto

Taimista oli elossa keskimäärin 81 % (Taulukko 5) eli 1 360 kpl ha^{-1} (eri ikäluokissa 65–89%), ja kasvatuskelpoisiksi luokiteltujen taimien määrä vaihteli 33%:sta 69%:iin viljelytiheydestä, keskiarvo oli 50% (840 kpl ha^{-1}). Taimia oli elossa taimikoittain 36–100%. Vajaassa puolessa taimikoista (46%) oli elossa yli 90 prosenttia viljelytaimista. Maaperätunnukset eivät selittäneet taimitiheyttä istutustiheyden suuren vaihtelun vuoksi. Istutusti-

heys vaihteli 960:stä 2 560 taimeen hehtaarilla ja elossaolevien määrä 440:stä 2 160 taimeen hehtaarilla. Täydennystaimet eivät ole mukana em. luvuissa.

Maaperätunnuksista varsin voimakkaita kasvatuskelvottomien taimien osuuden selittäjiä olivat mm. kokonaiskalsiumin ja kokonaiskuparin määrät 10–20 cm:n syvyydellä (Kuva 2) sekä typen ja kuparin suhde 10–20 cm:n syvyydellä.

Taimien kasvu

Taimien keskipituus eri ikäluokissa oli 141–297 cm ja pituuskasvu 43–60 cm vuodessa (Taulukko 5). Maan tiheys näytti välillisesti vaikuttavan positiivisesti pituuskasvuun, koska lähes kaikki ravinnemäärät korreloivat pituuskasvun kanssa pitoisuuksia voimakkaammin. Esimerkiksi typen 10–20 cm:n kerroksen kokonaismäärä (kg ha^{-1}) selitti pituuskasvusta yli 33%, kun typpipitoisuus (mg g^{-1}) samassa kerroksessa ei pystynyt lainkaan selittämään pituuskasvua.

Kuparin kokonaismäärä pystyi yksinään selittämään 42 prosenttia pituuskasvusta 0–20 cm:n kerroksessa (Taulukko 6). Ainoastaan kokonaiskuparin ($r = 0{,}637$, $p = 0{,}026$) (Kuva 3) ja uuttuvan rikin ($r = 0{,}498$, $p = 0{,}049$) määrien osittaiskorrelaatiot pituuskasvuun olivat tilastollisesti merkitseviä 0–10 cm:n kerroksessa. Taimien pituuskasvu parani N/Cu- ja P/Cu- suhteen pienetessä (Kuva 3). 0–10 ja 10–20 cm:n syvyyksiltä lasketuista arvoista korrelaatio oli molemmilla selvästi negatiivinen. N/B- suhde 10–20 cm:n kerroksessa korreloi negatiivisesti pituuskasvun kanssa, ts. typen määrän lisääntyessä booriin nähden pituuskasvu pieneni.

Eteenpäin askeltavassa regressioanalyysissä 0–10 cm:n kerroksessa taimikoiden pituuskasvua selitti parhaiten typen ja kuparin kokonaismäärien suhde yhdessä uuttuvan kaliumin määrän kanssa (Taulukko 7). Lisäksi kuparin kokonaismäärä ja uuttuvan kaliumin määrä olivat parhaita pituuskasvun selittäjiä. Muokkauskerroksen (0–20 cm) yhteenlasketuista ravinnemääristä selitti pituuskasvua parhaiten kuparin kokonaismäärä yhdessä kaliumin uuttuvan määrän kanssa (Taulukko 7). Uuttuvan kaliumin määrällä ei kuitenkaan osittaiskorrelaation perusteella ollut vaikutusta pituuskasvuun. Kun yhtälöstä poistettiin muuttujia yksi kerrallaan, niin tilalle nousseet muuttujat heikensivät yhtälön selitysastetta.

Maaperätunnukset eivät selittäneet taimien keskimääräistä tyviläpimitan kasvua aivan yhtä voimakkaasti kuin pituuskasvua. Muokkauskerroksen ravinnetunnuksista ainoastaan typen kokonaismäärä oli tilastollisesti merkitsevä tyviläpimitan kasvun selittäjä ($R^2 = 34{,}1\%$, $p = 0{,}003$).

Taulukko 3. Turpeen ravinnesuhteiden keskiarvot ja keskihajonnat syvyyksittäin. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Student-Newman-Keuls-testiä, paitsi K/Cu-, N/B-, P/B- ja K/B-suhteiden laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat viiden prosentin merkitsevyystasolla toisistaan.

Table 3. The means and standard deviations of the nutrient relations of the peat by depth. The Student-Newman-Keuls test was used in computing the differences between the layers. However, the Mann-Wittneys test was used in computing the K/Cu, N/B, P/B and K/B ratios. The means marked with different letters differ from one another at the 5% significance level.

Turvekerros (cm) *Peat layer*	n	N/Cu	P/Cu	K/Cu
0–10	(24)	705 ± 465 a	83,3 ±59,5	33,3 ± 29,9
10–20	(24)	929 ± 974 ab	84,1 ±51,8	28,7 ± 22,4
20–30	(24)	1 112 ± 677 ab	80,6 ±46,0	19,2 ± 15,4
30–40	(24)	1 333 ± 930 b	75,8 ±46,9	14,5 ± 12,3
		N/B	P/B	K/B
0–10	(14)	6 645 ± 2 500	783 ±250 a	299 ± 276
10–20	(18)	7 075 ± 2 782	803 ±254 a	286 ± 237
20–30	(10)	6 861 ± 2 519	622 ±283 ab	199 ± 244
30–40	(11)	8 122 ± 1 985	493 ±241 b	167 ± 255

Taimien vikaisuus

Latvakuolleista ja monilatvaisista taimista yhteenlaskettu kasvuhäiriöisten taimien osuus näytti kasvavan, jopa varsin merkittävästi fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteen kasvaessa 10–20 cm:n syvyydellä (Kuva 4). Fosforin ja kuparin suhde pystyi yksinään selittämään 40,1% (p = 0,001) kasvuhäiriöisten taimien osuudesta. Kuparin, fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuudet 10–20 cm:n syvyydessä pystyivät yhdessä selittämään 55,4% (p = 0,001) kasvuhäiriöisten taimien osuudesta.

Taulukko 4. Maan uuttuvien ravinteiden pitoisuudet keskimäärin (mg kg^{-1}) kuivapainoa kohden ja uuttuvat ravinnemäärät (kg ha^{-1}) sekä keskihajonnat. Kerrosten välisten erojen laskennassa on käytetty Mann-Wittney-testiä. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat 5%:n merkitsevyystasolla toisistaan (n = 24). Sinkistä ja kuparista vain kvantitatiivisen rajan ylittäneet arvot (Cu 0,025 ja Zn 0,045 mg dm^{-3}).

Table 4. The mean concentration of extractable soil nutrients (mg kg^{-1}) per unit of dry weight and the extractable nutrient amounts (kg ha^{-1}) and their standard deviations. The Mann-Wittney test was used in computing the differences between the layers. The means marked with different letters differ at 5% significance level from one another (n = 24). In the case of zinc and copper, only the values in excess of the quantitative limit (Cu 0.025 and Zn 0.045 mg dm^{-3}).

Ravinne *Nutrient*	Turvekerros (cm) *Peat layer*	Kuivapainoa kohti *Per unit of dry weight*	Kg ha^{-1}
P mg kg^{-1}	0–10	38,2 ± 25,5 a	12,1 ± 5,8 a
	10–20	32,2 ± 21,6 ab	9,7 ± 4,7 a
	20–30	18,7 ± 9,9 bc	5,0 ± 3,0 b
	30–40	13,0 ± 4,8 c	2,7 ± 1,4 c
K mg kg^{-1}	0–10	164,0 ± 112,2 a	59,1 ± 49,1 a
	10–20	102,0 ± 48,1 b	34,6 ± 21,1 b
	20–30	64,1 ± 34,0 c	17,4 ± 10,6 c
	30–40	54,3 ± 46,6 c	11,6 ± 10,0 d
Ca mg kg^{-1}	0–10	4 195 ± 2 313	1 420 ± 674 a
	10–20	4 097 ± 2 209	1 426 ± 871 a
	20–30	4 483 ± 2 169	1 279 ± 849 ab
	30–40	4 095 ± 2 278	875 ± 615 b
Mg mg kg^{-1}	0–10	477 ± 328	158 ± 105
	10–20	494 ± 322	156 ± 101
	20–30	602 ± 277	160 ± 87
	30–40	619 ± 306	125 ± 63
S mg kg^{-1}	0–10	82,5 ± 38,6	28,3 ± 12,2 a
	10–20	80,1 ± 36,4	27,5 ± 14,8 a
	20–30	81,2 ± 43,4	22,8 ± 16,9 ab
	30–40	76,1 ± 45,2	16,9 ± 14,6 b
Fe mg kg^{-1}	0–10	331,8 ± 283,1	126,7 ± 115,3 a
	10–20	312,0 ± 348,0	122,1 ± 133,1 ab
	20–30	269,2 ± 319,2	80,0 ± 95,1 ab
	30–40	181,4 ± 215,0	43,8 ± 57,4 b
Zn mg kg^{-1} (n = 24)	0–10	4,1 ± 2,7	1,3 ± 0,6 a
(n = 22)	10–20	3,8 ± 2,6	1,2 ± 0,6 ab
(n = 14)	20–30	3,3 ± 1,7	0,9 ± 0,5 ab
(n = 7)	30–40	3,2 ± 1,3	0,7 ± 0,2 b
Cu mg kg^{-1} (n = 16)	0–10	1,0 ± 0,6 ab	0,4 ± 0,2
(n = 13)	10–20	0,9 ± 0,3 a	0,4 ± 0,2
(n = 3)	20–30	0,9 ± 0,5 ab	0,3 ± 0,0
(n = 6)	30–40	1,6 ± 0,6 b	0,3 ± 0,1

Lähes yhtä hyvään selitysasteeseen ylsi malli, jossa oli selittäjänä fosforin suhde kupariin ja kaliumiin.

TULOSTEN TARKASTELU

Tulosten luotettavuus

Taimikkoon systemaattisesti sijoitetulta koealoilta saadut tulokset voidaan yleistää koskemaan koko taimikkoa niin maaperäominaisuuksien kuin myös taimitunnusten osalta. Maanäytteiden ottoajankohdalla ei liene ollut vaikutusta analysoituihin ravinnepitoisuuksiin, sillä viljelyssä olevilla pelloilla maaperän ravinnepitoisuuksissa ei ole havaittu muuta kuin lannoituksen aiheuttamaa kasvukautista vaihtelua (Urvas & Tares 1989). Maanäytteen tiheys määritettiin ennen kemiallista maa-analyysiä, jolloin kuivatuslämpötila (105 °C) vaikutti mahdollisesti fosforin, raudan ja pH:n mittaustuloksiin. Turpeen kuivatuslämpötilan nosto 40°C:sta 105°C:een alentaa turpeen pH-lukua, lisää fosforin uuttuvuutta sekä vähentää raudan uuttuvuutta (Saarinen 1989).

Fysikaaliset ominaisuudet ja pH

Tutkittujen metsitysalojen maan tiheys oli keskimäärin korkein pellon muokkauskerroksessa ja moninkertainen luonnontilaisiin tai ojitettuihin soihin verrattuna (Päivänen 1969, Starr & Westman 1978, Westman 1981, Päivänen 1982, Westman et al. 1985, Kaunisto & Paavilainen 1988).

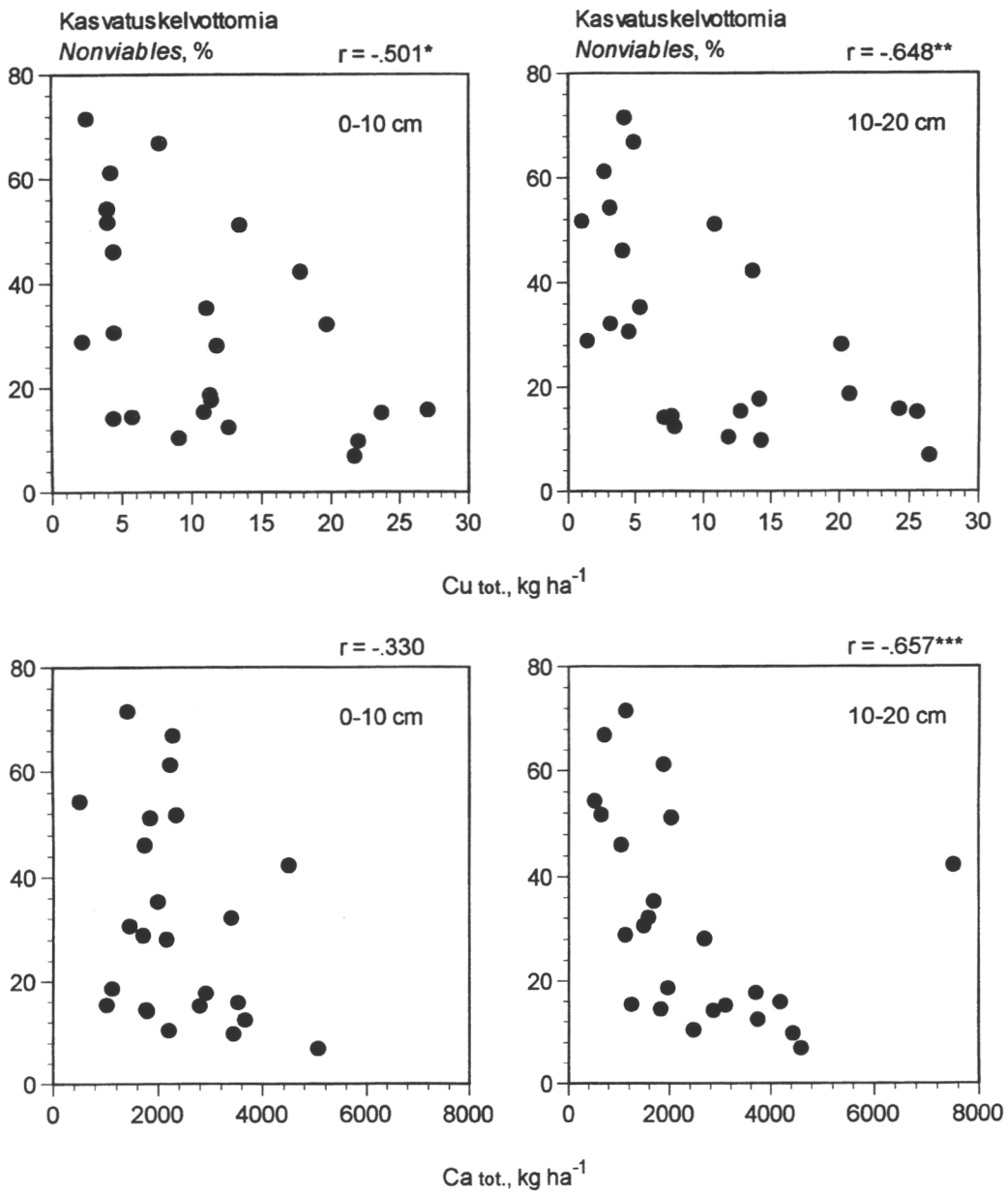
Muissa tutkimuksissa viljeltyjen ja metsitettyjen turvemaapeltojen maan tiheydeksi sekä orgaanisen aineksen osuudeksi ja happamuudeksi on saatu tähän tutkimukseen verrattuna lähestulkoon samanlaisia arvoja (Urvas 1985, Kähäri et al., 1987, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Ferm et al. 1993, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995, Wall & Hytönen 1996, Wall & Heiskanen 1998). Sen sijaan pintakerroksen tiheydeksi Hytönen (1995) sai selvästi pienempiä arvoja. Tässä tutkimuksessa 30–40 cm:n syvyyden tiheys oli samalla tasolla kuin metsäojitettujen turvemaiden ja metsitettyjen turvemaapeltojen maan tiheydet (Urvas 1985, Kaunisto & Paavilainen 1988, Kaunisto 1991, Ferm et al. 1993, Hytönen 1995, Wall & Heiskanen 1995).

Muokkauskerroksen tiheys vaihteli suuresti, mikä ilmentää kivennäisaineksen määrän suurta vaihtelua sekä myös maaanviljelyn voimaperäisyyden vaihtelua. Osalla pelloista muokkauskerroksessakin orgaanisen aineksen osuus oli yli 90 prosenttia, joka on tyypillinen orgaanisen aineksen osuus luonnontilaisilla soilla (Vahtera 1955, Westman 1981). Jo pelkästään ojituksen on todettu lisäävän selvästi turpeen pintakerroksen tiheyttä edistämällä turpeen maatumista (Kaunisto & Paavilainen 1988). Lisäksi viljellyissä turpeissa painomaan käyttö ja kalkitus edistävät turpeen maatumista, jolloin tiheys kasvaa. Toisaalta painomaan lisäys on vaikuttanut toisiin peltoihin niin voimak-

Taulukko 5. Taimikkotietojen ikäluokittaiset keskiarvot ja varianssit. Ikäluokkisen keskiarvojen erot on laskettu Kruskalin-Wallisin testillä, paitsi paksuuden erot on laskettu Mann-Wittneyn-testillä.

Table 5. The means and variances of the data on young stands by age class. The differences between the means by age class were computed using the Kruskal-Wallis test, except for the differences in thickness, which were computed using the Mann-Wittney test.

Taimikon ikä *Young stand age* a	Pituus *Height* cm	Pituus-kasvu *Height growth* cm a^{-1}	Tyviläpimitta *Base diameter* mm	Paksuuskasvu *Radial growth* mm a^{-1}	Elossaolo *Survival* %	Kasvuhäiriöiset *Growth-disorders* %	Kasvatuskelvottomat *Nonviable* %
3 (n = 6)	141 ± 21 a	43 ± 24 a	17 ± 4 a	6 ± 3 a	89 ± 15 a	40 ± 23 a	20 ± 10 a
4 (n = 9)	180 ± 58 a	51 ± 29 a	26 ± 9 b	9 ± 5 a	89 ± 7 a	36 ± 17 a	41 ± 25 a
6 (n = 6)	217 ± 82 a	45 ± 27 a	37 ± 13 b	10 ± 4 a	65 ± 23 a	46 ± 31 a	32 ± 18 a
7 (n = 3)	297 ± 86 a	60 ± 32 a	53 ± 18 bc	12 ± 4 a	74 ± 9 a	37 ± 30 a	23 ± 11 a
Kaikki — *All*	193 ± 75	49 ± 24	30 ± 15	9 ± 5	81 ± 17	39 ± 23	31 ± 20



Kuva 2. Kasvatuskelvottomien (kituvien) taimien osuuden riippuvuus kuparin ja kalsiumin kokonaismääristä 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaatio on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaationa.

Fig 2. The dependence of the share nonviable seedlings (seedlings in a poor state of health) on the total concentrations of copper and calcium on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. The correlation were computed using Spearman's order correlation.

kaasti, että pintakerroksen perusteella on voitu puhua jo lähes kivennäismaasta, koska orgaanisen aineksen osuus on ollut pintakerroksessa alimmillaan alle 20 prosenttia.

Ravinnetunnukset

Ravinteiden kokonaismäärät ja uuttuvat määrät olivat selvästi suurempia 0–10 ja 30–40 cm:n turvekerroksessa kuin luonnontilaisilla tai metsäojitetuilla soilla (Starr & Westman 1978, Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988, Pätilä & Nieminen 1990, Finer 1989, 1991). Syynä ravinnemäärien kasvuun oli maan tiheyden ja ravinnepitoisuuksien kohoaminen, jotka aiheutuvat turvekerroksen tiivistymisestä, turvekerroksen maatumisesta ja painomaan käytöstä sekä maanviljelyn aikaisesta lannoituksesta.

Typen kokonaispitoisuus ei viljelyssä näyttänyt kasvavan luonnontilaisiin ja metsäojitettuihin soihin verrattuna. Kokonaistypen osuus kuiva-aineksesta oli keskimäärin alle 2 mg g^{-1}, mikä on varsin tyypillinen typen kokonaispitoisuus luonnontilaisilla ja metsäojitetuilla turvemailla (Starr & Westman 1978, Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988, Silvola 1988). Turpeen maatumisen aiheuttama typen konsentroituminen on ehkä ollut vaikea todeta turvemaapellolle lisätyn painomaan takia.

Hivenravinteiden kokonaispitoisuuden nousu muokkauskerroksessa metsäojitettuihin soihin verrattuna ei tue sitä käsitystä, että turvemaapeltojen viljelyssä hivenravinteet kuluisivat loppuun tai niiden pitoisuudet alenisivat liikaa puun tuotannon kannalta pitkällä aikavälillä. Pikemminkin on kyse ravinnesuhteiden muutoksista ja näin ollen puuston kasvuedellytyksiä täytyisi tarkastella erityisesti ravinnesuhteiden pohjalta.

Ravinteiden kokonaismäärät olivat suurin piirtein samalla tasolla kuin muissakin pellonmetsitystutkimuksissa (Hynönen 1992, Ferm et al. 1993, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995). Sen sijaan Alkkian metsitetyillä suopelloilla ravinteiden kokonaismäärät turpeen pintakerroksessa olivat selvästi pienempiä, koska pellot oli raivattu hyvin vähäravinteisista soista (Kaunisto 1991). Kalsiumin kokonaismäärä oli nyt tutkittujen metsitettyjen peltojen turpeen pintakerroksessa selvästi suurempi kuin muilla metsitetyillä suopelloilla (Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995). Kalsiumin korkea määrä oli osoitus peltojen voimakkaasta kalkituksesta ja osin kivennäismaalisäyksestä, mitä tukee pintakerroksen alhaisempi happamuus muihin tutkimuksiin verrattuna (Hynönen 1992, Hytönen 1995).

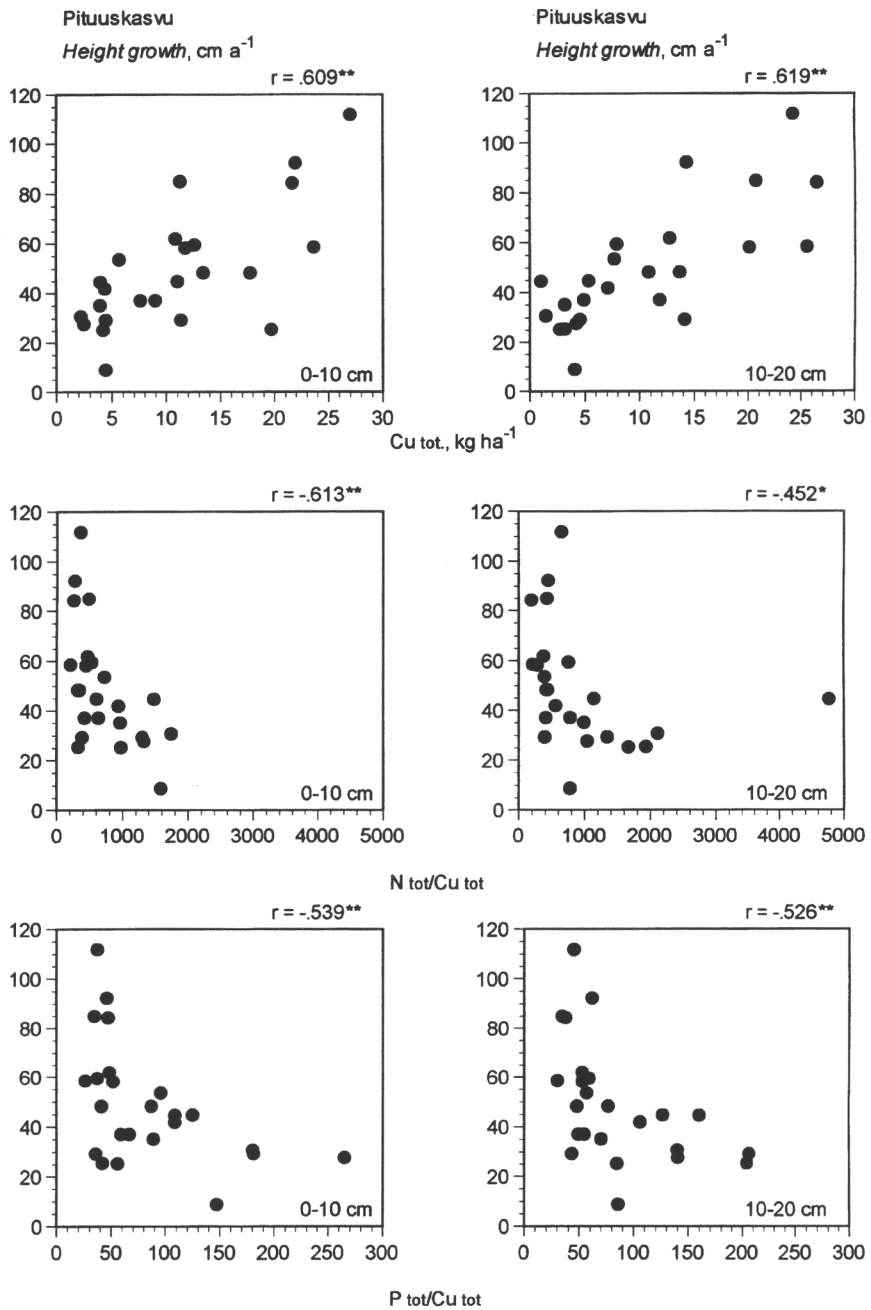
Kaliumia oli selvästi vähemmän suhteessa typpeen ja fosforiin kuin muilla Pohjois-Savossa tutkituilla metsitetyillä turvemaapelloilla, joissa N : P : K-suhde oli 100 : 9 : 4 (Hynönen 1992). Ero johtunee siitä, että tämän tutkimuksen turvemaapellot olivat hieman paksuturpeisempia kuin aikaisemman tutkimuksen pellot. Sitä vastoin metsäojitetuilla turvemailla N : P : K-suhde oli 100 : 3–4 : 1 (Kaunisto & Paavilainen 1988). Typen suhdetta fosforiin ja kaliumiin ovat pienentäneet painomaan käyttö ja lannoitus. Erityisen voimakkaasti on suurentunut kuitenkin fosforin ja kaliumin suhde, mikä johtunee lannoitefosforin hyvästä pidättymisestä maahan.

Fosforin, kalsiumin ja magnesiumin uuttuvat

Taulukko 6. Taimien keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus joistakin ravinteista. Laskennassa on käytetty arvojen kymmenkantaisia logaritmeja (n = 24).

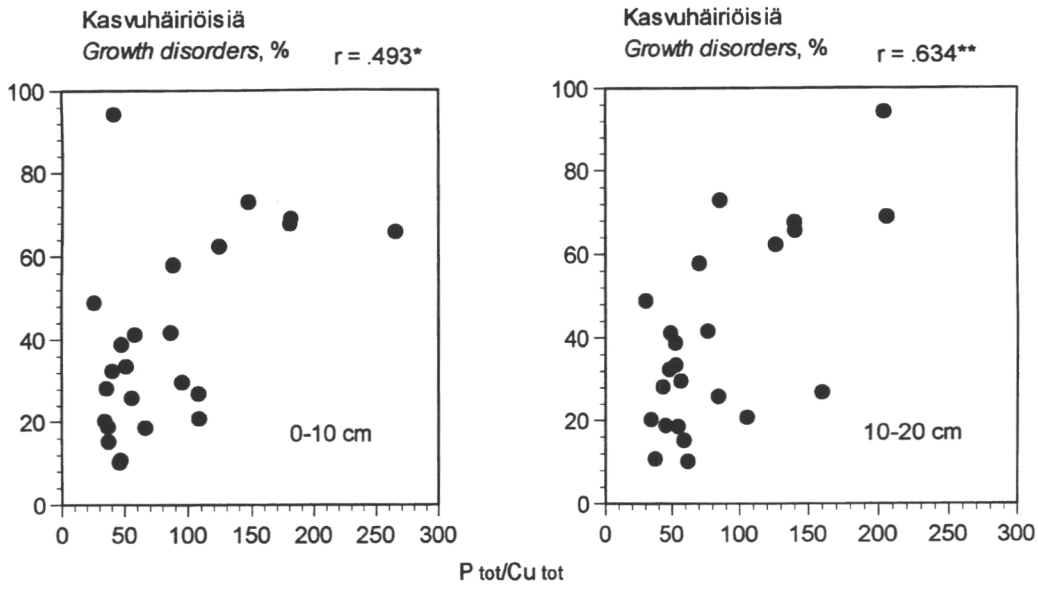
Table 6. The dependence of the mean height growth of seedlings on some soil nutrients. Common logarithms were used in computing the values (n = 24).

Tunnus (log_{10}) *Parameter*	Turvekerros (cm) *Peat layer*	Yhtälö *Equation*	R^2, %	p
K uut. kg ha^{-1}	0–10	y = 0,508 x + 0,779	31,7	0,004
K extr.	10–20	y = 0,366 x + 1,095	16,2	0,051
	0–20	y = 0,583 x + 0,520	31,8	0,004
Cu tot. kg ha^{-1}	0–10	y = 0,448 x + 1,211	37,1	0,002
	10–20	y = 0,370 x + 1,310	38,3	0,001
	0–20	y = 0,466 x + 1,062	42,2	0,001
S uut. kg ha^{-1}	0–10	y = 0,806 x + 0,492	36,1	0,002
S extr.	10–20	y = 0,539 x + 0,888	27,5	0,009
	0–20	y = 0,758 x + 0,340	36,6	0,002



Kuva 3. Taimikoiden keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus kuparin kokonaismäärästä sekä typen ja kuparin että fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteesta 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaation laskennassa on käytetty muuttujien kymmenkantaisia logaritmeja.

Fig 3. The dependence of the mean height growth of young stands on the total amounts of copper, and on the ratios of the total amounts of nitrogen and copper and phosphorus and copper on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. Common logarithms of variables were used in computing the correlations.



Kuva 4. Kasvuhäiriöisten taimien osuuden riippuvuus fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhteesta 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n maakerroksissa. Korrelaation laskennassa on käytetty selittäjän kymmenkantaisia logaritmeja.

Fig. 4. The dependence of the share of the growth-disorder seedlings on the ratios of the total amounts of phosphorus and copper on 0–10 cm and 10–20 cm soil layers. The determining variable's common logarithms were used in computing the correlations.

määrät 0–10 cm:n kerroksessa olivat selvästi suuremmat kuin muissa metsitettyjen turvemaapeltojen tutkimuksissa on havaittu (Kaunisto 1991, Hytönen & Ekola 1993). Alkkian metsitetyillä suopelloilla oli 30–40 cm:n syvyydessä selvästi vähemmän uuttuvaa kalsiumia, kuin tässä tutkimuksessa (Kaunisto 1991).

Maaperätunnusten suhde puustoon

Uuttuvien ravinteiden määrät ja pitoisuudet eivät korreloineet aivan yhtä hyvin taimikoiden kasvun, erityisesti paksuuskasvun, kanssa kuin kokonaisravinnemäärät ja -pitoisuudet. Ainoana selvänä poikkeuksena oli uuttuvan kaliumin määrän koko-

Taulukko 7. Taimien keskimääräisen pituuskasvun riippuvuus maaperätunnuksista eteenpäin askeltavan regressioanalyysin perusteella. Laskennassa on käytetty arvojen kymmenkantaisia logaritmeja (n = 24).

Table 7. The dependence of the mean height growth of seedlings on the soil parameters on the basis of a forward-stepping regression analysis. Common logarithms were used in computing values (n = 24).

Tunnus (log_{10}) *Parameter*	Turvekerros (cm) *Peat layer*	Yhtälö *Equation*	R^2, %	p
N/Cu (x)				
K uut. kg ha^{-1} (z)	0–10	y = – 0,444 x + 0,414 z + 2,164	57,8	0,000
K extr.				
Cu tot. kg ha^{-1} (x)				
K uut. kg ha^{-1} (z)	0–10	y = 0,377 x + 0,410 z + 0,588	56,8	0,000
K extr.				
Cu tot. kg ha^{-1} (x)				
K uut. kg ha^{-1} (z)	0–20	y = 0,371 x + 0,400 z + 0,415	55,4	0,000
K extr.				

naismäärää voimakkaampi korrelaatio taimikoiden pituuskasvuun. Samansuuntainen tulos on saatu myös muissa tutkimuksissa (Kaunisto & Paavilainen 1988, Laiho 1994, Wall & Heiskanen 1995). Puuston ravinnetilan arvioinnissa kokonaisravinnemäärien ja -pitoisuuksien on todettu olevan luotettavampia kuin uuttuvat ravinnemäärät ja -pitoisuudet (Kaunisto 1991). Yksittäiset maaperätunnukset selittivät tässä tutkimuksessa kuitenkin varsin heikosti taimikoiden pituuskasvua verrattuna esimerkiksi luonnontilaisilla soilla männyn kasvusta saatuihin tuloksiin (Sippola et al. 1985).

Maaperän hivenravinteista olivat taimikoiden kasvun kannalta merkittävimpiä kupari ja boori, joiden molempien määrän kasvu lisäsi selvästi taimien kasvua. Erityisen selvästi niiden vaikutus kasvuun tuli esille suhteessa pääravinteisiin, jolloin varsinkin typen ja kuparin sekä fosforin ja kuparin suhteiden pieneminen paransi puuston kasvua. Fosforin ja kuparin suhteen kasvu lisäsi kasvuhäiriöisiksi luokiteltujen taimien osuutta.

Koivut ottavat maaperästä ravinteita selvästi mäntyä enemmän (Viro 1955, Armson 1979, Finer 1989, Paavilainen 1984), joten on mahdollista, että hieskoivun kasvun ja normaalin kehityksen kannalta metsitetyillä turvemaapelloilla erityisesti hivenravinnetilanne on kriittinen. Viljelyssä erityisesti pääravinteiden kokonaismäärät kohoavat luonnontilaiseen suohon verrattuna huomattavasti, jolloin taimikoiden normaalin kehityksen esteeksi nousee hivenravinteiden vähäisyys pääravinteisiin verrattuna. Eri tutkimuksissa on esitetty huoli turvemaapeltojen hivenravinteiden riittävyydestä suhteessa pääravinteisiin, vaikka niiden määrä onkin saattanut olla absoluuttisesti suurempi kuin luonnontilaisilla turpeilla (Kolari 1988, Ekola 1991, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Wall & Heiskanen 1995).

Maaperätunnukset selittivät 10–20 cm:n syvyydellä ylintä 0–10 cm:n kerrosta paremmin kaikkia puustotunnuksia. Siksi entisiltä turvemaapelloilta pitäisi ottaa, varsinkin syväjuurisen koivun kasvuedellytyksiä tarkasteltaessa, maanäytteet koko muokkauskerroksesta (0–20 cm) ja mahdollisesti myös 30–40 cm:n syvyydestä. Aiemmin on esitetty, että maanäytteet otettaisiin 0–10 cm:n ja 30–40 cm:n syvyydeltä sekä määritettäisiin ainakin tiheys, orgaanisen aineksen osuus, kokonaistyppi, -fosfori, -kalium, -kalsium, -boori ja vaihtuva kalium (Kaunisto 1991). Tämän tutkimus tukee myös kokonaiskuparin pitoisuuden määrittämistä.

PÄÄTELMÄT

Hieskoivun viljely alkoi laajemmin 1980-luvun lopulla. Tutkimustulokset turvemaapellolle istutettujen hieskoivikoiden alkukehityksestä sekä myös lyhytaikaiset kokemukset käytännön pellonmetsityksistä mahdollistavat tekemään seuraavat johtopäätökset:

1. Istutetuista hieskoivuista kuolee ensimmäisten vuosien aikana noin viidennes ja kasvatuskelpoisten taimien määrä laskee noin puoleen istutettujen taimien määrästä.
2. Taimikoiden välinen vaihtelu niin taimimäärän kuin myös taimien kunnon osalta on suuri.
3. Hieskoivun kehityksen kannalta maan tasapainoinen ravinnetalous on tärkeää. Erityisesti tämän tutkimuksen mukaan fosforin ja kuparin kokonaismäärien suhde näytti olevan oleellinen. Ravinnesuhteilla on merkitystä sekä pituuskehitykseen että myös taimien epätavalliseen kehitykseen, lähinnä monilatvaisuuteen (ns. kasvuhäiriö).
4. Hieskoivun viljely ei näytä olevan ratkaisu ongelmallisten turvemaapeltojen metsitykseen ja huonojen käytännönkin kokemusten myötä hieskoivun viljelyala on jo laskenut viime vuosina.
5. Tämä tutkimus osoittaa, että tutkimustietoa tarvitaan erityisesti maan ravinnetalouden parantamisen vaikutuksesta hieskoivikoiden alkukehitykseen. Selvityksen tarpeellisuutta kiirehtii jo perustettujen koivikoiden mahdollisimman hyvän kehityksen turvaaminen.

KIITOKSET

Maatilahallituksen, maa- ja metsätalousministeriön maatalouspolitiikan osaston sekä Pohjois-Savon metsäkeskuksen rahoitustuella tutkimushanke oli mahdollista toteuttaa. Tekijöiden ohella maastomittauksessa olivat mukana metsätalousinsinöörit Risto Hämäläinen ja Timo Kauppila sekä metsätalousteknikot Jussi Hintsanen ja Mika Karjalainen. Professori Hannu Mannerkoski ja MMT Leena Finer sekä kaksi toimittajan valitsemaa tarkastajaa ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet siihen huomionarvoisia korjausehdotuksia.

Äidinkielenopettaja Leila Leinonen tarkasti kieliasun ja Erkki Pekkinen teki englanninkielisen käännöksen. Työ on jakaantunut tekijöiden kesken seuraavasti: Tenho Hynönen on suunnitellut tutkimuksen ja perustanut kokeet. Hän on myös vastannut pääosasta mittauksia. Timo Makkonen teki aineistosta metsäympäristön hoidon ja suojelun pro gradu -työnsä maatalous- ja metsätieteiden maisterin tutkintoa varten. Käsikirjoituksen viimeistelystä vastasi Tenho Hynönen. Lausumme parhaat kiitoksemme sekä rahoittajille että työhön muuten myötävaikuttaneille.

KIRJALLISUUS

Armson, K.A. 1979. Forest soils: properties and processes. University of Toronto Press. Toronto. 390 pp.

Björkund, T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomassa ja tekniset ominaisuudet. (Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder). Folia Forestalia 500. 37 pp.

Ekola, E. 1991. Peltomaiden ominaisuudet ja metsänkasvatus. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 55–59.

Ferm, A. 1985. Pienikokoisen hieskoivun kosteuden ja tiheyden vaihtelu turvemaalla. (Abstract: Variation in the water content and basic density of small-sized pubescent birch (Betula pubescens) stems on peatland). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 19–39.

Ferm, A. 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla. (Summary: Development and decay of young Betula pubescens coppice stands on peatland). Folia Forestalia 744. 17 pp.

Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aittonevalla. (Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö). Folia Forestalia 558. 32 pp.

Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. (Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in Betula pubescens stands during the growing season). Folia Forestalia 613. 28 pp.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 pp.

Finer, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on drained mire. (Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa). Acta Forestalia Fennica 208. 63 pp.

Finer, L. 1991. Turvemaiden ravinnetaseet. Teoksessa: Mäkeli, P. & Hotanen, J.-P. (toim.) Metsänkasvatuksen perusteet turve- ja kivennäismailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 383: 11–22.

Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36. 23 pp.

Heikurainen, L. 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. (Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden). Acta Forestalia Fennica 67(2): 1–32.

Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. (Seloste: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 42(5). 13 pp.

Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seelings. (Seloste: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 50(9): 1–14.

Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. 181 pp.

Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.

Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. (Summary: Soil nutrient regime and nutrion on afforested fields in central Ostrobotnia, western Finland). Folia Forestalia 822. 32 pp.

Kaunisto, S. 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetuilla soilla. (Summary: Afforestation of open peatlands with Betula pubescens and B. verrucosa). Suo 24(1): 4–7.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. (Summary: Soil analysis as means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia). Folia Forestalia 778. 32 pp.

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 pp.

Kolari, K. K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 310. 35 pp.

Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. (Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980). Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki. 181 pp.

Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1985. (Summary: Soil Fertility of Finnish Cultivated Soils in 1981–1985). Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 105 pp.

Laiho, R. 1994. Voitaisiinko soita luokitella pelkkien turpeen ravinnetunnusten perusteella? (Abstract: Could we create a peatland classification system based on nutri-

ent contents?) Teoksessa: Reinikainen, A. & Lehtinen, K.-M. (toim.) Kasvupaikkaluokituksen tutkijaseminaari. Vantaa 27.10.1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 531: 56–61.

Metsätilastollinen vuosikirja 1995. Yearbook of forest statistics 1995. Maa- ja metsätalous 1995: 5. 354 pp.

Mikola, P. 1973. Koivu suopuuna. (Summary: Betula pubescens and B. verrucosa on peat). Suo 24(1): 1–3.

Moilanen, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. (Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (Betula pubescens) on the drained mires with thin peat layer). Folia Forestalia 629. 29 pp.

Paavilainen, E. 1984. Lannoitus ja ravinteiden kierto suometsissä. (Summary: Fertilization and nutrient cycle in peatland forests). Suo 35(4–5): 91–93.

Penttilä, T. & Moilanen, M. 1997. Lannoituksen vaikutus hieskoivikoiden kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla turvemailla Pohjois-Suomessa. (Summary: Effect of fertilization on the growth and folia nutrient status of pubescens birch stands on drained mires in northern Finland). Suo 48(4): 127–137.

Pessi, Y. 1957. Suon ojituksen ja viljelykseenoton vaikutuksesta maan ja maan pinnan läheisen ilman lämpöoloihin. Suo 8(4):37–41.

Puro, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. (Summary: Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species). Folia Forestalia 507. 14 pp.

Päivänen, J. 1969. The bulk density of peat and its determination. (Seloste: Turpeen tilavuuspaino ja sen määrittäminen). Silva Fennica 3(1): 1–19.

Päivänen, J. 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. (Abstract: Physical properties of peat soil. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 2). 69 pp.

Pätilä, A. & Nieminen, M. 1990. Turpeen emäsravinne- ja rikkitase karuilla ojitetuilla rämeillä laskeuma huomioon ottaen. (Summary: Base cation nutrients and sulphur status of drained oligotrophic pine mires considering the atmospheric input). Folia Forestalia 759. 16 pp.

Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. (Abstract: Growth disturbances of scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms). Folia Forestalia 412. 16pp.

Saarinen, J. 1989. Effect of drying temperature on the extractable macro- and micronutrients and pH of different peat types. (Tiivistelmä: Kuivatuslämpötilan vaikutus eri turvelajien uuttuviin pää- ja hivenravinteisiin sekä pH-lukuun). Suo 40(4): 149–153.

Saramäki, J. 1973. Hieskoivun kasvukyvystä Pohjois-Pohjanmaan ojitetuilla soilla. (Summary: On the potential growth of Betula pubescens on drained peat in the province of North Ostrobothnia, Finland). Suo 24(1): 16–19.

Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. (Summary: Development of white birch (Betula pubescens Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(2): 1–5.

Saramäki, J., Ferm, A. & Valkonen, S. 1991. Ennakkotuloksia pelloille viljeltyjen raudus- ja hieskoivujen kasvusta sekametsänä. (Abstract: Preliminary results on the growth of planted mixture of Betula pendula and Betula pubescens on former agricultural fields). Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 49–54.

Silvola, J. 1988. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus turpeen hiilen vapautumiseen ja ravinteiden mineralisoitumiseen. (Summary: Effect of drainage and fertilization on carbon output and nutrient mineralization of peat). Suo 39(1–2): 27–37.

Sippola, J., Erviö, R. & Tares, T. 1985. Maa- ja neulasanalyysit havupuiden kasvun kuvaajina. (Summary: Soil and needle analyses as indicators of tree growth). Suo 36(3): 69–73.

Starr, M. & Westman, C. J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. (Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa). Silva Fennica 12(2): 65–78.

Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. (Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soils). Suo 36(3): 61–64.

Urvas, L. 1991. Pelto- ja metsämaiden ravinteisuuden vertailu. (Abstract: A fertility comparison between fields and forest soils). Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 55–59.

Urvas, L. & Tares, T. 1989. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 20/89. 17 pp.

Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. (Referat: Über die Nährstoffgehalte der für walderziehung entwässerten moore). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(4): 1–108.

Wall, A. & Heiskanen, J. 1995. Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin. Teoksessa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 133–148.

Wall, A. 1998. Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. (Selostus: Metsitettyjen turvepeltojen maan fysikaaliset ominaisuudet). Suo 49(1): 1–12.

Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinnemääriin. (Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peat fields). Suo 47(3): 73–83.

Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. (Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report). Folia Forestalia 601. 41 pp.

Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type an potential stand growth. (Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyypiin ja puuston kasvupotentiaaliin). Acta Forestalia Fennica 172. 77 pp.

Westman, C. J., Starr, M. & Laine, J. 1985. A comparision of gravimetric and volumetric soil properties in peatland and upland sites. (Seloste: Gravimetrisesti ja volumetrisesti ilmaistujen maan ominaisuuksien vuorosuhteita turve- ja kangasmailla). Silva Fennica 19(1): 73–80.

Viro, P. J. 1955. Investigations on forest litter. (Seloste: Metsäkariketutkimuksia). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45.6. 65 pp.

Viro, P. J. 1974. Fertilization of birch. (Selostus: Koivun lannoitus). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 81(4): 1–38.

SUMMARY:

Soil properties of peat-based fields and their effect on the initial development of downy birch in Pohjois-Savo, southern Finland

The use of downy birch increased rapidly in forest regeneration, and especially in afforestation of fields converted into agricultural use from former mires and reforestation, at the end of the 1980s. Research results on the success of downy birch on peatland sites and on the failure of pine plantations on peat-based fields encouraged practical foresters to planting downy birch. In peak years, the areas reforested to downy birch were in excess of 3 000 hectares in the country as a whole. In Pohjois-Savo, too, the reforestation area was close to 500 hectares at its highest, of which peat-based fields formed the majority. The present study's purpose was to analyse the soil properties of peat-based fields afforested using downy birch and their effect to the initial development of downy birch in Pohjois-Savo.

Twenty-four peat-based fields were selected within the jurisdiction of Pohjois-Savo Forestry Centre and five experimental plots 50 sq. metres in size were placed systematically on each of these fields. The fields had been afforested in 1989, 1990, 1992 and 1993. When measured last, the age of the oldest afforestations was seven years. Fourteen of the fields had been cleared from spruce mires and the rest from pine mires. All the experimental plots were accessed to measure parameters such as the height and base diameter of the trees, causes of damage were determined, and notes were made concerning tree vitality, defects and viability. The first, third and fifth experimental plot were accessed for soil samples precisely 709 cm^3 in size from varying depths (0–10, 10–20, 20–30 and 30–40 cm layers). The partial samples were combined by layer to form total samples. The soil samples were analysed for soil density, proportion of soil organic matter and pH. Of the total nutrients of the soil, analyses included nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, boron, copper and zinc and their proportions of extractable acidic ammonium acetate using ICP.

All the investigated fields were thick-peated. The bulk density of the tilling layer (0–20 cm) was usually below 0.40 g cm^{-3} and it declined distinctly below the tilling layer. The share of soil organic matter was at its lowest in the tilling layer. The amounts of total nutrients diminished progressively deeper down in the soil profile. Usually, the nutrient amounts were at least twice as high in the tilling layer when compared to the layers below it. However, the soil layers did not differ as regularly with respect to the amounts of extractable nutrients. For example, the concentration of extractable calcium hardly differed at all from layer to layer. The ratio of nitrogen to copper and boron was at its lowest in the surface layer of the peat, (0–10 cm), but the ratio of phosphorus and potassium to copper and boron behaved the opposite.

The amounts of soil nutrients and nutrient ratios generally explained height growth more powerfully than the other soil parameters. The total amount of copper in the 0–20 cm layer explained 42% of height growth. Diminished N/Cu and P/Cu ratios also clearly improved heigth growth. N/Cu ratio, together with the amount of extractable potassium in the 0–10 peat layer, explained 57.8% of the height growth ($p = 0.000$).

Soil parameters did not explain other stand parameters quite as strongly. The P/Cu ratio (10–

20 cm layer) explained 40.1% of the share of trees afflicted by growth-disorder ($p = 0.000$). The aforementioned ratio, together with the total concentration of potassium, explained 55.4% of the share of trees afflicted by the growth-disorder ($p = 0.000$). The total amount of copper explained the share on nonviable tree quite well.

Nearly all stand parameters were explained better by the soil parameters of the 10–20 and 0–20 cm layers than by those of the 0–10 cm peat layer. It would thus be advisable to take soil samples from the entire tilling layer (i.e. 0–20 cm peat layer) when dealing with former agricultural land on peat-based soils assess the preconditions for growth, especially of downy birch, on the site. The soil samples should be analysed for bulk density, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, copper, boron and exchangeable potassium.

Received 27.5.1998, accepted 11.11.1998

ISBN 951-40-1725-0
ISSN 0358-4283