

## Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994

Jyrki Hytönen & Keijo Polet (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

**Metsäntutkimuslaitos  
Kannuksen tutkimusasema  
PL 44  
69101 Kannus  
puh. 968-871 161**

**The Finnish Forest Research Institute  
Kannus Research Station  
PL 44  
FIN-69101 Kannus  
Finland**

Kansikuva: Kristian Karlsson. Aineisto valtakunnan metsien inventoinnista.



# Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994

Toimittaneet

Jyrki Hytönen ja Keijo Polet

Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema.  
Kannus 1995.

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

Hytönen, J. & Polet, K. (toim). 1995. Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. - Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540. 74 s. ISBN 951-40-1412-X, ISSN 0358-4283.

Julkaisun artikkelit perustuvat Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusaseman järjestämän metsäntutkimuspäivän esitelmiin. Suurin osa esitelmien aiheista liittyi metsänparannuksen tutkimukseen ja käsitteli mm. peltojen metsitystä, kunnostusojitusta ja nuoren metsän kunnostushakkuita. Lisäksi käsiteltiin ympäristökysymyksiä, männyn luontaista uudistamista ja kasvua sekä rusko-  
täpläkärpäsen esiintymistä koivuissa.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema.

Hyväksynyt: Jyrki Kangas, tutkimusaseman johtaja 24.2.1995.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus. Puh. 968-871161.



## SISÄLLYS

<b>Lukijalle</b> .....	4
<b>Eero Paavilainen:</b> Metsätalouden ympäristöohjelma .....	5
<b>Jukka Valtanen:</b> Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla .....	7
<b>Jyrki Hytönen:</b> Taimien alkukehitys pellonmetsityskokeilla .....	12
<b>Antti Wall:</b> Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten .....	22
<b>Erik Schulman:</b> Ruskotäpläkärpäsien esiintyminen viljelykoivikoissa .....	29
<b>Paula Jylhä:</b> Nuoren metsän kunnostus metsänparannustyölajina .....	34
<b>Kristian Karlsson:</b> Männiköiden kasvu ja tuotos karuilla kasvupaikoilla .....	42
<b>Erkki Ahti:</b> Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn pohjapinta-alan kasvuun karuhkoilla rämemuuttumilla .....	49
<b>Risto Lauhanen:</b> Kunnostusojituksen kaivukalusto ja puustovauriot .....	59
<b>Sauli Takalo:</b> Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena .....	69

## Lukijalle

Marraskuun 17. päivänä 1994 järjesti Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasema jo kahdeksatta kertaa tutkimuspäivän. Tällä kertaa kokoonnuttiin Keski-Pohjanmaan Opiston hienoon auditorioon. Kiinnostuneita kuulijoita, jotka myös aktiivisesti osallistuivat keskusteluun oli tullut paikalle ilahduttavan runsaasti. Ensimmäistä kertaa Kannuksen tutkimusasema vietti tutkimuspäivää ilman asemamme pitkäaikaista johtajaa Ari Fermiä. Ari Ferm tuli Kannukseen vuonna 1980 toimien ensin tutkijana ja vuodesta 1986 alkaen tutkimusaseman johtajana.

Päivän puheenjohtajana toimi taitavasti MH Pekka Hovila Keski-Pohjanmaan metsälautakunnasta. Esitelmiä päivän aikana pidettiin 10 kappaletta. Aseman omia tutkijoita päivän läpiviennissä avustivat esitelmillään Vantaalta saapuneet Eero Paavilainen ja Erkki Ahti sekä Muhoksen tutkimusasemalta tullut Jukka Valtanen. Tähän julkaisuun on koottu esitelmäsihtöiden aiheistaan laatimat kirjoitukset. Jukka Valtasen esitelmästä on mukana tiivistelmä. Tarkempia tietoja kaipaavat löytävät laajemman esityksen Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisusta numero 503. Kiitän esitelmäsihtöitä, päivän puheenjohtajaa sekä kaikkia päivän järjestelyihin osallistuneita.

Kannuksessa, 31.1.1995

Jyrki Hytönen



## Metsätalouden ympäristöohjelma

Eero Paavilainen

Maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö ovat vahvistaneet 13.7.1994 metsätalouden ympäristöohjelman Suomen kestävä metsätalouden strategiaksi lähitulevaisuudelle. Ympäristöohjelma pohjautuu Metsätalouden ympäristöohjelmatyöryhmän ehdotuksiin

Ohjelman mukaan talousmetsissä erotetaan sekä luonnonsuojelun kannalta arvokkaita ja säilytettäviä avainbiotooppeja että normaaleja talousmetsiä, joissa voidaan harjoittaa määrätietoista, mutta kuitenkin koko metsäluonnon huomioon ottavaa metsätaloutta. Säilytettäviä avainbiotooppeja ovat mm. lehdot, rehevät korvet, puronvarret, ranta- ja saaristometsät sekä jalopuumetsiköt.

Varsinaisten talousmetsien hoidossa on tavoitteena metsien kunnon ja elinvoimaisuuden sekä puuntuotannon turvaaminen ja metsäluonnon monimuotoisuuden säilyttäminen. Talousmetsien muun käytön turvaamiseksi huomiota kiinnitetään luonnon- ja perinnemaisemien hoitoon sekä riittävien edellytysten luomiseen väestön virkistystarpeita ja riista- ja porotaloutta varten.

Metsänhoidon ja ympäristönhoidon periaatteita sovelletaan ohjelman suositusten mukaan seuraavasti:

- uudistamisessa suositaan luontaista uudistamista ja kotimaisia puulajeja sekä alueelle sopivaa alkuperää olevia siemeniä tai taimia
- viljelyhakkuiden koko sopeutetaan maisemalliseen kestävykkyyn ja niissä säästetään aiemman sukupolven puita
- kulotusta lisätään ja kulotuksen rahoitustukea sekä työmenetelmiä kehitetään
- maanpinnan muokkauksessa käytetään mahdollisimman kevyttä käsittelyä; aurauksista luovutaan kivennäismailla vuoteen 1996 mennessä; metsäammattilaisten koulutusta ja metsänomistajien neuvontaa lisätään
- pellonmetsityksissä suositaan lehtipuita ja pensaita; kokonaissuunnittelussa otetaan paremmin huomioon perinne- ja kulttuurimaisemat
- uudistusaloilla tehdään vain välttämätön raivaus ja säästetään ylis-, jätö-, laho- ja lehtipuita; vähämerkityksiset kitu- ja joutomaat suositellaan jätettäväksi käsittelemättä
- kemiallisen torjunta-aineen käyttöä vähennetään ja kehitetään mekaanisia ja biologisia torjuntamenetelmiä
- metsiä lannoitetaan lisäämään puuston kasvua tai ehkäisemään puuston rappeutumista
- soiden uudisojituksesta luovutaan vuoden 1996 loppuun mennessä
- metsätiestön yleissuunnitelmissa otetaan huomioon luonnon monimuotoisuus, avainbiotooppien ja uhanalaisten eliöiden suojelu
- puunkorjuussa säästetään luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaita elinympäristöjä ja varotaan runko- ja juurivaurioita

- saaristo- ja rantametsien käsittelyssä ja puunkorjuussa on keskeistä vesistökuormituksen ja maisemahaittojen minimointi

Ohjelma edellyttää, että metsien käsittelyn ohjaamiseksi metsäluonnon monimuotoisuutta edistävään suuntaan säädetään yleismetsälaki (laki metsien kestävästä käytöstä), joka koskee kaikkien omistajaryhmien metsiä. Metsänparannuslaki uudistetaan luonto- ja ympäristönäkökohtia huomioon ottavaksi kestävä metsätalouden rahoituslaiksi. Myös metsäalan organisaatioita ja mm. metsätuhojen torjuntaa koskevaa lainsäädäntöä uudistetaan. Laajamittaisten ympäristösuojelusuunnitelmien rahoittamiseksi pyritään valtion talousarvioon sisällyttämään erityinen metsätalouden ympäristömomentti. Uusien lakien valmistelu on käynnissä tätä tarkoitusta varten asetetun työryhmän toimesta.

Ohjelman mukaan suojelualueiden valtakunnallinen tarve tulee määrittää kokonaisvaltaisesti. Metsien suojelutavoite tulee asettaa kullekin eliömaantieteelliselle alueelle siten, että kaikkia maassa esiintyviä biotoopeja säilytetään riittävästi. Tärkeintä on jo vahvistettujen suojeluohjelmien toteuttaminen sekä luonnonsuojelullisesti arvokkaiden vanhojen metsien ja uhanalaisien lajien suojelu.

Ohjelman toteuttaminen edellyttää metsäsuunnittelun muuttamista siten, että siirrytään ns. monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun, jossa sovitetaan yhteen mm. puuntuotannon ja metsäluonnon monimuotoisuuden edistäminen. On myös tarpeen lisätä luonnon- ja ympäristönhoidon koulutusta, tiedotusta ja neuvontaa.

Metsätalouden ympäristöohjelma pohjautuu olemassa olevaan tietoon ja lähinnä 1990-luvun tarpeisiin. Ohjelmaa kehitetään edelleen tutkimustiedon lisääntymisen myötä sekä ottaen huomioon kansainväliset sopimukset ja niissä tapahtuvat muutokset. Ympäristöohjelman toteutumisen seuranta ja ohjelman tarkistamista varten on asetettu 14.10.94 pysyvä asiantuntijaryhmä, jonka puheenjohtaja on ylijohtaja Juhani Viitala maa- ja metsätalousministeriöstä.



## **Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla Tiivistelmä**

Jukka Valtanen

### **Tutkimuksen kenttätyö**

Vuonna 1984 tarkastettiin Keski-Pohjanmaalla 118 männyn siemenpuualaa, jotka oli muokattu metsä-äkeellä 2 - 6 vuotta aikaisemmin. Uudistamisen keski-ikä oli siten neljä vuotta. Työ keskitettiin kahdelle alueelle: lautakunnan pohjoisosassa 130 km:n kaistalle rannikolta sisämaahan ja eteläosaan Vetelin ja Halsuan alueelle. Pitäjittäin alojen määrä oli Lohtajalla 25, Kannuksessa 25, Sievissä 19, Reisjärvellä 5, Haapjärvellä 25, Vetelissä 15 ja Halsualla 4, summa 118. Laskennassa Reisjärvi yhdistettiin Sieviin ja Halsua Veteliin. Vuonna 1992 samat 118 alaa tarkastettiin toistamiseen. Keski-ikä oli nyt 12 vuotta.

Uudistusalan koon mukaan otettiin tietty määrä koealoja, joilta laskettiin taimet ja mitattiin pituudet puulajeittain. Vuonna 1984 mitattiin tai arvioitiin 27 uudistumistulokseen mahdollisesti vaikuttavaa tekijää. Ne olivat:

#### **Kasvupaikkatekijät**

1. Metsätyyppi
2. Topografinen korkeus
3. Lämpösumma
4. Maalaji
5. Kivisyys
6. Humuksen paksuus
7. Soistuneisuus
8. Heinäisyys
9. Kallion läheisyys

#### **Uudistamistoimenpidetekijät**

10. Vakotiheys
11. Muokkauksen ikä
12. Muokkaustyön laatu

#### **Metsänhoidolliset tekijät**

13. Uudistusalan koko
14. Reunametsän etäisyys
15. Männyn osuus reunametsässä
16. Reunametsän mäntyjen siemennyskyky
17. Kuusen osuus reunametsässä
18. Koivun osuus reunametsässä
19. Muokkausvaon taimettumiskunto
20. Ojitustarve
21. Vesakon peittävyys
22. Metsänhoitotoimenpiteen tarve
23. Perkaustarve
24. Siemenpuiden määrä
25. Siemenpuiden laatu
26. Tuulenkaadot
27. Siemenpuiden poistotarve

Vuonna 1992 määritettiin edellisistä uudestaan 7. Soistuneisuus, 20. Ojitustarve, 23. Perkaustarve ja 27. Siemenpuiden poistotarve. Uusina metsänhoidollisina tekijöinä määritettiin

28. Siemenpuuston taimikolle aiheuttama haitta
29. Vesakon aiheuttama haitta
30. Taimikon harvennuksen tarve.

Kummallakin kerralla arvioitiin myös uudistamisen onnistuminen silmävaraisesti. Jälkimmäisellä kerralla taimet luokiteltiin kasvatettaviksi ja ei-kasvatettaviksi ja arvioitiin lisäksi tulevan toisen kehitysluokan puulajisuhteet ensiharvennushakkuun jälkeen.

## Päätulokset

Jo ensimmäisessä inventoinnissa, jolloin muokkauksesta oli kulunut 2 - 6 vuotta, taimiaines oli keskimäärin riittävä, jos koivu hyväksyttiin männyn oheen kasvatettavaksi puulajiksi. Vanhimmassa ikäluokassa oli vuonna 1979 saadun hyvän siemensadon ansiosta männyntaimia jo 12 900 kpl/ha, muilla paljon vähemmän. Kaksivuotiailla aloilla taimia oli 1 800.

Kahdeksan vuotta myöhemmin taimimäärät olivat tasaantuneet. Männyntaimia oli vuosiluokissa 4 900 - 8 600. Vanhimmassa luokassa taimimäärä oli vähentynyt, muissa lisääntynyt. Vähenemisen syynä oli tiheiköissä alle jääneitten taimien kuoleminen ja muutamilla aloilla tehty taimikon hoito.

Taulukko 1. Uudistusalojen keskimääräiset taimimäärät, kpl/ha.

	Taimimäärä 1984			Taimimäärä 1992			
	Vaossa Kpl	%	Vakovalissa	Yhteensä	Kasvatettavat	Muut	Yhteensä
Mänty	3500	58	2000	5600	2300	3600	5900
Kuusi	470	55	380	850	130	460	590
Rauduskoivu	330	70	140	480	98	410	510
Hieskoivu	3500	63	2100	5600	460	6500	6900
Yhteensä	7800	63	4600	12500	3000	10900	14000
Haapa						690	690
Muu lehtipuu						2100	2100
Kaikki	7800	63	4600	12500	3000	13700	16800

Ensimmäisessä inventoinnissa taimien pituus oli keskimäärin 20 - 30 cm. Kahdeksan vuotta myöhemmin kasvatettaviksi luokiteltujen männyntaimien keskipituus oli 142 cm. Kuuset olivat 20 cm lyhyempiä ja aukkoihin jätettävät koivut 20 - 30 cm pitempiä.

## Taimettumiseen ja metsittymiseen vaikuttavat tekijät

Vuonna 1984 saatiin selville taimettumiseen vaikuttavat tekijät. Männyn taimettumista edistivät

- tiheä muokkaus
- huolellisesti tehty muokkaustyö
- siemenvuoden ajoittuminen heti muokkauksen jälkeen



- sopiva kosteus
- maan hiekkaisuus (hiekkatai hiekkamoreeni; vaikutus tosin vain lievä)
- mäntyisen reunametsän läheisyys
- siemenpuiden hyvä laatu (tuuhea latvus)

Männyn taimettuminen oli keskimääräistä huonompaa, jos

- uudistusala sijaitsi viileällä seudulla
- maa oli kivistä, jolloin muokkausjälki oli jäänyt huonoksi
- humus vakojen välissä oli paksua; humuksen paksuus osoitti maan liian kosteaksi
- maa oli soistunut
- heinittyminen oli oikein voimakasta
- siemenpuita seisotettiin vielä taimiaineksen syntymisen jälkeen
- tuulenkaatoja oli paljon; tässä vaikuttavana tekijänä oli maan liika kosteus

Vuonna 1992 saatiin selville taimettumisen jälkeiseen metsittymiseen vaikuttavat tekijät. Taimettumistekijöiden vaikutus oli vielä selvä, mutta välille jääneen kahdeksan vuoden jaksolla oli tapahtunut myös joitakin muutoksia:

- jos vaon taimettumiskunto oli arvioitu hyväksi, oli taimimäärä kasvanut paljon
- runsas kivisyys osoittautui todella haitalliseksi
- heinäisyyden merkitys lieveni
- muokkauksen ja siemensadon yhteensovittamisen merkitys vahvistui
- kuusen suuri osuus reunametsässä alensi männyn taimimäärää
- hieskoivun runsaus reunametsässä johti harvaan mäntytaimikkoon; syynä on maan liika kosteus, paksu humus ja vesakon haitta männyn taimille
- siemenpuitten seisottamisen haitta kärjistyi
- joillakin aloilla perkaamaton vesakko oli jo tuhonnut männyn taimia; ilmiö oli kiihtymässä.

Seuraavat tekijät vaikuttivat tulokseen vain vähän tai niiden merkitys ei tullut esiin: metsätyyppi, topografinen korkeus, kallion läheisyys, uudistusalan koko, reunametsän mäntyjen siemeniskyky, vesakon peittävyys ensimmäisessä inventoinnissa ja siemenpuitten määrä.

## Onnistumisarvio

Koska tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää nimenomaan männyn uudistumista, vain männyn taimet arvioitiin. Vuonna 1984 onnistuminen luokiteltiin neljään luokkaan. Luokitteluun vaikuttivat taimien määrä ja niiden tilajärjestys. Tulos oli alojen prosenttiosuuksina:

Hyvä	50
Tyydyttävä	3
Välttävä	8
Epäonnistunut	39

Lukusarja on kaksipäinen. Alat olivat joko taimettuneet tai ne eivät olleet taimettuneet. Väli-  
muotoja oli vähän. Vanhimmissa ikäluokassa hyviä oli 86 % ja nuorimmissa vastaavasti epä-  
onnistuneiksi luokiteltuja 81 %. Näistä pääosa taimettui seuraavina vuosina.

Vuonna 1992 luokitusohje oli seuraava: Kiitettävässä luokassa kasvatettavia männyn taimia oli tasaisesti yli tarpeen, hyvässä tasaisesti noin 2 000 ja tyydyttävässäkin vielä jotenkin tarpeeksi eli tasaisesti noin 1 400. Heikko olisi alitiheyden takia täydennettävä; täydennyksen ajankohta oli kuitenkin jo ohitettu. Epäonnistuneilla aloilla olisi aloitettava alusta ja tehtävä uusi uudistamisratkaisu, joko uusi muokkaus luontaista uudistamista varten tai siemenpuitten poisto ja viljely tai metsän kasvattaminen siitä (hieskoivuvaltaisesta) aineksesta, mikä alalle oli syntynyt. Jakauma oli seuraava (%):

Kiitettävä	47
Hyvä	18
Tyydyttävä	18
Heikko	9
Epäonnistunut	4
Muu tulos	3

Kun männyn oheen hyväksyttiin metsätyyppistä riippuen myös kuusia ja koivuja, on uudistumistulos useimmiten kiitettävä. Kasvatettaviksi valituista taimista oli mäntyjä 78 %, kuusia 4, rauduskoivuja 3 ja hieskoivuja 15 %.

### Toisen kehitysluokan metsä

Jälkimmäisessä inventoinnissa arvioitiin toisen kehitysluokan metsän puulajisuhteet edellyttäen, että taimikonhoitoa ei tehdä mutta hakkuu tehdään männyn hyväksi. Hakkuun jälkeinen runkolukutavoite oli 1 200 - 1 400. Arvion mukaan näillä 118 uudistusaloilla kasvaa aikanaan metsä, jossa keskimäärin on mäntyä 87 %, kuusta 1, rauduskoivua 2, hieskoivua 9 ja haapaa 1 %.

Jos taimikot hoidetaan mäntyä suosien, saadaan 109 alalle tutkituista 118 alasta puhdas mäntymetsä. Jos taimikot hoidettaisiin hieskoivua suosien ja harvennushakkuu tehtäisiin hieskoivun hyväksi, voitaisiin 92 alalle kasvattaa puhdas hieskoivumetsä. Tämä osoittaa, että Keski-Pohjanmaan uudistusaloilla on mahdollisuus valita erilaisia kasvatustapoja ja puuntuotantotavoitteita sen mukaan, minkä metsänomistaja katsoo oikeaksi.

### Metsänhoidollisia havaintoja ja päätelmiä

Uudistusalan raivauksesta oli huolehdittu yleensä hyvin. Vain kymmenesosalla oli jäänyt haitallista raivauspuustoa. Eniten oli koivua, mutta oli myös leppää, kuusta ja mäntyä. Osoittautui, että esimerkiksi yksittäisiä aisakoivuja ei pidä jättää. Yli puolimetrisistä männynistä oli kehittynyt hyviä susipuun alkujä. Uudistusala on siis raivattava hyvin.

Heikko muokkaus oli monella alalla ainoa ja selvästi todettavissa oleva epäonnistumisen syy. Muokkaustyön huonous johtui pääosaksi kivisyydestä eikä muokkaajasta. Äes oli ollut mekaaninen. Nykyisillä hydraulikeillä jälki on parempi.

Haapavesakko oli paha ongelma. Sitä oli etenkin kivisillä mailla. Jos haapaa ei hävitä hakkuun yhteydessä tai ennen sitä, raha ja ammattitaito eivät riitä haavan kurissapitämiseen myöhemmin. Niinpä yhdellä alalla toisen kehitysluokan metsässä on haavan osuus 80 % ja samoin yhdellä 50 %.

Kuivatus oli joillakin paikoilla puutteellinen. Soistuneisuus oli tarkastelujaksolla selvästi lisääntynyt. Pahimmissa paikoissa oli keskikesälläkin vettä muokkausvaiossa 20 - 30 cm niukoista sateista huolimatta. Näissä paikoissa männyn uudistaminen epäonnistui, mutta hieskoivua ja pajua saattoi olla runsaasti. Yleensä nämä alavat maat ovat viljavia, ja kasvualueen kunnostamisella olisi ilmeisesti saatu kiitettävä ja tavoitteenmukainen tulos.

Perkauksen viivästyminen oli yleisin haitta. Tuoreilla ja soistuneilla mailla ja haapavesakon valtaamilla aloilla männyn taimia oli jo tuhoutunut vesakon alle jälkimmäiseen inventointiin mennessä. Pituuskasvu oli yleisesti kärsinyt perkaamattomuuden takia ja kasvain oli selvästi lyhenemässä. Jos perkauksia vielä viivytetään, menetetään useilla aloilla mahdollisuus hyvän mäntymetsän luomiseen. Myös karuilla mailla oli vesakkoa paikoin männylle haitaksi. Karuuden takia pituuskasvu oli hidasta, ja vesakon takia osa taimista oli kriittisessä tilassa.

Siemenpuitten seisottaminen taimiaineksen päällä oli vakava metsänhoidollinen virhe. Puitten ympärillä oli 1 - 2, joskus jopa 3 aarin ala, jossa taimet olivat selvästi lyhyempiä kuin ympäristössä ja niitä oli harvemmassa. Paras tulos saavutettiin niillä aloilla, missä siemenpuut oli poistettu jo ennen ensimmäistä inventointia. Koska siemenpuitten poisto usein viivästyy, lienee viisasta tehdä harvahkoja siemenpuuasentoja, esimerkiksi vain 40 - 50 puun tiheyksiä. Tiheimmistä siemenpuustoista on vakava haitta, jos niitä seisotetaan vuosikin sirkkataimein syntyneen jälkeen.

## Loppuarvio

Tämän tutkimuksen mukaan metsänuudistamisen suunnittelija voi Keski-Pohjanmaalla hyvin luotettavasti päätellä männyn luontaisen uudistumisen ja sitä seuraavan metsittymisen onnistumisen. Tutkimus osoittaa myös sen, että uudistamisen taito on maakunnan metsämiesten hallinnassa. Hyvän tuloksen takaa kuitenkin vasta se, että myös työn toteuttaja hoitaa osuutensa oikein. Luonnolla omasta puolestaan on kyky hoitaa osuutensa kiitettävästi.

---

Esitellystä tutkimuksesta on laadittu julkaisu "Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla". Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja nro 503. Painettu v. 1994. 65 sivua.



## Taimien alkukehitys pellonmetsityskokeilla

Jyrki Hytönen

### Johdanto

Pellot poikkeavat puiden kasvualustoina monin tavoin metsämaista. Peltojen viljely, koneiden käyttö, muokkaus, lannoitus, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet ovat muuttaneet maan ominaisuuksia. Pääravinteiden määrät ovat pelloilla yleensä varsin suuria, vaikkakin suuria eroja esiintyy maaluokkien; kuten esimerkiksi kivennäismaan peltojen ja suopeltojen välillä. Jopa vierekkäisten peltojen välinen ravinnetaloudellinen vaihtelu voi olla hyvin suurta. Saman pellon sisälläkin saattaa olla vaihtelua, maa voi esimerkiksi muuttua kivennäismaasta multamaaksi tai suopelloksi.

Metsitettävillä pelloilla pintakasvillisuuden kehitys on hyvin nopeaa ja voimakasta. Rikkakasvit ovat samoja kuin normaalissa peltoviljelyssä. Rikkakasvien siemenpankki voi olla pelloilla hyvin suuri ja monien lajien siemenlepo on pitkä. Pääosin peltojen runsaasta ravinteisuudesta sekä pintakasvillisuuden määrästä ja lajistosta johtuu, että pelloille istutettuja taimia uhkaa rikkakasvien kilpailun lisäksi suuri joukko muitakin tuhonaiheuttajia. Tärkeimpiä ovat myyrät, hirvet, halla ja ravinneongelmat.

Peltojen metsitystuloksessa on varsin suurta vaihtelua. Metsityksen onnistumisen inventoinnit eri puolilla Suomea ovat osoittaneet käytännön metsityksien vaihtelevan suuralueiden, kasvupaikkojen, puulajien ja istutusvuosien välillä (Hytönen & Saksa 1991, Hytönen 1991, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993). Aikakausien välisien erojen syiksi on arveltu mm. myyrätuhojen ajoittumista tietyille vuosille, kylmiä kesiä tai epäedullisempien metsityskohteiden runsautta. Monet pellonmetsitystä uhkaavista tuhoista ajoittuvat taimien elämän ensimmäisille vuosille. Tarkasteltaessa 10 tai lähes 20 vuotta vanhoja metsityksiä päätelmät epäonnistumiseen johtaneista syistä jäävät vääjäämättä arvailujen varaan. Siksi Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeessa perustettiin uusia kenttäkokeita, joissa seurattiin metsitystuloksen kehittymistä vuosittain tehdyillä mittauksilla.

### Uudet kenttäkokeet

Peltojen metsityskokeita perustettiin yli 50 eri puolille Suomea vuosina 1990 ja 1991. Pääosa kokeista perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsäkeskus Tapion yhteistutkimushankkeena, jossa käytännön toteutuksessa metsälautakuntien ja metsänhoitoyhdistyksiä panos on ollut suuri (Ferm & Hytönen 1991). Kokeissa tutkitaan peltojen metsityksen keskeisiä kysymyksiä, kuten metsittämiss tapoja (istutus/kylvö/luontainen), puulaji- ja taimilajivalintaa, maanmuokkausmenetelmiä, pintakasvillisuuden torjuntaa ja puiden ravinnevaatimuksia. Kokeet palvelevat myös viljavuusluokittelua sekä myyrä- ja hirvituhotutkimuksia.

Kokeita on perustettu sekä kivennäismaan että turvemaan pelloille. Pääpaino on peltotyypeissä, joissa muokkauskerroksessa orgaanisen aineksen osuus on verrattain suuri. Samoin ns. peltoteittojen osuus on suuri. Jokaisen koealueen koeruuduille sijoitettiin pysyvästi mittauspisteet ympyrä-

koealoja varten. Kylvökohdat merkittiin maastoon kylvön yhteydessä. Kaikilta koealueilta otettiin maanäytteet. Taimista määritettiin mm. kaksi vakavinta tuhonaiheuttajaa, vika, elinvoimaisuus ja mitattiin pituudet. Kokeiden sijainti, yksityiskohtaiset koejärjestelyt ja mitatut tunnuksot on esitetty jo aiemmin (ks. Ferm ym. 1993). Nyt tarkastellaan tuloksia viiden kasvukauden jälkeen niiltä kokeilta, joita on mitattu vuosittain.

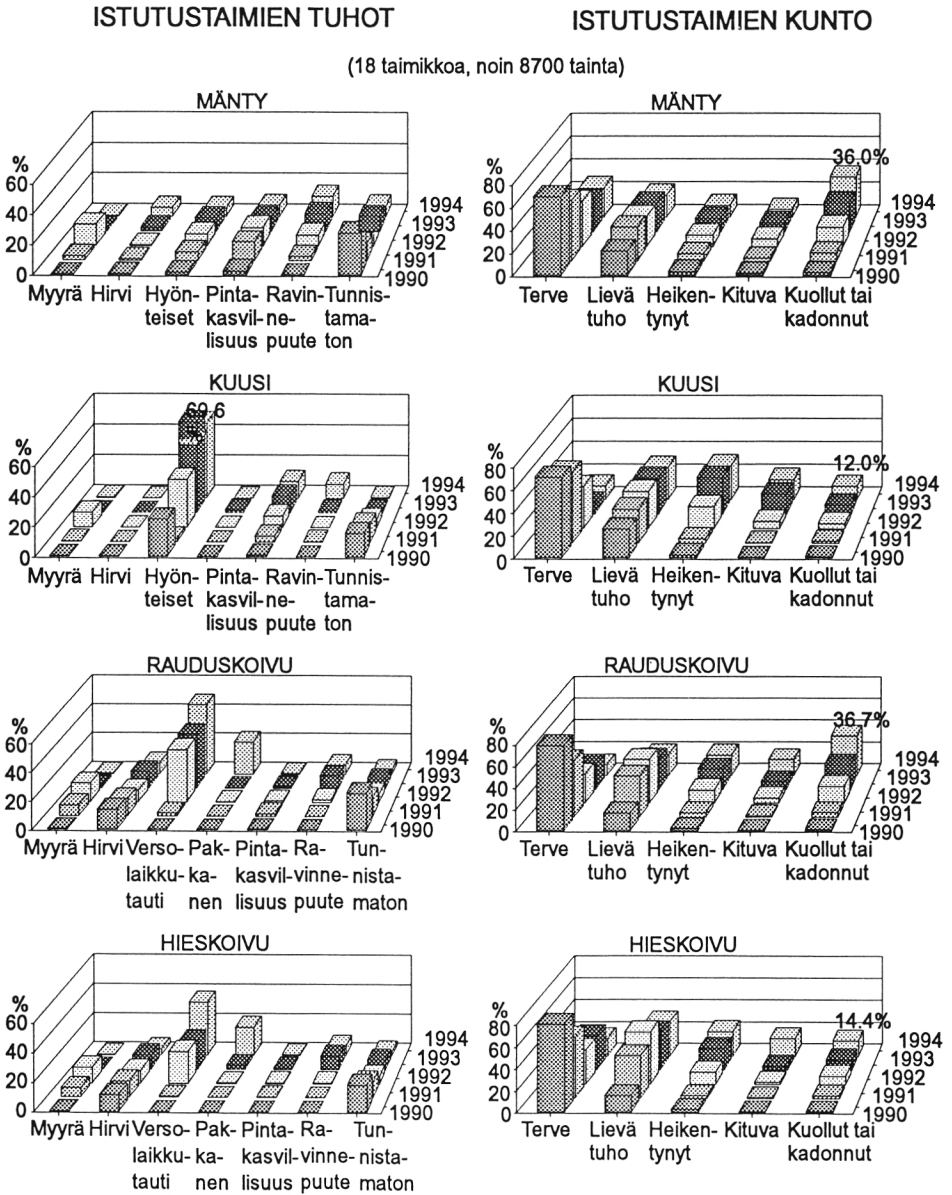
## **Taimien tuhot ja kunto**

Pelloille viljeltyjä mäntyjä, kuusia, hies- ja rauduskoivuja ensimmäisenä viitenä kasvukautena vaivanneet tuhonaiheuttajat sekä taimien kunto kunakin vuonna on esitetty kuvassa 1. Ensimmäisen vuoden syksyllä myyrätuhoja esiintyi kaikissa puulajeissa varsin vähän (1 % taimista). Myyrätuhot ajoittuivat toiseen ja kolmanteen kasvukauteen (vuodet 1991 ja 1992). Koivuja myyrät nakersivat toisena kasvukautena 6 - 8 % taimista ja kolmantena 11 - 13 % taimista. Vastaavasti mäntyjä myyrät olivat vaurioittaneet toisena kasvukautena 3 %, ja kolmantena 14 % taimista. Myyrien vaurioittamien kuusien määrä oli yllättävän suuri (10 % taimista) kolmantena kasvukautena. Pelto- ja metsämyyrän aiheuttamia tuhoja ei enää esiintynyt neljäntenä ja viidentenä kasvukautena. Sen sijaan muutamalla suopellolla vesimyyrä oli aiheuttanut tuhoa syömällä taimien juuria. Myyrätuhojen vakavuudessa oli suurta vaihtelua koealueiden välillä, johtuen ainakin osaksi myyräkantojen alueellisesta ja ajallisesta vaihtelusta.

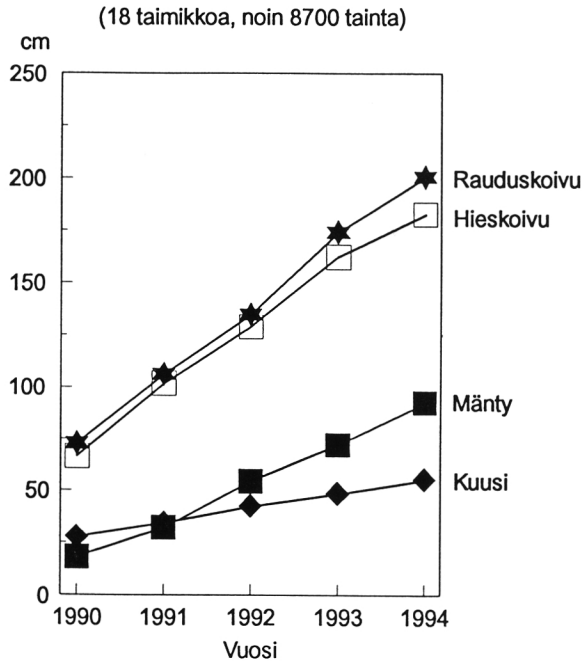
Hirvet olivat voittaneet koivuntaimia jo istutuskesänä ja jokaisena seuraavana vuotena 8 - 12 % taimista. Sekä hies- että rauduskoivu olivat kärsineet hirvituhoista. Männyntaimiin hirvet ovat koskeneet vasta vuonna 1994, viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Männyksen kohdalla hirvituhojen osuus tulee ilmeisesti lisääntymän taimien kasvaessa hieman kookkaammiksi. Koivujen pahin ongelma on ollut versolaikkutauti, jota esiintyi hyvin runsaasti kolmannesta kasvukaudesta alkaen. Hieskoivuista 36 % ja rauduskoivuista peräti 49 % kärsi versolaikkutaudista syksyllä 1994.

Halla sekä ahava olivat voittaneet kuusentaimia neljänä vuotena viidestä. Ainoastaan kesällä 1991 ei esiintynyt hallaa. Vuosina 1993 ja 1994 hallan vaurioittamia kuusentaimia oli yli 60 %. Syksyn 1994 mittauksissa tavattiin myös pakkasen voittamia koivuntaimia, paikoin runsaastikin ja jopa pakkasen vaurioittamia männyntaimiäkin. Muista tuhonaiheuttajista tärkein oli pintakasvillisuuden kilpailu, erityisesti männyllä.

Kaikkien puulajien taimien kunto oli heikentynyt varsin paljon viiden vuoden aikana. Istutetuista männyntaimista viidennen vuoden lopussa oli kuolleita peräti 36 %, kuusentaimista 12 %, rauduskoivuntaimista 37 % ja hieskoivuista 14 %. Raudus- ja hieskoivut ovat kasvaneet samaa tahtia (kuva 2). Sen sijaan kuusen pituuskehitys on ollut huono. Ilmeisesti toistuvat hallat ovat pääasiallisena syynä kuusten huonoon kasvuun.



Kuva 1. Istutustaimien tuhot ja kunto vuosittain mitatussa yhdistetyssä aineistossa.



Kuva 2. Elävien taimien pituuskehitys.

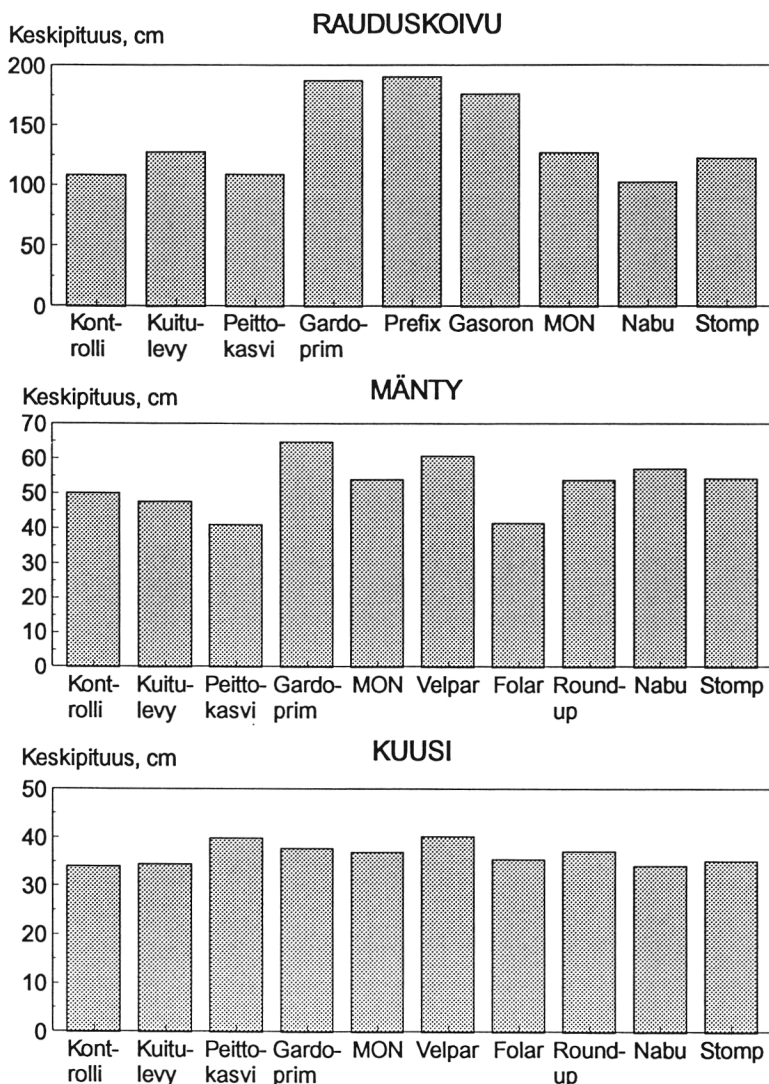
## Pintakasvillisuuden torjunta

Metsityksen onnistumisen kannalta ehkä tärkein seikka on pintakasvillisuuden torjunta taimien alkukehityksen turvaamiseksi. Myös muokkausmenetelmät, jotka nostavat taimet irti tasapinnasta parantavat taimien kilpailuedellytyksiä. Pintakasvillisuuden kemiallinen torjunta on lisännyt rauduskoivujen kasvua. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutuksia selvitellessä kokeessa (koejärjestelyt: Ferm ym. 1993, 1994) Vilppulassa pintakasvillisuutta torjuttiin istutuksen jälkeen kemiallisten torjunta-aineiden lisäksi taimien ympärille asetetuilla kuitulevyillä (50 x 50 cm) (kuva 3). Lisäksi kokeiltiin lyhyen peittokasvin (apila) vaikutusta. Menetelmät, joilla kasvillisuuden määrä taimien ympärillä pieneni merkittävästi, paransivat kokeessa huomattavasti rauduskoivun taimien kasvua. Toholammilla sijaitsevalla kokeella (koejärjestelyt: Ferm ym. 1993) pintakasvillisuuden voimakas torjunta lisäsi ja männyntaimien pituuskasvua ja vähensi taimien kuolleisuutta (kuva 4). Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus kuuseen oli sekä Vilppulan että Toholammin kokeessa varsin pieni.

## Taimilaji ja taimien koko

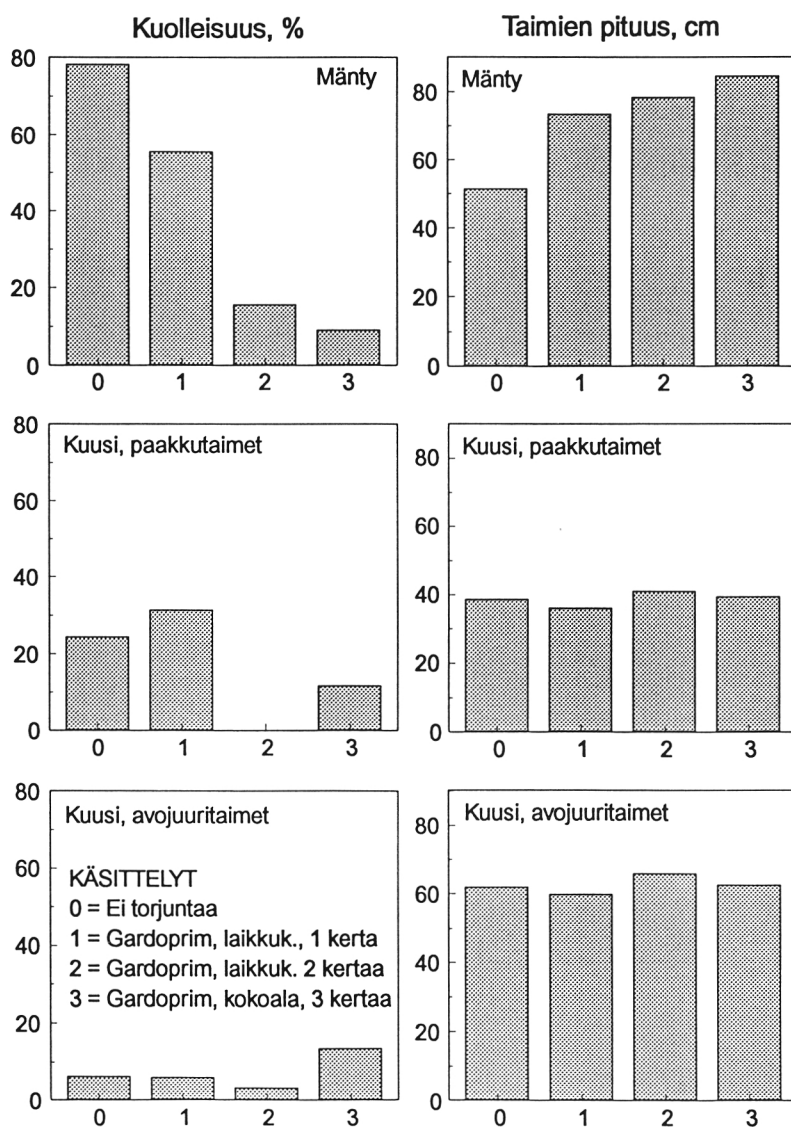
Muutamassa kenttäkokeessa viljeltiin saman puulajin paakkutaimia ja avojuuritaimia (ks. Ferm ym. 1993). Näissä kenttäkokeissa avojuuritaimet ovat poikkeuksetta menestyneet paremmin kuin paakkutaimet. Paakkutaimien kuolleisuus on ollut suurempi kuin avojuuritaimien (kuva 5).

Tässä esitellyillä kokeilla taimien pituus mitattiin jo ensimmäisenä syksynä. Raudus- ja hieskoivut, männyt sekä kuuset jaettiin tämän pituuden perusteella pituusluokkiin ja tarkasteltiin taimien jatkokehitystä (kuva 6). Mitä lyhyempiä taimet olivat ensimmäisenä syksynä, sitä suurempi oli niiden kuolleisuus seuraavien kasvukausien kuluessa. Pienten männyn- ja rauduskoivuntaimien kuolleisuus on ollut jopa kaksinkertainen verrattuna kookkaisiin taimiin. Kuusella pituuden vaikutus ei ollut niin voimakas kuin männyllä tai koivulla. Eloon jääneet pienet taimet ovat lisäksi kasvaneet varsin heikosti (kuva 6). Pienet kuusentaimet säilyivät paremmin elossa kuin vastaavankokoiset männyn- taimet.

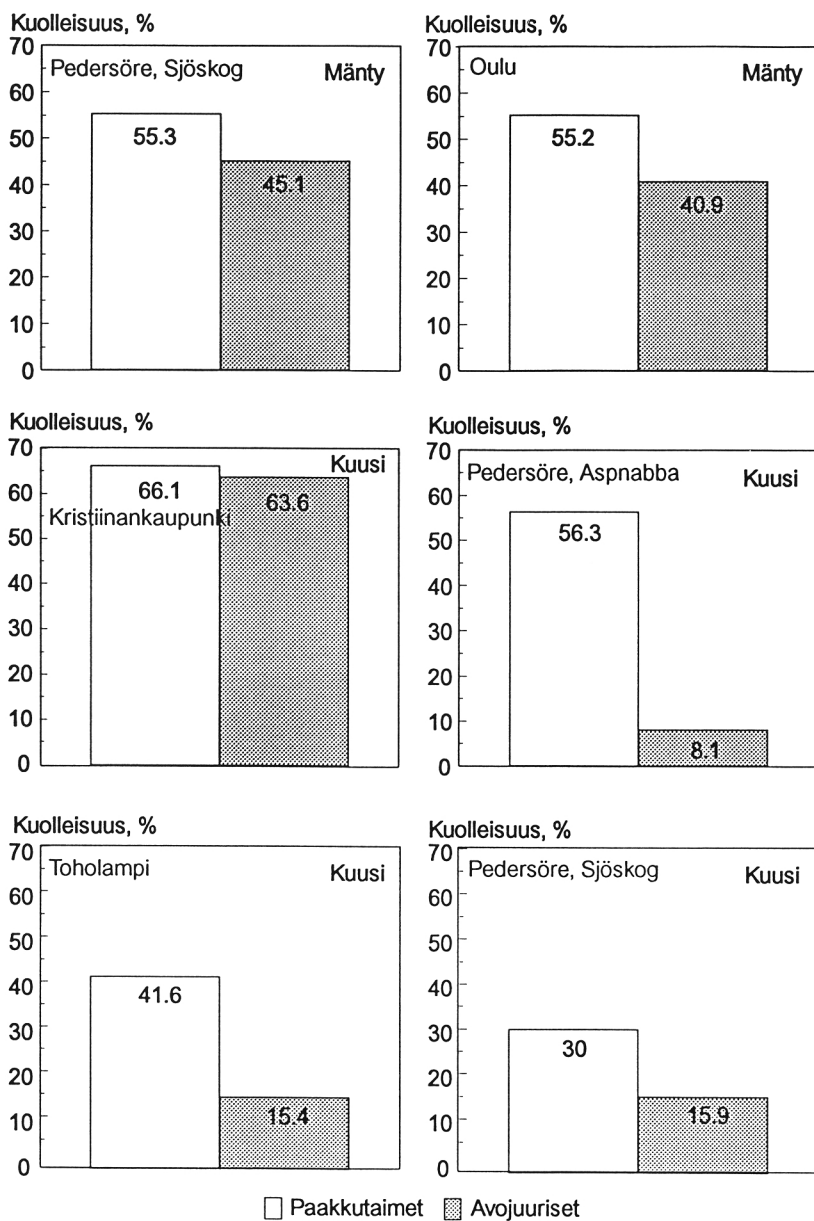


Kuva 3. Erilaisten pintakasvillisuuden torjuntamentelmien vaikutus rauduskoivun, männyn ja kuusen keskipituuteen Vilppulassa kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta. Koejärjestelyt ks. Ferm ym. 1993, 1994.

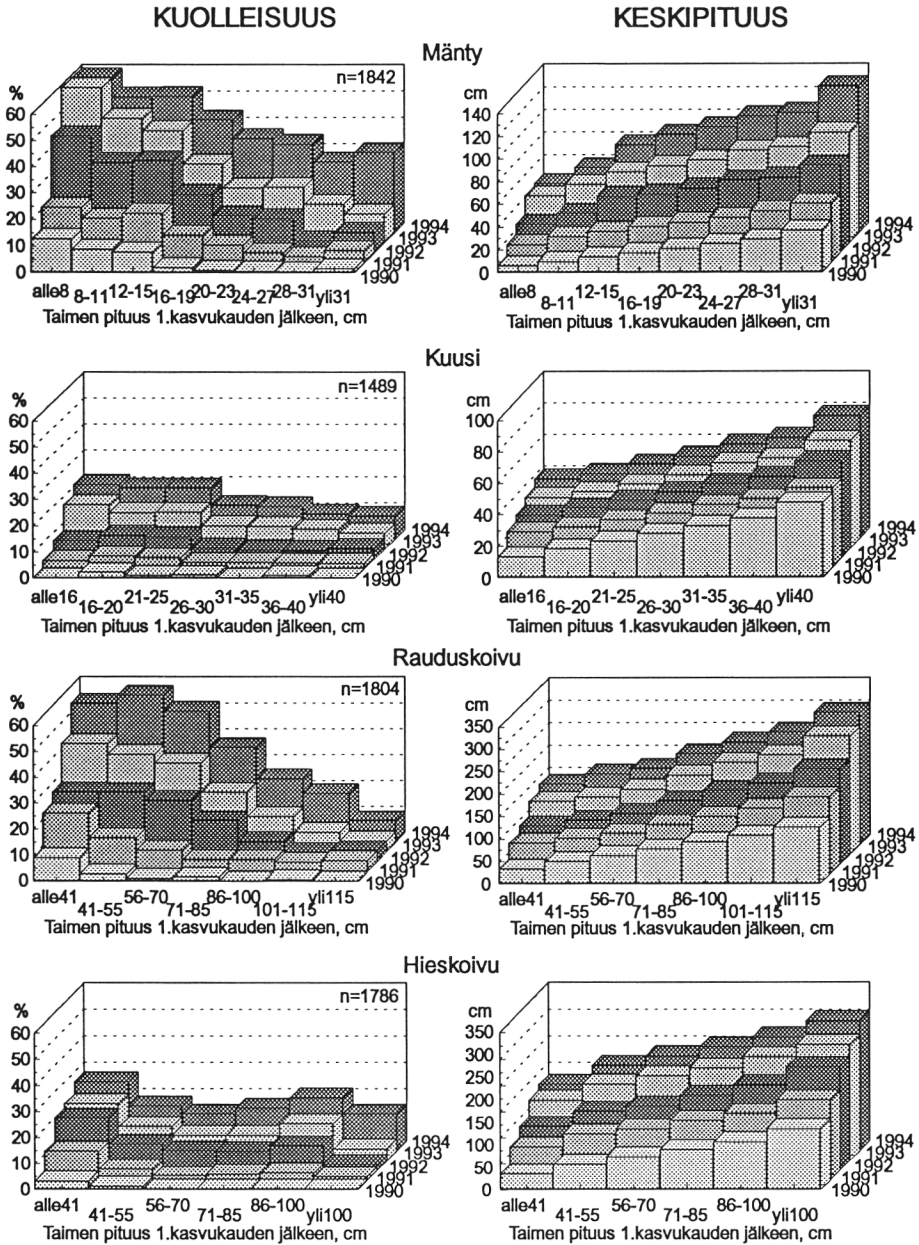




Kuva 4. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn ja kuusen keskipituuteen ja taimien kuolleisuuteen Toholammilla kolme kasvukautta istutuksesta. Koejärjestelyt ks. Ferm ym. 1993.



Kuva 5. Paakku- ja avojuuritaimien kuolleisuus viiden kasvukauden jälkeen. Koejärjestelyt ks. Ferm ym. 1993.



Kuva 6. Raudus- ja hieskoivun, männyn ja kuusen pituus ja kuolleisuus kasvukausittain ensimmäisen viiden vuoden aikana. Taimet on luokiteltu pituusluokkiin ensimmäisen kasvukauden pituuden perusteella. Aineistossa on mukana 18 vuosittain mitattua koetta ja yhteensä noin 8700 mitattua tainta.

## Päätelmiä

Peltojen metsittämisetjussa on lukuisa joukko - ja vielä nopeassa tahdissa - esiin tulevia vaiheita ja tekijöitä. Jokaisessa metsityksessä on hyvin huolellisesti mietittävä puulajin valinta, vesi- ja ravinnetalouden järjestely, pintakasvillisuuden torjunta sekä eläintuho- ja vahingon vähentäminen. Taimettuminen ja taimien alkukehitys voi nopeasti vaarantua erilaisten tuho- ja vahingon tekijöiden vuoksi. Tämän tutkimukset kohteet muokattiin ja pintakasvillisuutta torjuttiin sekä lisäksi ojitettiin milloin siihen arvioitiin olevan tarvetta. Tällä pyrittiin siihen, että tuloksiin ei alkuvaiheessa vaikuttaisi monissa tutkimuksissa esille tullut vanhojen metsitettyjen peltojen heikko jälkihoito: runsas pintakasvillisuus, huono ojitustilanne ja ojanvarsien vesottuneisuus. Tässä esitetyt tulokset olivat yhteensä 18 kokeen keskiarvoja. Kokeiden välinen vaihtelu on varsin suurta. Tekijöitä (mm. maalaji), jotka vaikuttavat kokeiden väliseen vaihteluun ei tässä yhteydessä ole tarkasteltu.

Tärkeimmiksi taimien menestymiseen vaikuttaviksi tekijöiksi osoittautuivat taimien koko, pintakasvillisuus ja myyrät kaikilla puulajeilla sekä kuusella lisäksi halla ja koivuilla hirvet ja versolaikkutauti. Kuusen erityisongelmana pellonmetsitysalloilla tutkimuksen tulosten mukaan on halla ja ahava. Vuosittain toistuneet hallatuhot olivat hidastaneet taimien alkukehitystä ja huonontaneet taimien kuntoa, vaikkakaan halla ei ollut kovin paljoa kuusten kuolleisuutta lisännyt. Viljelystä vapautuvilla pelloilla ei ole suojuspuustoa ja sen kehittyminen vie aikaa.

Myyrät voittivat kaikkien puulajien taimista keskimäärin yli 10 %, mutta yksittäisillä kokeilla tuhoaste saattoi olla hyvinkin suuri. Pelloilla myyrätuho on 25-kertainen muihin metsänuudistamisaloihin verrattuna. Koivuilla selviä tuhovuosia oli kaksi, kun männyn ja kuusen pahimmat myyrätuhot keskittyivät yhteen vuoteen. Tuhovaaran ajalliseen vaihteluun vaikuttaa myyrien vuosittainen runsauden vaihtelu. Etelä-Suomessa myyrävuodet ovat toistuneet kolmen vuoden välein (Henttonen 1991). Myyrätuhojen vähäisyys neljäntenä ja viidentenä kasvukautena johtuu osittain myös taimien kasvusta. Esimerkiksi koivun taimet ovat peltomyyrältä turvassa, kun tyven läpimitta on yli 4 cm, jolloin tuohikaarna antaa suojaa (Henttonen 1991). Myyrien aiheuttamien tuhojen määrään voidaan erilaisilla viljelyketjun aikaisilla toimenpiteillä (mm. puulajin valinta, heinätorjunta, maanmuokkausmenetelmä, karkotteet, mekaaniset suojat) vaikuttaa (Henttonen 1991).

Koivuntaimilla hirvituho oli suuri jo ensimmäisenä kasvukautena istutuksen jälkeen. Joka vuosi 8-10 % taimista joutui hirven voittamiksi. Koivun tuho- ja vahingon lisää se, että koivu on käyttökelpoinen ravintokasvi hirville useina vuodenaikoina (Heikkilä 1991). Mäntyjen hirvituho lisääntyvät tulevaisuudessa taimien kasvaessa pidemmiksi.

Versolaikut, joita pellonmetsityskoivuissa esiintyi runsaasti, ovat aina olleet ongelma koivun kasvatuksessa (Lilja & Hietala 1994). Laikkuja esiintyi sekä raudus-, että hieskoivuilla. Myyrien ja kaskaiden lievistä vikuutuksista saattaa taimiin levitä sieni-infektioita, joilla voi olla merkitystä lahon syntymiseen koivuissa erityisesti pellonmetsitysalloilla (Henttonen ym. 1994).

Ravinnetaloudellisia ongelmia ei ole niinkään ollut taimien alkukehityksessä. Sen sijaan myöhemmin ilmenevät puiden kasvuhäiriöt voivat olla vakava ongelma. Pahimmillaan ne heikentävät ja vaurioittavat puustoa jopa niin, että metsitys epäonnistuu (Hytönen & Ekola 1993). Lähinnä neulasten poikkeavan värin perusteella arvioituna ravinnepuutteesta kärsivien taimien määrän arvioitiin kasvaneen vuosi vuodelta. Useissa tapauksissa kyseessä saattoi olla kaliumin puute suopelloilla.

Pellonmetsitysalueilla pintakasvillisuuden merkitys taimien ensivaiheen kehitykselle on tärkeä. Pintakasvillisuuden torjunta on parantanut koivujen ja mäntyjen kasvua sekä vähentänyt taimien kuolleisuutta. Paras torjuntavaikutus saadaan aikaan poistamalla maanalainen juuristokilpailu, esim. käyttämällä torjunta-aineita (Ferm ym. 1994). Lisäksi avojuuritaimet ovat menestyneet paremmin kuin paakkutaimet. Mikäli taimet ovat istutettaessa pieniä, niiden riski kuolla on huomattavasti suurempi kuin kookkaampien taimien. Oikealla taimilajin valinnalla voidaan parantaa metsityksen onnistumista huomattavasti. Avojuuritaimet näyttäisivät antavan useimmilla pellonmetsitysaloilla paremman tuloksen kuin paakkutaimet. Pelloille tulisikin istuttaa isoja taimia.

## Kirjallisuus

- 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.
- , Hytönen, J. 1991. Kenttäkokeet peltojen metsitysmenetelmät -hankkeessa. Abstract: Developing methods for afforestation of fields - Field experiments. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:9-14.
- , Hytönen, J., Lilja, S., Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of *Betula pendula* seedlings established on an agricultural land. Scandinavian Journal of Forest Research 9:347-359.
- Heikkilä, R. 1991. Hirvituhoon vaikutus pellonmetsityksen onnistumiseen. Abstract: Effect of moose damage on afforestation outcome on former agricultural land. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:100-104.
- Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Abstract: Damage by microtine rodents in farmland afforestations in Finland. Risk and control. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:92-99.
- , Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieninfektiot koivun taimien uhkana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496:125-129.
- Hynönen, T. & Saksa, T. 1991. Peltojen metsitystulos Pohjois-Savossa 1970- ja 1980-luvulla. Abstract: Field afforestation in Savo, eastern Finland, in the 1970's and 1980's. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:29-34.
- Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Abstract: Field afforestation in central Ostrobothnia, western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:22-28.
- & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetilä Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. Folia Forestalia 822. 32 s.
- Lilja, A. & Hietala, A. 1994. Koivun versolaikku taimitarhalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496:121-123.
- Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Lapissa. Summary: Success of afforestations of fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 s.
- Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.



## Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten

Antti Wall

### Johdanto

Metsämaiden viljavuuden eli puuntuotoskyvyn arvioinnissa on yleisesti käytetty puustoon, pintakasvillisuuteen tai muihin kasvupaikkatunnuksiin perustuvia tuotosluokkia (Tamminen 1991). Peltomaiden luokitus puustonkasvatusta varten on ongelmallista, sillä metsämaiden puuntuotoskyvyn arvioinnissa käytettävät pintakasvillisuuden tai puuston ominaisuuksiin perustuvat menetelmät eivät sellaisenaan sovellu pelloilla käytettäviksi. Turvepeltojen ravinteisuuden silmävarainen arviointi on Hynösen (1992) mukaan mahdollista pintakasvillisuuden rehevyyden, peltoa ympäröivien soiden ja kankaiden sekä suon historian ja peltokäytön perusteella. Tosin Hytösen ja Ekolan (1993) mukaan kasvupaikkatyyppin määrittäminen pelloilla pintakasvillisuuden perusteella osoittautui varsin vaikeaksi suorittaa.

Maataloudessa käytetään uuttuvien ja helppoliukoisten ravinteiden määrää viljavuusluokitteluun (Viljavuustutkimuksen... 1992). Metsätaloudessa maan kemialliset tekijät eivät ole osoittautuneet viljavuuden hyväksi indikaattoreiksi, joskin viljavuuden ja maan joidenkin ravinteiden välillä on todettu yhteys (Viro 1951, Urvas ja Erviö 1974, Starr ja Westman 1978, Westman 1987, Tamminen 1991, Tamminen 1993). Maan fysikaalista ominaisuuksista mm. raakoostumus vaikuttaa puuntuotoskykyyn (Urvas ja Erviö 1974, Westman 1990, Tamminen 1993). Maaperäluokituksessa on käytössä lukuisia erilaisia järjestelmiä, jotka perustuvat yleensä maannostumisprosessien aikaansaamien maan kerrosten tyyppien ja lukumäärän tunnistamiseen (FitzPatrick 1983). Maaperän kerrosten ja kerrostumien kuvaaminen perustuu niiden syntyhistoriaan, rakenteeseen, toiminnallisiin ominaisuuksiin tai edellisten yhdistelmiin.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan maan luokitusominaisuuksiin ja maan toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvan maaperäluokituksen käyttömahdollisuuksia peltomaiden luokituksessa puustonkasvatusta varten.

### Peltomaiden maaperäluokitus

Maaperäluokituksen käyttäminen metsänkasvatuskelpoisuuden arvioimiseen edellyttää maan tutkimista vähintäänkin metsäpuiden pääasiallisen juuristokerroksen paksuudelta (30 cm). Peltomaa sisältää yleensä selvästi erottuvan muokkauskerroksen, jonka paksuus on noin 20 cm (Kurki 1982). Muokkauskerroksen läpi suodattuvan veden mukana kulkeutuu muokkauskerroksesta huuhtoutuvia aineita syvemmälle maahan, mikä näkyy kivennäismaassa usein maan ruskehtavana värinä. Maalajilla tarkoitetaan geologista maakerrostumaa, joita luokitellaan orgaanisen aineen pitoisuuden ja raakoostumuksen perusteella (Aaltonen ym. 1949). Tässä tutkimuksessa käytettiin maalajijakoa Aaltosen ym. (1949) mukaan: kivennäismaa (orgaaninen ainespitoisuus < 15 %), multamaa (orgaaninen ainespitoisuus 15 - 40 %) ja turve (orgaaninen

ainespitoisuus > 40 %). Taulukossa 1 on esitetty ehdotus peltojen maaperäluokituksesta, joka perustuu muokkauskerroksen ja pohjamaan maalajiin.

Keski-Pohjanmaan männylle metsitetyistä pelloista arvottiin 38 taimikkoa, joista otettiin koealakohtaiset maanäytteet 10 cm kerroksin 40 cm syvyyteen asti. Taimikoihin perustettiin yksi tai kaksi koealaa riippuen puuston tiheyden ja pituuden tasaisuudesta. Mikäli pellon kaksi koealaa olivat eri maaperäluokkia, pelto jaettiin maaperäluokituksessa kahdeksi pelloksi. Muokkauskerroksen maalajit olivat suurimmaksi osaksi eloperäisiä kun taas pohjamaan maalajit olivat tavallisesti kivennäismaita. Suurin osa koealoista luokiteltiin kuuluvaksi luokkaan kivennäismaapohjainen multamaa, jonka muokkauskerroksen maalaji on useinmiten syntynyt maanmuokkauksen aiheuttamasta kivennäismaan ja turpeen sekoittumisesta. Luokka turvepohjainen multamaa on kehittynyt paksuturpeisesta suosta, jonka muokkauskerros on muuttunut multaaksi runsaan kivennäismaalisäyksen takia. Kivennäismaan lisääminen on ollut tavallista turvemaiden viljelyssä (Valmari 1983).

Taulukko 1. Ehdotus metsitettyjen peltojen maaperäluokitteluksi sekä otokseen perustuva varttuneiden taimikoiden jakautuminen luokkiin Keski-Pohjanmaalla. Lisäselitykset tekstissä.

Maaperäluokka	Muokkauskerroksen (0-20) cm maalaji	Pohjamaan (30-40 cm) maalaji	Peltolukumäärä, kpl	Koealalukumäärä, kpl
Aito kivennäismaa	kivennäismaa	kivennäismaa	12	18
Kivennäismaapohjainen multamaa	multamaa	kivennäismaa	17	23
Kivennäismaapohjainen turvemaa	turve	kivennäismaa	14	16
Turvepohjainen multamaa	multamaa	turve	1	1
Aito turvemaa	turve	turve	11	16
Yhteensä			55	74

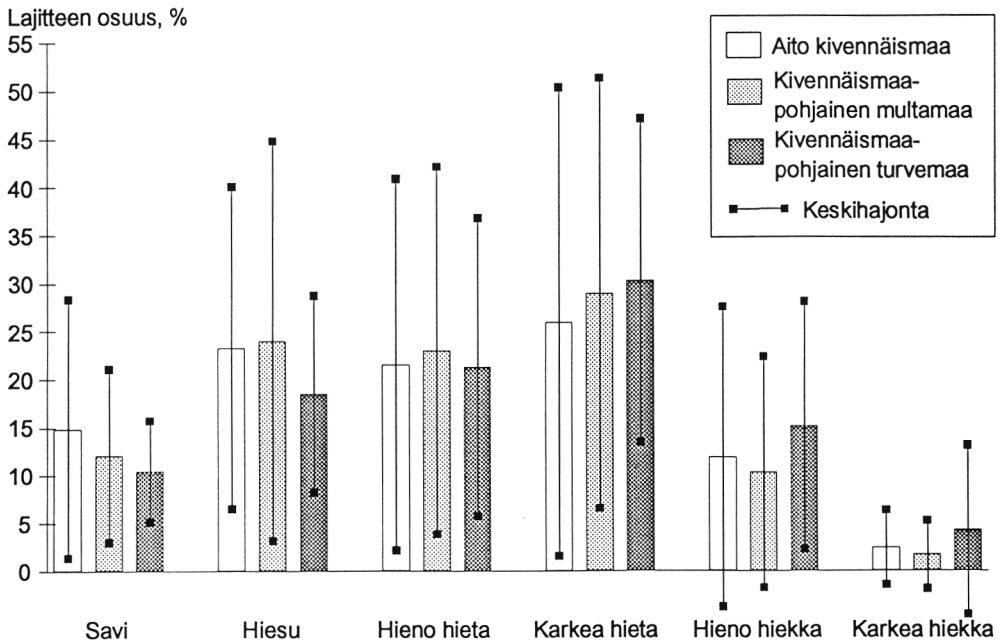
Keski-Pohjanmaan metsitettyjen kivennäismaapohjaisten peltojen maalajit koostuvat pääasiassa hienoista lajitteista ja savisuutta esiintyy yleisesti (taulukko 2). Maan raekoostumus on samankaltainen muokkauskerroksessa ja pohjamaassa. Kivennäismaapohjaisten peltomaiden raekoostumus on melko samankaltainen eri maaperäluokissa (kuva 1). Karkea hieta ja savinen hiesu ovat yleisimmät maalajit ja savi on harvinainen.

Maalajiin perustuvassa maaperäluokittelussa muokkauskerroksen eloperäisiä maalajeja sisältävät luokat erottuvat omaksi ryhmäkseen maan tiheyden perusteella (kuva 2). Maan tiheys on syvyydellä 30 - 40 cm luokassa aito kivennäismaa korkeampi kuin muissa kivennäismaapohjaisissa luokissa. Luokan aito kivennäismaa pH on selvästi korkeampi kuin muiden luokkien. Kokonaisyppeä on enemmän ja kokonaiskalsiumia vähemmän maaperäluokissa, joiden muokkauskerros koostuu eloperäisistä maalajeista. Pohjamaan typpimäärä voi olla korkea kivennäis-

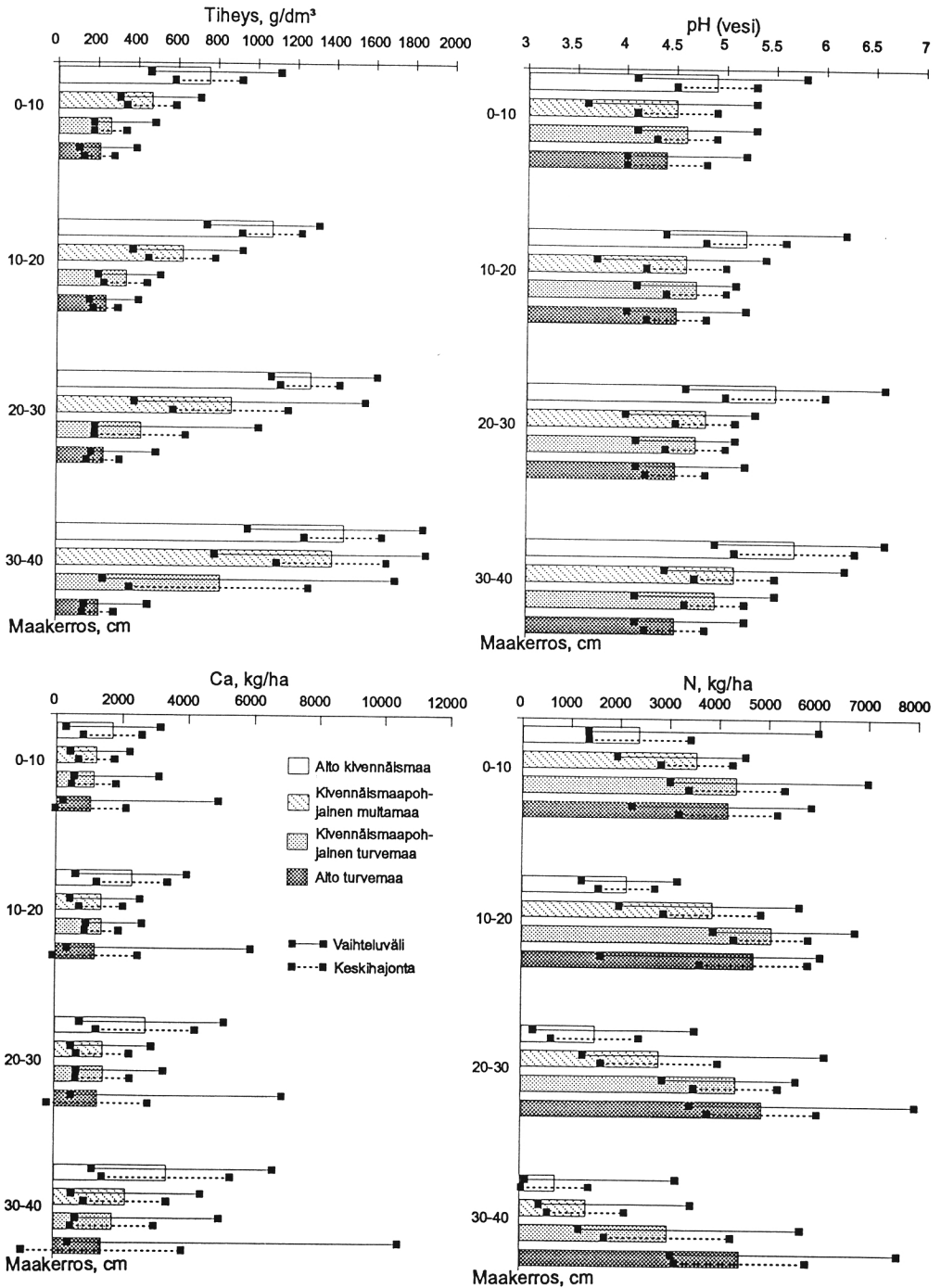
maassakin, jos muokkauskerros koostuu eloperäisistä maalajeista. Merkillepantavaa on maaperätunnusten suuri vaihteluväli eri maaperäluokissa.

Taulukko 2. Keski-Pohjanmaan metsitettyjen kivennäismaapeltojen keskimääräinen raakoostumus maakerroksittain. Keskiarvon jälkeen suluisa keskihajonta.

Maakerros	Lajitteen osuus (paino-%)					
	Savi	Hiesu	Hieno Karkea hietta	Hieno Karkea hietta	Karkea hiekka	hiekkä
0-10 cm	16,5 (12,3)	29,3 (18,4)	14,4 (8,6)	25,4 (21,1)	12,4 (14,2)	2,0 (2,5)
10-20 cm	16,7 (11,3)	28,1 (18,0)	12,2 (9,6)	26,8 (22,9)	13,1 (14,6)	3,1 (4,8)
20-30 cm	16,9 (12,7)	27,5 (19,2)	13,1 (5,7)	27,6 (24,7)	12,1 (15,2)	2,7 (3,6)
30-40 cm	14,9 (13,5)	23,3 (16,8)	21,5 (19,4)	26,0 (24,4)	11,9 (15,6)	2,4 (3,9)



Kuva 1. Keski-Pohjanmaan metsitettyjen kivennäismaapohjaisten peltojen keskimääräinen raakoostumus maaperäluokittain syvyydellä 30 - 40 cm. Pylväisiin piirretyt pystyviivat kuvaavat keskihajontaa.



Kuva 2. Keski-Pohjanmaan metsitettyjen peltojen maan tiheys, pH, typen- ja kalsiumin kokonaismäärät eri maaperäluokissa maakerroksittain.

## Tarkastelua

Ehdotettujen maaperäluokkien väliset erot viljavuuteen vaikuttavien ravinteiden, typen ja kalsiumin kokonaismäärissä olivat suuremmat muokkauskerroksen alapuolella kuin muokkauskerroksessa. Kuitenkin maaperäluokkien sisäinen vaihtelu osoittaa, ettei päätelmiä ravinnemääristä voidaan tehdä yksinomaan tämän luokituksen perusteella. Maaperätunnusten suuri vaihtelu johtunee maanviljelymenetelmien, kuten lannoite- ja kalkitusmäärien vaihtelusta. Metsoitettyjen peltojen välinen ja peltojen sisäinen maaperäominaisuuksien vaihtelu on havaittu suureksi (Kaunisto 1991, Hytönen ja Ekola 1993), mikä vaikeuttaa peltomaiden luokitusta. Maaperäluokitusta voidaan tarkentaa lisäämällä luokitteleviksi tekijöiksi raekoostumus, turpeen maatumisaste ja turvelaji. Tällöin ongelmaksi tulee luokkien suuri määrä. Saatujen tulosten valossa maa-analyysin merkitys korostuu peltomaiden puuntostoskyvyn määrittämisessä.

Maan ravinteisuus, jolla tarkoitetaan maan ravinnemäärien lisäksi maan kykyä ylläpitää käyttökelpoisten ravinteiden määrää kasvien juurten välittömässä läheisyydessä (Westman 1991), on käsitteenä epämääräinen ja vaikeasti kuvattavissa (Puustjärvi 1984). Peltomaiden puuntuotoskykyyn vaikuttavia ravinnetekijöitä ei vielä tunneta riittävästi, jotta viljavuus voitaisiin luotettavasti määrittää ravinnetilan perusteella. Puustolle käyttökelpoisten ravinteiden määrien lisäksi on syytä tarkastella myös ravinteiden riittävyyttä puuston koko kiertoajalle (Hytönen ja Ekola 1993). Peltomaan ravinnetilaa on suositeltavaa tutkia muokkauskerroksesta ja pohjamaasta (Kaunisto 1991). Ravinnemäärien lisäksi eri ravinteiden määrien suhteet voivat olla merkityksellisiä puuston menestymiselle (Hytönen ja Ekola 1993).

Peltomaiden kerroksellisuuden vuoksi maaperää on syytä tutkia myös muokkauskerroksen alapuolelta, jotta saadaan viitteitä puuston menestymiseen vaikuttavista maan vesi-, lämpö- ja happitaloudesta. Erityisesti vesitalouteen on syytä kiinnittää huomiota, sillä metsitetty peltomaat ovat vesitalousominaisuuksiltaan usein ongelmallisia. Muokkauskerros on yleensä hyvin vettä läpäisevä, mutta pohjamaan maalaji on tavallisesti hienojakoinen, hyvin vettä pidättävä ja heikosti vettä läpäisevä, jolloin muokkauskerroksenkin vesipitoisuus voi muodostua liian korkeaksi etenkin kasvukauden alussa.

Vaikka ehdotettu maaperäluokitus ei peltojen välisen suuren vaihtelun vuoksi yksin riitä kuvaamaan peltojen ravinnetaloutta on muokkauskerroksen ja pohjamaan maalajin tunteminen on tärkeää, jotta metsityspäätöstä tehtäessä voidaan arvioida edes karkeasti maan viljavuutta, maanparannuksen tarvetta ja vaikutusta. Myös valittaessa pellolle sopiva maanmuokkausmenetelmä on syytä tarkastella muokkauskerroksen lisäksi myös sen alapuolisen maan laatua.

## Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T., Aarnio, B., Hyypä, 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. Summary: A critical review of soil classification in Finland in the year 1949. *Maatal. tiet. aikak.* 21:36-66
- FitzPatrick, E.A. 1983 *Soils. Their formation, classification and distribution.* Longman. London and New York. 353 s.

- Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvamaapeltojen metsittämiseen. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden liseniaatin tutkintoa varten. 181 s.
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. *Folia Forestalia* 822. 32 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 of Alkkia. *Folia Forestalia* 778. 32 s.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta. III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955-1989 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. *Pariset Oy* 1982. 181 s.
- Lipas, E. 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Summary: Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties. *Folia Forestalia* 618. 15 s.
- Puustjärvi, V. 1984. Alustan ravinnepitoisuuksien ohjearvot. *Ravinnetalous* 14. Puutarha 7:442-444.
- Starr, M. & Westman, C.J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pinta-turpeessa. *Silva Fennica* 12(2):65-78.
- 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.
- 1993. Pituusboniteetin ennustaminen kasvupaikan ominaisuuksien avulla Etelä-Suomen kangas-metsissä. Summary: Estimation of site index for Scots pine and Norway spruce stands in South Finland using site properties. *Folia Forestalia* 819. 26 s.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyyppin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Journal of Scientific Agricultural Society of Finland* 3:75-82.
- Valmari, A. 1983. Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s 42-48.
- Westman, C.J. 1987. Site classification in estimation of fertilization effects on drained mires. Kasvupaikkojen luokitus lannoitusvaikutuksen arvioinnissa ojitetuilla rämeillä. *Acta Forestalia Fennica* 198. 55 s.
- 1990. Metsämaan fysikaaliset ja fysikaalis-kemialliset ominaisuudet CT-OMaT kasvupaikkasarjassa. *Silva Fennica* 24(1):141-158.



---- 1991. Maaperä ja sen toiminta kasvualustana. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja n:o 67. 40 s.

Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. 1992. Viljavuuspalvelu Oy. 64 s.

Viro, P.J. 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 39(4). 54 s.

## Ruskotäpläkärpäsen esiintyminen viljelykoivikoissa

Erik Schulman

Koivun puuaineessa esiintyy usein ruskeita täpliä ja viiruja, jotka aiheuttavat taloudellisia tappioita vaneri- ja huonekaluteollisuudelle. Näiden värvikojen vuoksi osa laadullisesti parhaasta raaka-aineesta on lajiteltava alempiin ja halvempiin laatuluokkiin. Nämä tummat viirut ja raidat ovat ruskotäpläkärpäsen kylestyneitä toukkakäytäviä.

Ruskeat täplät ja viirut tunnettiin vaneriteollisuudessa jo vuosisadan alussa, mutta silloin niitä pidettiin yleisesti puuaineessa esiintyvänä luontaisina vikoina, n.s. "solukäytävinä" tai "mineraalijuovina". Vasta vuonna 1935 prof. Esko Kangas pystyi tutkimuksissaan osoittamaan, että viirut olivat koivun rungon jälsikerroksessa elävien toukkien aiheuttamia. Hän kasvatti toukkia aikuisiksi hyönteisiksi ja nimesi tämän aikaisemmin tieteelle tuntemattoman hyönteislajin koivun ruskotäpläkärpäseksi, *Dendromyza betulae* E.Kang., nykyisin *Phytobia betulae*.

Tämän jälkeen kärpäseen on kiinnitetty hyvin vähän huomiota, ja vasta viime vuosien aikana on alettu kerätä tutkimusmateriaalia eri kasvupaikoilta ja lähemmin tarkastella kärpäsen aiheuttamia vahinkoja.

Selluteollisuudessa koivupuun tummat viirut ja täplät eivät tuota harmia, ja vaneriteollisuuskin on saanut, vaikkakin niukasti, kelvollista raaka-ainetta vanhoista luontaisesti syntyneistä sekaileimikoissa kasvaneista koivurungoista. Mutta nyt tutkimusmateriaalista tehdyt alustavat analyysit näyttäisi antavan viitteitä siitä, että kärpästä esiintyy runsaimmin:

- 1) istutuskoivikoissa verrattuna luontaisesti uudistettuihin metsiin
- 2) peltomaille tehdyissä istutuksissa verrattuna metsämaahan
- 3) paremmilla metsämailla ja
- 4) hyväkasvuisissa puissa

Tulosten perusteella näyttää siis siltä, että kun peltomaille perustetut istutuskoivikot saavuttavat hakkuiän, saattaa ruskotäpläkärpäsen laatuviotouksista muodostua odottamaton ja hankala ongelma, niin viljelijöille kuin teollisuudellekin.

Koivun ruskotäpläkärpäsen elintavat tunnetaan hyvin puutteellisesti. Prof. Kankaan mukaan aikuinen kärpänen munii yhden munan paikkaansa koivun oksien uusiin vuosikasvaimiin kesäkuun puolivälissä. Munasta kehittyvä toukka kaivautuu heti kuoren alle jälsikerrokseen, jossa se jättä syöden ryömii oksassa runkoon ja saavutettuaan sen kääntyy alaspäin tyveä kohti. Koivu kylestää käytävät ruskealla korkkisolukolla, jotka kasvavat vuosilustoon kiinni ja erottuvat tummina juovina puuaineessa. Elokuun alussa toukka on täyskasvuinen, jolloin se tunkeutuu kuoren läpi, pudottautuu maahan, kaivautuu karikerrokseen ja talvehtii kotelona. Toukka on silloin väriltään valkoinen, sen suuosat ovat mustat ja se on noin 2 cm pitkä. Mikäli

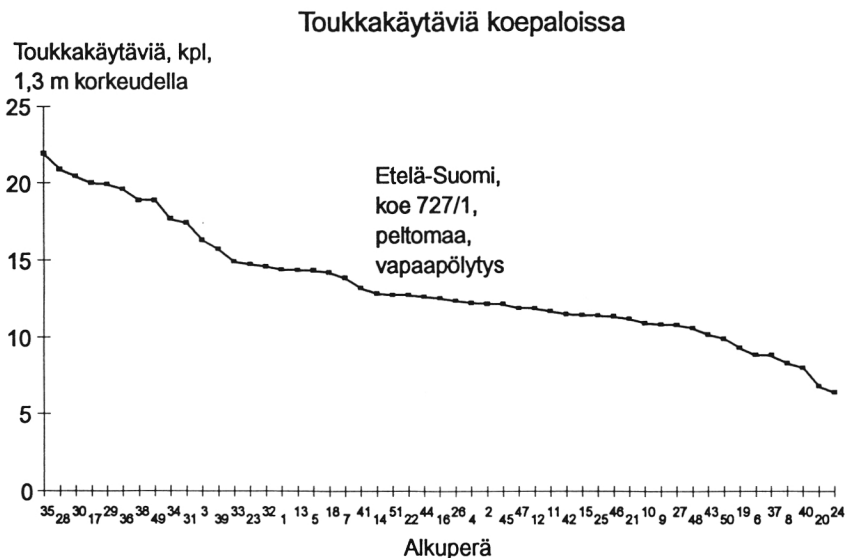
toukka ei ole täyskasvuinen saavutettuaan puun tyven, se alkaa syödä käytävää ylöspäin ja vaihtaa sitten suuntaa jälleen alaspäin. Tämä jatkuu kunnes toukka on valmis koteloitumaan.

Kärpäsen aikuisvaihetta ei tunneta lainkaan. Sen elinikää ei tunneta eikä sen lentotaitoa tai parittelua. Ei edes tiedetä syökö aikuinen kärpänen mitään. Aikuisen mahdolliset ravintokasvit voisivat selittää kärpäsen runsauden peltomailla. Myös muna- ja toukkakuolleisuus ovat vielä tuntemattomia.

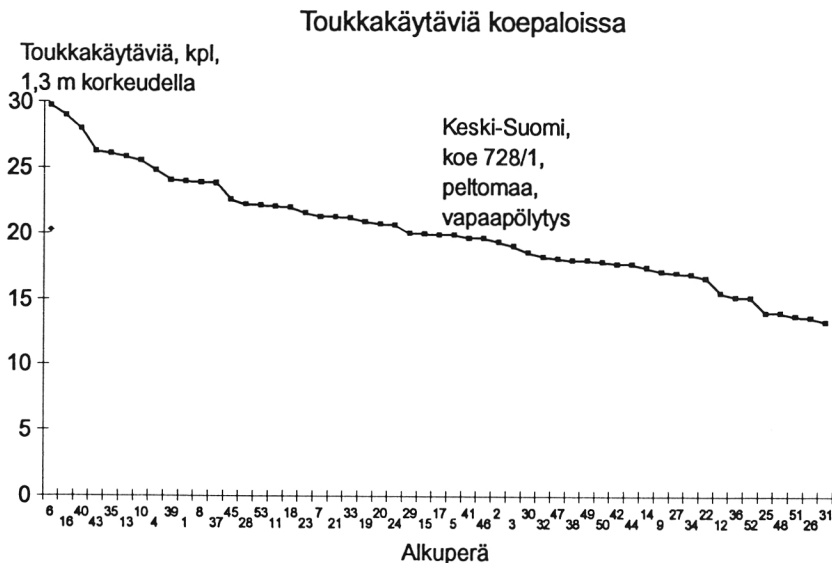
Tiettävästi kärpäsellä on vain harvoja luontaisia vihollisia. Eräs ruskotäpläkärpäsen loinen on vainopistiäinen, *Symphya ringens*, jonka toukka elää kärpäsen toukassa. Miten ja missä vaiheessa loispistiäinen munii kärpäsen toukkaan on vielä selvittämättä. Loispistiäisen toukka tappaa ja syö kärpästoukan kotelossa talvehtimisen aikana. Luonnossa noin 2/3 kotelosta ovat loisittuja, joten loisten merkitys kärpäspopulaatioiden säätelyssä on ilmeisesti tärkeä.

## Alustavia tuloksia

Vuonna 1981 metsäntutkimuslaitoksen jalostusosasto istutti peltomaalle Punkaharjulla 51:n Etelä-Suomalaisen ja 53:n Keski-Suomalaisen koivukantapuun vapaapölytysjälkeläisiä. Taimet olivat 2-vuotiaita paljasjuuritaimia ja istutustiheys oli 1,5 x 1,5 m. Samanaikaisesti samojen kantapuiden jälkeläisiä istutettiin myös metsämaalle Eurajoelle ja Kuhmoon. Näistä alkuperäkokeista harvennettiin alaharvennuksella peltomaalta v. 1991 ja metsämaalta v. 1993 runkoja, joista sahattiin kiekot rinnankorkeudelta. Kiekoista mitattiin läpimitta ja laskettiin vuosilustot sekä toukkakäytävät vuosilustoittain (kuvat 1 ja 2). Poistetuista puista on myös mitattu kasvu sekä puuaineen tiheys. Koekiekoja oli yhteensä noin 9 000 kpl.



Kuva 1. Toukkakäytäviä koepaloissa, koe 727/1, Etelä-Suomi.



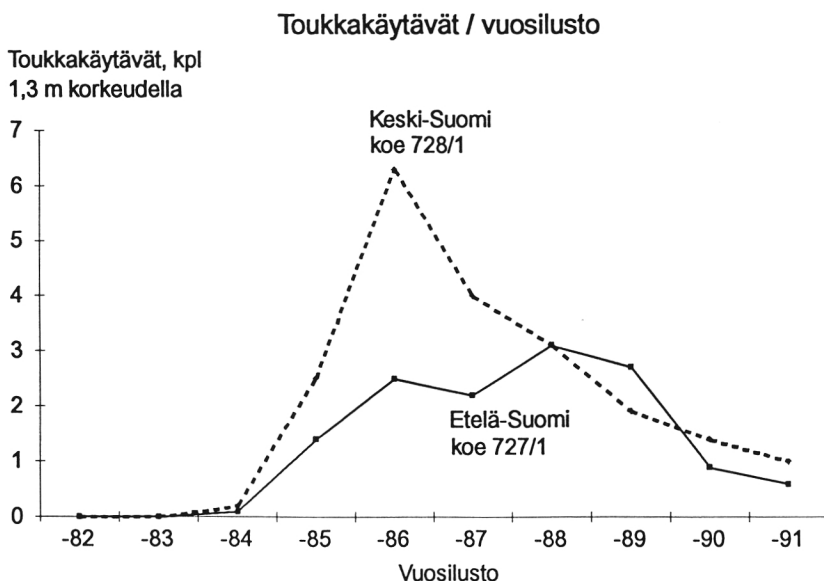
Kuva 2. Toukkakäytäviä koepaloissa, koe 728/1, Keski-Suomi.

Taulukko 1. Toukkakäytävien määrän vertailu kokeiden 727/1 ja 728/1, peltomaalle istutettujen alkuperien ja kokeiden 727/2 ja 728/3, metsämaalle istutettujen alkuperien välillä.

Koe	Toukkakäytäviä keskimäärin eri alkuperissä, kpl/kiekkko		
	Käytäviä, kpl/kiekkko	Vaihteluväli, kpl/kiekkko	
		max	min
727/1 E-S pelto	13,4	21,9	6,4
728/1 K-S pelto	20,2	29,7	13,3
727/2 E-S metsä	1,8	3,5	0,7
728/3 K-S metsä	1,3	2,3	0,5

Aineistosta ilmenee että alkuperien välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja ruskotäpläkärpäsen toukkakäytävien määrässä. Mikään alkuperä ei ollut täysin ilman toukkakäytäviä. Keskimääräinen luku käytäviä/kiekkko oli 13,4 kokeessa 727/1 ja 20,2 kokeessa 728/1.

Keski-suomalaisissa alkuperissä oli peltomaalla huomattavasti enemmän toukkakäytäviä kiekoissa. Metsämaalla oli Etelä-Suomalaisissa alkuperissä enemmän toukkakäytäviä (kuva 3). Toukkakäytävämäärät olivat peltoistutuskoiuissa noin kymmenkertaiset verrattuna samoihin alkuperiin metsämaastutuksissa.



Kuva 3. Toukkakäytävien määrä vuosilustoittain kokeissa 727/1 ja 728/1.

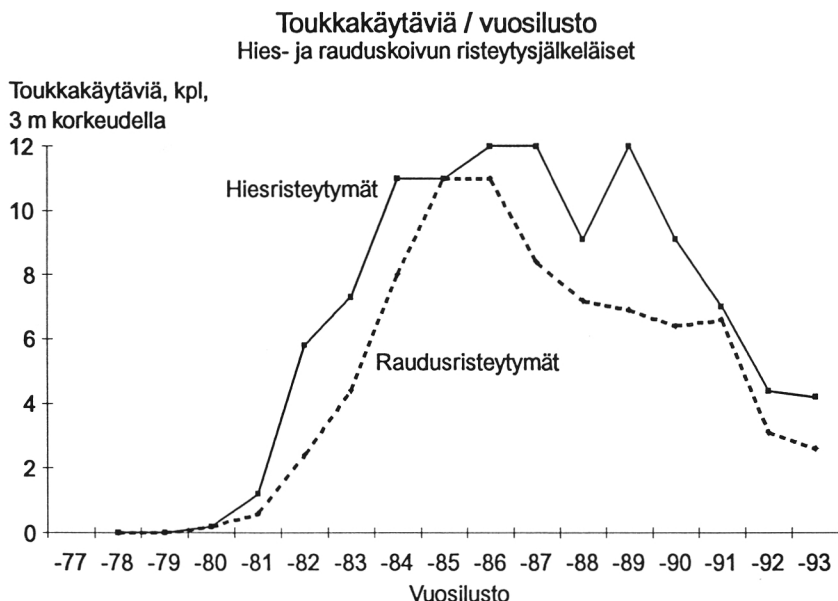
Vuoden 1983 lustoma näkyy ensimmäiset toukkakäytävät. Toukkaesiintymiä on eniten Keski-Suomalaisissa alkuperisissä vuoden 1986 lustoma ja Etelä-Suomalaisissa alkuperisissä vuoden 1988 lustoma.

### Rauduskoivussa vai hieskoivussa enemmän toukkakäytäviä?

Ruskotäpläkärpästoukkia on Suomessa tavattu rauduskoivusta, hieskoivusta sekä tunturikoivusta. Vaivaiskoivusta toukkia ei ole tavattu. Tuntematonta on kuitenkin tähän saakka ollut kumpaa koivulajia, raudusta vai hiestä, ruskotäpläkärpänen suosii.

Kahdesta kokeesta, 584/4 ja 586/4, joissa Metsäntutkimuslaitoksen jalostusosasto vuonna 1976 oli istuttanut peltomaahan Muhoksella eri rauduskantapuiden ja hieskantapuiden risteytysjälkeläisiä, saatiin vertailukelpoista aineistoa asian selvittämiseksi. Vuonna 1993 harvennetuista rungoista sahattiin kiekkoja 3-m korkeudelta, joista laskettiin toukkakäytävät vuosilustoittain (kuva 4).

Aineisto näyttää että hieskoivuristeytyksiin iskee enemmän toukkia kuin raudusristeytyksiin ja tulos on tilastollisesti merkitsevä. Keskimäärin hiesristeytyksissä oli toukkakäytäviä 2,11 kpl/cm<sup>2</sup> kiekon pinta-alasta ja raudusristeytyksissä 1,07 kpl/cm<sup>2</sup> kiekon pinta-alasta.



Kuva 4. Toukkakäytäviä vuosilustoittain hieskantapuiden ja rauduskantapuiden risteytysjälkeläisissä.

Tutkimusmateriaalia on myös kerätty käytännön raudusistutuksilta sekä pelto- että metsäistutuksilta eri puolilta maata. Vanhimmat istutukset ovat 1960-luvun puolivälistä, ja istutus-tiheyksissä sekä taimiston perkauksissa ja harvennuksissa on seurattu sen aikaisia ohjeita. Istutuskoivujen kasvunopeus on ollut erittäin huomattava, mutta runkojen puuaineen laatu on heikko. Yhtään runkoa ei ole tavattu jossa ei olisi toukkakäytäviä. Säynäsalossa kasvavasta 25-vuotiaasta raudusistutuksesta kaadettiin toisen harvennuksen yhteydessä runkoja, joista osa koesorvattiin Jyväskylän vaneritehtaassa. Viilujen laatuluokittelussa ei saatu yhtään kelvollista pintaviilua. Heti kuorinnan ja pyörityksen jälkeen viilumatto oli täynnä toukkakäytäviä ja mustia oksia. Tulos osoittaa että taimet on kasvatettu liian harvassa, alaoksat eivät ole kulleet ja karsiutuneet ajoissa, vaan mustat oksat ovat kylestyneet runkoon, ja elävistä alaoksista toukkia on päässyt tunkeutumaan rungon arvokkaimpaan tyviosaan.

Ruskotäpläkärpätoukkien aiheuttamat vahingot saattavat tulevaisuudessa olla vakavat. Vahinkojen vähentämiseksi ei tänä päivänä tunneta varmoja keinoja, mutta eräs Metsäntutkimuslaitoksen tutkijaryhmä on lähtenyt asioita selvittämään.

## Nuoren metsän kunnostus metsänparannustyöläjina

Paula Jylhä

### Johdanto

Pääasiassa taimikonhoidon laiminlyöntien seurauksena on syntynyt ylitieheitä ja pieniläpimittaisia ensiharvennusmetsiä, jotka ovat jääneet kaupallisten harvennushakkuiden ulkopuolelle. Pystyleimikkoina markkinakelvottomien nuorten kasvatusmetsien kunnostushakkuita alettiin tukea metsänparannusvaroilla vuoden 1993 alussa. Kunnostushakkuulla joko valmistellaan kaupallista harvennusta raivaamalla lähinnä hakkuuta haittaavaa pienpuustoa tai hakataan puusto lopulliseen ensiharvennustiheyteen (Nuoren metsän... 1993). Nuoren metsän kunnostushakkuu muuttuu keväällä 1995 metsänhoidolliseksi harvennukseksi ja ainoastaan siinä yhteydessä tehtäväksi raivaukseksi. Metsänparannustukea myönnetään edelleen myös kunnostushakkuukohteilta kerättävän energiapuun kasaukseen ja metsäkuljetukseen.

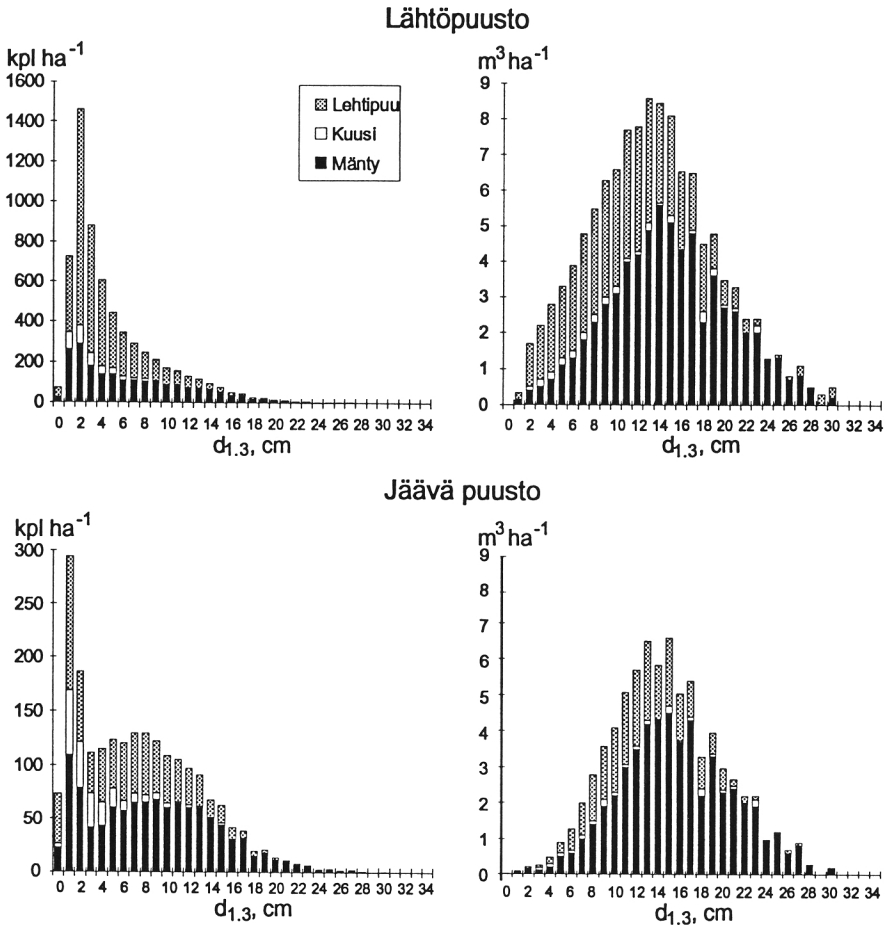
Tutkimuksen tavoitteena oli mm. arvoida viivästyneiden harvennusten vaikutuksia Keski-Pohjanmaan ojitusaluepuustojen metsänhoidolliseen tilaan sekä vertailla kunnostushakkuun toteutusvaihtoehtojen kustannuksia.

### Aineisto ja menetelmät

Kesällä 1993 inventoitiin Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan alueella 43 ojitusalueiden metsikkökuviota (yht. 75 ha), joiden kunnostushakkuita oli tuettu metsänparannusvaroilla. Tutkimusalueiden ojitukset oli yhtä poikkeusta lukuun ottamatta toteutettu metsänparannushankkeina, valtaosin 1960- ja 1970-luvuilla. Luontaisesti syntynyt puusto oli mäntyä ja hieskoivua (kuva 1). Kaksi kolmasosaa kasvupaikoista oli piensaraisia ja puolukkaisia, loput sitä viljavampia. Valtaosa (81 %) kuvioista oli rämeitä. Mittausajankohtana 49 % kuvioista luokiteltiin turvekankaiksi, 47 % muuttumiksi ja 5 % soistuneiksi kankaiksi. Aineistoon sisältyi sekä harvennus- että raivauskohteita. Tulokset esitetään kuitenkin molemmille käsittelyille yhteisenä, sillä niiden väliset puustotunnusten erot olivat pieniä.

Metsikkökuviot inventoitiin linjoittaisella ympyräkoelamittauksella soveltaen suometsien pysyvien kasvukoealojen maastotyöohjeita (ks. Penttilä ja Honkanen 1986). Puutunnukset laskettiin Koealojen peruslaskentaohjelmalla (KPL, Heinonen 1994). Puukohtaiseen aineistoon lisättiin latvusmassat käyttäen Gislerudin (1974), Hakkilan (1971, 1989 ja 1991) ja Kärkkäisen (1976) tutkimuksia. Kokopuuhakkeen hankintaketjun eri vaiheiden yhteiseksi hävikiksi oletettiin kuivien oksien ja viheraineen määrää vastaava osuus latvusmassasta. Hakkeen lämpöarvo 40 %:n kosteudessa saatiin Hakkilan (1978) tutkimuksesta.





Kuva 1. Lähtöpuuston ja jäävän puuston läpimittajakaumat.

Kustannuslaskelmat perustuvat keskimääräiseen hakkuupoistumaan ( $38 \text{ m}^3/\text{ha}$  runkopuuta). Hakkuupoistumaltaan keskimääräistä kunnostushakkuukohdetta vastaavalle leimikolle tehtiin kustannuslaskelmat seuraaville yhdistelmille (ks. Nuoren metsän... 1994):

- Ainespuun mitat täyttävä puusto korjataan kuitupuuna, rinnankorkeudelta alle 4 cm:n puut raivataan ja loput kaadetaan ja kasataan kokopuuna.
- Rinnankorkeudelta alle 6,5 cm:n puut kaadetaan raivauspuustona, suuremmat puut korjataan siirtelykaatomenetelmällä.
- Ainespuun mitat täyttävät puut korjataan kuitupuuna, pienemmät kaadetaan raivauspuustona moottorisahalla.
- Kaikki poistettava puu kaadetaan raivauspuustona ja jätetään metsään.

Kuitupuun korjuukustannukset laskettiin kannolta tien varteen, energiapuun hankinnan kustannukset kannolta aluelämpölaitokselle. Laskelmissa hakkuu tehtiin vaihtoehtoisesti omana työnä tai teetettiin vieraalla työvoimalla. Muut työvaiheet teetettiin urakoitsijalla.

Kuitupuu korjattiin manuaalisesti tavaralajimenetelmällä (vähimmäisläpimitta 6 cm ja ohjepituus n. 3 m). Energiapuu korjattiin siirtelykaatometelmällä kokopuuna. Hakkuukustannusten laskennassa käytettiin Metsätehon korjuukustannusten vertailuohjelmaa ja voimassa olevia työehtosopimuksia (Oijala ym. 1994, Metsäpalkkarakenteen... 1993, Metsäalan työehtosopimus 1993, Nuoren metsän... 1994). Metsänomistajan omatoimisen hakkuun kustannuksista vähennettiin työmittauksen osuus. Metsurityön kustannukset sisältävät 71,5 % työnantajan sivukustannuksia (ks. Oijala ym. 1994). Metsänomistajan omatoimisen hakkuun kustannuksia korotettiin maatalousyrittäjien pakollisilla eläke- ja tapaturmavakuutusmaksuilla ja kustannuksista vähennettiin moottorisahaosuuden sisältämä arvonlisävero Onttisen (1986) tutkimuksen perusteella.

Metsäkuljetuksen yksikkökustannukset saatiin jakamalla keskikokoisen kuormatraktorin veroton käyttötuntikustannus (262 mk/h) käyttötuntituotoksella. Käyttötuntikustannus laskettiin metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallin oletusarvoilla (ks. Oijala ja Rajamäki 1992, 1994). Lähikuljetustuotoksen laskennassa sovellettiin Kuiton ym. (1994) ja Kahalan (1981) tutkimuksia. Aines- ja energiapuu ajettiin esimerkkilaskelmissa eri kuormissa. Vertailulaskelmissa käytetty lähikuljetusmatka oli 250 m.

Haketuksen kustannusten laskennassa sovellettiin viimeksi voimassa olleita haketuksen ohjemaksuja (ks. Nousiainen ym. 1993), joita korotettiin vastaamaan vuoden 1994 arvonlisäverotonta kustannustasoa Koneyrittäjien liitosta saadun ohjeen perusteella (Jaakkola 1994 suull.). Vuosittain haketettavaksi määräksi oletettiin 20 000 - 25 000 i-m<sup>3</sup>. Hakkeen kaukukuljetuksen arvonlisäverottomat kustannukset saatiin Asikaisen ja Kärhän (1994) laskelmasta, jonka laadinnassa on käytetty hakekuljetukseen soveltuvaksi muunnettua Metsätehon kustannuslaskentamallia (ks. Oijala ja Rajamäki 1992, 1994). Laskelmissa käytetty hakkeen kuljetusmatka oli 20 km.

Metsätraktorin ja hakkurin siirtomatkoiksi oletettiin 25 km ja vastaaviksi siirtokustannuksiksi 10 mk/km ja 8 mk/km. Laskelmissa käytetty työmaan pinta-ala oli 2,3 ha, joka oli kunnostushakkuuhankkeen keskikoko vuonna 1993 Keski-Pohjanmaalla.

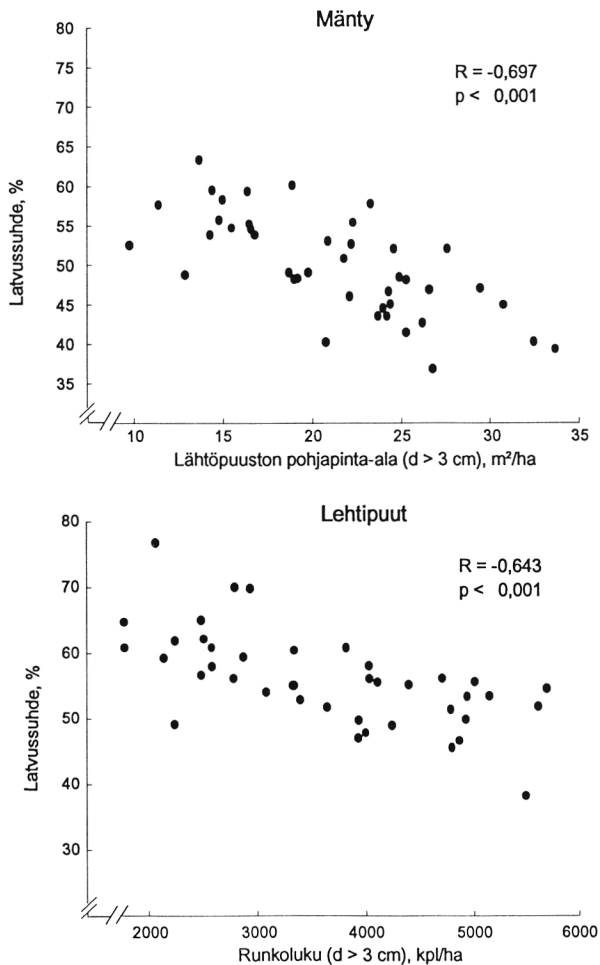
Kuitupuuhakkuun tuottoa oli puutavaran hankintamyyntitulot (havupuu 140 mk/m<sup>3</sup>, koivu 150 mk/m<sup>3</sup>). Käyttöpaikalla hakkeesta saatavaksi hinnaksi asetettiin turpeen hintatasoa vastaava 45 mk/MWh. Kunnostushakkuuseen myönnetty metsänparannustuki ei sisälly laskelmiin. Myöskään korko-, varastointi-, hallinto- ym. kustannuksia ei otettu huomioon. Metsänparannuskohteilta korjattava energiapuu oletettiin kantohinnattomaksi.

## **Tulokset ja tarkastelu**

### **Metsänhoidollinen tila**

Kunnostushakkuuta edeltävät puuston runkoluvut olivat suuria, keskimäärin 6 300 kpl/ha (kuva 1). Puusto oli epätasaista ja pieniläpimittaista, joten harvennustarve ei yleensä tullut esiin verrattaessa lähtöpuustoja pohjapinta-alaan perustuviin harvennusmalleihin. Suurista lähtötiheyksistä huolimatta jäävän puuston elävän latvuksen osuus puun pituudesta oli männyillä

keskimäärin 50 % ja hieskoivulla 56 %. Metsänhoito-ohjeiden mukaan ensiharvennus tulee tehdä ennen kuin kasvatettavan puuston latvussuhde on supistunut koivuilla puoleen ja männyllä 40 %:iin (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Kuitenkin 50 % jäävän puuston männyistä ja 55 % lehtipuista oli latvuksiltaan eri asteisesti puristuneita. Niemistön (1994) tutkimuksessa kivennäismaan ensiharvennuskäynnissä latvukseltaan puristuneet puut kasvoivat noin kolmannesta vähemmän kuin latvukseltaan normaalit samankokoiset puut. Harventamattomassa puustossa ero oli 50 %. Kunnostushakkuuta edeltäneen ylitihedyn vaikutukset näkyivät myös jäävän puuston runko- ja latvusvaurioina. Latvusten puristuneisuus lisääntyi ja elävän latvuksen osuus puun pituudesta pienentyi kasvatustiheyden noustessa (kuva 2).



Kuva 2. Kasvatustiheyden vaikutus jäävän puuston latvussuhteeseen.

Lähtöpuuston tilavuudesta hakattiin keskimäärin hieman yli 30 %, joillakin kohteilla jopa yli 60 %. Aikaisemmin hoidetuissa metsiköissä kerralla ei tulisi hakata kolmasosaa enempää puuston tilavuudesta, koska voimakkaat harvennukset aiheuttavat kasvatappioita ja saattavat lisätä lumi- ja tuulituhoriskejä (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Myös oijen rappeutuminen voi

lisätä kasvutappioita. Ojien kunto arvioitiin melko huonoksi puolella metsiköistä, viidesosalla huonoksi ja lopuilla tyydyttäväksi. Voimakkaan puuston hakkuun jälkeen pohjavesipinta voi nousta haitallisen korkeaksi (Ahti 1991), minkä vuoksi kunnostusojituksen yhdistäminen kunnostushakkuuseen on perusteltua useissa tapauksissa. Ilman hakkuuta puuston haihdutus voi sadannaltaan normaaleina vuosina korvata ojien menetettyä kuivatustehoa huonokuntoisillakin ojitusalueilla (Ahti 1991). Aikaisemmin hoitamattoman metsikön runkolukuohjeisiin verrattuna jäävä puusto, noin 2 100 kpl/ha, oli riittävä (ks. Vuokila 1987).

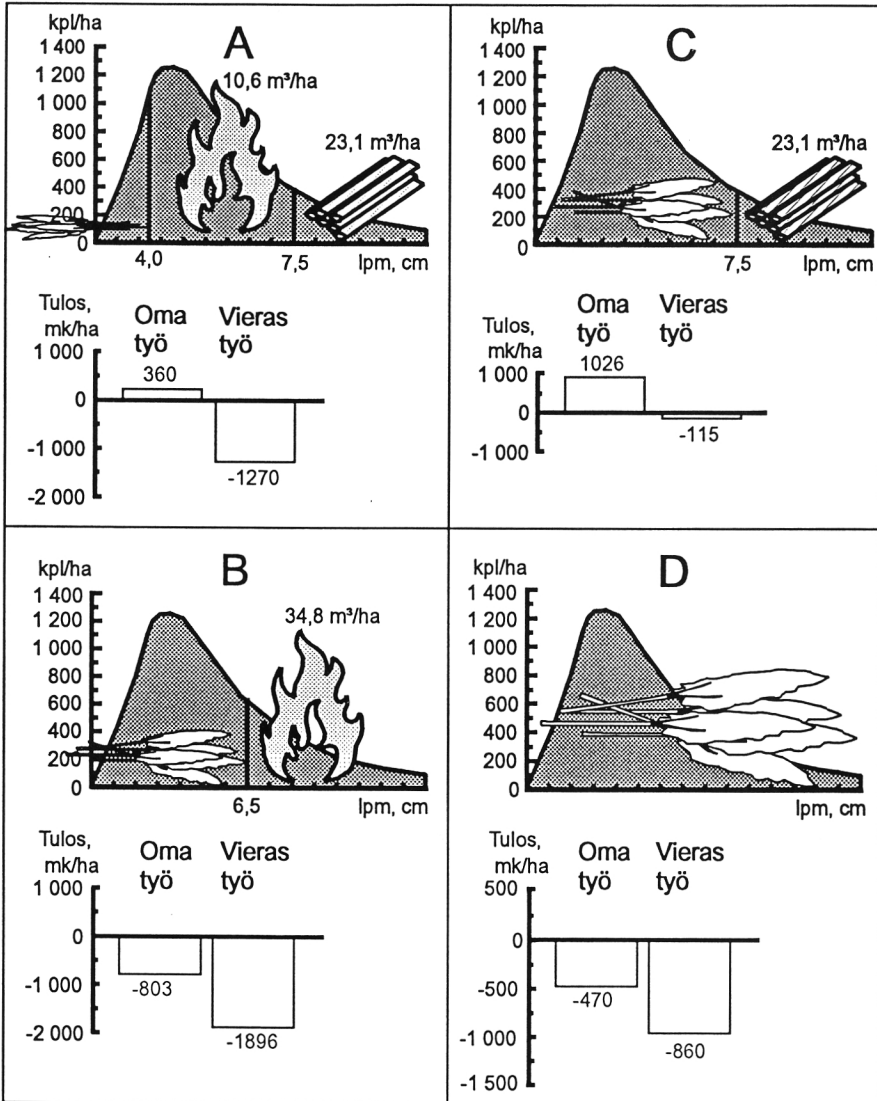
### **Kunnostushakkuun kustannukset**

Kunnostushakkuun rahoitusehtojen mukaan metsänparannustyönä hakattavan kohteen on oltava markkinakelvoton pystyleimikkona. Metsänparannustukea myönnetään siten myös sellaisiin nuoren metsän kunnostuskohteisiin, joilta on mahdollista myydä kuitupuuta hankintakaupoilla.

Esitetyillä laskentaperusteilla kuitupuun hankintamyyntitulo kattaisi kaikki omatoimisesti tehdyn kunnostushakkuun kustannukset hakkuupoistumaltaan keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella korjattaessa pelkkää kuitupuuta (kuva 3, vaihtoehto c). Metsänomistajalle jäisi vielä kohtuullinen kantohinta kuitupuusta. Myös vieraalla työvoimalla tehdyssä kuitupuun korjussa ja raivauspuuston kaadossa päästiin lähes nollatulokseen, eli hankintamyynnin tulot kattavat lähes kaikki kustannukset. On kuitenkin muistettava, että pienten kuitupuuerien markkinointi voi olla vaikeaa.

Kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla ovat kaikissa vaihtoehtoissa (a ja b) myyntituloja suuremmat, myös tehtäessä hakkuu omana työnä. Energiapuun korjuun yksikkökustannukset ovat vaihtoehdossa a selvästi suuremmat kuin vaihtoehdossa b. Esimerkiksi tehtäessä kokopuuhakkuu metsänomistajan omana työnä hakkuun ja lähikuljetuksen kustannukset ovat noin 114 mk/m<sup>3</sup> (52 mk/MWh) vaihtoehdossa a ja noin 68 mk/m<sup>3</sup> (31 Mwh) vaihtoehdossa b. Vaihtoehdossa a hakkuukustannuksia lisää hakattavan puuston pieni koko, lähikuljetuskustannuksia pieni puutavaralajitiheys. Kokopuukertymä vaihtoehdossa a oli ainoastaan 10,6 m<sup>3</sup>/ha, joten keskimääräiseltä kunnostushakkuukohteelta ei kerry täyttä 35 tonnin hakekuormaa.

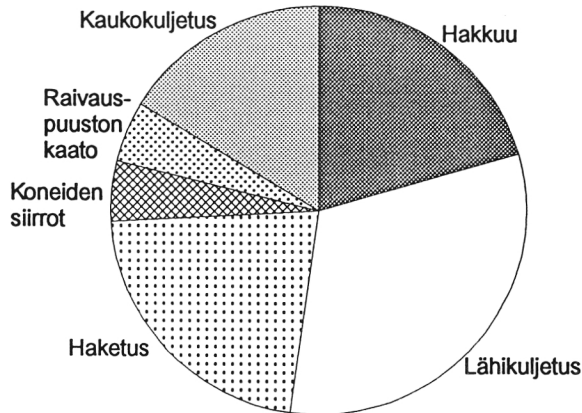
Energiapuun hankinnan yksikkökustannukset olivat alhaisimmat vaihtoehdossa b, jossa kokopuuna korjattiin myös ainespuun mitata täyttäviä puita. Talteen korjattavan energiapuun vähimmäisläpimitan muutos ei vaikuta merkittävästi hankinnan yksikkökustannuksiin, jos kaikki kustannukset kohdistetaan energiapuulle. Energiapuun minimiläpimitan kasvu alentaa hakkuun yksikkökustannuksia, mutta lähikuljetus-, raivaus- ja siirtokustannukset nousevat lähes vastaavasti talteen korjattavan puumäärän pienentyessä. Kohdistettaessa kaikki kunnostushakkuun kustannukset energiapuulle kokopuuhakkeen arvonnalisäverottomat kustannukset käyttöpaikalla ovat noin 120 mk/m<sup>3</sup> (n. 55 mk/MWh) tehtäessä hakkuu omana työnä ja 150 mk/m<sup>3</sup> (n. 70 mk/MWh). Todellisuudessa hakkeen kustannukset käyttöpaikalla ovat suuremmat, sillä laskelmat eivät sisällä kaikkia kustannuseriä. Työtehoseuran kyselytutkimuksen mukaan jopa kolmasosa hakekuution hankintakustannuksista voi aiheutua korkotappioista, varastohävikistä, teiden, varasto- ja haketusalueiden kunnostuksesta sekä hallintokuluista (Solmio 1994). Kuvassa 4 on esitetty läpimitaltaan vähintään 6,5 cm puusta tehdyn kokopuuhakkeen kustannusrakenne käyttöpaikalla, kun metsänomistaja on tehnyt hakkuun itse.



Kuva 3. Kunnostushakkuun hehtaarikohtaiset tuottojen ja kustannusten erotukset sekä aines- ja energiapuukertymät.

Metsänomistajan omatoimisen kunnostushakkuun metsänparannustuki on käsittelystä riippuen ollut vuosina 1993-1994 Keski-Pohjanmaalla 500 - 700 mk/ha, jonka on arvioitu kattavan puolet puiden kaadon kustannuksista. Lisäksi energiapuun kasauksesta ja metsäkuljetuksesta on maksettu 25 mk/m<sup>3</sup>. Kustannuslaskelmat osoittavat, että Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla puiden kaadosta aiheutuvat todelliset kustannukset ovat pienemmät kuin arvioidut keskimääräiskustannukset. Sen sijaan energiapuun kasauksen ja metsäkuljetuksen tuki ei kata kustannuksia esimerkkilaskelmien oletuksilla. Metsänparannusohjeisto muuttuu keväällä 1995 mm. siten, että pinta-alaperustainen metsänparannustuki määräytyy todellisen työvaikeuden mukaan.

Aineiston puuston vaihtelu oli suurta, joten kustannuslaskelmat soveltuvat ainoastaan hakkuupoistumaltaan keskimääräisille kunnostushakkuukohteille. Hakkuupoistuma selvitettiin kannoista, joten todellinen hakkuukertymä on voinut jäädä arvioitua pienemmäksi.



Kuva 4. Kokopuuhakkeen kustannusrakenne käyttöpäikällä.

## Kirjallisuus

- Ahti, E. 1991. Kunnostusojituksen puuntuotanto- ja ympäristövaikutukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374:12-14.
- Asikainen, A. & Kärhä, K. 1994. Hakkeen kuljetuksen kustannuslaskelma. Joensuun yliopisto. Julkaisematon.
- Gislerud, O. 1974. Heltreutnyttelse. IV. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, bjørk og or. Summary: Biomass and biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Norsk Institutt for skogsforskning. Skogteknologisk avdelning. Rapport 6/74.
- Hakkila, P. 1971. Coniferous branches as a raw material source. A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 75.1. 60 s.
- 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood for fuel. Folia Forestalia 342. 38 s.
- 1989. Utilization of residual forest biomass. Springer-Verlag, Heidelberg. 586 s.
- 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. Folia Forestalia 773. 24 s.
- Heinonen, J. 1994. Koalojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL, käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.

- Kahala, M. 1981. Pieniläpimittaisen lehtikokopuun metsäkuljetus. Metsätehon katsaus 6/1981. 4 s.
- Kuitto P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon tiedotus 410. Helsinki. 37 s
- Kärkkäinen, M. 1976. Puun kuoren tiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Summary: Density and moisture content of wood and bark, and bark percentage in the branches of birch, Norway spruce, and Scots pine. *Silva Fennica* Vol. 10 N:o 3.
- Luonnonläheinen metsänhoito 1994. Metsänhoitosuositukset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 72 s.
- Metsäalan työehtosopimus 10.12.1993 - 31.12.1994. Metsähallitus, Metsäteollisuus ry, Yksityismetsätalouden työnantajat, Puu- ja erityisalojen liitto. 67 s.
- Metsäpalkkarakenteen uudistaminen. Koulutusaineisto. II painos. Metsäpalkkauksen kehittämisen projektiryhmä 10.12.1993. 41 s.
- Niemistö, P. 1994. Harvennustavat nuoren männikön ensiharvennuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasema. Käsikirjoitus.
- Nousiainen, I., Imponen, V., Jaatinen, E. & Korpilahti, A. 1993. Puupolttoaineiden tuotantomenetelmien nykytekniikka, kustannukset ja kehittämismahdollisuudet. Esitutkimus, käsikirjoitus.
- Nuoren metsän kunnostuksen toimintaohjeet. Metsäkeskus Tapio 3.3.1993.
- Nuoren metsän kunnostushakkuun palkkausohje 1.5. - 31.12.1994. Metsä- ja uittotalan työehtosopijaosapuolet.
- Oijala, T., Vastamäki, A. & Örn, J. 1994. Korjuun kustannusvertailun laskentaohjelman käyttö - Excel. Metsäteho 16.5.1994.
- & Rajamäki, J. 1992. Metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallit. Käyttöohjeita. Metsäteho 15.4.1992. 23 s + 5 liitettä.
- & Rajamäki, J. 1994. Metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallien muutokset. Metsäteho. Muistio 8.6.1994. 5 s.
- Onttonen, S. 1986. Metsurin työvälinekustannukset 1985. Abstract: Forest workers' equipment costs in Finland in 1985. *Folia Forestalia* 672. 20 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Solmio, H. 1994. Polttopuun hankinta aluelämpölaitoksille. Työtehoseuran metsätiedote 15/1994 (538). 4 s.
- Vuokila, Y. 1987. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Helsinki. 258 s.

## Männiköiden kasvu ja tuotos karuilla kasvupaikoilla

Kristian Karlsson

### Johdanto

Kasvupaikkojen puuntuotoskyvyn arvioinnilla on keskeinen sija metsätalouden suunnittelussa. Käytetyin menetelmä pohjautuu Cajanderin (1909) metsätyyppeihin, joille on laadittu useita puuston kehitysarjoja (esim. Koivisto 1959). Myös metsän käsittelyohjeet on sidottu metsätyyppeihin (Metsänhoitosuositukset 1994). Toinen tapa määrittää kasvupaikan tuotoskykyä perustuu puuston valtapituuteen ja ikään. Tällä menetelmällä on paljon hyviä puolia, se on muun muuassa vähemmän subjektiivinen kuin metsätyypinmääritys ja luokitus on tasavälinen (Vuokila 1987).

Männiköiden valtapituusbonitointiin soveltuvia käyrästöjä on laadittu erikseen viljelymänniköille ja luontaisesti syntyneille metsiköille (Gustavsen 1980, Vuokila & Väliaho 1980). Vaikka viljellyt metsiköt monessa suhteessa eroavat luontaisesti syntyneistä, on valtapituuden kehitys eli bonitointikäyrien muoto todettu hyvin samanlaisiksi. Pituusbonitointi perustuu valtapituuden kehitys- tai vastaaviin malleihin, joiden laadinta-aineisto monesti on saattanut olla suppea ja alueellisesti epätasainen. Mallien käyttökelpoisuutta tuleekin aina testata uudessa aineistossa. Silti voi olla alueita tai harvinaisia metsikköryhmiä, joihin mallit sopivat huonosti.

Puolukkatyyppiä karummat metsätyypit ovat varsin harvinaisia Suomessa. Länsi-Suomessa ja erityisesti Pohjanmaalla on enemmän näitä kasvupaikkoja kuin muualla Etelä-Suomessa (taulukko 1). Valtaosa näistä kasvupaikoista ovat kanervatyypin kasvupaikkoja, jäkälätyypin kasvupaikkoja on Etelä-Suomessa erittäin vähän. Yleisesti näitä kasvupaikkoja pidetään luonteenomaisina lajittuneille hiekkakankailla (Lehto & Leikola 1987). Valtakunnan metsien inventointien tiedot osoittavat kuitenkin, että esimerkiksi Pohjanmaan kuivista kankaista ja karukkokankaista suurin osa sijaitsee moreenimailla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkistaa tiedot lajittuneiden hiekkakankaiden männiköiden tuotoksesta ja kasvusta. Erityisesti kiinnitetään huomiota kasvupaikan hyvyysluokittelun antamiin tietoihin tuotoksesta, luokittelumenetelmien soveltuvuuteen sekä puuntuotoskyvyn alueellisiin eroihin.



Taulukko 1. Karujen kasvupaikkojen (kuivat kankaat ja karukkokankaat) osuus metsämaan kankaista sekä karujen kasvupaikkojen jakautuminen eri maalajeihin Pohjanmaalla.

Alue	Osuus kangasmaista, %
Etelä-Suomi	2
Pohjanmaa	7
Satakunta	5

	Osuus karuista kangasmaista, %
Pohjanmaa	
- kallio	7
- kivikko	1
- moreeni	50
- lajittunut	42

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa käytettiin Länsi-Suomen metsien terveydentila-hankkeen tietoja karujen hiekkakankaiden kasvupaikoista ja puustosta. Aineisto koostui 32 metsiköstä, joista suurin osa sijaitsi Hämeenkanalla ja Pohjankankaalla Satakunnassa. Puusto mitattiin tavanomaisin menetelmin ja metsikkötunnukset laskettiin kpl-ohjelmistolla (Heinonen 1994). Puiden tähänastisen pituuskehityksen selvittämiseksi kaadettiin kaksi paksuinta puuta 14 koealalla, jotka jakaantuivat tasaisesti iän suhteen. Puukohtainen pituuskehitys määritettiin mittaamalla erottuvat pituuskasvaimet sekä tekemällä runkoanalyysit.

Puiden pituuskasvujen perusteella laadittiin vuotuisen pituuskasvun ennustemalli (Gustavsen & Mielikäinen 1984), joka oli muotoa

$$I_h = a * T^b * H^c * e^{(d * H)}, \text{ missä}$$

$I_h$  = tulevan vuoden pituuskasvu, cm  
 $T$  = puun ikä vuoden alussa, a  
 $H$  = puun pituus vuoden alussa, cm  
 $e$  = Neperin luku  
 $a, b, c, d$  ovat estimoitavia parametrejä

Yhtälö ratkaistiin lineaarisessa muodossa regressioanalyysillä käyttäen BMDP-ohjelmistoa (Dixon 1988). Yhtälön parametrit ja keskeisimmät tilastolliset tunnusluvut olivat

$$a = +0,432 \quad b = -0,672 \quad c = +1,084 \quad d = -0,000936$$

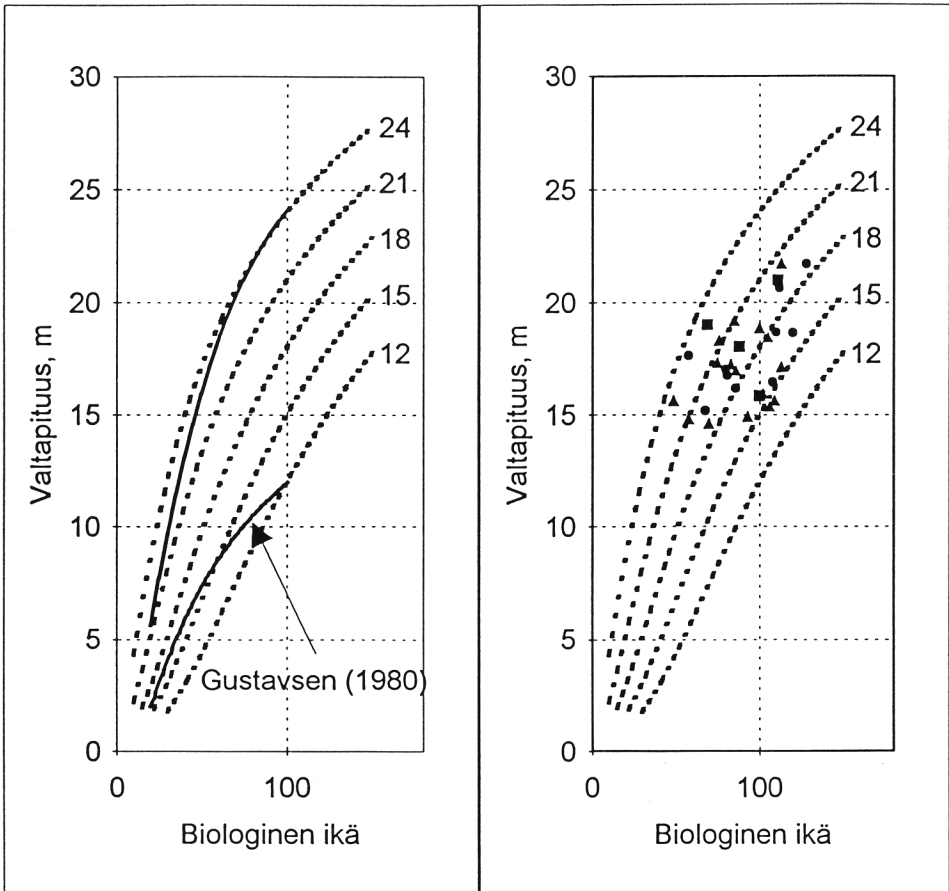
$$R = 0,656 \quad R^2 = 0,431 \quad F = 594,32 \quad S_e = 0,383 \quad n = 2358$$

Koemetsiköiden kasvupaikkaluokitus täydennettiin mittaamalla maastossa muun muuassa koealakohtaiset jäkälän peittävyudet pintakasvillisuuden pohjakerroksessa. Jäkälät esiintyvät runsaasti näillä kasvupaikkatyypeillä ja ne muodostavat suhteellisen yhtenäisen peitteen. On myös mahdollista arvioida jäkälän peittävyyttä silmävaraisesti.

Tiedot kasvupaikkojen esiintymisestä otettiin 6., 7. ja 8. valtakunnan metsien inventoinneista (ks. myös kansikuva).

## Tulokset

Pituuskasvuyhtälön avulla laadittiin valtapuiden pituuskehitystä kuvaava käyrästä. Männiköiden valtapuiden pituuskehitystä verrattiin männiköiden valtapituuden kehitykseen aiemmista tutkimuksista (Gustavsen 1980). Laadittu käyrästä erosi bonitointikäyrästä kahdella tavalla (kuva 1). Ensinnäkin käyrien vaihteluväli oli nuorella iällä huomattavasti laajempi kuin bonitointikäyrien. Lisäksi alhaisissa luokissa pituuskehitys jatkui parempana vanhemmalla iällä verrattuna bonitointikäyriin, joiden kulku tasaantui enemmän iän myötä.



Kuva 1. Männiköiden valtapuiden pituuskehitys karuilla lajittuneilla kankailla. Vasemmalla vertailu Gustavsenin (1980) bonitointikäyrästään. Oikealla metsiköiden valtappituus ja ikä mittaushetkellä (neliö = VT, pallo = CT, kolmio = CIT).

Puun pituuskehitys on kuitenkin eri asia kuin metsikön pituuskehitys ja tämä voi selittää kehityskäyrien väliset erot. Ruotsalaiset ovat tutkineet tätä asiaa tarkemmin (Hägglund 1972). Metsikön valtapituuden ja valtapuiden pituuden välinen ero johtuu siitä, että metsikön valtapituus lasketaan 100 paksuimman puun keskipituutena. Paksuimpien puiden joukko ei pysy samana, vaan muuttuu ajassa. Metsikön käsittely voi vaikuttaa myös tähän ja sitä kautta valtapituuden kehitykseen. Ruotsalaisissa tutkimuksissa männiköiden valtapituuden kehityksen ero valtapuiden kehityksestä todettiin kuitenkin suhteellisen pieneksi (Hägglund 1974). Kuusikoissa se oli kertaluokkaa suurempi. Tämän asian selvittäminen vaatii metsiköiden kehityksen pitkäaikaista seuranta (Hägglund 1972). Tällaista seurantatietoa ei ollut saatavissa eikä puiden kehityksen muuntaminen puuston kehitystä vastaavaksi ollut mahdollista tässä tutkimuksessa.

On toisaalta mahdollista, että tässä esitettyjen kehityskäyrien erot bonitointikäyrästä johtuvat kasvupaikkojen erilaisuudesta. Metsikkökohtaisten valtapituuskäyrien laadinta-aineistoissa lajittuneet hiekkakankaat ovat olleet vähäisessä määrin edustettuina. Moreenimaiden karuimmat kasvupaikat ovat pääsääntöisesti kivisiä, joten kyse on varsin erilaisista kasvupaikoista. Varsinkin jos kivisyys rajoittaa puiden kasvua yhä enemmän metsiköiden vanhetessa, tulee kehityskäyristä suhteellisen jyrkästi taittuvia, kuten olemassa olevat bonitointikäyrästäöt männiköille. Lajittuneilla kankailla puuston kehitys voi jatkua ilman tällaista iänmukaista tasaantumista.

Toinen ominainen piirre laadituille valtapuiden kehityskäyrille on se, että eri kasvupaikkojen puiden kehitys erkanee toisistaan nuorella iällä. Lajittuneiden kankaiden viljavuus voi tulla näkyviin puustossa jo nuorella iällä. Tämä on hyvä asia ajatellen käytännön luokitusta. Se epävarmuus, mikä yleensä on liittynyt nuorten metsien pituusbonitointiin, on varmaan rajoittanut pituusbonitoinnin käyttöä.

Metsätyyppien sijoittuminen valtapuiden pituuskäyrästä osoittaa, että puuston kehitys on hyvinkin erilaista saman metsätyypin sisällä (kuva 1). Kanervatyypin valtapuiden pituus sadan vuoden iällä vaihteli välillä 15,4 – 23,2 m. Vastaava vaihteluväli jäkälätyypeille oli 14,5 – 23,0 m. Joissakin aikaisemmissa tutkimuksissa jäkälän peittävyys on selittänyt valtapituusboniteetin vaihtelua melko hyvin (Starr 1989). Jäkälän peittävyys on myös korreloinut maaperän ominaisuuksien kanssa (Sepponen 1985). Tutkituissa metsiköissä tällaista riippuvuutta ei kuitenkaan löytynyt. Jäkälän peittävyysarvot olivat kyllä samansuuntaiset metsätyyppiluokituksen kanssa, mutta ne eivät tuoneet mitään lisää tietoa puuntuotoskyvystä (taulukko 2). Satakunnan hiekkakankaiden pinta-kasvillisuus on tunnetusti häiriintynyt 1800-luvun runsaiden ja voimakkaiden metsäpalojen takia (Raitio 1993). Metsäpalojen takia puuntuotoskyky ei näytä alentuneen kovinkaan paljon, vaikka pinta-kasvillisuus on muuttunut karummaksi. Myös saasteet voivat teollisuuslaitosten lähiympäristössä vaikuttaa maajäkälän yleisyyteen (Salemaa ym. 1994).

Taulukko 2. Metsätyyppi, jäkälän peittävyys (%) ja valtapuiden pituus<sup>1)</sup> ja metsikön valtapituus<sup>2)</sup> (m) sadan vuoden iällä keskimäärin.

Tämä tutkimus, Satakunta			Starr (1989), Keski-Pohjanmaa		
Metsätyyppi	Jäkälä, %	H100 <sup>1)</sup> , m	Metsätyyppi	Jäkälä, %	H100 <sup>2)</sup> , m
VT	11	19,5	VT	7	18,7
CT	43	18,7	CT	49	15,2
CIT	69	18,6	CIT	55	12,5

Vertailu Starrin tutkimukseen toi selkeästi esiin maantieteellisen sijainnin vaikutuksen valtapuiden pituuskehitykseen. Hänen aineistonsa oli Lohtajalta Keski-Pohjanmaalta noin 250 km Satakunnasta pohjoiseen. Kasvupaikkatyyppin keskimääräisen valtapituusboniteetin vaihtelua etelä-pohjois-suunnassa on muun muassa kuvannut Koivisto (1970). Etelä-Suomessa tapahtuu myös säännöllistä muuttumista lännestä itään. Tätä on otettu huomioon taulukon 3 kasvupaikkatyyppien keskimääräisissä valtapituusboniteeteissa, koska arvot on laskettu sijaintia kuvaavilla muuttujilla, kuten lämpösummalla ja korkeudella merenpinnasta (Karlsson 1995). Arvot perustuvat nykypuustoon, joten ne tulevat muuttumaan jonkin verran viljeltyjen metsiköiden yleistyessä ja vanhojen huonotuottoisten puustojen osuuden pienentyessä. Starrin (1989) tutkimuksen lajittuneiden hiekkakankaiden pituusboniteetti oli jonkin verran pienempi kuin Keski-Pohjanmaalle ennustetut keskimääräiset pituusboniteetit. Ero voi johtua maalajista, mutta metsätyyppiluokittelun subjektiivisuus ja/tai aineiston pienuus on todennäköisempi syy.

Taulukko 3. Männiköiden keskimääräinen valtapituusboniteetti (m) Keski-Pohjanmaan kankaiden eri kasvupaikkatyypeissä. Etelä-Suomen arvot ovat peräisin kehityssarjoista.

Alue	Lhkg	Tkg	Khkg	Kkg
Keski-Pohjanmaa				
Rannikko	21,3	20,4	17,7	13,6
Keskimäärin	22,5	21,6	18,9	14,7
Sisäosat	22,9	22,1	19,3	15,2
Etelä-Suomi	-----	27,3	23,9	18,1

Kasvupaikkojen hyvyysluokittelun keskeisin tavoite on määrittää boniteetti eli puuston keskikasvu m<sup>3</sup>/ha/a. Suomessa ainoastaan Vuokila & Väliaho (1980) ovat esittäneet pituusboniteettiin liittyvät viljelymänniköitä koskevat keskikasvut. Niitä käytettiin tässä tutkimuksessa havainnollistamaan kasvupaikkojen hyvyysluokittelumenetelmien tehokkuutta. Metsätyyppien keskikasvut otettiin kehityssarjoista (Koivisto 1959) ja veroluokkien keskikasvut pohjautuvat valtakunnan metsien inventointeihin. Kasvupaikkaluokituksen heikkoutena on karkea luokkajako ja luokkien väliset häilyvät rajat (taulukko 4). Veroluokkien mukaiset keskikasvut ovat vielä tästä karkeampia arvoja. Valtapituuteen perustuvan luokituksen hyödyllisyys korostuu siirryttäessä karuimmille kasvupaikoille. Alhaisimman pituusboniteettiluokan keskikasvu osoittaa kasvupaikkojen kuuluvan kitumaihin.

Taulukko 4. Keskikasvu ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{a}$ ) veroluokan, kasvupaikkatyyppin ja valtapituusboniteetin mukaan.

Vero- luokka	Satakunta	K-P	Etelä-Suomen		Alueesta riippumatta	
	$i_v$	$i_v$	kasvupaikka	$i_v$	H100	$i_v$
II	4,1	3,6	Kuivahko	5,0	24	5,20
					21	3,88
III	3,0	2,6	Kuiva	2,8	18	2,74
					15	1,77
			Karukko	1,3	12	0,97

## Lopuksi

Tutkimuksessa verrattiin lajittuneiden kankaiden valtapuiden kehitystä olemassa oleviin bonitointikäyrästöihin. Puun ja metsikön kehityksen ero vaikeutti selvästi vertailua ja tältä osin lopullisten johtopäätösten tekeminen oli mahdotonta. Tehdyt selvitykset ovat kuitenkin alustavia. Jatkossa tullaan tekemään vastaavanlaisia vertailuja Pohjanmaan rannikkoalueen puiden kehityksestä. Vertailtavina ryhminä ovat silloin viljellyt ja luontaisesti syntyneet männiköt ja luontaisesti syntyneet kuusikot. Näistä suurin osa sijaitsee moreenimailla.

Pituusbonitoinnin hyvät puolet tulivat tässä tutkimuksessa selkeästi esiin. Olemassa olevien bonitointikäyrästöjen soveltuvuutta erikoisille ja harvinaisille kasvupaikoille ja metsiköille sekä ääreville alueille tulee vielä testata. Yleensä ei ole pidetty suotavana sekoittaa metsätyyppeihin perustuva hyvyysluokitusta puuston perusteella tehtäviin määrittäisiin. Käytännön luokitustyössä näiden menetelmien rinnastaminen tai tietojen yhdistäminen on kuitenkin osoittautunut tärkeäksi. Valtapituusboniteetti on monesti parempi määrittäjä, mutta useimmat metsätalouden suunnittelujärjestelmät perustuvat metsätyyppeihin. Alueellisesti tarkennetuille tiedoille kasvupaikkojen valtapituusboniteetista on ilmeisesti käyttöä.

## Kirjallisuus

Cajander, A.K. 1909. Ueber Waldtypen. Acta Forestalia Fennica 1.1:1–175.

Dixon, W.J. (ed.) 1988. BMDP Statistical Software Manual. Volume 1 & 2. University of California Press. 1234 s. ISBN 0-520-06473-9, ISBN 0-520-06474-7.

Gustavsen, H.G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Summary: Site index curves for conifer stands in Finland. Folia Forestalia 454:1–31. ISBN 951-40-0479-5, ISSN 0015-5543.

--- & Mielikäinen, K. 1984. Luontaisesti syntyneiden koivikoiden kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Summary: Site index curves for natural birch stands in Finland. Folia Forestalia 597:1–20. ISBN 951-40-0670-4. ISSN 0015-5543.

- Hägglund, B. 1972. Om övre höjdens utveckling för gran i norra Sverige. Summary: Site index curves for Norway spruce in northern Sweden. Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan. Rapporter och uppsatser 21:1-298.
- 1974. Övre höjdens utveckling i tallbestånd. Summary: Site index curves for Scots pine in Sweden. Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan. Rapporter och uppsatser 31:1-54.
- Heinonen, J. 1994. Koalojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504:1-80. ISSN 0358-4283. ISBN 951-40-1369-7.
- Karlsson, K. 1995. Kasvupaikkojen puuntuotoskyvyn ja puuston kasvun alueellinen vaihtelu Pohjanmaan rannikolta sisämaahan. Summary: Regional variation in site productivity and forest growth from the gulf of Bothnia to the inner parts of Finland. Käsikirjoitus 20 s.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51.8:1-49.
- 1970. Regionality of forest growth in Finland. Seloste: Metsän kasvun alueellisuus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 71.2:1-76.
- Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. 96 s. ISBN 951-26-3101-6.
- Metsänhoitosuosituksset 1994. Luonnläheinen metsänhoito. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6:1-72. ISSN 1236-6331. ISBN 951-96739-9-7.
- Raitio, H. 1993. Hämeen- ja Pohjankankaan metsien tilasta ja taimikkotuhojen syystä kautta aikojen. Teoksessa: Laiho, O. & Luoto, T. 1993. Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:41-49. ISSN 951-40-1317-4. ISBN 951-40-1317-4.
- Salemaa, M., Vanha-Majamaa, I., Reinikainen, A., Nuosiainen, H. 1994. Metsä- ja suokasvillisuuden muutokset raskasmetallien kuormittamassa ympäristössä. Teoksessa: Mälkönen, E. & Sivula, H. 1994. Suomen metsien kunto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527:72-84. ISSN 0358-4283. ISBN 951-40-1394-8.
- Sepponen, P. 1985. The ecological classification of sorted forest soils of varying genesis in northern Finland. Seloste: Syntyvaltaan erilaisten lajittuneiden kangasmetsämaiden ekologinen luokittelu Pohjois-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 129:1-77. ISSN 0358-9609. ISBN 951-40-0695-X.
- Starr, M. R. 1989. Maan kehitys ja viljavuus Pohjanlahden rannikolla. Abstract: Soil formation and fertility in coastal sand deposits along the gulf of Bothnia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322:67-77. ISBN 951-40-1035-3. ISSN 0358-4283.
- Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99.2:1-271. ISBN 951-40-0452-3, ISSN 0026-1610.
- 1987. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. 258 s. ISBN 951-0-09916-3.

## Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn pohjapinta-alan kasvuun karuhkoilla rämemuuttumilla

Erkki Ahti

### Johdanto

Kunnostusojituksen suoritettujen maamme 5 miljoonalla ojitetulla suohehtaarilla on arvioitu olevan 100 000 - 200 000 hehtaaria vuodessa (esim. Keltikangas ym. 1986). Arvio perustuu pääosin erilaisiin ojien kunnan inventointeihin, joissa ojastojen kunnan on todettu heikkenevän suhteellisen nopeasti, sekä oletukseen, että ojien kunnan heikkeneminen pienentää suojuustojen kasvua (Heikurainen 1980).

Ojituksella pyritään vähentämään luonnontilaisen suon märkyyttä alentamalla sen pohjavesitasoa. Ojaverkon tehtävä on ylläpitää 30 - 40 cm:n pintaturvekerroksessa olosuhteita, joissa metsäpuiden juuret voivat toimia, kasvaa ja uudistua. Kun ojat mataloituvat, ojaverkon kautta vuosittain poistuva vesimäärä pienenee. Ei kuitenkaan tiedetä, mikä merkitys tällä muutoksella on puuston kasvun kannalta. Ojitusalueiden kokonaishaidunta (haidunta maanpinnasta + haidunta kasvillisuudesta) kasvaa puuston voimistuessa, joten ojitusalueen pohjavesipinnan taso saattaa pysyä ennallaan, vaikka ojaston kautta valumalla poistuva vesimäärä samaan aikaan pienenee ojien madaltumisen johdosta.

Jotta tietyn ojitusalueen kunnostusojitustarve voitaisiin määrittää, tulisi voida arvioida, onko puuston kasvu ojaverkoston rappeutumisen johdosta taantumassa. Toisaalta mikäli akuuttia taantumista ei ole havaittavissa, tulisi arvioida puuston kasvun taantumisen todennäköisyys ja ajankohta. Kunnostusojituksella tulisi voida a) parantaa taantuvaa kasvua tai b) ehkäistä kasvun taantuminen siten, että sekä a- että b-vaihtoehdossa kunnostusojitustoimenpide olisi taloudellisesti kannattava tietyn jakson, esim. 10 - 20 vuoden kuluttua toimenpiteestä. Tämän hankkeen ennakkotuloksia lukuunottamatta (Olkinuora 1990) kunnostusojituksen vaikutuksista puuston kasvuun ei ole julkaistu empiiriseen tutkimukseen perustuvia tietoja.

Edellä mainitussa Olkinuoran (1990) opinnäytetyössä on käsitelty osaa tämän tutkimuksen aineistosta. Siinä todettiin sekä ojanperkauksen että täydennysojituksen aiheuttavan noin 5 cm:n laskun pohjavesipinnan tasoon. Vastaavat kasvureaktiot puuston pohjapinta-alassa olivat kuitenkin ensimmäisen 5-vuotisjakson aikana yllättävän pieniä (max. 0,3 m<sup>2</sup>/ha/v). Toisaalta oli selvää, että viiden vuoden tarkastelujakso on aivan liian lyhyt kunnostusojituksen puusto-vaikutusten arviointiin.

Turvemaiden metsätaloudelliseen käyttöön liittyvä tutkimus on ollut siinä määrin perusteellista, että teoreettisin perustein on mahdollista arvioida, mitkä kasvupaikkatekijät vaikuttavat eniten kunnostusojitustarpeeseen.

Kunnostusojitustarve on todennäköisesti pienin alueilla,

- joilla on ollut voimakas puusto jo ennen ojitusta (tyypillisesti korvet). Näillä alueilla ojituksen aiheuttama vesitalouden muutos on pienin ja ojaston vaikutus hydrologiaan vähäisin.
- joilla turvekerros on ohut. Näillä alueilla ojien tarve on alunperin pienempi ja niiden madaltumisen merkitys vähäisempi kuin paksuturpeisilla soilla.

Kunnostusojitustarve näyttäisi siis teoreettisin perustein olevan pienin sellaisilla soilla, jotka muutoinkin ovat hyviä ojituskohteita. Vastaavasti kunnostusojitustarve on suurin alunperin vähäpuustoisilla, karuilla ja paksuturpeisilla soilla, joilla uudisojituksen aiheuttama hydrologinen muutos on ollut suuri, ja jotka ovat ojituskohteina sekä vesitalouden että ravinnetalouden suhteen huonompia kuin alunperin runsaspuustoiset ja ohutturpeiset suot.

Ojastot voidaan kunnostaa monella tavalla. Ojat voidaan syventää alkuperäiseen syvyyteensä tai syvemmiksi (ojanperkaus). Mikäli alkuperäinen sarkaleveys on nykynormeja suurempi, tulee kysymykseen täydennysojitus, joka useimmiten toteutetaan kaivamalla uusia ojia sarkojen keskelle. Kustannukset ovat näissä työmuodoissa samaa suuruusluokkaa ja jonkin verran pienemmät kuin uudisojituksessa.

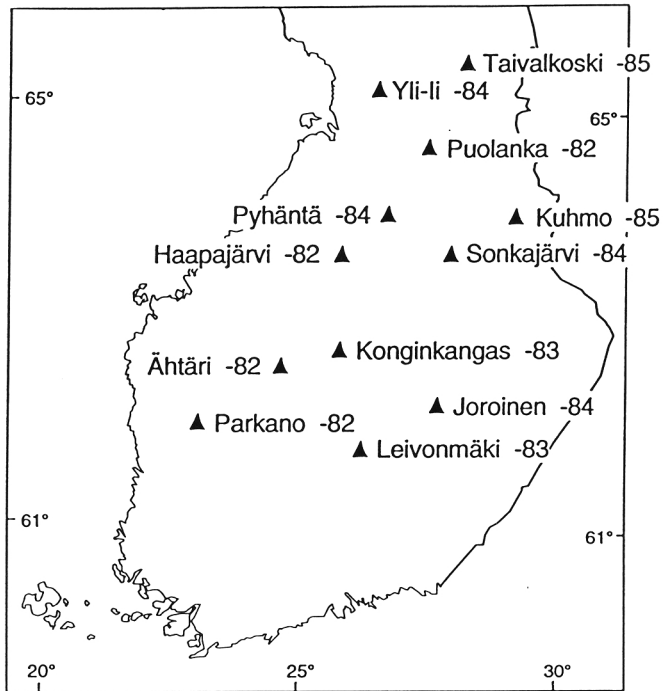
Tämän kirjoituksen tarkoitus on tarkastella, missä määrin kunnostusojituksella voidaan vaikuttaa puuston sädekasvuun karuhkoilla ojitetuilla rämeillä, ts. sellaisilla kasvupaikoilla, joilla kunnostusojitustarve teoreettisesti on suuri. Erityisen mielenkiinnon kohteina ovat edellä mainitut vaihtoehtoiset menetelmät, ojanperkaus ja täydennysojitus. Kirjoituksessa käytetään lähes kokonaisuudessaan englanninkielisen symposiumjulkaisun aineistoa (Ahti ja Päivänen 1995).

## Aineisto ja menetelmät

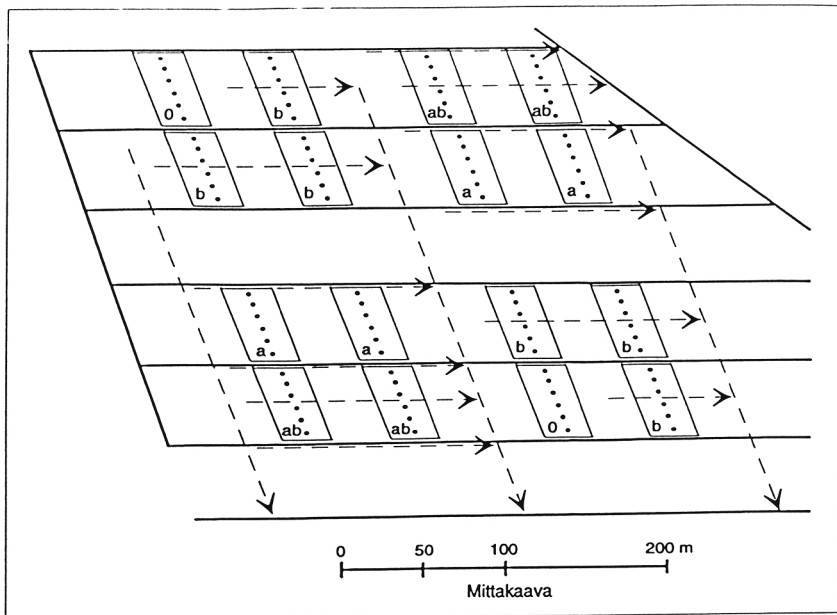
Vuosina 1982-85 Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto perusti 12 kenttäkoetta metsähallituksen ojitusalueille, jotka metsähallituksen kriteerein olivat välittömän kunnostusojituksen tarpeessa (kuva 1). Muita valintakriteereitä olivat: ei hakkuita eikä lannoituksia viimeisten 10 vuoden aikana, kasvupaikkatyyppi rämemuuttuma ja kuutioitavissa oleva puusto. Alueilla mitattiin pohjavesipinnan syvyyttä noin vuoden ajan ennen alkumittausta (= kalibrointijakso), jonka jälkeen kunnostusojitus suoritettiin saman kasvukauden aikana. Viikoittaisia pohjavesipinnan syvyysmittauksia jatkettiin useita vuosia ojitustoimenpiteiden jälkeen pohjavesipinnan reaktion varmistamiseksi (Päivänen ja Ahti 1988).

Kullekin kokeelle pyrittiin sijoittamaan seuraavat käsittelyt (kuva 2): 1) ojanperkaus, 2) täydennysojitus, 3) ojanperkaus + täydennysojitus, 4) käsittelemätön vertailu (alkuperäinen uudisojitus). Yhteensä vertailuruutuja tuli 28 kappaletta, ojanperkausruutuja 35, täydennysojitusruutuja 33 ja molemmat toimenpiteet (perkaus+täydennys) käsitteleviä ruutuja 37 kappaletta. Toistot eivät jakaantuneet tasaisesti eri kokeille. Käsittelyitä ei myöskään ollut mahdollista arpoa koealueelle johtuen tutkittavien ojitustoimenpiteiden tilaavaativasta luonteesta; jos jonkin saran yksi oja esim. perattiin, sen kummallekaan puolelle ei voitu sijoittaa vertailuruutua tai täydennysojitusruutua. Kuvan 2 esimerkki (Leivonmäki) edustaa keskimääräistä suurempaa koejärjestelyä. Kaaviosta selviää myös pohjavesikaivojen sijoittelun periaate.





Kuva 1. Kenttäkokeiden sijainti.



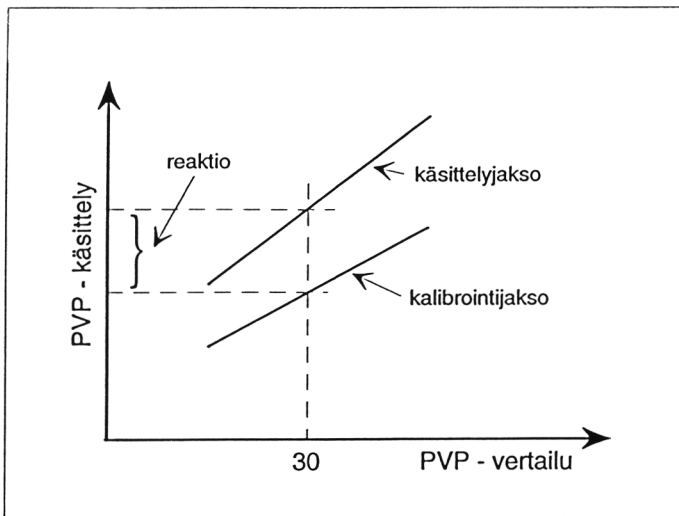
Kuva 2. Leivonmäen koejärjestelykaavio. Katkoviivat: uusi tai perattu oja; yhtenäiset viivat: vanha oja; suorakaiteet: kuudella pohjavesikaiivolla varustettu koeala. a = ojanperkaus, b = täydennysojitus, ab = ojanperkaus + täydennysojitus, 0 = käsittelemätön vertailu.

Koeruutujen puusto numeroitiin pysyvästi. Ojalinjoilta poistettavat puut leimattiin ja luettiin mittauksen yhteydessä poistumaksi. Myöhemmin ojalinjat avattiin osin puustomittausryhmän toimesta, ja ojien kaivun jälkeen tehtiin vielä tarvittavat korjaukset ojalinjoilta poistettuun puumäärään.

Koeruutujen kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ( $D_{1,3}$ ) ristiin millimetrin tarkkuudella, sekä etäisyys vanhaan ojaan metrin tarkkuudella. Koepuut valittiin puiden luvun jälkeen ottamalla jokaisesta läpimittaluokasta joka n:s puu niin, että koepuita tuli koeruutua kohti yhteensä noin 30 kappaletta. Suurimmista läpimittaluokista, joiden osuus koko runkoluvusta on pieni, poimittiin kuitenkin suhteellisesti muita läpimittaluokkia enemmän koepuita.

Kaikkien kokeiden jokaisella koeruudulla suoritettiin vuosina 1990-92 kasvukairaus 20 vallitsevan latvuserroksen puusta siten, että alkuperäiset koepuut eivät joutuneet kairauksen kohteeksi. Näin meneteltiin, koska alettiin epäillä, että kokeen kestoaika venyy arvioitua (noin 10 vuotta) pidemmäksi. Kasvureaktioiden arviointia varten valitut kairauspuut edustavat siis koealojen vallitsevaa puustoa, kun taas koepuut edustavat koko puustoa ja sisältävät myös pieniä puita. Tässä raportissa käsitellään pohjavesiaineiston lisäksi vain kairausaineistoa.

Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen arvioitiin regressioanalyysillä. Käyttämällä samanaikaisesti mitattuja pohjavesipinnan syvyyden arvoja vertailuruudulla ja käsittelyruudulla laskettiin lineaariset regressiot kunkin kokeen kaikille käsittelyille, ja erikseen kalibrointijaksolle ja toimenpidejaksolle. Kalibrointijaksoa ja käsittelyjaksoa vastaavien regressiosuorien vertikaalista eroa käytettiin pohjavesipinnan muutoksen indikaattorina (kuva 3; vrt. Päivänen ja Ahti 1988).



Kuva 3. Kunnostusojitustoimenpiteen vaikutuksen arviointiperiaate.

## Tulokset

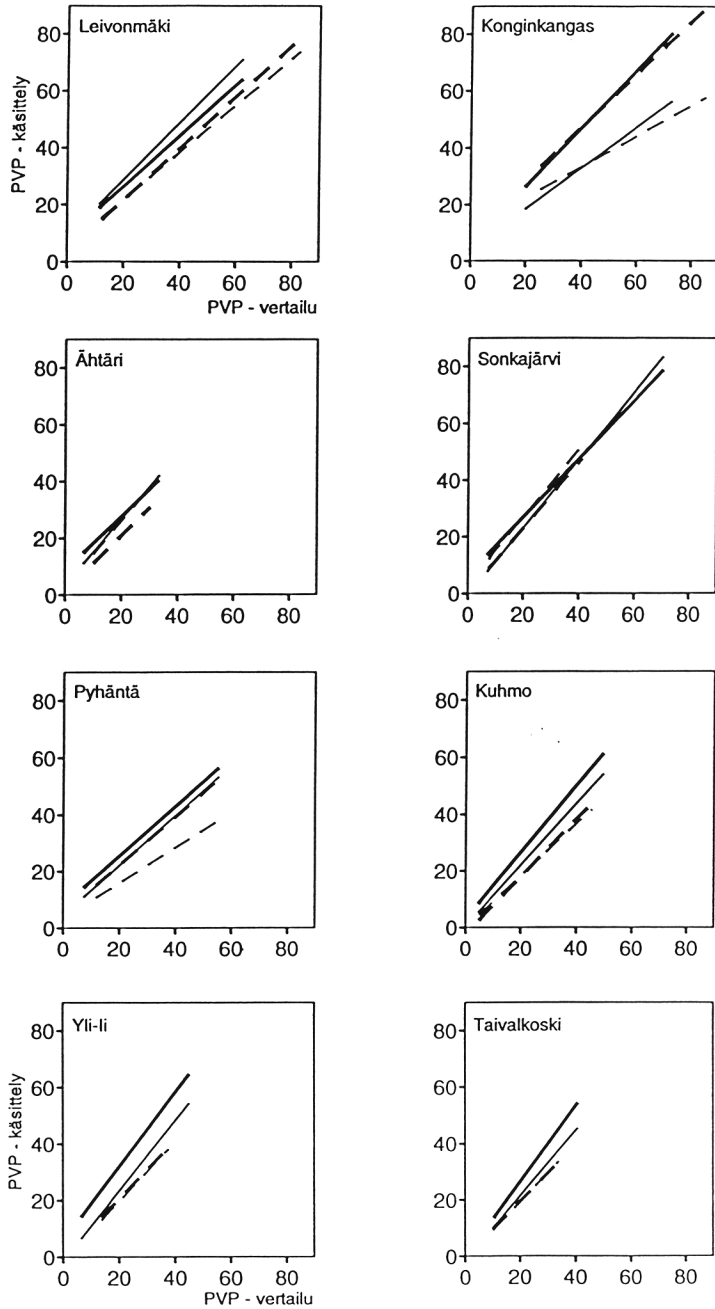
Pohjavesipinnan syvyys reagoi loogisesti kaikkiin käsittelyihin. Kun tarkastelutasona on vertailuruudun 30 cm:n syvyystaso, ojanperkaus alensi pohjavesitasoa keskimäärin 4 cm ja täydennysojitus 6 cm (taulukko 1), mikä ojitustoimenpiteiden voimakkuuteen nähden vaikuttaa melko pieneltä muutokselta. Kun suoritettiin sekä ojanperkaus että täydennysojitus, pohjavesipinta aleni keskimäärin noin 10 cm. Koekohtaiset pohjavesipinnan muutokset ojanperkauksen ja täydennysojituksen osalta esitetään kahdeksalta kokeelta kuvassa 4. Neljällä kokeella kalibrointi-aineisto oli riittämätön.

Taulukko 1. Keskimääräinen pohjavesitason aleneminen ojanperkauksen (a), täydennysojituksen (b) sekä molempien (a + b) vaikutuksesta. V = puuston keskimääräinen kuutiomäärä 5 vuotta kokeen alkumittauksen jälkeen; L = alkuperäinen sarkaleveys; H = pohjavesitason aleneminen, cm.

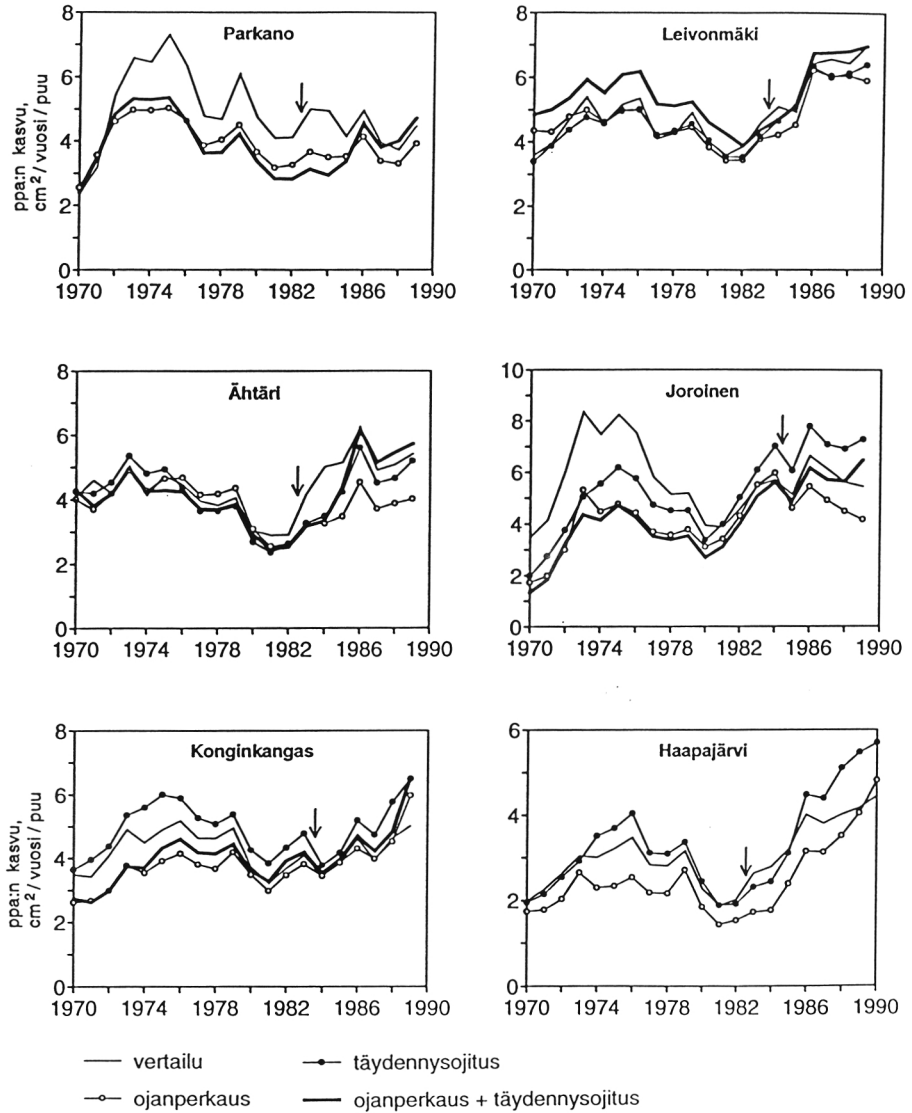
Koe	V, m <sup>3</sup> /ha	L,m	H		
			a	b	ab
Leivonmäki	76	51	8,8	4,7	9,5
Konginkangas	108	48	-2,1	-1,1	1,5
Ähtäri	37	46	1,6	6,6	11,1
Sonkajärvi	80	47	-2,7	1,8	6,5
Pyhäntä	53	50	8,8	3,3	8,4
Kuhmo	36	45	5,5	10,0	14,8
Yli-Ii	40	35	5,7	14,2	17,9
Taivalkoski	30	45	0,6	10,4	9,2
Keskiarvo	57,5	45,9	3,3	6,2	9,7

Vallitsevan latvuskerroksen puiden pohjapinta-alan kasvu reagoi ojitustoimenpiteisiin selvimmän vuoden 1987 jälkeen, joka kasvukauden osalta oli Suomen keskiosissa poikkeuksellisen märkä ja kylmä (kuvat 5 ja 6). Reaktio on tällainen erityisesti Pyhännän, Kuhmon ja Yli-Ii:n kokeilla (kuva 6). Muilla kokeilla kasvureaktion kytkeytyminen vuoteen 1987 ei ole yhtä selvä. On tärkeää huomioida, että kaivutyöt toteutettiin vuosina 1982-85, siis useita vuosia ennen selvimpiä kasvureaktioita.

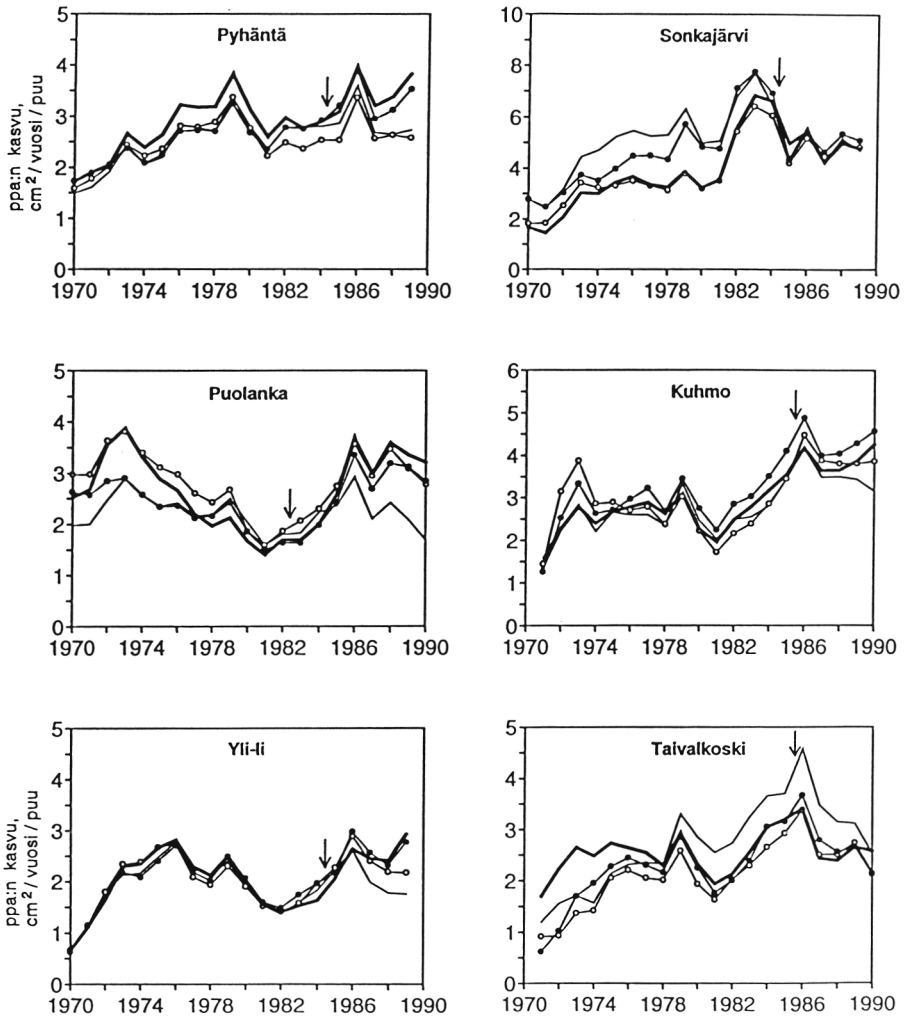
Täydennysojitus näyttää usealla kokeella varsinkin tutkimusalueen pohjoisosassa vaikuttaneen pohjapinta-alan kasvuun voimakkaammin kuin ojanperkaus. Kasvureaktio on tällöin keskittynyt niihin puihin, jotka sijaitsevat kaukana vanhoista ojista ja lähellä täydennysojia (kuva 7).



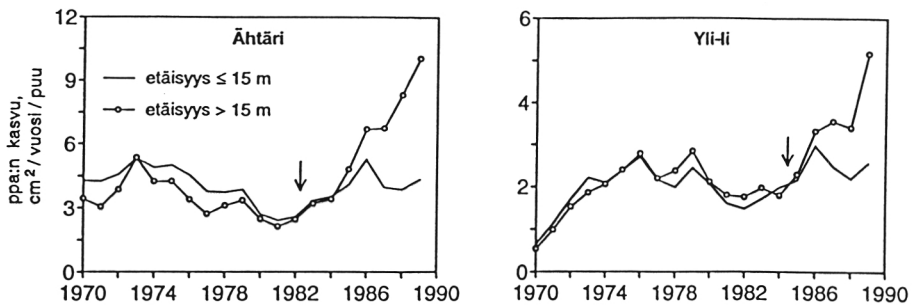
Kuva 4. Kunnostusojitusruutujen ja vertailuruutujen pohjavesipintahavaintojen väliset lineaariset regressiot kahdeksalla kenttäkokeella. Katkoviiva: kalibrointijako; yhtenäinen viiva: toimenpidejako; ohut viiva: ojanperkaus; paksu viiva: täydennysojitus.



Kuva 5. Puukohtaiset pohjapinta-alan kasvun aikasarjat kuudella eteläisimmällä kokeella. Nuolet osoittavat kunnustusojituksen ajankohdan.



Kuva 6. Puukohtaiset pohjapinta-alan kasvun aikasarjat kuudella pohjoisimmalla kokeella. Nuolet osoittavat kunnostusojituksen ajankohdan. Symbolien selitykset kuvassa 5.



Kuva 7. Täydennysojituksen vaikutus puukohtaiseen pohjapinta-alan kasvuun eri etäisyyksillä alkuperäisistä ojista. Kaksi esimerkkiä.

## Tulosten tarkastelu

Vaikka ojasyvyys yleensä kaksinkertaistui ojanperkauksessa, ja sarkaleveys puolittui täydennysojituksessa, pohjavesipinnan syvyyden muutos jäi yllättävän vähäiseksi. Kahdeksan kokeen keskiarvojen perusteella ojanperkauksen ja täydennysojituksen aiheuttamat pohjavesireaktiot näyttävät additiivisilta (myös Päivänen ja Ahti 1988). Tälle ilmiölle löytyy myös teoreettista pohjaa, koska ojien syventäminen ojanperkauksella vaikuttaa vain kuivien jaksojen aikana ja pohjavesipinnan ollessa syvällä, kun taas sarkaleveyden puolittaminen täydennysojituksella vaikuttaa erityisesti märkien jaksojen aikana turpeen pintakerroksessa tapahtuvaan valuntaan. On huomattava, että ojanperkauksen ja täydennysojituksen vaikutukset näyttävät olevan additiivisia vain kahdeksan kokeen keskiarvoissa, eivät yksittäisissä kokeissa.

Periaatteessa puusto on sitä vähemmän riippuvainen ojaston kunnosta, mitä nopeampaa puuston kasvu on (voimakas vedenotto ja transpiraatio), ja mitä suurempi on sen tilavuus (suuri latvuspidentä). Puusto siis itse kykenee pitämään pohjaveden tason riittävän syvällä. Tästä seuraa, että puuston kasvua ja biomassaa pienentävät häiriötekijät (esim. sienitaudit), jotka samalla pienentävät evapotranspiraatioon ja latvuspidentässä sitoutuneen veden haihtumiseen kuluvan veden määrää, saattavat aiheuttaa tilanteen, jossa pohjaveden taso on riippuvaisempi ojaston kunnosta kuin ennen häiriötä (vrt. Heikurainen ja Päivänen 1970). Myös poikkeuksellisen sateisina vuosina, riippuen osittain siitä mihin kasvukauden jaksoon sateet sattuvat (Päivänen 1984), ojaston tehokas toiminta saattaa olla puuston kasvun kannalta oleellinen: kasvu saattaa taantua usean vuoden ajaksi, mikäli ojaston kunto on heikko. Nyt käsillä olevassa aineistossa tämä näkyy eräillä kokeilla erityisen selvänä kasvureaktiona sadekesän 1987 jälkeen.

Mikäli kaivutoimenpiteet olisi kaikilla kokeilla toteutettu vuonna 1986, eli märkää vuotta 1987 edeltävänä vuotena, kasvureaktiot olisivat todennäköisesti olleet useimmilla kokeilla lähes välittömiä ja tulosten tulkinta erilainen kuin nyt. Tämä tarkoittaa, että tutkittaessa kunnostusojituksen vaikutusta puuston kasvuun kenttäkokeiden avulla tulosten tulkinta saattaa olla ratkaisevasti riippuvainen kaivuvuodesta, mikäli toimenpiteet toteutetaan kaikilla kokeilla samana vuonna. Koska vesitalous on useimmilla ojitusalueilla kasvuun vaikuttava tekijä, kasvureaktioiden aikariippuvuus saattaa vaikeuttaa tulosten tulkintaa myös tutkittaessa muita puuston kasvuun vaikuttavia toimenpiteitä (esim. harvennus, lannoitus).

Kun käsillä olevan aineiston perusteella tehdään johtopäätöksiä, on muistettava, että normaalisti ensiharvennukset suoritetaan kunnostusojitusten yhteydessä. Tässä tutkimuksessa harvennuksia ei tehty, vaikka puuston tilavuus ja tiheys olisivat kolmessa kokeessa olleet harvennukseen riittävät. Koska harvennus periaatteessa nostaa pohjavesipintaa (Heikurainen ja Päivänen 1970), voidaan olettaa, että harvennus olisi näillä kokeilla korostanut kunnostusojituksen vaikutuksia.

Huolehtimalla ojastojen kunnosta ojanperkauksin ja täydennysojituksin satunnaisten märkien jaksojen laukaisemat mahdollisesti pitkäaikaisetkin taantumukset kasvussa voidaan eliminoida. Tällaisten kriittisten kasvukausien satunnaisuudesta johtuu, että kunnostusojituksen vaikutusta puuston kasvuun on vaikea ennustaa. Samasta syystä empiiristen kenttäkokeiden perusteella on vaikea arvioida kunnostusojituksen kannattavuutta. Kannattavuuslaskelmien tulisi perustua

malleihin, joihin on sisällytetty vesitalouden kannalta kriittisten sääilmiöiden ja kasvitautien keskimääräinen esiintymisfrekvenssi.

Aineiston perusteella näyttää, että täydennysojitus vaikuttaa voimakkaammin puuston sädekasvuun kuin ojanperkaus, ja että tämä ero on erityisen selvästi nähtävissä pohjoisessa sijaitsevilla kokeilla. Tällainen puuston kasvun reagoiminen kunnostusojitukseen viittaa siihen, että pintavalunnalla ja pintakerrosvalunnalla, joihin juuri täydennysojituksella voidaan vaikuttaa, on humidisessa ilmastossa huomattavasti suurempi merkitys pohjavesipinnan tason kannalta kuin ns. pohjavesivalunnalla.

## Kirjallisuus

- Ahti, E. ja Päivänen, J. 1995. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. In: Trettin, C. et al. (ed.): Ecology and Management: Forested Wetlands. Proc. Int. Symp. on the Ecology and Management of Northern Forested Wetlands. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan. Käsikirjoitus.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta For. Fenn. 167:1-39.
- ja Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. Seloste: Harvennuksen, avohakkuun ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin. Acta For. Fenn. 104:1-23.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. ja Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: Results from field surveys on drained areas. Acta For. Fenn. 193:1-94.
- Olkinuora, M. 1990. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan tasoon ja puuston kasvuun. Tutkielma MMK-tutkintoa varten. Suometsätieteen laitos, Helsingin yliopisto. 54 s. + liitteitä.
- Päivänen, J. 1984. The effect of runoff regulation on tree growth on a forest drainage area. Proc. 7th Int. Peat Congr., Vol. 3., Dublin. 13 s.
- ja Ahti, E. 1988. Ditch cleaning and additional ditching in peatland forestry - effect on ground water level. In: Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions - Vol. 1. Publ. Academy of Finland, 4/1988. 6 s.



## Kunnostusojituksen kaivukalusto ja puustovauriot

Risto Lauhanen

### Johdanto

Metsäojituksessa on siirrytty uudisojitukselta vanhojen ojaverkostojen kunnostukseen. Kunnostusojituksilla ja niitä edeltävillä harvennushakkuilla ylläpidetään suometsien kasvua ja terveyttä (Ahti ym. 1988, Ahti 1991). Kunnostusojituksen suoritetarve on yli 100 000 hehtaaria vuodessa töiden pääpainon ollessa ojien perkauksessa (Keltikangas ym. 1986, Metsä 2000... 1985). Näin ollen kyse on tärkeästä työstä suometsien suotuisan kehityksen turvaamiseksi.

Metsänparannusrahoituksen supistuminen näyttää hidastavan kunnostusojitusten toteutusta. Alenevalla työn yksikköhinnalla on saatava koko ajan entistä enemmän ojajetreja aikaiseksi. Kun työn tuottavuuteen ja kustannuksiin kiinnitetään liikaa huomiota, tällöin työn laatu puustovauriot mukaan lukien pyrkii jäämään taka-alalle.

Toisaalta myös metsänparannusrahoituksen saantia eli ojitusta edeltäviä taimikonhoitotöitä ja harvennushakkuuta koskevat vaatimukset ovat muodostuneet esteeksi töiden toteutukselle. Erityisesti puunkorjuusta on tullut kunnostusojituksen pullonkaula. Huonosti kantava maasto, ojaot, alhaiset hakkuukertymät ja runkojen pieni koko haittaavat puunkorjuuta sekä heikentävät sen kannattavuutta suometsissä (Multamäki 1967, Eeronheimo 1985, 1991, 1993, Rantonen ja Päivänen 1989, Mäkelä 1990, Lauhanen 1994b). Aukaisemattomat ojalinjat viivästyttävät nykyisin kaivutöiden toteutusta, koska pieniläpimittaiselle puulle on vaikea löytää markkinoita. Ojalinjat tuntuu lisäksi olevan ikuinen kiistakysymys. Toisaalta useimmat metsänomistajat haluavat suojella parhaat ojanvarsipuustot korjuu- ja kaivukaluston aiheuttamilta vaurioilta, ja toisaalta he haluavat samaan aikaan pitää ojalinjat niin näkymättömissä kuin mahdollista (Lauhanen 1992a).

Myös metsätalouden ympäristöohjelmat sekä kansainväliset sopimukset edellyttävät luonnon monimuotoisuuden vaalimista ja metsäympäristön suojelua (Metsänparannustyöryhmän ... 1994, Suomen metsäluonnon... 1994). Puunkorjuun ympäristövaikutukset ovat olleet esillä jo pitkään (mm. Hakkila ja Laiho 1967, Kärkkäinen 1969, Siren 1981, 1986, 1990, 1994). Sen sijaan kaivukaluston aiheuttamista puustovaurioista on tiettävästi olemassa kuitenkin vain yksi kymmenkunta vuotta sitten laadittu selvitys (Finncombi... 1984). Sittemmin konekanta on muuttunut, ja varsinkin kunnostusojituksessa viime vuosina yleistyneiden kaivinkoneiden on pelätty lisäävän puustovaurioita (Salo 1987, 1988, Lauhanen 1992a).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää kunnostusojituksessa käytettävän kaivukaluston aiheuttamia puustovaurioita ja niihin vaikuttavia tekijöitä, sekä arvioida optimaaliset ojalinja-leveydet (työtilat) eri konetyypeille.

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana neljä 9,0 - 10,5 tonnin traktorikaivuria, viisi 14,0 - 20,8 tonnin kaivinkonetta sekä yksitelainen ojanpohjassa kulkeva 2,2 tonnin pienkaivuri (taulukko 1, Lauhanen 1992b, 1993, 1994a, Lauhanen ja Takalo 1993). Mukaan valittiin kokeneita, ammattitaitoisia koneyrittäjiä. Vuosina 1991-1993 sulanmaan olosuhteissa inventoidut työmaat edustivat metsälautakuntien rahoituskelpoisia kunnostusojituskohteita, joilla ojalinjat oli aukaistu suositusten mukaisesti keskimäärin viisi metriä leveiksi (taulukko 2). Ojalinjan työtekniiseksi minimileveydeksi määriteltiin ojalinjan kapein kohta (sisäleveys) (Isomäki ja Niemistö 1990). Yksitelaisen pienkaivurin työmaalla ojalinjat olivat aukaisematta. Tämän maanomistajan omatoimisen ojitushankkeen keskimääräinen kaivuvaikeusluokka oli 2 ja runkoluku 1290 kappaletta hehtaarilla.

Taulukko 1. Tutkimuksen konekalusto.

Konemerkki	Vuosimalli	Painoluokka (tonnia)	Metsälautakunta
<b>Kaivurit</b>			
Vammas Major	1990	9,0	Satakunta
PATU M 100	1991	10,5	Keski-Pohjanmaa
Lännen S 10	1988	9,5	Keski-Pohjanmaa
Lännen S 30	1992	10,4	Pohjois-Pohjanmaa
<b>Kaivinkoneet</b>			
Hitachi 150 EX (A)	1990	17,0	Keski-Pohjanmaa
Kobelco	1991	20,8	Keski-Pohjanmaa
Hitachi 150 EX (B)	1990	17,0	Pohjois-Pohjanmaa
Åkerman H7 C	1989	15,4	Keski-Pohjanmaa
Hitachi 100 M EX	1991	14,0	Lounais-Suomi
<b>Pienkaivuri</b>			
LA-MA 10	1992	2,2	Lounais-Suomi

Kaikkiaan arvioitiin 3676 ojanvarsivauriupuuta. Myös koneen siirtymisreittien varrella olevista puista arvioitiin vauriot jälkikäteen. Vauriot jaettiin sijainnin perusteella runko-, juuri- ja juureniskavaurioihin sekä laadun perusteella pinta-, syvä- ja katkovaurioihin (Isomäki ja Kallio 1974, Sirén 1986). Katkovauriopuihin luettiin sekä katkenneet että kallistumisen vuoksi elpymiskyvyttömiksi arvioidut, juuriyhteyden omaavat puut. Kustakin vauriupuusta otettiin huomioon vain pahimmaksi arvioitu vaurio.

Pinta- ja syvävaurioiden tapauksessa mitattiin vaurion koko (cm<sup>2</sup>) ja vaurion keskikohdan etäisyys juureniskasta. Juurivaurion tapauksessa mitattiin paksuimman katkenneen juuren läpimitta (mm). Vauriupuista mitattiin lisäksi rinnankorkeusläpimitta (vähintään 3,0 cm) sekä

etäisyys ojan tai koneen kulku-uran keskilinjasta. Samalla määritettiin puulaji sekä arvioitiin vaurion aiheuttaja (Lauhanen 1992b).

Aineiston tilastollisessa käsittelyssä laskettiin muuttujia kuvaavat keskiarvot ja -hajonnat sekä frekvenssijakaumat. Puustovaurioiden määrään vaikuttavia tekijöitä selvitettiin tunnuslukujen laskennan ohella t-testillä, Mann-Whitneyn U-testillä sekä varianssi-, kovarianssi- ja korrelaatioanalyysillä (Kärkkäinen 1969, Ranta ym. 1989). Aineisto analysoitiin BMDP-laskentaohjelmistolla (BMDP PC-90...).

Taulukko 2. Työmaatiedot (keskiarvoja) työmuodoittain ja konetyypeittäin (T = kaivurit, K = kaivinkoneet).

	Täydennysojitus		Ojanperkaus	
	T	K	T	K
Laskentatietueita, kpl	411	636	318	288
Ojan keskisyvyys, cm	87	87	92	94
Kaivuvaikeus (1-5)	2,7	2,5	2,5	2,5
Liekopuita (kpl) paaluvälillä	0,2	1,2	0,1	1,4
Kivisyys (läpimitta vähintään 50 cm, kpl paaluvälillä)	3,2	6,6	2,3	3,9
Turpeen paksuus, cm	27	38	28	54
Ojalinjan minimileveys, cm	554	501	549	549
Runkoluku, kpl/ha	1554	1483	1556	1609

## Tulokset

Runko-, juuri- ja juurenniskavaurioita sattui 6,5 - 14,5 kappaletta 100 metriä kohti konetyypistä ja kunnostusojituksen työmuodosta riippuen. Jos ojaa oli 265 metriä hehtaarilla ja hehtaarikohtainen runkoluku 1483 - 1609 r/ha, vaurioiden osuus oli keskimäärin 1,1 - 2,4 % runkoluvusta. Ojan pohjassa kulkevan yksitelaisen LA-MA 10 -kaivurin aiheuttama vaurio-osuus oli alhaisin (0,9 %) siitä huolimatta, ettei ojalinjoja oltu avattu perkausta varten.

Runkovaurioiden osalta puustovaurio-osuus oli keskimäärin 1,0 - 2,3 %, jos ojaa oli 265 metriä hehtaarilla ja hehtaarikohtainen runkoluku 1503 - 1670 r/ha. Runkovaurioita sattui eniten koivuihin, joiden osuus havaituista runkovauriopiista oli 38 - 66 % konetyypistä ja kunnostusojituksen työmuodosta riippuen (taulukko 3).

Suurin osa, 46 - 55 % runkovaurioista oli puiden kallistumia. Pintavaurioita sattui vähiten. Runkovauriopuun etäisyys ojan keskeltä oli 200 - 250 cm, mutta niitä esiintyi jopa 500 - 600 cm:n päässä ojasta. LA-MA 10 -kaivurin osalta runkovauriopuun etäisyys ojan keskeltä oli keskimäärin 145 cm. Kaikkien konetyyppien aiheuttamista runkovauriopiista 80 - 90% oli rinnankorkeusläpimitaltaan enintään 10 cm paksuja (taulukko 3).

Taulukko 3. Runkovaurioiden ja -vaurioiden keskitunnuksia konetyypeittäin ja työmuodoittain (T = kaivurit, K = kaivinkoneet).

	<u>Täydennysojitus</u>		<u>Ojanperkaus</u>	
	T	K	T	K
Laskentatietueita, kpl	334	549	280	251
Vauriopuita yhteensä	639	1314	350	733
Vauriopuita hehtaarilla, kpl/ha	25,3	31,7	16,6	38,7
Runkoluku, kpl/ha	1670	1503	1618	1650
Vauriopuita runkoluvusta, %	1,5	2,1	1,0	2,3
Vauriotyyppien osuus (%):				
Kallistumavaurioita, %	52,4	46,0	52,0	55,0
Syvävaurioita, %	31,4	49,7	39,5	43,3
Pintavaurioita, %	16,2	4,3	8,5	1,7
Puun rinnankorkeusläpimitta, cm	6,4	7,4	5,6	7,5
Vaurion korkeus juureniskan yläpuolella, cm	84	114	81	110
Vaurion pinta-ala, cm <sup>2</sup>	80	87	74	81
Vauriopuun etäisyys ojan keskeltä, cm	277	254	234	248

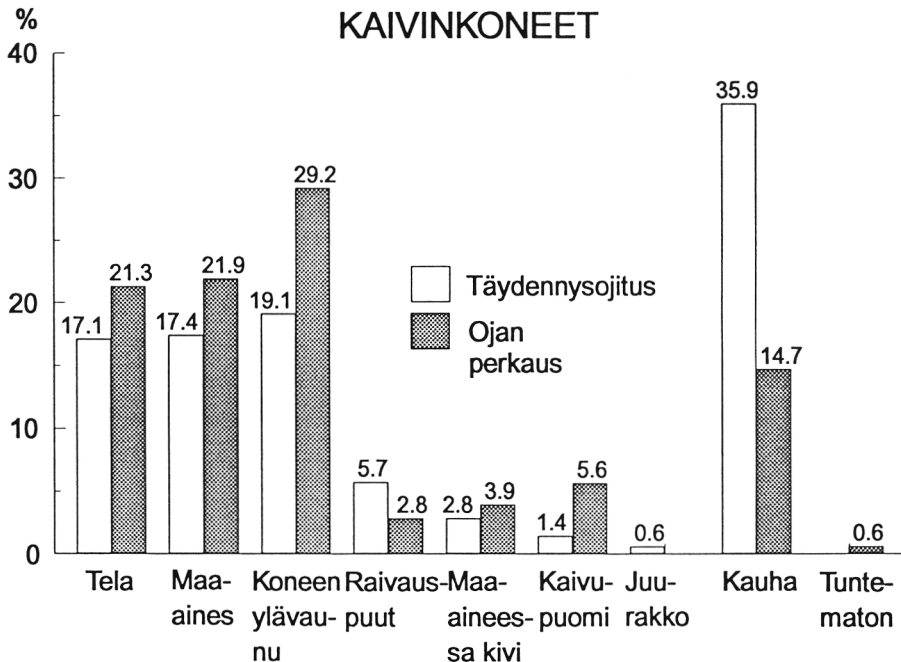
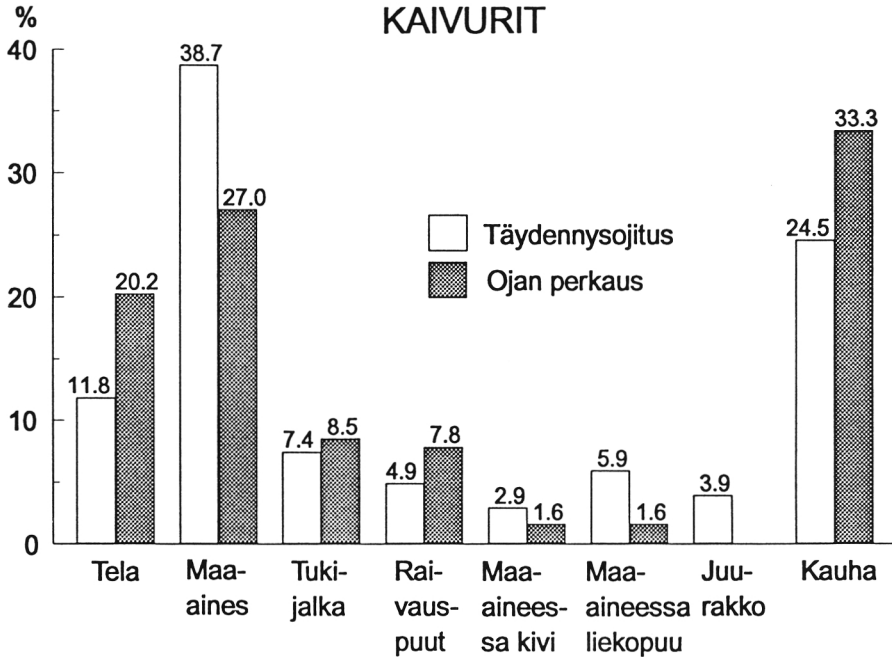
Kaivinkoneet aiheuttivat kaivureita enemmän runkovaurioita sekä täydennysojituksessa että ojan perkauksessa. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä, kun ojalinjan työtekeminen minimileveys oli 300 - 700 cm. Toisaalta korrelaatioanalyysi paljasti runkovaurioiden määrän ja runkoluvun välisen riippuvuuden kaivinkonetyömailla. Viimeksi mainittu johtunee kaivinkoneen suuremmasta leveydestä (pyörivästä ylävaunusta) kaivureihin verrattuna.

Kobelco-kaivinkoneen kokemattomampi kuljettaja aiheutti perkauksessa suuntaa antavasti enemmän runkovaurioita kuin kokenempi kuljettaja. PATU M 100 -kaivurin kuljettajien välillä esiintyi tilastollista eroa, mutta vain täydennysojituksessa. Samoin Åkerman-kaivinkoneen kuljettajilla oli täydennysojituksessa eroa kokeneemman kuljettajan eduksi, perkauksessa eron ollessa suuntaa antava.

Kaivurityömailla ojanperkauksessa runkovaurioita aiheutti eniten koneen kauha (33,3 %). Toiseksi eniten vaurioita aiheutti maa-aines (kuva 1). Kaivureiden tukijalat aiheuttivat 7 - 8 % vaurioista. Kaivinkoneen ylävaunun merkitys runkovaurioiden aiheuttajana korostui varsinkin ojan perkauksessa (29 %). Ojalinjoille unohtunut puutavara ja latvukset aiheuttivat 3 - 8 % runkovaurioista. Enin osa LA-MA 10 -kaivurin tekemistä runkovaurioista oli kauhan ja koneen tukijalkojen aiheuttamia.

Ojalinjaleveyden kasvaessa runkovaurioiden määrä väheni merkitsevästi (taulukko 4). Vaurioita sattui leveyden ollessa jopa 800 cm, ja ne lisääntyivät selvästi leveyden jäädessä alle 550 cm:n. Kaivinkoneilla runkovaurioita näytti syntyvän vielä melko runsaasti, kun ojalinjan leveys oli noin 600 cm ojan perkauksessa. Kuitenkin täysin vauriottomia paaluvälejä esiintyi ahtaassa-

kin työtilassa. Runkovaurioiden määrä, työn tuottavuus ja ojalinjasta aiheutuvat kasvutappiot (Keltikangas 1971) huomioon ottaen 450 - 500 cm:n ojalinjasuositus näytti riittävän kaivureille ja kaivinkoneille riitti 600 cm. Vastaavasti LA-MA 10 -kaivurille riitti 400 cm:n työtila.



Kuva 1. Runkovaurioiden aiheuttajat kaivureilla ja kaivinkoneilla työmuodoittain.

Taulukko 4. Runkovaurioiden määrän ja ojalinjaleveyden (alle 999 cm) väliset korrelaatiokertoimet konetyypeittäin ja työmuodoittain. Kertoimien merkitsevyydet; \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ .

Konetyyppi	Työmuoto	Laskentatietueet, kpl	Vauriot
Kaivurit	Täydennysojitus	334	-0,45***
	Ojanperkaus	280	-0,42**
Kaivinkoneet	Täydennysojitus	549	-0,52***
	Ojanperkaus	251	-0,42***
LA-MA 10	Ojanperkaus	77	0,46***

## Tarkastelu

Hehtaarikohtainen runkolukuun suhteutettu puustovaurio-osuus oli kaivureilla ja kaivukoneilla 1,1 - 2,4 %, kun ojalinjat oli aukaistu suositusten mukaisesti. LA-MA 10-pienkaivurin osalta vaurio-osuus jäi alle prosentin, vaikka ojalinjat oli jätetty avaamatta. Metsähallituksen työmailla Vammass-Major-kaivurilla ja Finncombi -yhdistelmätraktorilla tehdyssä perkauselvityksessä vaurio-osuus oli aukaisemattomilla ojalinjoilla 2,3 - 2,7 % (Finncombi... 1984). Suometsissä harvennuspuun korjuun aiheuttamat vaurio-osuudet ovat olleet 0,9 - 3,0 % (Rantonen ja Päivänen 1989, Mäkelä 1990). Puunkorjuussa syntyvän pahan runkovaurio-osuuden yläraja on 5,0 % (Sirén 1994).

Puuston runkoluku ja ojatiheys (ajouraväli) vaikuttavat vaurioiden määrään ja vaurio-osuuteen (Sirén 1986, Rantonen ja Päivänen 1989, Lauhanen 1992b). Runkoluvun pieneneminen nostaa suhteellista vaurio-osuutta. Runkoluvun kasvu puolestaan lisää vaurioitumisen todennäköisyyttä ja vaurioiden kokonaismäärää. Kaikkia juuri- ja juurenniskavaurioita ei välttämättä kuitenkaan havaittu kaivumaiden alta. Lisäksi vaurioiden aiheuttajien määrittämisessä saattoi ilmetä epätarkkuutta, sillä vauriot inventoitiin jälkikäteen. Kuljettajilla oli eroja vaurioiden aiheuttajana, mutta heidän vaikutuksensa runkovaurioiden syntyyn jäi osin epäselväksi eri työmuotojen osalta. Toisaalta kuljettajat olivat etukäteen tietoisia tulossa olevasta vauriokartoituksesta, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin.

Paaluvälien puulajisuhteita ei arvioitu. Koivujen runsas vaurioituminen oli kuitenkin luonnollista, koska uudisojituksen jälkeen ojanvarsille kehittyi runsaasti lehtipuustoa (Hökkä ja Laine 1986, Paavilainen ja Tiihonen 1988).

Runkovaurioista 80-90 % sattui puihin, joiden rinnankorkeusläpimitta oli enintään 10 cm. Jos markkinakelpoisen ainespuun minimirinnankorkeusläpimittana on 11 cm, silloin suurin osa vaurioista ilmeni vaurion syntyvaiheessa merkityksettömissä puissa (Harvennushakkuiden... 1992, Mielikäinen 1992). Kallistuneista puista ei kuitenkaan tulevaisuudessa saada lenkouden ja mutkaisuuden takia kunnan tyvitukkia. Ne ovat myöhemmin erityisen alttiita myös lumi- ja myrskytuhoille. Lahoviat pilaavat myös melko todennäköisesti kaivutyössä kolhiutuneet rungot (Hakkila ja Laiho 1967, Isomäki ja Kallio 1974). Pahimmat tappiot voidaan aiheuttaa etelä-

suomalaisissa suuripuustoisissa turvekangaskuusikoissa, jos huolimaton kaivutyö tehdään 15 - 20 vuotta ennen uudistushakkuuta. Keski-Pohjanmaalla tappiot eivät nouse kovin merkittäviksi, koska hieskoivikoista saatavat tukkisadot ovat turvemilla alhaisia eli 6 - 16 % hakkuutyöstä (Verkasalo 1994).

Ojavarren puustovaurioiden ajatellaan helposti riippuvan toisaalta ojalinjan, toisaalta työkonene leveydestä. Ojalinjan kapeneminen paljasti kuitenkin koneen aiheuttamien vaurioiden kytkeytyvän kauhan liikkeisiin ja ojamaiden tarkoituksenmukaiseen sijoitteluun eli käytännössä työn tuottavuuteen (Lauhanen 1993). Pienessä työtilassa kuljettaja joutui varomaan puita kolhimisriskin kasvaessa ja samalla tuottavuus aleni. Vaurioiden määrä kasvoi selvästi, kun työtekniinen minimileveys (ojalinjaleveys) alitti LA-MA 10 -kaivurilla 350 cm ja tavanomaisella kaivukalustolla 500 - 600 cm.

Työn jouduttamiseksi ojalinjoiden aukaisu olisi aina suositeltavaa. Liian leveiksi hakatut ojalinjat aiheuttavat kuitenkin kasvutappioita (Keltikangas 1971). Lisäksi ne sotivat ympäristöä säästävän metsätalouden ja metsien monikäytön periaatteita vastaan. Metsähallituksen selvityksessä suositeltiin aikoinaan 4,0 metrin ojalinjaleveyttä (Finncombi... 1984). Runkovauriot, ojalinjan aiheuttamat kasvutappiot (Keltikangas 1971) ja työn tuottavuus huomioon ottaen (Lauhanen 1993, Lauhanen ja Takalo 1993) tutkitulle LA-MA 10 -pienkaivurille riittäisi työtilaksi 4,0 metriä ja muille koneille 4,5 - 5,0 metriä.

Pienkaluston on havaittu aiheuttavan puunkorjuun vähemmän vaurioita kuin tavanomaisten koneiden (Takalo ja Väyrynen 1982, Takalo ja Myllymäki 1984). Tässäkin tutkimuksessa pienkaivuri aiheutti vähiten vaurioita. Kaivinkoneet (pyörivä ylávaunu) näyttivät aiheuttavan kaivureita enemmän vaurioita varsinkin ojan perkauksessa. Vaurioiden korostuminen ojanperkauksessa on sikäli tärkeä havainto, että perkaus on kunnostusojituksen päätyömuoto.

Teknisillä ratkaisuilla puustovaurioita voidaan vähentää. PATU M 100 -kaivurista puuttuivat tukijalat kokonaan, kun muiden kaivureiden tukijalat aiheuttivat 8 % runkovaurioista. Kaivinkoneen ylávaunu voitaisiin mitoittaa lyhyemmäksi, ja näkyvyyttä ylávaunusta ulospäin samalla parantaa. Lisäksi vaurioita voidaan vähentää työmaiden huolellisella organisoinnilla sekä oikea-aikaisella puunkorjuulla, kuljettajien koulutuksella, tavoitteiden asettamisella ja asenteiden muokkaamisella. Hyvästä työnjäljestä voitaisiin myös maksaa tavanomaista enemmän. Töiden ajoituksella puustovaurioita ei voida vähentää toisin kuin puunkorjuussa, koska kaivutyöt tehdään suurimmaksi osaksi sulan maan aikana (ks. Isomäki ja Kallio 1974, Vuollekoski 1983, Sirén 1986, Härmälä ja Ari 1990).

## **Päätelmät ja käytännön suositukset**

Välttämättömät puustonkäsittelyt on tehtävä ennen metsäojien kunnostusta, ja ojalinjat on aukaistava kunnolla. Samoin koneiden siirtymisreitit ojalta toiselle on suunniteltava hyvin etukäteen. Myös ojalinjapuut on korjattava kunnolla ennen kaivutöitä, jotteivat raivauspuusto ja isokokoiset hakkuutähteet vahingoita ojanvarsipuita kaivun aikana. Ojalinja-ajouraverkostosta muodostuu valmis systeemi tulevaisuuden harvennushakkuita ja kunnostusojituksia varten (ks. Matilainen 1988, Ojitusalueiden... 1989).

Mitä leveämmät ojalinjat sitä parempi kaivutyön tuottavuus ja sitä vähemmän ojanvarsipuuston vaurioita. Kun ojalinjat on aukaistu hyvin, myös koneyrityksien motivaatio paranee. Riittävä ojalinjaleveys kaivureille ja kaivukoneille on 4,5 - 5,0 metriä. Jos kuitenkin puuston käsittely ei ole järkevää, mutta ojat kaipaavat kunnostusta on LA-MA 10 -pienkaivuri hyvä vaihtoehto metsäojien perkauksessa. Pienkaivurille ei tarvitse aukaista ojalinjajoja, mutta jos puut kasvavat aivan ojassa kiinni, on 4,0 metrin ojalinja työtilaksi riittävä.

## Kirjallisuus

- Ahti, E. 1991. Kunnostusojituksen puuntuotanto- ja ympäristövaikutukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374:12-14.
- , Päivänen, J. & Vuollekoski, M. 1988. Kunnostusojitus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308:46-55.
- BMDP PC-90 User's Guide. 1990. BMDP Statistical Software, Inc. Los Angeles. 102 s.
- Eeronheimo, O. 1985. Suometsien hakkuumahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 188. 22 s.
- 1991. Suometsien puunkorjuu. (Summary: Forest harvesting on peatlands.). *Folia For.* 779. 29 s.
- 1993. Suometsien puunkorjuu. (Sammandrag: Virkesdrivning på torvmark.). Metsäntutkimus-laitoksen tiedonantoja 457:22-27.
- Finncombi F20 -yhdistelmätraktorin ja Vammas Major -traktorikaivurin työnjälki- ja puustovauriotutkimus. 1984. Metsähallituksen kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 207. 20 s. + 6 liitettä.
- Hakkila, P. & Laiho, O. 1967. Kuusen lahoaminen kirvesleimasta. (Summary: On the decay caused by axe marks in Norway spruce.). *Communications Institute Forestalis Fenniae* 64(3). 34 s.
- Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. 1992. Maa- ja metsätalousministeriö. 121 s.
- Härmälä, I. & Ari, T. 1990. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työnjälki metsäojituksessa talvioloissa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Seloste 10. 16 s.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. (Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands.). *Silva Fennica* 22(1):45-65.
- Isomäki, A. & Kallio, T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) (Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun.). *Acta For. Fenn.* 136. 25 s.
- & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. (Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in Southern Finland.). *Folia For.* 756. 36 s.



- Keltikangas, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojainvestoinnin taloudelliseen tulokseen. (Summary: Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments.). Acta For. Fenn. 123. 70 s.
- , Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. (Summary: Peatlands drained for forestry in 1930-1978: Results from field surveys on drained areas.). Acta For. Fenn. 193. 94 s.
- Kärkkäinen, M. 1969. Metsän vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. (Abstract: The amount of injuries caused by timber transportation in the summer.). Acta For. Fenn. 100. 35 s.
- Lauhanen, R. 1992a. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 409. 45 s.
- 1992b. PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa. (Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 401. 23 s.
- 1993. Kaivukaluston tuottavuus, työnjälki ja kustannukset kunnostusojituksessa. Summary: The productivity, work quality and the costs of employing backhoes and excavators in ditch network maintenance. Suo 44(4-5):77-86.
- 1994a. Kaivukaluston aiheuttamat puustovauriot kunnostusojituksessa. Summary: Tree damage caused by excavating machines in ditch network maintenance. Suo 45(2):33-46.
- 1994b. Puunkorjuu ojitusalueiden kunnostuksen pullonkaula. Teoksessa (toim. Simo Hannelius): Uusia vaihtoehtoja metänkasvatukseen. Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491:68-74.
- & Takalo, T. 1993. Yksitelainen LA-MA 10 -kaivuri metsäojan perkauksessa. (Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 458. 20 s.
- Matilainen, J. 1988. Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 66 s.
- Metsä 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Talousneuvosto. Valtion painatuskeskus. 189 s.
- Metsänparannustyöryhmän muistio. 1994. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Työryhmämuistio 5. 55 s.
- Mielikäinen, K. 1992. Kannattaako taimikkoa harventaa? Käytännön Maamies 3:62-64.
- Multamäki, M. 1967. Hakkuukertymän jakautumisesta puutavaralajeihin metsäojitetuilla soilla Etelä-Suomessa. (Summary: On the distribution of the cutting quantity into timber product groups in southern Finland.). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 64(2). 46 s.
- Mäkelä, M. 1990. Turvemaiden koneellinen puunkorjuu kesäaikaisissa ensiharvennuksissa. (Mechanized first thinning on unfrozen peatland.). Metsätehon katsaus. Metsäteho review. 4. 4 s.
- Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. 1989. Metsäteho. Helsinki. 40 s.

- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Peatland forests in Finland in 1951-1984. *Folia For.* 714. 29 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille.* Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- Rantonen, H. & Päivänen, J. 1989. Kasvatusemetsien metsänhoidollinen tila ojitusalueilla puunkorjuun jälkeen. (Summary: Silvicultural condition of tree stands after thinning on drained peatlands.). *Silva Fennica* 23(1):33-50.
- Salo, H. 1987. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työnjälki metsäojituksessa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Hirvas. Koeselostus 239. 26 s.
- 1988. Kaivukoneiden ajankäyttö ja tuottavuus metsäojituksessa. (Summary: Time consumption and productivity of excavators in forest drainage.). *Suo* 39(3):51-59.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. (Summary: Stand damage in thinning operations.). *Folia For.* 474. 23 s.
- 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. (Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts.). *Folia For.* 645. 17 s.
- 1990. Cost of mechanized thinning to the stand - how to evaluate. Teoksessa: Sirén, M. (toim.). *Machine design and working methods in thinnings.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 355:23-40.
- 1994. Keinot pitää kasvatusmetsät terveinä puunkorjuun yhteydessä. Teoksessa (toim. Simo Hannelius): *Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen.* Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491:75-81.
- Suomen metsäluonon monimuotoisuuden turvaaminen. 1994. Ympäristöministeriö. Alueiden käytön osasto. Moniste. 84 s.
- Takalo, S. & Väyrynen, S. 1982. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Abstract: Terri light crawler in timber transport. *Folia For.* 538. 21 s.
- & Myllymäki, T. 1984. Honda-puutarhatraktori kuormajuonnossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 161. 34 s.
- Verkasalo, E. 1994. Koivu raaka-aineena. Teoksessa (toim. Simo Hannelius): *Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen.* Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491:24-36.
- Vuollekoski, M. 1983. Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus ojien perkaamiseen. (Summary: Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning.) *Folia For.* 578. 13 s.

## Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena

Sauli Takalo

### Johdanto

Metsän hakkuun yhteydessä leviää moottorisahasta noin yksi litra teräketjuöljyä metsäluontoon ja hakkuukoneesta noin 0,2 litraa hakattua 10 kuutiometriä kohti (Takalo 1982, Rajamäki 1993), joskin suurempiakin arvoja on esitetty (Gastrén 1993). Tämä öljy on yleensä mineraalipohjaista, mikä on haitallista sekä ihmiselle että metsäluonnolle.

Bioöljyjen soveltuvuutta moottorisahan teräketjun voiteluun alettiin tutkia Metsäntutkimuslaitoksessa 1980-luvun alussa (Takalo 1981). Koetoiminnan ansiosta rypsiöljystä tuli kaupallinen tuote 1984. Mäntyöljykin oli tuolloin Metsäntutkimuslaitoksen kokeissa mukana, mutta sen käyttöominaisuudet olivat erällä osin epätydyttävät ja koetoiminta keskeytettiin. Kun öljyn ominaisuuksia oli parannettu, koetoimintaa jatkettiin uudestaan vuonna 1993 ja siitä tuli vuonna 1994 kaupallinen teräketjuöljy.

Mäntyöljyn raaka-aine on sama kuin mäntysuovallakin. Selluloosan sivutuotteena syntyvä mäntyraakaöljy lienee ollut tunnettua jo sellun valmistuksen alkua ajoista saakka. Mäntyöljyn käytöstä moottorin polttoaineena kertoo jo mm. A. B. Helander Metsänkätöopin kirjassa vuodelta 1918 (s. 476). Helanderia laajemmin asiaa käsittelee Murto (1952) julkaisussaan "Mäntypuumme pihka voiteluöljyn raaka-aineena". Puhdasta mäntyöljyä saadaan 15 - 20 kg sellutonna kohti koko maan tuotantokapasiteetin ollessa noin 50 000 tonnia vuodessa. Öljyn pääasialliset tuottajat ovat Veitsiluoto Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n Valkeakosken tehtaat. Markkinointia varten nämä ovat perustaneet yhteisen yrityksen Forchem Oy.

Tässä julkaisussa esiteltävät mäntyöljykokeet on pääosin toteutettu Keski-Pohjanmaan Maaseutuelinkeinoihin myöntämän 40 000 markan määrärahan turvin.

### Tutkimusaineisto ja menetelmät

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Veitsiluoto Oy:n valmistamien mäntyöljypohjaisten bioöljyjen voiteluteknisiä ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia. Öljyjen tärkeimmät käyttökohteet olivat moottorisahan ja hakkuukoneen terälaite, dieselmoottori sekä hydraulikka, nämä ovat myös rypsiöljyn pääkäyttökohteet (Huotari 1993). Koetoiminnan pääpaino oli käytännön kokeilla, joita erään osin täydennettiin laboratorioskokeilla. Öljyjen tuotenimet ovat Oulube 32 teräöljy ja Oulusol 102 dieselöljy. Teräöljyn käytännön kokeissa sitä verrattiin markkinoilla oleviin mineraali- ja rypsiöljyyn. Eräissä lyhytaikaisissa kokeissa näiden lisäksi oli rypsi- ja sinappiöljyt. Nämä tulivat suoraan viljelijältä ja olivat lisäaineettomia (Bernesson 1994).

Dieselöljykokeissa Oulusol mänty- ja mineraalidieselöljyjen keskenään vertailun lisäksi öljyistä tehtiin myös seosöljyjä (esim. 50:50) (VTT 1993). Koetoiminnassa oli mukana kaksi moottoria, joista toinen oli paikallismoottori 600 cm<sup>3</sup> ja toinen tavanomaisessa liikenteessä oleva 2400 cm<sup>3</sup> henkilöpakettiauto. Autolla tehtävä koetoiminta vaati valtiovarainministeriön erikoisluvan. Lupa on ensimmäinen laatuaan ja se oli yhden vuoden pituinen. Kasvisöljyn käyttöä dieselpolttoaineena tutkittiin jo 1930-luvulla (Engelman 1978).

Koetoiminnan aikana valmistui Oulube-öljystä kaupallinen teräöljy.

### Paikallismoottorin tekniikka ja koejärjestely

Moottori 600 cm<sup>3</sup> 4 tahti 3 syl. vesijäähdytys

Polttoainejärjestelmä BOSCH rivipumppu

Kokeen kesto aika 300 h.

Ohivirtausmittaus 100 h välein.

### Kokeen suoritus

Kuormittamatonta moottoria käytettiin sekä puhtaalla että 50/50 Oulusol-dieselseoksella. Kierrokset pidettiin vakiona 2200 r/min 300 h ajan. Koemoottori varustettiin kahdella polttoainesäiliöllä ja täten oli mahdollista vain hanaa kääntämällä vaihtaa polttoaineen laadusta toiseen. Moottorin reagoitua polttoaineen vaihdokseen seurattiin kierroslukumittarin avulla. Kierrosluvun mittaus suoritettiin 1 h välein koko tutkimuksen ajan. Sylinterin paineita mitattiin 100 h:n välein ns. ohivirtausmittauksin.

Liikkuvan kaluston dieselmoottorikokeessa käytetty koeauto oli 9 hengen pienbussi, jonka moottorilavuus oli 2,4 l ja polttoainejärjestelmänä CAV jakajapumppu. Kylmäkäynnistyksen helpottamiseksi auton imukanavaan oli asennettu sähkötoiminen kylmäkäynnistyslaite. Ajo käsitti pääasiassa tavanomaista työajoa yleisillä teillä. Tämän lisäksi ajettiin testiajoja ajamalla samaa reittiä useita kertoja. Testiajon pituus oli 100 km ja sen aikana selvitettiin mm. polttoaineen kulutuserot eri polttoaineiden välillä. Ajokilometrejä koevuoden aikana kertyi 15000 km. Ilman lämpötilat vaihtelivat 25 pakkasasteesta 25 lämpöasteeseen (°C) (taulukko 1).

Taulukko 1. Ajomatkat ja polttoaineseokset.

Polttoaineseos	Ajomatka
- Oulusol 102 (kesälaatu, pakkasraja n. 15 °C)	n. 10 000 km
- Oulusol 102 ja diesel 50/50 (pakkasraja n. 25 °C)	n. 2 000 km
- Dieselöljy (talvilaatu)	3 000 km

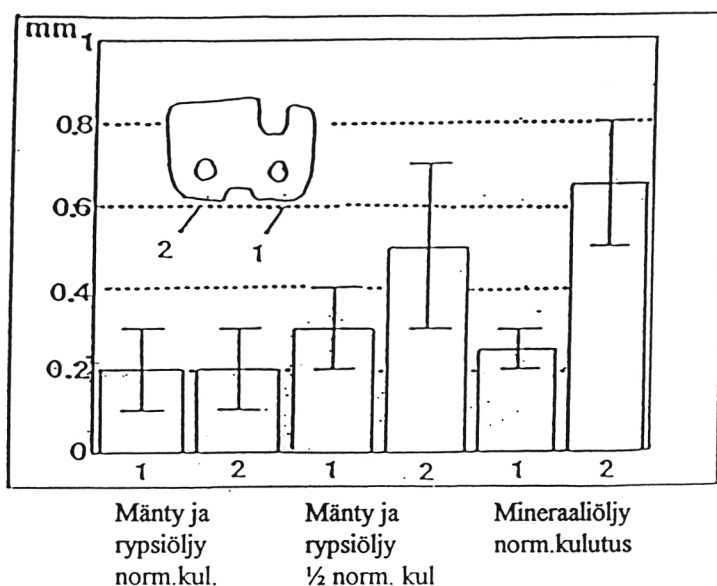
Mäntyöljyn soveltuvuutta hydraulikkaan testattiin käytännön oloissa ja öljykylpykokeella. Käytännön kokeessa öljy asennettiin pieneen telamaasturiin, minkä ohjaus ja puutavara-kuormain toimivat hydrauliiikan avulla. Koe kesti noin yhden kuukauden ja sinä aikana koneella suoritettiin puutavaran kuormausta ja lähikuljetusta. Oulube 32 sekä mineraaliöljyn mahdollisia liuotus- ja syövytysominaisuuksia selvitettiin yli vuoden mittaisella öljykylpykokeella. Kokeessa eri raaka-ainepohjaisia stefoja sekä o-renkaita varastoitiin öljyyn upotettuna.

## Tulokset

### Teräketjukokeet

Teräketjun ja terälevyn suurin kitka kohdistuu teräkourun takakannan alueelle (kuva 1). Kitkan suuruus ilmenee kantaosan muita voimakkaampana kulumisena. Terälenkin kannan kulumista seurattiin ja vertailtiin eri öljylaatujen kesken. Käytännön moottorisahatyössä tehty seuranta käsitti noin 70 kpl saman valmistajan teräketjua. Öljyn määrän ja laadun vaikutus ilmenee kuvasta 1.

Kun moottorisahan teräöljynä oli mänty- tai rypsiöljy ja öljynkulutus ns. normaali (n. 7 ml/min), kuluivat terälenkin etu- ja takakannat saman määrän. Mineraaliöljyllä kulumiserot olivat verraten isot ja takakanta kului huomattavasti etukantaa enemmän. Öljyn kulutuksen puolittamisen jälkeen mänty- ja rypsiöljyllä terälenkin kantojen kuluminen noudatti mineraaliöljyn tulosta (Takalo 1981).



Kuva 1. Kouruhampaan etu(1)- ja takakannan(2) kuluminen mänty-, rypsi- ja mineraaliöljyllä (janat pylväässä ilmaisevat keskihajonnan).

## Oulube 32 hakkuukoneen terälaiteöljynä

Hakkuukoneiden terälaitteet rikkoutuvat tapaturmaisesti verraten usein jo ennenkuin ne ovat loppuunkuluneet ja tästä syystä teräöljyn vaikutusta on usein vaikea arvioida. Teräketjujen rikkoutumista edesauttaa myös ketjumootoreiden ylimitoitettut tehot (Takalo 1972, 1973, 1982). Konemiesten arviot öljyn ominaisuuksista eivät kaikilta osin olleet yhtä myönteisiä kuin moottorisahamiesten. Kielteisenä koettiin mm. öljyn roiskuminen.

Tarkastettuja terälaitteita oli 20 kpl. Näiden ja mineraaliöljyllä ajettujen kesken tehdyssä silmänvaraisessa vertailussa ei havaittu eroja. Ylimääräinen roiskuminen saataneen loppumaan käyttämällä öljyä, minkä viskositeetti on 46 tai 68.

## Moottorikokeet

Moottorin kierrosluvun vaihtelussa eri polttoaineiden kesken esiintyi vain vähäistä eroa. Oulusol 102 öljyä käytettäessä kierrokset olivat hieman dieseliä korkeammat, samoin sen kiihtyvyys oli hieman dieseliä nopeampi. Ohivirtausmittausten mukaan sylintereiden kunto oli vakaa eikä vuotoja esiintynyt. Ilmeisesti moottorin kuormittamattomuudesta johtuen pakokanavaan muodostui haitallista mönjää, jonka poistamiseksi pakokanavan alapuolelle porattiin reikä. Myös tätä koetta hankaloitti polttoainejärjestelmän letkujen reagointi ja sen myötä lisääntyneet ongelmat koko järjestelmässä. Suutinten karstanmuodostus oli vähäistä verrattuna auton kars-toitukseen. Eräillä tahoilla on tutkittu, että rivipumppu (oli tässä moottorissa) olisi jakajapumppua (oli autossa) parempi silloin, kun polttoaineena käytetään bioöljyä. Toistaiseksi ei ole pystytty osoittamaan, mikä moottorityyppi sopii parhaiten biopolttoaineen käyttöön. Männän suhteen ollaan eräillä tahoilla suosimassa ns. ilmakammoimäntiä. Kokeilemisen arvoisia moottorityyppejä lienee useitakin. Eräs tällainen on Hesselman-moottori. Tämä moottori on eräänlainen dieselin ja ottomoottorin välimuoto (Savolainen 1958).

Kokeen suppeudesta ja vanhasta kalustosta johtuen Oulusolin vaikutusta eri koneenosien käyttöikään ei pyritty erikseen vertaamaan. Polttoaineen kulutuksen ja sen ominaisuuksien seurannan lisäksi pääasiallinen seuranta kohdistui ruiskutusventtiiliin ja pumpun mittauksiin. Mittaukset suoritettiin koepumpulla mCAV. Samalla arvioitiin silmävaraisesti suuttimen karstan määrä sekä suihkun muoto. Suutinten karstanmuodostuksesta päätellen oli ilmeistä, että niissä esiintyi ns. jälkitiputusta (Savolainen 1958). Sitä, johtuiko jälkitiputus putkistoon jäävästä liian korkeasta paineesta tai öljyn suuresta sitkoudesta ei selvitetty. Moottoriöljyn käyttäytymistä seurattiin, samoin polttoainesuodatinta, minkä tukkiintumisen syiden selvittelyssä silmän lisäksi turvaututtiin laboratorion apuun. Suuttimen koksautumisesta auringonkukkaöljyllä raportoivat Bruwer ym. (1980): "Paljas auringonkukkaöljy, kuten myös 20 % auringonkukkaöljy dieselpolttoaineessa. Kaikissa öljykokeissa esiintyi pyrkimystä ruiskusuuttimen koksautumiseen".

Lyhyellä aikavälillä Oulusol 102 on ominaisuuksiltaan lähes dieselöljyn veroinen polttoaine. Kokeen pitkittyessä Oulusolin sisältämät liuottimet alkoivat vaikuttaa polttoainejärjestelmään. Tämän seurauksena tavanomaiset letkut ym. pehmenivät siinä määrin, että ne osin liukenivat polttoaineen joukkoon. Kaikki epäpuhtaudet eivät erottuneet suodattimella, vaan kulkeutuivat pumpulle. Epäpuhtauksista johtuen pumppu kului loppuun verraten nopeasti. Ilmeisesti suurin

syy pumpun kulumiseen löytyy polttoaineen sisältämän raudan suuresta määrästä. Se todettiin kymmenkertaiseksi aikaisempaan verrattuna. Lisääntynyt rautapitoisuus johtui siitä, että öljy oli sitä liuottanut mukaansa mm. kuljetuskaluston materiaalista. Vaikka useilla tahoilla on lyhytaikaisissa käyttökokeissa päädytty öljyn suhteen myönteisiin kokemuksiin, osoittavat nämä sen, että Oulusol 102 on ensisijassa liuotin eikä dieselpolttoaine.

## Hydrauliikkakokeet

Mäntyöljyn käyttö hydrauliikassa oli käytännön työssä lyhytaikainen eikä sen yhteydessä esiintynyt toimintahäiriöitä. Silmänvaraisesti arvioiden pieniä öljyn vuotokohtia esiintyi enemmän kuin mineraaliöljyllä. Vuotokohdat esiintyivät pienimuotoisina ja ne havaitsi lähinnä siitä, että niihin muodostui pöly/öljyhattaroita. Öljykylpykokeen mukaan kaikki käytössä olevat tiiviste-materiaalit eivät kestä rikkoontumatta käsilläolevaa mäntyöljyä. Rikkoontuminen tapahtuu yleensä lahoamalla, kuten Rajamäki (1993) on todennut.

## Tulosten tarkastelua

Monipuolisissa mäntyöljyyn perustuvien tuotteiden kokeilussa voitiin havaita, että lupaavimmat tulokset saatiin voiteluainepuolella. Tämä ei ollut yllätys kirjallisuuden perusteella. Erityisesti viime sotien aikana huomiota kiinnitettiin männyn mahdollisuuksiin voiteluöljyn raaka-aineena, olkoonkin että terva oli useissa tapauksissa lähtöaineena (Murto 1952).

Hyvät tulokset johtuivat osittain tuotteiden mahdollistamasta alhaisesta kitkasta, osittain hyvästä tarttuvuudesta teräkseen. Mahdollista on, että havaittu teräketjun lenkkien pieni kuluminen oli sidoksissa juuri hyvään tarttuvuuteen.

Käytettäessä mäntyöljyjohdannaisia dieselpolttoaineena osoitettiin, ettei luotettavia tuloksia voida saada aikaan lyhytaikaisin kokein. Hitaasti ilmenevät haittavaikutukset vaativat pitkäaikaista, määrätietoista koetoimintaa käytännön oloissa. Erityisen suuria ongelmia aiheutui siitä, että nykyisin dieselöljylle suunnitellut materiaalit saattavat olla sopimattomia uusille biotuotteille.

Myös hydrauliikkakäytössä on mahdollista, että mäntyöljypohjaiset tuotteet vaativat uusien materiaalien käyttöä. Nyt tehtyjen lyhytaikaisten kokeiden perusteella tästä ei ole kuitenkaan varmuutta. Nyt tehdyt kokeet ja jo 1980-luvun alusta kertynyt kokemus viittaa siihen, että teräketjukäyttöön voidaan jo nyt suositella mäntyöljypohjaisia tuotteita. Muut käyttömahdollisuudet vaativat laajempia seurantatutkimuksia.

## Kirjallisuus

Bernesson, S. 1994. Extraction of rape seed oil and farm operation of an eisbett engine tractor. Report 183. 32 s.

- Bruwer, J. J., Boshoff, B. van D., Hugo, F. J. C., Dublessis, L. M., Fuls, J., Hawkins, C., Vanderwalt, A. N. and Engerbrect, A. 1980. Sunflower seed oli as an extender for diesel fuel in agricultural tractors. Symposium of the Sout African Institute of Agricultural Engineers, June 11. 1980.
- Castren, M. 1993. Öljyn ympäristö- ja terveystaikutukset puunkorjuutyössä. Työtehoseuran metsätiedote 520.
- Engelman, P.E., Guenther, P. E. and Silvis, T. W. 1978. Vegetable oil as a diesel fuel. ASME Paper 78-DGP-19, presented at the Energy Technology Conference and exhibition, Houston, TX, November 1978. 184 s.
- Helander, B. A. 1918. Metsänkätöoppi. Porvoo.
- Huotari, P. 1993. Rypsiöljyn käyttö metsätyökoneissa hydraulii- ja teräketjuöljynä. Joensuun Yliopisto. Opintotutkielma. Moniste. 36 s.
- Murto, J. O. 1952. Mäntypuumme pihka voiteluöljyn raaka-aineena. Acta Forestalia Fennica 59. 297 s.
- Pietilä, J. 1994. Teräöljyjen vertailua. MTT Vakola. Moniste.
- Rajamäki, J. 1993. Ympäristöystävälliset öljyt metsätoissa. Metsätehon katsaus 8. 8 s.
- Savolainen, P. O. 1958. Dieselmoottorit ja niiden huolto. Helsinki. 397 s.
- Takalo, S. 1972. Teräketjun vetomurtolujuuksista. Maaseututyöväen viesti 2. s. 15.
- 1973. Teräketjun tärinä. Mottimestari 1.
- 1981. Rypsi- ja mäntyöljyn käyttö moottorisahassa. Koneviesti 17. s. 26.
- 1982. Moottorisahan terälaite ja sen kestävyys. Koneviesti 21. s. 24.

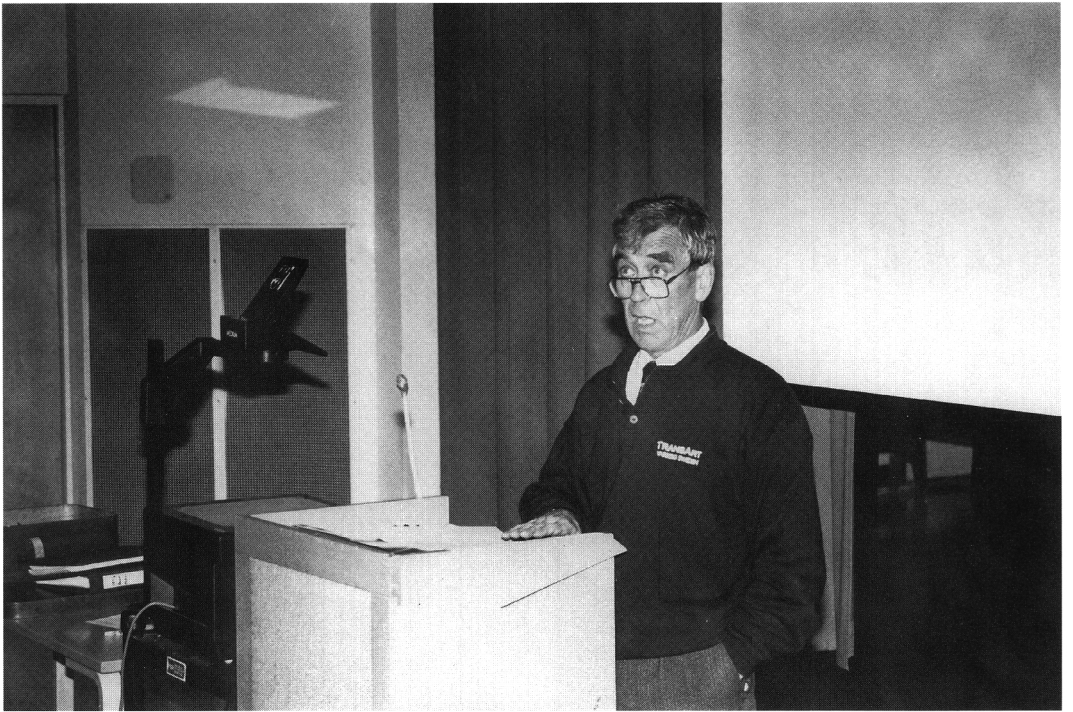




Kuvat: Esa Heino











## **Kannuksen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjan julkaisut:**

- N:o 98 Jyrki Hytönen 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of *Salix 'Aquatica'* sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of *Salix Viminalis* on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.) 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshop on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxstörningar i skogs-träd i närheten av pälsfamer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.) 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.) 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25-27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. 35 s.+osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.) 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.
- N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100-kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.
- N:o 409 Risto Lauhanen 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. 45 s.
- N:o 457 Kristian Karlsson (red.) 1993. Skogsforskningsdag i Vörå 1992 — Metsäntutkimuspäivä Vöyrissä 1992. 47 s.
- N:o 458 Risto Lauhanen & Tero Takalo 1993. Yksitelainen LA-MA 10-kaivuri metsäojien perkauksessa. Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning. 20 s.
- N:o 463 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Katri Koski, Seppo Vihanta & Olavi Kohal. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. 127 s.



Kannus 1995  
ISBN 951-40-1412-X  
ISSN 0358-4283